ОДМ 218.2.020-2012

ОТРАСЛЕВОЙ ДОРОЖНЫЙ МЕТОДИЧЕСКИЙ ДОКУМЕНТ

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОЦЕНКЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ДОРОЖНОЕ АГЕНТСТВО
(РОСАВТОДОР)

Москва 2012

gost.e-ecolog.ru

ОДМ 218.2.020-2012

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН АНО «Институт Проблем Безопасности Движения» (Автономная некоммерческая организация «ИПБД»), Московским автомобильно-дорожным государственным техническим университетом (МАДИ), Иркутским государственным техническим университетом, Тихоокеанским государственным университетом, ФГУП «РОСДОРНИИ», ООО «ИНЭМДорТранс».

2 ВНЕСЕН Управлением эксплуатации и сохранности автомобильных дорог Федерального дорожного агентства.

3 ИЗДАН на основании распоряжения Федерального дорожного агентства от 17.02.2012 № 49-р.

4 ИМЕЕТ РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫЙ ХАРАКТЕР.

5 ВЗАМЕН Руководства по оценке пропускной способности автомобильных дорог.

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины, определения, обозначения и сокращения 2
4 Основные характеристики движения транспортных потоков 4
5 Методы оценки пропускной способности дорог 12
5.1 Пропускная способность двухполосных автомобильных дорог 12
5.2 Пропускная способность трехполосных дорог 21
5.3 Пропускная способность автомагистрали с четырьмя полосами проезжей части 23
5.4 Пропускная способность автомобильных дорог с многополосной проезжей частью 26
5.5 Построение линейного графика пропускной способности и коэффициента загрузки 27
6 Пропускная способность пересечений 29
6.1 Пропускная способность пересечений в одном уровне 29
6.2 Пропускная способность кольцевых пересечений 38
6.3 Пропускная способность пересечений в одном уровне на многополосных дорогах 43
7 Пропускная способность пересечений в разных уровнях 46
8 Пропускная способность пересечений в одном уровне со светофорным регулированием 54
9 Пропускная способность сложных участков дорог 79
9.1 Пропускная способность участков дорог в пределах малых населенных пунктов 79
9.2 Пропускная способность мостовых переходов 83
9.3 Пропускная способность участков автодорожных тоннелей 84
9.4 Пропускная способность дорог в зоне придорожных сооружений 89
9.5 Пропускная способность пересечений железных дорог в одном уровне 90
9.6 Пропускная способность дорог в горной местности 94

9.7 Пропускная способность автомобильных дорог в городских условиях ... 97
10 Приложение А Применение имитационного моделирования транспортных потоков для оценки пропускной способности автомобильных дорог ... 101
11 Приложение Б Оценка пропускной способности участков автомобильных дорог на основе компьютерной имитации транспортных потоков ... 105
12 Приложение В Расчет суточной и часовой интенсивностей движения в течение года ... 107
13 Приложение Г Оценка пропускной способности отдельных элементов дорог в реальных дорожных условиях ... 111
14 Приложение Д Построение линейного графика изменения пропускной способности и коэффициента загрузки для оценки проекта реконструкции двухполосной дороги ... 112
15 Приложение Е Примеры расчета пропускной способности пересечений в одном уровне ... 113
16 Приложение Ж Примеры оценки пропускной способности кольцевых пересечений ... 114
17 Приложение З Примеры расчета пропускной способности пересечений в одном уровне на многополосной дороге ... 118
18 Приложение И Матрица переходных интервалов ... 119
19 Приложение К Пример расчета пропускной способности группы полос движения на подходе к пересечению в одном уровне со светофорным регулированием ... 123
20 Приложение Л Примеры расчета пропускной способности участков в пределах малых населенных пунктов ... 126
21 Приложение М Пример расчета пропускной способности участка автодорожного тоннеля ... 128
22 Приложение Н Пример расчета пропускной способности полосы движения участка в зоне придорожных сооружений обслуживания ... 130
23 Приложение О Примеры расчета пропускной способности железнодорожного переезда ... 131
24 Приложение П Примеры расчета пропускной способности участка дороги в горной местности ... 133
25 Приложение Р Примеры расчета пропускной способности участка дороги в городских условиях ... 135

ОТРАСЛЕВОЙ ДОРОЖНЫЙ МЕТОДИЧЕСКИЙ ДОКУМЕНТ

Методические рекомендации по оценке пропускной способности автомобильных дорог

1 Область применения

1.1 Настоящий отраслевой дорожный документ (далее – методический документ) распространяется на существующие и проектируемые автомобильные дороги общего пользования федерального, регионального или межмуниципального значения, а также на городские дороги и улицы.

1.2. Настоящий методический документ может быть использован в дорожно-эксплуатационных организациях и предприятиях Федерального дорожного агентства Министерства транспорта России, проектных организациях и органах управления дорожным хозяйством субъектов Российской Федерации.

2 Нормативные ссылки

В настоящем методическом документе использованы ссылки на следующие документы:

ГОСТ Р 50597-93 Автомобильные дороги и улицы. Требования к эксплуатационному состоянию, допустимому по условиям обеспечения безопасности движения

ГОСТ Р 52289-2004 Технические средства организации дорожного движения. Правила применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств

ГОСТ Р 52291-2004 Технические средства организации дорожного движения. Светофоры дорожные. Общие технические требования

ГОСТ Р 52398-2005 Классификация автомобильных дорог. Основные параметры и требования

ГОСТ Р 52399-2005 Геометрические элементы автомобильных дорог

СНиП 2.05.02-85 Автомобильные дороги (СП 34.13330.2012 – в стадии актуализации)

СП 42.13330.2011 Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений (актуализация СНиП 2.07.01-89)

3 Термины, определения, обозначения и сокращения

В настоящем методическом документе применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **интенсивность движения:** Количество транспортных средств, проходящие в единицу времени через определенное сечение дороги.

3.2 **состав движения:** Качественный показатель транспортного потока, характеризующий наличие в нем различных типов транспортных средств.

3.3 **пропускная способность:** Максимальное число автомобилей, которое может пропустить участок дороги в единицу времени в одном или двух направлениях в рассматриваемых дорожных и погодно-климатических условиях.

3.4 **теоретическая пропускная способность:** Пропускная способность участка дороги при транспортном потоке, состоящем только из легковых автомобилей и движущемся с одинаковыми интервалами по горизонтальному участку дороги.

3.5 **практическая (фактическая) пропускная способность:** Пропускная способность участка дороги в реальных условиях движения.

3.6 **расчетная пропускная способность:** Число автомобилей, которое может пропустить в единицу времени участок проектируемой дороги, с характерными дорожными условиями, при принятой схеме организации движения.

3.7 **уровень обслуживания:** Комплексный показатель экономичности, удобства и безопасности движения, характеризующий состояние транспортного потока.

3.8 **уровень (коэффициент) загрузки движением:** Отношение фактической интенсивности движения по автомобильной дороге, приведенной к легкому автомобилю, к пропускной способности за заданный промежуток времени.

3.9 **плотность движения:** Число автомобилей на 1 км дороги.

3.10 **коэффициент скорости движения:** Отношение средней скорости движения транспортного потока при рассматриваемом уровне обслуживания к средней скорости свободного движения.

3.11 **коэффициент насыщения движением:** Отношение средней плотности движения при рассматриваемом уровне обслуживания к максимальной плотности движения.

3.12 **эталонный участок дороги:** Горизонтальный прямолинейный участок дороги с полосами движения не менее двух; ширина полосы движения составляет 3,75 м; ширина укрепленных обочин – 3 м; расстояние видимости превышает 800 м; дорожное покрытие сухое, ровное, шероховатое; на обочинах отсутствуют боковые препятствия, снижающие скорость движения; расстояние между пересечениями в одном уровне составляет более 5 км.

3.13 **средства успокоения движения:** Искусственные неровности на проезжей части, создаваемые для принудительного снижения скорости движения водителями.

3.14 **реверсивное движение:** Дорожное движение, которое может меняться по направлениям в различные часы суток (в различные промежутки времени).

3.15 **N:** Интенсивность движения, авт./ч.

3.16 $\mathbf{N_{сут}}$: Суточная интенсивность движения, авт./сут.

3.17 $\mathbf{N_{ч}}$: Часовая интенсивность движения, авт./ч.

3.18 $\mathbf{N_{max}}$: Максимальная часовая интенсивность движения, авт./ч.

3.19 **P:** Пропускная способность дороги, авт./ч.

3.20 $\mathbf{P_{max}}$: Максимальная практическая пропускная способность, легковых авт./ч.

3.21 **A, B, C, D, E, F:** Уровни обслуживания.

3.22 $\mathbf{V_0}$: Скорость движения в свободных условиях, км/ч.

3.23 **q:** Плотность потока, авт./км.

3.24 $\mathbf{q_{max}}$: Максимальная плотность потока, авт./км.

3.25 β: Итоговый коэффициент снижения пропускной способности.

3.26 $\beta_1, \beta_2, \ldots, \beta_n$: Частные коэффициенты снижения пропускной способности.

3.27 **z:** Коэффициент (уровень) загрузки движением.

3.28 **ПВУ:** Пешеходное вызывное устройство.

3.29 **ЖРР:** Жесткий режим регулирования.

3.30 **ДКТ:** Дальняя конфликтная точка.

3.31 **ПЛ:** Светофор с правой и левой дополнительными секциями.

4 Основные характеристики движения транспортных потоков

4.1 На пропускную способность влияет большое количество факторов, зависящих от технических параметров автомобильной дороги и автомобилей. Поэтому для получения надежных данных о пропускной способности должны быть учтены показатели, характеризующие взаимодействие между автомобилями в потоке в различных дорожных условиях.

4.2 Транспортные потоки характеризуются интенсивностью, составом и скоростью движения, интервалами между автомобилями и плотностью потока. Вследствие взаимодействия автомобилей в потоке все эти характеристики функционально связаны друг с другом.

4.3 Интенсивность движения и состав транспортного потока в конкретном поперечном сечении дороги могут быть определены на основе автоматизированного учета движения, путем натурного наблюдения или рассчитаны с использованием различных методов моделирования (приложения А, Б). Данные об интенсивности движения (фактические или расчетные) могут быть представлены как в физических единицах, так и в приведенных к легковому автомобилю (на ледовых переправах к грузовому автомобилю грузоподъемностью 3 т).

Фактическая интенсивность, устанавливаемая на основе данных учета движения, подразделяется с учетом продолжительности времени ее регистрации на часовую интенсивность, авт./ч; суточную интенсивность, авт./сут; интенсивность за месяц, авт./мес. и годовую интенсивность, авт./г. Расчетная интенсивность подразделяется на расчетную часовую, авт./ч; расчетную среднесуточную, авт./сут и расчетную среднегодовую суточную, авт./сут.

Расчетную интенсивность движения определяют по нормам проектирования дорог. Фактическую и расчетную интенсивности движения следует принимать суммарно в обоих направлениях (приложение В).

4.4 При отсутствии данных автоматизированного учета интенсивности движения ориентировочную оценку среднегодовой суточной интенсивности движения N_c для автомобильных дорог федерального значения возможно выполнять на основе замеров максимальных часовых интенсивностей движения («час пик») $N_{пик}^{час}$

$$N_c = 16 N_{пик}^{час}. \quad (1)$$

4.5 Разрабатывая мероприятия, повышающие пропускную способность отдельных элементов дорог, необходимо учитывать неравномерность движения в течение суток, дней недели, месяцев и года.

4.6 При разработке мероприятий по организации движения рекомендуется учитывать неравномерность движения по направлениям. Коэффициент неравномерности распределения интенсивности движения по направлениям в среднем рекомендуется принимать равным 0,6 или по данным учета движения. Тогда расчетная часовая интенсивность движения $N_ч$ составит:

- в прямом направлении $N_ч = 0{,}046\ N_c$; (2)
- в обратном направлении $N_ч = 0{,}03\ N_c$. (3)

4.7 При планировании мероприятий, повышающих пропускную способность, и обосновании оптимальных уровней загрузки дороги движением рекомендуется устанавливать динамику изменения интенсивности движения по годам.

4.8 Состав движения существенно влияет на пропускную способность и выбор мероприятий по повышению пропускной способности. Его необходимо учитывать при всех расчетах, связанных с оценкой уровня обслуживания движения и пропускной способности. Состав движения на дороге определяют на основе данных автоматизированного или визуального учета движения, анализа народнохозяйственного значения района проложения дороги и перспектив его социального и промышленного развития, анализа парка автомобилей в организациях, расположенных в зоне влияния дороги, уровня автомобилизации населения.

4.9 Различают следующие скорости движения: расчетную, мгновенную, эксплуатационную, техническую и скорость свободного движения.

На расчетную скорость рассчитываются все геометрические элементы автомобильной дороги при разработке проекта строительства или реконструкции.

Мгновенные скорости различают 15, 50 и 85%-ной обеспеченности. Скорость 15%-ной обеспеченности показывает скорость медленно движущихся автомобилей. Скорость 50%-ной обеспеченности соответствует средней мгновенной скорости всех автомобилей в транспортном потоке. Скорость 85%-ной обеспеченности показывает скорость, которую не превышает основная часть потока автомобилей. Эта скорость обычно используется при выборе средств организации движения и введении ограничения скоростей.

4.10 Скорости движения могут быть установлены путем их измерения на выделенных створах (мгновенные скорости) или путем проезда дорожной диагностической лаборатории в составе транспортного потока на характерных участках дороги.

4.11 Как во времени, так и по расстоянию интервалы между автомобилями являются характеристиками, от которых зависит пропускная способность полосы движения. На величину интервалов между автомобилями влияют скорость и интенсивность движения. Существенное перераспределение интервалов между автомобилями наблюдается при появлении в потоке грузовых автомобилей или автобусов, имеющих низкие скорости движения.

4.12 Интервалы между автомобилями измеряют между передними бамперами переднего и заднего автомобилей.

4.13 При оценке максимальной пропускной способности пересечений в одном уровне и участков переплетения и слияния рассматривают интервалы между автомобилями во времени и размер граничного интервала, который принимается большинством водителей при выполнении маневров.

Интервалы, принимаемые водителями, с, при:

пересечении потоков ..... 9-14 (в среднем 12)

слиянии потоков ..... 3,5-6 (в среднем 5)

переплетении потоков ..... 2-6 (в среднем 4).

4.14 Плотность движения связана с основными характеристиками движения потока автомобилей формулой

$$N = Vq, \qquad (4)$$

где N – интенсивность движения, авт./ч;

V – скорость, км/ч;

q – плотность потока, авт./км.

4.15 Понятие о плотности движения используют при оценке пропускной способности дорог в различных дорожных условиях.

4.16 Различают два вида практической пропускной способности: максимальную P_{max}, наблюдаемую на эталонном участке, и практическую P в конкретных дорожных условиях.

4.17 Максимальная практическая пропускная способность P_{max} устанавливается на эталонном участке при благоприятных погодно-климатических условиях и транспортном потоке, состоящем только из легковых автомобилей.

4.18 Практическая (фактическая) пропускная способность P соответствует пропускной способности участков дорог,

характеризующихся худшими условиями по сравнению с эталонным участком, имеющего сухое, шероховатое дорожное покрытие с высоким показателем ровности (приложение Г).

4.19 Основными характеристиками уровней обслуживания являются: коэффициент (уровень) загрузки дороги движением z, коэффициент скорости с и коэффициент насыщения движением ρ.

Коэффициент загрузки z определяется отношением фактической интенсивности движения к практической пропускной способности участка дороги

$$z = N/P, \quad (5)$$

где N – интенсивность движения, авт./ч;

P – практическая пропускная способность участка дороги, авт./ч.

При оценке коэффициента загрузки на участках эксплуатируемых автомобильных дорог приведение среднесуточной среднегодовой интенсивности движения к часовой осуществляют в соответствии с приложением А.

Изменение скорости движения при различных загрузках дорог оценивает коэффициент скорости движения

$$c = V_z/V_0, \quad (6)$$

где V_z – средняя скорость движения при рассматриваемом уровне обслуживания, км/ч;

V_0 – скорость движения в свободных условиях при уровне обслуживания А, км/ч.

Плотность транспортных потоков оценивает коэффициент насыщения движением

$$\rho = q_z/q_{max}, \quad (7)$$

где q_z – средняя плотность движения, авт./км;

q_{max} – максимальная плотность движения, авт./км.

Интенсивность транспортных потоков определяется на основе данных визуального или автоматизированного учета движения, а для вновь проектируемых дорог – расчетными методами в соответствии с действующим нормативно-техническим документом.

4.20 Различают шесть уровней обслуживания движения на дорогах, характеристика которых приведена в таблице 1.

Т а б л и ц а 1 – Характеристика уровней обслуживания движения

Уровень обслуживания движения	Коэффициент загрузки z	Коэффициент скорости движения c	Коэффициент насыщения движением ρ	Характеристика потока автомобилей	Состояние потока	Эмоциональная загрузка водителя	Удобство работы водителя	Экономическая эффективность работы дороги
A	<0,20	>0,90	<0,10	Автомобили движутся в свободных условиях, взаимодействие между автомобилями отсутствует	Свободное движение одиночных автомобилей с большой скоростью	Низкая	Удобно	Неэффек-тивная
B	0,20-0,45	0,70-0,90	0,10-0,30	Автомобили движутся группами, совершается много обгонов	Движение автомобилей малыми группами (2-5 шт.). Обгоны возможны	Нормальная	Мало удобно	Мало эффек-тивная
C	0,45-0,70	0,55-0,70	0,30-0,07	В потоке еще существуют большие интервалы между автомобилями, обгоны запрещены	Движение автомобилей большими группами (5-14 шт.). Обгоны затруднены	Высокая	Неудобно	Эффек-тивная
D	0,70-0,90	0,40-0,55	0,70-1,00	Сплошной поток автомобилей, движущихся с малыми скоростями	Колонное движение автомобилей с малой скоростью. Обгоны невозможны	Очень высокая	Очень неудобно	Неэффек-тивная
E	0,90-1,00	<0,40	1,00	Поток движется с остановками, возникают заторы, режим пропускной способности	Плотное	Очень высокая	Очень неудобно	Неэффек-тивная
F	>1,00	0,30	1,00	Полная остановка движения, заторы	Сверх плотное	Крайне высокая	Крайне неудобно	Неэффек-тивная

П р и м е ч а н и е – К участкам автомобильной дороги, обслуживающей движение в режиме перегрузки, относятся участки автомобильной дороги с уровнем обслуживания D, E или F.

4.21 Уровень обслуживания А соответствует условиям, при которых отсутствует взаимодействие между автомобилями. Максимальная интенсивность движения не превышает 20% от пропускной способности. Водители свободны в выборе скоростей. Скорость практически не снижается с ростом интенсивности движения. По мере увеличения загрузки число дорожно-транспортных происшествий (ДТП) несколько уменьшается, но практически все они имеют тяжелые последствия.

4.22 При уровне обслуживания В проявляется взаимодействие между автомобилями, возникают отдельные группы автомобилей, увеличивается число обгонов. При верхней границе обслуживания В число обгонов наибольшее. Максимальная скорость на горизонтальном участке составляет примерно 80% от скорости в свободных условиях, максимальная интенсивность – 50% от пропускной способности. Скорости движения быстро снижаются по мере роста интенсивности. Число ДТП увеличивается с ростом интенсивности движения.

4.23 При уровне обслуживания С происходит дальнейший рост интенсивности движения, что приводит к появлению колонн автомобилей. Максимальная интенсивность составляет 75% от пропускной способности. Число обгонов сокращается по мере приближения интенсивности к предельной для данного уровня. Максимальная скорость на горизонтальном участке составляет 70% от скорости в свободных условиях, отмечаются колебания интенсивности движения в течение часа. С ростом интенсивности движения скорости снижаются незначительно. Общее число ДТП увеличивается с ростом интенсивности движения.

4.24 При уровне обслуживания D скорость начинает уменьшаться с увеличением загрузки дороги движением, плотность движения резко возрастает. Свобода маневрирования автомобилей ограничена, водители ощущают снижение физического и психологического уровней комфорта. Даже при небольших ДТП возникают заторы, связанные с отсутствием возможности объезда мест совершения ДТП.

4.25 При уровне обслуживания D формируется колонное движение с небольшими разрывами между ними. Обгоны отсутствуют. Между проходами автомобилей в потоке преобладают интервалы меньше 2 с. Наибольшая скорость составляет 50-55% от скорости движения в свободных условиях. Скорости движения с ростом интенсивности меняются незначительно. Число ДТП непрерывно увеличивается и начинает несколько снижаться при интенсивности движения, близкой к пропускной способности.

4.26 При уровне обслуживания E автомобильная дорогах работает в режиме пропускной способности, автомобили движутся непрерывной колонной с частыми остановками; скорость в периоды их движения составляет 35-40% от скорости в свободных условиях, а при заторах равна нулю. Интенсивность меняется от нуля при возникновении «пробок» и заторов до интенсивности, равной пропускной способности.

Число ДТП уменьшается по сравнению с другими уровнями загрузки, снижаются тяжесть и величина потерь от ДТП. Могут иметь место цепные ДТП с участием более пяти автомобилей.

4.27 При уровне обслуживания F наблюдается наличие участков слияния и переплетения транспортных потоков; интенсивность в «час пик» превышает пропускную способность дороги, возникают полная остановка движения транспортного потока и заторы. Наблюдаются большие очереди автомобилей перед участками заторов и полная остановка движения. Полная остановка потока автомобилей происходит, как правило, из-за возникновения ДТП, когда количество автомобилей, прибывающих к месту ДТП, значительно превышает количество автомобилей, способных проехать место ДТП. Следует отметить, что во всех указанных выше случаях остановки движения коэффициент загрузки превышает 1.

4.28 При расчетах оптимального уровня обслуживания средние скорости V и коэффициент относительной аварийности k следует вычислять с учетом рекомендаций таблицы 2.

Т а б л и ц а 2 – Рекомендации по расчету средних скоростей и коэффициента относительной аварийности

Число полос движения (в оба направления), шт.	Средние скорости движения потока автомобилей, км/ч	Коэффициент относительной аварийности, число ДТП на 1 млн.авт-км
2	$V=61-(0,019-0,00014p_л)N+024p_л$	$k=0,1922\cdot10^{-2}N-0,063\cdot10^{-4}N^{-2}+0,014\cdot10^{-6}N^3$
4	$V=65-(0,011-0,00012p_л)N+0,22p_л$	$k=0,45+0,62\cdot10^{-4}N$
6	$V=68-(0,008-0,00010p_л)N+0,21\ p_л$	$k=0,38+1,6\cdot10^{-4}N$
8	$V=70-(0,006-0,0008p_л)N+0,2p_л$	$k=0,36+0,58\cdot10^{-4}N$

П р и м е ч а н и е – Приведенные формулы применены при z> 0,8; $p_л$ – доля легковых автомобилей в потоке, %; N – интенсивность движения в обоих направлениях, авт./ч.

Более детальный расчет скоростей и других характеристик транспортных потоков может быть выполнен на основе имитационного моделирования движения транспортных потоков или с помощью специальных программ расчета скоростей движения.

4.29 Уровни обслуживания, характеризующие изменение взаимодействия автомобилей в транспортном потоке, следует использовать:

- для обоснования числа полос движения как на всей дороге, так и на ее отдельных участках (в первую очередь на тех, где в дальнейшем будет затруднена реконструкция: большие мосты; участки, проходящие через плотную застройку; участки с высокими насыпями и эстакадами и др.);
- для обоснования ширины полосы отвода; при разработке стадийных мероприятий по повышению пропускной способности;
- для выбора средств регулирования движения;
- при установлении предельной интенсивности для рассматриваемой категории дороги с учетом района ее проложения и движения на ней.

4.30 Уровень обслуживания движения может меняться по длине дороги и для каждого участка в течение суток, месяца, года. Расчеты следует проводить для оптимального уровня обслуживания (средний для всей дороги или ее участка).

4.31 По данным о фактическом состоянии элементов и параметров дорог необходимо в установленном порядке проводить расчеты по выявлению участков с необеспеченной пропускной способностью («узкие места»). Требуется принятие решения по реконструкции участков дорог, на которых коэффициент загрузки их движением превышает значения, приведенные в таблице 3 (ГОСТ Р 50597-93).

Таблица 3 – Рекомендуемый уровень обслуживания при реконструкции дорог

Тип автомобильной дороги	Коэффициент загрузки дороги движением $z_{опт}$ при		Рекомендуемый уровень обслуживания	Критерий определения $z_{опт}$
	новом проектировании	реконструкции		
1	2	3	4	5
Подъезды к аэропортам, морским и речным причалам	0,20	0,50	А, В	Минимизация времени сообщения

Окончание таблицы 3

1	2	3	4	5
Внегородские автомагистрали (дороги I категории)	0,45	0,60	B	Минимум приведенных затрат
Въезды в города, обходы и кольцевые дороги вокруг больших городов	0,55	0,65	C	
Автомобильные дороги II-IY категорий	0,65	0,70	D	

5 Методы оценки пропускной способности дорог

5.1 Пропускная способность двухполосных автомобильных дорог

5.1.1 При оценке практической пропускной способности в конкретных дорожных условиях рекомендуется использовать уравнение

$$P=\beta P_{max}, \qquad (8)$$

где β – итоговый коэффициент снижения пропускной способности, равный произведению частных коэффициентов $\beta=\beta_1\cdot\beta_2\cdot\beta_3\cdot\ldots\cdot\beta_{17}$;

P_{max} – максимальная практическая пропускная способность, легковых авт./ч (см. п. 5.1.1б).

Максимальная практическая пропускная способность P_{max} устанавливается на эталонном участке при благоприятных погодно-климатических условиях и транспортном потоке, состоящем только из легковых автомобилей.

Снижение максимальной пропускной способности происходит в результате влияния различных факторов.

5.1.2 Значения коэффициента β_1 приведены в таблице 4.

Т а б л и ц а 4 – Значения коэффициента β_1

Автомобильная дорога	Ширина, м		Величина коэффициента β_1
	полосы движения	проезжей части	
Многополосная	3,0	-	0,70
Многополосная	3,5	-	0,96
Многополосная	>3,75	-	1,00
Двухполосная	-	6,0	0,85/0,54
Двухполосная	-	7,0	0,90/0,71
Двухполосная	-	7,5	1,00/0,87

П р и м е ч а н и е – В знаменателе приведены значения коэффициента β_1 при наличии снежного наката на полосе движения.

5.1.3 При ширине обочины 3,75 м коэффициент β_2=1; при 3 м – 0,97; при 2,5 м – 0,92; при 2 м – 0,8; при 1,5 м – 0,7.

5.1.4 Коэффициенты β_3, β_4, β_5 приведены соответственно в таблицах 5, 6, 7.

Т а б л и ц а 5 – Значения коэффициента β_3

Расстояние от кромки проезжей части до препятствия, м	Величина коэффициента β_3 при ширине полосы движения, м, при наличии					
	боковых помех с одной стороны			боковых помех с обеих сторон		
	≥3,75	3,0-3,75	≤3,0	≥3,75	3,0-3,75	≤3,0
2,5	1,00	1,00	0,98	1,00	0,98	0,96
2,0	0,99	0,99	0,95	0,98	0,97	0,93
1,5	0,97	0,95	0,94	0,96	0,93	0,91
1,0	0,95	0,90	0,87	0,91	0,88	0,85
0,5	0,92	0,83	0,80	0,88	0,78	0,75
0	0,85	0,78	0,75	0,82	0,73	0,70

Т а б л и ц а 6 – Значения коэффициента β_4

Количество автопоездов в потоке, %	Величина коэффициента 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 (см. таблицу 7).

Т а б л и ц а 7 – Значения коэффициента β_5

Продольный уклон, ‰	Длина подъема, м	Величина коэффициента β_5 при количестве автопоездов в потоке, %				Продольный уклон, ‰	Длина подъема, м	Величина коэффициента β_5 при количестве автопоездов в потоке, %			
		2	5	10	15			2	5	10	15
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
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

Окончание таблицы 7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
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						

5.1.5 Коэффициенты β_6-β_8 имеют следующие значения.

При расстоянии видимости, равном <50 м, β_6=0,68; при 50-100 м – β_6=0,73; при 100-150 м – β_6=0,84; при 150-250 м – β_6=0,80; при 250-350 м – β_6=0,98; при >350 м – β_6=1.

При радиусе кривой в плане, равной <100 м, β_7=0,85; при 100-250 м – β_7=0,90; при 250-450 м – β_7=0,96; при 450-600 м – β_7=0,99; при >600 м – β_7=1.

При ограничении скорости знаком, равной 10 км/ч, β_8=0,44; при 20 км/ч – β_8=0,76; при 30 км/ч – β_8=0,88; при 40 км/ч – β_8=0,96; при 50 км/ч – β_8=0,98; при 60 км/ч – β_8=1.

5.1.6 Значения коэффициента β_9 приведены в таблице 8.

Т а б л и ц а 8 – Значения коэффициента β_9

Число автомобилей, поворачивающих налево, %	Тип пересечения					
	Т-образное			Четырехстороннее		
	Величина коэффициента β_9 при ширине проезжей части основной дороги, м					
	7,0	7,5	10,5	7,0	7,5	10,5
1	2	3	4	5	6	7
Необорудованное пересечение						
0	0,97	0,98	1,00	0,94	0,95	0,98
20	0,85	0,87	0,92	0,82	0,83	0,91
40	0,73	0,75	0,83	0,70	0,71	0,82
60	0,60	0,62	0,75	0,57	0,58	0,73
80	0,45	0,47	0,72	0,41	0,41	0,70
Частично оборудованное пересечение с островками без переходно-скоростных полос						
0	1,00	1,00	1,00	0,98	0,99	1,00

Окончание таблицы 8

1	2	3	4	5	6	7
20	0,97	0,98	1,0	0,98	0,97	0,99
40	0,93	0,94	0,97	0,91	0,92	0,97
60	0,87	0,88	0,93	0,84	0,85	0,93
80	0,87	0,88	0,92	0,84	0,85	0,92
Полностью канализированное пересечение						
0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
20	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
40	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
60	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
80	0,97	0,98	0,99	0,95	0,97	0,98

При отсутствии данных об интенсивности движения на пересечениях автомобильных дорог допускается принимать значения коэффициента β_9, соответствующие случаю, когда доля автомобилей, поворачивающих налево, равна 20%.

5.1.7 Значение коэффициентов β_{10}-β_{13} приведены ниже.

Состояние обочины	Значение коэффициента β_{10}
Грунтовая обочина без укрепления	1,00
Обочина укреплена:	
щебнем с краевой полосой из бетонных плит	0,99
щебнем без вяжущего	0,99
Грунтовая обочина неровная, с колеями	0,90
Неукрепленные обочины в сухом состоянии	0,90

Тип покрытия	Значение коэффициента β_{11}
Шероховатое асфальто- или цементобетонное, черное щебеночное покрытие	1,00
Асфальтобетонное покрытие без поверхностной обработки	0,91
Сборное бетонное покрытие	0,86
Булыжная мостовая	0,42
Грунтовая дорога без пыли, сухая	0,90
Грунтовая дорога размокшая	0,10-0,30

Площадка отдыха, бензозаправочные станции или остановочные площадки	Значение коэффициента β_{12}
С полным отделением от основной дороги и наличием специальной полосы для въезда	1,00
При наличии только отгона ширины	0,98
При отсутствии полосы и отгона	0,80
Без отделения от основной проезжей части	0,64

Вид разметки	Значение коэффициента β_{13}
При наличии осевой разметки	1,02
Краевая и осевая разметки	1,05
Разметка полос на подъемах с дополнительной полосой	1,50
То же, на четырехполосной дороге	1,23
То же, на трехполосной дороге	1,30
При наличии двойной осевой разметки	1,12

5.1.8 Значения коэффициента β_{14} приведены в таблице 9.

Таблица 9 – Значения коэффициента β_{14}

Число автобусов в потоке, %	Величина коэффициента β_{14} при числе легковых автомобилей в потоке, %					
	70	50	40	30	20	10
1	0,82	0,76	0,74	0,72	0,70	0,68
5	0,80	0,75	0,72	0,71	0,69	0,66
10	0,77	0,73	0,71	0,69	0,67	0,65
15	0,75	0,71	0,69	0,67	0,66	0,64
20	0,73	0,69	0,68	0,66	0,64	0,62
30	0,70	0,66	0,64	0,63	0,61	0,60

5.1.9 В таблице 10 представлены рекомендуемые величины коэффициента β_{15}, учитывающего влияние населенного пункта.

Таблица 10 – Рекомендуемые величины коэффициента β_{15}, учитывающего влияние населенного пункта

Ограничение скорости, км/ч	Величина коэффициента β_{15}, учитывающего влияние населенного пункта, при протяженности населенного пункта, км							
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	<4,0
60	0,83	0,82	0,81	0,79	0,74	0,70	0,67	0,63
50	0,65	0,64	0,63	0,61	0,39	0,57	0,54	0,50
40	0,51	0,51	0,52	0,51	0,50	0,48	0,47	0,44

5.1.10 Величины коэффициента снижения пропускной способности β_{16} приведены в таблице 11.

Таблица 11 – Рекомендуемые значения коэффициента β_{16}, учитывающего влияние расстояния неподвижных боковых препятствий до кромки проезжей части

Расстояние до кромки проезжей части, м	Величина коэффициента снижения пропускной способности β_{16} при протяженности населенного пункта, км			
	0,5-1	1-2	2-3	3-4
>4	0,92	0,88	0,87	0,84
3-4	0,82	0,77	0,73	0,62
2-3	0,75	0,69	0,63	0,60

5.1.11 Рекомендуются следующие значения коэффициента снижения пропускной способности двухполосных автомобильных дорог β_{17} при наличии пешеходных переходов (таблица 12).

Таблица 12 – Рекомендуемые значения коэффициента β_{17}, учитывающего влияние пешеходных переходов

Количество пешеходов, чел./ч	Величина коэффициента снижения пропускной способности β_{17} при	
	отсутствии светофорного регулирования	наличии светофорного регулировании
60	0,86	0,97
120	0,58	0,88
180	0,27	0,79

5.1.12 Промежуточные значения вышеприведенных коэффициентов определяют интерполяцией.

5.1.13 При оценке практической пропускной способности по формуле (8) допускается использовать не более шести частных коэффициентов, выделяя в каждом конкретном случае основной частный коэффициент и второстепенные.

Для прямолинейных горизонтальных участков основным частным коэффициентом может быть коэффициент, учитывающий ширину проезжей части, а второстепенные коэффициенты учитывают ширину обочин, расстояние видимости, состав транспортного потока, наличие разметки, тип пересечения.

Для участков кривых в плане основным частным коэффициентом может быть коэффициент, учитывающий величину радиуса кривой в плане, а второстепенные коэффициенты учитывают ширину проезжей части и обочин, расстояние видимости, тип покрытия, наличие разметки.

Для участков подъемов основным частным коэффициентом является коэффициент, зависящий от величины продольного уклона, а второстепенные коэффициенты учитывают ширину проезжей части, количество автопоездов в составе транспортного потока, наличие дополнительной полосы, тип покрытия, наличие разметки.

На характерных участках автомобильных дорог с другими дорожными условиями используют коэффициенты, имеющие наибольшие значения.

5.1.14 При оценке практической пропускной способности в реальных дорожных условиях для целей организации движения следует пользоваться уравнением

$$P = w\, V_0\, q_{max}, \qquad (9)$$

где w – коэффициент, зависящий от загрузки встречной полосы движения (w=1,3 при малой загрузке встречной полосы z<0,4; w=1 при равном распределении интенсивности по встречным полосам; w=0,99 при высокой загрузке встречной полосы z>0,4);

V_0 – скорость движения в свободных условиях на рассматриваемом участке, км/ч;

$q_{max} = L/\ell$ – максимальная плотность движения на рассматриваемом участке, авт./км;

L – протяженность участка, км;

ℓ – интервал между автомобилями, м (таблица 13).

Таблица 13 – Рекомендуемые интервалы между автомобилями

Тип задних автомобилей	Интервалы между автомобилями ℓ, м		
	легковыми	грузовыми	автопоездами
Легковые	7,3	9,3	13,2
Грузовые	9,0	9,7	14,1
Автопоезда	13,0	14,2	17,3

5.1.15 Максимальную плотность смешанного транспортного потока устанавливают с учетом интервалов между автомобилями и их габаритов. Для удобства определения q_{max} следует ввести средний

расчетный интервал $\ell_{расч}$, представляющий собой сумму дистанций между автомобилями и длину участка, занимаемого передним автомобилем.

При разнородном составе потока средний интервал следует определять с учетом возможного сочетания стоящих друг за другом автомобилей

$$\ell_{расч} = p_л^2\ \ell_{лл} + p_л p_г \ell_{лг} + p_л\ p_а \ell_{ла} + p_г p_л \ell_{гл} + p_г^2 \ell_{гг} + p_г p_а \ell_{га} + \\ + p_а p_л \ell_{ал} + p_а p_г \ell_{аг} + p_а^2 \ell_{аа}, \quad (10)$$

где $p_л$, $p_г$, $p_а$ – фактическая вероятность появления соответственно легкового, грузового автомобилей и автомобильного поезда (определяют по данным учета движения или задают составом движения);

$\ell_{лл}$, $\ell_{лг}$, $\ell_{ла}$, $\ell_{гл}$, $\ell_{гг}$, $\ell_{га}$, $\ell_{ал}$, $\ell_{аг}$, $\ell_{аа}$ – интервалы соответственно между легковыми, легковым и грузовым, легковым и автопоездом, грузовым и легковым, грузовыми, грузовым и автопоездом, автопоездом и легковым, автопоездом и грузовым автомобилями, автопоездами с учетом их длины.

5.1.16 При расчетах пропускной способности следует исходить из величины максимальной практической пропускной способности, приведенной ниже.

Автомобильные дороги	P_{max}, легковых авт./ч
Двухполосные	3600 в оба направления
Трехполосные	4000 в оба направления
Четырехполосные:	
без разделительной полосы	2100 по одной полосе
с разделительной полосой	2200 по одной полосе
Шестиполосные:	
без разделительной полосы	2200 по одной полосе
с разделительной полосой	2300 по одной полосе
Автомобильные магистрали, имеющие восемь полос	2300 по одной полосе

5.1.17 Приведение различных транспортных средств к легковым автомобилям на внегородских автомобильных дорогах производят с помощью коэффициента приведения, указанного ниже.

Транспортные средства	Значение коэффициента приведения
Легковые автомобили	1,0
Мотоциклы и мопеды	0,5
Грузовые автомобили грузоподъемностью, т:	
до 2	1,1
до 6	1,8
до 8	2,1
до 14	2,4
свыше 14	2,5
Автопоезда грузоподъемностью, т:	
до 12	2,2
до 20	2,4
свыше 30	3,3
Автобусы	2,6

Указанные выше значения коэффициентов приведения следует увеличить в 1,2 раза в пересеченной и горной местностях.

5.1.18 Для оперативной (ориентировочной) оценки практической пропускной способности участков двухполосной автомобильной дороги, имеющей сочетание геометрических элементов, рекомендуется уравнение

$$P = 413 + 27B - 4{,}07\,i + 0{,}065\,R + 434{,}6\,p_л, \qquad (11)$$

где B – ширина проезжей части, м ($7 < B < 9$ м);

i – продольный уклон, ‰ ($0 < i < 60$‰);

R – радиус кривой в плане, м ($400 < R < 1000$ м);

$p_л$ – количество легковых автомобилей в составе движения, в долях единицы ($0{,}2 < p_л < 0{,}8$).

5.1.19 При проектировании пропускную способность участка подъема двухполосных дорог с дополнительной полосой определяют как сумму пропускных способностей двух полос с учетом распределения потока по полосам на подъем

$$P = P_{осн} + P_{доп}, \qquad (12)$$

Пропускная способность дополнительной (правой) полосы на подъеме составляет

$$P_{доп} = 647 - 3{,}64\, i + 0{,}05\, R + 454{,}6\, p_д. \qquad (13)$$

Пропускная способность основной (левой) полосы при наличии дополнительной полосы на подъеме определяется

$$P_{осн} = 648{,}6 - 3{,}57\, i + 0{,}037\, R + 468\, p_д. \qquad (14)$$

5.2 Пропускная способность трехполосных дорог

5.2.1 Проектируя реконструкцию двухполосных дорог в трехполосные и разрабатывая мероприятия по улучшению транспортно-эксплуатационных качеств существующих трехполосных дорог, следует исходить из максимальной практической пропускной способности трехполосных дорог и перспективного роста интенсивности движения потока автомобилей. При этом к основным требованиям, предъявляемым к проектам реконструкции, следует относить обеспечение соответствия ширины проезжей части после реконструкции реальной интенсивности движения в настоящее время и на расчетную перспективу, с учетом характера ожидаемого транспортного потока, при минимальных капитальных затратах.

5.2.2 Пропускная способность трехполосных дорог зависит от интенсивности и структуры транспортного потока, неравномерности их распределения по направлениям, а также от методов организации движения.

5.2.3 Максимальная практическая пропускная способность трехполосной дороги обеспечивается при следующих дорожных условиях: прямолинейный горизонтальный участок; расстояние видимости с учетом обгона не менее 700 м; проезжая часть размечена на три полосы движения (ширина каждой – 3,75 м); укрепленные обочины шириной 3 м; покрытие сухое, ровное и шероховатое; транспортный поток состоит только из легковых автомобилей; интенсивность движения в преобладающем направлении превышает интенсивность встречного потока не менее чем в 2 раза; боковые препятствия отсутствуют; погодные условия благоприятные. В этих условиях наиболее полно используются все полосы проезжей части трехполосной дороги.

5.2.4 При расчетах в зависимости от методов организации движения нужно исходить из следующей максимальной практической пропускной способности трехполосных дорог в оба направления:

трехполосное движение – 4000 авт./ч, реверсивное движение по средней полосе – 4200 авт./ч.

5.2.5 Для определения практической пропускной способности трехполосных дорог в конкретных дорожных условиях рекомендуется использовать формулу (8).

5.2.6 Для расчета максимальной пропускной способности отдельных участков трехполосных автомобильных дорог и получения дополнительных коэффициентов снижения пропускной способности, необходимых при оценке эффективности мероприятий по повышению их транспортно-эксплуатационных качеств, в реальных дорожных условиях следует пользоваться формулой

$$P=2,4\,\alpha\,\alpha_v\,\alpha_N\,V_0\,q_{max}, \qquad (15)$$

при организации реверсивного движения по средней полосе формулой

$$P=1,5\,\alpha\,\alpha_v\,\alpha_p\,V_0\,q_{max}, \qquad (16)$$

где α – коэффициент, учитывающий влияние дорожных условий на пропускную способность;

α_v – коэффициент, учитывающий влияние длины перегона между пересечениями и примыканиями на скорость автомобилей;

α_N – коэффициент, учитывающий влияние неравномерности распределения интенсивности движения по направлениям на степень загруженности средней полосы трехполосной дороги;

α_p – коэффициент, учитывающий распределение автомобилей по ширине проезжей части при организации реверсивного движения;

V_0 – скорость свободного движения, км/ч;

q_{max} – максимальная плотность потока на одной полосе, авт./км.

Расчетные значения коэффициента α в зависимости от его предельных значений приведены ниже.

Разметка	Пределы α	Расчетное значение α
Трехполосная	0,19-0,23	0,20
Трехполосная с реверсивной полосой	0,20-0,25	0,22

Расчетные значения α_v при разной длине перегона между пересечениями и примыканиями составляют соответственно 1 при L≥3 км; 0,98 при L=2,1-3 км; 0,96 при L=1,5-2 км; 0,92 при L=1-1,4 км; 0,88 при L=0,5-0,9 км; 0,80 при L<0,5 км.

5.2.7 Степень загрузки движением средней полосы при трехполосной разметке проезжей части зависит от неравномерности распределения интенсивности и состава движения по направлениям, характеризуемой коэффициентом k_N, и определяется как отношение интенсивности движения автомобилей преобладающего направления к интенсивности встречного движения.

Для практических расчетов α_N=1 при k_N=1 и α_N=1,18 при k_N≥2.

При промежуточных значениях коэффициента k_N величину коэффициента α_N следует определять интерполяцией.

Коэффициент α_p зависит от состава преобладающего транспортного потока: α_p=1,64 при доле легковых автомобилей <25%; α_p=1,75 при 25-30%; α_p=1,69 при 50-75%; α_p=1,92 при >75%.

5.3 Пропускная способность автомагистрали с четырьмя полосами проезжей части

5.3.1 На автомобильных магистралях движение по полосам распределяется неравномерно, пропускную способность следует оценивать путем расчета пропускной способности каждой полосы в отдельности с учетом состава потока и дорожных условий для обоих направлений движения.

5.3.2 Общая пропускная способность автомобильной магистрали с четырьмя полосами движения определяется по формуле

$$P_z = P_1 + P_2 + P_1' + P_2', \qquad (17)$$

где P_1, P_2 и P_1', P_2' – пропускная способность первой и второй полос соответственно одного и другого направления движения, авт./ч.

Общая пропускная способность автомобильной магистрали с шестью и восьмью полосами движения определяется в соответствии с подразд. 5.4.

5.3.3 Пропускная способность какой-либо полосы движения P_{Δ} может быть определена как произведение величины максимальной пропускной способности полосы на коэффициенты ее снижения, учитывающие влияние сложных дорожных условий

$$P_{\Delta} = P_{max}\beta_1^{AM}\beta_2^{AM}\beta_3^{AM}\beta_4^{AM}\beta_5^{AM}, \quad (18)$$

где P_{max} – максимальная пропускная способность полосы движения, легковых авт./ч (см. п. 5.1.16);

$\beta_1^{AM}, \beta_2^{AM}, \beta_3^{AM}, \beta_4^{AM}, \beta_5^{AM}$ – коэффициенты снижения пропускной способности.

Коэффициент β_1^{AM} характеризует влияние планировки транспортных развязок (таблица 14).

Таблица 14 – Рекомендуемые значения коэффициента β_1^{AM}

Вид сопряжения съезда с автомагистралью	Интенсивность движения на съезде, % от интенсивности движения по автомагистрали	Величина коэффициента β_1^{AM} по полосам движения	
		правой	левой
Переходно-скоростные полосы отделены от основной проезжей части разделительной полосой	10-25 25-40	0,95 0,90	1,00 0,95
Переходно-скоростные полосы без отделения	10-25 25-40	0,88 0,93	0,95 0,90
Переходно-скоростные полосы отсутствуют	10-25 25-40	0,80 0,75	0,90 0,80

Коэффициент β_2^{AM} зависит от величины радиуса кривой в плане и учитывается при расчете пропускной способности левой полосы движения внутренней проезжей части закругления. При радиусе кривой в плане, равной 1000 м и менее, он составляет 0,92; при радиусе более 1000 м – β_2^{AM} =1.

Значение коэффициента β_3^{AM} в зависимости от участков подъемов приведено ниже.

Продольный уклон, ‰, менее	Коэффициент β_3^{AM} при длине подъема, м:	
	менее 500	более 500
15	1,00	1,00
15-30	0,90	0,88
30-50	0,88	0,86

Коэффициент β_4^{AM} при наличие остановочной полосы принимается равным 1; при ее отсутствии или при ее ширине, не соответствующей требованиям норм – 0,95 (для любой полосы движения).

Коэффициент β_5^{AM} характеризует влияние пригородных маршрутных автобусов (таблица 15).

Т а б л и ц а 15 – Рекомендуемые значения коэффициента β_5^{AM}

Интенсивность движения пригородных маршрутов автобусов, % от общей интенсивности движения по автомагистрали	Величина коэффициента β_5^{AM} по полосам движения	
	правой	левой
1	0,97	1,00
3	0,92	1,00
5	0,88	0,98
10	0,78	0,95

5.3.4 Во всех случаях промежуточные значения коэффициентов следует определять интерполяцией.

5.3.5 Приведенная интенсивность движения, которая необходима для расчета коэффициентов загрузки, определяется с учетом особенностей распределения автомобилей по полосам движения (таблица 16). Необходимо учитывать, что пригородные маршрутные автобусы движутся только по правой полосе.

Т а б л и ц а 16 – Распределение автомобилей по полосам движения

Число легковых автомобилей, % от общей интенсивности движения	Состав транспортного потока на правой полосе, %		Состав транспортного потока на левой полосе, %	
	легковые автомобили	грузовые автомобили	легковые автомобили	грузовые автомобили
20	5	95	35	65
40	20	80	55	45
60	35	65	70	30
80	75	25	85	15
100	100	0	100	0

5.4 Пропускная способность автомобильных дорог с многополосной проезжей частью

5.4.1 На автомобильных дорогах с многополосной проезжей частью движение по полосам распределяется неравномерно, пропускную способность следует оценивать путем расчета пропускной способности каждой полосы в отдельности с учетом состава потока.

5.4.2 Общая пропускная способность автомобильной дороги с многополосной проезжей частью определяется по формуле

$$P = 2\,(P_1 + P_2 + P_3 + \cdots + P_n), \qquad (19)$$

где P_1, P_2, P_3, ..., P_n – пропускная способность первой, второй, третьей и т.д. полос, авт./ч.

5.4.3 Пропускная способность отдельной полосы определяется по формуле

$$P_n = k\ \beta_1^{MH}\,\beta_2^{MH}\,(1700 + 66{,}6b - 9{,}54p - 6{,}84i), \qquad (20)$$

где k – коэффициент приведения смешанного потока автомобилей к потоку легковых автомобилей

$$k = 1/\Sigma\psi_{cj}\,n_j, \qquad (21)$$

β_1^{MH} – коэффициент, учитывающий радиус кривой в плане;

β_2^{MH} – коэффициент, учитывающий влияние пересечений в разных уровнях (см. таблицу 14);

b – ширина полосы, м (b=3-3,75 м);

p – количество грузовых автомобилей и автобусов, % ($p \le 30\%$);

i – продольный уклон, ‰ ($0 \le i \le 40$ ‰);

ψ_{cj} – коэффициент приведения к легковому автомобилю отдельных типов транспортных средств (см. п. 5.1.17);

n_j – количество транспортных средств различных типов, в долях единицы.

5.4.4 Коэффициент β_1^{MH} в формуле (20) следует учитывать только при определении пропускной способности левой полосы на кривой. Его рекомендуется принимать равным 0,85, если радиус кривой в плане менее 1000 м, и 1 – при радиусе более 1000 м.

5.4.5 Определяя пропускную способность полосы в соответствии с формулой (20) и используя коэффициенты ψ_{cj} и n_j, необходимо учитывать особенности распределения автомобилей разного типа по полосам при интенсивности движения, близкой к пропускной способности (см. таблицу 16).

5.5 Построение линейного графика пропускной способности и коэффициента загрузки

5.5.1 Каждый элемент дороги, снижающий пропускную способность, имеет зону влияния, в пределах которой изменяются режим движения потоков автомобилей и пропускная способность. При построении графика изменения пропускной способности следует использовать протяженности зон влияния в каждую сторону от рассматриваемого элемента, которые приведены ниже.

Элементы дороги	Протяженность зон влияния, м
Населенные пункты	300
Участки подъемов протяженностью, м:	
до 200	350
больше 200	650
Кривые в плане радиусом, м:	
больше 600	100
меньше 600	250
Участки с ограниченной протяженностью, м:	
меньше 100	150
100-350	100
больше 350	50
Пересечения в одном уровне	600

5.5.2 Графики изменения пропускной способности вдоль дороги (рисунок 1) строят в следующем порядке:

а) выделяют однородные элементы дороги и зоны их влияния;

б) выписывают значения частных коэффициентов снижения пропускной способности (см. подразд. 5.1);

в) вычисляют пропускную способность по формуле (22);

г) вычисляют пропускную способность в физическом количестве автомобилей, учитывая состав потока автомобилей и используя коэффициенты, приведенные в подразд. 5.1;

д) строят график изменения пропускной способности вдоль дороги.

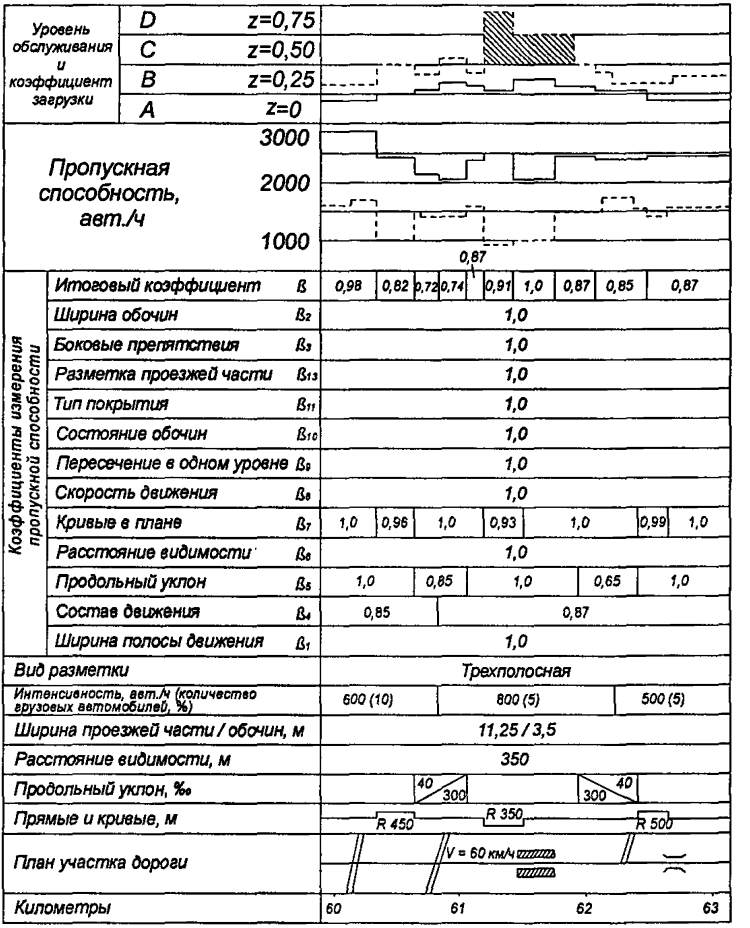
5.5.3 Пропускная способность $P_ф$ в физическом количестве автомобилей вычисляется по формуле

$$P_ф = P/(\sum_{1}^{j} f_{cj}\, n_j), \qquad (22)$$

где n_j – количество транспортных средств разных типов, в долях единицы;

f_{cj} – коэффициенты приведения (см. п. 5.1.17) соответственно для легковых автомобилей, мотоциклов, грузовых автомобилей, автопоездов и автобусов.

5.5.4 Над графиком пропускной способности строят график изменения коэффициента загрузки каждого участка (см. рисунок 1).



– двухполосная дорога до реконструкции;

– после перевода двухполосной дороги в трехполосную

Рисунок 1 – Линейные графики изменения пропускной способности и коэффициента загрузки движением на участке дороги

Коэффициент загрузки определяют как отношение интенсивности движения (расчетной или существующей) к пропускной способности, выраженной в физических единицах.

5.5.5 При разработке проектов новых дорог следует пересматривать (в первую очередь, с точки зрения увеличения числа полос движения) участки, где коэффициент загрузки превышает величины $z_{опт}$, приведенные в таблице 3.

5.5.6 Результаты построения графика коэффициента загрузки для существующих дорог используют при разработке проектов организации движения, капитального ремонта и реконструкции участков автомобильных дорог (приложение Д).

6. Пропускная способность пересечений

6.1 Пропускная способность пересечений в одном уровне

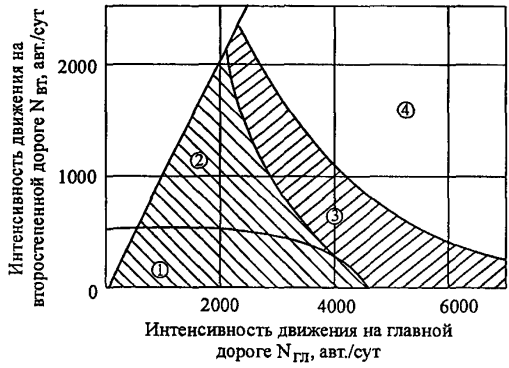
6.1.1 При выборе планировки пересечения в одном уровне необходимо обеспечивать такой же уровень обслуживания движения, как и на всей дороге (приложение Е). Величины предельных загрузок движением пересечений приведены в таблице 17.

Таблица 17 – Величины предельных загрузок движением пересечений

Уровень обслуживания движения на главной дороге	Коэффициент загрузки	Загрузка второстепенной дороги	
		предельно допустимая	оптимальная
A	<0,20	$0,11P_{гл}$	$0,09P_{гл}$
B	0,20-0,45	$0,22P_{гл}$	$0,17P_{гл}$
C	0,45-0,70	$0,37P_{гл}$	$0,28P_{гл}$
D	0,70-1,00	$0,56P_{гл}$	$0,42P_{гл}$

Примечание – $P_{гл}$ – практическая пропускная способность главной дороги в рассматриваемых дорожных условиях.

6.1.2 Планировку пересечений в одном уровне с учетом обеспечения наименьшей загрузки основной дороги следует принимать с учетом рекомендаций, представленных на рисунке 2.



1 – простое пересечение; 2 – направляющие островки на второстепенной дороге; 3 – направляющие островки на обеих дорогах с разметкой проезжей части; 4 – пересечение в разных уровнях

Рисунок 2 – Номограмма для определения пропускной способности пересечений

6.1.3 Пропускная способность пересечений в одном уровне в конкретных условиях определяется по формуле

$$P_{П} = N_{гл}\left(A\frac{e^{-\beta_{q1}\lambda\Delta t_{гр}}}{1-e^{-\beta_1\lambda\delta t}} + B\frac{e^{-\beta_{q2}\lambda\Delta t_{гр}}}{1-e^{-\beta_2\lambda\delta t}} + C\frac{e^{-\beta_{q3}\lambda\Delta t_{гр}}}{1-e^{-\beta_3\lambda\delta t}} \right) \qquad (23)$$

при $A + B + C = 1$,

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

$\lambda = N_{гл}/3600$;

A – коэффициент, характеризующий свободно движущиеся автомобили;

B – коэффициент, характеризующий частично связанную часть потока автомобилей;

C – коэффициент, характеризующий связанную часть потока автомобилей;

$A = \xi_{м} - \xi_{п}$ – для участков подъемов;

$\xi_{м}$ – коэффициент, учитывающий количество медленно движущихся автомобилей в потоке (таблица 18);

$\xi_{п}$ – коэффициент, учитывающий крутизну уклона и длину подъема (таблица 19);

$\Delta t_{гр}$ – граничный интервал, принимаемый водителем и определяемый по рисунку 3;

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

β_{q1}, β_{q2}, β_{q3} – коэффициенты, характеризующие плотность потока автомобилей; $\beta_{q1} = \varphi(A)$ определяют по рисунку 4, $\beta_{q2} = 3,5$ и $\beta_{q3} = 5,7$ (для двухполосных дорог).

Таблица 18 – Рекомендуемые значения коэффициента $\xi_м$

Доля медленно движущихся автомобилей в потоке К, %	Значение $\xi_м$ при расстоянии от подъема, м						
	≤100	500	1000	1500	2000	3000	4000 и более
0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10	0,64	0,72	0,78	0,82	0,85	0,83	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

Примечание – К медленно движущимся относят автомобили, скорость которых на 10-15 км/ч меньше средней скорости для всего потока. Количество таких автомобилей определяют по материалам измерения скоростей движения на дороге.

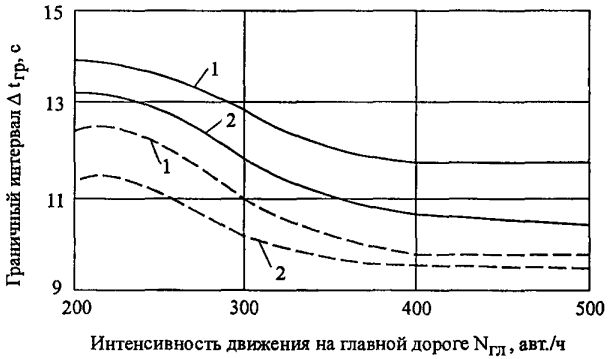
Таблица 19 – Рекомендуемые значения коэффициента $\xi_п$

Уклон, ‰	Значение $\xi_п$ при длине подъема, м				Уклон, ‰	Значение $\xi_п$ при длине подъема, м			
	50	100	200	300		50	100	200	300
≤20	0	0	0	0	60	0,05	0,10	0,17	0,30
30	0	0	0,02	0,04	70	0,09	0,12	0,19	0,34
40	0	0,02	0,05	0,12	80	0,11	0,15	0,24	0,42
50	0,02	0,06	0,11	0,19					

Интервал между выходами автомобилей из очереди на второстепенной дороге в зависимости от состава движения приведен ниже.

Доля легковых автомобилей в потоке, % δt, с

0 2,4
20 3,2
50 3,7
100 4,2



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

Рисунок 3 – Изменение граничного промежутка времени для левого поворота в зависимости от интенсивности движения по главной дороге

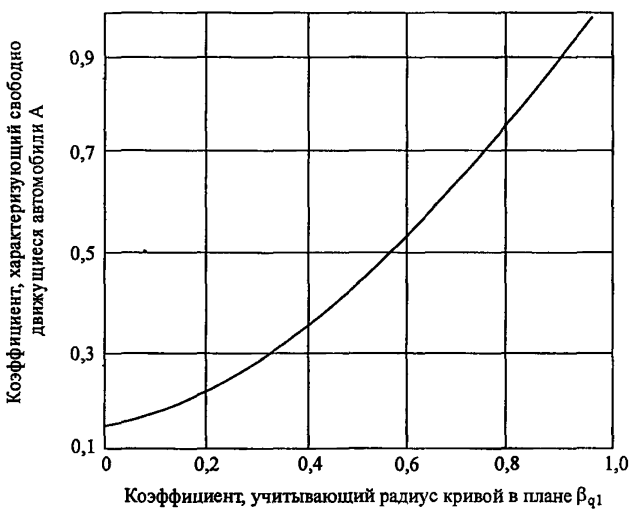
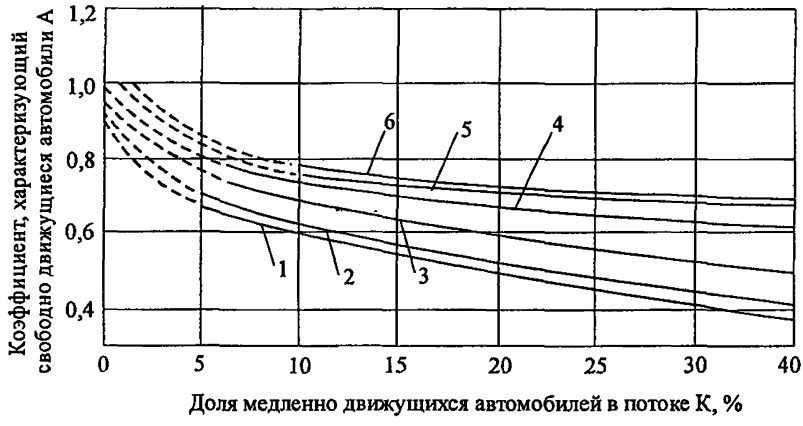


Рисунок 4 – Зависимость между коэффициентами А и β_1

Для населенных пунктов А определяют по рисунку 5, а В = f(A) – по рисунку 6.



1 – расстояние от населенного пункта <100 м; 2 – то же, 200 м; 3 – то же, 400 м; 4 – то же, 600 м; 5 – то же, 1000 м; 6 – то же, 1500 м

Рисунок 5 – Влияние населенного пункта на распределение интервалов в потоке в зависимости от состава движения при различном расстоянии от населенного пункта

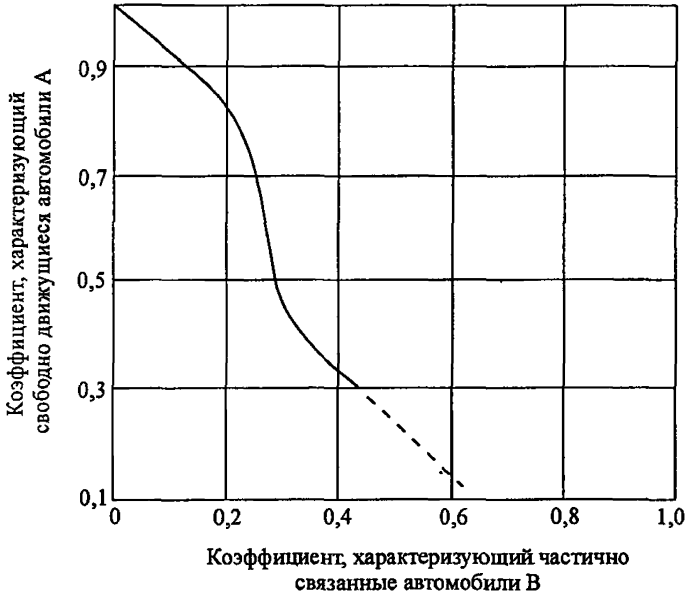


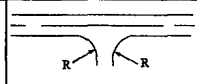
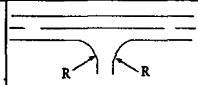
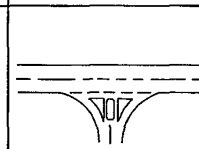
Рисунок 6 – Зависимость между коэффициентами А и В

Расчет по формуле (23) позволяет определить пропускную способность не всего пересечения, а лишь одного направления движения со второстепенной дороги, пересекающего или вливающегося в главный поток.

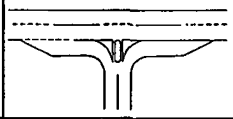
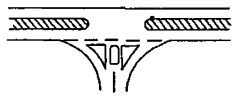
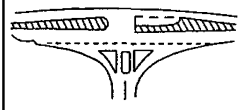
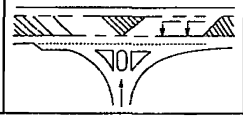
Полная пропускная способность определяется как сумма пропускных способностей по всем направлениям.

6.1.4 Для упрощения расчета все поворачивающие потоки на пересечении приводят к одному условному потоку. Ввиду того, что основным параметром, определяющим пропускную способность пересечения, является граничный промежуток времени приведение осуществляется путем сопоставления этого показателя для разных направлений. Значения коэффициентов приведения $\psi_{пр}$ при разных планировочных решениях даны в таблице 20.

Т а б л и ц а 20 – Рекомендуемые значения коэффициента $\psi_{пр}$

Тип пересечения	Схема планировки	Коэффициент приведения $\psi_{пр}$			
		Левый поворот с дороги		Прямое пересечение	Правый поворот
		главной	второстепенной		
1	2	3	4	5	6
Простое необорудованное пересечение; R = 10 м		1,10	1,10	1,00	0,62
Необорудованное пересечение; 10 <R<25 м		1,00	1,00	1,00	0,45
Разделительные направляющие островки на второстепенной дороге, правоповоротные съезды с переходными кривыми или коробовые кривые; главная дорога не оборудована переходно-скоростными полосами		1,00	0,85	0,90	0,27

Окончание таблицы 20

1	2	3	4	5	6
То же, переходно-скоростные полосы на главной дороге (не полное канализированное)		1,00	0,85	0,90	0,10
То же, разделение встречных потоков на главной дороге		0,90	0,65	0,70	0,10
То же, левоповоротные островки на главной дороге с переходно-скоростными полосами (канализированное пересечение)		0,60	0,65	0,70	0,10
То же, переходно-скоростные полосы для левого поворота на главной дороге		0,60	0,60	0,20	0,10

6.1.5 Интенсивность движения приведенного потока на второстепенной дороге определяется по формуле

$$N_{пр.вт} = N_{вт}(\psi_{пр.л}\eta_{л} + \psi_{пр.пп}\eta_{пп} + \psi_{пр.пр}\eta_{пр}) + \psi_{пр.л(пп)}N_{гл.л}. \qquad (24)$$

Предельное значение приведенной интенсивности движения, т. е. суммарная интенсивность на второстепенной дороге:

для необорудованных пересечений

$$N_{max} = \frac{N_{пр.вт} - \psi_{пр.л(гл)}N_{гл}}{\psi_{пр.л}\eta_{л} - \psi_{пр.пп}\eta_{пп} + \psi_{пп.пр}\eta_{пр}}, \qquad (25)$$

для канализированных пресечений

$$N_{max} = \frac{N_{пр.вт} - \psi_{пр.л(гл)}N_{гл}}{\psi_{пр.л}\eta_{л} + \psi_{пр.пп}\eta_{пп}} + P_{п}, \qquad (26)$$

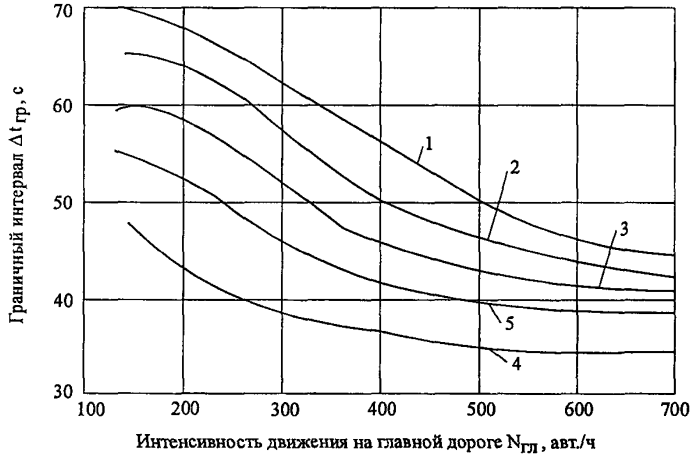
где $N_{вт}$, $N_{гл}$ – интенсивности движения соответственно на второстепенной и главной дорогах;

$\psi_{пр}$ – коэффициенты приведения;

η – доля поворачивающего движения;

$P_п$ – пропускная способность правого поворота с второстепенной дороги, определяемая по формуле (23) при значении $\Delta t_{гр}$, принятом по рисунку 7;

N_{max} – максимальная пропускная способность пересечения в одном уровне.



1 – R = 10-12 м; 2 – R = 15 м; 3 – R = 25 м; 4 – R = 50 м; 5 – R = 50 м, имеются переходно-скоростные полосы

Рисунок 7 – Изменение граничного промежутка времени для правого поворота при различных радиусах съездов

6.1.6 Коэффициент загрузки движением определяется по формуле

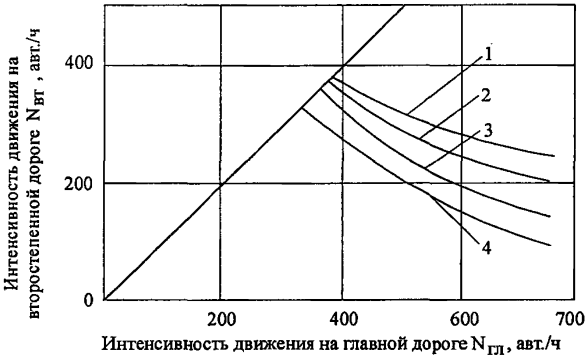
$$z = N_{пр.вт} / N_{max}. \qquad (27)$$

6.1.7 На основе номограмм (рисунки 8 и 9) определяют предельные интенсивности движения для некоторых типов пересечений в одном уровне.



1 – теоретическая пропускная способность; 2 – максимальная практическая; 3 – практическая;
– необорудованные пересечения; – канализированные пересечения

Рисунок 8 – Номограмма для определения пропускной способности нерегулируемых пересечений в одном уровне



1 – коэффициент, характеризующий свободно движущиеся автомобили А=0,4; 2 – то же, А=0,6; 3 – то же, А=0,8; 4 – то же, А=1

Рисунок 9 – Номограмма для определения практической пропускной способности пересечений в одном уровне

6.2 Пропускная способность кольцевых пересечений

6.2.1 Пропускная способность кольцевого пересечения зависит от размера геометрических элементов плана пересечения, параметров транспортного потока и организации движения на въезде на кольцо.

Для одной и той же планировки кольцевого пересечения более высокая пропускная способность достигается при организации движения с преимущественным правом проезда по кольцу (приложение Ж).

6.2.2 Пропускная способность въезда на кольцевое пересечение – максимальное число автомобилей, которое может въехать на пересечение за единицу времени при заданной интенсивности движения на кольце и наличии постоянной очереди автомобилей на въезде.

6.2.3 Для оценки пропускной способности кольцевых пересечений необходимы данные об интенсивности и составе движения, о распределении потоков по направлениям в «часы пик».

6.2.4 Пропускная способность въезда на кольцевое пересечение зависит, главным образом, от числа полос движения на въезде, формы въезда, интенсивности движения на кольце, состава движения.

Пропускная способность въезда на кольцевое пересечение с учетом реальных дорожных условий рассчитывается по формуле

$$P_в = \frac{c}{k_c}(A - БN_к); \qquad (28)$$

$$k_c = \sum_{i=1}^{n} m_i \lambda_i , \qquad (29)$$

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;

N_k – интенсивность движения на кольце, легковых авт./ч;

$А$, $Б$ – коэффициенты, характеризующие планировку въезда, зависят от числа полос движения на подходе n_1 и на въезде n_2 (таблица 21);

c – коэффициент, учитывающий влияние диаметра центрального островка $D_{ц.о}$ на пропускную способность въезда на

кольцевое пересечение; при $D_{ц.о}$=15-20 м c=0,94; при $D_{ц.о}$=40-50 м c=1; при $D_{ц.о}$=80 м c=0,9; при $D_{ц.о}$=125 м c=0,84; при $D_{ц.о}$=160 м c=0,79; при $D_{ц.о}$=200 м c=0,75.

Т а б л и ц а 21 – Рекомендуемые значения коэффициентов А и Б

Число полос движения		Интенсивность движения N_k, легковых авт./ч	Значение коэффициентов	
n_1	n_2		А	Б
1	1	≤2240	1500	0,67
2	2	≤2530	2630	1,04
1	2	≤1400	1800	0,45
2	1	>1400	2630	1,01
1	3	≤1600	1800	0,31
2	3	≤1100	2900	0,91

Число полос движения на въезде определяется по формуле

$$n_2 = B / b_1 \qquad (30)$$

где B – ширина въезда, м;

b_1 – ширина полосы движения на въезде, м (b_1= 3,75-4,0 м).

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

6.2.5 По формуле (28) определяют максимальную пропускную способность въезда, которая может быть достигнута при наличии постоянной очереди автомобилей, ожидающих въезда в зону слияния. Такой режим работы кольцевого пересечения приводит к большим народнохозяйственным потерям из-за простоев автомобилей и грузов и

поэтому экономически нецелесообразен. Следовательно, необходимо определить экономически эффективную загрузку движением кольцевых пересечений.

6.2.6 Коэффициентом загрузки въезда называют отношение фактической интенсивности движения автомобилей на въезде к пропускной способности данного въезда в конкретных дорожных условиях и определяют по формуле

$$z = N_в / P_в, \qquad (31)$$

где $N_в$ – фактическая или перспективная интенсивность движения на въезде, авт./ч;

$P_в$ – максимальная пропускная способность въезда в реальных дорожных условиях, авт./ч.

Исходя из условий эффективной работы автомобильной дороги в целом, оптимальный коэффициент загрузки движением на въездах кольцевых пересечений $z_{опт} = 0,65$.

Коэффициент загрузки движением, соответствующий режиму практической пропускной способности въезда, $z_{пр} = 0,85$.

6.2.7 Практическая пропускная способность въезда на кольцевое пересечение $P_в^{(пр)}$ определяется как

$$P_в^{(пр)} = P_в z_{пр}. \qquad (32)$$

6.2.8 При проектировании дороги необходимо оценивать пропускную способность не только отдельного въезда, но и кольцевого пересечения в целом. Пропускную способность каждого въезда на кольцевое пересечение определяют при фиксированной интенсивности движения на кольце.

Увеличение интенсивности движения на одном из въездов до его пропускной способности ($N_в = P_в$) приведет к росту интенсивности на кольце перед другими въездами, и пропускная способность других въездов уменьшится. Поэтому пропускная способность всего кольцевого пересечения будет меньше пропускных способностей въездов.

Пропускную способность всего кольцевого пересечения определяют при следующих допущениях: прирост интенсивности на всех въездах одинаков; состав движения и распределение потока по направлениям на всех въездах остаются постоянными.

Если хотя бы на одном въезде z ≥0,65, кольцевое пересечение достигло (или превысило при z>0,65) экономически эффективную загрузку движением и на данном въезде следует провести мероприятия по повышению пропускной способности. Если на всех въездах z<0,65, то можно оценить запас пропускной способности каждого въезда.

6.2.9 Запас пропускной способности въезда определяют из условия возрастания интенсивности движения на данном въезде ($N_в$) до ее пропускной способности ($P_в$) при равномерном увеличении интенсивности движения на всем кольцевом пересечении по формулам

$$N_в x = \frac{1}{k_c} cz(A - БN_к x); \quad (33)$$

$$x = zcA/(k_c N_в + zcБN_к), \quad (34)$$

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

Коэффициент x рассчитывают для каждого въезда при $z_{опт}$=0,65. Из всех x выбирают наименьший x_{min} (соответствует наиболее загруженному въезду).

Полная пропускная способность кольцевого пересечения, соответствующая экономически эффективной загрузке движением ($z_{опт}$ = 0,65), равна

$$P_{кп} = x_{min} \sum_{i=1}^{n} N_{вi}, \quad (35)$$

где i – номер въезда;

n – число въездов.

6.2.10 Аналогично можно определить пропускную способность кольцевого пересечения, соответствующую режиму практической пропускной способности въезда (при $z_{пр}$ = 0,85).

6.2.11 Компактные кольцевые пересечения обладают суммарной пропускной способностью до 2100-2300 авт./ч. Рекомендуется применять компактные кольцевые пересечения вместо нерегулируемых на магистральных улицах районного значения и местной улично-дорожной сети с целью повышения безопасности движения.

Интервалы между транспортными средствами подчиняются распределению

$$f(t)=\begin{cases}0, & \text{если } t<t_m,\\ \alpha\lambda e^{-\lambda(t-t_m)}, & \text{если } t\geq t_m,\end{cases} \quad (36)$$

где $f(t)$ – плотность распределения интервалов в потоке;

α – доля свободной части транспортного потока, определяемая как $\alpha=1-\theta$;

θ – доля связанной части потока (автомобилей в пачках);

λ – параметр распределения, определяемый по формуле (37);

t_m – минимальный интервал между транспортными средствами в потоке главного направления, с.

Параметр распределения λ определятся как

$$\lambda=\frac{(1-\theta)q_p}{1-t_m q_p}=\frac{\alpha q_p}{1-t_m q_p}, \quad (37)$$

где q_p – интенсивность движения на главном направлении, т.е. кольцевой проезжей части, авт./с.

Параметр α определяется по формуле

$$\alpha=e^{-Aq_p}, \quad (38)$$

где A – параметр, определяемый экспериментально и имеющий значения от 6 до 9.

В приведенных выше формулах рекомендуется применять следующие значения параметров дихотомического распределения (таблица 22).

Таблица 22 – Параметры дихотомического распределения

Параметр	Характер поступления транспортных средств к перекрестку	
	случайный	наличие пачек в потоке
A	2	4
t_m, с	1,5	1,8

Пропускная способность входа на компактное кольцевое пересечение рассчитывается по формуле

$$Q_e = \frac{3600(1-\theta)q_p e^{-\lambda(t_c - t_m)}}{1-e^{-\lambda t_f}} = \frac{3600\ \alpha q_p e^{-\lambda(t_c - t_m)}}{1-e^{-\lambda t_f}}, \qquad (39)$$

где Q_e – пропускная способность второстепенного направления на пересечении, авт./ч ;

t_c – критический интервал, с;

t_f – интервал следования из очереди второстепенного потока, с.

В формуле (39) рекомендуется использовать следующие значения параметров:

- критический интервал при въезде на кольцо t_c=4,8 с;
- интервал следования из очереди на входе на кольцо t_f=2 с.

6.3 Пропускная способность пересечений в одном уровне на многополосных дорогах

6.3.1 На многополосных автомобильных дорогах в качестве первого этапа возможно устройство пересечений в одном уровне с отнесенным левым поворотом, которые при правильной планировке имеют ряд преимуществ по сравнению с крестообразными и кольцевыми пересечениями в одном уровне. При таких пересечениях снижение скорости по главной дороге наименьшее по сравнению с другими видами пересечений в одном уровне (приложение З).

6.3.2 Пропускная способность одного направления движения на пересечении в одном уровне с отнесенным левым поворотом не зависит от другого направления, так как все направления разделены и отсутствует их взаимное влияние.

6.3.3 Пропускная способность данного направления (участка слияния, участков переплетения или разворота) определяется по формуле

$$P = N\left(\frac{e^{-N/T(\Delta t_{\phi}-1)}}{1-e^{-N/T\delta t}}\right), \qquad (40)$$

где N – интенсивность движения на одной полосе основной дороги, в которую вливается поток автомобилей второстепенной дороги, легковых авт./ч;

T=3600 с;

$\Delta t_{гр}$ – граничный интервал времени, зависящий от интенсивности движения, вида маневра и планировки пересечения, с;

δt – минимальный интервал между автомобилями, выполняющими маневр, с.

Если сливаются потоки автомобилей с примыкающей дороги, N принимают для крайней правой полосы главной дороги; если потоки переплетаются, N принимают для левой полосы; при развороте с пересечением потоков автомобилей по главной дороге принимают суммарную интенсивность по обеим полосам.

В таблице 23 приведены рекомендуемые интервалы для участка разворота.

Т а б л и ц а 23 – Рекомендуемые интервалы $\Delta t_{гр}^{(п)}$ и $\Delta t_{гр}^{(сп)}$

С пересечением потоков (т.е. с остановкой)			
$N_{2\text{-}1}$, легковых авт./ч	600	800	1000
$\Delta t_{гр}^{(п)}$, с	9,7	9,0	8,2
С непрерывным движением			
$N_{лев}$, легковых авт./ч	200	500	800
$\Delta t_{гр}^{(сп)}$, с	4,0	3,8	3,5

Примечания

1 $\Delta t_{гр}^{(сп)}$ – интервал времени при слиянии потока второстепенной дороги с потоком автомобилей на главной дороге.

2 $\Delta t_{гр}^{(п)}$ – интервал времени при пересечении потока второстепенной дороги с потоком автомобилей на главной дороге.

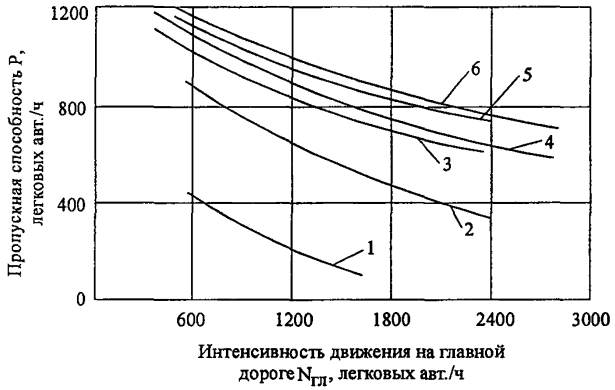
В зависимости от интенсивности движения N_1 по правой полосе, равной 400 легковых авт./ч, при переплетении потоков автомобилей рекомендуемый интервал времени $\Delta t_{гр}$=4,1 с; при N_1=600 легковых авт./ч – $\Delta t_{гр}$=3,6 с; при N_1=800 легковых авт./ч – $\Delta t_{гр}$=3,3 с; при N_1=1000 легковых авт./ч – $\Delta t_{гр}$=3,0 с.

При длине участка от места примыкания дороги до участка разворота, равной 200 м, $\Delta t_{гр}^{(сп)}$=6,0 с; при 300 м – $\Delta t_{гр}^{(сп)}$=4,1 с; при 400 м – $\Delta t_{гр}^{(сп)}$=3,9 с; при 500 м – $\Delta t_{гр}^{(сп)}$=3,5 с; при 600 м – $\Delta t_{гр}^{(сп)}$=3,2 с.

6.3.4 Минимальные интервалы между автомобилями, выполняющими маневр, принимают: δt =2,2 с – при развороте с остановкой; δt = 2,5 с – при развороте с непрерывным движением; δt = 2,6 с – при слиянии потока автомобилей примыкающей дороги с

потоком на главной дороге; δt = 3,3 с – при переплетении потоков автомобилей.

6.3.5 Для оценки пропускной способности каждого направления движения автомобилей на пересечении в одном уровне с отнесенным левым поворотом следует пользоваться рисунком 10.



1 – участок разворота с остановкой; 2 – участок переплетения при L = 200 м; 3 – то же, при L = 300 м; 4 – участок слияния; 5 – участок переплетения при L = 500 м; 6 – участок разворота с непрерывным движением; L – расстояние от места примыкания дороги до участка разворота

Рисунок 10 – Зависимость пропускной способности каждого направления движения от интенсивности движения на главной дороге

6.3.6 При проектировании пересечений в одном уровне на многополосных дорогах с отнесенным левым поворотом рекомендуется ориентироваться на коэффициенты загрузки. Зависимость коэффициентов загрузки на главной и второстепенной дорогах приведены ниже.

$z_{гл}$	$z_{вт}$
0,20	0,30-0,40
0,20-0,45	0,25-0,10
0,45-0,70	0,05

6.3.7 Наличие пересечений в одном уровне с отнесенным левым поворотом на четырехполосных дорогах влияет на пропускную

способность автомобильной магистрали. Для оценки пропускной способности автомобильной магистрали на участках, где расположены пересечения в одном уровне с отнесенным левым поворотом, рекомендуется пользоваться коэффициентами снижения пропускной способности, приведенными в таблице 24.

Т а б л и ц а 24 – Рекомендуемые коэффициенты снижения пропускной способности $\beta^{перес}$

Тип пресечения или примыкания	Значение коэффициента $\beta^{перес}$ при числе разворачивающихся автомобилей, %			
	20	40	60	80
Необорудованное пересечение	0,86	0,80	0,62	0,48
Частично оборудованное пересечение с переходно-скоростными полосами на участке примыкания	0,92	0,90	0,85	0,78
Полностью канализированное пересечение с прерывным движением на участке разворота (т.е. с остановкой)	0,98	0,95	0,90	0,85
Полностью канализированное пересечение с непрерывным движением	1,00	0,98	0,96	0,93

7 Пропускная способность пересечений в разных уровнях

7.1 Пропускная способность пересечений в разных уровнях определяется пропускной способностью съездов. Основными факторами, влияющими на пропускную способность съездов транспортных развязок, являются возможность вливания автомобилей в основной поток при выходе со съезда и размеры геометрических элементов съезда. Пропускную способность съездов, имеющих различные планировочные решения участков слияния, оценивают по таблице 25, составленной для случая, когда количество грузовых автомобилей в транспортном потоке не превышают 10-15% (за исключением петлевых левоповоротных съездов развязок полный «клеверный лист»).

Т а б л и ц а 25 – Расчетные значения пропускной способности съездов

Уровень обслуживания на главной дороге	Интенсивность движения на правой полосе главной дороги, авт./ч	Пропускная способность съезда, авт./ч	
		при наличии переходно-скоростной полосы	без переходно-скоростной полосы
A	100 300	900 850	850 650
B	500 700	800 750	500 450
C, D	900	700	350
E, F	1000	600	250

7.2 На многополосных дорогах основным считается поток автомобилей на правой внешней полосе. Интенсивность движения в местах слияния следует определять, учитывая распределение интенсивности движения по съездам и полосам проезжей части многополосной дороги. Для четырехполосных автомагистралей при общей интенсивности движения в одном направлении 200 авт./ч интенсивность по внешней правой полосе составит 180 авт./ч; при 400 авт./ч – 310 авт./ч; при 600 авт./ч – 410 авт./ч; при 1000 авт./ч – 510 авт./ч; при 1200 авт./ч – 600 авт./ч; при 1400 авт./ч – 700 авт./ч; при 1600 авт./ч – 800 авт./ч; при 1800 авт./ч – 900 авт./ч; при 2000 авт./ч – 1000 авт./ч; при 2200 авт./ч – 1010 авт./ч; при 2500 авт./ч – 1190 авт./ч.

7.3 Назначая уровень обслуживания движения на пересечениях, следует учитывать, что с ростом интенсивности на съезде и приближении ее к пропускной способности съезда условия движения на главной дороге и пересечении ухудшаются (таблица 26).

Т а б л и ц а 26 – Характеристика уровней обслуживания на пересечениях

Уровень обслуживания движения на съезде	Коэффициент загрузки движением z	Скорость движения на правой полосе четырехполосной автомагистрали в зоне съезда, % от скорости движения вне пересечения	
		съезды с переходно-скоростными полосами	съезды без переходно-скоростных съездов
1	2	3	4
A	<0,20	90-100	80-90
B	0,20-0,45	85-90	60-70

Окончание таблицы 26

1	2	3	4
C	0,45-0,70	70-80	40-50[1)]
D	0,70-1,00	45-55	30-40[2)]
E,F	1,00	35-40	15-25[3)]

[1)]Наблюдается остановка отдельных автомобилей на внешней полосе, обгоны затруднены.

[2)]Наблюдаются кратковременные заторы на внешней полосе и остановки отдельных автомобилей на внутренней полосе.

[3)]Наблюдаются заторы на обеих полосах движения.

Промежуточные значения, приведенные в таблице 26, определяются интерполяцией.

7.4 Увеличения пропускной способности участков примыкания съездов можно достигнуть, применяя переходно-скоростные полосы или выделяя отдельные полосы на главной дороге.

7.5 Пропускная способность съездов пересечений в разных уровнях, выходные участки которых имеют зоны слияния потоков автомобилей, определяется в следующей последовательности:

- устанавливают максимальную интенсивность движения на съезде $N_{max}^{(c)}$ из условий возможности вливания потока в основной поток интенсивностью N_o по формуле

$$N_{max}^{(c)} = N_0 \left(A \frac{e^{-\beta_{y1} m \Delta t_{гр}}}{1 - e^{-\beta_{y1} m \delta t}} + B \frac{e^{-\beta_{y2} m \Delta t_{гр}}}{1 - e^{-\beta_{y2} m \delta t}} + C \frac{e^{-\beta_{y3} m \Delta t_{гр}}}{1 - e^{-\beta_{y3} m \delta t}} \right), \qquad (41)$$

где N_0 – интенсивность движения на основной полосе дороги и переходно-скоростной полосе, авт./ч;

A, B, C, β_{y1}, β_{y2}, β_{y3} – коэффициенты, определяющие состояние потока на основной полосе дороги;

m – параметр, равный $N_0/3600$;

$\Delta t_{гр}$ – граничный интервал времени при вливании потока, с;

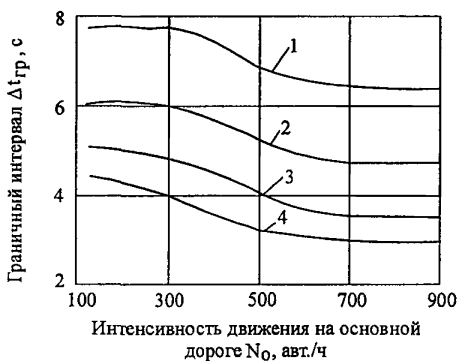
δt – интервал времени между автомобилями, вливающимися со съезда в транспортный поток на основной полосе дороги, с;

- устанавливают пропускную способность съездов P_c по формуле (8), используя соответствующие планировке съезда размеры частных коэффициентов, учитывая влияние геометрических элементов съезда и

состава потока автомобилей на съезде. При этом в формуле (8) за P_{max} принимают значение, рекомендуемое в п. 5.1.16; для одной полосы четырехполосной автомагистрали сравнивают $N_{max}^{(c)}$ и P_c. Если $P_c > N_{max}^{(c)}$, за пропускную способность съезда принимают $N_{max}^{(c)}$. Когда $P_c < N_{max}^{(c)}$, за пропускную способность съезда принимают P_c, так как в этих случаях пропускная способность съезда ограничивается не участком слияния потоков, а участками с кривыми, подъемами и т.д.

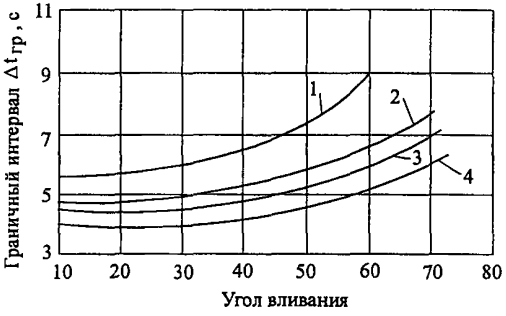
7.6 Пропускная способность съездов, выходные участки которых не являются зонами слияния потоков, а представляют собой участки перехода к дополнительной полосе проезжей части главной дороги, определяется как пропускная способность одной полосы движения с учетом значений четных коэффициентов снижения пропускной способности согласно подразд. 5.4 и 5.5.

7.7 Граничный промежуток времени $\Delta t_{гр}$ при вливании потока определяют по рисункам 11 и 12.



1 – вливание после остановки 85%-ной обеспеченности; 2 – то же, 50%-ной обеспеченности; 3 – скорость вливающихся автомобилей 25-35 км/ч 85%-ной обеспеченности; 4 – вливание с полосы ускорения 85%-ной обеспеченности

Рисунок 11 – Зависимость граничного интервала времени от интенсивности движения на основной полосе дороги



1 – вливание в основной поток после предварительной остановки, N_o = 150 авт./ч; 2 – то же, без остановки, N_o = 150 авт./ч; 3 – то же, N_o = 300 авт./ч; 4 – то же, N_o = 450 авт./ч

Рисунок 12 – Влияние угла вливания на граничный промежуток времени

Для левополосных съездов пересечений типа полный «клеверный лист», не имеющих переходно-скоростных полос, коэффициент А определяют в зависимости от интенсивности движения $N^{(л)}_{см}$ на смежном левоповоротном съезде, по которому движутся автомобили, уходящие с главной дороги (таблица 27).

Для левоповоротных переходно-скоростных полос при количестве грузовых автомобилей в основном потоке 10-15, 20-25 и 30-35% коэффициент А принимают равным соответственно 0,60; 0,55 и 0,48.

Т а б л и ц а 27 – Рекомендуемые значения коэффициента А

Интенсивность движения, авт./ч	Коэффициент А при наличии на основной полосе тяжелых автомобилей, %			
	10-15	15-20	20-25	25-30
100	0,70	0,37	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

В таблице 28 приведены данные о размере коэффициента А для левоповоротных съездов пересечений всех типов, за исключением пересечений типа полный «клеверный лист»; правоповоротных съездов пересечений всех типов.

Таблица 28 – Рекомендуемые значения коэффициента А

Расстояние от предыдущего съезда, м	Коэффициент А при		Расстояние от предыдущего съезда, м	Коэффициент А при	
	отсутствии переходно-скоростных полос	наличии переходно-скоростных полос		отсутствии переходно-скоростных полос	наличии переходно-скоростных полос
200	0,57-0,63	0,77-0,88	800	0,83-0,91	0,90-0,96
400	0,63-0,70	0,82-0,92	1000	0,87-0,92	0,90-0,96
600	0,72-0,82	0,87-0,96	1200	0,88-0,93	0,90-0,96

Примечание – Меньшее значение коэффициента соответствует присутствию в потоке на основной полосе дороги 20-25% грузовых автомобилей, большее – 10-15%.

Другие коэффициенты и параметры, входящие в формулу (41), определяют: коэффициент В – по рисунку 13; коэффициент С=1–(А+В); β_{y1} – по рисунку 14; β_{y2} =1,8; β_{y3} =3,0; δt принимают равной 3,2 с, когда легковых автомобилей в потоке на съезде более 50%, и 3,6 с, если их менее 50%.

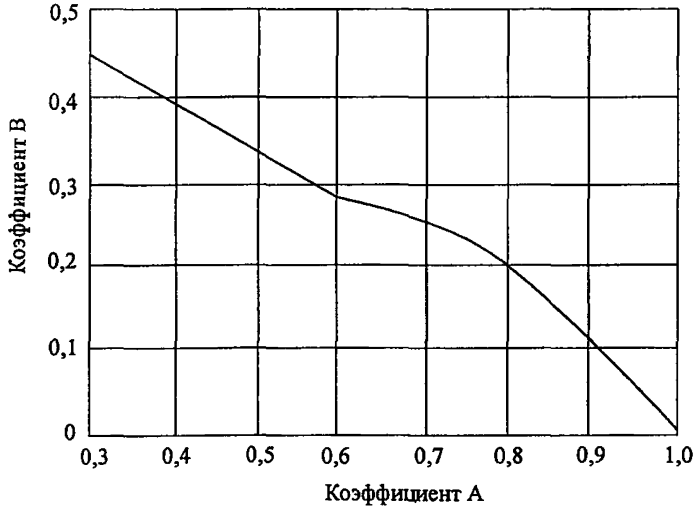


Рисунок 13 – Зависимость между коэффициентами А и В для четырехполосных дорог движения

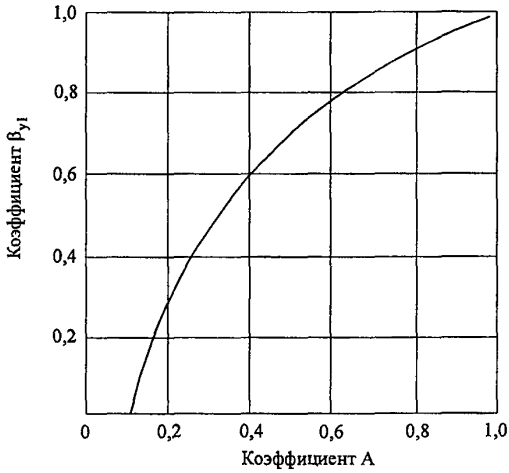
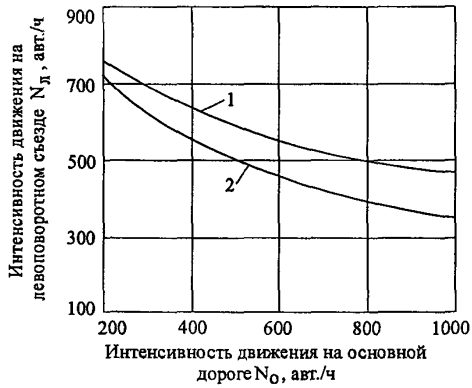


Рисунок 14 – Зависимость коэффициента β_{y1} от коэффициента А

7.8 Для оценки пропускной способности петель левоповоротных съездов пересечений типа полный «клеверный лист» из условий возможности сливания потоков используют рисунок 15.



1 – теоретическая пропускная способность, А = 1;

2 – практическая пропускная способность, А = 0,4

Рисунок 15 – Пропускная способность петель левоповоротных съездов пересечения типа полный «клеверный лист»

7.9 Пропускную способность пересечения в целом определяют как сумму пропускных способностей отдельных съездов.

7.10 В таблице 29 приведены характеристики условий движения на съездах пересечений в разных уровнях при различных уровнях обслуживания движения на съезде.

Т а б л и ц а 29 – Характеристика условий движения на съездах пересечений в разных уровнях

Уровень обслуживания движения на съезде	Коэффициент загрузки движением на съездах z_c	Характеристика движения потока автомобилей на съезде	Состояние потока автомобилей на съезде	Удобство работы водителя на выходе со съезда
A	0,20	Движение автомобилей по съезду свободное. Задержек автомобилей при выходе со съезда нет	Свободное	Удобное
B	0,20-0,45	Автомобили движутся по съезду группами (2-3 автомобиля). Свободный выход со съезда при наличии переходно-скоростной полосы, без переходно-скоростной полосы – затруднен	Частично связанное	Мало-удобное
C	0,45-0,70	На съезде постоянно находится группа автомобилей. Интервалы между автомобилями незначительны. Выход со съезда сходу возможен только при наличии переходно-скоростной полосы	Связанное	Неудобное
D	0,70-1,00	Большая часть съезда заполнена автомобилями. Поток движется с остановками, возникают заторы. Выход автомобиля со съезда сходу невозможен	Плотное насыщенное	Очень неудобное
E, F	1,00	Весь съезд заполнен автомобилями, очередь автомобилей выходит на второстепенную дорогу. Затор. Возможен выход со съезда одиночных автомобилей	То же	То же

8 Пропускная способность пересечений в одном уровне со светофорным регулированием

8.1 При проектировании светофорного объекта пиковая интенсивность движения может устанавливаться несколькими способами (рисунок 16). При этом важно учитывать возможность изменений интенсивности движения внутри изучаемого пикового периода, когда в определенные короткие периоды времени интенсивность движения может превышать пропускную способность перекрестка (приложения И, К).

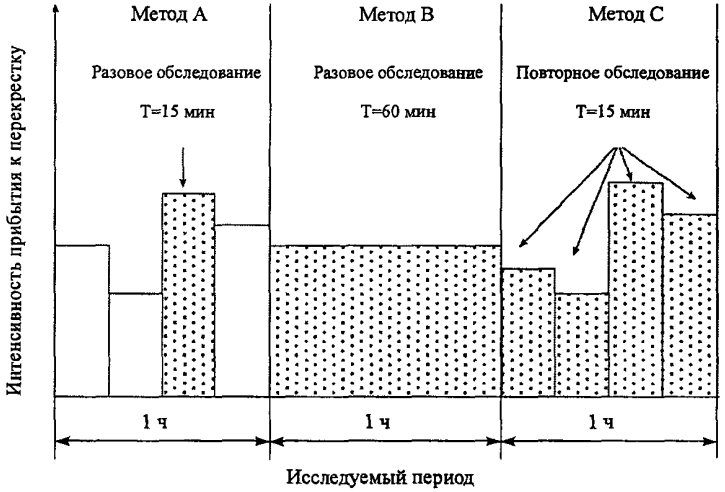


Рисунок 16 – Исследование пиковой интенсивности движения

8.2 Метод А. Длительность исследуемого периода Т составляет 15 мин. Метод не позволяет установить периоды максимальной интенсивности движения. В этом случае часовая расчетная пиковая интенсивность и интенсивность, замеренная в течение 15 мин, связаны зависимостью

$$N_{пик}^{час} = \frac{4N_{прив}}{k_{ч}}, \qquad (42)$$

где $N_{пик}^{час}$ – расчетная часовая пиковая интенсивность движения, прив.ед./ч;

$N_{прив}$ – приведенная интенсивность прибытия транспортных средств на подходе (полосе) к регулируемому пересечению, измеренная в течение 15 мин, прив. ед./ч;

$k_ч$ – коэффициент часовой неравномерности (при отсутствии данных принимается равным $k_ч = 0,92$).

8.3 Метод В. Замеры интенсивности движения проводятся в течение 1 ч, но без разделения на 15 минутные периоды, что не позволяет выявить неравномерность движения за часовой период. Значение расчетной часовой пиковой интенсивности движения принимается с поправкой на неравность, т.е. $N_{пик}^{час} = N_{прив}/k_ч$, где $N_{прив}$ – полученное обследованием значение приведенной часовой интенсивности движения, прив. ед./ч.

8.4 Метод С. Исследование проводится в течение 1 ч, но при этом фиксируется интенсивность движения каждые 15 мин, что позволяет выявить неравномерность движения внутри «часа пик». Расчетная часовая пиковая интенсивность принимается равной установленной максимальной интенсивности движения, т.е. $N_{пик}^{час} = 4N_{прив}$, где $N_{прив}$ – приведенная пиковая интенсивность прибытия транспортных средств на подходе (полосе) к регулируемому пересечению, измеренная в течение 15 мин, прив.ед./ч.

8.5 Если в течение анализируемого периода уровень загрузки подхода к перекрестку превышает значение 1 (т.е. на подходе к перекрестку образуется очередь), то обследование продлевается до момента снижения величины уровня загрузки ниже значения 1. Если при этом полученная длительность анализируемого периода превышает 0,25 ч, а интенсивность движения в течение более коротких периодов (15 мин и менее) изменялась, то результаты обследования могут быть оценены средним значением.

8.6 Приведенная интенсивность движения определяется по формуле

$$N_{пр} = k_1 N_1 + k_2 N_2 + ... + k_n N_n \ , \qquad (43)$$

где $k_1, k_2, ..., k_n$ – коэффициенты приведения транспортного средства к легковому автомобилю;

$N_1, N_2, ..., N_n$ – количество автомобилей в очереди.

Величины коэффициентов приведения к легковому автомобилю на регулируемых пересечениях определяются из соотношения временных

интервалов между моментами проезда «Стоп» линии переднего бампера автомобилей. Такие коэффициенты приведения к легковому автомобилю ниже значений, указанных в действующем нормативном документе СНиП 2.05.02-85 и полученных на основе величины динамического габарита автомобилей при движении на перегонах.

Для регулируемых пересечений рекомендуется использовать коэффициенты приведения различных транспортных средств к легковым автомобилям, которые даны ниже.

Транспортные средства	Рекомендуемые коэффициенты приведения
Легковой автомобиль	1,0
Грузовой автомобиль грузоподъемностью, т:	
до 2	1,2
2-6	1,5
более 6	1,6
Микроавтобус	1,1
Автобус:	
малой вместимости	1,4
большой вместимости	1,8
Сочлененный автобус (троллейбус)	2,4
Автопоезд	2,2

8.7 Расчету режима регулирования предшествует составление базисных схем движения транспортных и пешеходных потоков в основных тактах, при этом определяется специализация полос движения (т.е. определяется, потоки каких направлений движения будет обслуживать каждая из полос).

Полосы движения на подходах к регулируемым перекресткам делятся на два типа:

– выделенные полосы, на которых разрешается движение только в одном направлении (например, только левые повороты);

– полосы с распределением потоков, на которых разрешается движение по разным направлениям (например, движение прямо и направо).

При проектировании регулируемого перекрестка необходимо определить количество групп полос на каждом из подходов к перекрестку и количество полос в составе каждой группы. Группа полос может

обслуживать от одного до нескольких направлений движения на регулируемом объекте.

При формировании групп полос можно руководствоваться следующими положениями:

– выделенная левоповоротная или правоповоротная полоса (полосы) рассматривается как отдельная группа полос;

– если на подходе к перекрестку имеется выделенная право- или левоповоротная полоса (или обе), все остальные полосы, как правило, объединяются в одну группу полос.

Если две или более полос движения объединяются в группу, то в последующих расчетах эти полосы рассматриваются как единое целое.

8.8 Расчетное значение потока насыщения S группы полос в конкретных дорожных условиях определяется по формуле

$$S = S_o n f_{Ш} f_{У} f_{П} f_{А} f_{Т} f_{Н} f_{ЛП} f_{ПП} f_{Лпеш} f_{Ппеш}, \quad (44)$$

где S_o – идеальный поток насыщения, прив.авт./ч;

n – количество полос движения в составе группы;

$f_{Ш}$ – коэффициент, учитывающий ширину полосы движения;

$f_{У}$ – коэффициент, учитывающий продольные уклоны;

$f_{П}$ – коэффициент, учитывающий наличие уличных стоянок;

$f_{А}$ – коэффициент, учитывающий помехи, создаваемые останавливающимися на остановках автобусами;

$f_{Т}$ – коэффициент, учитывающий тип территории;

$f_{Н}$ – коэффициент, учитывающий неравномерность загрузки полос движения;

$f_{ЛП}$ – коэффициент, учитывающий помехи, создаваемые поворачивающими налево транспортными средствами в составе группы полос;

$f_{ПП}$ – коэффициент, учитывающий помехи, создаваемые поворачивающими направо транспортными средствами в составе группы полос;

$f_{Лпеш}$ – коэффициент, учитывающий помехи, создаваемые пешеходами при повороте налево;

$f_{Ппеш}$ – коэффициент, учитывающий помехи, создаваемые пешеходами при повороте направо.

8.9 В таблице 30 приведены формулы расчета коэффициентов, входящих в состав уравнения (44), позволяющих скорректировать

значение идеального потока насыщения, учитывая реальные условия движения на конкретном рассматриваемом пересечении.

8.10 Коэффициент, учитывающий ширину полосы движения $f_{ш}$. Значение ширины полосы движения может варьировать в пределах от 2,4 м до 4,8 м. Полосу движения шириной более 4,8 м следует рассматривать как две узкие полосы движения.

8.11 Коэффициенты, учитывающие величину продольного уклона $f_{у}$. Значение величины продольного уклона на подходе i может меняться к перекрестку в пределах от –6% до +10% («минус» – означает, что поток на подходе движется на спуск, «плюс» – поток движется на подъем).

Таблица 30 – Рекомендуемые значения коэффициентов, учитывающих влияние элементов улично-дорожной сети

Коэффициент, учитывающий	Формула определения коэффициента	Переменные, используемые в расчете
1	2	3
ширину полос	$f_{Ш} = 1 + \frac{(b-3,6)}{9}$	b – ширина полосы, м
продольный уклон	$f_{У} = 1 - \frac{i}{2000}$	i – величина продольного уклона на подходе к перекрестку, ‰
наличие уличных стоянок	$f_{П} = \frac{n - 0,1 - \frac{18 n_{м}}{3600}}{n}$	n – число полос в группе движения; $n_{м}$ – число маневров, связанных с паркированием , маневров/ч
остановки автобусов	$f_{А} = \frac{n - \frac{14,4 n_{ост}}{3600}}{n}$	$n_{ост}$ – количество остановок в час
тип территории	в центральном районе $f_{Т} = 0,9$, в других районах $f_{Т} = 1,0$	–

Окончание таблицы 30

1	2	3
неравномерность загрузки полос движения	$f_H = N_{гр} / (N_{гр\ max} n)$	$N_{гр}$ – интенсивность движения в группе полос, прив.ед./ч; $N_{гр\ max}$ – интенсивность движения на максимально загруженной полосе в группе, прив.ед./ч
повороты налево	Бесконфликтное движение: выделенная полоса $f_{ЛП} = 0,95$, полоса с распределением потоков $f_{лп} = \frac{1}{1,0 + 0,05 P_{лп}}$	$P_{ЛП}$ – доля транспортных средств, поворачивающих налево в группе полос
повороты направо	Выделенная полоса $f_{ПП} = 0,85$, полоса с распределением потоков $f_{ПП} = 1,0 - (0,15) P_{ПП}$, однополосный подход $f_{ПП} = 1,0 - (0,135) P_{ПП}$	$P_{ПП}$ – доля транспортных средств, поворачивающих направо в группе полос
влияние пешеходов на левоповоротные и правоповоротные потоки	Для движения налево: $f_{Лпеш}$ Для движения направо: $f_{Ппеш}$	Специальная процедура расчета коэффициентов $f_{Лпеш}$ и $f_{Ппеш}$ приведена в подразд. 8.39-8.45

8.12 Коэффициент, учитывающий наличие уличных стоянок $f_п$. Автомобили, маневрирующие с целью постановки на уличную стоянку, создают помехи потоку, движущемуся по группе полос, вдоль которой разрешены уличные стоянки. Предполагается, что каждый такой маневр (постановка на парковку или выезд с нее) блокирует движение по соответствующей полосе движения, в среднем, на 18 с. Учитываются только те уличные стоянки, которые находятся на расстоянии не более

75 м до или после рассматриваемого перекрестка. При наличии более 180 маневров/ч принимается предельное значение – 180 маневров/ч. При $0 \leq n_м \leq 180$ значение коэффициента $f_П \geq 0,05$. При отсутствии уличной стоянки значение коэффициента $f_П$ принимается равным 1.

8.13 Коэффициент $f_А$ учитывает помехи, создаваемые потоку, движущемуся по группе полос, вдоль которой размещен остановочный пункт автобусов. Учитываются только те остановочные пункты, которые находятся на расстоянии не более 75 м до или после рассматриваемого перекрестка. В случае, если на остановочном пункте останавливаются более 250 автобусов/ч, необходимо принимать предельное значение, равное 250 автобусов/ч. В среднем величина помехи от одного остановившегося автобуса принимается равной 14,4 с в течение зеленого сигнала светофора. При $0 \leq n_{ост} \leq 250$ значение коэффициента $f_А \geq 0,05$.

8.14 Коэффициент, учитывающий тип территории $f_Г$. Коэффициент учитывает относительное снижение потока насыщения в центральных районах города по сравнению с остальными районами. Здесь учитывается совокупность узких улиц, частого паркирования, деятельности общественного транспорта, малых радиусов поворотов, ограниченных возможностей использования выделенных левоповоротных полос движения, большого количества пешеходов.

8.15 Коэффициент, учитывающий неравномерность загрузки полос движения $f_н$. Коэффициент учитывает неравномерное распределение транспортного потока по полосам в группе полос, включающей более одной полосы. Равномерность распределения транспортного потока по полосам в группе полос определяется в результате натурного обследования. При отсутствии возможности обследования для группы с количеством полос движения более одной значение коэффициента $f_н$ принимается равным 0,95.

8.16 Коэффициент $f_{ПП}$, учитывающий правоповоротное движение, прежде всего, геометрические особенности рассматриваемого регулируемого пересечения. Возможны три случая: правоповоротное движение осуществляется по выделенной полосе; правоповоротное движение осуществляется по распределяющей полосе; правоповоротное движение осуществляется с подхода к перекрестку, имеющего лишь одну полосу движения (т.е. левые, правые повороты и прямое движение происходят с одной полосы).

При разрешении правоповоротных поворотов на красный сигнал интенсивность автомобилей, совершающих поворот, должна быть вычтена из расчетной величины интенсивности правоповоротного движения.

8.17 При определении коэффициента $f_{лп}$, учитывающего левоповоротное движение, различают два случая: движение налево осуществляется в конфликте с противоположным приоритетным транспортным потоком; левоповоротный поток движется без конфликта.

8.18 В случае отсутствия конфликта левоповоротный поток рассматривается аналогично правоповоротному потоку. В случае движения с конфликтом или при сочетании бесконфликтного движения и движения с конфликтом (например, при ранней «отсечке») используется специальная процедура расчета коэффициента $f_{лп}$.

8.19 Коэффициенты, учитывающие помехи, создаваемые пешеходами, для лево- и правоповоротных транспортных потоков, $f_{Лпеш}$ и $f_{Ппеш}$. Для определения этих коэффициентов применяются специальные расчетные процедуры. При этом для левоповоротных потоков учитывается не только конфликт с пешеходным потоком, но и одновременный конфликт с транспортным потоком.

8.20 Количество фаз регулирования и их последовательность в цикле регулирования влияют на эффективность работы регулируемого пересечения и безопасность движения.

Количество фаз регулирования в цикле зависит от:

- количества направлений движения транспортных потоков (т.е. количества сформированных групп полос) и пешеходных потоков на светофорном объекте;

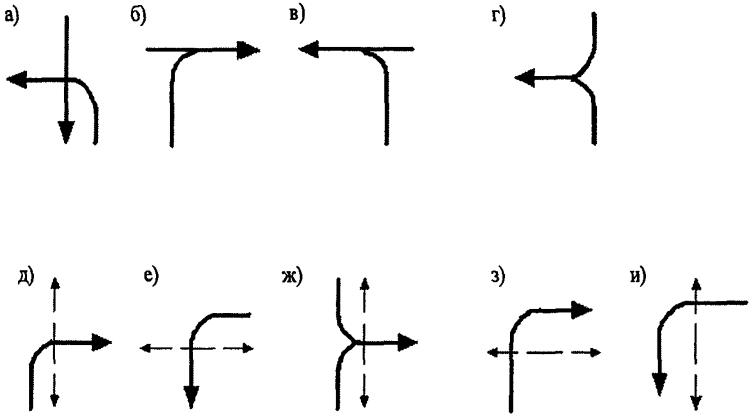
- допускаемых конфликтных точек при одновременном движении транспортных и пешеходных потоков в каждой из фаз.

8.21 Допустимость конфликтов между потоками в фазе определяется интенсивностью этих потоков. Допускаемые виды конфликтов транспортных потоков на регулируемых пересечениях представлены на рисунке 17.

8.22 Максимальное допустимое значение интенсивности движения левоповоротного потока с пересечением встречного прямого потока (см. рисунок 17,а) для двухфазных циклов регулирования длительностью 40-70 с составляет 100-200 авт./ч.

8.23 Конфликт между поворачивающими транспортными потоками и пешеходами (см. рисунок 17, д, е, ж, з, и) допускается, если интенсивность пешеходов не превышает 900 чел./ч в одном более загруженном направлении, или, если интенсивность движения транспортных средств не превышает 350 авт./ч.

8.24 Под переходным интервалом понимается период времени между окончанием зеленого сигнала светофора в предыдущей фазе и



а – конфликт левоповоротного потока с потоком, движущимся в прямом направлении; б, в – конфликты поворачивающих «под стрелку» потоков с потоком, движущимся в прямом направлении; г – конфликт в точке слияния поворачивающих потоков; д, е, ж, з, и – конфликты поворачивающих транспортных потоков с пешеходными потоками; – транспортный поток; – пешеходный поток

Рисунок 17 – Конфликты транспортных потоков на регулируемых пересечениях

включением зеленого сигнала в последующей фазе. Длительность переходного интервала должна быть такой, чтобы автомобиль, подходящий к перекрестку на зеленый сигнал, при смене сигнала с зеленого на желтый смог либо остановиться у «Стоп» линии, либо успеть освободить перекресток. Длительность переходного интервала определяется в соответствии с расчетной схемой, представленной на рисунке 18.

Длительность переходного интервала t_{ni} в рассматриваемой фазе регулирования определяется как

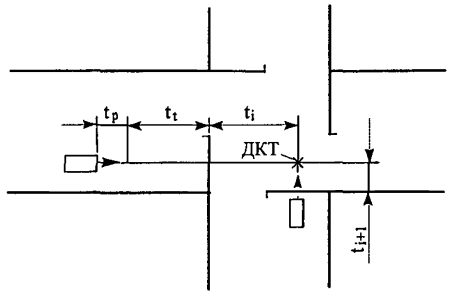
$$t_{ni} = t_p + t_t + t_i - t_{i+1}, \qquad (45)$$

где t_p – время реакции водителя на смену сигналов светофора, с;

t_t – время, необходимое автомобилю для проезда расстояния, равного тормозному пути, с;

t_i – время движения автомобиля до ДКТ, с;

t_{i+1} – время, необходимое для проезда от «Стоп» линий до ДКТ автомобилю, начинающему движение в следующей фазе $i+1$.



t_p – время реакции водителя на смену сигнала светофора, с; t_t – время, необходимое автомобилю для проезда расстояния, равного тормозному пути, с; ДКТ – дальняя конфликтная точка; t_i – время движения автомобиля до ДКТ, с; t_{i+1} – время, необходимое для проезда автомобилю от «Стоп» линии до ДКТ, с

Рисунок 18 – Схема к определению длительности переходного интервала

8.25 С некоторыми упрощениями формулы (45) длительность переходного интервала равна

$$t_{mi} = \frac{V}{7{,}2a} + 3{,}6\frac{(\ell_i + \ell)}{V}, \qquad (46)$$

где V – средняя скорость транспортных средств при движении на подходе к перекрестку и в зоне перекрестка без торможения, км/ч;

a – среднее замедление транспортного средства при включении запрещающего сигнала светофора (для практических расчетов a = 3-4 м/с);

ℓ_i – расстояние от «Стоп» линий до ДКТ, м;

ℓ – длина транспортного средства, наиболее часто встречающегося в потоке, м.

8.26 После окончания зеленого сигнала (основного такта) следует включение желтого сигнала, длительность которого принимается равной 3 с в соответствии с требованиями ГОСТ Р 52289-2004. В случае, если расчетная длительность переходного интервала составляет 3 с и при этом

не используется сочетание желтого и красного сигналов, то переходный интервал принимается, состоящим из одного вспомогательного такта. Если получаемая расчетом длительность переходного интервала составляет 4 с и более, то он формируется несколькими вспомогательными тактами.

8.27 В соответствии с положениями ГОСТ Р 52289–2004 для светофоров Т.1, Т.3 любых исполнений, Т.2 и Т.9 соблюдают последовательность включения сигналов: красный – красный с желтым – зеленый – желтый – красный. При этом длительность сигнала красный с желтым должна быть не более 2 с, длительность желтого сигнала во всех случаях – 3 с (ГОСТ Р 52291-2004). Если расчетная длительность промежуточного такта превышает указанные значения, то длительность красного сигнала увеличивают на время превышения. Это требование не распространяется на случаи, когда на светофорном объекте используются контроллеры, не способные делить промежуточный такт.

8.28 Для определения величины фазового коэффициента каждой из групп полос, обслуживаемых рассматриваемой фазой, вычисляют отношение интенсивности к величине потока насыщения и выбирают наибольшее из полученных значений по формуле

$$y_i = max\left(N_{ji}/S_{ji}\right), \qquad (47)$$

где y_i – фазовый коэффициент фазы i;

N_{ji} – интенсивность движения на группе полос j в течение фазы регулирования i;

S_{ji} – поток насыщения группы полос j в течение фазы регулирования i.

8.29 Минимальная возможная длительность цикла регулирования при рассматриваемых значениях фазовых коэффициентов равна

$$C_{min} = L \Big/ \left(1 - \sum_{i=1}^{n} y_i\right), \qquad (48)$$

где L – продолжительность потерянного в цикле времени; с;

$\sum_{i=1}^{n} y_i$ – сумма фазовых коэффициентов;

n – число фаз в цикле.

8.30 Оптимальная длительность цикла регулирования С определяется по формуле Вебстера

$$C = (1{,}5L + 5) \Big/ \left(1 - \sum_{i=1}^{n} y_i\right). \qquad (49)$$

8.31 Суммарная эффективная длительность зеленых сигналов в цикле $\sum_{i=1}^{n} G_i$ составляет

$$\sum_{i=1}^{n} G_i = C - \sum Y_i , \qquad (50)$$

где C – выбранная расчетная продолжительность цикла, с;

Y_i – длительность переходного интервала в фазе *i*, с.

8.32 Длительность зеленого сигнала G_i фазы i составляет

$$G_i = \frac{y_i}{\sum_{i=1}^{n} y_i} \sum_{i=1}^{n} G_i . \qquad (51)$$

8.33 Каждая из фаз должна обеспечивать безопасные условия движения пешеходов. Продолжительность времени, необходимого для перехода проезжей части, рассчитывается по формулам

$$G_{пеш} = 3,2 + \frac{\ell_{пеш}}{V_{пеш}} + \left(0,81 \frac{N_{пеш}}{b_{пп}}\right) \quad \text{для } b_{пп} > 3 \text{ м}; \qquad (52)$$

$$G_{пеш} = 3,2 + \frac{\ell_{пеш}}{V_{пеш}} + \left(0,27 N_{пеш}\right) \quad \text{для } b_{пп} \leq 3 \text{ м}, \qquad (53)$$

где $G_{пеш}$ – минимальная длительность времени зеленого сигнала, необходимая для пересечения пешеходами рассматриваемой группы полос движения, с;

$\ell_{пеш}$ – длина пешеходного перехода, м;

$V_{пеш}$ – средняя скорость передвижения пешехода, м/с;

$b_{пп}$ – эффективная ширина пешеходного перехода, м;

3,2 – время, требуемое пешеходам на реакцию на смену сигналов и начало движения, с;

$N_{пеш}$ – количество пешеходов, пересекших рассматриваемый переход в течение одного цикла регулирования.

8.34 Среднее значение скорости движения пешеходов $V_{пеш}$ через переход принимается равным 1,2 м/с (т.е. скорость 15%-ной обеспеченности). Значение $V_{пеш}$ может варьироваться в зависимости от типа района города, геометрических особенностей пешеходного перехода, среднестатистического возраста населения в данном районе.

Параметр $N_{пеш}$ определяется по формуле

$$N_{пеш} = \frac{N_{пеш}^{час} C}{3600}, \quad (54)$$

где $N_{пеш}^{час}$ – интенсивность движения пешеходов, чел./ч;

C – длительность цикла регулирования, с.

8.35 Пропускная способность группы полос движения на регулируемом пересечении определяется формулой

$$P_{ji} = \frac{S_{ji} g_i}{C}, \quad (55)$$

где P_{ji} – пропускная способность группы полос j в течение фазы регулирования i, прив.ед./ч;

S_{ji} – поток насыщения группы полос j в течение фазы регулирования i, прив. ед./ч;

g_i – эффективная длительность фазы регулирования i, с.

8.36 Расчет пропускной способности левоповоротного направления при конфликте с потоком прямого направления выполняется с использованием дополнительной процедуры. В случае осуществления левого поворота с конфликтом с прямым движением (см. рисунок 17, а) величина потока насыщения левоповоротного направления движения рассчитывается по формуле (44), в которой коэффициент $f_{лп}$ (см. таблицу 30) заменяется коэффициентом, учитывающим левоповоротное движение с конфликтом $f_{лпк}$

$$f_{ЛПК} = \frac{G_Б}{G} f'_{ЛП} + \frac{G_К}{G} f''_{ЛПК}, \quad (56)$$

где $G_Б$ – длительность зеленого сигнала, в течение которого движение налево осуществляется без конфликта, с;

$G_К$ – длительность зеленого сигнала, в течение которого движение налево осуществляется с конфликтом, с;

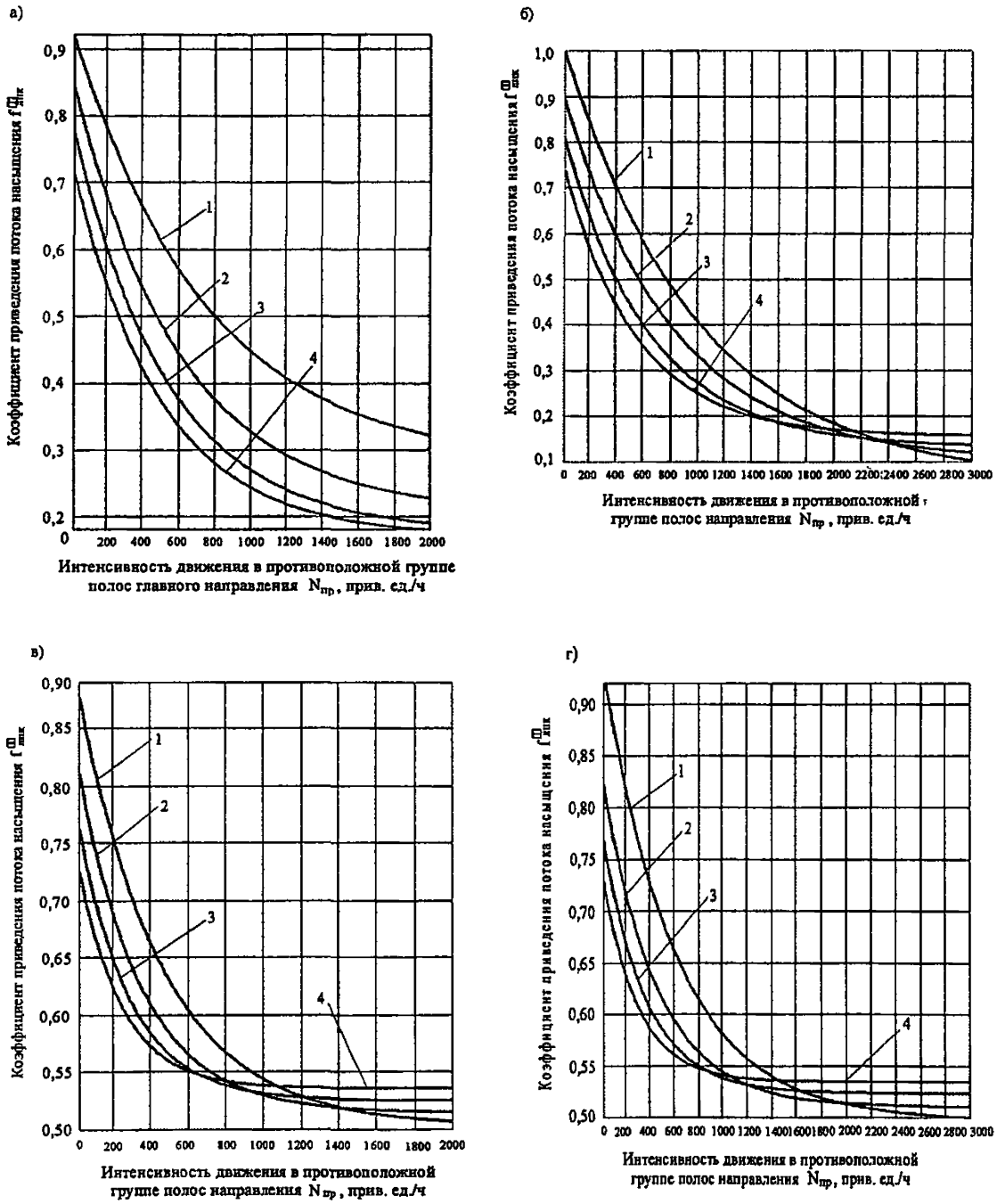
G – общая длительность зеленого сигнала, с;

$f'_{ЛП}$ – поправочный коэффициент, учитывающий левоповоротное движение без конфликта, значение которого приведено в таблице 30;

$f''_{ЛПК}$ – поправочный коэффициент приведения потока насыщения, учитывающий левоповоротное движение с конфликтом, процедура расчета которого рассмотрена ниже.

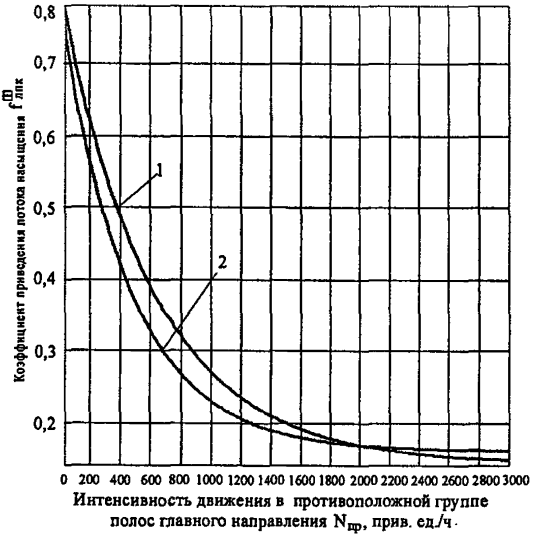
8.37 Ниже представлены графики зависимостей коэффициента $f''_{ЛПК}$ (рисунки 19, 20) от параметров $N_{пр}$ – интенсивности движения в противоположной группе полос главного направления, прив. ед./ч;

$Р_{лп}$ – доли левоповоротного потока в рассматриваемой группе полос; n – количества полос в рассматриваемой группе; $n_{пр}$ – количества полос в противоположной группе.



а – количество полос движения n=1, $n_{пр}$=1; б – то же, n=1, $n_{пр}$=2;
в – то же, n=2, $n_{пр}$=1; г – то же, n=2, $n_{пр}$=2;
1 – $Р_{лп}$=0,25; 2 – $Р_{лп}$=0,5; 3 – $Р_{лп}$=0,75; 4 – $Р_{лп}$=0,95

Рисунок 19 – Графики зависимости коэффициента $f''_{ЛПК}$ от интенсивности движения противоположного потока $N_{пр}$



1 – количество полос движения потока противоположного направления $n_{пр}$=2; 2 – то же, $n_{пр}$=1

Рисунок 20 – Графики зависимости коэффициента $f''_{ЛПК}$ от интенсивности движения противоположного потока $N_{пр}$ (движение налево по выделенной полосе)

8.38 В таблице 31 сведены возможные конфликтные ситуации, для которых предложены монограммы определения коэффициента $f''_{ЛПК}$.

8.39 В случае если левоповоротный поток, входящий в рассматриваемую группу полос, осуществляет движение в конфликте с пешеходным потоком, то расчет пропускной способности производится с использованием специальной процедуры. Определяется значение коэффициента приведения потока насыщения $f_{Лпеш}$, учитывающего левоповоротное движение с конфликтом (конфликты с потоком противоположного направления и с пешеходным потоком).

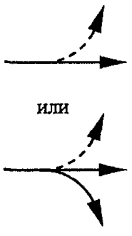
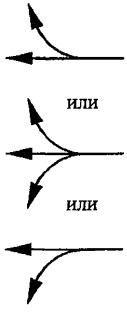
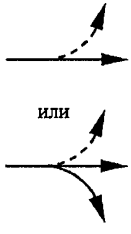
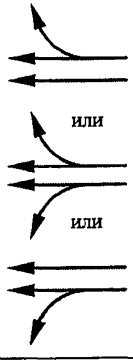
8.40 В общем виде в случае движения с конфликтом коэффициент $f_{Лпеш}$ может быть определен как

$$f_{Лпеш} = \frac{G_Б}{G} f'_{ЛП} + \frac{G_К}{G} f''_{ЛПК}, \qquad (57)$$

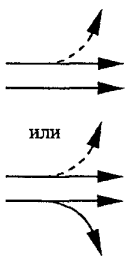
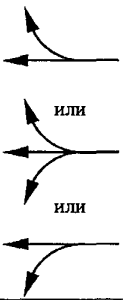
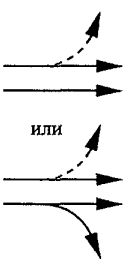
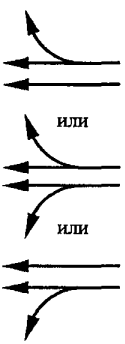
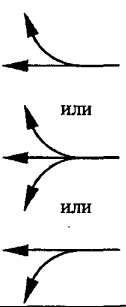
где $f'_{ЛП}$ – коэффициент приведения потока насыщения, *учитывающий левоповоротное движение без конфликта (см. таблицу 30)*;

$f''_{ЛПК}$ – коэффициент приведения потока насыщения, учитывающий левоповоротное движение с конфликтом (рисунок 21).

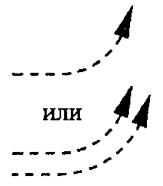
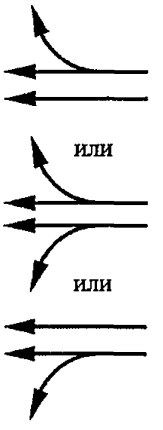
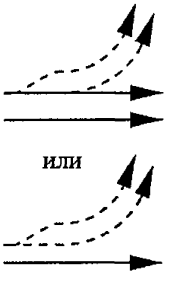
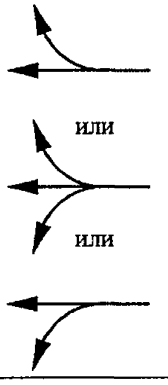
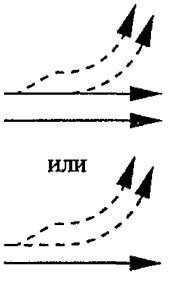
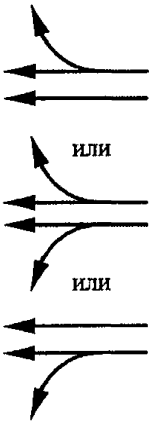
Т а б л и ц а 31 – Возможные конфликтные ситуации, учитываемые при расчете коэффициента $f''_{ЛПК}$

Группа полос, включающая рассматриваемый левоповоротный поток	Группа полос противоположного главного направления	Количество полос	Коэффициент $f''_{ЛПК}$
1	2	3	4
		$n = 1$, $n_{пр} = 1$	Определяется по рисунку 19, а
		$n = 1$, $n_{пр} = 2$	Определяется по рисунку 19, б

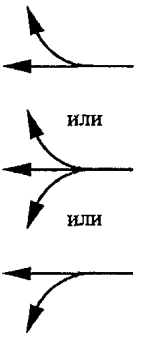
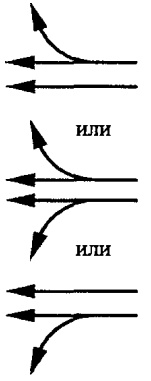
Продолжение таблицы 31

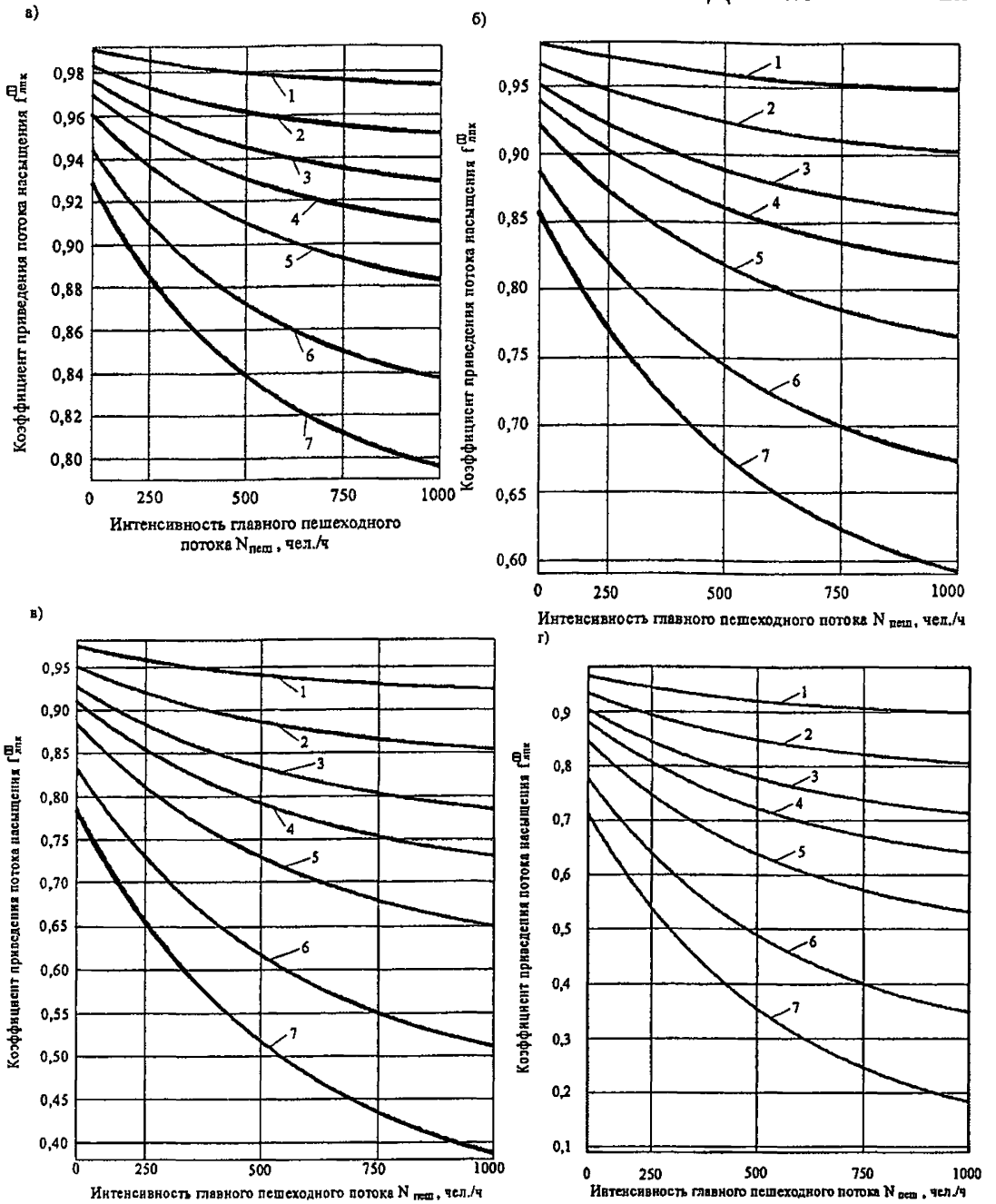
1	2	3	4
		$n = 2$, $n_{пр} = 1$	Определяется по рисунку 19, в
		$n = 2$, $n_{пр} = 2$	Определяется по рисунку 19, г
		Движение налево по выделенной полосе $n_{пр} = 1$	Определяется по рисунку 20

Продолжение таблицы 31

1	2	3	4
		Движение налево по выделенной полосе $n_{пр} = 2$	Определяется по рисунку 20
		$n = 3$, $n_{пр} = 1$	По рисунку 19, в определяется $f''_{ЛПК(n=2)}$, затем $f''_{ЛПК(n=3)} = f''_{ЛПК(n=2)} + 0{,}4$
		$n = 3$, $n_{пр} = 2$	По рисунку 19, г определяется $f''_{ЛПК(n=2)}$, затем $f''_{ЛПК(n=3)} = 0{,}5 f''_{ЛПК(n=2)} + 0{,}5$

Окончание таблицы 31

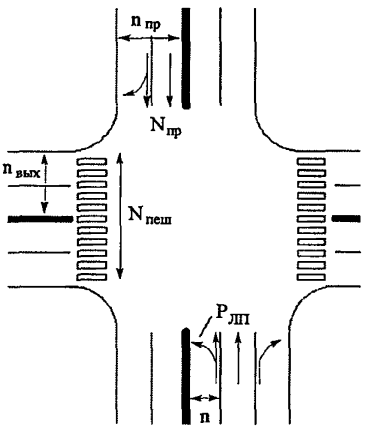
1	2	3	4
		$n = 4,$ $n_{пр} = 1$	По рисунку 19, в определяется $f''_{ЛПК(n=2)}$, затем $f''_{ЛПК(n=4)} = 0{,}5 f''_{ЛПК(n=2)} + 0{,}4$
		$n = 4,$ $n_{пр} = 2$	По рисунку 19, г определяется $f''_{ЛПК(n=2)}$, затем $f''_{ЛПК(n=4)} = 0{,}3 f''_{ЛПК(n=2)} + 0{,}55$



а – доля левоповоротного потока $P_{лп}$=0,25; б – то же, $P_{лп}$=0,5;
– в – то же, $P_{лп}$=0,75; г – то же, $P_{лп}$=1;
1 – транспортный поток противоположного направления $N_{пол}$=1000 прив.ед./ч на полосу; 2 – то же, $N_{пол}$=600 прив.ед./ч; 3 – то же, $N_{пол}$=400 прив.ед./ч; 4 – то же, $N_{пол}$=300 прив.ед./ч; 5 – то же, $N_{пол}$=200 прив.ед./ч; 6 – то же, $N_{пол}$=100 прив.ед./ч; 7 – то же, $N_{пол}$=0.

Рисунок 21 – Графики зависимости коэффициента $f_{лпк}^{''}$ от интенсивности пешеходного потока и транспортного потока противоположного направления

8.41 На рисунке 22 представлена схема перекрестка с рассматриваемыми участниками движения и относящимися к ним параметрами.



n – количество полос в группе, откуда совершается поворот;
$n_{пр}$ – количество полос в группе противоположного направления движения; $n_{вых}$ – количество полос движения на выходе с перекрестка;
$P_{лп}$ – доля левоповоротного потока; $N_{пр}$ – интенсивность движения потока противоположного направления, прив.авт./ч;
$N_{пеш}$ – интенсивность движения пешеходов, чел./ч

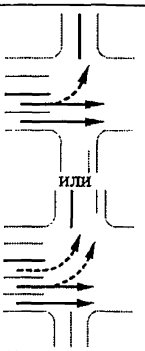
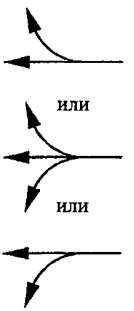
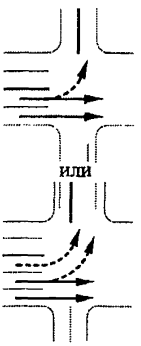
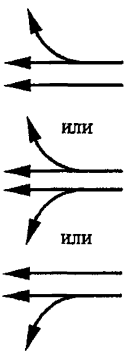
Рисунок 22 – Схема перекрестка с участниками движения, учитывающего движение налево в конфликте с пешеходами

Интенсивность движения на одну полосу $N_{пол}$ в противоположной группе полос главного направления определяется как отношение интенсивности в данной группе $N_{пр}$ к количеству в ней полос движения $n_{пр}$

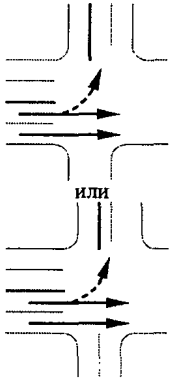
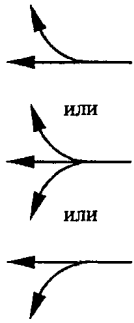
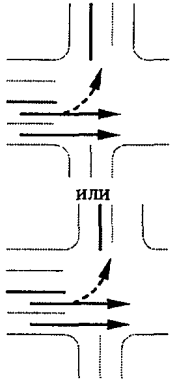
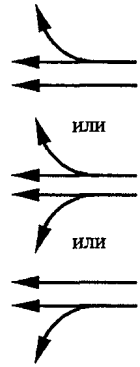
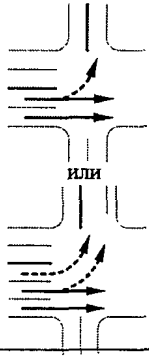
$$N_{пол} = \frac{N_{пр}}{n_{пр}}. \qquad (58)$$

8.42 В таблице 32 сведены возможные конфликтные ситуации, для которых предусмотрен алгоритм определения параметра .

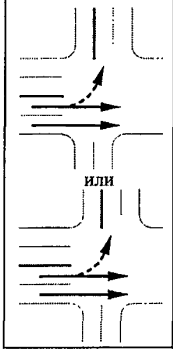
Т а б л и ц а 32 – Возможные конфликтные ситуации, учитываемые при определении коэффициента $f''_{ЛПК}$

Группа полос, включающая рассматриваемый левоповоротный поток	Противоположная группа полос главного направления	Количество полос (см. рисунок 22)	Коэффициент $f''_{ЛПК}$ в формуле (57)
1	2	3	4
		$n = n_{вых}$ $n_{пр} = 1$	Определяется по рисунку 21 и формуле (58) в зависимости от $N_{пр}$ и $P_{ЛП}$
		$n = n_{вых}$ $n_{пр} = 2$	По рисунку 21 определяется $f''_{ЛПК(n_{пр}=1)}$, затем $f''_{ЛПК(n_{пр}=2)} = 0{,}5 f''_{ЛПК(n_{пр}=1)} + 0{,}5$

Продолжение таблицы 32

1	2	3	4
		$n < n_{вых}$, $n_{пр} = 1$	По рисунку 21 определяется $f''_{ЛПК(n=n_{вых})}$, затем $f''_{ЛПК(n<n_{вых})} = 0,6 f''_{ЛПК(n=n_{вых})} + 0,4$
		$n < n_{вых}$, $n_{пр} = 2$	По рисунку 21 определяется $f''_{ЛПК(n_{пр}=1)}$, затем $f''_{ЛПК(n_{пр}=2)} = 0,5 f''_{ЛПК(n_{пр}=1)} + 0,5$, $f''_{ЛПК(n<n_{вых})} = 0,6 f''_{ЛПК(n=n_{вых})} + 0,4$
	Движение налево без конфликта с транспортными потоками	$n = n_{вых}$	По рисунку 21 определяется $f''_{ЛПК}$ при $N_{пр}$=0

Окончание таблицы 32

1	2	3	4
	Движение налево без конфликта с транспортными потоками	$n < n_{вых}$	По рисунку 21 определяется $f''_{ЛПК(n=n_{вых})}$ при $N_{пр} = 0$, затем $f''_{ЛПК(n<n_{вых})} = 0,6 f''_{ЛПК(n=n_{вых})} + 0,4$

8.43 В случае, если правоповоротный поток, входящий в рассматриваемую группу полос, осуществляет движение в конфликте с пешеходным потоком, то расчет пропускной способности производится с использованием дополнительной процедуры. Рассчитывается значение коэффициента приведения потока насыщения $f_{Ппеш}$, учитывающего правоповоротное движение с конфликтом.

8.44 В общем виде в случае движения с конфликтом коэффициент $f_{Ппеш}$ может быть определен следующим образом:

$$f_{Ппеш} = \frac{G_Б}{G} f'_{ПП} + \frac{G_К}{G} f''_{ППК}, \qquad (59)$$

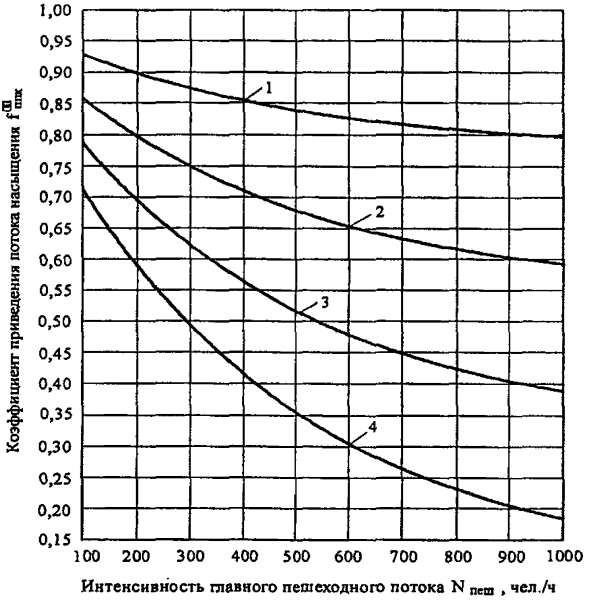
где $f'_{ПП}$ – коэффициент приведения потока насыщения, учитывающий правоповоротное движение без конфликта (см. таблицу 30);

$f''_{ППК}$ – коэффициент приведения потока насыщения, учитывающий правоповоротное движение с конфликтом (рисунок 23).

8.45 Параметры n и $n_{пр}$ определяются исходя из геометрии перекрестка аналогично случаю движения с конфликтом налево (см. рисунок 22). Если n меньше $n_{пр}$, то

$$f''_{ППК(n<n_{пр})} = 0,6 f''_{ППК(n=n_{пр})} + 0,4, \qquad (60)$$

где $f''_{ППК(n=n_{пр})}$ – значение параметра $f''_{ППК}$, полученное по рисунку 23.



1 – доля правоповоротного потока $P_{пп}$=0,25; 2 – то же, $P_{пп}$=0,5; 3 – то же, $P_{пп}$=0,75; 4 – то же, $P_{пп}$=1

Рисунок 23 – График зависимости коэффициента $f''_{ппк}$ от интенсивности пешеходного потока $N_{пеш}$, чел./ч, при соотношении количества полос

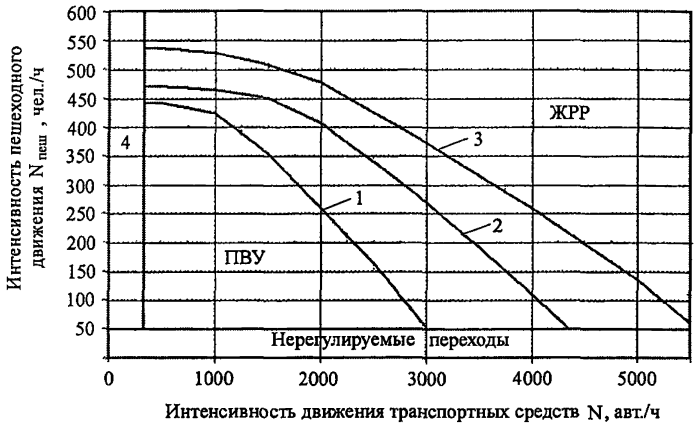
$$n = n_{пр}$$

8.46 На магистральных улицах районного значения и местных улицах переферийных жилых районов обустраивают пешеходные переходы с вызывными устройствами (ПВУ). При наличии координированного регулирования желательно соблюдать удаление переходов с ПВУ не менее 800 м от ближайшего регулируемого перекрестка (СП 42.13330.2011).

8.47 Переходы с ПВУ целесообразно применять, если значения интенсивностей движения пешеходов в «час пик» составляют (рисунок 24):

- 50-440 чел./ч для двух полос движения;
- 50-470 чел./ч для трех полос движения;
- 50-540 чел./ч для четырех полос движения.

При этом интенсивность движения транспортных средств в зоне перехода не должна превышать 1100-1300 авт./ч на полосу.



1 – верхняя граница применения ПВУ для улиц с двумя полосами движения (включая одностороннее движение); 2 – то же, для улиц с тремя полосами движения; 3 – то же, для улиц с четырьмя полосами движения; 4 – область применения средств успокоения движения; ЖРР – жесткий режим регулирования

Рисунок 24 – Рекомендуемые области применения средств организации дорожного движения на пешеходных переходах

9 Пропускная способность сложных участков дорог

9.1 Пропускная способность участков дорог в пределах малых населенных пунктов

9.1.1 Участки дороги в пределах малых населенных пунктов характеризуются пониженной пропускной способностью вследствие влияния неорганизованного движения пешеходов через дорогу, наличия близкой застройки, автомобилей и автобусов, стоящих на обочине или на специальных площадках, включения в состав потока сельскохозяйственных машин и т.д. (приложение Л).

9.1.2 Связь между скоростью и плотностью движения для участков дорог в пределах малых населенных пунктов описывают уравнением

$$V_q = V_0 \left[1-\left(\frac{q}{q_{max}}\right)^w\right]^\gamma , \qquad (61)$$

где V_0 – свободная скорость автомобилей в населенном пункте, км/ч;

q, q_{max} – соответственно текущая и максимальная плотности движения, авт./км;

w, γ – эмпирические коэффициенты.

В таблице 33 приведены параметры формулы (61) для участков с различной протяженностью населенного пункта и при расстоянии от кромки проезжей части по линии застройки 15-20 м.

Т а б л и ц а 33 – Характеристики транспортного потока при разных протяженностях рассматриваемых участков дорог в населенном пункте

Протяженность участка в пределах населенного пункта, км	V_0, км/ч	w	γ
0,7-1,0	58,71	2,15	4,80
1,1-1,5	54,37	2,03	4,85
1,6-2,1	50,20	1,89	4,90
2,2-2,5	45,90	1,75	5,00

9.1.3 При определении пропускной способности участков в пределах малых населенных пунктов максимальную плотность потока автомобилей можно принимать равной максимальной плотности на двухполосной дороге.

9.1.4 Для дорог с проезжей частью шириной 7-7,5 м и обочинами шириной не менее 3 м свободная скорость автомобилей V_0 в малых населенных пунктах, расположенных на прямолинейных горизонтальных участках, может быть получена расчетным путем

$$V_0 = 57,28 - 8,1L + 2,3\ell - 0,38L\ell, \qquad (62)$$

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

ℓ – расстояние от кромки проезжей части по линии застройки, м ($5< \ell <25$ м).

9.1.5 Скорость автомобилей в зоне пешеходного перехода определяется по формуле

$$V_n = 25,4 - 0,06N_n - 0,008N + 0,38V_0, \qquad (63)$$

где N_n – интенсивность движения пешеходов в «часы пик», чел./ч;

N – интенсивность движения автомобилей, авт./ч.

Зависимость (63) применима для наиболее характерного пешеходного потока (18-20% детей, 50-60% взрослых, 20-35% пожилых людей).

9.1.6 Для пешеходных переходов, где наблюдается изменение процентного соотношения пешеходов по группам, необходимо пользоваться зависимостью

$$V_п = 14,95 - 0,031N_{дет} - 0,041N_{взр} - 0,029N_{ст} - 0,008N + 0,62_o, \quad (64)$$

где $N_{дет}$, $N_{взр}$, $N_{ст}$ – интенсивность движения через дорогу соответственно детей, взрослых и пожилых людей, чел./ч.

Примеры расчета пропускной способности дорог в пределах малых населенных пунктов даны в приложении Л.

9.1.7 Скорость автомобилей на участках в пределах малых населенных пунктов $V_{кр}$, имеющих кривые в плане, рассчитывается по формуле

$$V_{кр} = V_0 - 1,29K, \quad (65)$$

где K – коэффициент, учитывающий кривые в плане, $K = 1000/R$;

R – радиус кривой в плане ($50 > R > 100$ м).

9.1.8 Пропускная способность автомобильной дороги в пределах малого населенного пункта, расположенного на прямом горизонтальном участке, определяется формулой

$$P_{нп} = (1968,8 - 487,5L + 11,2\ell + 7,5L\ell)\, k_1 k_2 k_3, \quad (66)$$

где k_1 – коэффициент, учитывающий влияние пешеходного перехода (таблица 34);

k_2 – коэффициент, учитывающий влияние стоянки у пункта обслуживания (таблица 35);

k_3 – коэффициент, учитывающий влияние кривой в плане (таблица 36).

Т а б л и ц а 34 – Рекомендуемые значения коэффициента k_1

Интенсивность движения пешеходов в «часы пик», чел./ч	Значение коэффициента k_1 при числе легковых автомобилей в потоке, %		
	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 35 – Рекомендуемые значения коэффициента k_2

Планировочное решение стоянки	Значение коэффициента k_2
Стоянка удалена от кромки проезжей части, имеются переходно-скоростные полосы	1,0
Стоянка оборудована за счет уширения обочины	0,8
Оборудованной стоянки нет	0,6

Примечание – Если оборудованная стоянка расположена с одной стороны проезжей части и не запрещен левый поворот, необходимо коэффициент k_2 уменьшить в 1,5 раза.

Таблица 36 – Рекомендуемые значения коэффициента k_3

Протяженность населенного пункта, км	Значение коэффициента k_3 при радиусе горизонтальной кривой, м				
	100	100-250	250-450	450-600	600
0,30-0,70	0,81	0,89	0,95	0,96	0,97
0,70-1,25	0,84	0,92	0,97	0,98	0,98
1,25-1,75	0,96	0,94	0,97	1,00	1,00
1,75-2,25	0,88	0,95	0,98	1,00	1,00
2,25-2,75	0,90	0,96	1,00	1,00	1,00

9.1.9 Коэффициент снижения пропускной способности вследствие влияния остановок маршрутных автобусов представлен в таблице 37.

Таблица 37 – Рекомендуемые значения коэффициента, учитывающего влияние маршрутных автобусов

Количество маршрутных автобусов в транспортном потоке, %	Коэффициент влияния на пропускную способность остановок маршрутных автобусов			
	со съездом с проезжей части	с остановкой на проезжей части, %		
		15	25	40
2	0,99	0,92	0,88	0,84
4	0,98	0,84	0,75	0,67
6	0,97	0,69	0,56	0,42
8	0,96	0,50	0,30	-

9.2 Пропускная способность мостовых переходов

9.2.1 Пропускная способность мостовых переходов зависит от конструкции и состояния проезжей части мостов и подходов к ним.

На мостовых переходах изменяется режим движения автомобилей, что вызывает снижение средней скорости движения, увеличение плотности потока и в итоге приводит к снижению пропускной способности таких участков дорог.

9.2.2 Пропускная способность полосы движения на мостовом переходе зависит от длины моста (для больших мостов), состояния дорожного покрытия; продольного уклона и радиусов кривых в плане на подходах к мосту; продольного профиля моста; расстояния видимости; присутствия придорожных строений на подходах к мосту. В значительной степени на фактическую пропускную способность влияют состав транспортного потока; наличие средств регулирования дорожного движения; наличие пересечений в одном уровне на подходах к мосту и т.д.

9.2.3 Пропускную способность мостов и подходов к ним следует определять раздельно. Пропускную способность подходов к мостам необходимо оценивать как для участков автомобильных дорог согласно рекомендациям разд. 2.

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

$$P_м = 420 + 43Г - 2{,}285L + 0{,}257ГL, \qquad (67)$$

где $Г$ – габарит моста, м ($Г$-7 – $Г$-13);

L – длина моста, м ($100<L<300$ м).

9.2.5 Пропускная способность мостов, расположенных на кривых в плане и имеющих продольные уклоны более 10‰, можно вычислить по формуле

$$P_м = P\beta_м, \qquad (68)$$

где P – пропускная способность полосы движения с учетом влияния кривых в плане, продольного уклона и состава движения (определяется по рекомендациям разд. 5);

$\beta_м$ – коэффициент снижения пропускной способности полосы движения моста (таблица 38).

Т а б л и ц а 38 – Рекомендуемые значения коэффициента $\beta_м$

Длина моста L, м	Значение коэффициента $\beta_м$ при габарите моста				
	Г-7	Г-8	Г-9	Г-11,5	Г-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

9.2.6 Практическая пропускная способность полосы движения большого моста определяется по формуле

$$P_м = 0,101 V_0 q_{max}, \quad (69)$$

где $P_м$ – пропускная способность полосы движения на мосту и в зоне его влияния, авт./ч;

V_0 – скорость движения автомобилей в свободных условиях, км/ч;

q_{max} – максимальная плотность движения, авт./км.

Скорость движения автомобилей V_0 и максимальную плотность потока на мосту следует определять в соответствии с рекомендациями, изложенными в разд. 2.

9.2.7 Скорость легковых автомобилей на большом автодорожном мосту длиной 100-300 м в свободных условиях движения определяется по формуле

$$V_o = 30,6 + 3,125Г - 0,206L + 0,01875ГL. \quad (70)$$

9.3 Пропускная способность участков автодорожных тоннелей

9.3.1 При выборе основных параметров поперечного сечения участков автодорожных тоннелей следует исходить из условий обеспечения равномерного режима движения транспортного потока, избегая резких перепадов скоростей движения перед порталом тоннеля и на выходе из него, соблюдая уровень обслуживания движения такой же, как и на всей дороге (приложение М).

9.3.2 Режимы движения транспортного потока на участках автодорожных тоннелей существенно отличаются от условий движения на открытых участках и обусловлены снижением средней скорости движения, изменением интервалов между автомобилями, что, в конечном итоге, приводит к снижению пропускной способности.

9.3.3 Пропускная способность участков автодорожных тоннелей определяется пропускной способностью автодорожного тоннеля. Основными факторами, влияющими на пропускную способность автодорожных тоннелей, являются ширина полосы движения, уровень освещенности на входе в тоннель, ширина защитной полосы, ширина служебного прохода, величины кривой в плане и продольного уклона в тоннеле, на входе и выходе из него, доля грузовых автомобилей в составе транспортного потока.

9.3.4 При оценке пропускной способности участков автодорожных тоннелей выделяют четыре зоны влияния:

- зона подхода к тоннелю, расположенная на расстоянии 300 м от портала тоннеля и рассматриваемая как открытый участок дороги;
-зона входа в тоннель;
- зона внутри тоннеля;
- зона выхода из тоннеля.

9.3.5 Пропускную способность зоны подхода к тоннелю и зон входа, внутри и выхода из него определяют раздельно. Пропускную способность зоны подхода к тоннелю необходимо оценивать как для участков автомобильных дорог согласно рекомендациям, изложенным в разд. 5.

9.3.6 В автодорожных тоннелях с многополосной проезжей частью движение по полосам распределяется неравномерно, пропускную способность тоннеля в одном направлении следует оценивать путем расчета пропускной способности каждой полосы в отдельности с учетом состава потока.

Общая пропускная способность автодорожного тоннеля в одном направлении составит

$$P_c = P_1 + P_2 + ... + P_n, \qquad (71)$$

где $P_1, P_2, ..., P_n$ – пропускная способность первой, второй и т.д. полос, легковых авт./ч, определяемая по формуле (9).

9.3.7 Пропускная способность отдельной полосы в зоне подхода к тоннелю равна

$$P_n = k\,\beta_1^{\text{т}}\beta_2^{\text{т}}\,(2000 + 66{,}6B - 9{,}54p - 6{,}84i), \qquad (72)$$

где k – коэффициент приведения смешанного потока автомобилей к потоку легковых автомобилей

$$k=1/(\sum_{1}^{j} f_{cj}\, n_j); \qquad (73)$$

β_1^{τ} – коэффициент, учитывающий радиус кривой в плане;

β_2^{τ} – коэффициент, учитывающий наличие примыкания съездов-въездов (таблица 39);

B – ширина полосы движения, м (B=3-3,75 м);

p – количество грузовых автомобилей и автобусов, % (при $p \leq 30\%$);

i – продольный уклон, ‰ ($0<i<50$‰);

n_j – количество транспортных средств разных типов, в долях единицы;

f_{cj} – коэффициент приведения к легковому автомобилю отдельных типов транспортных средств (см. п. 5.1.17).

Таблица 39 – Рекомендуемые значения коэффициента β_2^{τ}

Вид сопряжения съезда с автомагистралью	Интенсивность движения на съездах, % от интенсивности движения по автомагистрали	Значение коэффициента β_2^{τ} для полосы	
		правой	левой
Переходно-скоростные полосы, отделенные от основной проезжей части разделительной полосой	10-25	0,95	1,00
	25-40	0,90	0,95
Только переходно-скоростные полосы	10-25	0,88	0,95
	25-40	0,83	0,90
Съезды без переходно-скоростных полос	10-25	0,80	0,90
	25-40	0,75	0,80

9.3.8 Значение коэффициента β_1^{τ} в формуле (72), отражающего влияние кривой в плане, определяется для каждой полосы в зависимости от радиуса кривой в плане и приведено ниже.

Радиус кривой в плане, м ..... <250 250-600 600-1000 >1000

β_1^{τ} ..... 0,85 0,90 0,98 1,0.

9.3.9 Определяя пропускную способность полосы и используя коэффициенты n_j и f_{cj} из формулы (73), необходимо учитывать особенности распределения автомобилей разного типа по полосам при интенсивности движения, близкой к пропускной способности. Данные о распределении автомобилей на четырехполосной магистрали приведены в таблице 40, на шестиполосной магистрали – в таблице 41. При ином, чем указано в таблицах, составе следует прибегать к интерполяции. Необходимо также учитывать, что тяжелые автомобили и автопоезда движутся, как правило, по правой полосе.

Таблица 40 – Распределение автомобилей по полосам движения на четырехполосных автомобильных магистралях

Количество легковых автомобилей в общем потоке, %	Состав потока на правой полосе, %		Состав потока на левой полосе, %	
	легковые автомобили	грузовые автомобили	легковые автомобили	грузовые автомобили
20	7-10	90-93	30-35	65-70
40	24-30	70-76	50-55	45-50
60	38-45	55-62	65-70	30-35
80	74-84	16-26	80-85	15-20

Таблица 41 – Распределение автомобилей по полосам движения на шестиполосных автомобильных магистралях

Тип автомобилей	Распределение автомобилей по полосам, %		
	полоса 1	полоса 2	полоса 3
Легковые и легкие грузовые	30	38	35
Грузовые	30	62	77
Автопоезда	88	38	8
Весь поток (в среднем)	32	38	30

Примечание – Нумерация полос начинается с крайней правой полосы.

9.3.10 Пропускная способность полосы движения на входе в тоннель, в пределах (внутри) тоннеля и на выходе из него определяется по формуле

$$P = \beta^{уч.т} P_{max} \qquad (74)$$

где P_{max} – максимальная пропускная способность полосы движения, равная 2000 легковых авт./ч;

$\beta^{уч.т}$ – итоговый коэффициент снижения пропускной способности какой-либо зоны тоннеля

$$\beta^{уч.т} = \beta_1^m \beta_2^m \beta_3^m \beta_4^m \beta_5^m; \quad (75)$$

$\beta_1^m, \beta_2^m, \beta_3^m, \beta_4^m, \beta_5^m$ – частные коэффициенты снижения пропускной способности полосы движения для зон участка тоннеля (таблицы 42-46).

Таблица 42 – Рекомендуемые значения коэффициента β_1^m

Зона участка тоннеля	Значения коэффициента β_1^m при ширине полосы движения, м					
	3,0	3,5	3,75	4,0	4,25	4,5
Вход	0,899	0,920	0,930	0,940	0,948	0,955
Внутри	0,939	0,965	0,973	0,979	0,983	0,985
Выход	0,943	0,960	0,967	0,972	0,977	0,980

Таблица 43 – Рекомендуемые значения коэффициента β_2^m

Зона участка тоннеля	Значения коэффициента β_2^m при освещенности, лк				
	0	375	750	1125	1500
Вход	0,899	0,916	0,938	0,959	0,977
Выход	0,943	0,966	0,979	0,984	0,986

Таблица 44 – Рекомендуемые значения коэффициента β_3^m

Зона участка тоннеля	Значения коэффициента β_3^m для крайней правой полосы при ширине защитной полосы (тротуара), см				
	30	50	75	100	120
Вход	0,899	0,911	0,921	0,927	0,930
Внутри	0,939	0,951	0,963	0,972	0,977
Выход	0,943	0,950	0,956	0,960	0,962

Примечание – Величина коэффициента β_3^m для крайней левой полосы определяются путем умножения табличных данных на поправочный коэффициент 1,1.

Таблица 45 – Рекомендуемые значения коэффициента β_4^m

Зона участка тоннеля	Значения коэффициента β_4^m при количестве легковых автомобилей в потоке, %						
	0	10	20	40	50	70	100
Вход	0,690	0,817	0,738	0,784	0,806	0,847	1,0
Внутри	0,879	0,891	0,901	0,917	0,923	0,932	1,0
Выход	0,798	0,814	0,830	0,862	0,878	0,906	1,0

Таблица 46 – Рекомендуемые значения коэффициента β_5^m

Продольный уклон, ‰	Длина подъема, м	Значение коэффициента β_5^m при количестве грузовых автомобилей в потоке, %			
		2	5	10	15
20	200	0,98	0,97	0,94	0,89
20	500	0,97	0,94	0,92	0,87
20	800	0,96	0,92	0,90	0,84
30	200	0,96	0,95	0,93	0,86
30	500	0,95	0,93	0,91	0,83
30	800	0,93	0,90	0,88	0,80
40	200	0,93	0,90	0,86	0,80
40	400	0,91	0,88	0,83	0,76
45	200	0,91	0,88	0,83	0,75
45	400	0,88	0,85	0,80	0,72

9.3.11 Для расчета числа полос движения принимается наименьшая величина пропускной способности, полученная на участках подхода к тоннелю, входа в тоннель, в тоннеле и на выходе из него.

9.3.12 Промежуточные значения коэффициентов, приведенных в п. 9.3.10, определяются интерполяцией по таблицам 42-46.

9.4 Пропускная способность дорог в зоне придорожных сооружений

9.4.1 Интенсивность съезжающих автомобилей в зону придорожных сооружений определяется долей часовой интенсивности движения по основной дороге, которая для площадок отдыха, видовых площадок, стоянок у придорожных магазинов составляет 0,01-0,05, а для придорожных предприятий питания, автозаправочных станций, комплексов обслуживания – 0,05-0,10 (приложение Н).

9.4.2 Пропускная способность участков автомобильных дорог, находящихся в зонах влияния сооружений обслуживания, составляет

$$P_{пр} = P\beta_{со}, \quad (76)$$

где P – пропускная способность полосы автомобильной дороги, определяемая согласно формуле (11);

$\beta_{со}$ – коэффициент снижения пропускной способности в зоне сооружений обслуживания (таблица 47).

Таблица 47 – Рекомендуемые значения коэффициента $\beta_{со}$

Тип площадки	Наличие переходно-скоростных полос	Значение коэффициента $\beta_{со}$ при доле съезжающих автомобилей на стоянку с основной дороги	
		0,01-0,05	0,05-0,10
С отделением от проезжей части	Есть	0,96	0,94
	Нет	0,84	0,80
Без отделения от проезжей части	Есть	0,80	0,79
	Нет	0,76	0,74

9.5 Пропускная способность пересечений железных дорог в одном уровне

9.5.1 Определение фактической пропускной способности железнодорожных переездов и факторов, оказывающих влияние на ее уменьшение, является решающим условием для назначения сроков и степени реконструкции переездов, мероприятий, повышающих их пропускную способность (приложение О).

Пропускная способность железнодорожных переездов зависит от скорости автомобилей, интенсивности движения по железной дороге, состояния покрытия, размеров геометрических элементов на подходах к переездам, средств регулирования движением, числа пересекаемых путей, состава движения по автомобильной и железной дорогам и т. д.

9.5.2 Расчет пропускной способности железнодорожных переездов основан на определении скорости движении автомобилей, распределения интервалов между следующими друг за другом автомобилями, распределения интервалов между автомобилями при разъезде из очереди, плотности движения автомобилей.

9.5.3 Пропускную способность железнодорожных переездов необходимо оценивать для двух случаев:

- железнодорожный переезд большую часть времени открыт для движения автомобилей;

- железнодорожный переезд продолжительное время закрыт для движения автомобилей.

9.5.4 Пропускная способность железнодорожного переезда, который большую часть открыт для проезда автомобилей, составляет

$$P_{ж.п.} = \begin{cases} V_0 q \\ V_0 q\left(1-\dfrac{q-q_0}{q_{max}-q_0}\right) \end{cases}, \qquad (77)$$

где V_0 – скорость свободного движения на железнодорожном переезде, км/ч (таблица 48);

q_0 – плотность движения при скорости V_0, авт./км (см. таблицу 48);

q – текущая величина плотности движения, авт./км;

q_{max} – максимальная плотность движения, авт./км.

$$P_{ж.п.} = V_0 q \text{ при } q \le q_0 \qquad (78)$$

и $$P_{ж.п.} = 0{,}5 V_0 q_{max}\left[1-\frac{q_{max}-2q_0}{2(q_{max}-q_0)}\right] при\ q > q_0. \qquad (79)$$

Т а б л и ц а 48 – Основные характеристики транспортного потока при различном числе пересекаемых железнодорожных путей

Число пересекаемых железнодорожных путей	Скорость свободного движения V_0, км/ч	Плотность движения q_0, авт./км	Максимальная плотность движения q_{max}, авт./км
1	50	15	80-85
2	40	25	80-85
3	35	40	80-87
≥4	20	50	85-90

9.5.5 Пропускная способность регулируемых железнодорожных переездов зависит от продолжительности закрытия и открытия переезда, интервала между автомобилями при разъезде из очереди.

Максимальная пропускная способность полосы движения в течении одного открытия переезда составляет

$$\sum_{n=1}^{k} \delta t_i = t_{зел}, \qquad (80)$$

где δt_i – интервал между автомобилями при разъезде из очереди, с;

k – число автомобилей в очереди;

$t_{зел}$ – продолжительность открытия переезда, с.

9.5.6 Ориентировочные значения пропускной способности полосы движения для железнодорожных переездов с различным числом путей приводятся в таблице 49.

Т а б л и ц а 49 – Максимальные значения пропускной способности

Число пересекаемых железнодорожных путей	Максимальная пропускная способность полосы движения, авт./ч, при движении 100% автомобилей	
	легковых	грузовых
1	1500	900
2	1200	700
3	900	660
4	800	540

9.5.7 На пропускную способность железнодорожных переездов влияют дорожные условия на подходах к переездам: кривые в плане, подъемы и спуски, ровность покрытия.

Пропускная способность железнодорожных переездов в разных дорожных условиях составляет

$$P_{ж.п.} = P_д \beta_1^{ж.п.} \beta_2^{ж.п.} \beta_3^{ж.п.} \beta_4^{ж.п.} \beta_5^{ж.п.}, \qquad (81)$$

где $P_д$ – пропускная способность полосы движения, авт./ч;

$\beta_1^{ж.п.}, \beta_2^{ж.п.}, \beta_3^{ж.п.}, \beta_4^{ж.п.}, \beta_5^{ж.п.}$ – коэффициенты снижения пропускной способности, учитывающие состав движения, характеристики железнодорожных переездов и дорожные условия в зоне переезда.

9.5.8 Значения коэффициентов снижения пропускной способности приведены в таблицах 50-54.

Т а б л и ц а 50 – Рекомендуемые значения коэффициента $\beta_1^{ж.п.}$

Число железнодорожных путей	Значение коэффициента $\beta_1^{ж.п.}$	Число железнодорожных путей	Значение коэффициента $\beta_1^{ж.п.}$
1	0,93	3	0,66
2	0,82	4	0,54

Т а б л и ц а 51 – Рекомендуемые значения коэффициента $\beta_2^{ж.п.}$

Характеристика ровности проезжей части	Число железнодорожных путей	Значение коэффициента $\beta_2^{ж.п.}$
Хорошая	1	0,98
	2	0,98
Удовлетворительная	1	0,80
	2	0,87
Неудовлетворительная	1	0,66
	2	0,69

Т а б л и ц а 52 – Рекомендуемые значения коэффициента $\beta_3^{ж.п.}$

Интенсивность движения по железной дороге, поездов/ч	Число железнодорожных путей											
	1			2			3			4		
	Значение коэффициента $\beta_3^{ж.п.}$ при числе легковых автомобилей в потоке, %											
	100	70	50	100	70	50	100	70	50	100	70	50
0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
5	0,81	0,80	0,80	0,76	0,76	0,75	0,78	0,76	0,71	0,77	0,77	0,77
10	-	-	-	0,59	0,59	0,58	0,75	0,56	0,55	0,56	0,56	0,56
15	-	-	-	0,42	0,42	0,42	0,41	0,41	0,41	0,41	0,42	0,42
20	-	-	-	-	-	-	0,30	0,30	0,29	0,30	0,30	0,30
25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,20	0,19	0,19
30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,15	0,15	0,15
35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,11	0,11	0,11

Т а б л и ц а 53 – Рекомендуемые значения коэффициента $\beta_4^{ж.п.}$

Радиус кривой в плане, м	Значение коэффициента $\beta_4^{ж.п.}$ при расстоянии от пересечения до центра кривой, м	
	до 50	50-100
200	0,98	0,99
100-150	0,92	0,93
50-75	0,85	0,89
30-35	0,75	0,78

Т а б л и ц а 54 – Рекомендуемые значения коэффициента $\beta_5^{ж.п.}$

Угол пересечения, град	Значение коэффициента $\beta_5^{ж.п.}$ при числе железнодорожных путей			
	1	2	3	4
1	2	3	4	5
<30	0,89	0,78	0,74	0,71

Окончание таблицы 54

1	2	3	4	5
30-45	0,95	0,88	0,83	0,82
45-60	0,96	0,94	0,89	0,84
60-75	0,97	0,97	0,96	0,95
75-90	0,99	0,98	0,98	0,98
>90	1,00	1,00	1,00	1,00

9.6 Пропускная способность дорог в горной местности

9.6.1 Оценку пропускной способности равнинных и предгорных участков автомобильных дорог в горной местности следует осуществлять в соответствии с положениями, изложенными в разд. 5, приложении П.

9.6.2 Различие в расчетах пропускной способности для разных типичных участков горных дорог заключается в определении итогового коэффициента снижения пропускной способности $\beta^{г}$.

9.6.3 Для долинных участков итоговый коэффициент снижения пропускной способности $\beta^{гд}$ определяется по формуле

$$\beta^{ГД} = \beta_1^{ГД}\,\beta_2^{ГД}\,\beta_3^{ГД}\,\beta_4^{ГД}\,\beta_5^{ГД}, \qquad (82)$$

где $\beta_1^{ГД}$ – коэффициент, учитывающий влияние ширины полосы движения;

$\beta_2^{ГД}$ – коэффициент, учитывающий влияние ширины обочины;

$\beta_3^{ГД}$ – коэффициент, учитывающий влияние расстояния видимости;

$\beta_4^{ГД}$ – коэффициент, учитывающий совместное влияние углов поворота дороги и радиусов кривых в плане (таблица 55);

$\beta_5^{ГД}$ – коэффициент, учитывающий влияние продольного уклона (таблица 56).

Значения коэффициента $\beta_1^{ГД}$ в зависимости от ширины полосы движения приведены ниже.

Ширина полосы движения, м	3,0	3,5	3,75
$\beta_1^{ГД}$	0,82	0,94	1,00

Рекомендуемые значения коэффициента $\beta_2^{ГД}$ в зависимости от ширины обочины приведены ниже.

Ширина обочины, м	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
$\beta_2^{ГД}$	0,72	0,78	0,86	0,90	0,98

Рекомендуемые значения коэффициента $\beta_3^{ГД}$ в зависимости от расстояния видимости приведены ниже.

Расстояние видимости, м	30	40	50	50-80	80-100	150-250	250-350	>350
$\beta_3^{ГД}$	0,61	0,63	0,65	0,67	0,69	0,90	0,98	1,0

Т а б л и ц а 55 – Рекомендуемые значения коэффициента $\beta_4^{ГД}$

Радиус кривой в плане, м	Значение коэффициента $\beta_4^{ГД}$ при углах поворота дороги, град.						
	5-15	15-30	30-45	45-60	60-75	75-90	>90
30	-	-	0,70	0,67	0,65	0,63	0,60
50	-	0,78	0,72	0,69	0,67	0,65	0,62
75	-	0,80	0,74	0,71	0,69	0,67	0,64
100	0,90	0,81	0,76	0,72	0,70	0,69	0,65
150	0,93	0,83	0,78	0,74	0,72	0,71	0,67
200	0,94	0,85	0,79	0,76	0,74	0,73	-
300	0,97	0,87	0,82	0,79	0,77	-	-

Т а б л и ц а 56 – Рекомендуемые значения коэффициента $\beta_5^{ГД}$

Продольный уклон, ‰	Значение коэффициента	
	на подъеме	на спуске
20	1,00	1,00
30	0,90	1,10
40	0,80	1,20
50	0,68	1,25

9.6.4 Максимальную пропускную способность P_{max} для существующих долинных участков горных дорог с двухполосной проезжей частью следует принимать равной 3600 легковых авт./ч в обоих направлениях.

9.6.5 Максимальную пропускную способность для проектируемых долинных участков горных дорог следует принимать в соответствии с п. 5.1.13.

9.6.6 Итоговый коэффициент снижения пропускной способности $\beta^{ГП}$ для перевальных участков определяют по формуле

$$\beta^{ГП} = \beta_1^{ГП} \beta_2^{ГП} \beta_3^{ГП} \beta_4^{ГП} \beta_5^{ГП}, \quad (83)$$

где $\beta_1^{ГП}$ – коэффициент, учитывающий влияние величины продольного уклона и высоты над уровнем моря (таблица 57);

$\beta_2^{ГП}$ – коэффициент, учитывающий влияние степени извилистости дороги (количество кривых в плане на 1 км);

$\beta_3^{ГП}$ – коэффициент, учитывающий влияние типа дорожной одежды;

$\beta_4^{ГП}$ – коэффициент, учитывающий влияние величины радиуса кривой в плане;

$\beta_5^{ГП}$ – коэффициент, учитывающий влияние расстояния между соседними серпантинами.

Таблица 57 – Рекомендуемые значения коэффициента $\beta_1^{ГП}$

Высота над уровнем моря, м	Значение коэффициента $\beta_1^{ГП}$ при продольном уклоне, ‰					
	20	40	60	80	100	120
1000	1,00	0,95	0,84	0,70	0,55	0,45
2000	0,99	0,94	0,82	0,68	0,53	0,42
3000	0,85	0,81	0,77	0,59	0,47	0,38
> 3000	0,82	0,78	0,67	0,52	0,41	0,31

Рекомендуемые значения коэффициента $\beta_2^{ГП}$ в зависимости от количества кривых на 1 км приведены ниже.

Количество кривых на 1 км	3-4	4-6	6-9	9-12	12-15
$\beta_2^{ГП}$	0,90	0,86	0,84	0,80	0,75

Рекомендуемые значения коэффициента $\beta_3^{ГП}$ в зависимости от типа дорожной одежды приведены ниже.

Тип дорожной одежды	Капитальный	Облегченный	Переходный	Низший
$\beta_3^{ГП}$	1,0	0,93	0,82	0,66

Рекомендуемые значения коэффициента $\beta_4^{ГП}$ в зависимости от радиуса кривой в плане приведены ниже.

Радиус кривой в плане, м	<20	20-40	40-60	60-80	80-100	100
$\beta_4^{ГП}$	0,40	0,45	0,53	0,66	0,74	0,85

Рекомендуемые значения коэффициента $\beta_5^{ГП}$ в зависимости от расстояния между серпантинами приведены ниже.

Расстояние между серпантинами, м	40	50	60	70	80-100	100-200	200-300	300-500	>500
$\beta_5^{ГП}$	0,60	0,66	0,68	0,71	0,74	0,80	0,86	0,95	1,0

9.6.7 Максимальную пропускную способность P_{max} для существующих перевальных участков горных дорог с двухполосной проезжей частью следует принимать равной 3200 легковых авт./ч в обоих направлениях.

9.6.8 Для вновь проектируемых перевальных участков максимальную пропускную способность следует принимать в соответствии с рекомендациями, изложенными в п. 5.1.13.

9.7 Пропускная способность автомобильных дорог в городских условиях

9.7.1 На пропускную способность участков дорог в пределах городских территорий (на входах в города) влияет большое количество различных параметров (приложение Р). Их можно разделить на две группы: геометрические и транспортные.

К геометрическим параметрам относятся:

- число полос n;
- средняя ширина полосы b, м;
- продольный уклон i, %;
- наличие паркирования;
- наличие автобусных остановок;
- радиус кривой в плане R, м.

К транспортным параметрам относятся:

- интенсивность движения N, прив. ед./ч;

- величина максимальной практической пропускной способности P_{max}, прив. авт./ч;

- доля грузовых транспортных средств в потоке, %;

- число маневров паркирующихся автомобилей $n_м$, маневр/ч;

- скорость V, км/ч.

9.7.2 Расчетное значение пропускной способности Р группы полос в конкретных дорожных условиях определяется по формуле

$$P=P_{max} n f_b f_{гр} f_i f_p f_{авт} f_{тер} f_R f_V, \qquad (84)$$

где P_{max} – максимальная практическая пропускная способность, прив. авт./ч;

n – количество полос движения в одном направлении;

f_b – коэффициент, учитывающий ширину полосы движения;

$f_{гр}$ – коэффициент, учитывающий долю грузовых автомобилей в потоке;

f_i – коэффициент, учитывающий продольные уклоны;

f_p – коэффициент, учитывающий помехи, создаваемые паркирующимися транспортными средствами;

$f_{авт}$ – коэффициент, учитывающий помехи, создаваемые автобусами;

$f_{тер}$ – коэффициент, учитывающий тип территории;

f_R – коэффициент, учитывающий радиусы кривой в плане;

f_V – коэффициент, учитывающий ограничение скорости.

9.7.3 P_{max} следует принимать по рекомендациям, изложенным в п. 5.1.13.

9.7.4 В таблице 58 приведены формулы расчета коэффициентов, входящих в состав уравнения (84), позволяющих скорректировать значение идеального потока насыщения, учитывая реальные условия движения на конкретном рассматриваемом участке дорожной сети.

9.7.5 Коэффициент, учитывающий помехи, создаваемые автобусами, зависит от схемы размещения остановочного пункта относительно проезжей части. Различают два типа его размещения относительно проезжей части:

- в специальном кармане;

- на крайней правой полосе.

Таблица 58 – Рекомендуемые значения коэффициентов, учитывающих параметры дорожной сети

Коэффициент, учитывающий	Коэффициенты, определяемые по формуле	Переменные, используемые в расчете	Примечания
ширину полос	$f_b = 1 + \frac{(b-3,6)}{9}$	b – ширина полосы, м	$b \geq 2,4$ м; если b > 4,8 м, полосу можно рассматривать как две
продольный уклон	$f_i = 1 - \frac{i}{200}$	i – величина продольного уклона на подходе к перекрестку, %	$-6 \leq i \leq 10$, «–» означает движение транспортного средства на спуск, «+» – на подъем
паркирование	$f_p = \frac{n - 0,1 - \frac{18 n_м}{3600}}{N}$	n – число полос в группе движения; $n_м$ – число маневров, связанных с паркированием, парковок/ч; N – интенсивность движения, авт./ч	При $0 \leq n_м \leq 180$ $f_p \geq 0,05$, $f_p = 1,0$ в случае отсутствия паркирования
тип территории	в центральном районе $f_{тер} = 0,9$, в других районах $f_{тер} = 1,0$	-	-
долю грузовых автомобилей в потоке	$f_{гр} = \frac{100}{100 + n_{гр}(K_{при}^{гр} - 1)}$	$n_{гр}$ – количество грузовых автомобилей, %; $K_{при}^{гр}$ – коэффициент приведения грузового автомобиля к легковому, $K_{при}^{гр} = 2$	-

В таблице 59 приведены формулы расчета коэффициента, учитывающего помехи, создаваемые автобусами на автобусных остановках.

Т а б л и ц а 59 – Формулы для расчета коэффициента, учитывающего помехи

Тип размещения автобусной остановки	Формула для расчета коэффициента	Переменные, используемые в расчете	Примечания
В специальном кармане	$f_{авт}^{к} = \frac{n - \frac{14{,}14 n_{ост}}{3600}}{n}$	n – число полос в группе движения; $n_{ост}$ – число остановок автобуса, авт./ч	При $0 \le n_{ост} \le 250$ $f_{авт}^{к} \ge 0{,}05$, $f_{авт}^{к} = 1{,}0$ в случае отсутствия автобусных остановок
На крайней правой полосе	$f_{авт}^{п} = \frac{n - \frac{t_{зан}}{3600}}{n}$	$t_{зан}$ – время использования автобусной остановки, ч(с)	При $0 \le t_{зан} \le 3600$ $f_{авт}^{п} \ge 0{,}05$, $f_{авт}^{п} = 1{,}0$ в случае отсутствия автобусных остановок

Рекомендуемые значения коэффициента f_V в зависимости от ограничения скорости движения приведены ниже.

Ограничение скорости движения, км/ч	10*	20*	30	40	50	60
Значение коэффициента f_V	0,44	0,76	0,88	0,96	0,98	1,0

*Значение скорости 10 и 20 км/ч принимается в сложных дорожных условиях, значительно снижающих скорость движения автомобилей.

Рекомендуемые значения коэффициента f_R в зависимости от радиуса кривой в плане приведены ниже.

Радиус кривой в плане, м	<100	100-250	250-450	450-600	>600
Значение коэффициента f_R	0,85	0,90	0,96	0,99	1,0

Приложение А

Применение имитационного моделирования транспортных потоков для оценки пропускной способности автомобильных дорог

Общие положения.

При решении практических задач, связанных с оценкой пропускной способности автомобильных дорог, важное место занимает применение имитационного моделирования транспортных потоков на ЭВМ.

Транспортный поток представляет собой сложную систему, точное описание функционирования которой в комплексе аналитическими методами оказывается практически невозможным. Проведение натурных экспериментов и исследований характеристик движения потока автомобилей в реальных дорожных условиях связано со значительными трудностями (с большими затратами труда, времени, средств и сложностью их правильной организации). Часто оказывается невозможным в течение короткого периода наблюдений за отдельными характеристиками потоков получение устойчивых зависимостей этих характеристик от интенсивности или скорости движения.

Методы математического моделирования транспортных потоков позволяют проводить экспериментальное исследование с помощью ЭВМ, моделируя различные интересующие ситуации, комбинации характеристик потока, наличие различных средств организации движения и т.д. Наиболее эффективным является метод статистического моделирования транспортных потоков на основе метода Монте-Карло, при использовании которого случайные факторы имитируются при помощи случайных чисел, формируемых ЭВМ. Исследования транспортных потоков путем имитационного моделирования можно дополнять отдельными контрольными экспериментами непосредственно на дорогах. Наиболее перспективной является модель вероятностного клеточного автомата, реализованная в настоящее время.

Моделирование на ЭВМ включает следующие этапы: постановку задачи; качественное формулирование процесса движения транспортного потока; разработку алгоритма; разработку программы для ЭВМ; получение результатов моделирования; сопоставление результатов моделирования с данными контролируемого эксперимента на дороге для оценки качества и точности моделирования; уточнение (калибровку)

модели с учетом наблюдений; получение окончательной модели и разработку на ее основе практических рекомендаций.

Для использования методов математического моделирования на ЭВМ в практике проектирования дорог и организации движения необходимо иметь совершенно достоверные исходные данные: геометрические элементы дорог; средства регулирования; особенности восприятия водителем дорожных условий, отражающиеся на управлении автомобилем (развиваемые ускорения, интенсивности торможения и др.); режимы движения отдельных автомобилей; характеристики транспортного потока с учетом влияния элементов дороги и средств регулирования. Все эти данные должны быть точно установлены при детальных натурных наблюдениях.

Возможны комбинации из следующих моделирующих алгоритмов: следование за лидером; свободное движение; маневрирование с учетом геометрических элементов дороги, числа полос движения и наличия средств организации движения.

Эффективность алгоритма следования за лидером зависит от правильности моделирования поведения водителя при этом режиме движения. Алгоритм свободного движения зависит, в первую очередь, от правильности учета распределения интенсивности по направлениям, состава движения, распределения интервалов между автомобилями, режима движения одиночного автомобиля.

Моделирующий алгоритм маневрирования составляется с учетом принимаемых водителем решений на дорогах с различным числом полос движения и при наличии средств организации движения (рисунок А.1). Моделирование по этому алгоритму возможно двумя способами: последовательное рассмотрение ситуаций в транспортном потоке через выбранный промежуток времени и по принципу особых состояний.

В первом случае последовательно через равные промежутки времени рассматриваются положения автомобилей, их скорости и т.д. Во втором случае состояние потока рассматривается только в моменты изменения состояния транспортного потока (особых состояний). Этот способ является более экономичным, так как требует меньших затрат времени на моделирование.

При выборе способа моделирования приходится учитывать вид решаемой задачи. Использование первого способа предпочтительнее при моделировании сравнительно простых ситуаций или движении транспортных потоков по отдельным элементам дорог. Второй способ более эффективен для моделирования движения транспортных потоков на большом протяжении дороги.



Рисунок А.1 – Общий моделирующий алгоритм движения потока автомобилей (смена полосы влево или вправо предусматривается только для многополосных дорог)

При моделировании транспортных потоков на ЭВМ с целью оценки эффективности применяемых средств организации движения и их влияния на режим движения транспортных потоков необходимы: правильная разметка расположения средств регулирования; наличие надежных фактических данных о влиянии отдельных дорожных знаков (в первую очередь, предупреждающих) на режим движения потоков автомобилей; знание закономерностей управления автомобилями при наличии различных средств организации движения; учет возможных видов маневров автомобилей в зоне действия средств организации движения. Учет наличия средств организации движения отражается в общем моделирующем алгоритме, приведенном на рисунке А.1.

Таким образом, моделирование движения транспортных потоков позволяет:

- учитывать все многообразие ситуаций, возникающих при движении транспортных потоков;

- учитывать случайный характер изменения показателей, характеризующих движение потока автомобилей и каждого автомобиля;

- проводить исследование характеристик движения транспортных потоков в лаборатории с проверкой отдельных положений в реальных условиях движения по дороге с контролируемым или неконтролируемым экспериментом;

- значительно снижать затраты на эксперименты, проводить их более целенаправленно, без риска ДТП;

- значительно сокращать продолжительность проведения исследования и подготовки практических мероприятий по улучшению условий движения;

- устанавливать основные характеристики транспортных потоков и давать им количественную и качественную оценку, а также уточнять постановку аналитических задач и проверять достоверность аналитических зависимостей;

- решать практические задачи с учетом экономико-математических моделей;

- получать характеристики транспортного потока для большого протяжения дорог, измерение которых невозможно или очень затруднено в реальных условиях.

Разработка имитационной модели и моделирование являются весьма сложными процессами, которые требуют специально подготовленные входные данные и большие затраты времени, особенно на этапах разработки программы и сбора исходной информации. Каждая вновь разрабатываемая модель для конкретных случаев требует калибровки и тщательной проверки. Поэтому прежде чем использовать моделирование необходимо в зависимости от решаемых задач рассмотреть возможность применения более простых методов, к которым относятся методы, приведенные в настоящем методическом документе.

Развитие моделей для моделирования требует проведения комплексных исследований закономерностей движения транспортных потоков в реальных дорожных условиях и глубоких знаний в разных областях науки и техники, включая теорию транспортных потоков, программирование и исследование операций, теорию вероятностей, теорию принятия решений и статистический анализ.

Приложение Б

Оценка пропускной способности участков автомобильных дорог на основе компьютерной имитации транспортных потоков

Метод компьютерной имитации транспортных потоков, принятый за основу при оценке пропускной способности элементов улично-дорожной сети (УДС), базируется на технологии компьютерного моделирования движения автомобилей в различных дорожных условиях. С ее помощью можно по-новому подойти к постановке и решению проблем пропускной способности автомобильных дорог. Во-первых, технология позволяет подробно исследовать в отношении пропускной способности любой участок дороги, так как на основе компьютерных экспериментов собираются выборки данных, достаточные для статистических выводов. Во-вторых, с помощью этой технологии можно учесть всю совокупность разнообразных по своей природе влияющих факторов на пропускную способность; это обстоятельство определяет возможность проведения прогнозов по изменению пропускной способности. В-третьих, позволяет для ряда важных с практической точки зрения случаев уточнить само понятие «пропускная способность».

Алгоритм действий при использовании предлагаемой технологии вкратце заключается в следующем.

На первом этапе должны быть подготовлены все исходные данные об исследуемом участке дороги, на основании которых можно построить его виртуальный адекватный аналог в компьютере. К такого рода данным относятся:

- геометрические характеристики элементов УДС (число и ширина полос движения, продольный и поперечный уклоны, радиус кривой в плане, видимость в продольном профиле и в плане, углы пересечений и примыканий и др.);
- состояние дорожного покрытия (коэффициент сцепления, ровность);
- схема организации движения (дорожные знаки, разметка, светофоры и т.д.);
- состояние окружающей среды (погодные условия, время суток и т.д.).

На втором этапе разрабатывается план проведения компьютерных экспериментов по пропуску транспортных потоков по исследуемому виртуальному участку дороги для оценки его пропускной способности при различных значениях влияющих факторов, характеризующих транспортные потоки (состав транспортного потока, распределение

интенсивности по направлениям движения на пересечениях и др.). Далее требуется определить точность оценки пропускной способности, что отразится на количестве необходимых компьютерных экспериментов.

Методика проведения компьютерных экспериментов с моделями движения автомобилей для оценки пропускной способности исследуемого участка дороги заключается в следующем. По рассматриваемому участку дороги (полосе движения) с фиксированными значениями влияющих факторов последовательно пропускаются виртуальные потоки автомобилей различной интенсивности движения (проводится серия компьютерных экспериментов). Это означает, что имитируются процессы движения автомобилей на исследуемых полосах движения при заданных законах распределения значений интервалов времени между появлением новых автомобилей на входе исследуемой полосы. По результатам имитации выявляется наибольшая интенсивность движения в заданном створе исследуемой полосы движения, которая и является оценкой пропускной способности с заданной точностью.

Пропускная способность исследуемого участка дороги часто зависит от ряда независимых друг от друга факторов. Поэтому для комплексной оценки пропускной способности следует оценить ее значение при различных уровнях данных независимых факторов. В этом случае можно построить зависимость пропускной способности от влияния данных факторов, т.е. представить оценку пропускной способности как функцию от данных факторов.

Полученные на предыдущих этапах результаты компьютерных экспериментов позволяют после соответствующей обработки получить пропускную способность:

- отдельной полосы движения;
- участков дорог с различным количеством полос движения;
- пересечений и примыканий в одном и разном уровнях.

Технология позволяет учитывать все влияющие факторы, определяющие новые значения коэффициентов приведения современных автотранспортных средств к легковому автомобилю в оценках уровней загрузки, включая пропускную способность элементов УДС (тягово-динамические, тормозные и другие эксплуатационные характеристики подавляющего большинства современных автотранспортных средств, геометрические характеристики участка дороги, включая продольный уклон и радиус кривой в плане, состояние дорожного покрытия, состав движения и др.). Такого рода информация о влиянии указанных факторов повышает точность прогнозов о функционировании существующих и проектируемых элементов УДС.

Приложение В

Расчет суточной и часовой интенсивностей движения в течение года

В.1 При проектировании новых и реконструкции эксплуатирующихся дорог (ГОСТ Р 52398-2005) одним из главных параметров, используемых в технико-экономических расчетах, является интенсивность движения. Среднегодовая суточная интенсивность движения используется для расчетов дорожной одежды и экономических показателей, а часовая – для расчета пропускной способности дороги, разработки мероприятий по повышению безопасности движения.

При наличии данных автоматического учета движения все расчетные характеристики рекомендуется определять на основе обработки ранжированного ряда часовых интенсивностей. Для дорог, имеющих аналогичные условия формирования потоков с дорогами, на которых осуществляется автоматический учет, коэффициенты неравномерности определяются на основе их ранжированных рядов. При отсутствии аналогов допускается использовать данные, приведенные ниже.

В.2 Среднегодовую суточную интенсивность движения определяют в соответствии с требованиями, предъявляемыми к проведению экономических изысканий при проектировании автомобильных дорог.

В.3 На эксплуатирующихся дорогах часовая интенсивность определяется непосредственными наблюдениями или по результатам учета движения.

Интенсивность движения изменяется в течение суток, по дням недели, по месяцам. Каждое из этих изменений характеризуется своим коэффициентом неравномерности движения, определяемым как отношение часового объема движения к суточному ($К_t$), суточного объема к объему за неделю ($К_н$), месячного объема движения к годовому ($К_г$).

Суточная среднегодовая интенсивность движения через часовую может определяться следующим образом:

$$N_{сут} = \frac{4N_ч}{K_t K_н K_г 365}, \qquad (В.1)$$

где $N_ч$ – среднегодовая часовая интенсивность движения, авт./ч;

K_t, $K_н$, $K_г$ – коэффициенты неравномерности движения соответственно по часам суток, дням недели, месяцам года определяются по таблице В.1

как ориентировочно средние и могут уточняться на основе данных учета движения.

Таблица В.1 – Рекомендуемые значения коэффициентов $K_г$, $K_н$, K_t

Значения коэффициентов					
$K_г$ в зависимости от месяца года		$K_н$ в зависимости от дней недели		K_t в зависимости от часов суток	
0,064	январь	0,140	понедельник	0,0222	1
				0,02	2
0,074	февраль			0,02	3
		0,014	вторник	0,02	4
0,078	март			0,022	5
				0,024	6
0,079	апрель			0,04	7
		0,145	среда	0,06	8
0,085	май			0,055	9
				0,055	10
0,091	июнь			0,05	11
		0,145	четверг	0,05	12
0,091	июль			0,052	13
		0,160	пятница	0,05	14
0,094	август			0,06	15
				0,06	16
0,094	сентябрь			0,065	17
		0,150	суббота	0,065	18
0,090	октябрь			0,05	19
				0,05	20
0,084	ноябрь			0,04	21
		0,130	воскресенье	0,03	22
0,076	декабрь			0,03	23
				0,02	24

В.4 При отсутствии данных учета движения на существующих дорогах или проектировании новых дорог среднегодовая часовая интенсивность может быть рассчитана по формуле

$$N_ч = \frac{N_{сут} 365 K_t K_н K_г}{4}, \qquad (В.2)$$

где $N_{сут}$ – среднегодовая суточная интенсивность движения авт./сут.

В.5 В расчетах коэффициента загрузки на участках эксплуатируемых автомобильных дорог, при отсутствии данных автоматизированного учета интенсивности движения, допускается

использовать средние значения коэффициентов неравномерности движения: $К_{t}$ = 0,04; $К_{н}$ = 0,143; $К_{г}$ = 0,0834.

В.6 Максимальная часовая интенсивность $И_{час\ (max)}$ движения в течение года рассчитывается по формуле

$$И_{час\ (max)} = И_{час\ (i)} К_{t(max)} К_{н(max)} К_{г(max)} 365 / К_{ti} К_{нi} К_{гi}, \quad (В.3)$$

где $И_{час\ (i)}$ – измеренная часовая интенсивность движения, авт./ч;

$К_{t(max)}$, $К_{н(max)}$, $К_{г(max)}$ – максимальные коэффициенты неравномерности соответственно по часам суток, дням недели и месяцам года (см. таблицу В.1);

$К_{ti}$, $К_{нi}$, $К_{гi}$ – коэффициенты неравномерности движения для момента измерения интенсивности движения соответственно по часам суток, дням недели и месяцам года (см. таблицу В.1).

В.7 Мероприятия по организации движения рекомендуются рассчитывать на интенсивность расчетного часа (интенсивность расчетного часа может быть превышена не более заданного количества часов в год; например, интенсивность 50-го часа может быть превышена на 50 ч/г., а интенсивность 30-го часа – не более 30 ч/г.). Расчетный час может быть определен технико-экономическим расчетом. Рекомендуется для проектирования пересечений на автомобильных дорогах принимать в качестве расчетного 30-й час.

Интенсивность расчетного часа определяется по формуле

$$И_{рч} = К_{t} И_{час\ (max)} К_{рч}, \quad (В.4)$$

где $И_{рч}$ – интенсивность движения расчетного часа, авт./ч,

$К_{рч}$ – коэффициент перехода к интенсивности расчетного часа.

Коэффициент $К_{рч}$ определяется по данным учета интенсивности движения. Желательно, чтобы вероятность превышения расчетной интенсивности движения для выбора и проектирования мероприятий по организации движения не превышала: в полном ранжированном ряду 1% (8760 значений), а в ранжированном ряду максимальных за сутки часовых интенсивностей движения – 15% (365 значений). При отсутствии данных учета интенсивности движения можно использовать осредненные значения $К_{рч}$.

Рекомендуемые значения коэффициента $К_{рч}$ в зависимости от номера расчетного часа приведены ниже.

Номер расчетного часа	Значения коэффициента $К_{рч}$
200	0,90-1,00
100	1,05-1,15
50	1,20-1,25
30	1,25-1,30

Приложение Г

Оценка пропускной способности отдельных элементов дорог в реальных дорожных условиях

Пропускную способность отдельных участков автомобильных дорог измеряют, чтобы определить возможность пропуска колонн автомобилей, получить дополнительные коэффициенты снижения пропускной способности, а также оценить эффективность мероприятий по повышению пропускной способности. При этом могут быть использованы два способа: на основе измерения скоростей движения и плотности потока; ежеминутный подсчет проходящих автомобилей в течение часа.

Первый способ можно применить для оценки пропускной способности полосы движения. При этом пропускная способность равна

$$P = aV_o q_{max}, \qquad (Г.1)$$

где a – эмпирический коэффициент;

V_o – скорость движения в свободных условиях, км/ч;

q_{max} – максимальная плотность потока, авт./км.

Скорость движения в этом случае измеряют только одиночных автомобилей при низкой интенсивности движения с помощью секундомера или радиолокатора.

Максимальную плотность q_{max} определяют по величине минимальных интервалов между автомобилями, принимаемых водителями в рассматриваемых дорожных условиях.

При использовании второго способа осуществляют непосредственный подсчет автомобилей, проходящих через рассматриваемый элемент дороги (ГОСТ Р 52399-2005). Этот способ удобен при оценке пропускной способности на многополосных дорогах, пересечениях в разных уровнях.

Приложение Д

Построение линейного графика изменения пропускной способности и коэффициента загрузки для оценки проекта реконструкции двухполосной дороги

При реконструкции проезжая часть и обочины уширены соответственно до 11,25 и 3,5 м за счет подсыпки земляного полотна; проведено частичное исправление трассы увеличением радиусов трех кривых в плане до 450, 350 и 500 м. На этих участках старая проезжая часть отведена под стоянку транспортных средств. Смягчен продольный уклон до 40‰ на участке подъема, длина подъема и спуска уменьшена до 300 м. На протяжении всего участка срезан кустарник, вырублены деревья, удалены заборы, в результате чего обеспечено расстояние видимости не менее 350 м. Ширина проезжей части моста после реконструкции превышает ширину проезжей части дороги на 5 м с каждой стороны. Пешеходные дорожки в населенном пункте и на мосту отделены от проезжей части с помощью ограждения. Все пересечения оборудованы островками и переходно-скоростными полосами клиновидной формы. По протяженности всего участка нанесена трехполосная разметка проезжей части и установлены дорожные знаки, указатели числа полос и направлений. Максимальная скорость движения на участке после реконструкции составляет 60 км/ч.

На основании этих данных и методики, изложенной в приложении В, построены соответствующие линейные графики изменения пропускной способности и коэффициента загрузки на участке трехполосной дороги. При этом максимальная пропускная способность принята равной 4000 авт./ч.

Приложение Е

Примеры расчета пропускной способности пересечений в одном уровне

Пример 1. Исходные данные для расчета пропускной способности пересечения в одном уровне: пересечение необорудованное, суммарная интенсивность движения по главной дороге $N_{гл}$=240 авт./ч, радиусы съездов 10 м, продольный уклон главной дороги 25‰, длина подъема 200 м. Доля медленно движущихся автомобилей в потоке 15%. Распределение интенсивности по направлениям: $n_{л}$=15%; $n_{пр}$=35%.

Параметры функции распределения автомобилей в транспортном потоке по главной дороге определяют по формуле (23).

По таблице 18 $\xi_{м}$ =0,55, так как расстояние от подъема равно 0; по таблице 19 $\xi_{п}$ =0,01 при длине подъема 200 м и уклоне 25‰

Коэффициент $A=0,55e^{-0,01}=0,55x1,01005=0,56$. Коэффициент В определяют по рисунку 6: В=0,27; A+B+C=1, C=1–0,56–0,27=0,17.

Коэффициент β_{q1} определяют по рисунку 4 с учетом А, β_{q1}=0,68.

Параметр $\Delta t_{гр}$ определяют по рисунку 7. При заданной интенсивности движения $\Delta t_{гр}$=13,8 с.

Пропускную способность пересечения определяем по формуле (23) P_{max}=785 авт./ч.

Предельную интенсивность движения по второстепенной дороге находим по формуле (25) N_{max}=830 авт./ч.

Следовательно, при заданной интенсивности движения по главной дороге наибольшая суммарная интенсивность движения по второстепенной дороге составляет 830 авт./ч.

Пример 2. Исходные данные для расчета пропускной способности канализированного пересечения в одном уровне: $N_{гл}$=540 авт./ч, продольный уклон главной дороги 5‰, расстояние до подъема 750 м с уклоном 40‰, длина подъема 200 м, доля медленно движущихся автомобилей в потоке 20%, распределение интенсивности по направлениям: $n_{л}$=15%, $n_{пр}$=35%; $N_{гл\,л}$=180 авт./ч; по таблице 18 $\xi_{м}$=0,57; по таблице 19 $\xi_{п}$=0,05; А=0,55; В=0,24; С=0,21; β_{q1}=0,67; $\Delta t_{гр}$=11,6 с.

Пропускную способность пересечения определяем по формуле (23) P_{max}=307 авт./ч.

Предельная интенсивность движения на второстепенной дороге по формуле (25) N_{max}=330 авт./ч.

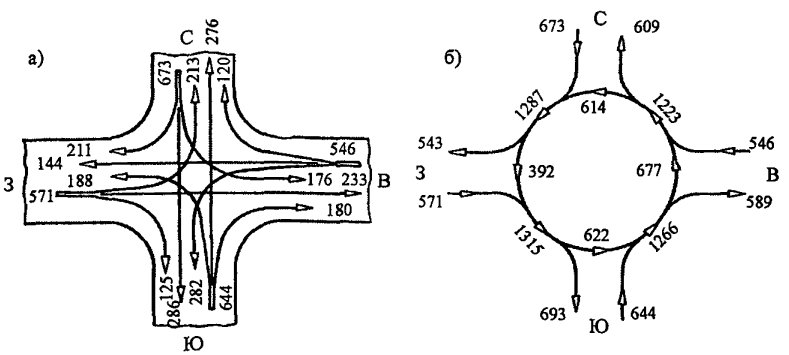
Следовательно, при заданных условиях движения и планировке пересечения в одном уровне на главную дорогу со второстепенной дороги может выйти 330 авт./ч.

Приложение Ж

Примеры оценки пропускной способности кольцевых пересечений

Расчет пропускной способности кольцевых пересечений выполняют в следующей последовательности:

- на основе данных об интенсивности, составе движения, распределении потоков по направлениям в «часы пик» составляют сводную таблицу интенсивностей на кольцевом пересечении;
- составляют картограмму интенсивности на кольцевом пересечении (рисунок Ж.1);
- для каждого въезда определяют коэффициенты k_c, c, А и Б и вычисляют пропускную способность въезда на кольцевое пересечение по формуле (23);
- определяют коэффициент загрузки движением каждого въезда по формуле (31);
- коэффициенты загрузки движением сравнивают с коэффициентом $z_{опт} = 0,65$. Если хотя бы на одном въезде $z \geq 0,65$, необходимы мероприятия по повышению пропускной способности въезда, если на всех въездах $z < 0,65$, рассчитывают пропускную способность всего кольцевого пересечения.



а – распределение по направлениям; б – распределение по кольцу

Рисунок Ж.1 – Картограмма интенсивности движения

Пример 1. Оценить пропускную способность кольцевого пересечения, по которому получены данные по интенсивности движения и распределению потоков по направлениям (см. рисунок Ж.1). Состав движения: легковые автомобили 22%; грузовые малой грузоподъемности 18%; средней грузоподъемности 30%; большой грузоподъемности 16%; автобусы 6%; автопоезда 8%. Диаметр центрального островка $D_{ц.о}$ = 46 м. Пересекающиеся дороги – двухполосные II категории. Все въезды на кольцевом пересечении однополосные (n_1=n_2=1).

Для всех въездов определяют коэффициенты состава движения k_c по формуле (29):

k_c = 1х0,22+1,4х0,18+1,7х0,3+2,3х0,16+2,9х0,06+3,5х0,08=1,8

Для всех въездов n_1=n_2=1; по п. 6.2.4 находим А=1500; Б=0,67. При $D_{ц.о}$ = 46 м с=1.

Пропускную способность въезда на кольцевое пересечение определяют по формуле (28) (таблица Ж.1).

Т а б л и ц а Ж.1 – Рекомендуемые значения коэффициентов для расчета пропускной способности кольцевых пересечений

№ въезда	k_c	с	А	Б	N_k прив., легковых авт./ч	$P_в$, авт./ч	$N_в$, авт./ч	z
1	1,8	1,0	1500	0,67	706	570	456	0,80
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

П р и м е ч а н и е – Значения N_k прив. получены по картограмме интенсивностей движения (см. рисунок Ж.1) с учетом коэффициентов k_c.

Сравнение коэффициентов загрузки движением на въездах с $z_{опт}$=0,65 показывает (см. таблицу Ж.1), 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; А=1800; Б=0,45; с=1, отсюда $P_в$=824 авт./ч; z=0,55<0,65.

Выводы

1. Данное кольцевое пересечение работает в режиме, близком к практической 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 $D_{ц.о}$ = 25 м. Перспективная интенсивность движения на въездах: N_1=320 авт./ч, N_2=180 авт./ч, N_3=260 авт./ч, N_4=240 авт./ч. На всех въездах распределение потоков по направлениям «право», «прямо» и «лево» соответственно составляет 0,25; 0,5; 0,25. Коэффициент состава движения k_c=1,8. Число полос движения на всех подходах n=1.

Выполняем расчет N_k перед каждым въездом:

N_{k1}= N_4 (0,5+0,25)+0,25 N_3=240x0,75+0,25x260=245 авт./ч;

$N_{k1прив.}$=245x1,80=441 легковых авт./ч;

N_{k2} =N_1 (0,5+0,25)+0,25 N_4=320x0,75+0,25x240=300 авт./ч;

$N_{k2прив.}$=300x1,80=540 легковых авт./ч;

N_{k3} =N_2 (0,5+0,25)+0,25 N_1=180x0,75+0,25x320=215 авт./ч;

$N_{k3прив.}$=215x1,80=387 легковых авт./ч;

N_{k4} =N_3 (0,5+0,25)+0,25 N_2=260x0,75+0,25x180=240 авт./ч;

$N_{k4прив.}$=240x1,80=432 легковых авт./ч.

Для въездов 1 и 3 n_1=1; n_2=2; для въездов 2 и 4 n_1=n_2=1. Значения А и Б принимаем по п. 6.2.4:

– для въездов 1 и 3 А=1800, Б=0,45;

– для въездов 2 и 4 А=1500, Б=0,67.

При $D_{ц.о}$ = 25 м с учетом интерполяции с=0,95.

Пропускную способность въездов на кольцевое пересечение определяют по формуле (28), для каждого въезда определяем коэффициент загрузки движением (таблица Ж.2).

На всех въездах z<0,65.

Коэффициент запаса пропускной способности каждого въезда до достижения оптимальной загрузки движением, равной $z_{опт}$=0,65, получим по формуле (34): x_1=1,59; x_2=1,69; x_3=1,93; x_4=1,51. Следовательно, x_{min}=1,51.

Т а б л и ц а Ж.2 – Рекомендуемые значения расчетных коэффициентов для определения пропускной способности въездов на кольцевое пересечение

№ въезда	k_c	c	n_1	n_2	A	Б	N_k прив., легковых. авт./ч	$P_в$, авт./ч	$N_в$, 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	577	858	260	0,30
4	1,8	0,95	1	1	1500	0,67	432	639	240	0,38

Коэффициент запаса пропускной способности до достижения режима практической пропускной способности въезда при $z_{пр}$=0,85 составляет x_{min}=1,82.

Пропускная способность всего кольцевого пересечения определяется по формуле (35) и для рассматриваемого пересечения составит:

при z=0,65 $P_{кп}$=1,51(320+180+260+240)=1510 авт./ч;

при z=0,85 $P_{кп}$=1,82(320+180+260+240)=1820 авт./ч.

Приложение 3

Примеры расчета пропускной способности пересечений в одном уровне на многополосной дороге

Пример 1. Определить пропускную способность участка разворота с остановкой автомобилей на многополосной дороге.

Интенсивность движения по главной дороге в одном направлении $N_{гл}$=1000 легковых авт./ч. Интенсивность движения по второстепенной дороге в «часы пик» 200 легковых авт./ч. Суммарная интенсивность движения левоповоротных и правоповоротных потоков 120 легковых авт./ч, через участок разворота проходит 60 легковых авт./ч. Минимальные интервалы времени между автомобилями, выполняющими маневр разворота с остановкой, δt =2,2 с. Граничный интервал времени при 85%-ной обеспеченности $\Delta t_{гр}$=8,2 с (см. п. 6.3.3). Необходимо определить пропускную способность участка разворота с остановкой автомобилей на многополосной дороге.

Используя формулу (40), определяем пропускную способность участка разворота: P=249 легковых авт./ч.

Пример 2. Определить пропускную способность участка переплетения.

Интенсивность движения по главной дороге в одном направлении $N_{гл}$=1400 легковых авт./ч. Минимальные интервалы времени между автомобилями, выполняющими маневр переплетения, δt =3,3 с. Длина участка от места примыкания дороги до участка разворота 400 м. Граничный интервал времени при 85%-ной обеспеченности $\Delta t_{гр}$=3,9 с. Интенсивность движения по крайней левой полосе $N_{лев}$=634 легковых авт./ч.

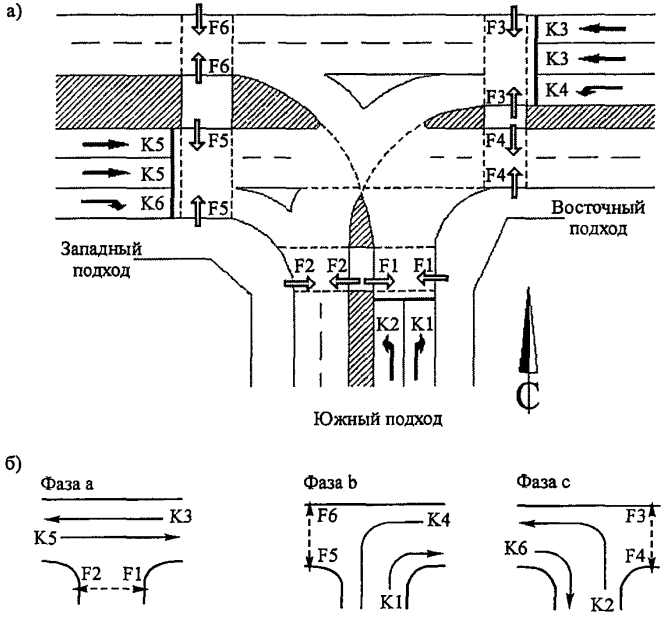
Пропускная способность участка переплетения определяется по формуле (40): $P_{пл}$=863 легковых авт./ч.

Приложение И

Матрица переходных интервалов

Одним из критериев определения оптимальной последовательности фаз (или основных тактов при регулировании по направлениям) является длительность переходных интервалов, которые необходимо применить в зависимости от парных сочетаний основных тактов. Оптимальной считается последовательность фаз регулирования с минимальной суммой переходных интервалов в цикле.

Рассмотрим пример определения оптимальной последовательности фаз регулирования для пересечения, план и схема регулирования которого представлены на рисунке И.1.



а – план перекрестка; б – вариант фаз регулирования;
K_1-K_6 – транспортные потоки; F_1-F_6 – пешеходные потоки;
– транспортный поток; – переходный поток

Рисунок И.1 – Последовательность фаз регулирования для пересечения

Возможное количество последовательностей фаз регулирования m определяется формулой

$$m = (n-1)!, \qquad (И.1)$$

где n – количество фаз регулирования.

Для рассматриваемого случая пересечения с тремя фазами регулирования (см. рисунок И.1) a, b и c возможны две разных последовательности фаз

a – b – c

b – a – c.

Количество сочетаний фаз, для которых в данном случае необходимо определить длительности переходных интервалов, равно шести

ab – bc – ca

ba – ac – cb.

Для каждого из сочетаний определяется критическая пара транспортных потоков. Критической парой транспортных потоков следует считать такие, конфликтная точка которых будет достигнута потоком начинающейся фазы за наименьшее время после включения зеленого сигнала светофора.

Потоки, оканчивающие движение			Потоки, начинающие движение											
			K1	K2	K3	K4	K5	K6	F1	F2	F3	F4	F5	F6
			ю,п	ю,л	в,пр	в,л	з,пр	з,л	ю,н	ю,о	в,н	в,о	з,н	з,о
K1	ю,п						3		4			7		
K2	ю,л				9	4	5		4					10
K3	в,пр		8								5			
K4	в,л		6				7	11		10	4			
K5	з,пр	9		6	5*							8	5	
K6	з,л				3					7			4	
F1	ю,н	6**	6											
F2	ю,о					2		4						
F3	в,н				9	9								
F4	в,о	4					2							
F5	з,н						9	9						
F6	з,о			2	2									

* K5 заканчивает движение, K4 начинает движение.

** Пешеходный поток F1 заканчивает движение, транспортный поток K1 начинает движение.

Последовательность фаз	a – b – c	a – b – c
Величины переходных интервалов, с	5–6–5	6–4–7
Потерянное время L, с	16	17

Индексы подходов к перекрестку: з – западный; в – восточный, ю – южный; индексы направлений движения: л – налево; пр – прямо; п – направо; индексы пешеходных переходов: н – транспортные потоки начинают движение, пересекая пешеходный переход; о – транспортные потоки заканчивают движение на перекрестке, пересекая пешеходный переход

Рисунок И.2 – Матрица переходных интервалов

В рассматриваемом примере (см. рисунок И.1, рисунки И.2, И.3) при последовательности фаз a – b – c необходимо определить переходные интервалы для потоков, составляющих последовательность

К5(з,пр) – К4(в,л) – К2(ю,л) – и снова К5(з,пр),

где з,пр – западный подход, движение прямо;
в,л – восточный подход, движение налево;
ю,л – южный подход, движение налево.

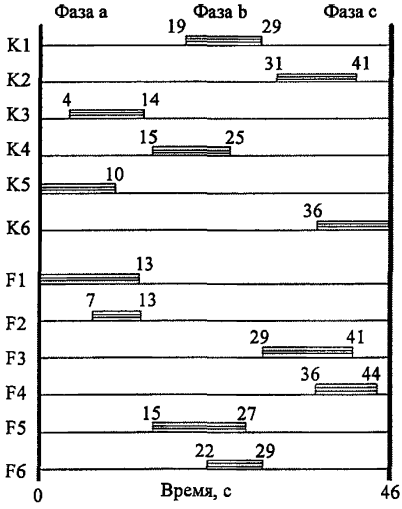


Рисунок И.3 – План светофорной сигнализации для пересечения, представленного на рисунке И. 1 (цифрами показано время зеленого сигнала)

При смене фазы a на фазу b между потоками К5(з,пр) и К1(ю,п) должен быть переходный интервал большой длительности, равный 9 с. Однако значение этого интервала не входит в сумму критических переходных интервалов последовательности фаз регулирования a – b – c,

поскольку в данном случае критическим является сочетание К5(з, пр) и К4(в, л). Согласно результатам расчетов, представленных на рисунке И.3, наименьшее значение суммы критических переходных интервалов будет при чередовании фаз регулирования a – b – c.

Приложение К

Пример расчета пропускной способности группы полос движения на подходе к пересечению в одном уровне со светофорным регулированием

Исходные данные: на рисунке К.1 представлены режим регулирования и распределение транспортных потоков на рассматриваемом регулируемом пересечении, для которого необходимо определить пропускную способность группы полос, обслуживающих движения транспортных потоков по направлениям н1 и н2. На рассматриваемом подходе к пересечению ширина одной полосы движения составляет 3,5 м, отсутствуют продольные уклоны, а также помехи от уличных стоянок и остановочных пунктов. Рассматриваемый перекресток находится вне центра города.

Расчет пропускной способности группы полос движения. В соответствии с формулой (55) для определения пропускной способности группы полос необходимо рассчитать величину потока насыщения. Для этого по п. 8.9 определяются специальные коэффициенты, входящие в формулу (44) расчета потока насыщения.

Учитывая, что левоповоротный поток (направление н1 на рисунке К.1) осуществляет движение в конфликте с противоположным потоком (направления н3 + н4), определение коэффициента, учитывающего помехи, создаваемые поворачивающими налево транспортными средствами, выполняется по формуле (56)

$$f_{ЛПК} = \frac{G_Б}{G} f'_{ЛП} + \frac{G_К}{G} f''_{ЛПК} = \frac{0}{G} f'_{ЛП} + \frac{G}{G} f''_{ЛПК} =$$
$$= f''_{ЛПК} = 0,54,$$

где $f''_{ЛПК}$ определяем по рисунку К.2 (в соответствии с данными таблицы 31 при сочетании количества полос движения n=1 и $n_{пр}$=1);

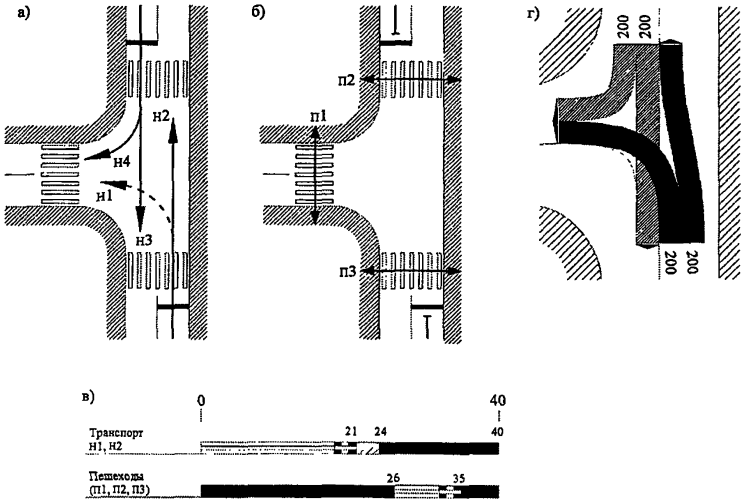
$G_К = G$;

$G_Б = 0$.

Коэффициент, учитывающий ширину полос движения b, определяется по формуле

$$f_ш = 1 + \frac{(b-3,6)}{9} = 1 + \frac{(3,5-3,6)}{9} = 0,99.$$

Величина потока насыщения $S_{(н1+н2)}$ определяется по формуле (44) и составляет 1016 прив. ед./ч.



а – первая фаза регулирования; б – вторая фаза регулирования;
в – режим работы светофорной сигнализации; г – картограмма транспортных потоков

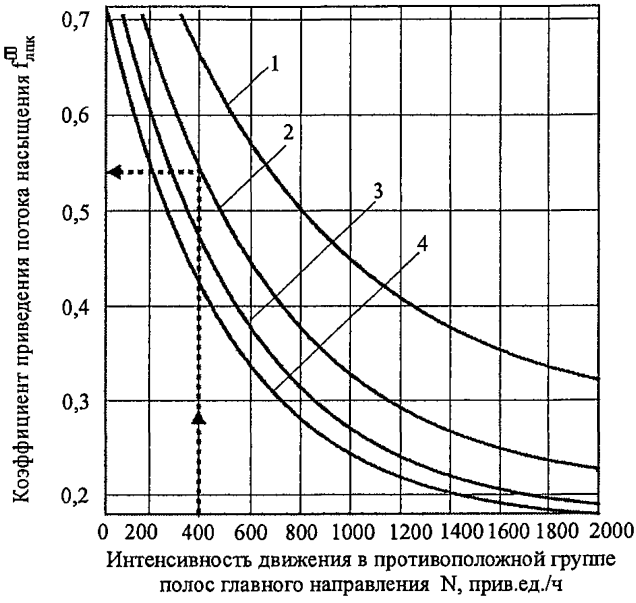
Рисунок К.1 – Исходные данные для примера расчета пропускной способности группы полос

Пропускная способность рассматриваемой группы полос определяется по формуле

$$P_{(н1+н2)} = \frac{S_{(н1+н2)} G_1}{C} = \frac{1016 \cdot 21}{40} \approx 533 \text{ (прив.ед./ч)},$$

где G_1 – длительность зеленого сигнала в первой фазе регулирования, в которой осуществляет движение рассматриваемый транспортный поток, с (см. рисунок К.1);

C – длительность цикла регулирования, с (см. рисунок К.1).



1 – доля левоповоротного потока $P_{лп} = 0,25$; 2 – $P_{лп} = 0,5$; 3 – $P_{лп} = 0,75$; 4 – $P_{лп} = 0,95$

Рисунок К.2 – Определение коэффициента, учитывающего помехи, создаваемые поворачивающими налево транспортными средствами в составе группы в соответствии с рисунком 19, а ($P_{лп} = N_{н1}/N_{(н1+н2)} = 200/400 = 0,5$; $N_{пр} = N_{(н3+н4)} = 400$ прив.ед./ч)

Приложение Л

Примеры расчета пропускной способности участков в пределах малых населенных пунктов

Пример 1. Населенный пункт А расположен на прямом горизонтальном участке автомобильной дороги, длина застройки L=0,6 км, расстояние от кромки проезжей части до линии застройки ℓ=8 м, сооружения обслуживания отсутствуют, интенсивность движения на пешеходном переходе в «часы пик» $N_п$ = 70 чел./ч. Для всех рассматриваемых далее примеров принято, что ширина проезжей части автомобильной дороги 7,5 м, ширина обочины 2,5-3 м, интенсивность движения автомобилей N = 1200 авт./ч.

Свободная скорость движения в населенном пункте А определяется по формуле (62)

$$V_o = 57,28 – 8,1x0,6 + 2,3x8 – 0,38x0,6x8 = 72,64 \text{ км/ч.}$$

Скорость движения автомобилей в зоне пешеходного перехода определяется по формуле (63)

$$V_п=25,4 – 0,06x70x0,008x1200+0,38x72,64=39,2 \text{ км/ч.}$$

Пропускную способность участка дороги в пределах населенного пункта А вычисляют по формуле (66)

$$P_{нп}=(1968,8 – 487,6x0,6+11,12x8+7,5x0,6x8)x1=1801,9 \text{ авт./ч.}$$

Коэффициент k_1=1 берут из таблицы 34.

Определим пропускную способность участка дороги в пределах населенного пункта аналогичного населенному пункту А, но с расстоянием от кромки проезжей части до линии застройки ℓ=20 м

$$P_{нп}=(1968,8 – 487,5x0,6+11,2x20+7,5x0,6x20)x1 = 1990,3 \text{ авт./ч.}$$

Пример 2. Населенный пункт В расположен на прямом горизонтальном участке автомобильной дороги, длина застройки L=1,65км, расстояние от кромки проезжей части до линии застройки ℓ=12 м. В населенном пункте имеется стоянка у сооружения

обслуживания, оборудованная за счет уширения обочины и расположенная с двух сторон дороги. Интенсивность движения пешеходов через дорогу на первом переходе $N_п$=120 чел./ч, на втором – $N_п$=210 чел./ч. Второй пешеходный переход находится у стоянки автомобилей.

Коэффициент k_1=0,8 (см. таблицу 34) и k_2=0,7 (см. таблицу 35); изменение пропускной способности наблюдается на расстоянии 50 м в каждую сторону от пешеходного перехода.

Коэффициент k_2=0,8 (см. таблицу 35); изменение пропускной способности наблюдается на расстоянии 50 м в каждую сторону от границы стоянки автомобилей.

Пропускную способность участка дороги в пределах населенного пункта В определяют по формуле (66) в три этапа:

- участок вне зоны пешеходного перехода и стоянки у сооружения обслуживания;
- участок первого пешеходного перехода;
- участок стоянки автомобилей и второго пешеходного перехода.

Для первого участка:

$P_{нп}$=(1968,8 – 487,5x1,65+11,2x12+7,5x1,65x12)x1=1447,32 авт./ч.

Для второго участка:

$P_{нп}$=(1968,8 – 487,5x1,65+11,2x12+7,5x1,65x12)x0,8=1157,86 авт./ч.

Для третьего участка:

$P_{нп}$=(1968,8 – 487,5x1,65+11,2x12+7,5x1,65x12)x0,7x0,8=810,5 авт./ч.

Приложение М

Пример расчета пропускной способности участка автодорожного тоннеля

Исходные данные: горизонтальный, прямолинейный участок четырехполосной городской магистрали с разделительной полосой (в тоннеле две полосы движения в одном направлении, каждая шириной по 3,75 м), ширина проезжей части в одном направлении, в зоне подхода к тоннелю, в тоннеле и на выходе из него 7,5 м, ширина защитной полосы 0,5 м, ширина служебного прохода 0,75 м, продольный уклон на выходе/входе в тоннель 40‰, освещенность в зоне входа в тоннель 750 лк, количество легковых автомобилей в транспортном потоке 70%, в зоне входа в тоннель, в тоннеле и на выходе из него предусмотрена разметка полос движения, запрещающая обгоны и перестроение транспортных средств.

Последовательность расчета. Отдельно определяется пропускная способность на подходе к тоннелю, в зоне входа в тоннель, в тоннеле и зоне выхода из него.

1. Расчет общей пропускной способности на подходе $P_{подх.}$, правой $P_{пр}$ и левой $P_{лв}$ полосах движения в зоне подхода к тоннелю.

Расчет осуществляется по формуле (72) с использованием таблиц 39-41.

$P_{пр}$=1х(0,45х1+0,55х2)х1х0,95х(2000+66,6х3,75–9,54х55–6,84х0)=1065 авт./ч;
$P_{лв}$=1х(0,71+0,3х2)х1х1х(2000+66,6х3,75–9,54х30–6,84х0)=1512 авт./ч.

Суммарная пропускная способность участка на подходе к тоннелю в одном направлении движения составит

$$P_{подх.} = P_{пр} + P_{лв} = 1065+1512=2577 \text{ авт./ч.}$$

2. Расчет общей пропускной способности в зоне входа в тоннель по двум полосам $P_{вх}$, правой полосе $P_{пр}$ и левой полосе $P_{лв}$ по формуле (74) с использованием таблиц 42-46.

$P_{пр}$ = 2000х0,93х0,938х0,921х0,784 = 1260 авт./ч;
$P_{лв}$ = 2000х0,973х1,05х0,932= 1904 авт./ч.

Суммарная пропускная способность участка в зоне входа в тоннель составит

$P_{вх}$ = 1260+1904= 3164 авт./ч.

3. Расчет общей пропускной способности в тоннеле по двум полосам $P_т$, правой полосе $P_{пр}$ и левой полосе $P_{лв}$ по формуле (74) с использованием таблиц 42-46.

$P_{пр}$ = 2000х0,973х0,963х0,917=1718 авт./ч;
$P_{лв}$ = 2000х0,973х1,05х0,932=1904 авт./ч.

Суммарная пропускная способность участка в тоннеле составит

$P_т$ = 1718+1904=3622 авт./ч.

4. Расчет общей пропускной способности участка на выходе из тоннеля по двум полосам $P_{вых}$, правой полосе $P_{пр}$ и левой полосе $P_{лв}$ по формуле (74) с использованием таблиц 42-46.

$P_{пр}$ = 2000х0,967х0,979х0,956х0,862х0,83=1295 авт./ч;
$P_{лв}$ = 2000х0,967х0,979х1,05х0,906х0,93= 1674 авт./ч.

Суммарная пропускная способность участка на выходе из тоннеля составит

$P_{вых}$ =1295+1674=2969 авт./ч.

Из полученных величин пропускной способности видно, что наименьшая величина пропускной способности имеет место на подходе к тоннелю, где основным фактором, влияющим на величину пропускной способности, является наличие зон въезда и перестроения транспортных потоков. В самом тоннеле наименьшая величина пропускной способности наблюдается на входе в тоннель, где сказывается смена окружающей обстановки на водителя и, в первую очередь, уровня освещенности на въезде в тоннель.

Приложение Н

Пример расчета пропускной способности полосы движения участка в зоне придорожных сооружений обслуживания

Исходные данные: двухполосная автомобильная дорога с проезжей частью шириной 7,5 м, продольный уклон 30‰, радиус кривой в плане 1000 м, легковых автомобилей в составе движения 55% (n=0,55). На данном участке расположено придорожное предприятие питания. Стоянка не отделена от проезжей части, переходно-скоростные полосы отсутствуют. Доля съезжающих на стоянку автомобилей от часовой интенсивности движения по основной дороге составляет 0,06.

Расчет пропускной способности полосы движения с учетом сочетания основных элементов дороги выполняют по формуле (11)

$$P = 413+27x7,5-4,07x0,30+0,065x1000+434,6x0,55 = 918 \text{ авт./ч.}$$

Пропускную способность полосы движения с учетом размещения придорожного предприятия питания определяют по формуле (76)

$$P_{пр} = 918x0,74=679 \text{ авт./ч.}$$

Приложение О

Примеры расчета пропускной способности железнодорожного переезда

Пример 1. Автомобильная дорога II категории пересекает однопутную железную дорогу. Ширина проезжей части 7,5 м. Автомобильная дорога на подходах к переезду имеет прямые горизонтальные участки. Железнодорожный переезд большую часть времени открыт. Интенсивность движения по железной дороге не превышает 1-2 поезда/ч.

Расчет пропускной способности переезда осуществляют в следующей последовательности:

- определяют свободную скорость автомобилей через переезд V_0=45 км/ч;
- устанавливают, что легковых автомобилей в потоке 50% и через переезд проходит один поезд в час;
- по результатам обследования определяют, что плотность движения автомобилей равна 20 авт./км, ровность хорошая;
- из таблиц 50-54 находят коэффициенты снижения пропускной способности $\beta_1^{ж.п.} = 0,93; \beta_2^{ж.п.} = 0,98; \beta_3^{ж.п.} = 0,96; \beta_4^{ж.п.} = 1; \beta_5^{ж.п.} = 1.$

Пропускную способность железнодорожного переезда определяют по формуле (79) $P_{ж.п.}$=1100 авт./ч.

Если нельзя получить данные экспериментальным путем, пропускную способность железнодорожного переезда определяют по формуле (81), используя значения коэффициентов снижения пропускной способности

$$P_{ж.п.}=1300x0,93x0,98x0,96x1x1=1144 \text{ авт./ч.}$$

Пример 2. Автомобильная дорога III категории пересекает двухпутный железнодорожный переезд. Ширина проезжей части 7,5 м.

Обследованиями установлено:

- интенсивность движения по железной дороге 8 поездов/ч, легковых автомобилей в потоке 30%;
- пропускная способность полосы движения автомобильной дороги вне зоны переезда равна 1300 авт./ч;
- ровность дорожного покрытия удовлетворительная;
- участок дороги в зоне переезда имеет кривую в плане радиусом 200 м, расположенную в 100 м от переезда;

- угол пересечения автомобильной дороги с железной дорогой составляет 60°.

Из таблиц 50-54 находят коэффициенты снижения пропускной способности: $\beta_2^{ж.п.} = 0,87; \beta_3^{ж.п.} = 0,62; \beta_4^{ж.п.} = 0,99; \beta_5^{ж.п.} = 0,97.$

Пропускную способность железнодорожного переезда определяют по формуле (81)

$$P_{ж.п.}=1300х0,87х0,62х0,99х0,97=673 \text{ авт./ч.}$$

Приложение П

Примеры расчета пропускной способности участка дороги в горной местности

Пример 1. Исходные данные: горно-долинный участок дороги с двухполосной проезжей частью, ширина полосы движения 3,75 м. ширина обочины 2 м, расстояние видимости 80 м, радиус кривой в плане 50 м при величине угла поворота 33°, продольный уклон 30‰ (движение на подъем).

Максимальная часовая интенсивность движения, приведенная к легковому автомобилю, N_{max}=1388 легковых авт./ч.

Расчетная часовая интенсивность движения легковых автомобилей

$$N_p = 0{,}8 \times N_{max} \approx 1110 \text{ легковых авт./ч.}$$

Значения коэффициентов снижения пропускной способности (см. п.9.6.3) $ß_1^{ГД} = 1$; $ß_2^{ГД} = 0{,}9$; $ß_3^{ГД} = 0{,}69$; $ß_4^{ГД} = 0{,}73$; $ß_5^{ГД} = 0{,}9$.

Итоговый коэффициент снижения пропускной способности

$$ß^{ГД} = 1 \times 0{,}9 \times 0{,}69 \times 0{,}73 \times 0{,}9 = 0{,}408.$$

Практическая пропускная способность

$$P^{ГД} = 3600 \times 0{,}408 = 1469 \text{ легковых авт./ч.}$$

Уровень загрузки

$$z = 1110 / 1469 = 0{,}76.$$

Пример 2. Исходные данные: перевальный участок горной дороги с двухполосной проезжей частью и дорожной одеждой капитального типа, продольный уклон 60‰, высота местности над уровнем моря менее 1000 м, количество кривых на 1 км 11 шт., расстояние между серпантинами 600 м, радиус кривой в плане 30 м, максимальная часовая интенсивность движения, приведенная к легковому автомобилю, составила N_{max}= 1175 легковых авт./ч.

Расчетная часовая интенсивность движения

$$Np = 0,8xN_{max} = 0,8x1173 = 940 \text{ легковых авт./ч.}$$

Значения коэффициентов снижения пропускной способности (см. п.9.6.6) $ß_1^{ГП} = 0,84$; $ß_2^{ГП} = 0,8$; $ß_3^{ГП} = 1$; $ß_4^{ГП} = 0,43$; $ß_5^{ГП} = 1$.

Итоговый коэффициент снижения пропускной способности

$$ß^{ГП} = 0,84x0,8x1x0,43x1 = 0,289.$$

Практическая пропускная способность

$$P^{ГП} = 3600x0,289 = 1040 \text{ легковых авт./ч.}$$

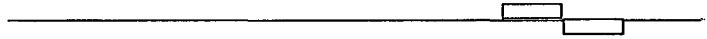
Уровень загрузки

$$z = 940/1040 = 0,9.$$

Приложение Р

Примеры расчета пропускной способности участка дороги в городских условиях

Пример 1. Рассчитать пропускную способность участка автомобильной дороги в каждом направлении. Исходные данные: автомобильная дорога находится в центральной части города, в каждом направлении имеет две полосы движения, ширина проезжей части 14 м, доля грузовых транспортных средств – 0,15, уклон в одну сторону составляет 2‰, в каждом направление находится остановочный пункт городского пассажирского транспорта, интенсивность движения 35 автобусов/ч, заездной карман отсутствует. Схема участка автомобильной дороги приведена на рисунке Р.1.



– остановочный пункт городского пассажирского транспорта

Рисунок Р.1 – Схема участка автомобильной дороги

Пропускная способность участка автомобильной дороги будет равна наименьшему значению пропускной способности на этом участке.

Для расчета пропускной способности в каждом направлении строят линейный график изменения пропускной способности участка автомобильной дороги в следующем порядке:

- определяют факторы, снижающие пропускную способность дороги и зоны их влияния;
- выписывают значения частных коэффициентов снижения пропускной способности (см. подразд. 9.7);
- вычисляют пропускную способность по формуле (84);
- строят графики изменения пропускной способности проезжей части участка автомобильной дороги (рисунок Р.2,а,б).

Для прямого направления движения рассчитываем пропускную способность для двух характерных отрезков

$P_{пр1}$ = 1950х2х0,98х0,861х1х1х0,9х1х1=1509 авт./ч;
$P_{пр2}$ = 1950х2х0,98х0,86х10,86х1х0,9х1х1=1299 авт./ч.

Для обратного направления производим аналогичный расчет

$P_{обр1}$ = 1950x2x0,98x0,86x1x1x1x0,9x1x1=1509 авт./ч;

$P_{обр2}$ = 1950x2x0,98x0,86x1x0,86x1x0,9x1x1=1299 авт./ч.

а)

Пропускная способность проезжей части участка автомобильной дороги в одном направлении, авт./ч		1509 / 1299
Коэффициенты снижения пропускной способности	f_b	0,98
	f_i	1,0
	f_p	1,0
	$f_{тер}$	0,90
	$f_{гр}$	0,86
	$f_{авт}$	1,0 | 0,86 | 1,0
	f_V	1,0
	f_R	1,0
Пропускная способность, авт./ч		1950
Количество полос		2
Тип территории		Центральный
Ширина полосы,м		3,5
Ограничение скорости, км/ч		60
Прямые и кривые, м		
Продольный уклон, ‰		2
План дороги		План дороги в прямом направлении / ул. Краснореченская

а – прямое направление движения,

Рисунок Р.2 – Линейный график изменения пропускной

б)

Пропускная способность проезжей части участка автомобильной дороги в одном направлении, авт./ч		1509 / 1299
Коэффициенты снижения пропускной способности	f_b	0,98
	f_i	1,0
	f_p	1,0
	$f_{тер}$	0,9
	$f_{гр}$	0,86
	$f_{авт}$	0,86
	f_V	1,0
	f_R	1,0
Пропускная способность, авт./ч		1950
Количество полос		2
Тип территории		Центральный
Ширина полосы,м		3,5
Ограничение скорости, км/ч		60
Прямые и кривые, м		
Продольный уклон, ‰		2
План дороги		План дороги в обратном направлении ул. Краснореченская

б – обратное направление

способности участка автомобильной дороги

Пример 2. Рассчитать пропускную способность участка автомобильной дороги в прямом направлении. Исходные данные: двухполосная автомобильная дорога находится в спальном районе города, ширина полосы для движения в прямом направлении составляет 4,9 м, доля грузовых транспортных средств – 0,12. В каждом направлении находится остановочный пункт городского пассажирского транспорта, интенсивность движения 35 автобусов/ч, заездной карман отсутствует. На участке находятся две кривые в плане радиусом 300 и 150 м, а также двухполосный путепровод, ширина полосы движения 3,75 м. Схема участка автомобильной дороги изображена на рисунке Р.3.

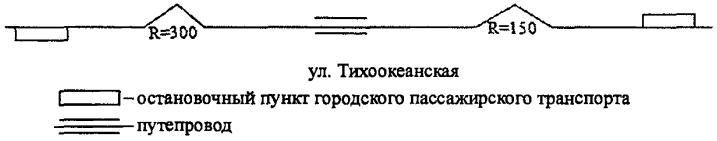


Рисунок Р.3 – Схема участка автомобильной дороги

Для расчета пропускной способности в прямом направлении строим линейный график изменения пропускной способности проезжей части участка автомобильной дороги (рисунок Р.4). Выделяем характерные участки снижения пропускной способности.

Для прямого направления движения рассчитываем для восьми характерных отрезков пропускную способность

$P_{пр.1}$ = 1950x2x1x1x1x0,89x1x1x1x0,86=2985 авт./ч;
$P_{пр.2}$ = 1950x2x1x1x0,86x0,89x1x1x1x0,86=2567 авт./ч;
$P_{пр.3}$ = 1950x2x1x1x1x0,89x1x1x1x0,86=2985 авт./ч;
$P_{пр.4}$ = 1950x2x1x1x1x0,89x1x0,96x1x0,86=2865 авт./ч;
$P_{пр.5}$ = 1950x2x1x1x1x0,89x1x1x1x0,86=2985 авт./ч;
$P_{пр.6}$ = 1950x1x1x1x1x0,89x1x1x1x1,01=1752 авт./ч;
$P_{пр.7}$ = 1950x1x1x1x1x0,89x1x0,9x1x1,01=1577 авт./ч;
$P_{пр.8}$ = 1950x1x1x1x1x0,89x1x1x1x1,01=1752 авт./ч.

Пропускная способность участка равна 1752 авт./ч.

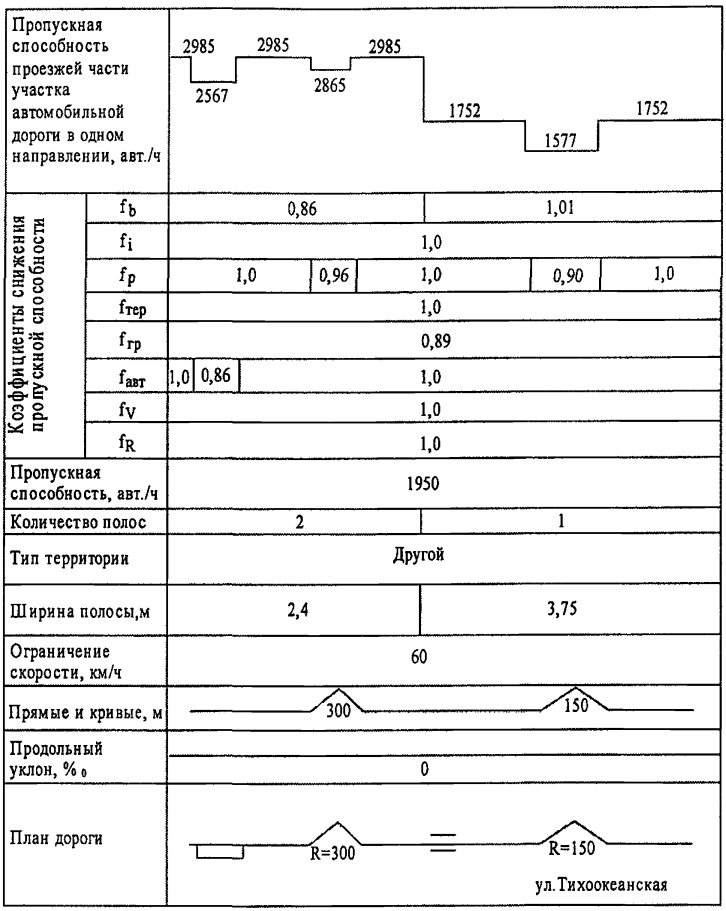


Рисунок Р.4 – Линейный график изменения пропускной способности участка автомобильной дороги в прямом направлении

Пример 3. Рассчитать пропускную способность участка автомобильной дороги в каждом направлении. Исходные данные: автомобильная дорога находится в центральной части города. В прямом направлении имеет одну полосу движения, в обратном – две полосы, ширина полосы для движения составляет 3,4 м, доля грузовых транспортнрых средств – 8 %, уклон при движении в прямом направлении –

36 ‰. На участке дорожной сети находятся два остановочных пункта городского пассажирского транспорта, интенсивность движения 67 автобусов/ч, имеется заездной карман. Схема участка автомобильной дороги изображена на рисунке Р.5.

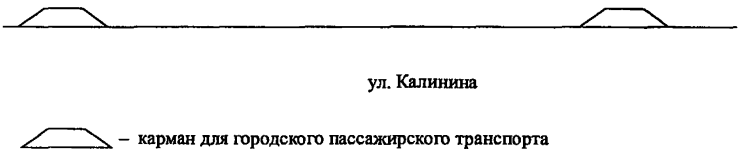


Рисунок Р.5 – Схема участка автомобильной дороги

Для расчета пропускной способности в прямом направлении строим линейный график изменения пропускной способности проезжей части участка автомобильной дороги (рисунок Р.6,а). Для прямого направления движения рассчитываем пропускную способность одного характерного участка

$$P_{пр.1} = 1950x1x1x0,92x1x1x0,9x1x1,18x0,977=1861 \text{ авт./ч.}$$

Для расчета пропускной способности в обратном направлении строим линейный график изменения пропускной способности проезжей части участка автомобильной дороги (см. рисунок Р.6,б), учитывая наличие двух остановочных пунктов. Выделяем характерные участки снижения пропускной способности.

Для обратного направления движения рассчитываем пропускную способность для двух участков

$$P_{обр1} = 1950x2x1x1x0,73x0,92x0,9x1x0,82x0,977=1888 \text{ авт./ч;}$$
$$P_{обр2} = 1950x2x1x1x1x0,92x0,9x1x0,82x0,977=2587 \text{ авт./ч.}$$

Пропускная способность в прямом направлении составляет 1861 авт./ч, в обратном – 1888 авт./ч.

а)

Пропускная способность проезжей части участка автомобильной дороги в одном направлении, авт./ч		1861
Коэффициенты снижения пропускной способности	f_b	0,977
	f_i	1,18
	f_p	1,0
	$f_{тер}$	0,90
	$f_{гр}$	0,92
	$f_{авт}$	1,0
	f_V	1,0
	f_R	1,0
Пропускная способность, авт./ч		1950
Количество полос		1
Тип территории		Центральный
Ширина полосы, м		3,4
Ограничение скорости, км/ч		60
Прямые и кривые, м		
Продольный уклон, ‰		36
План дороги		План дороги в прямом направлении ул. Калинина

б)

Пропускная способность проезжей части участка автомобильной дороги в одном направлении, авт./ч		1888	2587		1888	2587
Коэффициенты снижения пропускной способности	f_b	0,977				
	f_1	0,82				
	f_p	1,0				
	$f_{тер}$	0,90				
	$f_{гр}$	0,92				
	$f_{авт}$	0,73	1,0		0,73	1,0
	f_V	1,0				
	f_R	1,0				
Пропускная способность, авт./ч		1950				
Количество полос		2				
Тип территории		Центральный				
Ширина полосы, м		3,4				
Ограничение скорости, км/ч		60				
Прямые и кривые, м						
Продольный уклон, ‰		36				
План дороги		План дороги в обратном направлении				
		ул. Калинина				

а – прямое направление движения; б – обратное направление

Рисунок Р.6 – Линейный график изменения пропускной способности участка автомобильной дороги

ОКС
Ключевые слова: интенсивность движения, состав движения, пропускная способность, уровень обслуживания, уровень загрузки движением, плотность движения

Руководитель организации-разработчика

Автономная некоммерческая организация «ИПБД»

Президент _____ В.В.Сильянов

ОДМ 218.2.020-2012

Отпечатано в ФГУП "ИНФОРМАВТОДОР"

Адрес ФГУП "ИНФОРМАВТОДОР":
129085, Москва, Звездный бульвар, д. 21, стр. 1
Тел.: (495) 747-9100, 747-9105, тел./факс: 747-9113
E-mail: gost.e-ecolog.ru
Сайт: www.informavtodor.ru

gost.e-ecolog.ru