

Федеральное агентство по образованию
ГОУ ВПО «Уральский государственный технический университет – УПИ
имени первого Президента России Б. Н. Ельцина»



Л.В. Булавина

РАСЧЕТ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ МАГИСТРАЛЕЙ И УЗЛОВ

Учебное электронное текстовое издание
Подготовлено кафедрой «Городское строительство»
Научный редактор: доц., канд. техн. наук А.П. Захаров

Методическое пособие к изучению дисциплины «Городской транспорт и организация движения» для студентов очной и заочной форм обучения специальности 270105 «Городское строительство и хозяйство» в процессе изучения курса и выполнения практических упражнений, курсовых работ, дипломного проекта».

Отражены общие теоретические положения по определению пропускной способности магистралей на перегонах, в нерегулируемых, саморегулируемых и регулируемых узлах. Изложена методика расчета пропускной способности и уровней загрузки магистралей непрерывного и регулируемого движения, приведены примеры расчета уровня загрузки и ширины проезжей части на расчетный срок.

© ГОУ ВПО УГТУ–УПИ
Екатеринбург
2009

Содержание

Введение	3
1. Определение пропускной способности магистрали и уровня ее загрузки	3
2. Определение потребной ширины проезжей части магистральных улиц и дорог	10
3. Пропускная способность узлов улично-дорожной сети	16
3.1. Пропускная способность нерегулируемых пересечений в одном уровне	16
3.2. Пропускная способность кольцевых саморегулируемых узлов	19
3.3. Пример расчета пропускной способности нерегулируемого узла	22
3.4. Пример расчета пропускной способности кольцевого саморегулируемого узла	23
4. Пропускная способность магистралей в сечении стоп-линии регулируемых узлов.....	26
4.1. Простые пересечения	27
4.2. Т-образные примыкания	33
4.3. Учет влияния трамвайного движения на пропускную способность полосы проезжей части	35
5. Определение уровней загрузки магистралей и узлов.....	36
6. Пример расчета пропускной способности регулируемого узла.....	36
Библиографический список.....	42

Введение

Расчет пропускной способности магистралей производится при различной постановке задачи:

- 1) определение пропускной способности существующей проезжей части и уровня ее загрузки;
- 2) определение потребной ширины проезжей части при проектировании новых или реконструкции существующих магистралей на перегонах и в узлах.

Пропускной способностью улиц и дорог непрерывного движения называется зависящее от скорости и условий движения максимальное количество транспортных средств, проходящих через сечение полосы в течение одного часа в одном направлении при соблюдении условий безопасности движения.

Пропускной способностью полосы улиц и дорог регулируемого движения называется зависящее от условий и организации движения максимальное количество транспортных средств, проходящих по полосе в течение одного часа в одном направлении при соблюдении условий безопасности движения.

1. Определение пропускной способности магистрали и уровня ее загрузки

Пропускная способность проезжей части определяется числом полос движения и пропускной способностью каждой из них, характером движения на магистрали (непрерывное или регулируемое).

Расчет пропускной способности при смешанном по структуре потоке производится в приведенных единицах.

Теоретическая пропускная способность одной полосы движения (N_T) определяется по формуле

$$N = \frac{3600V}{L} \quad (1.2)$$

где V – скорость движения потока, м/с, принимаемая в зависимости от класса магистралей по СНиП 2.07.01-89*[2] и «Рекомендациям по проектированию

улиц и дорог городских и сельских поселений» в зависимости от категории магистралей» [4]; при этом следует учитывать, что фактические скорости потока на 15–20 % ниже расчетных скоростей одиночного автомобиля;

L – величина динамического габарита, м.

Динамический габарит – минимальное расстояние между передними бамперами движущихся друг за другом автомобилей, обеспечивающее безопасность движения.

Таблица 1.1

Расчетные скорости движения в зависимости от категории магистралей [4]

Категория дорог и улиц	Расчетная скорость движения макс/мин* км/ч	Скорость автомобилей в потоке, макс/мин* км/ч
Магистральные дороги:		
скоростного движения	120/80	90/60
регулируемого движения	80/60	60/45
Магистральные улицы:		
общегородского значения:		
<i>непрерывного движения</i>	100/75	75/55
<i>регулируемого движения</i>	80/60	60/45
районного значения:		
<i>транспортно-пешеходные</i>	70/50	50/35
<i>пешеходно-транспортные</i>	50/35	35/25

*Наибольшие и наименьшие (допустимые для данной категории улиц и дорог) расчетные скорости соответствуют нормальным (новое строительство, равнинная местность) и сложным (реконструкция, пересеченная или горная местность) условиям трассирования улиц и дорог.

Расчет пропускной способности ведется из условия невозможности перехода на смежную полосу при полном использовании пропускной способности проезжей части. В этих условиях величина L определяется с использованием третьей группы упрощенных динамических моделей движения по формуле

$$L = t_p V + (l''_m - l'_m) + l_o + l_a, \quad (1.3)$$

где t_p – время реакции водителя от начала торможения переднего автомобиля до начала торможения заднего автомобиля.

По данным наблюдений $t_p = 0,60–0,83$ с. С учетом времени срабатывания тормозной системы принимается для расчета $t_p = 1$ с;

l_o – расстояние безопасности между остановившимися транспортными средствами (принимается равной 2 м);

l_a – длина автомобиля (принимается 5 м);

l'_m – тормозной путь переднего автомобиля, м;

l''_m – тормозной путь заднего автомобиля, м.

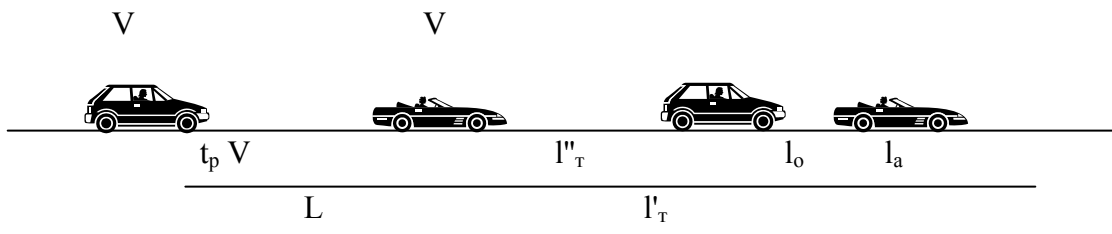


Рис. 1.1. Схема расчета пропускной способности

Если использовать основное уравнение движения поезда для расчета тормозных путей переднего и заднего автомобилей для горизонтального участка пути, то формула определения теоретической пропускной способности одной полосы приобретает вид

$$N = \frac{3600V}{t_p V + \frac{V^2}{2g} \left(\frac{1}{f_k + \frac{Q_T}{Q} \varphi \pm i} - \frac{1}{f_k + \varphi \pm i} \right) + l_o + l_a} \quad (1.4)$$

где g – ускорение свободного падения, $9,8 \text{ м/с}^2$;

f_k – коэффициент сопротивления качению, определяется в зависимости от типа дорожного покрытия и механических свойств рабочей поверхности колеса (принимается по табл. 1.2);

φ – коэффициент сцепления, зависит от состояния дорожного покрытия, типа покрытия, состояния поверхности колес (принимается по табл. 1.3);

$\frac{Q_T}{Q}$ – отношение сцепного веса автомобиля к полному, равное 0,6;

i – продольный уклон, выраженный десятичной дробью и принимаемый со знаком (+) при движении на подъем и со знаком (–) при движении на спуск.

Таблица 1.2

Коэффициент сопротивления качению

Тип дорожного покрытия	Коэффициент φ
Асфальтобетон и цементобетон	0,01–0,02
Черное щебеночное	0,02–0,025
Белое щебеночное	0,03–0,05
Булыжная мостовая	0,04–0,05

Таблица 1.3

Коэффициент сцепления

Состояние поверхности дороги	Коэффициент f_k
Сухое чистое	0,6–0,7
Влажное и грязное	0,3–0,4
Скользкое	0,2–0,3
Обледеневшее	0,1–0,2

При определении пропускной способности следует исходить из неблагоприятных условий движения, поэтому рекомендуется принимать

при $V \leq 60$ км/ч:

коэффициент сцепления $\varphi = 0,2$;

коэффициент сопротивления качению $f_k = 0,02$.

При подстановке в формулу указанных выше значений получим упрощенную формулу для прямых горизонтальных участков пути

$$N = \frac{3600V}{V + 7 + 0,13V^2} \quad (1.54)$$

При скорости выше 60 км/ч скользкая и обледеневшая поверхность проезжей части практически не обеспечивает движения с высокими скоростями и не соответствует требованиям безопасности движения. Поэтому при расчетной

скорости потока, превышающей 60 км/ч, следует принимать состояние поверхности проезжей части, обеспечивающее коэффициент сцепления $\varphi = 0,3$.

При таких условиях ($V > 60$ км/ч, $\varphi = 0,3$, $f_k = 0,02$) расчет пропускной способности ведется по формуле

$$N = \frac{3600V}{V + 7 + 0,10V^2}, \quad (1.6)$$

Пропускная способность многополосной проезжей части (N_M) определяется с учетом распределения транспортных средств по полосам:

а) смешанный или однородный поток

$$N_M = N \gamma \alpha, \quad (1.7)$$

где γ – коэффициент многополосности, принимаемый в зависимости от числа полос движения в одном направлении (n):

$$n = 1, \gamma = 1,0$$

$$n = 2, \gamma = 1,9$$

$$n = 3, \gamma = 2,7$$

$$n = 4, \gamma = 3,5;$$

α – коэффициент, учитывающий снижение пропускной способности за счет светофорного регулирования.

Коэффициент α определяется по формуле

$$\alpha = \frac{T_1}{T_2} = \frac{L_n}{L_n + \frac{V^2}{2} \left(\frac{1}{a} + \frac{1}{b} \right) + \Delta t V} \quad (1.8)$$

где T_1 – теоретическое время прохождения автомобилем расстояния между перекрестками с расчетной скоростью без задержек, мин;

T_2 – расчетное время прохождения автомобилем того же расстояния с учетом задержки перед перекрестком, времени на разгон и торможение, мин;

L_n – расстояние между перекрестками, м;

a – ускорение при разгоне ($1,0 \text{ м/с}^2$);

b – замедление при торможении ($1,5 \text{ м/с}^2$);

Δt – средняя задержка автомобилей перед светофором, которая определяется по формуле

$$\Delta t = \frac{T_{\text{ц}} - t_3}{2}, \quad (1.9)$$

где $T_{\text{ц}}$ – продолжительность цикла регулирования, с; t_3 – продолжительность зеленой фазы, с.

Например, при средней задержке транспортных средств у светофора $\Delta t = 16,5$ с (при $T = 60$ с, $t_3 = 27$ с) пропускная способность снижается при длине перегона 400 м на 55 % при скорости потока 60 км/ч и на 49 % при скорости 50 км/ч (рис. 1.2). Для магистралей скоростного и непрерывного движения коэффициент $\alpha = 1$.

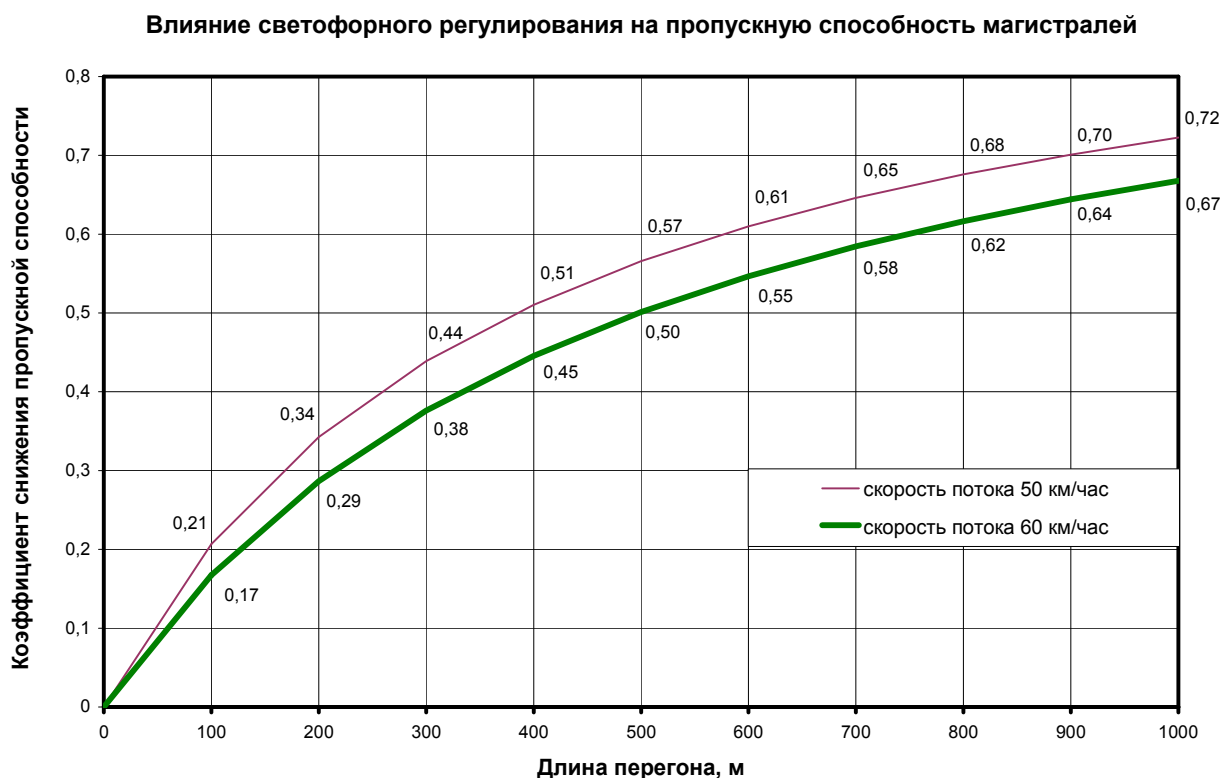


Рис. 1.2. Влияние светофорного регулирования на пропускную способность магистралей

б) предусмотрена специализация полос по видам транспорта

В этом случае пропускная способность и уровень загрузки рассчитываются отдельно для полос движения, предназначенных для каждого вида транспортных средств.

Пропускная способность всей проезжей части магистрали определится суммированием пропускной способности полос, выделенных для каждого вида транспорта ($\sum N_i$).

Для предварительных расчетов пропускную способность одной полосы проезжей части улиц и дорог допускается принимать по рекомендациям «Руководства по проектированию городских улиц и дорог» [3].

Таблица 1.4

Пропускная способность одной полосы проезжей части улиц и дорог

Транспортные средства	Наибольшее число однородных физических единиц транспорта в 1 ч.		
	при пересечениях в разных уровнях		при пересечении в одном уровне
	на скоростных дорогах	на магистральных улицах непрерывного движения	
Легковые автомобили	1200–1500	1000–1200	600–700
Грузовые автомобили	600–800	500–650	300–400
Автобусы	200–300	150–250	100–150
Троллейбусы	–	110–130	70–90

Степень использования пропускной способности улицы (дороги) характеризуется отношением интенсивности потока ($N_{\text{сущ}}$) к пропускной способности проезжей части (N_M)

$$Z = \frac{N_{\text{сущ}}}{N_M}, \quad (1.10)$$

Это отношение называется *уровнем загрузки проезжей части движением* и находится в пределах $0 \leq Z \leq 1$.

При уровне загрузки $Z = 0,3-0,45$ наблюдается наиболее устойчивое по характеристикам движения состояние потока. Смена полос движения практически не ограничена. Чем ближе значение Z к 1, тем выше плотность транспортного потока, ниже скорость, сложнее условия движения [4].

Работа в режиме пропускной способности невыгодна во многих отношениях. При уровне загрузки $Z \geq 0,8$ наблюдается предельное насыщение потока, движение потока неустойчивое, постоянно образуются заторы, смена полос очень затруднительна, средняя скорость составляет 10–12 км/ч, возрастают транспортные расходы. Эксплуатация улиц при таком уровне загрузки нецелесообразна.

При $Z = 1$ образуется затор движения. Поэтому **при уровне загрузки $Z \geq 0,8$ пропускная способность улиц практически исчерпана.**

2. Определение потребной ширины проезжей части магистральных улиц и дорог

Ширина проезжей части определяется в зависимости от класса магистралей, нормативной ширины одной полосы движения, максимальной часовой интенсивности и пропускной способности одной полосы движения.

Общая ширина проезжей части (B) определяется по формуле

$$B = 2 \cdot b_n \cdot n + 2d, \quad (2.1)$$

где b_n – нормативная ширина одной полосы движения, м;

n – количество полос движения в одном направлении;

d – ширина предохранительной полосы между проезжей частью и бортовым камнем, м.

Ширина предохранительных полос принимается на магистральных дорогах скоростного движения равной 1,0 м, на магистральных улицах непрерывного движения – 0,75 м и на общегородских магистральных улицах регулируемого движения – 0,5 м с обеих сторон проезжих частей для каждого направления

движения, а также с обеих сторон центральной разделительной полосы, если она имеет бордюрный камень [7].

Значения величин b_n принимаются в соответствии с классом магистралей по СНиП 2.07.01-89* «Планировка и застройка городских и сельских поселений» (табл. 3).

Количество полос движения определяется в следующей последовательности:

а) определяется ориентировочное количество полос движения по формуле

$$n = \frac{N_{\text{расч}}}{N \cdot \alpha \cdot Z}, \quad (2.2)$$

где $N_{\text{расч}}$ – максимальная часовая интенсивность движения на расчетный срок в одном направлении в приведенных единицах;

N_m – теоретическая пропускная способность одной полосы движения (см. разд. 1);

α – коэффициент снижения пропускной способности за счет светофорного регулирования (см. разд. 1);

Z – рекомендуемый уровень загрузки магистрали.

Расчеты для крупных и крупнейших городов показывают, что экономически целесообразной при 10-летней удаленности прогноза является перспективная интенсивность движения не более 0,5, при 20-летней удаленности – не более 0,8 от пропускной способности. Эти уровни загрузки движением (Z) рекомендуется принимать за расчетные при проектировании городских улиц и дорог [9].

При отсутствии данных о перспективной интенсивности для реконструируемых магистралей $N_{\text{расч}}$ может быть определена на основе существующей интенсивности $N_{\text{сущ}}$ с учетом тенденции увеличения уровня автомобилизации по формуле

$$N_{\text{расч}} = N_{\text{сущ}}(1+q)^t, \quad (2.3)$$

где q – коэффициент ежегодного прироста интенсивности движения, в среднем в городах ежегодный прирост движения составляет 3–5 %, т. е. $q = 0,03–0,05$;

t – расчетный срок прогнозирования.

Улично-дорожную сеть города проектируют на перспективную интенсивность движения. Отдаленность этой перспективы определяется стадийностью проектирования.

При разработке генплана города расчетный срок принимают не менее 20 лет, комплексная транспортная схема определяет направление развития города на 10–15 лет, с выделением первой очереди на 5–7 лет.

При рабочем проектировании используют данные перспективной интенсивности 5–20-летней удаленности.

Одежды городских улиц и дорог рассчитывают на движение, которое ожидается к концу срока до очередного капитального ремонта.

Перспективный срок при расчете движения принимают: для дорог с усовершенствованным покрытием капитального типа – 15 лет, с усовершенствованным облегченным – 10 лет, с переходным – 8 лет [5];

б) проверяется достаточность принятого количества полос движения с учетом коэффициента многополосности

$$N_{\text{расч}} \leq N_m \cdot \alpha \cdot Z \cdot \gamma \quad (2.4)$$

где γ – коэффициент многополосности, принимаемый в зависимости от числа полос движения в одном направлении (см. разд. 1).

При несоблюдении условия необходимо увеличить предварительно принятое число полос на одну.

в) количество полос движения, рассчитанное выше из условий безопасности пропуска транспортного потока, сравнивается с наименьшим числом полос, рекомендуемых СНиП [2], в зависимости от класса магистрали.

Таблица 2.1

Расчетные параметры улиц и дорог городов

Категория дорог и улиц	Расчетная скорость движения, км/ч	Ширина полос движения, м	Число полос движения в 2 направлениях
Магистральные дороги:			
скоростного движения	120	3,75	4-8
регулируемого движения	80	3,50	2-6

Магистральные улицы:			
общегородского значения: непрерывного движения	100	3,75	4-8
регулируемого движения районного значения:	80	3,50	4-8
транспортно-пешеходные	70	3,50	2-4
пешеходно-транспортные	50	4,00	2
Улицы и дороги местного значения:	40		
улицы в жилой застройке	40	3,00	2-3*
	30	3,00	2
улицы и дороги научно- производственных, про- мышленных и коммунально- складских районов	50	3,50	2-4
	40	3,50	2
парковые дороги	40	3,00	2

*С учетом использования одной полосы для стоянок легковых автомобилей

За окончательное количество полос движения принимается максимальное значение из двух – расчетного и рекомендуемого СНиП.

Пример расчета пропускной способности магистрали и уровня загрузки

Исходные данные:

Класс улицы – магистральная улица общегородского значения регулируемого движения.

Существующая интенсивность движения в час-пик в натуральных единицах (N_i):

грузовые автомобили – 80 (грузоподъемность 2–5 т)

легковые автомобили – 450

автобусы простые – 40

автобусы сочлененные – 20

троллейбусы – 20

мотоциклы – 60

Расстояния между регулируемы перекрестками $L_n = 600$ м.

Режим регулирования $T_y = 60$ с = 27+3+27+3 с.

Величина ускорения $a = 1$ м/с²

Величина торможения $b = 1,5$ м/с²

Количество полос движения в одном направлении $n = 2$.

Скорость потока $V = 60$ км/ч (по данным обследований).

Последовательность расчета

а) существующая интенсивность движения в приведенных единицах

$$N_{\text{сущ}} = \sum N_i * K_i,$$

где K_i – коэффициенты приведения к легковому автомобилю;

$$N_{\text{сущ}} = 80 \cdot 2 + 450 \cdot 1 + 40 \cdot 2.5 + 20 \cdot 4 + 20 \cdot 3 + 60 \cdot 0,5 = 880 \text{ ед/ч};$$

б) теоретическая пропускная способность одной полосы

при $V = 60$ км/ч = 16,7 м/с

$$N_m = \frac{3600 * 16,7}{7 + 16,7 + 0,13 * 16,7^2} = 1009 \text{ ед/ч}$$

в) влияние светофорного регулирования

$$\alpha = \frac{600}{600 + \frac{16,7^2}{2} \left(\frac{1}{1} + \frac{1}{1,5} \right) + 16,7 \frac{60 - 27}{2}} = 0,66$$

г) пропускная способность многополосной проезжей части

$$N_m = 1009 \cdot 1,9 \cdot 0,66 = 1265 \text{ ед/ч};$$

д) уровень загрузки магистрали

$$Z = \frac{N_{\text{сущ}}}{N_m} = \frac{880}{1265} = 0,70 < 0,80.$$

Вывод: пропускная способность не исчерпана.

Пример расчета ширины проезжей части на расчетный срок

Исходные данные те же.

Расчетный срок – 15 лет.

Последовательность расчета

а) расчетная интенсивность движения

$$N_{\text{расч}} = 880 \cdot (1 + 0,03)^{15} = 1371 \text{ ед/ч};$$

б) скорость потока на перспективу составит

$$V = 0,8 \cdot 80 = 64 \text{ км/ч} = 17,8 \text{ м/с}$$

в) теоретическая пропускная способность одной полосы

$$N_m = \frac{3600 \cdot 17,8}{7 + 17,8 + 0,10 + 17,8^2} = 1134 \text{ ед/ч}$$

г) влияние светофорного регулирования

$$\alpha = \frac{600}{600 + \frac{17,8^2}{2} \left(\frac{1}{1} + \frac{1}{1,5} \right) + 17,8 \frac{60 - 27}{2}} = 0,52$$

д) ориентировочное количество полос движения

$$n = \frac{1371}{1134 \cdot 0,52 \cdot 0,8} = 2,91,$$

принимаем три полосы движения в одном направлении;

е) проверка пропускной способности с учетом коэффициента многополосности

$$N_m = 1134 \cdot 0,52 \cdot 0,8 \cdot 2,7 = 1274 \text{ ед/ч} < 1371.$$

Вывод: условие не выполняется.

При полученной расчетной интенсивности необходимо иметь по 4 полосы движения в каждом направлении. В соответствии со СНиП [2] наименьшее количество полос движения в двух направлениях для данного класса магистралей составляет 4 в двух направлениях, наибольшее – 8.

Принимаем для расчета ширины проезжей части по 4 полосы в каждом направлении. Ширина проезжей части в двух направлениях составит

$$B = 2 \cdot 3,50 \cdot 4 + 2 \cdot 0,50 = 29 \text{ м.}$$

3. Пропускная способность узлов улично-дорожной сети

Планировочное решение транспортных узлов зависит от класса магистралей, образующих узел, и от величины транспортной загрузки, определяющей способ организации движения. Расчет пропускной способности и уровней загрузки необходимы для выбора наиболее рациональной организации движения при сложившейся интенсивности транспортных потоков. В основу расчета пропускной способности нерегулируемых и саморегулируемых узлов положена теория движения транспортных потоков, изучающая закономерности распределения интервалов между движущимися автомобилями.

Пропускная способность регулируемых узлов определяется пропускной способностью магистрали в сечении стоп-линии и определяется пропускной способностью одной полосы, количеством полос движения, организацией движения в узле, режимом регулирования. Приведены возможные схемы организации движения при 2-, 3- и 4-тактном регулировании и даны рекомендации по расчету пропускной способности в каждой конкретной ситуации – при различной ширине проезжей части, при различных условиях организации и регулирования движения.

3.1. Пропускная способность нерегулируемых пересечений в одном уровне

Для определения пропускной способности пересечения необходимо установить расчетную схему движения автомобилей по пересекающимся улицам. Эта схема (рис. 3.1) состоит в следующем: так как пересекающиеся улицы движения делятся на главную и второстепенную, и преимущество в праве проезда предоставлено главной, автомобили второстепенного направления пересекают главный поток лишь при наличии в нем достаточно больших промежутков.

В соответствии с данными наблюдений [8] промежутков в основном потоке $\Delta t_{гл}$ считается достаточным для выполнения маневра автомобилем второстепенного направления при условии, что $\Delta t_{гл} > \Delta t_{гр}$,

где $\Delta t_{гр}$ – это граничный интервал между автомобилями в потоке на главной улице, при появлении которого ожидающий на второстепенной улице автомобиль может выполнить маневр пересечения или слияния.

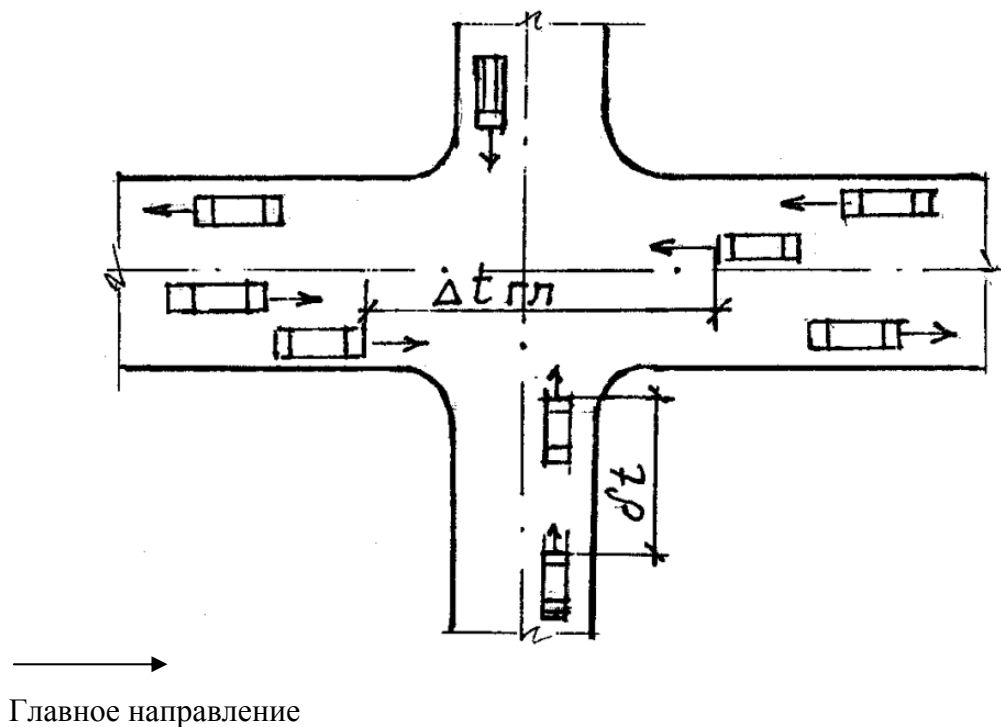


Рис. 3.1. Расчетная схема

Величина этого интервала определяется из условия, что он будет приемлем более чем для 85 % водителей (рис. 3.2) и равен $\Delta t_{гр} = 6,5$ с.

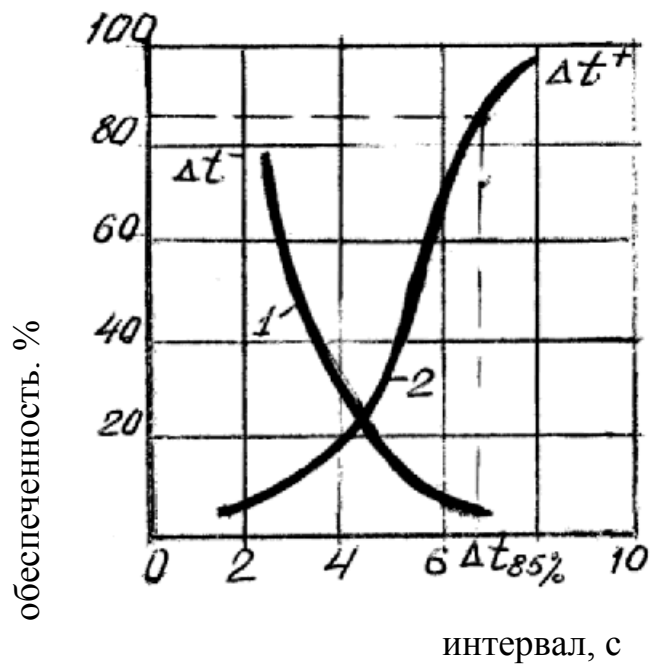


Рис. 3.2. Определение граничного интервала:
1) отвергнутые интервалы; 2) принятые интервалы

В главном потоке имеются интервалы между автомобилями самой различной длины, поэтому могут появляться $\Delta t_{\text{гл}}$ в несколько раз большие, чем $\Delta t_{\text{гр}}$. В этом случае за время одного промежутка смогут пройти несколько автомобилей второстепенного направления. Количество автомобилей второстепенной улицы, прошедших через основной поток в течение одного интервала $\Delta t_{\text{гл}}$, зависит от его продолжительности.

Общее число всех автомобилей второстепенного направления, прошедших за время интервалов $\Delta t_{\text{гл}} > \Delta t_{\text{гр}}$, даст пропускную способность пересечения при заданной интенсивности главного направления. Зная функцию распределения интервалов в основном потоке [8], [9], можно определить количество интервалов различной продолжительности ($\Delta t_{\text{гл}}$) для пропуска i -го количества автомобилей и, следовательно, пропускную способность второстепенного направления по формуле

$$N_{\text{вт}} = M * e^{-m\Delta t_{\text{гр}}} / (1 - e^{-m\delta t}) \quad (3.1)$$

где $N_{\text{вт}}$ – максимальная пропускная способность одной полосы движения второстепенного направления;

M – интенсивность движения автомобилей по главной улице в двух направлениях;

e – основание натурального логарифма;

m – математическое ожидание числа автомобилей в данном поперечнике в единицу времени (в секунду), определяется по формуле

$$m = M / 3600; \quad (3.2)$$

δt – интервалы между автомобилями, выходящими на пересечение со второстепенной улицы.

Как показывают наблюдения [8], δt изменяется в довольно узких пределах от 5,3 до 2,8 с. Для легковых автомобилей $\delta t = 3,6-2,8$ с, что характерно для городских условий. При увеличении количества легковых автомобилей δt уменьшается.

При расчете пропускной способности пересечений в одном уровне можно ограничиться одним средним значением δt или принимать при количестве легковых автомобилей.

100%-	2,8 с	60% -	3,2 с	25% -	3,6 с
90% -	2,9 с	50% -	3,3 с	20% -	3,7 с
80% -	3,0 с	40% -	3,4 с	15% -	4,0 с
70% -	3,1 с	30% -	3,5 с	и менее	

3.2. Пропускная способность кольцевых саморегулируемых узлов

Кольцевым саморегулируемым узлом называется такой узел, в котором движение транспортных средств осуществляется вокруг центрального островка в одном направлении против часовой стрелки и на котором пересечения транспортных потоков под углом преобразованы в слияния или ответвления под углом (рис. 3.3).

Часть кольцевого проезда, на котором сливаются и расплетаются транспортные потоки и происходит смена полосы или направления движения, называется *линией слияния* (рис. 3.3, 3.4).

Пропускная способность кольцевого саморегулируемого узла определяется пропускной способностью линии слияния. А она, в свою очередь, определяется на основании теории транспортных потоков, как для участка переплетения. На участках переплетения направления делятся на главное и второстепенное. Маневр переплетения относится к числу наиболее сложных и состоит из трех маневрирования: слияния, смены полосы и выхода из потока.

Безопасность движения и пропускная способность линий слияния во многом определяются их длиной. Длину зоны можно считать достаточной, если она позволяет плавный вход в главный поток под углом не более 10° и не ограничивает маневра смены полосы. Такие зоны переплетения обладают максимальной пропускной способностью.

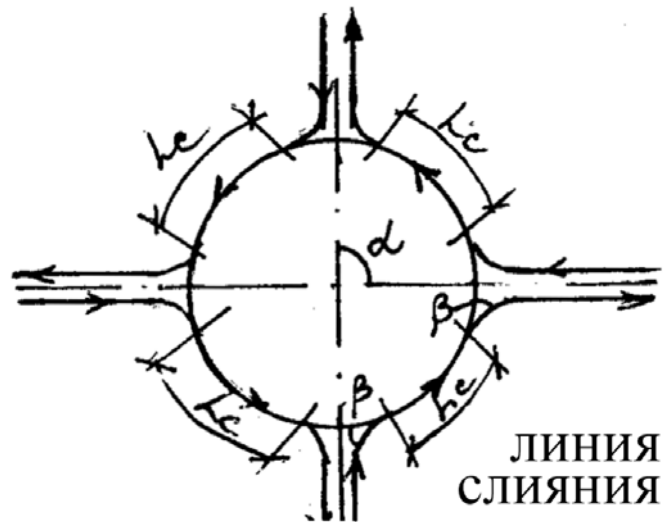


Рис. 3.3 Геометрическая схема кольцевого саморегулируемого узла

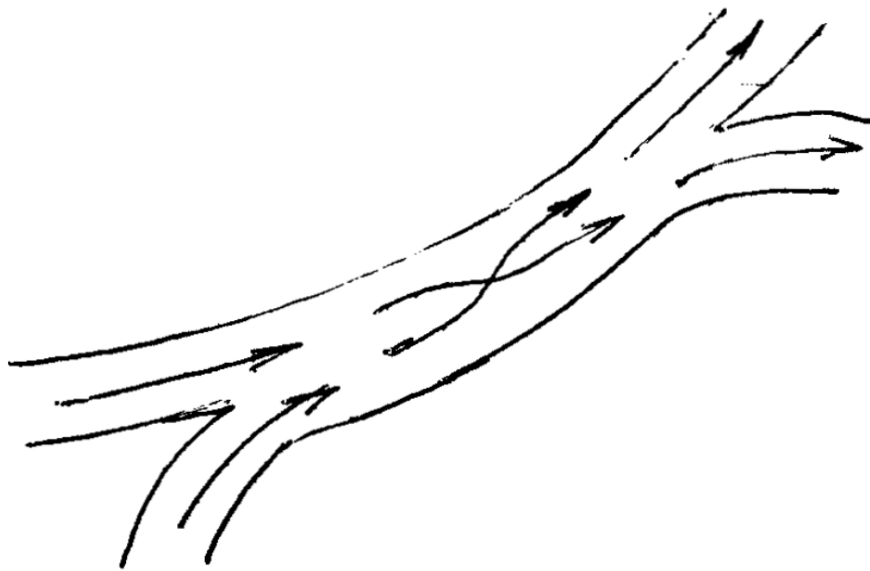


Рис. 3.4. Участок переплетения транспортных потоков

Маневр переплетения становится возможным, если в главном направлении появляются интервалы $\Delta t_{\text{гл}} > \Delta t_{\text{гр}}$. Максимальная пропускная способность может быть получена, если все интервалы $\Delta t_{\text{гл}} > \Delta t_{\text{гр}}$ будут полностью использованы. Зная закономерность распределения интервалов между автомобилями в главном направлении [2, 3], можно определить количество интервалов $\Delta t_{\text{гл}} > \Delta t_{\text{гр}}$, а следовательно, и пропускную способность зоны переплетения по формуле

$$N_{\text{сл}} = M(1 + e^{-m\Delta t_{\text{гр}}} / (1 - e^{-m\delta t})) \quad (3.3)$$

где $N_{\text{сл}}$ – пропускная способность линии слияния, ед/ч;

M – интенсивность движения по главному направлению (без правоповоротных потоков), ед/ч;

$\Delta t_{гр}$ – используемый граничный интервал в главном потоке;

δt – интервалы между автомобилями, входящими в зону переплетения с второстепенной улицы;

m – математическое ожидание числа автомобилей в единицу времени ($m = M / 3600$).

Величина граничного интервала определяется в зависимости от скорости движения в зоне переплетения и длины линии слияния по результатам экспериментов [8] (табл. 3.2).

Пропускная способность кольцевого узла в целом определяется по формуле

$$N_{к\text{у}} = 2N_{\text{сл}} \cdot n, \quad (3.4)$$

где $N_{\text{сл}}$ – пропускная способность линий слияния (среднее значение для узла);

n – коэффициент, учитывающий интенсивность правоповоротного движения;

$$n = \frac{P + P_n}{P}, \quad (3.5)$$

где P_n – интенсивность правоповоротного движения на впадающих в узел улицах;

P – полный объем движения на впадающих в узел улицах.

Таблица 3.1

Величина граничного интервала

Скорость движения в зоне переплетения, км/ч	Длина линии слияния, м		
	35	55	130-185
	Интервалы $\Delta t_{гр}$, с		
20	9,0	8,4	7,8
30	7,0	5,8	4,0
40	7,0	4,0	3,5
50	9,0	6,4	4,5
60	12	9,0	6,8
70	-	12	9,2

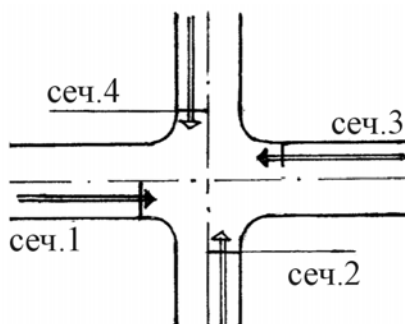
Интервалы между автомобилями второстепенного направления

Состав переплетающихся потоков	Длина линии слияния, м		
	30–40	50–75	более 150
	Интервалы δt , с		
100 % грузовых	4,2	3,8	3,6
10 % легковых	4,1	3,7	3,5
25 % легковых	3,95	3,55	3,3
50 % легковых	3,7	3,3	2,9
75 % легковых	3,4	3,1	2,6
100 % легковых	3,1	2,8	2,2

3.3. Пример расчета пропускной способности нерегулируемого узла

Исходные данные

Класс пересекающихся магистралей – магистрали районного значения.



Существующая интенсивность движения в приведенных единицах:

$$N_1 = 550 \text{ ед/ч}; N_2 = 250 \text{ ед/ч};$$

$$N_3 = 450 \text{ ед/ч}; N_4 = 350 \text{ ед/ч}.$$

Главное направление движения – широтное. Количество полос движения в сечениях: $n_1 = 2$; $n_2 = 1$; $n_3 = 2$; $n_4 = 2$.

Процент легкового транспорта в потоке – 80 %.

Пропускная способность второстепенного направления определяется по формулам (3.1), (3.2).

$$m = M / 3600 = (550 + 450) / 3600 = 0,278;$$

$$\Delta t_{\text{гр}} = 6,5 \text{ с}, \delta t = 3 \text{ с};$$

$$N_{\text{вт}} = 1000 * e^{-0,278 * 6,5} / (1 - e^{-0,278 * 3,0}) = 294 \text{ ед/ч}.$$

Уровни загрузки сечений второстепенного направления (2) и (4) определяются по формуле

$$Z = N_i / (N_{\text{вт}} \cdot \gamma),$$

где γ – коэффициент многополосности,

при $n = 1 \quad \gamma = 1;$

при $n = 2 \quad \gamma = 1,9;$

при $n = 3 \quad \gamma = 2,7;$

при $n = 4 \quad \gamma = 3,5.$

Сечение 2

$Z_2 = 250 / 294 = 0,85 > 0,8$ – пропускная способность сечения исчерпана.

Сечение 4

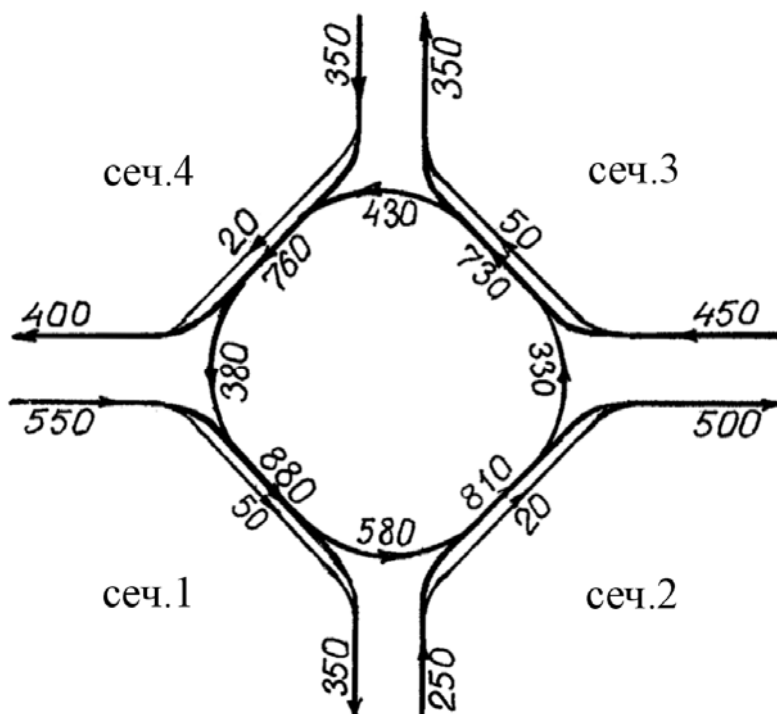
$Z_4 = 350 / (294 \cdot 1,9) = 0,63 < 0,8$ – пропускная способность сечения не исчерпана.

3.4. Пример расчета пропускной способности кольцевого саморегулируемого узла

Исходные данные

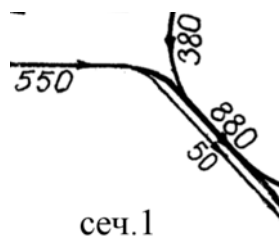
Длина линии слияния 35 м. Скорость движения 30 км/ч. В составе переплетающихся потоков 25 % легковых автомобилей.

Загрузка узла в приведенных единицах.



Пропускная способность линии слияния определяется по формуле (3.3). При определении пропускной способности линии слияния не учитываются правоповоротные потоки.

Сечение 1



$M = 500$ ед/ч – интенсивность на главном направлении;

$N_1 = 880$ ед/ч – интенсивность на линии слияния без правоповоротных потоков.

$$m = 500 / 3600 = 0,139;$$

$$\Delta t_{гр} = 7,0 \text{ с (табл. 3.1);}$$

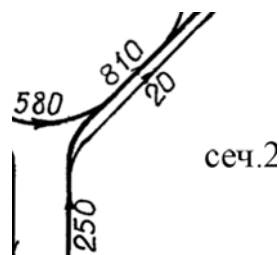
$$\delta t = 3,95 \text{ с (табл. 3.2).}$$

Пропускная способность линии слияния:

$$N_{сл} = 500 \cdot (1 + e^{-0,139 \cdot 7,0} / (1 - e^{-0,139 \cdot 3,95})) = 947 \text{ ед/ч.}$$

Уровень загрузки $Z_1 = 880 / 947 = 0,93 > 0,80$ – пропускная способность линии слияния исчерпана.

Сечение 2



$M = 580$ ед/ч – интенсивность на главном направлении;

$N_2 = 810$ ед/ч – интенсивность на линии слияния без правоповоротных потоков;

$$m = 580 / 3600 = 0,161;$$

$$\Delta t_{гр} = 7,0 \text{ с (табл. 3.1);}$$

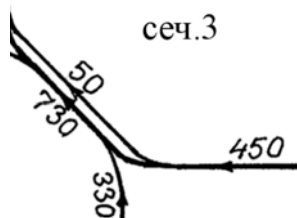
$$\delta t = 3,95 \text{ с (табл. 3.2).}$$

Пропускная способность линии слияния:

$$N_{сл2} = 580 \cdot (1 + e^{-0,161 \cdot 7,0} / (1 - e^{-0,161 \cdot 3,95})) = 979 \text{ ед/ч.}$$

Уровень загрузки $Z_2 = 810 / 979 = 0,83 > 0,80$ – пропускная способность исчерпана.

Сечение 3



$M = 400$ ед/ч – интенсивность на главном направлении;

$N_3 = 730$ ед/ч – интенсивность на линии слияния без правоповоротных потоков;

$$m = 400 / 3600 = 0,111;$$

$$\Delta t_{гр} = 7,0 \text{ с (табл. 3.1);}$$

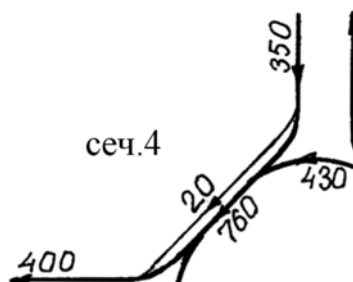
$$\delta t = 3,95 \text{ с (табл. 3.2).}$$

Пропускная способность линии слияния.

$$N_{сл3} = 400 \cdot (1 + e^{-0,111 \cdot 7,0} / (1 - e^{-0,111 \cdot 3,95})) = 918 \text{ ед/ч.}$$

Уровень загрузки $Z_3 = 730 / 918 = 0,80$ – пропускная способность исчерпана.

Сечение 4



$M = 430$ ед/ч – интенсивность на главном направлении;

$N_4 = 760$ ед/ч – интенсивность на линии слияния без правоповоротных потоков;

$$m = 430 / 3600 = 0,119;$$

$$\Delta t_{гр} = 7,0 \text{ с (табл. 3.1);}$$

$$\delta t = 3,95 \text{ с (табл. 3.2).}$$

Пропускная способность линии слияния:

$$N_{сл4} = 430 * (1 + e^{-0,119*7,0} / (1 - e^{-0,119*3,95})) = 929 \text{ ед/ч}$$

Уровень загрузки $Z_4 = 760 / 929 = 0,82 > 0,80$ – пропускная способность исчерпана.

Пропускная способность всего узла.

$$n = \frac{550 + 250 + 450 + 350 + 50 + 20 + 50 + 20}{550 + 250 + 450 + 350} = \frac{1740}{1600} = 1,088$$

$$N_{ку} = 2 * \frac{947 + 979 + 918 + 929}{4} * 1,088 = 2052 \text{ ед/ч}$$

Уровень загрузки узла $Z_{ку} = 1600 / 2052 = 0,78$ – пропускная способность близка к исчерпанию, но при этом пропускная способность всех линий слияния исчерпана.

4. Пропускная способность магистралей в сечении стоп-линии регулируемых узлов

Пропускная способность магистрали в сечении стоп-линии определяется пропускной способностью одной полосы, количеством полос движения, организацией движения в узле, режимом регулирования.

Пропускной способностью полосы улиц и дорог регулируемого движения называется зависящее от условий и организации движения максимальное количество транспортных средств, проходящих по полосе (через линию – стоп) в течение 1 ч в одном направлении при соблюдений условий безопасности движения. Условия организации движения выражаются через долю времени от продолжительности цикла, выделяемого для движения транспортных средств в каждом направлении, в котором определяется пропускная способность $(\frac{t_3}{T})$.

При расчете пропускной способности приняты два допущения:

1) все автомобили, проходящие через перекресток, могут задерживаться перед светофором;

2) все автомобили после включения зеленого сигнала проходят через перекресток с одинаковой скоростью и равными интервалами времени.

Исходя из этого, для расчета пропускной способности одной полосы движения выбрана формула

$$N_{\text{п}} = \frac{3600(t_3 - t_a)}{T_{\text{ц}} t_n}, \quad (4.1.)$$

где t_3 – продолжительность разрешающего сигнала светофора, с;

t_a – отрезок времени между включением зеленой фазы светофора и пресечением стоп-линии первым автомобилем, с;

t_n – интервал времени между автомобилями при прохождении стоп-линии, с.

По результатам наблюдений t_a составляет 1–3 с, рекомендуется принимать в расчетах $t_a = 2$ с.

Величина t_n по наблюдениям составляет для легкового транспорта 1–3 с, для грузового – 3–5 с, для смешанного потока рекомендуется принимать $t_n = 2–3$ с.

Учитывая особенности организации и регулирования движения в узлах, можно выделить несколько типичных случаев для расчета пропускной способности магистрали в сечении стоп-линии.

4.1. Простые пересечения

1-й случай

В сечении стоп-линии – две полосы движения. Прямые потоки занимают обе полосы, правые повороты осуществляются с крайней правой полосы, левые – со второй, создавая при этом помехи для следующего за ним прямого потока.

Движение транспорта в данном сечении во всех направлениях осуществляется на одну фазу. Пропускная способность магистрали в сечении стоп-линии (N_M) определяется по формуле

$$N_M = \eta N_n, \quad (4.2)$$

где η – коэффициент, снижающий пропускную способность за счет помех от левоповоротного движения и зависящий от доли левого поворота $\eta = f(\alpha)$.

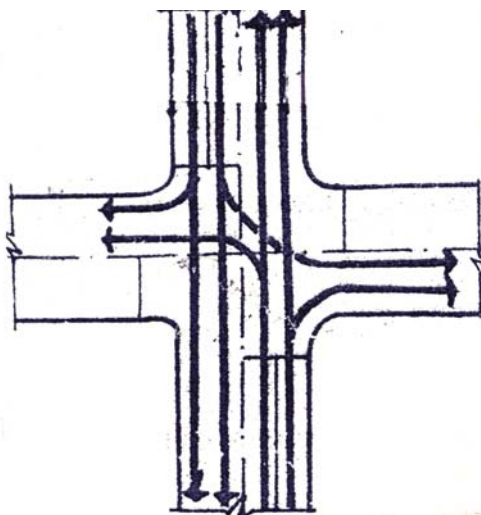


Рис. 4.1. Распределение потоков разных направлений по полосам

Рекомендуется принимать

η	2,0	1,65	1,60	1,55	1,50
$\alpha, \%$	0	10	20	30	40

Если в сечении только одна полоса движения для всех направлений, то следует принимать:

η	1,0	0,65	0,60	0,55	0,50
$\alpha, \%$	0	10	20	30	40

2-й случай

В сечении стоп-линии – 3 и более полосы движения, регулирование осуществляется без дополнительных секций, все направления движения разрешены на одну общую зеленую фазу. Указатели распределения направлений по полосам отсутствуют либо предписывают такое распределение.

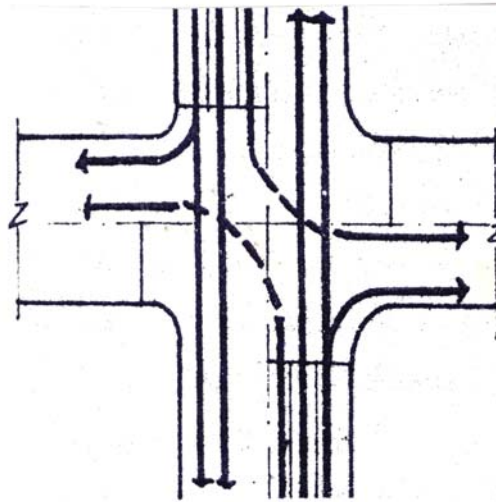


Рис. 4.2. Распределение потоков разных направлений по полосам

В этом случае пропускная способность проезжей части определяется по формуле

$$N_m = \eta N_n (n - 1), \quad (4.3.)$$

где n – количество полос движения в сечении стоп-линии;

$\eta_{\text{л}}$ – коэффициент, учитывающий пропускную способность полосы левоповоротного движения:

$$\eta_{\text{л}} = \frac{P + P_{\text{л}}}{P}. \quad (4.4.)$$

где P – общее количество транспортных средств в сечении стоп-линии в час;

$P_{\text{л}}$ – количество транспортных средств в сечении, совершающих левый поворот в час.

При отсутствии данных наблюдений принимается $\eta_{\text{л}} = 1,1-1,2$.

3-й случай

В сечении стоп-линии – 3 и более полос движения. Регулирование осуществляется без дополнительных секций, все направления движения разрешены на одну общую фазу. Распределение направлений по полосам предписывается следующее:



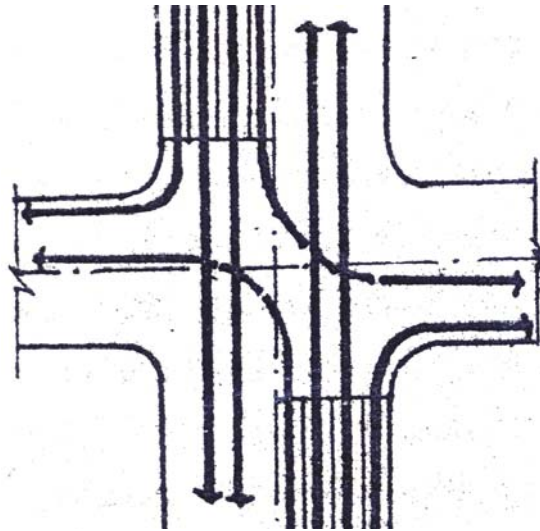


Рис. 4.3. Распределение потоков разных направлений по полосам

Две крайние полосы отводятся для поворотного движения, прямые потоки осуществляются с одной или двух внутренних полос.

Расчет пропускной способности производится по формуле:

$$N_m = \eta_n N_n (n - 2), \quad (4.5)$$

где η_n – коэффициент, учитывающий пропускную способность полос поворотного движения:

$$\eta_n = \frac{P + P_n + P_l}{P}, \quad (4.6)$$

где P_n – количество транспортных средств в сечении, совершающих правый поворот в час.

При отсутствии данных наблюдений можно принимать $\eta_n = 1,2-1,4$.

При определении пропускной способности магистрали в условиях трех- и четырехтактного регулирования с дополнительными секциями для пропуска поворотных потоков необходимо учитывать, что полосы, предназначенные для правых и левых поворотов, не могут быть использованы прямым движением.

Это приводит к снижению пропускной способности транспортного узла. Расчет пропускной способности проезжей части в этом случае следует вести отдельно для полос движения в прямом направлении, правоповоротных и левоповоротных.

4-й случай

В сечении – 3 и более полос движения. Регулирование в узлах – трех- или четырехтактное с дополнительными секциями. Крайняя левая сторона отведена для пропуска левоповоротного движения.

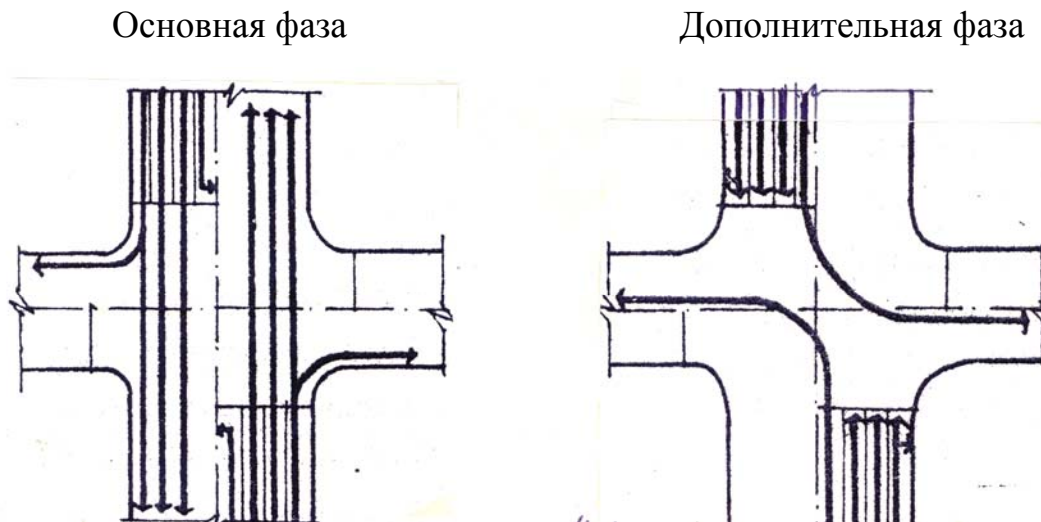


Рис. 4.4. Распределение потоков разных направлений по полосам и фазам

Потоки прямого направления и правоповоротного пропускаются на основную зеленую фазу продолжительностью t_3 с, левоповоротные потоки пропускаются на дополнительную фазу продолжительностью $t_{3(n)}$ с.

Пропускная способность проезжей части рассчитывается по формулам

$$N_m = N_{1,2} + N_3, \quad (4.7)$$

где $N_{1,2}$ – пропускная способность полос, отведенных для пропуска прямого и правоповоротного направлений;

N_3 – то же, для левоповоротного направления;

$$N_{1,2} = N_n(n-1), \quad (4.8)$$

$$N_3 = \frac{3600(t_{3л} - t_a)}{T_{ц}t_n}. \quad (4.9)$$

5-й случай

В сечении – 3 и более полос движения. Регулирование в узлах – трех- или четырехтактное с дополнительными секциями. Крайняя правая полоса отведена для пропуска правоповоротного потока, крайняя левая – для левоповоротного. Потоки правоповоротного и левоповоротного направления пропускаются на

дополнительную фазу продолжительностью $t_{3(л)}$ с, потоки прямого направления пропускаются на основную зеленую фазу продолжительностью t_3 с.

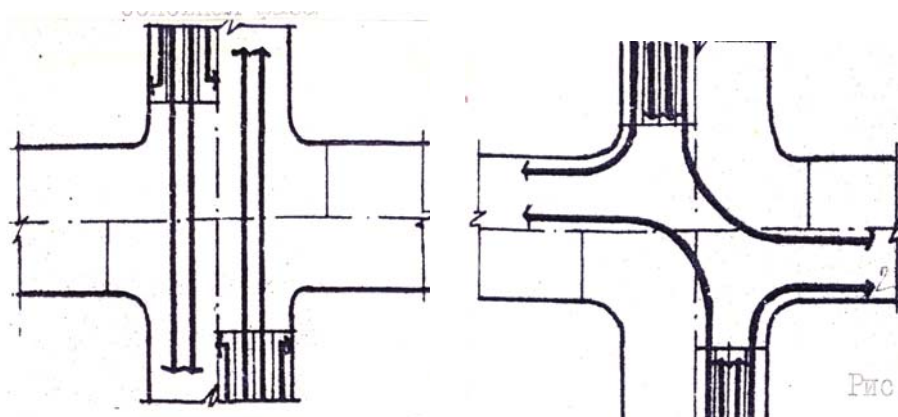


Рис. 4.5. Распределение потоков разных направлений по полосам и фазам

Пропускная способность проезжей части рассчитывается по формулам

$$N_m = N_1 + N_2 + N_3, \quad (4.10)$$

где N_1 – пропускная способность полос, отведенных для пропуска прямого направления;

N_2 – то же, для правоповоротного направления;

N_3 – то же, для левоповоротного направления;

$$N_1 = N_n(n - 2), \quad (4.11)$$

$$N_2 = N_3 = \frac{3600(t_{3 \text{ доп}} - t_a)}{T_{ц} t_n}. \quad (4.12)$$

6-й случай

В сечении – одна и более полос движения. Регулирование с поочередным пропуском потоков с каждой из улиц или с отдельных направлений – «турбинная» схема (рис. 4.6.)

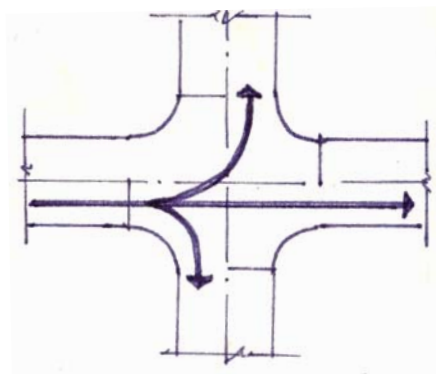


Рис. 5.6. Организация движения в течение одной фазы

Пропускная способность при условии полного разделения транспортных и пешеходных потоков определяется пропускной способностью одной полосы и количеством полос по формуле

$$N_m = N_n n = \frac{3600(t_3 - t_a)}{T_{ц} t_n} n, \quad (4.13)$$

4.2. Т-образные примыкания

Пропускная способность Т-образных перекрестков определяется в зависимости от количества тактов в цикле регулирования.

2-тактное регулирование

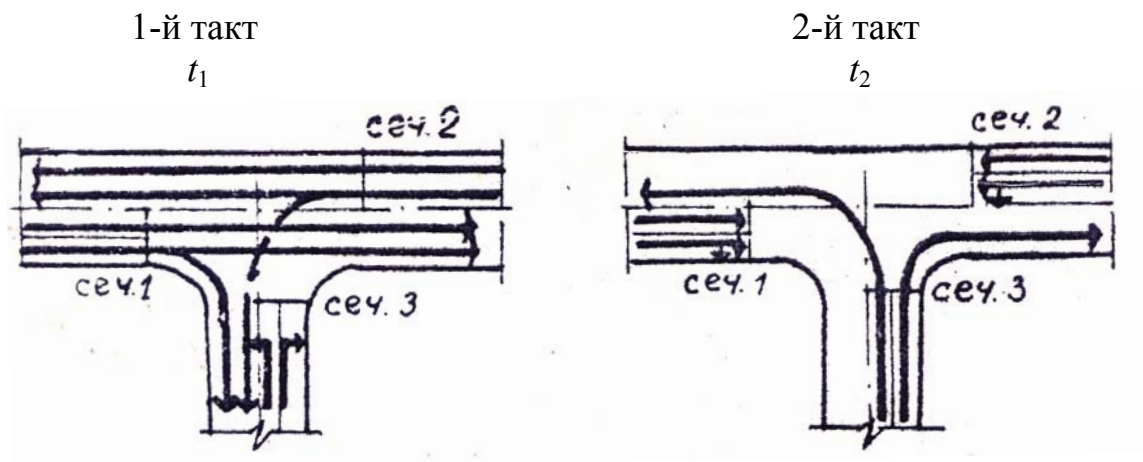


Рис. 4.7. Распределение потоков разных направлений по полосам и фазам

Пропускная способность проезжей части определяется по формулам в сечениях 1 и 3:

$$N_m = N_n n; \quad (4.14)$$

в сечении 2:

при $n = 2$

$$N_m = \eta_n N_n; \quad h = f(\alpha) \quad (4.15)$$

(см. раздел 5, 1-й случай),

при $n > 2$

$$N_m = \eta N_n (n - 1); \quad \eta_{л} = \frac{P + P_{л}}{P} \quad (4.16)$$

(см. раздел 5, 2-й случай).

3-тактное регулирование

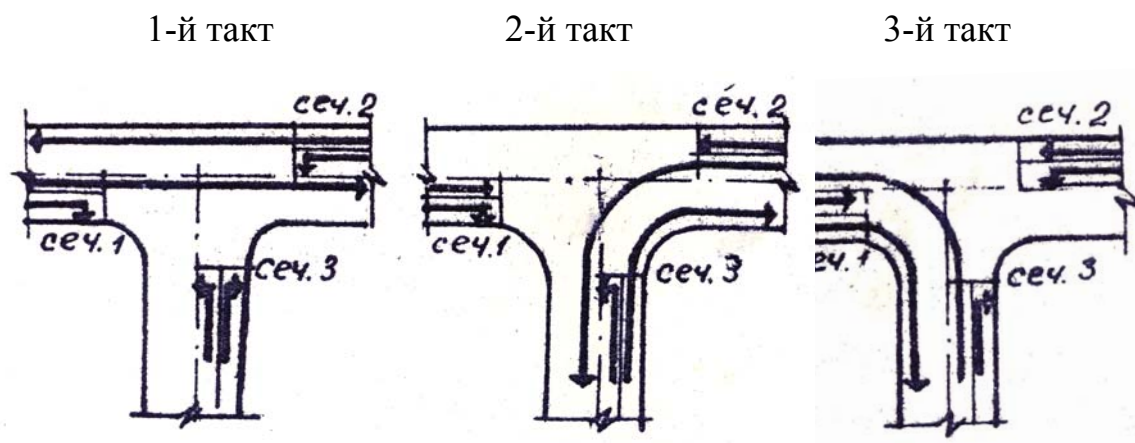


Рис. 4.8. Распределение потоков разных направлений по полосам и фазам

Пропускная способность проезжей части определяется по формулам в сечении 1:

$$N_m = N_1 + N_2; \quad (4.17)$$

в сечении 2:

$$N_m = N_1 + N_3; \quad (5.18)$$

в сечении 3:

$$N_m = N_2' + N_3'; \quad (5.19)$$

где N_1 – пропускная способность полос, отведенных для пропуска прямого движения;

N_2 – то же, для правоповоротного движения;

N_3 – то же, для левоповоротного движения;

$$N_1 = N_n (n - 1), \quad (4.20)$$

$$N_n = \frac{3600(t_{3(1)} - t_a)}{T_{ц} t_n}, \quad (4.21)$$

$$N_2' = N_3' = \frac{3600(t_{3(2)} - t_a)}{T_{ц} t_n}, \quad (4.22)$$

$$N_2 = N_3' = \frac{3600(t_{3(3)} - t_a)}{T_{ц} t_n}. \quad (4.23)$$

4.3. Учет влияния трамвайного движения на пропускную способность полосы проезжей части

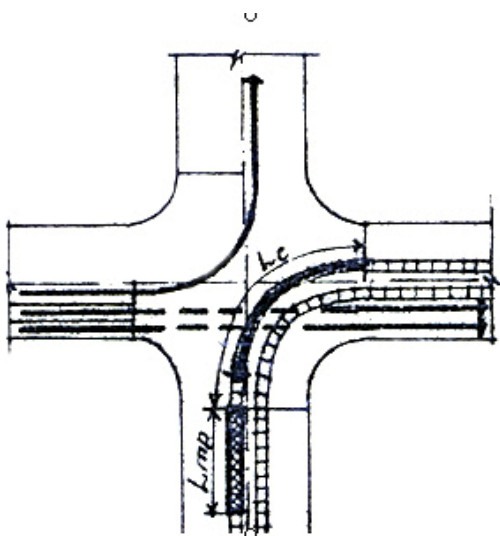


Рис. 5.9. Трамвайное движение, пропускаемое на одну фазу с автомобильным

В соответствии с правилами дорожного движения трамвай пользуется преимуществом независимо от направления его движения (при движении по главной улице), за исключением случая движения трамвая на стрелку, включенную одновременно с красным или зеленым сигналом светофора.

Поэтому транспортный поток использует только часть зеленой фазы, свободной от пропуска трамвая.

Продолжительность занятия зеленой фазы трамваем зависит от размеров перекрестка, длины трамвайного поезда, времени прохождения им перекрестка и частоты трамвайного движения.

Время прохождения перекрестка одним трамваем составит

$$t_{\text{тп}} = \sqrt{\frac{2(L_c + L_{\text{тп}})}{a}}, \quad (4.24)$$

Общее время пропуска трамваев в течение часа составит

$$\sum t_{\text{тп}} = N_{\text{тп}} \sqrt{\frac{2(L_c + L_{\text{тп}})}{a}}, \quad (4.25)$$

где L_c – расстояние между стоп-линиями;

$L_{\text{тп}}$ – длина трамвайного поезда;

a – служебное ускорение трамвая: $a = 1 \text{ м/с}^2$;

$N_{\text{тп}}$ – частота движения трамваев, ед/ч.

Для пропуска автомобилей по общей продолжительности зеленой фазы в

течение часа $\left(\frac{3600(t_{3(l)} - t_a)}{T_{\text{ц}} t_n} \right)$ остается время, равное

$$\frac{3600(t_3 - t_a)}{T_{ц}} - N_{тр} \sqrt{\frac{2(L_c + L_{тр})}{a}} \quad (4.26)$$

Поэтому формула расчета пропускной способности одной полосы проезжей части примет вид

$$N_n = \frac{3600(t_3 - t_a)}{T_{ц} t_n} - \frac{N_{тр}}{t_n} \sqrt{\frac{2(L_c + L_{тр})}{a}}. \quad (4.27)$$

5. Определение уровней загрузки магистралей и узлов

Рассчитанная пропускная способность каждого направления движения в сечениях сравнивается с фактической интенсивностью движения ($N_{факт}$). Уровень загрузки определяется по формуле

$$z = \frac{N_{факт}}{N_m} \leq 0,8 - 0,9 \quad (5.1)$$

Уровень загрузки не должен превышать:

- при 2-тактном регулировании – 0,9;
- при 3-тактном регулировании – 0,85;
- при 4-тактном регулировании – 0,8.

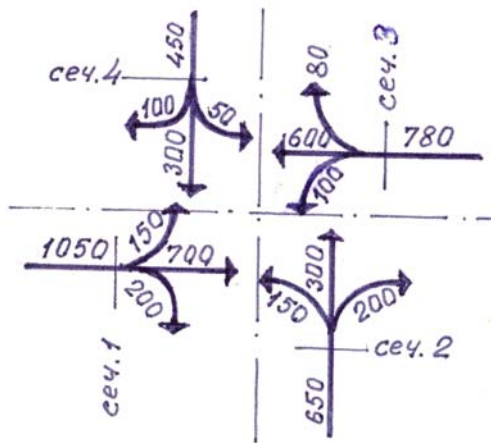
Нарушение этих условий свидетельствует об исчерпании пропускной способности магистрали в сечении стоп-линии или в узле в целом.

Результаты расчета пропускной способности и уровней загрузки регулируемых узлов сводятся в таблицу.

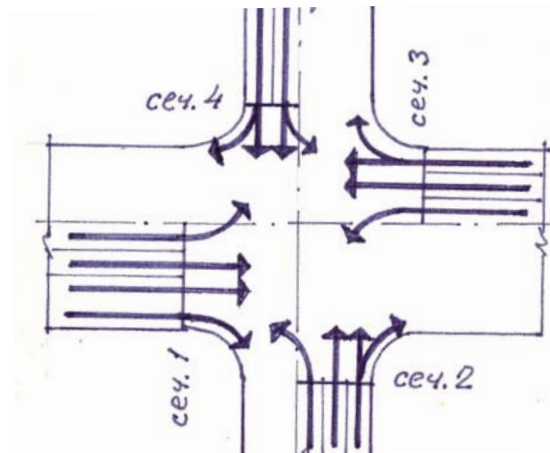
6. Пример расчета пропускной способности регулируемого узла

Для расчета пропускной способности и уровня загрузки проезжей части в сечении стоп-линии регулируемого узла необходимы следующие исходные данные:

1. Фактическая или расчетная интенсивность движения в приведенных единицах.



2. Распределение потоков различных направлений по полосам движения.



3. Количество полос проезжей части в сечениях стоп-линий: сеч. 1 – 4 полосы, сеч. 2 и 3 – по 3 полосы, сеч. 4 – 2 полосы.

4. Режим регулирования и схемы организации движения по фазам.

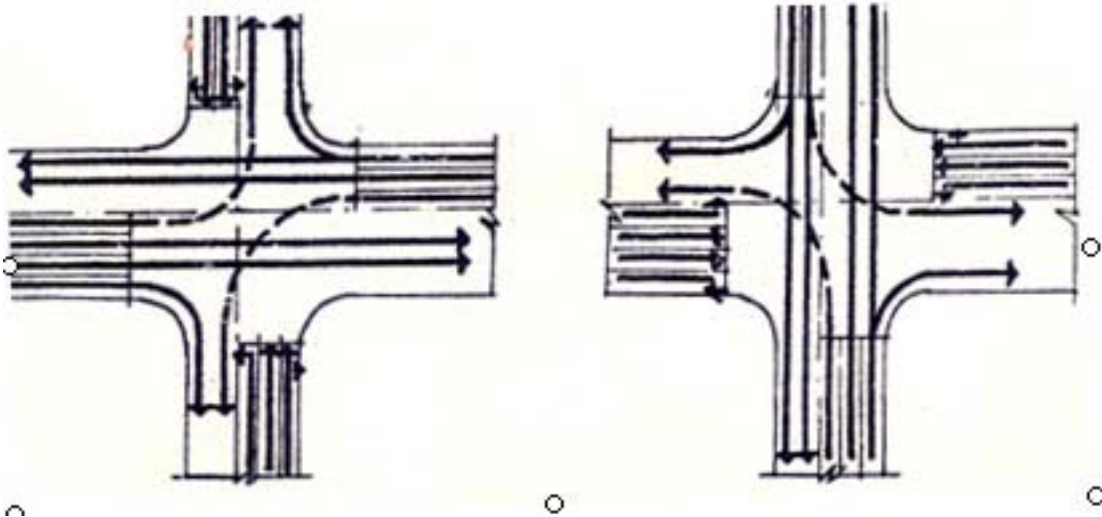
Регулирование 2-тактное. $T = 24 + 3 + 14 + 3 = 44$ с.

1-й такт

$t_1 = 24$ с

2-й такт

$t_2 = 14$ с



Сечение 1

Пропускная способность одной полосы

$$N_n = \frac{3600(t_s - t_a)}{T t_n} = \frac{3600(24 - 2)}{44 \cdot 3} = 600 \text{ ед/ч.}$$

Пропускная способность 4-полосной проезжей части

$$N_m = \eta N_n (n - 2) \text{ (3-й случай);}$$

$$\eta_{\text{л}} = \frac{P + P_{\text{л}} + P_{\text{н}}}{P} = \frac{1050 + 200 + 150}{1050} = 1,33;$$

$$N_m = 1,33 \cdot 600(4 - 2) = 1596 \text{ ед/ч.}$$

Сечение 2

Пропускная способность одной полосы

$$N_n = \frac{3600(14 - 2)}{44 \cdot 3} = 327 \text{ ед/ч;}$$

Пропускная способность 3-полосной проезжей части

$$N_m = \eta N_n (n - 1) \text{ (2-й случай);}$$

$$\eta_{\text{л}} = \frac{P + P_{\text{л}}}{P} = \frac{650 + 150}{650} = 1,23;$$

$$N_m = 1,23 \cdot 327(3 - 1) = 804 \text{ ед/ч.}$$

Сечение 3

Пропускная способность одной полосы

$$N_n = \frac{3600(24 - 2)}{44 \cdot 3} = 600 \text{ ед/ч;}$$

Пропускная способность 4-полосной проезжей части

$$N_m = \eta N_n (n - 1) \text{ (2-й случай);}$$

$$\eta_{\text{л}} = \frac{P + P_{\text{л}}}{P} = \frac{780 + 100}{780} = 1,13;$$

$$N_m = 1,13 \cdot 600(3 - 1) = 1356 \text{ ед/ч.}$$

Сечение 4

Пропускная способность одной полосы

$$N_n = \frac{3600(14 - 2)}{44 \cdot 3} = 327 \text{ ед/ч;}$$

Пропускная способность 2-полосной проезжей части

$$N_m = \eta N_n ; \eta = f(\alpha) \text{ (1-й случай);}$$

$$\alpha = 50/450 = 0,11, \eta = 1,65;$$

$$N_M = 1,65 \cdot 327 = 540 \text{ ед/ч.}$$

Регулирование 3-тактное.

$$T_{ц} = 20+3+10+3+14+3 = 53 \text{ с.}$$

1-й такт

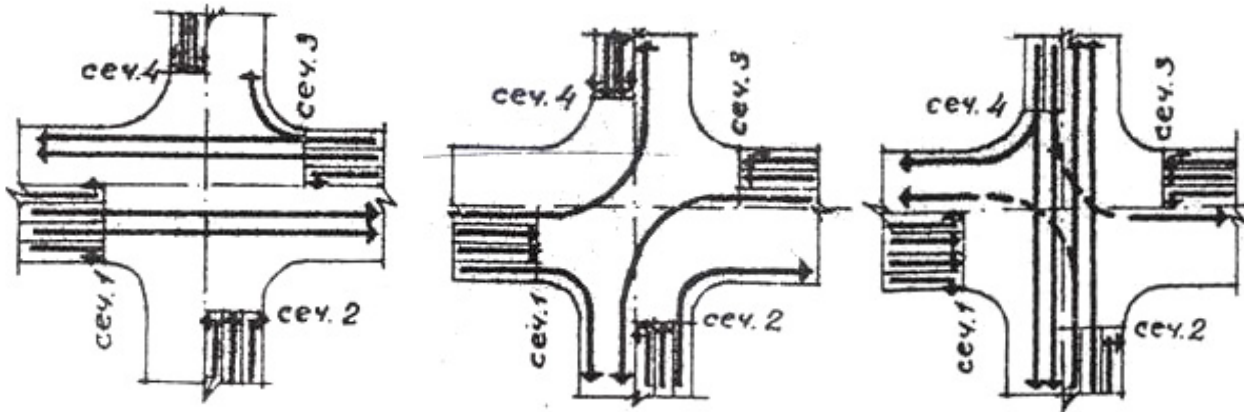
$$t_1 = 20 \text{ с}$$

2-й такт

$$t_2 = 10 \text{ с}$$

3-й такт

$$t_3 = 14 \text{ с}$$



Сечение 1

$$N_M = N_1 + N_2 + N_3,$$

где N_1 – пропускная способность полос, отведенных для пропуска прямого направления;

N_2 – то же, для правоповоротного направления;

N_3 – то же, для левоповоротного направления.

$$N_1 = 2N_n; N_n = \frac{3600(20-2)}{53 \cdot 3} = 408 \text{ ед/ч;}$$

$$N_2 = N_3 = \frac{3600(10-2)}{53 \cdot 3} = 181 \text{ ед/ч;}$$

$$N_M = 2 \cdot 408 + 2 \cdot 181 = 1178 \text{ ед/ч.}$$

Сечение 2

$$N_M = N_{1,3} + N_2;$$

$$N_M = \eta N_n \text{ (1-й случай); } \eta = f(\alpha);$$

$$\alpha = 150/650 = 0,23; \eta = 1,58;$$

$$N_n = \frac{3600(14-2)}{53 \cdot 3} = 272 \text{ ед/ч;}$$

$$N_{1,3} = 1,58 \cdot 272 = 429 \text{ ед/ч};$$

$$N_2 = \frac{3600(10-2)}{53 \cdot 3} = 181 \text{ ед/ч};$$

$$N_M = 429 + 181 = 610 \text{ ед/ч.}$$

Сечение 3

$$N_M = N_{1,2} + N_3;$$

$$N_{1,2} = N_n(n-1) = \frac{3600(20-3)}{53 \cdot 3} (3-1) = 816 \text{ ед/ч};$$

$$N_M = 816 + 181 = 997 \text{ ед/ч.}$$

Сечение 4

$$N_M = \eta N_n; \eta = f(\alpha) \text{ (1-й случай);}$$

$$\alpha = 0,11; \eta = 1,65;$$

$$N_M = 1,65 \frac{3600(14-2)}{53 \cdot 3} = 448 \text{ ед/ч.}$$

Расчет уровней загрузки отдельных сечений и узла в целом сводится в таблицу.

Выводы

При 2-тактном регулировании узел работает в нормальных условиях, имеет резерв пропускной способности.

При 3-тактном регулировании пропускная способность сечений 1, 2 и 4 исчерпана.

Для улучшения работы узла требуется проверка оптимальности режима регулирования, возможно увеличение количества полос движения в перегруженных сечениях.

Оценка пропускной способности и уровней загрузки регулируемого узла

Узел	Сечение №	Направления движения	Фактическая интенсивность	2-тактное регулирование			3(4)-тактное регулирование			Турбинная схема			Комбинированная схема			
				Пропускная способность	Уровень загрузки	Оценка загрузки	Пропускная способность	Уровень загрузки	Оценка загрузки	Пропускная способность	Уровень загрузки	Оценка загрузки	Пропускная способность	Уровень загрузки	Оценка загрузки	
	1	направо	200				181	1,10	>0,85							
		прямо	700				816	0,86	>0,85							
		налево	150				181	0,83	<0,85							
	Всего в сечении		1050	1596	0,66	<0,9	1178	0,89	>0,85							
	2	направо	200				181	1,10	>0,85							
		прямо	300				429	1,05	>0,85							
		налево	150													
	Всего в сечении		650	804	0,81	<0,9	610	1,07	>0,85							
	3	направо	80				816	0,83	<0,85							
		прямо	600													
		налево	100				181	0,55	<0,85							
	Всего в сечении		780	1356	0,58	<0,9	997	0,78	<0,85							
	4	направо	100													
прямо		300														
налево		50														
Всего в сечении		450	540	0,83	<0,9	448	1,00	>0,85								
Итого по узлу		2930	4296	0,68	<0,9	3233	0,91	>0,85								

Примечание. Если в узле отсутствует выделение полос для поворотного движения, то оценка пропускной способности проводится в целом по сечению

Библиографический список

1. **СНиП 2.05.02-85.** Автомобильные дороги / Госстрой СССР. – М. : ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 56 с.
2. **СНиП 2.07.01-89*.** Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских территорий / Госстрой СССР. – М. : ЦИТП Госстроя СССР, 1989. – 56 с.
3. **Руководство по проектированию городских улиц и дорог /** ЦНИИП по градостроительству Госгражданстроя. – М. : Стройиздат, 1980. – 222 с.
4. **Рекомендации по проектированию улиц и дорог городских и сельских поселений /** ЦНИИПГрадостроительства. – М. : 1994. – 88 с.
5. **Городские дороги и улицы: Справочник /** Под ред. С.Г. Клячкина. – Л. : Изд-во литературы по строительству, 1973. – 256 с.
6. **Самойлов, Д.С.** Организация и безопасность городского движения: учеб. для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. / Д.С. Самойлов, В.А. Юдин, П.В. Рушевский. – М. : Высшая школа, 1981. – 256 с.
7. **Овечников, Е.В.** Городской транспорт / Е.В. Овечников, М.С. Фишельсон. – М. : Высшая школа, 1976. – 352 с.
8. **Лобанов, Е.М.** Пропускная способность автомобильных дорог / Е.М. Лобанов [и др.] . – М. : Транспорт, 1970. – 152 с.
9. **Лобанов, Е.М.** Транспортная планировка городов: учеб. для студентов вузов / Е.М. Лобанов. – М. : Транспорт, 1990. – 240 с.
10. **Кременец, Ю.А.** Технические средства регулирования дорожного движения / Ю.А. Кременец, М.П. Печерский. – М. : Транспорт, 1981. – 252 с.
11. **Руководство по регулированию дорожного движения в городах.** – М. : Стройиздат, 1974. – 97 с. (Министерство внутренних дел СССР, Министерство коммунального хозяйства РСФСР).
12. **Рушевский, П.В.** Организация и регулирование уличного движения с применением автоматических средств управления: учеб. пособие / П.В. Рушевский. – М. : Высшая школа, 1974. – 239 с.

13. Национальный стандарт РФ ГОСТ Р 52289-2004 «Технические средства организации дорожного движения. Правила применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств» (утв. приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 15 декабря 2004 г. № 120-ст с изменениями от 8 декабря 2005 г.)

Учебное электронное текстовое издание

Булавина Людмила Вениаминовна

**РАСЧЕТ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ
МАГИСТРАЛЕЙ И УЗЛОВ**

Редактор *А. В. Ерофеева*
Компьютерный набор *Л.В. Булавиной*

Рекомендовано РИС ГОУ ВПО УГТУ–УПИ
Разрешен к публикации 13.05.09
Электронный формат – pdf
Объем 2,0 уч.-изд. л.

Издательство ГОУ ВПО УГТУ–УПИ
620002, Екатеринбург, ул. Мира, 19

Информационный портал
ГОУ ВПО УГТУ–УПИ
<http://www.ustu.ru>