

## ВЛИЯНИЕ ТРАНСПОРТНОЙ ПЛАНИРОВКИ Г. БИШКЕК НА ПРОПУСКНУЮ СПОСОБНОСТЬ УЛИЧНО-ДОРОЖНОЙ СЕТИ

*Бишкек шаарынын транспорттук пландоо өзгөчөлүктөрү жана анын түзүлүшүнө таасир берүүчү факторлор каралган. Жол кыймылынын коопсуздугун камсыз кылууга байланыштуу проблемаларга көңүл бурулган жана аларды чечүүнүн жолдору берилген.*

*Рассматриваются особенности транспортной планировки города; факторы, влияющие на ее формирование. Затрагиваются проблемы, связанные с обеспечением безопасности дорожного движения. Предлагаются возможные варианты их решения.*

*The particularities of the transport town planning are Considered; the factors, influencing upon her shaping. They Are Touched problems, connected with provision of safety of the road motion. The possible variants of their decision are offered.*

Город Бишкек – столица нашей республики. Он расположен у северного подножия Кыргызского Ала-Тоо, в центре Чуйской долины на высоте 750 м над уровнем моря. Площадь города составляет 186.96 км<sup>2</sup>. В городе Бишкек проживает пятая часть всего населения страны, т.е. миллион человек. Зарегистрировано 89956 транспортных средств, в том числе автомобилей – 74528, автобусов – 8472. Количество легковых автомобилей, приходящихся сегодня на 1000 жителей города равно 79, что в 4–5 раз меньше, чем значение этого показателя для стран Западной Европы и США, в 1,5 раза ниже аналогичного показателя России.

Общая протяженность городских дорог и улиц не изменилась за последние годы и составляет 1030 км, из них 587 км – дороги с асфальтобетонным покрытием. Общая длина магистральных дорог общегородского значения равна 111 км, дорог районного значения – 216 км. Уже сегодня резко увеличилась интенсивность транспортных потоков на улицах города и соответственно возросли нагрузки на подвижный состав и дороги.

При решении задач организации движения транспортных и пешеходных потоков большое значение имеют следующие характеристики: плотность населения в рассматриваемом регионе, плотность дорожной сети и ее геометрические схемы, расстояние между периферийными точками и коэффициент непрямолинейности дорожной сети.

Плотность населения существенно влияет на задачи организации движения, так как, во-первых, определяет степень концентрации пешеходных потоков, и, во-вторых, - концентрацию пассажиропотоков. Плотность населения измеряют количеством человек, приходящихся на квадратный километр площади (чел./км<sup>2</sup>):

$$\delta_H = V / F, \quad (1)$$

где  $\delta_H$  - плотность населения, чел./км<sup>2</sup>; V – численность населения города, чел.; F – площадь территории города, км<sup>2</sup>.

Таким образом, плотность населения г. Бишкек равна:

$$\delta_H = 1 \cdot 106 / 186.96 \text{ км}^2 = 5347,6 \text{ чел/км}^2.$$

Степень развития дорожной сети определяется ее протяженностью и плотностью, которая измеряется отношением протяженности дорог к площади территории (км/км<sup>2</sup>):

$$\delta_{ДС} = L / F, \quad (2)$$

где  $\delta_{ДС}$  - плотность дорожной сети, км/км<sup>2</sup>; L – суммарная протяженность дорог и улиц, км.

Плотность дорожной сети г. Бишкек составляет:

$$\delta_{дс} = 1030/186.96 = 5,5 \text{ км/км}^2.$$

Плотность сети магистральных улиц равна:

$$\delta_{дс м} = 111/186.96 = 0,6 \text{ км/км}^2.$$

Плотность улично-дорожной сети города в среднем обеспечивает небольшую длину пешеходных подходов к магистральным линиям, но в то же время снижает эксплуатационные показатели транспорта из-за частых пересечений улиц.

Планировочная структура г. Бишкек, определяемая конфигурацией улично-дорожной сети (УДС), сугубо индивидуальна и зависит от особенностей развития, размещения основных центров тяготения населения, рельефа местности, наличия на городской территории водных протоков. Так, реки Ала Арча, Аламедин, БЧК, протекающие по территории города и разделяющие территорию города на отдельные части, играют немалую роль в формировании структуры УДС.

Из внешних путей сообщения на условия движения в городе наибольшее влияние оказывают автомобильные дороги Бишкек – Ош; Бишкек – Торугарт; Бишкек – Манас, Бишкек – Алматы. На этих дорогах наблюдается высокая интенсивность движения транспорта. Они являются звеном, связующим пригородные районы между собой и с городской территорией, а также служат для осуществления международных связей.

Конфигурация УДС города, протяженность отдельных улиц, их непрерывность или прерывистость зависит и от ряда градостроительных факторов, к которым, прежде всего, относится размещение предприятий промышленности, общественных и торговых центров, больничных комплексов, жилищного и культурно-бытового строительства. Так, улица Горького заканчивается примыканием к проспекту Мира у территории завода им. Ленина. Улица Тыныстанова прерывается на пересечении с улицей Скрябина у территории А/О Дастан, а затем продолжается в южном направлении за территорией завода. Улица Боконбаева прерывается на территории республиканской клинической больницы, а улица Элебаева заканчивается у шестой городской больницы.

Немаловажное влияние на планировочные характеристики улиц и условия движения в городе оказывает железнодорожная линия, которая проходит через весь город и делит его на южную и северную части. У железнодорожного полотна обрываются улицы Тыныстанова, Панфилова, Шопокова, Элебаева. На пересечениях железнодорожных путей с городскими улицами Садыгалиева, Байтик батыра, Шабдан батыра, Ибраимова, Чолпон-Атинская, пр. Мира, бульваром Молодой Гвардии для обеспечения непрерывного движения транспорта построены путепроводы. На улицах же Логвиненко и Некрасова, где обустроены охраняемые железнодорожные переезды, нередки автомобильные заторы, которые возникают при пропуске железнодорожных составов и способствуют возникновению конфликтных ситуаций.

Городские улицы образуют на плане города сеть наземных путей сообщения, необходимых для обеспечения жизнедеятельности жителей города. Их планировочные особенности и геометрические параметры оказывают решающее влияние как на характеристики транспортных потоков, так и на инженерные методы организации дорожного движения. Если из улично-дорожной сети выделить магистральные направления, являющиеся по существу остоном городского плана, то отчетливо выявится принципиальная геометризованная схема планировки города. И нетрудно заметить, что в городе Бишкек в основном распространена прямоугольная схема планировки, которая характерна для городов, развивающихся по заранее разработанным планам. Исключение составляет небольшой район рабочего городка, где имеет место радиально-кольцевая схема, которая представляет собой усовершенствованную радиальную схему, когда кольцевые улицы обеспечивают необходимые транспортные связи между периферийными частями района в обход центрального узла. В процессе развития района улицы, сходящиеся в центральном узле, превратились в радиальные. Однако этот участок транспортной сети города из-за незначительных размеров и небольшой интенсивности

движения на составляющих его улицах не оказывает заметного влияния на условия движения транспортных и пешеходных потоков.

Прямоугольная схема планировки имеет ряд преимуществ перед другими планировочными структурами, такие как удобство и легкость ориентировки в процессе движения; значительная пропускная способность улично-дорожной сети; возможность равномерного распределения транспортных потоков по всей территории города благодаря наличию дублирующих уличных направлений; отсутствие перегрузки центрального транспортного узла. Существенным недостатком прямоугольной схемы является большое число сильно загруженных пересечений, которые затрудняют организацию движения и увеличивают транспортные потери, а также большие перепробеги автомобилей по направлениям, не совпадающим с направлениями улиц.

Приспособленность уличной сети к требованиям современного городского движения оценивается коэффициентом непрямолинейности, вычисляемым как отношение действительной длины между двумя взаимно корреспондирующими пунктами уличной сети к расстоянию между ними по воздушной линии:

$$K_{непр} = (AB + BB) / AB . \quad (3)$$

Для прямоугольной схемы улиц этот коэффициент имеет наибольшее значение – 1.4 – 1.5. Это означает, что в городах с такой схемой улиц, к которым относится и Бишкек, городской транспорт для перевозки пассажиров и грузов совершает перепробеги на 40-50 %.

Важнейшим показателем, характеризующим транспортно-эксплуатационные качества сети городских улиц, является ее пропускная способность. Этот показатель определяется наличием дублирующих магистральных направлений, что является одним из преимуществ прямоугольной схемы. В настоящее время в городе наблюдается перегрузка магистральных улиц транспортными потоками, в связи с чем усиленно используются параллельные улицы и транспортные потоки распределяются между ними. Однако процесс перегрузки улиц движением протекает не одновременно и не равномерно на всем ее протяжении. При сегодняшней интенсивности движения количество автомобилей, проходящих за 1 ч на перегруженных движением участках улиц через расчетный створ, остается достаточно высоким, хотя транспортно-эксплуатационные показатели дороги настолько снижаются, что они практически перестают удовлетворять своему значению. В то же время величина пропускной способности должна соответствовать достаточно высокой скорости транспортного потока. При нормальной пропускной способности в транспортном потоке должна сохраняться некоторая возможность маневрирования, позволяющая небольшому проценту наиболее быстрых автомобилей осуществлять обгоны. Превышение ее величины вызывает постепенное ощутимое ухудшение условий движения.

Условия дорожного движения в городе Бишкек постоянно усложняются. При ежегодном росте интенсивности движения транспортных средств пропускная способность улично-дорожной сети остается на прежнем уровне. Улично-дорожная сеть города находится в условиях создания аварийных ситуаций при пропуске транспортных и пешеходных потоков, особенно в часы «пик».

В реальных условиях пропускную способность улицы определяет наименьшая пропускная способность одного из ее участков или сечений (пересечений, сужений проезжей части, участков резкого снижения скоростей движения, зон слияния и переплетения потоков). Различают пропускную способность всей проезжей части и пропускную способность одной полосы движения при заданной скорости свободного движения автомобилей. Это значение рассматривается как предельная возможность полосы движения в пропуске транспортных потоков. За единицу времени для характеристики пропускной способности принимают 1 ч.

При определении пропускной способности полосы движения в некоторых случаях исходят из однородного характера транспортного потока, что не всегда соответствует

действительности, так как даже движение одних легковых автомашин не создает однородного потока транспорта. Машина одной марки отличается от другой не только габаритами, но и динамическими показателями, т.е. величинами ускорения, замедления, конструктивной скоростью, техническим состоянием тормозной системы, типом автомобильных покрышек, степенью их изношенности и т. д. То же самое можно сказать и об автомобилях одной марки, но разных лет выпуска.

Пропускная способность проезжей части улицы зависит от видов движущегося транспорта, расчетной скорости движения, интенсивности перемещения транспортных средств с одной полосы движения на другую при выполнении различных маневров.

При однородном потоке непрерывного движения на перегоне пропускную способность одной полосы можно определить по формуле

$$N = 3600 \cdot v / La, \quad (4)$$

где  $N$  - количество транспортных единиц, проходящих по одной полосе в течение 1 ч;  $La$  - расстояние между двумя движущимися автомобилями при заданной скорости (динамический габарит) в м;  $v$  - скорость движения автомобиля в м/с.

При определении пропускной способности улицы по вышеприведенной формуле большое значение имеет правильное вычисление расстояния между движущимися автомобилями.

Это расстояние может быть найдено по формуле

$$L_a = l + v \cdot t_p + C \cdot v^2, \quad (5)$$

где  $l$  - длина автомобиля в м плюс интервал безопасности между двумя остановившимися автомашинами: между легковыми 0,5-1 м, между грузовыми 1,5-2 м;  $t_p$  — время реакции водителя автомобиля, т.е. время, прошедшее с момента, когда замечено препятствие на улице, до начала торможения, в с;  $C$  - коэффициент торможения, зависящий от системы тормозов, их состояния и сцепления автомобильных шин с поверхностью проезжей части;  $vt_p$  — путь, проходимый автомобилем за время реакции водителя, в м;  $Cv^2$  - путь, проходимый автомобилем за время торможения в м.

При определении расстояния между движущимися автомобилями большое значение имеет правильное установление тормозного коэффициента. Коэффициент торможения можно определить по формуле

$$C = K / 2 g \cdot [(1 + 0,3^\varphi) / 0,6^\varphi \pm (1 + 0,3^\varphi) i - K / \varphi \pm i], \quad (5)$$

где  $\varphi$  — коэффициент сцепления покрышек транспорта с поверхностью дорожной одежды, изменяющийся в зависимости от состояния покрытия дороги и принимаемый равным для влажного покрытия 0,3–0,5;  $g$  - ускорение силы тяжести;  $g=9,81$  м/с<sup>2</sup>;  $i$  - продольный уклон расчетного участка;  $K$  - коэффициент, учитывающий различие тормозных систем (если тормоза на четырех колесах,  $K=1$ ; если передний автомобиль имеет тормоза на четырех колесах, а задний на двух,  $K=0,8 \dots 0,9$ ).

Используя вышеприведенные формулы, проводим расчет пропускной способности улиц г. Бишкек. Прежде всего определяем пропускную способность одной полосы движения для различных скоростей транспортного потока, состоящего из легковых автомобилей.

Найдем величину тормозного коэффициента  $C$  на горизонтальном участке улицы :

$$C = 1 / 2 \cdot 9,81 \cdot [(1 + 0,3 \cdot 0,35) / 0,6 \cdot 0,35 - 1 / 0,35] = 0,121.$$

Скорость движения транспорта в городе не превышает 60 км/ч. На отдельных участках сети имеет место ограничение скорости до 40 км/ч. Безопасное расстояние между движущимися друг за другом автомобилями в таком случае будет равно

$$40 \text{ км/ч (11,1 м/с)} \quad La = 8 + 11,1 \cdot 1,3 + 0,121 \cdot 123 = 27 \text{ (м)}$$

$$60 \text{ км/ч (16,7 м/с)} \quad La = 8 + 16,7 \cdot 1,3 + 0,121 \cdot 278,3 = 53,38 \text{ (м)}$$

и, соответственно, пропускная способность полосы движения на участке городской улицы составит

$$40 \text{ км/ч (11,1 м/с)} \quad N = 3600 \cdot 11,1 : 27 = 1597 \text{ (авт/ч)}$$

$$60 \text{ км/ч (16,6 м/с)} \quad N=3600 \cdot 16,6 : 53,4 = 1119 \text{ (авт/ч)}$$

Пропускная способность полосы движения, рассчитанная по вышеприведенной формуле, является максимальной, отражающей условия движения по эталонному участку. Расчетная пропускная способность полосы проезжей части между перекрестками при регулируемом движении с учетом всех задержек вычисляется по формуле

$$N_p = \alpha \cdot N_H \tag{6}$$

где  $N_p$  — пропускная способность при регулируемом движении;  $N_H$  — пропускная способность полосы движения на перегоне;  $\alpha$  — коэффициент снижения пропускной способности с учетом влияния перекрестков, учитывающий задержки, вызванные регулируемым движением на перекрестках.

Этот коэффициент находится по формуле

$$\alpha = L / v / (L / v + v / 2a + v / 2b + \Delta), \tag{7}$$

где  $L$  - расстояние между регулируемыми перекрестками в м;  $v$  - скорость движения транспорта, при которой определяется пропускная способность, в м/с;  $a$  - среднее ускорение транспорта при трогании с места в м/с<sup>2</sup>;  $b$  - среднее замедление транспорта при торможении в м/с<sup>2</sup> (перед закрытым светофором);  $\Delta$  - среднее время, которое затрачивает транспорт на стоянке перед закрытым светофором, в с, определяемое по формуле

$$\Delta = (t_k + t_{ж}) / 2, \tag{8}$$

где  $t_k$  - продолжительность красной фазы светофора;  $t_{ж}$  - продолжительность желтой фазы.

Результаты расчета пропускной способности одной полосы при расстоянии между остановками 200, 300 и 400 м, подсчитанные с учетом коэффициента снижения пропускной способности, сведены в таблицу. При расчете ускорение принималось равным замедлению,  $t_k = 22$  с,  $t_{ж} = 4$  с.

Таблица 1

Значение коэффициентов  $\alpha$  и пропускной способности  $N_p$  в зависимости от скорости на перегонах 200, 300, и 400 м

Скорость		Значения $\alpha$ и $N_p$ при расстоянии между остановками в м					
в км/ч	в м/с	200		300		400	
		$\alpha$	$N_p$	$\alpha$	$N_p$	$\alpha$	$N_p$
40	11,12	0,431	670	0,527	841	0,6	958
60	16,68	0,289	323	0,302	338	0,464	529

Из данных таблицы видно, что чем больше расстояние между остановками, тем выше пропускная способность полосы движения и соответственно пропускная способность улицы.

В городе Бишкек проезжая часть основной части магистральных улиц состоит из двух полос движения в каждом направлении. Из трех полос в одном направлении движения состоит проезжая часть на отдельных участках проспектов Чуй, Жибек Жолу, Ден Сяопина, улиц Ахунбаева, Ибраимова, Алма-Атинской. Четырехполосная проезжая часть устроена на участке проспекта Жибек Жолу, проходящего в районе Западного автовокзала.

С понятием пропускной способности многополосных улиц и всей улично-дорожной сети города связывают не только максимальное число транспортных средств, которые могут пройти через какое-либо сечение улицы, но и возможность выполнения

автомобилями маневров перестроения, входа в поток, выхода из потока. Вероятность выполнения этих маневров зависит от интенсивности движения и плотности транспортного потока. Пропускная способность полосы движения и всей улицы в целом при наличии перестраивающихся автомобилей меньше, чем при движении автомобилей только по своим полосам.

Пропускная способность улиц с многополосной проезжей частью в настоящее время рассчитывается по эмпирической формуле:

$$N = N_0 PK_i, \quad (9)$$

где  $N_0$  — расчетная пропускная способность одной полосы движения;  $PK_i$  - произведение коэффициентов, учитывающих дорожные условия, состав транспорта потока и число полос движения. Все коэффициенты  $K_i$  меньше единицы, так как считается, что пропускная способность  $N_0$  может быть достигнута только при идеальных условиях, т.е. при  $PK_i = 1$ .

Наиболее существенное влияние на пропускную способность улицы оказывает число полос движения ( $K_n$ ) проезжей части, состав транспортного потока, состояние проезжей части, ширина полосы движения.

Расчет пропускной способности многополосных улиц ведем по формуле

$$N = N_0 \cdot \alpha \cdot K_n \cdot K_{ГР} \cdot K_{шп}. \quad (10)$$

Значения коэффициентов в формуле (10) выбирают в соответствии с дорожными условиями:

Число полос движения .....	2	3	4	5	6
$K_n$ .....	1,8	2,4	2,9	3,4	3,9
Доля грузовых автомобилей, %.....	0	10	20	30	50
$K_{ГР}$	1	0,95	0,90	0,85	0,78
Тип покрытия проезжей части...	Асфальтобетонное	Сборно-бетонное			Булыжник
Грунтовое					
$K^{\varphi}$	1,0	0,88		0,42	0,30
Ширина полосы движения, м	2,5—	2,75		3,0	3,5
$K_{шп}$ .....	0,90	0,98		1	1

Покрытие проезжей части магистральных улиц города – асфальтобетонное; ширина полос движения равна 3, 5 и более метров. Состав движения представлен легковыми автомобилями и маршрутными такси, грузовой транспорт практически отсутствует, исключение является спец. транспорт.

Таким образом, пропускная способность магистральных улиц города равна:

- для двухполосной (в одном направлении) проезжей части

$$N = 1597 \cdot 0.6 \cdot 1,8 \cdot 0,95 \cdot 1 = 1638 \text{ авт/ч};$$

- для трехполосной (в одном направлении) проезжей части

$$N = 1597 \cdot 0.6 \cdot 2,4 \cdot 0,95 \cdot 1 = 2184 \text{ (авт/ч)};$$

- для четырехполосной (в одном направлении) проезжей части

$$N = 1597 \cdot 0.6 \cdot 2,9 \cdot 0,95 \cdot 1 = 2645 \text{ (авт/ч)}.$$

Условия движения на участках магистральных улиц при возможном на сегодняшний день использовании дублирующих направлений представлены таблицей 2.

Таблица 2

Условия движения на участках магистральных улиц

Название улицы	Число полос движения	Интенсивность движения транспорта (в одном направлении) $A$	Пропускная способность $N$	$A/N$
Проспект Чуй	2	1390	1638	0,85
ул. Байтик батыра	2	1500	1638	0,91
ул. М. гвардия	3	1292	2184	0,59

ул. Ибраимова	3	1410	2184	0,65
пр. Жибек Жолу	4	1782	2645	0,67

Анализ табл. 2 говорит, что в часы «пик» не только магистральные улицы города работают в режиме пропускной способности.

Для улучшения условий движения на улицах города одним из наиболее эффективных способов решения проблемы является строительство кольцевой магистральной дороги вокруг города Бишкек, которая значительно улучшит безопасность и эффективность дорожного движения.

### **Список литературы**

1. Ерошевский М.И. Магистрали скоростного и непрерывного движения в городах. – М.: Стройиздат, 1967. - 296 с.
2. Лобанов Е.М. Транспортная планировка городов. – М.: Транспорт, 1990. - 240 с.
3. Фишельсон М.С. Транспортная планировка городов. – М.: Высшая школа, 1985. - 239 с.