

**Министерство образования и науки Российской Федерации
Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет
Кафедра строительства и эксплуатации транспортных сооружений**

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ МАРШРУТОВ ГОРОДСКОГО МАССОВОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА

**Методические указания к курсовому проекту по дисциплине
«Организация дорожного движения»**



Волгоград 2011

УДК 656.072(076.5)

Проектирование системы маршрутов городского массового пассажирского транспорта : методические указания к курсовому проекту по дисциплине «Организация дорожного движения» [Электронный ресурс]. Электрон. текстовые и граф. данные (896 кБ) / сост. В.В. Балакин // Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет : официальный сайт. Волгоград : ВолгГАСУ, 2011. 35 с. Систем. требования: программное обеспечение Adobe Reader 7.0. Режим доступа: <http://www.vgasu.ru/publishing/on-line/>

№ гос. регистрации

Приведена методика расчета пассажиропотоков и технико-экономического обоснования оптимального варианта системы городского массового пассажирского транспорта.

Для студентов очной формы обучения специальности 190702 «Организация и безопасность движения» со специализацией «Эксплуатация дорог и организация движения».

Оглавление

1. Определение общей подвижности населения города.....	4
1.1. Разбивка территории города на транспортные районы.....	4
1.2. Подсчет численности населения транспортных районов.....	6
1.3. Определение численности отдельных групп населения.....	7
1.4. Общая подвижность населения.....	9
1.5. Построение транспортной сети.....	9
1.6. Определение плотности транспортной сети.....	10
2. Определение объема пассажирских перевозок.....	11
2.1. Определение расстояний между районами.....	11
2.2. Определение времени сообщения между районами и пунктами тяготения.....	13
2.3. Определение коэффициентов вероятности передвижения.....	14
2.4. Определение количества передвижений между транспортными районами и из транспортных районов к пунктам тяготения.....	15
2.5. Определение количества передвижений.....	17
2.6. Определение размеров передвижений на транспорте.....	19
2.7. Определение объема работы транспорта.....	22
2.8. Определение средней дальности поездки пассажиров.....	23
3. Проектирование системы маршрутов городского массового пассажирского транс- порта.....	23
3.1. Построение картограммы пассажиропотоков.....	24
3.2. Построение маршрутной системы.....	26
4. Определение требуемого количества подвижного состава транспорта.....	29
5. Выбор варианта транспортной системы.....	30
6. Определение необходимого количества и стоимости транспортных устройств и сооружений.....	33
7. Определение срока окупаемости затрат.....	33
Библиографический список	34

Необходимость определения пассажиропотоков на транспортных сетях городов возникает в следующих случаях:

при разработке технико-экономических основ генеральных планов городов и определении перспектив их развития;

при разработке транспортных разделов генеральных планов городов, предусматривающих проектирование улично-дорожной сети и классификацию улиц;

при разработке комплексных схем развития всех видов городского пассажирского транспорта, включающих расчеты интенсивности движения транспорта по срокам проектирования и схему развития улично-дорожной сети.

Интенсивность внутригородских пассажирских передвижений зависит от планировки города и характера расселения его жителей.

Расселение горожан находится в определенной зависимости от места их работы (закон трудового тяготения).

Мерой тяготения в транспортных расчетах принимается затрата времени на передвижение при достигнутом уровне развития видов массового пассажирского транспорта и организации движения.

1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЩЕЙ ПОДВИЖНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ ГОРОДА

Определению пассажиропотоков предшествует подготовительная работа, которая включает:

разбивку территории города на расчетные зоны (транспортные районы);

расчет числа жителей, проживающих в транспортных районах;

определение количества работающего в расчетных зонах населения города;

определение общей подвижности населения;

предварительное проектирование транспортной сети.

1.1. Разбивка территории города на транспортные районы

Основой метода расчета пассажиропотоков является транспортное районирование города. Число и размеры расчетных зон выбирают в зависимости от размера территории города и его планировочных особенностей.

Чем больше назначено зон, тем точнее будет определен пассажиропоток. Однако увеличение зон усложняет расчеты. При разбивке города число транспортных районов следует принимать по табл. 1.1 [1].

В курсовом проектировании для города с населением 80...150 тыс. жителей рекомендуется принимать 5...8 районов.

Размеры территории расчетных зон должны быть такими, чтобы жители при передвижении внутри них не пользовались транспортом, а расстояние пешего подхода от наиболее удаленной точки до транспортной линии в зоне не превышало 500 м (радиус пешеходной доступности).

Число расчетных зон в зависимости от численности населения города

Группа городов	Численность населения, тыс. чел.	Число расчетных зон
I	1000...2000	Более 50
II	500...1000	15...50
III	250...500	8...20
IV	100...250	5...10

Этому требованию соответствует расчетная зона площадью 100 га. Однако в периферийных районах города допускается увеличение расстояния пешего хождения до 700 м и образовывать зоны площадью до 500 га с целью сокращения объема вычислений.

При назначении границ и определении конфигурации зон следует учитывать направление передвижения жителей к предполагаемым линиям массового пассажирского транспорта и их распределение по транспортной сети. Границами районов являются различные естественные рубежи: реки, водохранилища, овраги, полосы отвода железных дорог, заборы предприятий, крупные массивы зеленых насаждений и пр., препятствующие сообщению между районами. При отсутствии естественных преград границы районов назначают по линиям, равноудаленным от уличных магистралей, по которым предполагается трассирование линий пассажирского транспорта. В каждом транспортном районе необходимо предусмотреть как минимум одну магистраль, которая по возможности являлась бы его осью симметрии.

Кроме этого, при разбивке нужно стремиться к выделению транспортных районов с определенным планировочным профилем (жилой с однотипной застройкой, административный, общественно-культурный) с четким обозначением в каждом районе пассажирообразующих пунктов. Общегородские пункты массового тяготения (промышленные районы, парки, стадионы, торгово-развлекательные центры и т.п.) следует выделять в отдельные расчетные зоны.

После разбивки города на расчетные зоны на транспортной сети в каждой из них определяют центр тяжести пассажиропотоков (обозначается точкой) как геометрический центр транспортной сети зоны, смещенный в сторону основных пассажирообразующих пунктов. За центр тяжести транспортного района может быть принят многофункциональный пересадочный узел или наиболее нагруженный центрально расположенный остановочный пункт (обычно на пересечении транспортных линий).

Действуя в соответствии с изложенными принципами, территорию города, представленного на рис. 1 в качестве примера, можно разделить на 6 транспортных районов.

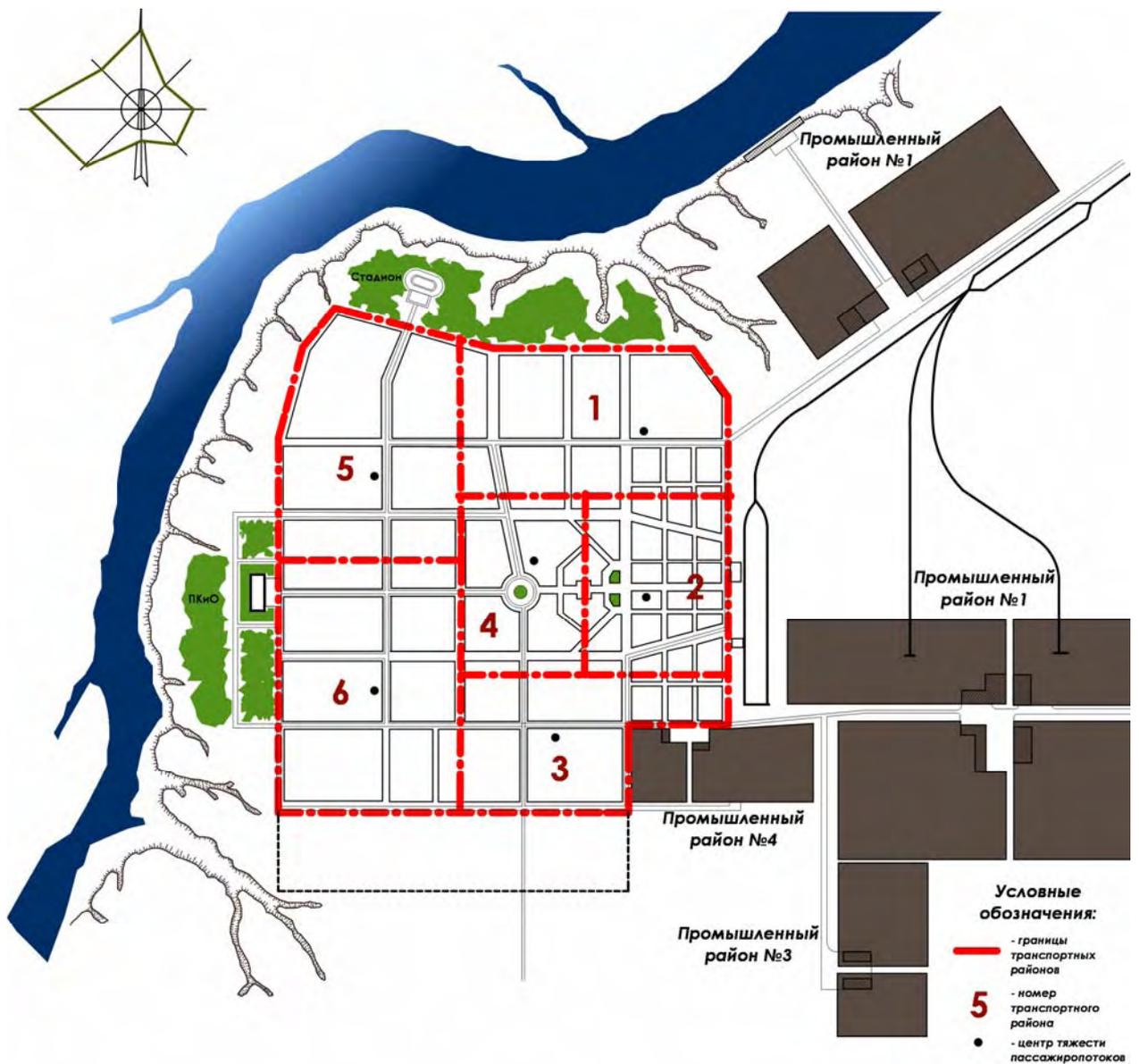


Рис. 1.1. План города с разбивкой на транспортные районы

1.2. Подсчет численности населения транспортных районов

Исходными данными для определения численности населения расчетных зон являются:

- площадь территории транспортных районов;
- плотность населения на 1 га территории района.

При определении численности населения из общей площади района должна исключаться площадь, на которой не проживает население и которая занята промышленными площадками, открытыми водоемами, полосами отвода железных дорог и другими устройствами и сооружениями.

Показатель плотности населения для транспортного района можно определить, исходя из количества общей жилой площади и установленного ее норматива на одного человека.

Численность населения в транспортных районах $N_{т.р}$, определяем по формуле [2]

$$N_{т.р} = F_{т.р} \delta,$$

где $F_{т.р}$ — площадь территории транспортного района, га, определяемая путем обмера чертежа; δ — плотность населения, чел./га.

В рассматриваемом примере плотность населения транспортных районов города варьирует в пределах 140...160 чел./га. Результаты расчета численности населения по транспортным районам и городу в целом приведем в табл. 1.2.

Таблица 1.2

Площадь территории, плотность и численность населения в транспортных районах

Транспортные районы	1	2	3	4	5	6	Всего
Территория, га	120	133,5	98	66,5	72	130	600
Плотность населения, чел./га	152	140	152	140	160	155	150
Численность населения, чел.	18 240	15 890	14 890	9 310	11 520	20 150	90 000

1.3. Определение численности отдельных групп населения

Для выявления общего размера передвижений по расчетным зонам и в целом по городу все население делят на структурные группы:

1-я группа — градообразующие и градообслуживающие кадры (рабочие и служащие);

2-я группа — учащиеся высших учебных заведений, средних специальных учебных заведений и технических училищ;

3-я группа — несамодостаточное население (дети дошкольного возраста, пенсионеры, учащиеся школ и др.).

По расчетным зонам соотношение количества населения выделенных структурных групп обычно неодинаково и подлежит уточнению. Чаще всего на это влияет изменение доли первой и второй групп населения, когда в отдельных расчетных зонах размещаются, например, общежитие рабочих или студенческий городок. В курсовом проектировании для упрощения расчетов процентное соотношение различных групп населения во всех транспортных районах условно принимаем в соответствии с данными табл. 1.3.

Таблица 1.3

Соотношение численности структурных групп населения

Группа населения	Удельный вес населения, %	
	Рекомендации [1]	Принято в курсовом проекте
1-я	40...50	50
2-я	2...10	4
3-я	40...45	46
Итого	100	100

Население каждой группы в зависимости от характера занятости, потребности в отдыхе, культурных развлечениях и т.п. будет совершать определенное количество передвижений. Для наиболее полного и точного определения количества передвижений, совершаемых в городе населением, их делят на две категории: а) трудовые и деловые; б) культурно-бытовые.

Трудовые передвижения совершаются жителями 1-й и 2-й групп — передвижения на работу и с работы, на учебу и с учебы и с трудовыми целями в течение рабочего дня. Эти передвижения подсчитываются исходя из количества рабочих (для рабочих и служащих) и количества учебных (для студентов и учащихся) дней в году.

Деловые передвижения составляют 5...10 % от размера трудовых передвижений и совершаются в течение рабочего дня только городскими жителями первой группы и приезжими командированными.

Культурно-бытовые передвижения совершает все население. Их количество зависит от многих факторов, главным образом от свободного времени, физической активности и принимается отдельно для каждой группы населения.

В курсовом проекте рекомендуется принимать количество передвижений по каждой группе населения в соответствии с табл. 1.4 [3].

Подсчет передвижений производится для каждого транспортного района путем умножения численности населения отдельных групп (табл.1.5) на число передвижений (табл. 1.4).

Полученные данные сводим в табл. 1.6.

Таблица 1.4

Число передвижений различных групп населения

Группы населения	Среднее число передвижений в год на одного передвигающегося		
	Трудовые	Деловые	Культурно-бытовые
Градообразующие и обслуживающие кадры	550	55	400
Учащиеся вузов и техникумов	480	—	700
Несамодетельное население	—	—	350

Таблица 1.5

Численность населения по группам в транспортном районе, чел.

Группы населения	Транспортные районы						Всего
	1	2	3	4	5	6	
Градообразующая	9 120	7 945	7 445	4 655	5 760	10 075	45 000
Учащиеся	1 094	953	893	559	691	1 209	5 399
Несамодетельное население	8 026	6 992	6 552	4 096	5 069	8 866	39 601
Всего	18 240	15 890	14 890	9 310	11 520	20 150	90 000

Число передвижений по транспортным районам, тыс.

Категория передвижений	Транспортные районы						Всего
	1	2	3	4	5	6	
Трудовые и деловые	5 518	4 807	4 504	2 816	3 485	6095	27 225
Связанные с учебой	525	457	429	268	332	580	2 592
Культурно-бытовые	7 223	6 292	5 896	3 687	4 562	7 979	35 640
Итого по району	132 626	11 556	10 829	6 771	8 378	14 655	65 456

1.4. Общая подвижность населения

По данным табл. 1.6 подсчитываем общую подвижность населения города λ (передвижений в год), разделив все передвижения в городе ΣN на численность его населения A :

$$\lambda = \frac{\Sigma N}{A} = \frac{65\,456\,000}{90\,000} = 727.$$

Полученная подвижность населения включает в себя все передвижения: на транспорте и пешие. Для транспортных расчетов выделяем лишь те передвижения, которые связаны с использованием транспорта.

Число таких передвижений зависит от расстояний между пунктами тяготения и подсчитывается отдельно для каждого расчетного транспортного района. Для этого предварительно построим схему транспортной сети города.

1.5. Построение транспортной сети

При проектировании сети массового пассажирского транспорта необходимо учитывать следующие условия:

все основные пункты тяготения пассажиров и жилые районы связываются транспортными линиями по кратчайшим расстояниям;

наиболее удаленные от транспортной линии точки должны находиться от нее на расстоянии не более 550...600 м, т. е. в пределах пешеходной доступности;

линии транспорта по возможности трассируются вблизи от центра застройки района;

основные линии пассажирского транспорта проектируются по магистральным улицам и улицам, допускающим возможность пропуска всех предполагаемых видов транспорта.

Для рассматриваемого примера план города с выбранными направлениями транспортных линий показан на рис. 2.

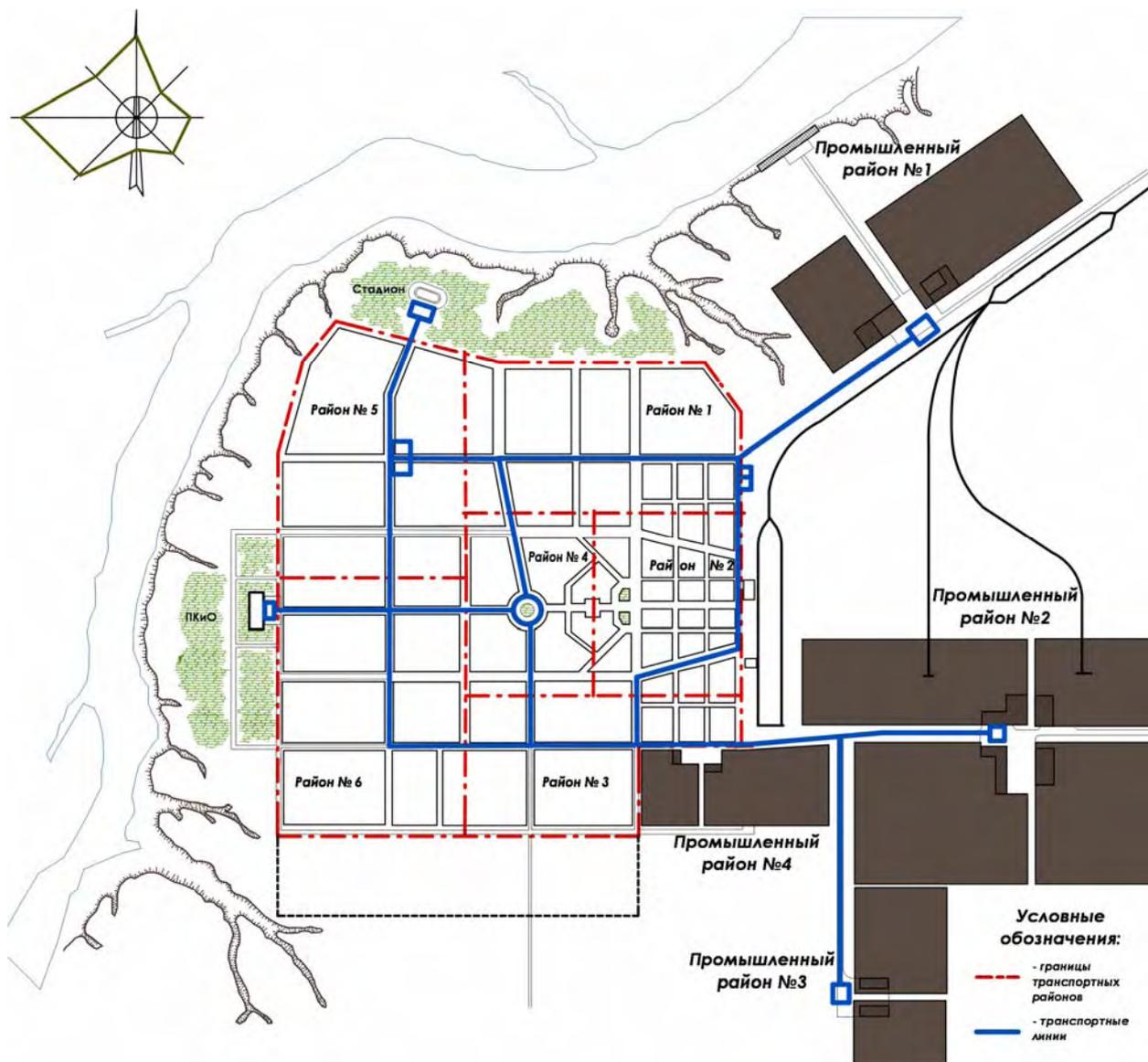


Рис. 2. План города с нанесением транспортной сети

1.6. Определение плотности транспортной сети

Плотность транспортной сети δ , км/км², определяем по формуле

$$\delta = \frac{L_0}{F},$$

где L_0 — общая протяженность транспортных линий, км; F — площадь жилой территории города, км².

В нашем случае

$$\delta = \frac{13,84}{6} = 2,3 \text{ км/км}^2.$$

Плотность транспортной сети находится в пределах допустимых норм (1,8...2,5 км/км²).

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК

2.1. Определение расстояний между районами

По запроектированной транспортной сети определяем связи между жилыми районами и пунктами тяготения. При пешем передвижении пути следования выбираем по кратчайшему расстоянию по уличной сети города, а при пользовании транспортом — по линиям транспорта. Для этого транспортную сеть разбиваем на участки, которые обозначаем цифрами. За границы участков принимаем транспортные узлы, а также точки, связывающие центры тяжести транспортных районов с линиями транспорта по кратчайшему расстоянию. Наименование участков и их протяженность записываем в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Протяженность участков транспортной сети, км

№ участка	Протяженность								
1	0,34	8	0,35	15	0,35	23	0,50	30	0,37
2	0,17	9	0,19	16	0,55	24	0,43	31	0,30
3	0,70	10	0,19	17	0,26	25	0,86	32	0,40
4	0,54	11	0,40	18	0,32	26	1,27	33	0,70
5	0,19	12	0,35	19	0,36	27	0,35	34	0,65
6	0,20	13	0,27	21	0,60	28	0,25	35	0,10
7	0,35	14	0,28	22	0,50	29	0,20	—	—

Данные о путях следования пассажиров на транспорте между транспортными расчетными районами и между районами и пунктами тяготения сводят в табл. 2.2.

Таблица 2.2

Пути следования пассажиров на транспорте

Транспортные районы и пункты тяготения	Транспортные районы						Промышленные зоны				Стадион	ПКЮ	
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4			
Транспортные районы	1	—	19, 18, 1	1, 19, 18, 17, 16, 15, 14	2, 3, 30, 29	2, 3, 4, 5	2,3,4, 5,6,7, 8,9	1, 21, 22	1, 19, 18, 17, 16, 15, 23, 24, 25	1, 19, 18, 17, 16, 15, 23, 24, 26	1, 19, 18, 17, 16, 15, 23	2, 3, 4, 31, 32	2, 3, 4, 5, 6, 7, 33
	2	—	—	17, 16, 15, 14	2, 3, 30, 29, 18, 19, 1	18, 19, 1, 2, 3, 4, 5	17, 16, 15, 14, 13, 12, 11, 10	18, 19, 21, 22	17, 16, 15, 23, 24, 25	17, 16, 15, 23, 24, 25	17, 16, 15, 23	18, 19, 1, 2, 3, 4, 31, 32	18, 19, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 33
	3	—	—	—	13, 27, 28, 35	13, 27, 28, 34, 7, 6	13, 12, 11, 10	14, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 22	14, 23, 24, 25	14, 23, 24, 26	14, 23	13, 27, 28, 35, 29, 30, 4, 31, 32	13, 12, 11, 10

Транспортные районы и пункты тяготения	Транспортные районы						Промышленные зоны				Стадион	ПКиО	
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4			
Транспортные районы	4	—	—	—	—	29, 30, 4, 5	35, 34, 8, 9	29, 30, 3, 21, 22	35, 28, 27, 13, 14, 23, 24, 25	35, 28, 27, 14, 13, 23, 24, 26	35, 28, 27, 13, 14, 23	29, 30, 4, 31, 32	35, 34, 33
	5	—	—	—	—	—	6, 7, 8, 9	5, 4, 3, 2, 1, 21, 22	6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 23, 24, 25	6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 23, 24, 26	6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 23	5, 31, 32	6, 7, 33
	6	—	—	—	—	—	—	9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1, 21, 22	10, 11, 12, 13, 14, 23, 24, 25	10, 11, 12, 13, 14, 23, 24, 26	10, 11, 12, 13, 14, 23	9, 8, 7, 6, 5, 31, 32	9, 8, 33
Промышленные зоны	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Стадион	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
ПКиО	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

Пользуясь табл. 2.1 и 2.2, определяем расстояния между районами и пунктами тяготения и записываем их значения в правой части (от диагонали) при передвижении на транспорте и в левой — при передвижении пешком. При этом значения расстояний при пешем передвижении до 3 км заполняем в табл. 2.3 (считается, что все передвижения свыше 3 км осуществляются на транспорте).

Таблица 2.3

Расстояние между районами и пунктами тяготения, км

Транспортные районы и пункты тяготения	Транспортные районы						Промышленные зоны				Стадион	ПК и О	
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4			
Транспортные районы	1	—	1,02	2,46	1,44	1,6	2,69	1,44	3,97	4,48	2,68	2,11	2,85
	2	1,02	—	1,44	2,09	2,62	2,65	1,78	2,05	3,36	1,66	3,13	3,87
	3	2,46	1,44	—	0,97	2,07	1,21	3,22	2,07	2,48	0,78	2,78	2,45
	4	1,44	2,09	0,97	—	1,30	1,29	2,88	3,04	3,45	1,75	1,81	1,45
	5	1,60	2,62	2,07	1,30	—	1,09	3,04	4,47	4,78	3,08	0,89	1,25
	6	2,69	2,65	1,21	1,29	1,09	—	4,13	3,28	3,69	1,99	1,98	1,24
Промышленные зоны	1	1,44	1,78	—	2,88	—	—	—	—	—	—	—	—
	2	—	2,05	2,07	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	3	—	—	2,48	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	4	2,68	1,66	0,78	1,75	—	1,99	—	—	—	—	—	—
Стадион	2,11	—	2,78	1,81	0,89	1,98	—	—	—	—	—	—	
ПКиО	2,85	—	2,45	1,45	1,25	1,24	—	—	—	—	—	—	

2.2. Определение времени сообщения между районами и пунктами тяготения

Число передвижений уменьшается с увеличением времени, затрачиваемого на передвижения. При определении корреспонденций можно считать, что число передвижений к общегородским пунктам тяготения (к стадиону, парку культуры и отдыха, городскому культурному центру, институтам и техникумам) из каждого транспортного района происходит пропорционально численности населения, проживающего в районе, и не зависит от времени, затрачиваемого на передвижение. В остальных случаях число передвижений уменьшается по мере увеличения затрачиваемого времени на передвижение пропорционально коэффициентам, приведенным в табл. 2.4.

Общее время, необходимое для преодоления расстояния между двумя пунктами, мин,

$$T = t_{п1} + t_{ож} + t_{дв} + t_{п2},$$

где $t_{п1}$ — затрата времени на подход к остановке транспорта; $t_{ож}$ — средняя затрата времени на ожидание транспорта; $t_{дв}$ — затрата времени на движение в транспорте; $t_{п2}$ — затрата времени на подход от остановки транспорта к пункту назначения.

Таблица 2.4

**Коэффициенты вероятности передвижений
в зависимости от затрачиваемого времени**

Время передвижения, мин	Максимальное время сообщения между наиболее отдаленными пунктами, мин	
	До 30	30...45
0...5	0,178	0,086
5...10	0,366	0,208
10...15	0,284	0,250
15...20	0,129	0,208
20...25	0,036	0,135
25...30	0,007	0,070
30...35	—	0,029
35...40	—	0,011
40...45	—	0,003
Итого	1	1

$$t_{ож} = \frac{t_i}{2},$$

где t_i — интервал времени между проездами маршрутного транспорта.

Затрату времени на движение в транспорте определяем делением расстояния передвижения по транспортной линии (табл. 2.3) на скорость сообщения:

$$t_{дв} = \frac{l_T}{V_c}.$$

Скорость сообщений принимаем равной 16 км/ч.

Считаем, что время, затрачиваемое на передвижения в пределах районов, в среднем составит 5 мин (из расчета среднего расстояния пешего передвижения на 350...450 м или поездки на расстояние до 1 км).

Результаты расчетов сводим в табл. 2.5 и 2.6.

Таблица 2.5

Затраты времени на сообщение между транспортными районами, мин

Транспортные районы и пункты тяготения		Транспортные районы					
		1	2	3	4	5	6
Транспортные районы	1	5	6,84	12,24	8,40	9	13,08
	2	—	5	8,40	10,80	12,80	12,90
	3	—	—	5	6,60	10,76	7,54
	4	—	—	—	5	7,88	7,84
	5	—	—	—	—	5	7,09
	6	—	—	—	—	—	5

Таблица 2.6

Время сообщения между транспортными районами и пунктами пассажирского тяготения, мин

Транспортные районы и пункты тяготения		Транспортные районы					
		1	2	3	4	5	6
Промышленные зоны	1	8,4	9,6	15,1	13,8	14,4	18,5
	2	18,0	14,0	11,0	14,4	20,0	15,3
	3	20,0	15,6	12,3	16,0	21,0	16,8
	4	13,1	9,2	5,9	9,6	14,6	10,5
Стадион		14	17,5	12,2	8,4	7,7	7,7
ПКиО		7,4	6,0	11,4	12,8	13,4	15,9

Корреспонденции между промышленными зонами, с одной стороны, и парком культуры и отдыха, стадионом, центром города — с другой, будут незначительными и в расчет не принимаются, поэтому затраты времени на сообщения между ними не подсчитываются.

2.3. Определение коэффициентов вероятности передвижения

На основании данных табл. 2.5, 2.6 и 2.4 находим коэффициенты вероятности передвижения между пунктами тяготения [4]. При определении этих коэффициентов данные табл. 2.4 берем из той колонки, которая соответствует максимальному времени сообщения между наиболее отдаленными пунктами. В нашем примере это время составляет 21 мин, поэтому данные берем из первой колонки. Результаты расчетов сводим в табл. 2.7.

Число передвижений из каждого района в промышленные зоны и другие районы пропорционально численности его населения и коэффициенту вероятности передвижения, а к стадиону, парку культуры и отдыха, центру города, высшим учебным заведениям и техникумам — пропорционально только численности населения.

Коэффициенты пропорциональности определяем по формуле

$$K_i = \frac{a_i}{A},$$

где K_i — коэффициент пропорциональности для i -го транспортного района; a_i — численность населения i -го транспортного района; A — общая численность населения города.

Таблица 2.7

Коэффициенты вероятности передвижения между пунктами тяготения

Транспортные районы и пункты тяготения	Транспортные районы						
	1	2	3	4	5	6	
Транспортные районы	1	0,178	0,366	0,284	0,366	0,366	0,284
	2	0,366	0,178	0,366	0,284	0,284	0,284
	3	0,284	0,366	0,178	0,366	0,284	0,366
	4	0,366	0,284	0,366	0,178	0,366	0,366
	5	0,366	0,284	0,284	0,366	0,178	0,366
	6	0,284	0,284	0,366	0,366	0,366	0,178
Промышленные зоны	1	0,366	0,366	0,129	0,284	0,284	0,129
	2	0,129	0,284	0,284	0,284	0,129	0,129
	3	0,129	0,129	0,284	0,129	0,366	0,129
	4	0,284	0,366	0,366	0,366	0,284	0,284

Полученные данные сводим в табл. 2.8.

Таблица 2.8

Коэффициенты пропорциональности

Транспортные районы	Коэффициенты пропорциональности	Транспортные районы	Коэффициенты пропорциональности	Транспортные районы	Коэффициенты пропорциональности
1	0,203	3	0,165	5	0,128
2	0,177	4	0,103	6	0,224

$$K = 1$$

2.4. Определение количества передвижений между транспортными районами и из транспортных районов к пунктам тяготения

Величины, приведенные в табл. 2.9, выраженные в процентах, представляют собой относительные размеры передвижений (табл. 2.10).

По аналогии с табл. 2.10 составляем таблицу передвижений к общегородским пунктам массового тяготения — стадиону, ПКиО, центру города (табл. 2.11), используя коэффициенты пропорциональности из табл. 2.8.

Таблица 2.9

**Значение коэффициентов вероятности передвижений,
умноженных на коэффициенты пропорциональности**

Транспортные районы и пункты тяготения		Транспортные районы						Всего
		1	2	3	4	5	6	
Транспортные районы	1	0,036	0,065	0,047	0,038	0,047	0,064	0,297
	2	0,074	0,032	0,06	0,029	0,036	0,064	0,295
	3	0,058	0,065	0,029	0,038	0,036	0,082	0,308
	4	0,074	0,05	0,06	0,018	0,047	0,082	0,331
	5	0,074	0,05	0,047	0,038	0,023	0,082	0,314
	6	0,058	0,05	0,06	0,038	0,047	0,04	0,293
Промышленные зоны	1	0,074	0,065	0,021	0,029	0,036	0,029	0,254
	2	0,026	0,05	0,047	0,029	0,017	0,029	0,198
	3	0,026	0,032	0,047	0,013	0,047	0,029	0,194
	4	0,058	0,065	0,06	0,038	0,036	0,064	0,321

Таблица 2.10

Число трудовых передвижений к пунктам тяготения, %

Транспортные районы и пункты тяготения		Транспортные районы						Всего
		1	2	3	4	5	6	
Транспортные районы	1	12,1	21,9	15,8	12,8	15,8	21,6	100
	2	25,1	10,8	20,3	9,8	12,3	21,7	100
	3	18,8	21,2	9,4	12,3	11,7	26,6	100
	4	22,4	15,1	18,1	5,4	14,2	24,8	100
	5	23,6	15,9	15,0	12,1	7,3	26,1	100
	6	19,8	17,1	20,5	11,9	17,0	13,7	100
Промышленные зоны	1	29,1	25,6	8,3	11,4	14,2	11,4	100
	2	13,2	25,3	23,7	14,6	8,6	14,6	100
	3	13,5	16,5	24,2	6,7	24,2	14,9	100
	4	18,2	20,2	18,7	11,8	11,2	19,9	100

Таблица 2.11

**Число культурно-бытовых передвижений
к общегородским пунктам тяготения и учебным заведениям, %**

Транспортные районы и пункты тяготения	Транспортные районы						Всего
	1	2	3	4	5	6	
Стадион	20,3	17,7	16,5	10,3	12,8	22,4	100
ПКиО	20,3	17,7	16,5	10,3	12,8	22,4	100
Центр города	20,3	17,7	16,5	10,3	12,8	22,4	100
Вузы и техникумы	20,3	17,7	16,5	10,3	12,8	22,4	100

2.5. Определение количества передвижений

Вначале рассчитаем количество трудовых передвижений в городе. Кроме промышленных зон 1...4 остальные места работы трудящихся города условно считаем равномерно распределенными по территории города. Численность работающих в 1-й промышленной зоне 9 тыс., во 2-й — 12 тыс., в 3-й — 7 тыс., в 4-й — 2 тыс. человек.

Имея данные о распределении передвижений к пунктам тяготения, выраженные в процентах, определяем их количественное значение. Для этого вычисляем общий годовой объем передвижений и приравниваем его к 100 %. Число годовых передвижений в обоих направлениях составит $550M$. Здесь 550 — число трудовых передвижений в год, приходящихся на одного трудящегося жителя города, M — численность работающих в промышленной зоне.

Общее число трудовых передвижений в транспортные районы определяем следующим образом:

$$N'_T = N_T - (N_{\text{пр}_1} + N_{\text{пр}_2} + N_{\text{пр}_3} + N_{\text{пр}_4}),$$

где N_T — общее число годовых трудовых и деловых передвижений по городу из табл. 1.6 ($N_T = 27\,225$ тыс. в год); $N_{\text{пр}_1}$, $N_{\text{пр}_2}$, $N_{\text{пр}_3}$, $N_{\text{пр}_4}$ — число трудовых и деловых передвижений в год к промышленным зонам 1...4.

Для рассматриваемого примера число трудовых передвижений в год к промышленным зонам составит, тыс.:

$$N_{\text{пр}_1} = 550 \cdot 9 = 4\,950;$$

$$N_{\text{пр}_2} = 550 \cdot 12 = 6\,600;$$

$$N_{\text{пр}_3} = 550 \cdot 7 = 3\,850;$$

$$N_{\text{пр}_4} = 550 \cdot 2 = 1\,100.$$

Таким образом, общее число трудовых и деловых передвижений, тыс., в транспортные районы равно

$$N'_T = 27\,225 - (4\,950 + 6\,600 + 3\,850 + 1\,100) = 10\,725.$$

Число трудовых и деловых передвижений в каждый транспортный район находим из формулы

$$N'_{T_i} = N'_T K_i,$$

где i — номер транспортного района; K_i — коэффициент пропорциональности для i -го транспортного района (см. табл. 2.8).

В соответствии с процентным распределением передвижений из каждого транспортного района в другие транспортные районы и в промышленные зоны (табл. 2.10) составляем таблицу корреспонденций трудовых передвижений, тыс. передвижений (табл. 2.12). Вначале в последнюю колонку записываем количество трудовых и деловых передвижений в транспортные районы N'_{T_i} и отдельным промышленным зонам, а затем производим их процентное распределение по транспортным районам.

**Трудовые передвижения в целом по городу за год
в оба направления, тыс. пасс.**

Транспортные районы и пункты тяготения		Транспортные районы						Всего
		1	2	3	4	5	6	
Транспортные районы	1	263	477	344	279	344	470	2 177
	2	476	205	385	186	233	413	1 898
	3	333	375	166	218	207	471	1 770
	4	244	165	195	60	156	285	1 105
	5	324	218	207	166	100	358	1 373
	6	476	411	492	286	408	329	2 402
Промышленные зоны	1	1 440	1 267	412	564	703	564	4 950
	2	870	1 670	1 564	964	568	964	6 600
	3	520	634	932	258	932	574	3 850
	4	200	222	206	130	124	219	1 100

Таким же образом подсчитываем общее число культурно-бытовых передвижений к общегородским пунктам тяготения и между транспортными районами, а также передвижения на учебу. Число передвижений в год к стадиону и обратно принимаем из расчета, что стадион функционирует 6 месяцев в году (с мая по октябрь), число календарных игр в неделю составляет 3, средняя заполняемость стадиона обычно составляет 60 % полной вместимости.

Годовое число передвижений в оба направления к стадиону составит:

$$N_{ст} = (26 \cdot 3 \cdot 2)0,6V_{ст} = 26 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 0,6 \cdot 10\,000 = 936\,000,$$

где 26 — число недель в игровой сезон; 3 — число игр в неделю; 2 — число передвижений одного посетителя; $V_{ст}$ — вместимость стадиона.

При определении числа передвижений к парку культуры и отдыха принимаем, что:

а) парк функционирует круглый год;

б) в летний и весенний сезоны ежедневно число посетителей составляет в среднем 30 % расчетной максимальной посещаемости, в осенний и зимний периоды — 10 %.

Годовое число передвижений в обоих направлениях к парку культуры и отдыха составит:

$$\begin{aligned} N_{п.к} &= (180 \cdot 2)0,3V_{п.к} + (180 \cdot 2)0,1V_{п.к} = \\ &= 180 \cdot 2 \cdot 0,3 \cdot 7\,000 + 180 \cdot 2 \cdot 0,1 \cdot 7\,000 = 1\,008\,000, \end{aligned}$$

где 180 — число дней работы парка в весенне-летний и осенне-зимний сезоны; 0,3 и 0,1 — коэффициенты, учитывающие процент посетителей в соответствующие периоды от расчетной вместимости; $V_{п.к}$ — расчетная максимальная посещаемость парка, равная 7000 чел.

Годовое число передвижений к общегородскому центру и обратно подсчитываем исходя из предположения, что одно посещение приходится на одного жителя в месяц:

$$N_{ц.г} = 12 \cdot 1 \cdot 2A = 12 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 90\,000 = 2\,160\,000,$$

где 12 — число месяцев в году; 1 — число посещений в месяц на одного жителя; 2 — число передвижений за одно посещение; A — численность населения города (90 тыс. чел.).

Число остальных передвижений составит:

$$N_{к-б} = N_k - (N_{ст} + N_{п.к} + N_{ц.г}) = 31\,536\,000.$$

Число передвижений из транспортных районов к пунктам тяготения подсчитываем, соответственно умножая $N_{ц.г}$, $N_{п.к}$, $N_{ст}$ на коэффициенты пропорциональности K_1, K_2, \dots, K_6 , а передвижения в транспортные районы — умножением на показатели, приведенные в табл. 2.10.

Результаты расчетов сводим в табл. 2.13.

Таблица 2.13

Культурно-бытовые передвижения и передвижения на учебу за год в обоих направлениях, тыс. пасс.

Транспортные районы и пункты тяготения		Транспортные районы						Всего
		1	2	3	4	5	6	
Транспортные районы	1	775	1 402	1 012	818	1 012	1 383	6 402
	2	1 401	603	1 133	547	687	1 211	5 582
	3	978	1 103	489	640	609	1 384	6 402
	4	782	490	588	175	461	806	3 248
	5	952	642	606	488	295	1054	4 037
	6	1 399	1 208	1 448	841	1200	968	7 064
Стадион		190	166	154	96	120	210	936
ПКиО		205	178	166	104	129	226	1 008
Центр города		438	383	356	223	276	484	2 160
Вузы и техникумы		526	459	428	267	332	580	2 592

$$N_k = 35\,640.$$

Здесь же приводим подсчеты передвижений к вузам и техникумам. Общее число передвижений на учебу N_y принимаем по табл. 1.6 и распределяем между районами в соответствии с их удельными весами (табл. 2.11).

2.6. Определение размеров передвижений на транспорте

Все передвижения, приведенные в табл. 2.12 и 2.13, включают в себя пешие и транспортные. Отношение числа передвижений, совершаемых на транспорте, к общему числу передвижений на данное расстояние называется коэффициентом пользования транспортом ρ .

Значение коэффициентов пользования транспортом принимаем в соответствии с данными, приведенными в табл. 2.14.

Таблица 2.14

Коэффициенты пользования транспортом ρ

Категории передвижений	Коэффициент при дальности передвижений, км					
	До 1	1...1,5	1,5...2	2...2,5	2,5...3	Более 3
Трудовые и на учебу	0,20	0,50	0,75	0,95	1	1
Культурно-бытовые	0,15	0,45	0,65	0,80	0,95	1

Пользуясь таблицей расстояний между районами и пунктами тяготения (табл. 2.3) и данными табл. 2.14, устанавливаем коэффициенты пользования транспортом при всех видах передвижений (табл. 2.15 и 2.16).

Таблица 2.15

Коэффициенты пользования транспортом при трудовых передвижениях

Транспортные районы и пункты тяготения		Транспортные районы					
		1	2	3	4	5	6
Промышленные зоны	1	0,50	0,75	1	1	1	1
	2	1	0,95	0,95	1	1	1
	3	1	1	0,95	1	1	1
	4	1	0,75	0,20	0,75	1	0,75
Транспортные районы	1	0,20	0,50	0,95	0,50	0,75	1
	2	—	0,20	0,50	0,95	1	1
	3	—	—	0,20	0,50	0,95	0,50
	4	—	—	—	0,20	0,50	0,50
	5	—	—	—	—	0,20	0,50
	6	—	—	—	—	—	0,20

Таблица 2.16

Коэффициенты пользования транспортом при культурно-бытовых передвижениях и на учебу

Транспортные районы и пункты тяготения		Транспортные районы					
		1	2	3	4	5	6
Стадион		0,80	1	0,95	0,65	0,15	0,65
ПКиО		0,95	1	0,80	0,45	0,45	0,45
Центр города		0,45	0,80	0,15	0,15	0,65	0,65
Транспортные районы	1	0,15	0,45	0,80	0,45	0,65	0,95
	2	—	0,15	0,45	0,80	0,95	0,95
	3	—	—	0,15	0,15	0,80	0,45
	4	—	—	—	0,15	0,45	0,45
	5	—	—	—	—	0,15	0,45
	6	—	—	—	—	—	0,15
Вузы и техникумы		0,80	0,65	0,20	0,65	0,95	0,20

Для подсчета числа поездок на транспорте количество передвижений, показанное в табл. 2.12 и 2.13, умножаем на коэффициенты пользования транспортом. Умножив поклеточно показатели табл. 2.12 и 2.15, получаем число поездок на транспорте при трудовых передвижениях, а соответственно табл. 2.13 и 2.16 — число поездок при культурно-бытовых передвижениях и при передвижениях на учебу. Эти данные сводим в табл. 2.17 и 2.18.

Таблица 2.17

**Поездки на транспорте при трудовых передвижениях за год
в обоих направлениях, тыс. пасс.**

Транспортные районы и пункты тяготения		Транспортные районы						Всего
		1	2	3	4	5	6	
Про-мышленн-ные зоны	1	720	950	412	564	703	564	3 913
	2	870	1 587	1 486	964	568	964	6 429
	3	520	634	885	258	932	574	3 803
	4	200	167	41	98	124	164	794
Транспортные районы	1	53	239	327	140	258	470	1 487
	2	238	41	193	177	233	413	1 295
	3	316	188	33	109	197	236	1 079
	4	122	155	98	12	78	143	718
	5	243	218	197	83	20	179	940
	6	476	411	246	143	204	66	1 546

$\Pi_T = 22\ 004$

Таблица 2.18

**Поездки на транспорте при культурно-бытовых передвижениях и на учебу
за год в обоих направлениях, тыс. пасс.**

Транспортные районы и пункты тяготения		Транспортные районы						Всего
		1	2	3	4	5	6	
Стадионы		152	166	146	62	18	137	681
ПКиО		195	178	133	47	58	99	710
Центр города		197	306	53	33	179	315	1 083
Транспортные районы	1	116	631	810	368	658	1 314	3 897
	2	630	90	510	438	653	1 150	3 471
	3	782	496	73	96	487	623	2 557
	4	328	392	88	26	207	363	1 404
	5	619	610	485	220	44	474	2 452
	6	1 329	1 148	652	378	540	145	4 192
Вузы и техникумы		447	298	86	174	315	116	1 436

$\Pi_K = 21\ 883$

Сумма итогов табл. 2.17 и 2.18 дает размеры всех пассажирских перевозок по городу в год.

Общий размер годовых перевозок по городу, тыс. пасс.,

$$\Pi_0 = \Pi_T + \Pi_K = 22\ 004 + 21\ 883 = 43\ 887.$$

Транспортная подвижность населения города (поездок в год на одного жителя)

$$\lambda = \frac{\Pi_0}{A} = \frac{43\ 887\ 000}{90\ 000} = 488.$$

2.7. Определение объема работы транспорта

Объем работы транспорта равен произведению числа транспортных перевозок на дальность поездки.

Для получения объема работы транспорта умножаем данные табл. 2.17 и 2.18 на расстояния между транспортными районами и пунктами тяготения пассажиров по линии транспорта, которые приведены в правой (от диагонали) части табл. 2.3.

Результаты подсчетов сводим в табл. 2.19 и 2.20.

Таблица 2.19

**Годовой объем работы транспорта при трудовых передвижениях,
тыс. пасс.·км**

Транспортные районы и пункты тяготения		Транспортные районы						Всего
		1	2	3	4	5	6	
Промышленные зоны	1	1 037	1 691	1 327	1 624	2 137	2 312	10 128
	2	3 554	3 253	3 076	2 931	2 539	3 162	18 515
	3	2 330	2 130	22 195	890	4 455	2 118	14 118
	4	536	277	32	172	382	326	1 725
Транспортные районы	1	53	244	804	202	413	1 264	2 980
	2	243	41	278	370	610	1 094	2 636
	3	777	271	33	104	408	286	1 879
	4	176	324	95	12	101	184	892
	5	389	571	408	108	20	195	1 691
	6	1 280	1 089	298	184	222	66	3 139

$\Sigma_{Tl} = 57\,703$

Таблица 2.20

**Годовой объем работы транспорта при культурно-бытовых передвижениях
и передвижениях на учебу, тыс. пасс.·км**

Транспортные районы и пункты тяготения		Транспортные районы						Всего
		1	2	3	4	5	6	
Стадионы		321	520	406	112	16	271	1 646
ПКиО		556	689	326	68	73	123	1 835
Центр города		284	640	51	33	233	406	1 647
Транспортные районы	1	116	688	1 993	530	1 053	3 535	7 915
	2	643	90	734	915	1 711	3 047	6 407
	3	1 924	714	73	93	1 008	754	4 566
	4	472	819	85	26	269	468	2 139
	5	990	1 598	1 004	286	44	611	4 533
	6	3 575	3 042	789	488	589	145	8 628
Вузы и техникумы		894	447	86	261	788	58	2 534

$\Sigma_{Kl} = 41\,790$

2.8. Определение средней дальности поездки пассажиров

Среднюю дальность поездки пассажиров подсчитываем по формуле

$$l_{\text{ср}} = \frac{(\Pi_{\text{Т}}l + \Pi_{\text{К}}l)}{(\Pi_{\text{К}} + \Pi_{\text{Т}})},$$

где $(\Pi_{\text{Т}}l + \Pi_{\text{К}}l)$ — показатель работы транспорта за год, тыс. пасс.·км.

Сетевая средняя дальность поездки, км, при культурно-бытовых передвижениях в нашем примере

$$l_{\text{с,к-б}} = 41\,790 / 21\,883 = 1,91.$$

Сетевая средняя дальность поездки, км, при трудовых передвижениях в нашем примере

$$l_{\text{ср}} = 57\,703 / 22\,004 = 2,6.$$

В целом по городу при передвижениях на транспорте сетевая средняя дальность поездки, км,

$$e_{\text{с}} = (41\,790 + 57\,703) / (21\,883 + 22\,004) = 2,27.$$

3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ МАРШРУТОВ ГОРОДСКОГО МАССОВОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА

При проектировании маршрутных систем необходимо руководствоваться следующими положениями:

маршрутная система организуется на запроектированной транспортной сети с внесением в нее при необходимости коррективов;

начертание маршрутов следует направлению основных пассажиропотоков, а загрузка маршрутов по длине должна быть по возможности равномерной;

проектируемая маршрутная система должна обеспечивать беспересадочное сообщение для наибольшего числа пассажиров;

интервалы движения на запроектированных маршрутах должны находиться в пределах: минимальный — 1,5 мин, максимальный — 8 мин;

минимальная протяженность маршрутов должна быть не меньше расстояния, на преодоление которого при пешем хождении затрачивается 30 мин;

отношение общей длины маршрута к расстоянию по прямой линии между конечными его пунктами не должно превышать 1,3...1,8 (исключая кольцевые маршруты).

Исходным материалом для проектирования маршрутной системы служит картограмма пассажиропотоков, которая представляет собой графическое изображение загрузки пассажирами участков транспортной сети за определенный период времени.

3.1. Построение картограммы пассажиропотоков

Для построения картограммы пассажиропотоков необходимо знать размеры потоков по участкам транспортной сети. Данные о размерах перевозок (табл. 2.17 и 2.18) между пунктами тяготения разносим по участкам сети, пользуясь табл. 2.2. Для этого составляем табл. 3.1.

Используя данные табл. 2.17 и 2.18, распределим потоки по участкам сети. В первой строке табл. 2.17 содержатся сведения о промышленной зоне 1.

Таблица 3.1

Размеры транспортных потоков в год, тыс. пасс.

Обозначение участков сети	Транспортные потоки на участках	Всего
1	2	3
1	720, 564, 703, 564, 870, 520, 200, 116, 53, 631, 239, 327, 810, 238, 630, 177, 438, 233, 653, 316, 782, 155, 329, 306, 218, 610, 166, 178	11 746
2	564, 703, 564, 53, 116, 368, 140, 258, 658, 470, 1314, 177, 438, 233, 653, 122, 197, 328, 155, 329, 306, 243, 619, 218, 610, 476, 1329, 174, 166, 152, 195, 178	12 506
3	564, 703, 564, 368, 140, 258, 658, 470, 1314, 177, 438, 233, 653, 122, 197, 328, 155, 329, 306, 243, 619, 218, 610, 476, 1329, 152, 166, 195, 178	12 163
4	703, 546, 258, 658, 470, 1314, 233, 653, 78, 207, 179, 243, 619, 218, 610, 83, 220, 476, 1329, 86, 152, 166, 146, 62, 195, 178	10 100
5	703, 564, 258, 658, 470, 1314, 233, 653, 78, 207, 179, 243, 619, 218, 610, 83, 220, 20, 44, 476, 1329, 86, 166, 18, 195, 178	11 822
6	564, 568, 932, 1 24, 470, 1314, 197, 487, 197, 465, 20, 44, 79, 474, 476, 1329, 204, 315, 298, 137, 195, 178, 58	9 225
7	546, 568, 932, 124, 470, 1314, 197, 487, 197, 465, 179, 474, 476, 1329, 204, 315, 137, 195, 178, 58	8 863
8	564, 568, 932, 124, 470, 1314, 143, 363, 315, 179, 474, 476, 1329, 143, 378, 204, 315, 66, 145, 447, 137, 133, 137	9 356
9	564, 568, 932, 124, 470, 1314, 143, 363, 315, 179, 474, 476, 1329, 143, 378, 204, 315, 298, 137, 133, 137	8 996
10	568, 964, 932, 574, 124, 164, 413, 1150, 236, 623, 411, 1148, 246, 652, 315, 133	8 653
11	568, 964, 932, 574, 124, 164, 413, 1150, 236, 623, 411, 1148, 246, 652, 66, 145, 447, 315, 133	9 311
12	568, 964, 932, 574, 124, 164, 413, 1 150, 33, 73, 236, 623, 411, 1148, 246, 652, 174, 133	8 618
13	964, 568, 964, 258, 932, 574, 98, 124, 164, 413, 1150, 33, 73, 109, 96, 197, 487, 236, 623, 98, 88, 53, 197, 465, 41 1, 1 148, 240, 652, 116, 146, 133	11 810
14	412, 1486, 964, 568, 964, 885, 258, 932, 574, 41, 98, 124, 164, 327, 810, 193, 510, 413, 1150, 716, 782, 188, 496, 33, 73, 411, 1148, 116.	14 436

Обозначение участков сети	Транспортные потоки на участках	Всего
1	2	3
15	412, 870, 1587, 520, 634, 200, 167, 327, 810, 193, 510, 413, 1150, 316, 782, 188, 496, 411, 1148	10 134
16	412, 870, 1587, 520, 634, 200, 167, 327, 810, 41, 90, 193, 510, 413, 1150, 316, 782, 188, 496, 411, 1148.	11 265
17	412, 870, 1587, 520, 634, 200, 167, 327, 810, 41, 90, 193, 510, 413, 1150, 316, 782, 188, 496, 411, 1148	11 265
18	950, 412, 870, 520, 200, 631, 239, 327, 810, 238, 630, 41, 90, 177, 438, 233, 653, 316, 782, 155, 329, 306, 218, 610, 166, 178	10 516
19	950, 412, 870, 520, 200, 631, 239, 327, 810, 238, 630, 177, 438, 233, 653, 316, 782, 155, 329, 306, 218, 610, 166, 178	10 388
21	720, 950, 412, 564, 703, 564	3 913
22	720, 950, 412, 564, 703, 564	3 913
23	870, 1587, 1486, 964, 568, 964, 520, 634, 885, 258, 932, 574, 200, 167, 42, 98, 124, 164	11 026
24	870, 1587, 1486, 964, 568, 964, 520, 634, 885, 258, 932, 574	10 242
25	870, 1587, 1486, 964, 568, 964	6 439
26	520, 634, 885, 258, 932, 574	3 803
27	964, 258, 98, 109, 96, 197, 487, 98, 88, 53, 197, 465, 146	3 256
28	964, 258, 98, 109, 96, 197, 487, 98, 88, 53, 12, 33, 146, 197, 465	3 327
29	564, 368, 140, 177, 438, 122, 197, 328, 155, 329, 306, 12, 26, 33, 78, 207, 179, 143, 363, 315, 83, 220, 146, 62	4 991
30	564, 368, 140, 177, 438, 122, 197, 328, 155, 329, 306, 78, 207, 179, 143, 363, 315, 83, 220, 146, 62	4 920
31	152, 166, 146, 62, 18, 137	681
32	152, 166, 146, 62, 18, 137	681
33	195, 178, 133, 47, 58, 137	748
34	197, 487, 197, 465, 143, 378, 47	1 914
35	964, 258, 98, 109, 96, 98, 88, 53, 143, 378, 146, 47	2 478

Поездки в нее совершаются из всех транспортных районов. Например, из транспортного района 1 в год совершается в промышленную зону 1 и обратно 720 тыс. поездок. Как видно из табл. 2.2, пассажиры проезжают по транспортной сети участки 1—21—22. Вписываем в табл. 3.1 это значение для всех указанных участков. Аналогично производим распределение пассажиропотоков из других транспортных районов.

Суммируя поочередно данные, внесенные в табл. 3.1 из табл. 2.17 и 2.18, получаем размеры пассажиропотоков по каждому участку транспортной сети. По этим данным строим картограмму.

Предварительно вычерчиваем схему транспортной сети. Линии транспортной сети являются осевыми линиями, от которых в обе стороны откладываем в масштабе половинные величины суммарных потоков на участках.

Соединяя точки линиями, параллельными осевой, получаем графически выраженный пассажиропоток на данном участке. Для нашего примера построенная картограмма пассажиропотоков приведена на рис. 3.

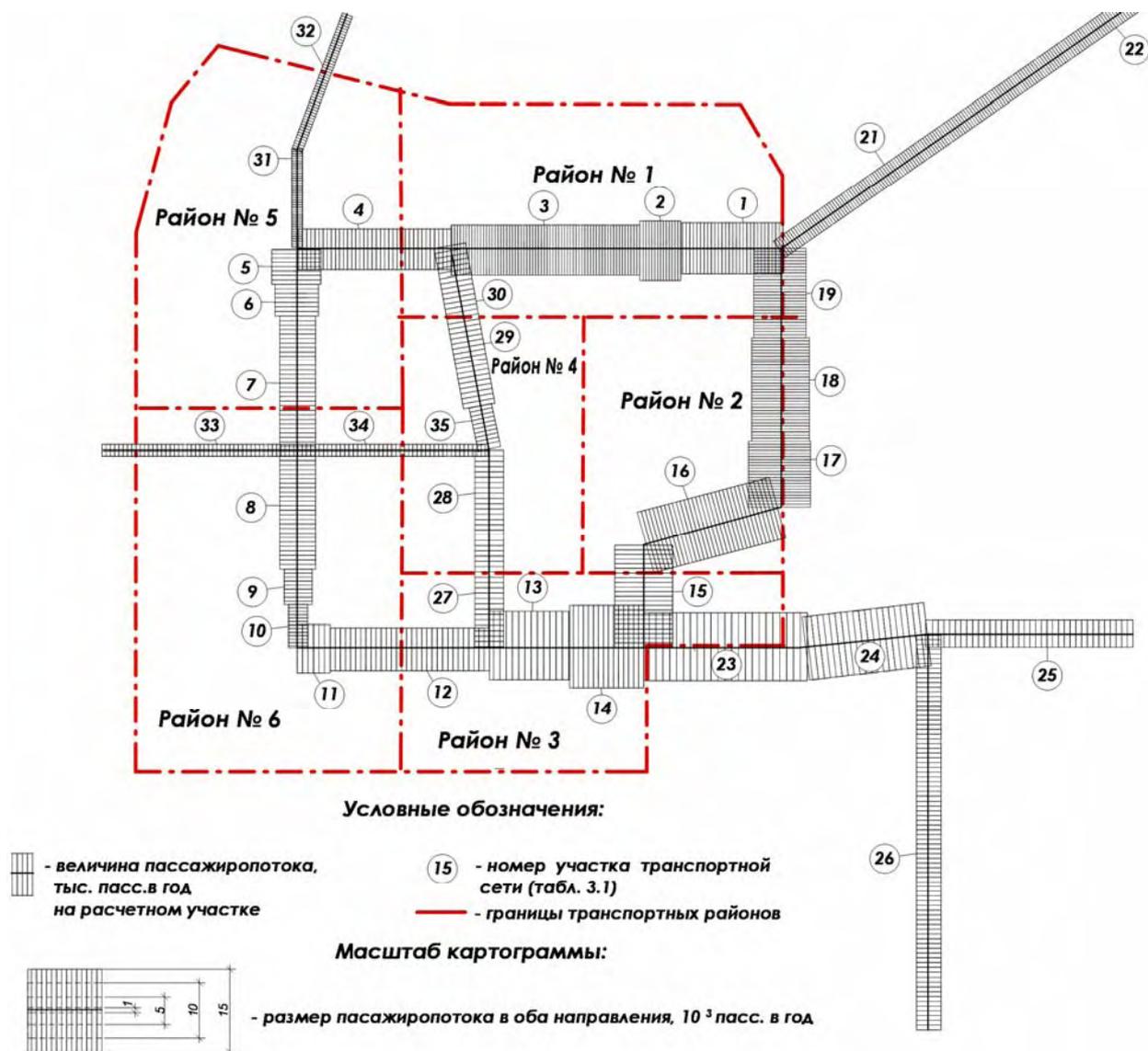


Рис. 3. Картограмма пассажирских потоков

3.2. Построение маршрутной системы

Построение маршрутной системы начинаем с проектирования маршрутов между пунктами, характеризующимися самыми мощными пассажиропотоками, затем переходим к менее мощным потокам. Минимальный часовой пассажиропоток, для которого целесообразна организация маршрута, пасс./ч, определим по формуле

$$P_{\min} = m \cdot 60 / f,$$

где m — минимальная вместимость подвижного состава городского автобуса; $60 / f$ — частота движения на маршруте, маш./ч, здесь f — максимальный интервал движения в минутах.

Поскольку на данном этапе еще неизвестно, какие виды транспорта будут выбраны, расчеты проводим по показателям вместимости подвижного состава, приведенным в табл. 3.2.

Для нашего примера, руководствуясь изложенными выше положениями и картограммой пассажиропотоков, проектируем 5 маршрутов (рис. 4), соединяющих:

маршрут № 1 — ПКиО с промышленной зоной № 1 через транспортные районы 6, 4, 1 и указанные транспортные районы с центром города;

маршрут № 2 — транспортные районы 5, 6, 3 с промышленной зоной № 2 и № 4;

маршрут № 3 — транспортные районы 5, 1, 2, 3 с промышленной зоной № 3 и № 4;

маршрут № 4 — стадион с транспортными районами 5, 1, 4, 3, 2 и одновременно указанные районы с центром города;

маршрут № 5 транспортные районы 1, 2, 3, 5, 6.

В табл. 3.3 приведены основные данные по запроектированным маршрутам.

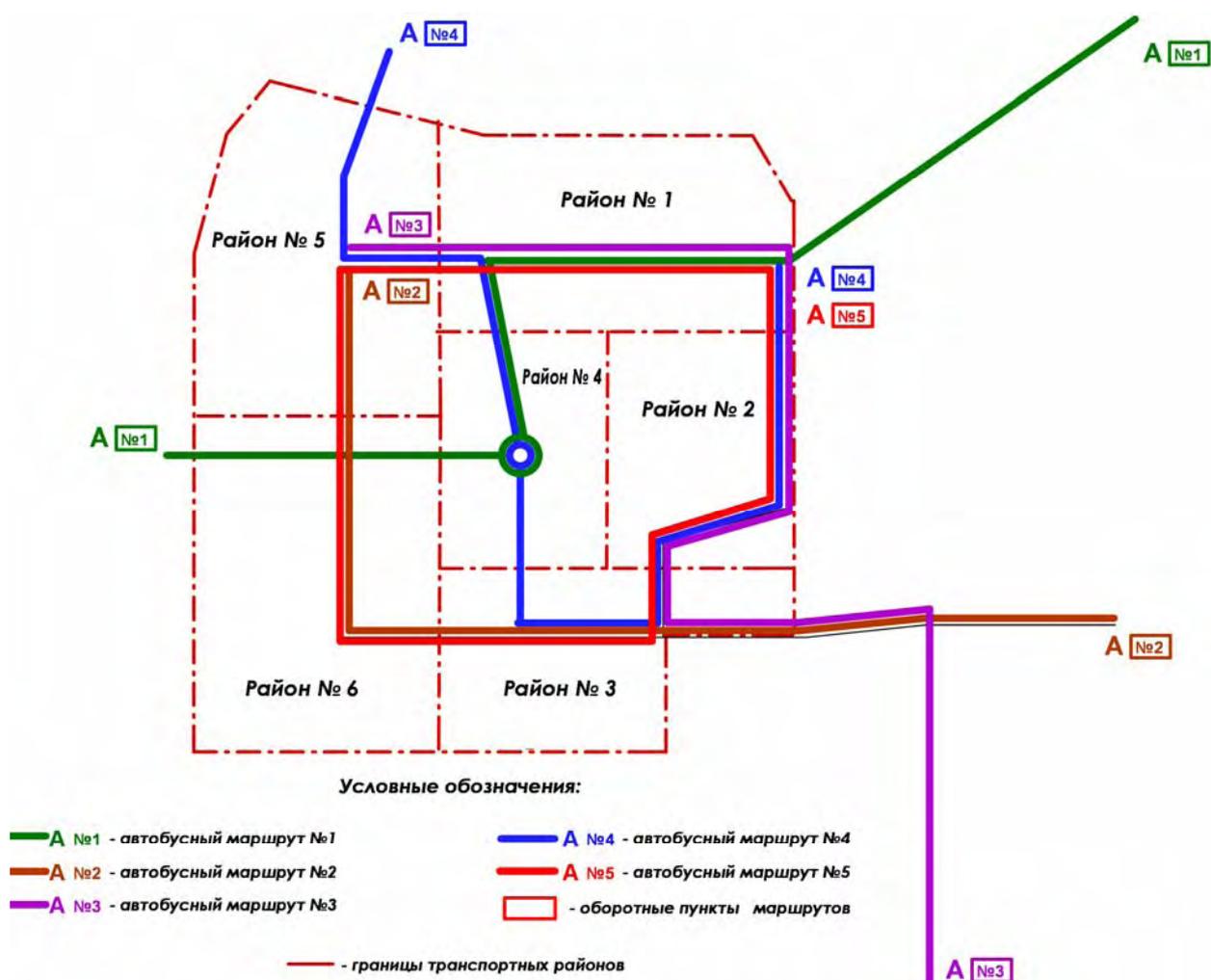


Рис. 4. Схема маршрутов общественного пассажирского транспорта

Таблица 3.2

**Вместимость и провозная способность различных видов транспорта
и типов подвижного состава, чел.**

Вид транспорта и тип подвижного состава	Вместимость		Провозная способность в час пик
	нормальная	в час пик	
Автобусы вместимостью:			
малой	31	37	3 300
средней	48	65	5 850
большой	60	80	7 200
особо большой	90	120	10 800
Троллейбусы вместимостью:			
средней	57	75	6 750
большой	68	88	7 900
особо большой	105	140	12 600
Трамвайные вагоны:			
поезд из двухосных вагонов	140	190	11 400
четырёхосный вагон	103	136	820
шестиосный вагон	130	180	10 800
восьмиосный вагон	170	235	14 100

Таблица 3.3

Протяженность маршрутов и коэффициенты непрямолинейности

№ маршрута	Длина маршрута, км	Расстояние между конечными пунктами по прямой, км	Коэффициент непрямолинейности	Примечание
1	4,33	3,75	1,15	—
2	4,91	3,45	1,40	—
3	5,79	3,63	1,60	—
4	4,53	—	—	Маршрут полукольцевой
5	6,36	—	—	Маршрут кольцевой

Маршрутный коэффициент запроектированной маршрутной системы (отношение суммы длины всех маршрутов к длине транспортной сети) составляет

$$M = \frac{L_M}{L_C} = \frac{25,92}{13,84} = 1,87.$$

Проверяем запроектированную маршрутную систему на провозную способность для участков с максимальными пассажиропотоками в час пик. Таким участком сети является 14-й.

Максимальный пассажиропоток на участке 14, взятый из табл. 3.1, в час пик в наиболее загруженном направлении определим по формуле

$$P_{ч14} = P_{14} \varepsilon a \frac{K_{п}}{2 \cdot 365} = 14\,436 \cdot 1,6 \cdot 1,1 \frac{0,1}{2} 365 = 3,48,$$

где P_{14} — годовой пассажиропоток на участке 14, тыс. пасс./ч; ε — коэффициент неравномерности потока по направлениям; a — коэффициент сезонной неравномерности потоков; $K_{п}$ — коэффициент суточной неравномерности.

Сравнивая эти величины с данными табл. 3.2, можно установить, какие виды транспорта и какой тип подвижного состава необходимы для освоения пассажиропотоков на наиболее загруженных участках транспортной сети.

4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРЕБУЕМОГО КОЛИЧЕСТВА ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ТРАНСПОРТА

Для перевозки пассажиров с заданными интервалами движения подвижной состав общественного транспорта для данного города принимаем состоящим из трех типов со следующим распределением перевозок между ними, % :

малой вместимости 37-местные.....	30
средней вместимости 65...75-местные.....	60
большой вместимости 80...88-местные.....	10
Итого.....	100

Для указанных типов подвижного состава могут быть запроектированы следующие варианты транспортной системы.

Вариант 1. Автобус малой вместимости;
автобус средней вместимости;
автобус большой вместимости.

Вариант 2. Автобус малой вместимости;
автобус средней вместимости;
троллейбус средней вместимости.

Определяем необходимое количество каждого типа подвижного состава в движении по формуле

$$W_{\text{дв}} = (\Pi_{\text{т}}l + \Pi_{\text{к}}l) a \gamma r / 365 v_3 h m k \cdot 100,$$

где $(\Pi_{\text{т}}l + \Pi_{\text{к}}l)$ — годовая работа транспорта, пасс. · км; r — размер перевозок, осваиваемых данным типом подвижного состава, % (по принятым значениям); m — вместимость подвижного состава данного типа; a — коэффициент сезонной неравномерности потоков (1,1); v_3 — эксплуатационная скорость (17 км/ч); h — число часов работы подвижного состава в сутки (14 ч); k — среднесуточный коэффициент наполнения (0,35); γ — доля пассажирских перевозок, приходящаяся на общественный пассажирский транспорт массового пользования (0,9).

Инвентарное количество подвижного состава подсчитываем по формуле:

$$W_{\text{ин}} = W_{\text{дв}} \beta,$$

где β — коэффициент использования подвижного состава.

Принимаем следующие значения β : для автобуса 0,8, троллейбуса 0,85.

В табл. 4.1 приведены данные о требуемом количестве подвижного состава, подсчитанные по приведенной формуле для рассматриваемых двух вариантов.

Требуемое количество подвижного состава

Вариант	Вид транспорта	Вместимость		Доля перевозок, %	Требуемое количество	
		Тип подвижного состава	Количество мест		В движении	Инвентарное
1	Автобус	Малый	37	30	28	35
	»	Средний	65	60	32	40
	»	Большой	80	10	5	7
2	Автобус	Малый	37	30	28	35
	»	Средний	65	60	32	40
	Троллейбус	Средний	75	40	5	6

5. ВЫБОР ВАРИАНТА ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ

Выполним сравнение запроектированных вариантов транспортной системы города.

В рассматриваемом примере все факторы, кроме экономических, определяющие выбор того или иного вида транспорта, равноценны. Поэтому сравнение транспортных систем ведем по экономическому показателю. Основным измерителем при этом принимаем приведенные строительно-эксплуатационные затраты, включающие в себя первоначальные капиталовложения и затраты на эксплуатацию. Поскольку в обоих рассматриваемых вариантах затраты по автобусам малой и средней вместимости одинаковы, мы их не сравниваем.

Сравнение ведем по формуле

$$C = \mathcal{E} + 100K \frac{E_n}{\Pi l},$$

где C — приведенные строительно-эксплуатационные затраты, к./пасс.·км; \mathcal{E} — общие эксплуатационные затраты, к./пасс.·км; K — первоначальные капиталовложения, р.; Πl — годовая работа транспорта, приходящаяся на сравниваемые виды транспорта, пасс.· км, отнесенная на 1 км двойного пути; E_n — нормальный срок окупаемости затрат.

Затраты по эксплуатации на 1 пасс.·км по вариантам составляют, к.:

вариант 1

$$\mathcal{E}_1 = \mathcal{E}_{аб} \frac{10}{10} = 23 \frac{10}{10} = 23;$$

вариант 2

$$\mathcal{E}_2 = \mathcal{E}_{тс} \frac{10}{10} = 23 \frac{10}{10} = 23.$$

Затраты по капиталовложениям включают затраты:
на устройство пути;
депо и мастерские;
энергохозяйство;
приобретение подвижного состава.

Общие эксплуатационные затраты для перспективных расчетов принимаем в соответствии с данными табл. 5.1.

Таблица 5.1

Эксплуатационные затраты на различных видах транспорта при среднесуточном коэффициенте наполнения подвижного состава, равном 0,35 [5]

Троллейбус		Автобус	
Тип подвижного состава	Затраты на 1 пасс.· км, к.	Тип подвижного состава	Затраты на 1 пасс.· км, к.
Средней вместимости	23	Малой вместимости	36
Большой вместимости	21	Средней вместимости	27
Особо большой вместимости	18	Большой вместимости	23
—	—	Особо большой вместимости	19

В табл. 5.2 указаны усредненные затраты по капиталовложениям для различных видов транспорта.

Таблица 5.2

Затраты по капиталовложениям на единицу измерения [5]

Сооружения	Единицы измерения	Стоимость единицы измерения, тыс. р.						
		Троллейбус		Автобус				
		Вместимостью						
		средней	большой	особо большой	малой	средней	большой	особо большой
Депо (парк)	1 маш.-место	325	355	420	210	225	245	305
Тяговые подстанции	1 вагон в движении	100	113	137	—	—	—	—
Контактная и кабельная сети	1 км двойного пути	625	625	625	—	—	—	—
Дороги	1 км при ширине полосы 3,5 м	3 750	3 750	3 750	3 750	3 750	3 750	3 750
Подвижной состав	1 ед.	560	630	900	410	520	680	850

Затраты на дороги для троллейбуса и автобуса принимаются в размере 12 % полной стоимости полосы проезжей части дороги, приведенной в табл. 5.2.

По значениям, приведенным в табл. 5.2, подсчитываем общие затраты на 1 км сети:

а) по депо — умножаем на инвентарное количество подвижного состава, приходящегося на 1 км сети;

б) по тяговым подстанциям — умножаем на число единиц подвижного состава данной вместимости в движении, приходящихся на 1 км сети;

в) по рельсовым путям контактной и кабельной сети и дорогам непосредственно из табл. 5.2;

г) по подвижному составу — умножаем на количество инвентарных единиц, приходящихся на 1 км сети.

Определяем количество единиц подвижного состава, приходящихся на 1 км сети, приняв при этом одинаковый сетевой интервал для всех типов подвижного состава по вместимости, ед./км.

Для варианта 1 и 2 соответственно:

$$n_{c1} = \frac{(28 + 32 + 5)}{13,84} = 4,7;$$

$$n_{c2} = \frac{(28 + 32 + 5)}{13,84} = 4,7.$$

Протяженность сети, приходящийся на рассматриваемые типы подвижного состава, $l = 6,36$ км.

На 1 км пути приходится

в варианте 1:

автобусов большой вместимости:

в движении $5/6,36 = 0,79$;

по инвентарю $7/6,36 = 1,1$;

в варианте 2:

троллейбусов средней вместимости:

в движении $5/6,36 = 0,79$;

по инвентарю $6/6,36 = 0,94$.

Пользуясь единицами измерения, приведенными в табл. 5.2, подсчитываем затраты, приходящиеся на 1 км сети, тыс. р.:

затраты по варианту 1

$$K_1 = 1,1 \cdot 245 + 2 \cdot 3\,750 \cdot 0,12 + 1,1 \cdot 15 = 1\,169,5;$$

затраты по варианту 2

$$K_2 = 0,94 \cdot 325 + 2 \cdot 3\,750 \cdot 0,12 + 100 \cdot 0,94 + 625 + 560 \cdot 0,94 = 2\,450,9.$$

Подсчитываем для сравниваемых вариантов приведенные эксплуатационно-строительные расходы на 1 пасс.· км, к./пасс.· км:

$$C_1 = 23 + 1\,169\,500 \cdot 100 \frac{0,1}{99\,493} \cdot \frac{10}{100} 6,36 = 34,75;$$

$$C_2 = 23 + 2\,450\,900 \cdot 100 \frac{0,1}{99\,493} \cdot \frac{10}{100} 6,36 = 47,63.$$

В качестве основного варианта принимаем вариант 1.

6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕОБХОДИМОГО КОЛИЧЕСТВА И СТОИМОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ УСТРОЙСТВ И СООРУЖЕНИЙ

Число депо (парков) определяем исходя из инвентарного количества подвижного состава и вместимости типовых депо (парков).

Ниже указана вместимость типовых депо (парков) для различных видов транспорта.

Трамвай.....	50, 75, 150
Троллейбус.....	50, 100
Автобус.....	50, 100, 150

Для транспортной системы с инвентарным числом автобусов 82 проектируем на первую очередь один автобусный парк на 100 автобусов.

Затраты по каждому элементу транспортного хозяйства получаем, умножая стоимость единицы измерения на число элементов транспортного хозяйства (табл. 6.1).

Таблица 6.1

Затраты на организацию транспорта в городе

Элементы транспортного хозяйства	Количество	Общая стоимость, тыс. р.
1. Подвижной состав:		
Автобусы		
малой вместимости	35	14 350
средней вместимости	40	20 800
большой вместимости	7	4 760
2. Дороги	13,84	51 900
3. Автопарк	1/100	24 500
Итого	—	116 310

7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СРОКА ОКУПАЕМОСТИ ЗАТРАТ

Срок окупаемости затрат, годы, для запроектированной транспортной системы находим по формуле

$$S = \frac{K}{A - B},$$

где K — общие капиталовложения на организацию транспортных хозяйств, р.; A — годовой доход, р.; B — годовые эксплуатационные расходы, р.

Величину A определяем из выражения

$$A = (\Pi_T + \Pi_K)\tau,$$

где $(\Pi_T + \Pi_K)$ — число перевозимых пассажиров в год; τ — проездной тариф на транспорте, принимаем равным 10 р.

Годовые эксплуатационные расходы рассчитываем по формуле

$$B = (\Pi_T l + \Pi_K l) \mathcal{E},$$

где $(\Pi_T + \Pi_K)$ — годовая работа транспорта, пасс.·км; \mathcal{E} — себестоимость перевозки 1 пасс.· км, р.

$$A = (21\,883\,000 + 22\,004\,000)10 = 438\,870\,000,$$

$$B = (41\,790\,000 + 57\,703\,000)(30 \cdot 0,36 + 60 \cdot 0,27 + 10 \cdot 0,23) \frac{1}{100} = 29\,151\,449,$$

$$S = \frac{116\,310\,000}{(438\,870\,000 - 29\,151\,449)} \approx 0,8.$$

Библиографический список

1. *Самойлов Д.С.* Городской транспорт. М. : Стройиздат, 1983. 384 с.
2. *Балакин В.В.* Методы определения численности населения в транспортных районах и зонах дискомфорта городской среды // Вестник ВолгГАСУ. Сер. : Строительство и архитектура. 2007. — Вып. 7 (26). С. 251—257.
3. Примеры проектирования дорог и сетей пассажирского транспорта в городах / Е.А. Меркулов, Е.Н. Дубровин, Э.Я. Турчихин, В.А. Юдин. М. : Высшая школа, 1962. 266 с.
4. Проектирование дорог и сетей пассажирского транспорта в городах / Е.А. Меркулов, Э.Я. Турчихин, Е.Н. Дубровин и др. М. : Стройиздат, 1980. 496 с.
5. *Ткачев А.И., Абакумов О.Л.* Проектирование системы пассажирского транспорта города. Сочи, 2004. 45 с.

План учеб.-метод. документ. 2011 г., поз. 19

Начальник РИО *О.Е. Горячева*
Зав. редакцией *М.Л. Песчаная*
Редактор *Р.В. Худадян*
Компьютерная правка и верстка *М.М. Сафронова*

Подписано в свет 18.02.11.
Гарнитура Таймс.
Уч.-изд. л. 1,6. Объем данных 896 кБ.

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
«Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет»
Редакционно-издательский отдел
400074, Волгоград, ул. Академическая, 1