

711  
163

ВЫСШЕЕ  
ОБРАЗОВАНИЕ  
УЧЕБНИК

транспортная  
планировка  
городов

1993



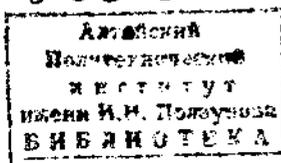


Е. М. ЛОБАНОВ

# Транспортная планировка городов

Допущено  
Государственным комитетом СССР  
по народному образованию  
в качестве учебника для студентов  
высших учебных заведений,  
обучающихся по специальности  
"Организация дорожного движения"

635296



МОСКВА "ТРАНСПОРТ" 1990

УДК 711.78:625.712

Л 68

**Лобанов Е. М.** Транспортная планировка городов: Учебник для студентов вузов.— М.: Транспорт, 1990.—240 с.

В учебнике анализируются современные тенденции развития городов, их улично-дорожной сети. Большое внимание уделяется методам оценки пропускной способности пересечений, улиц и всей улично-дорожной сети города, повышению пропускной способности планировочными методами. Рассматриваются вопросы организации и обеспечения пешеходного движения в городах, безопасности движения, организации стоянок автомобилей. Излагаются основные положения проектирования улично-дорожной сети города. Приводятся теоретические основы и практические методы расчета параметров плана и поперечного профиля городских улиц. Разбираются основные положения инженерного оборудования улиц, освещения и озеленения. Рассматриваются вопросы технико-экономической оценки планировочных решений улиц.

Учебник предназначен для студентов вузов, обучающихся по специальности 24.04 «Организация дорожного движения».

Рецензенты: д-р техн. наук Д. С. Самойлов, канд. техн. наук Р. В. Горбанев

Заведующий редакцией В. И. Лапшин

Редактор Н. В. Пинчук

Л 3203010000-039 139-89  
049(01)-90

ISBN 5-277-00375-4

© Е. М. Лобанов, 1990

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Планы развития отечественных городов ориентированы на увеличение городского автомобильного парка до 120 — 180 авт. на 1000 жителей. При таком уровне автомобилизации обеспечить городское движение, работу общественного пассажирского транспорта, экологическую безопасность в городах одними организационными мероприятиями становится невозможным. Необходимо предвидеть все негативные последствия автомобилизации и на стадиях разработки и корректировки генеральных планов городов предусматривать решения, устраняющие или по крайней мере предельно снижающие эти последствия. Для этого необходимо выявлять закономерности городского движения, наиболее острые его проблемы и изыскивать возможные пути их решения.

Наиболее существенные задачи, обостряющиеся по мере роста уровня автомобилизации, — прогнозирование интенсивности движения на городских магистралях, обеспечение пропускной способности отдельных элементов и всей улично-дорожной сети города, размещение автомобилей на территории города для хранения, ограничение воздействия автомобильного транспорта на окружающую среду — в настоящее время имеют решающее значение не только для формирования градостроительной концепции генерального плана города, но и при разработке плана детальной планировки городских районов. Городской автомобильный транспорт стал неотъемлемой частью современной жизни населения. Он влияет не только на экономическое, но и на социальное развитие города.

До появления массового автомобиля решение планировки города связывалось с рациональным размещением промышленности, жилых территорий, мест отдыха, созданием целостной архитектурно-планировочной композиции города. Эти требования справедливы и сегодня, но выполнение их возможно только при условии решения транспортных проблем. В настоящее время специалисты, имеющие высшее образование в области организации движения, дорожного строительства, инженерной подготовки городских территорий, являются обязательными участниками формирования планировки города на всех ее стадиях.

В число таких специалистов входят и инженеры по организации дорожного движения. Их основные задачи — оценить улично-дорожную сеть и планировку города с позиции обеспечения городского движения, разработать мероприятия по улучшению транспортно-эксплуатационных характеристик этой сети и иметь достаточный

уровень знаний для того, чтобы принимать участие в формировании градостроительных концепций.

Закономерности транспортных потоков на городских улицах и автомобильных дорогах имеют много общего. Взаимодействие колеса с покрытием проезжей части, преодоление дорожных сопротивлений, движение по кривым в плане и продольном профиле подчиняются одним и тем же закономерностям. Вместе с этим в городском движении по сравнению с движением на автомобильных дорогах имеется существенное отличие — высокая, приближающаяся к предельному значению, интенсивность движения. Если на автомобильных дорогах интенсивность на полосу движения 500—1000 авт./ч является редким исключением, наблюдаемым на дорогах I технической категории, то для городских улиц, технические параметры которых редко превышают параметры III технической категории дорог, такая загрузка является обычной. В результате резко обостряется проблема обеспечения пропускной способности в городе.

Решение задач, связанных с обеспечением городского движения, основывается на знаниях, получаемых студентами по ряду общеобразовательных и специальных дисциплин. Описание закономерностей транспортных потоков построено на теориях вероятностей и математической статистики. При функциональном зонировании города широко используются знания, приобретаемые при изучении дисциплин «Экологические основы управления транспортом». Разделы, посвященные проектированию улично-дорожной сети и ее элементов, основаны на материалах нескольких дисциплин. Из «Автомобильных дорог» взяты основные положения по режимам, траекториям движения, пропускной способности, проектированию плана, продольного и поперечного профилей. Эти положения развиваются применительно к городу. «Автомобильные перевозки» подготовили основу для рассмотрения вопросов прогнозирования автомобильного и пешеходного движения в городе, изучения особенностей работы городских дорог преимущественно грузового движения. Разделы, связанные с выбором и обоснованием планировочных решений улиц, площадей, транспортных развязок, опираются на знания, получаемые студентами при изучении дисциплин «Организация дорожного движения», «Технические средства регулирования дорожного движения», «Экономика автомобильного транспорта», в которых изучались правовая и техническая стороны организации движения, расчеты и оптимизация светофорных циклов, координированных и автоматизированных систем управления.

Учебная дисциплина «Транспортная планировка городов» призвана подготовить специалиста по организации дорожного движения к работе в условиях города, снабдив его общими сведениями по выбору технических нормативов и проектированию городских улиц и более подробными — по вопросам, имеющим решающее значение для обеспечения пропускной способности, удобства и безопасности движения в городе.

## Глава 1

# ПЛАНИРОВОЧНАЯ СТРУКТУРА И ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ЗОНИРОВАНИЕ ГОРОДА

### 1.1. ТРАНСПОРТНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОГО ГОРОДА

Современный город — это скопление на относительно небольшой территории жилых зданий, промышленных предприятий, административных, культурных и медицинских учреждений. Город является узлом железных и автомобильных дорог. Условия жизни в городе зависят от того, насколько полно налажено в нем транспортное обслуживание.

Планомерное развитие города предполагает решение не только архитектурно-планировочных задач и проблем инженерного оборудования осваиваемых территорий, но и совершенствование транспортной системы города, в том числе улично-дорожной сети. В СССР эта работа при реконструкции старых и строительстве новых городов ведется в соответствии с генеральным планом развития города. В разработке генеральных планов участвует большое число специалистов: экономистов, архитекторов, инженеров, геологов, социологов, врачей. В каждом городе приходится решать ряд сложных задач инженерной подготовки территории, размещения инженерных сетей, озеленения и обводнения территории.

Сложность и уровень решения этих задач зависят от административного значения города, географического положения, рельефа, грунтово-геологических условий. Решение некоторых из них может быть отнесено на отдаленную перспективу, но существует одна проблема, которая должна решаться сразу по мере ее возникновения. Это транспортная проблема.

Современное городское движение ставит перед архитекторами, строителями дорог и работниками транспорта задачи, от решения которых зависит не только характеристики работы городского транспорта, но и развитие самого города. Именно поэтому в современном градостроительстве сформировалось новое направление в разработке и оценке транспортных качеств всей планировки города, получившее название *транспортной планировки городов*. Это направление охватывает комплекс транспортных, строительных, планировочных и природоохранных мероприятий. Их цель — создание рациональной структуры улично-дорожной сети, наилучшим образом решающей проблему транспортного обслуживания населения города.

Острота транспортной проблемы зависит от крупности города. Этому две причины. Первая — повышение с укрупнением города плотности расселения, вторая — увеличение площади города и удлинение городских путей сообщения. Обе эти причины приводят к одному следствию: увеличению числа находящихся в городе автомобилей, которым требуется большая площадь для стоянок и густая сеть улиц с высокой пропускной способностью.

По современной классификации крупность города устанавливается по численности жителей (тыс. чел.), что необходимо в градостроительных целях для дифференцирования планировочных норм:

Крупнейшие города . . . . .	Более 500
Крупные . . . . .	250—500
Большие . . . . .	100—250
Средние . . . . .	50—100
Малые . . . . .	10—50
Поселки городского типа . . . . .	До 10

В последние годы в самостоятельную группу стали выделять города с населением более 1 млн чел. ввиду особой сложности в них градостроительных и особенно транспортных проблем.

Одна из наиболее острых задач городского движения — обеспечение пропускной способности городских улиц. По своим техническим параметрам большая часть улиц города соответствует автомобильным дорогам III категории, но загрузка их движением в 10—15 раз выше, чем загрузка автомобильных дорог. Не являются исключением и магистральные улицы, близкие по своим параметрам к дорогам I технической категории. Интенсивность движения на них в пересчете на одну полосу проезжей части в 5—10 раз выше, чем на автомобильных дорогах.

Серьезные трудности в организации движения создают так называемые *пиковые нагрузки* — резкие увеличения интенсивности движения (часто в 2—4 раза относительно среднего значения в течение суток) в утренние и вечерние часы суток, вызванные началом и окончанием рабочего дня.

Трудности, связанные с пропуском транспортных потоков высокой интенсивности, усугубляются большим числом пешеходных потоков, организация движения которых вызывает гораздо большие трудности, чем движение автомобилей. Близость пешеходных потоков к автомобильным и совмещение их движения на одной улице являются одними из основных причин дорожно-транспортных происшествий в городах. Их число на 1 млн авт.-км в 10—12 раз больше, чем на автомобильных дорогах.

Эти трудности в современном городе разрешаются двумя путями: организацией движения на существующей системе улиц и реконструкцией сети, позволяющей разделить транспортные потоки по их функциональному признаку, отделить пешеходов от потока автомобилей и обеспечить высокую пропускную способность улицы.

Серьезную проблему, затрагивающую основы градостроительства, представляет необходимость размещения и хранения автомобилей в городе. Потребная площадь для автомобилизации 100 авт. на 1000 жителей (что почти вдвое меньше проектного значения) превышает площадь жилой 5-этажной застройки. Путь решения этой проблемы — создание в микрорайонах, около административно-культурных центров и спорткомплексов специальных площадей и многоэтажных гаражей для кратковременного и длительного хранения автомобилей. В плане организации движения удовлетворение потребностей в автомобильных стоянках необходимо так же, как и обеспечение пропускной способности улиц.

С развитием городского движения особенно остро встает задача охраны окружающей среды. Защита от шума, вибрации, загрязнения воздушного бассейна города вредными примесями, содержащимися в отработавших газах автомобиля, — острейшая проблема многих европейских и североамериканских городов. По мере увеличения уровня автомобилизации эта проблема становится жизненно важной и в наших крупнейших городах.

Эта задача в нашей стране решается рациональным зонированием городской территории, созданием внеуличной дорожной сети для грузового движения и снижением интенсивности движения при перевозках пассажиров за счет развития и совершенствования общественного транспорта.

## 1.2. ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ЗОНИРОВАНИЕ ГОРОДА

Современный город включает в себя не только жилую застройку, но и промышленные предприятия, административно-культурные учреждения и зоны отдыха. По своему функциональному назначению территория города делится на 6 основных зон: селитебную (от слова селиться), промышленную, коммунально-складскую, внешнего транспорта, санитарно-защитную и отдыха населения. Кроме этого, в специализированных городах (например, научных или курортных) возникают дополнительные зоны, связанные со спецификой городов. Это деление носит несколько условный характер и в наибольшей степени соблюдается во вновь строящихся городах. В существующем развивающемся городе, планировка которого складывается в течение нескольких веков, отнесение какой-либо части города к одной из названных зон будет зависеть от преобладания в этой части производственных, административных, культурных объектов или жилой застройки. В генеральных планах развития отечественных городов, как правило, предусмотрено разделение всей территории на зоны по функциональному признаку и обеспечение как можно большей однородности этих зон (рис. 1.1). Реализация этих планов требует огромных капитальных вложений в связи с закрытием или переносом старых промышленных предприятий, освоением новых тер-

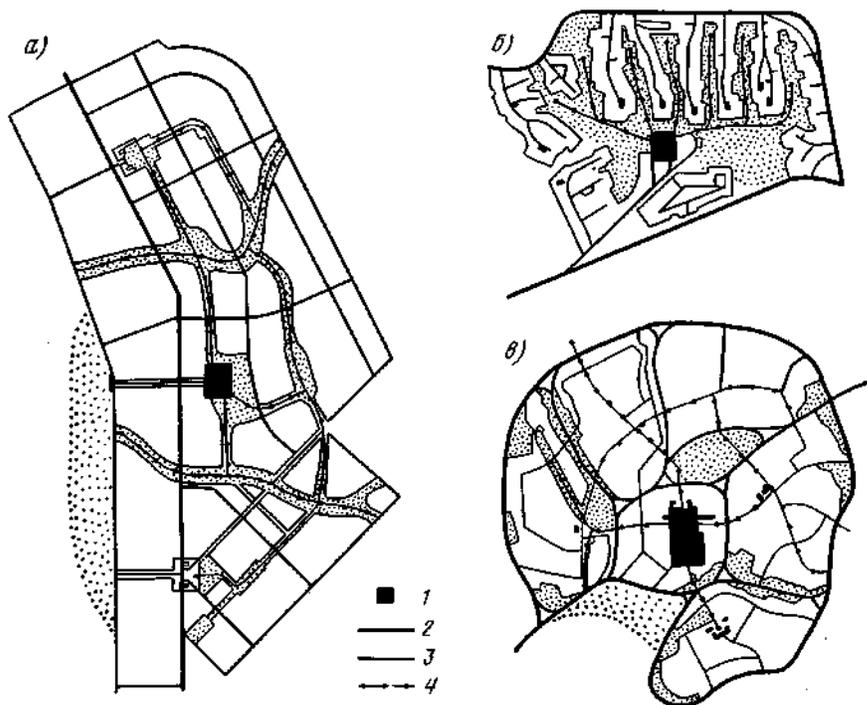


Рис. 1.2. Расположение улиц и пешеходных путей в жилых районах города разной планировки:

*a* — вытянутой формы; *б* — с обособленной системой улиц и пешеходных путей; *в* — с обходной кольцевой системой магистралей и обособленной системой пешеходных путей; 1 — общественный центр; 2 — магистральная улица; 3 — улицы местного значения; 4 — пешеходные пути

Рис. 1.2. Расположение улиц и пешеходных путей в жилых районах города разной планировки:

*a* — вытянутой формы; *б* — с обособленной системой улиц и пешеходных путей; *в* — с обходной кольцевой системой магистралей и обособленной системой пешеходных путей; / — общественный центр; 2 — магистральная улица; 3 — улицы местного значения; 4 — пешеходные пути

Чем полнее удовлетворяются нужды населения в пределах районов, тем проще решение транспортных проблем города (рис. 1.2). Границами жилых районов являются магистральные улицы, по которым осуществляются основные пассажирские перевозки. Удачным примером такого района служит Олимпийская деревня в Москве.

Промышленные районы города создаются на территории промышленной зоны города и объединяются технологическими, энергетическими и транспортными связями. В современных условиях в промышленных зонах одновременно трудятся многие тысячи людей, для обеспечения технологического процесса перемещаются сотни тысяч тонн грузов, подвозится сырье и отвозится готовая продукция. Роль транспорта как для обеспечения технологического процесса, так и для связи с городом резко возросла и в отдельных случаях является причиной ограничения развития промышленного района.

Промышленный район, как правило, включает промышленные предприятия, электростанции, инженерные сооружения и сети. Эти

риторий под жилую и промышленную застройку и развитием инженерных сетей города.

Значительная часть города занята жилой застройкой. В ней различают группу домов, объединенных первичным обслуживанием населения, микрорайон, включающий несколько жилых групп, и жилой район, состоящий из микрорайонов, объединяемых общественным центром с учреждениями и предприятиями обслуживания районного значения. При формировании планировочной структуры селитебной территории большое значение имеет расположение городских магистралей, обеспечивающих перевозку пассажиров и грузов.

Основная структурная единица селитебной зоны города — жилой район. Он включает в себя все необходимое для обеспечения культурных и бытовых нужд населения: жилые дома, службы быта, детские сады, школы, магазины, театры, кинотеатры и стадионы.

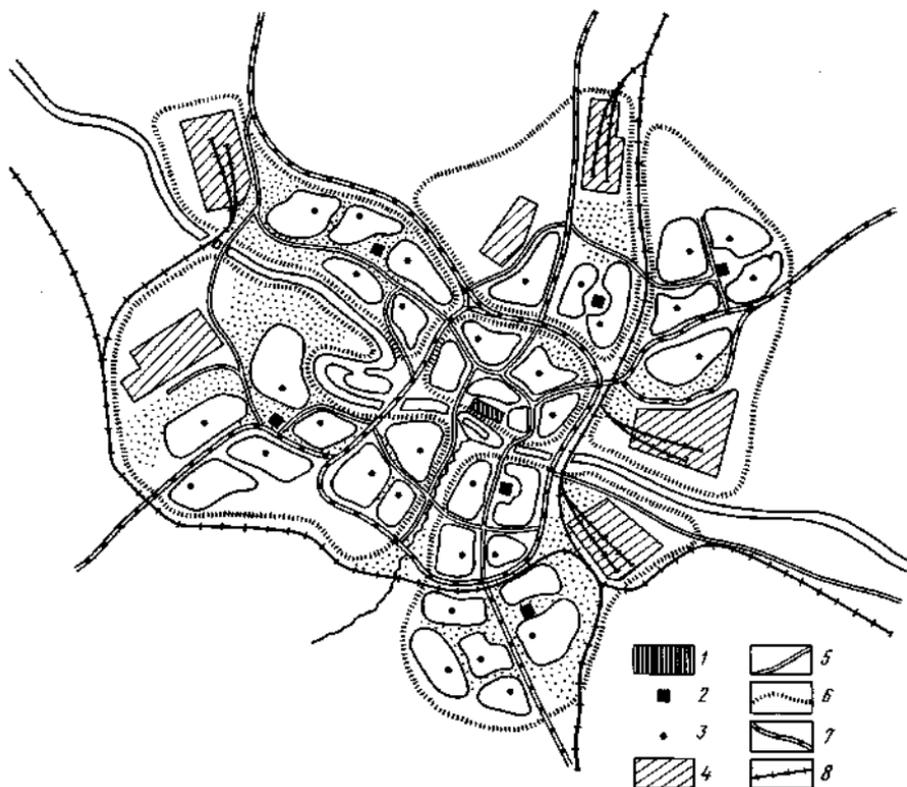


Рис. 1.1. Планировочная структура крупного города:

1 — центр города; 2 — центры городских районов; 3 — центры жилых районов; 4 — промышленные территории; 5 — магистральные улицы; 6 — границы городского района; 7 — городская скоростная дорога; 8 — железная дорога

предприятия занимают 60 — 80 % всей территории района. Остальная территория отводится под коммунально-бытовые предприятия, подъездные железнодорожные пути, пути для движения автомобилей и пешеходов. Кроме этого на территории района располагаются административный центр и научные учреждения. От селитебной территории промышленный район отделяется санитарно-защитной зоной (аллеи, защитные зеленые полосы, скверы) шириной 50 — 300 м (рис. 1.3).

Транспортное обслуживание промышленного района осуществляется железнодорожным, автомобильным и специальным, например трубопроводным, транспортом. Основная часть пассажирских перевозок приходится на наземный транспорт. В крупнейших городах, таких, как Москва, Ленинград, Киев, Баку, значительная доля пассажирских перевозок приходится на метро.

В непосредственной близости от промышленных районов располагают складские территории города. На них размещают промышленные, производственно-хозяйственные, продовольственные склады и оптовые склады заготовительных организаций (рис. 1.4).

Размеры складских территорий определяются численностью жителей, видом промышленного производства, конструкцией производственных зданий и организаций складского хозяйства. Площади участков под склады отводят в зависимости от вида хранящейся продукции. Для промышленных товаров на 1 тыс. жителей отводится до 1000 м<sup>2</sup>, продовольственных — до 200 м<sup>2</sup>, для склада угля, торфа и жидких горючих и смазочных материалов — 200 — 300 м<sup>2</sup>.

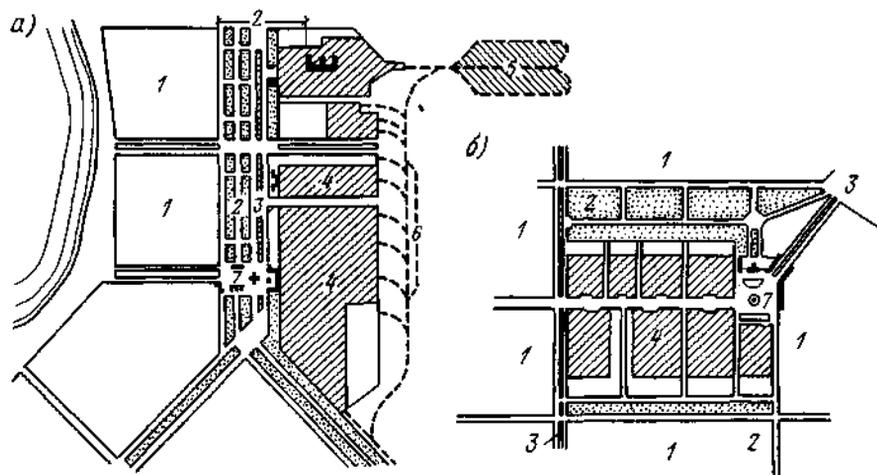


Рис. 1.3. Промышленный район города:

а — на окраине города; б — в пределах селитебной территории;  
 1 — селитебная территория; 2 — санитарно-защитная зона; 3 — магистральные улицы;  
 4 — территории промышленных предприятий; 5 — отвалы; 6 — зона железнодорожного транспорта; 7 — общественный центр промышленного района

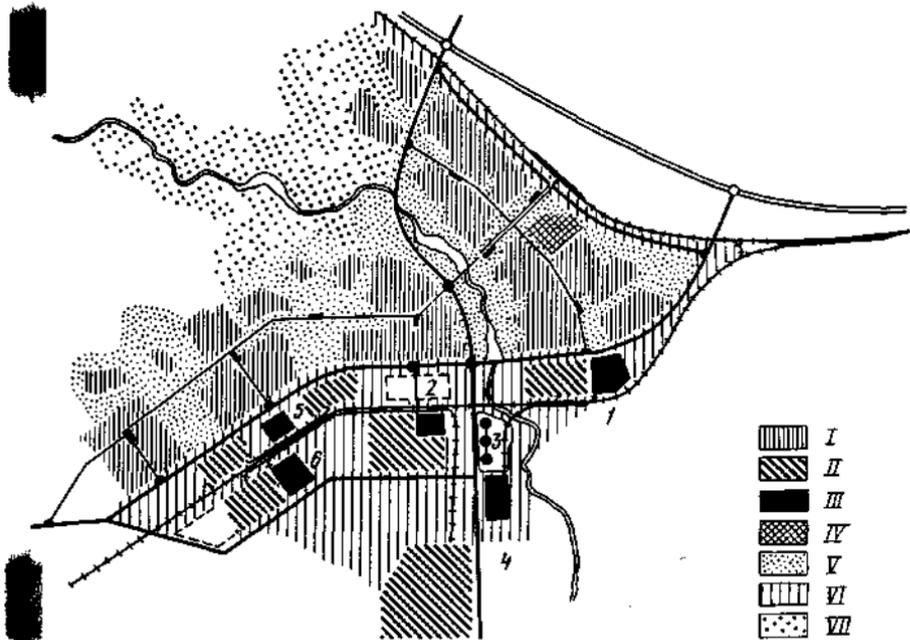


Рис. 1.4. Схема размещения территорий складов:

1 — торговых; 2 — строительных материалов; 3 — топливно-смазочных и легковоспламеняющихся материалов; 4 — твердого топлива; 5 и 6 — снабжения и быта; I — селитебная зона; II — промышленные районы; III — складские территории; IV — центр города; V — зеленые насаждения; VI — санитарно-защитная зона; VII — лесопарковая зона

Между жилыми и промышленно-складскими районами размещается санитарно-защитная зона, ширина которой зависит от специализации складов, их товарной емкости и характера промышленного производства. Эта ширина изменяется от 5 м (продовольственные склады) до 500 м (городские базисные склады).

В промышленных районах города и на складских территориях имеются два вида транспортных путей для движения автомобилей и пешеходов: внутренние пути и дороги, обеспечивающие технологический процесс; внешние улицы, застроенные производственными и административными зданиями. Характерные особенности этих улиц — высокая интенсивность движения автомобилей с большой нагрузкой на ось, наличие ярко выраженных пиков движения автомобилей и пешеходов в течение суток.

Современный город, являясь административно-культурным и индустриальным центром, должен иметь надежную и развитую транспортную связь со всей территорией страны. Эта связь осуществляется за счет линий воздушного флота, железных и автомобильных дорог.

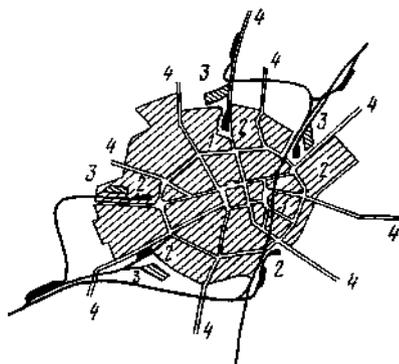


Рис. 1.5. Расположение вокзальных комплексов и грузовых станций в большом городе:

1 — вокзальный комплекс; 2 — грузовая станция; 3 — территории промышленных предприятий и складов; 4 — магистральные улицы

на которой зависит от числа путей, наличия станций, развязок и сортировочных пунктов. Полосы отвода устанавливаются с учетом перспективного развития этих пунктов на 20 лет (рис. 1.5).

В решении проблемы организации городского движения железнодорожный транспорт главным образом из-за его обособленности на территории города и приоритета перед другими видами наземного транспорта создает значительные трудности. В части города, где проходит железная дорога, затруднена связь между районами, разделенными полосой отвода, требуется большое количество путепроводов, транспортных и пешеходных тоннелей.

В современном градостроительстве существует тенденция выноса основных сооружений железнодорожного транспорта в промышленную зону или за пределы города. При этом к вокзалам, грузовым и сортировочным станциям прокладывают автомобильные магистрали, обеспечивающие необходимую скорость движения и пропускную способность.

Город является, как правило, и крупным узлом автомобильных дорог. Интенсивность движения на этих дорогах по мере приближения к городу увеличивается, в транспортном потоке возрастает интенсивность местного движения, и доля его становится тем большей, чем ближе дорога находится к внешней границе города. На границе города весь транспортный поток рассматривается как состоящий из двух потоков — транзита, для которого город не является конечным пунктом, и городского потока автомобилей, обслуживающих город или принадлежащих его территории. Движение транзитных автомобилей через город крайне нежелательно. Для пропуска тран-

Аэропорты согласно требованиям охраны воздушного бассейна (уменьшения шума в жилых районах города и обеспечения безопасности полетов самолетов) располагаются на расстоянии 10—20 км от границ города. Связь аэропорта с городом осуществляется по автомагистрали, обеспечивающей высокую скорость движения. За пределами города эта автомагистраль имеет параметры автомобильной дороги I технической категории, а в черте города — скоростной или непрерывного движения городской магистрали.

Сооружения и устройства железнодорожного транспорта на территории города, как правило, размещаются вне жилой территории, на полосе отвода, шири-

зитного движения предусматриваются обходные дороги с большим числом транспортных развязок (2—3 развязки на 10 км), позволяющие пропускать в обход города транзитные потоки высокой интенсивности.

Особое место занимают автомобильные дороги в пригородной зоне. При проходе через населенный пункт они выполняют роль улиц, на которых преобладает транзитное движение. На этих дорогах развито автобусное движение, имеется много автобусных остановок. Эти дороги в населенных пунктах являются центральными улицами с большим числом пешеходов и автомобильных стоянок. Организация движения на дорогах пригородных зон затруднена близостью расположения зданий и сооружений к проезжей части и интенсивным пешеходным движением.

В пригородах крупнейших, крупных и больших городов располагаются санитарно-защитные зоны. Основное назначение их заключается в улучшении микроклимата, обеспечении чистоты воздушного бассейна города и массового отдыха трудящихся. Все строительство и хозяйство в этой зоне подчинены ее функциональному назначению. Границы такой зоны могут быть удалены от центра города на 50—100 км. В состав санитарно-защитной зоны входят лесопарковый пояс (леса, парки, пляжи, заповедники, сады), дома и базы отдыха, пионерские лагеря, водохранилища, снабжающие город водой, сооружения городского водопровода, подстанции, высоковольтные линии электропередачи и сооружения очистки сточных, промышленных и бытовых вод. Вся зона делится на следующие основные части: населенные места, районы массового отдыха трудящихся, лесопарковые зоны, сельскохозяйственные территории, заповедники и прочие территории. Зона, как правило, разделена на пояса, в пределах которых преобладают либо зоны отдыха, либо леса и парки, либо водоохранительные зоны. Транспортное обслуживание этих зон обеспечивается автомобильным транспортом. С учетом специфики движения эти дороги оборудуют большим числом автобусных остановок, площадок для отдыха людей и стоянок автомобилей. Большое внимание уделяется вопросам охраны окружающей среды, особенно в местах скопления автотранспортных средств и людей.

### **1.3. СВЯЗЬ ВНЕШНИХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ С УЛИЧНОЙ СЕТЬЮ ГОРОДА**

Исторически города возникали на пересечении торговых путей и являлись основными транспортными узлами. Современный город сохранил значение транспортного узла, но с развитием промышленности и увеличением численности населения в городе появился свой внутренний городской транспорт со своей сетью улиц и дорог. Каждый город имеет транспортную связь с другими городами и, чем

больше этот город, тем больше грузонапряженность и число таких связей. Наиболее сложную проблему представляет связь внешних автомобильных дорог с городом.

Из всего транспортного потока по автомобильным дорогам по направлению к городу только для некоторой части потока город является конечным пунктом. Остальная часть потока должна пройти через город транзитом. Доля транзита в потоках зависит от крупности города: чем больше город, тем она меньше (табл. 1.1).

Интенсивность транзитного движения во многом зависит от плотности и состояния дорожной сети страны: чем больше развита дорожная сеть, тем меньше в городских потоках транзитного движения. Если же в направлении корреспонденции грузов имеется лишь одна дорога, то несмотря на то, что она проходит через ряд городов, организовывать перевозки грузов приходится по ней. Это вызывает образование транзита в городах.

В целом закономерность снижения транзита с укрупнением города справедлива для подавляющего числа городов, но имеются исключения. Это города, стоящие на пути наиболее мощных грузопотоков, например города на дорогах Москва — Симферополь, Москва — Ленинград, Ленинград — Киев — Одесса.

Проблема связи города с внешними автомобильными дорогами заключается в необходимости разделения транзитного и местного движения и обеспечения скоростного и безопасного ввода внешних транспортных потоков в город.

Существуют четыре принципиальные схемы связи города с внешними автомобильными дорогами: транзитный пропуск дороги через населенный пункт; соединение города с внешней дорогой дополнительной дорогой; строительство обходной дороги, связывающей между собой наиболее напряженные направления; строительство замкнутой кольцевой обходной дороги (рис. 1.6).

Транзитное движение для города всегда крайне нежелательно: помимо перегрузки улично-дорожной сети, транзит вызывает резкое увеличение аварийности в городе. Вывод транзита из города — задача, которую решают градостроители и специалисты по дорожно-

Таблица 1.1

Население города, тыс. чел.	Доля транзита в транспортном потоке, %			
	США	Западная Европа	Англия	СССР
До 10	80	8	50—45	100—80
10—50	65	39	22—20	80—60
50—100	45	29	15	60—40
100—250	20	22	10	55—40
250—500	15	12	7	25—15
500—1000	Менее 10	12—8	4	20—15
Более 1000	—	—	—	Менее 15

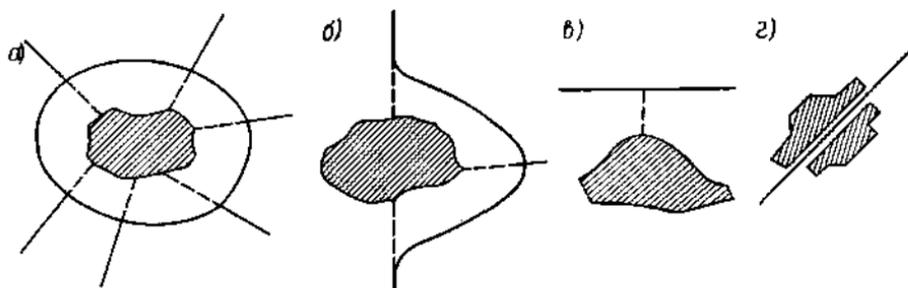


Рис. 1.6. Схема связи автомобильных дорог с городом:

а — замкнутая обходная кольцевая автомобильная дорога; б — разомкнутая обходная дорога; в — трассирование автомагистрали вне города с подъездной дорогой со стороны города; г — пропуск внешней автомобильной дороги через город транзитом

му строительству при разработке схем городских путей сообщения и при трассировании новых или реконструкции старых дорог.

При расположении дороги в стороне от населенного пункта возникает необходимость строительства дополнительной дороги, обеспечивающей кратчайшую связь между автомобильной дорогой и городом. Такая схема характерна для района проложения автомагистрали.

Обходную незамкнутую дорогу рассматривают обычно как первую стадию будущей кольцевой дороги и располагают ее таким образом, чтобы в дальнейшем были возможности перевода ее в более высокую категорию и строительства на ней транспортных развязок.

Кольцевая дорога представляет собой, как правило, дорогу I — II технической категории и требует для своего строительства больших капитальных затрат. Такие дороги экономически эффективны только для крупнейших городов с населением более 1 млн чел. Примером кольцевой дороги является Московская кольцевая автомобильная дорога и обходы городов Калинина, Новгорода, Риги.

Экономическая целесообразность обходных и кольцевых дорог определяется возможностью получения суммарного транспортного эффекта, который образуется как снижение суммы затрат, связанных с перепробегом автомобилей и продолжительностью нахождения их в пути.

Движение транзита через город по направлению его диаметра всегда короче, чем по обходной дороге, но продолжительность такого движения будет значительно большей из-за низкой скорости движения на городских улицах и задержки на перекрестках. Обходная дорога целесообразна при значительной разнице скоростей движения (в 1,5 — 2 раза) по ней и через город.

Для крупных и крупнейших городов это условие обеспечивается практически всегда: средняя скорость в этих городах 25 — 30 км/ч, а на обходной дороге — не менее 60 км/ч при отсутствии пересечений в одном уровне и не менее 50 км/ч при регулируемых или коль-

цевых пересечениях. Кроме этого, обходные дороги используют для организации транспортной связи периферийных районов города между собой, что повышает экономическую целесообразность таких дорог.

Эффективность незамкнутой обходной дороги, связывающей между собой наиболее напряженные направления, зависит от расположения автомобильных дорог по отношению к центру города чем ближе к центру проходит транзит, тем выше эффективность обходной дороги. Экономическая целесообразность обходных дорог связана с интенсивностью транзитного движения, размерами города и удаленностью обходной дороги от границ города. В табл. 1.1 приведены рекомендуемые удаления кольцевых и обходных дорог от границ города, обеспечивающие коэффициент эффективности капитальных вложений при их строительстве не менее 0,12.

Удаление обходной дороги от границ города предусматривает возможность развития территории города. Практика Москвы и других городов с кольцевой или незамкнутой обходной дорогой показывает, что такие дороги из-за приближения к ним городской застройки утрачивают особенности автомобильных дорог высоких категорий и становятся по составу потока и режиму движения похожими на городские магистральные улицы районного значения. Скорость движения на них при пересечениях в одном уровне падает до 20 — 30 км/ч, организация движения затруднена из-за высокой доли в потоке местного пассажирского транспорта, частых автобусных остановок и большой интенсивности пешеходного движения. На таких дорогах резко увеличивается аварийность. Как правило в этих случаях приходится вводить общее ограничение скорости движения. Это позволяет снизить число и тяжесть дорожно-транспортных происшествий, но ухудшает условия движения и снижает пропускную способность дороги. В этой связи рекомендуется удалять обходную дорогу от границ города на такое расстояние, чтобы перспективные границы застройки не приближались к ней на расстояния, менее указанных в табл. 1.2.

Рекомендации табл. 1.2 базируются на том, что обходные дороги используются и городским движением, что справедливо только для

Таблица 1.2

Показатели	Средний радиус площади города, км			
	3	6	9	12
Средняя скорость сообщения при движении через город, км/ч	30	26	22	17
Рекомендуемое удаление (км) от границ города обходной дороги категории:				
I	2,0	4,0	6,0	11,5
II	2,9	6,0	10,5	20,5
III	1,0	3,0	6,4	13,5

крупнейших городов с населением более 500 тыс. чел. Для городов с меньшим населением доля городского движения очень мала, но влияние его на режим и безопасность движения на обходной дороге велико. Это прежде всего сказывается на числе дорожно-транспортных происшествий, среди которых преобладают наезд на пешеходов. Поэтому рекомендации табл. 1.2 целесообразно распространять на все города и поселки городского типа с населением до 10 тыс. чел.

Кольцевые и обходные дороги должны иметь высокие транспортно-эксплуатационные качества и прежде всего на них должна быть обеспечена высокая скорость движения. На обходных дорогах, выполняющих функцию распределения внешних по отношению к городу транспортных потоков, интенсивность движения выше, чем на автомобильных дорогах, подходящих к городу. Каждое из пересечений с такими дорогами имеет очень большую долю поворачивающих потоков, что резко снижает его пропускную способность. Увеличение доли левоповоротного движения с 20 до 40 % снижает пропускную способность пересечения в одном уровне вдвое. На обходных дорогах крупных и крупнейших городов пересечения должны осуществляться в разных уровнях.

На обходных дорогах имеется большая потребность в стоянках и площадках отдыха. Ими пользуются не только водители транзитного транспорта, но и в значительной мере жители города. Объясняется это тем, что обходные дороги проходят вблизи границ города по его лесопарковой зоне и горожане используют эти дороги как удобный путь для выезда в места отдыха, к водоемам, в леса. При отсутствии таких площадок быстро разрушаются обочины и резко возрастает аварийность в местах скопления стоящих автомобилей.

Обходные дороги в значительно большей степени, чем автомобильные дороги и городские магистральные улицы, требуют информационного обеспечения дорожными знаками, указателями, схемами. На каждом из пересечений с дорогой, продолжающей магистральную улицу, необходимо устанавливать указатели со схемами движения, рекомендуемыми скоростями и расстояниями до города. При необходимости можно использовать и нестандартные указатели.

При пересечении обходными дорогами пригородных зон особое внимание должно быть уделено планировочным мероприятиям, обеспечивающим безопасность движения пешеходов и общественного пассажирского транспорта.

#### **1.4. ВВОД АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ В ГОРОД**

При любой схеме связи города с сетью внешних автомобильных дорог существует проблема ввода транспортных потоков в город. Эта проблема вызвана необходимостью совмещения местного и транзитного движения. Она решается за счет создания специаль-

ной магистрали, которая обеспечивает постепенное изменение дорожных условий от характерных для автомобильных дорог до городских, связанных с многорядным движением высокой плотности, наличием пешеходов, регулируемых пересечений в одном уровне. При этом несколько меняется само понятие *транзитного потока*. К такому потоку относят не только поток, следующий через город, но и группы автомобилей, следующие через район, где находится рассматриваемая улица, в другие районы города. В этом случае часть потока, входящего в город с автомобильной дороги и остающегося в городе, для района ввода будет рассматриваться как транзит. Интенсивность такого движения по мере приближения к центру города за счет распределения его по улично-дорожной сети города падает (рис. 1.7).

Изменение планировки автомобильной дороги, вводимой в город, начинается задолго до того, как она подойдет к границам города. Это связано с необходимостью решения следующих вопросов:

- организации движения пешеходов и общественного транспорта в пригородной зоне;

- обеспечения стоянок автомобилей вблизи пунктов торговли и общественного питания;

- организации движения автомобилей и пешеходов в зонах окончания маршрутов общественного транспорта;

- строительства транспортной развязки на пересечении с обходной дорогой;

- обеспечения поверхностного водоотвода и согласования его со схемой водоотвода граничной части города.

Изменение планировки автомобильной дороги начинается практически с границ пригорода — территории, транспортные пути которой обеспечивают промышленные связи, деловые, культурные и бытовые поездки населения, связаны с городом и являются внешним продолжением его улично-дорожной сети. По мере приближения к границам города ширина проезжей части дороги увеличивается. Это вызвано прежде всего увеличением интенсивности местного движения и общественного пассажирского транспорта.

Возможно строительство трехполосных дорог, но такие дороги из-за их высокой опасности движения требуют специальных мер по

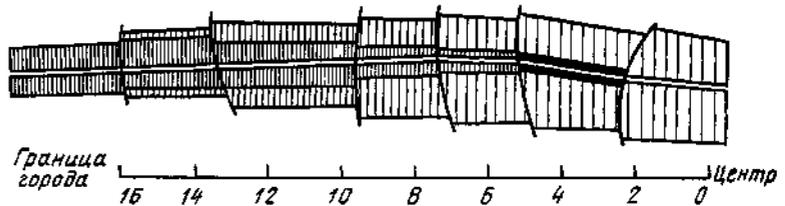


Рис. 1.7. Изменение интенсивности транзитного движения по мере приближения к центру города (сплошные линии — транзит, штриховка — местное движение)

Рис. 1.7. Изменение интенсивности транзитного движения по мере приближения к центру города (сплошные линии — транзит, штриховка — местное движение)

организации движения на средней полосе и рассматриваются как промежуточная стадия в перестройке двухполосной дороги в автомагистраль. Примером такой дороги может служить часть дороги Москва — Волоколамск на участке г. Истра — Ильинское шоссе. На этом участке для организации реверсивного движения на средней полосе проезжей части устроена система автоматизированного регулирования.

При увеличении числа полос движения до четырех и более необходимо строительство разделительной полосы. Учитывая трудность размещения полосы отвода нужной ширины в пределах населенных пунктов, допускается сокращение разделительной полосы до 4 м с возвышением над проезжей частью, при меньшей ширине полосу устраивают в одном уровне с проезжей частью и выделяют только разметкой. На участках с высокой интенсивностью движения при невозможности размещения разделительной полосы нормальной ширины применяют бетонные ограждения специальной конструкции типа «триест». Их устанавливают по оси дороги. Эти ограждения снижают аварийность на дороге, но создают дополнительные трудности в ее содержании, особенно в климатических зонах с длительной зимой и высоким снеговым покровом.

При решении вопроса о размерах разделительной полосы всегда следует исходить из того, что практически любые затраты, связанные с переносом промышленных и особенно жилых строений, которые чаще всего и ограничивают полосу отвода дороги, окупаются за счет сокращения числа дорожно-транспортных происшествий. Устранение только одного дорожно-транспортного происшествия со смертельным исходом окупает затраты на перенос не менее трех сельских усадеб с жилыми домами и хозяйственными постройками.

При организации пешеходного движения, кроме тротуаров, вынесенных за пределы полосы отвода, необходимо предусматривать и велосипедные дорожки. При малой интенсивности пешеходного и велосипедного движения (менее 75 чел./ч) тротуар и велодорожка могут быть совмещены. Примером может служить 20-километровая велодорожка для совмещенного движения в пригородной зоне г. Шауляя. Строительство ее полностью устранило наезды на велосипедистов.

Размеры проезжей части велодорожек назначают: для совмещенного движения с пешеходами 3 — 4,5 м; для отдельного движения 3,5 м при встречном и 1,5 м при одностороннем движении велосипедистов.

Расчетную пропускную способность одной полосы велосипедной Дорожки принимают равной 300 велосипедистам в час.

Для обеспечения безопасности движения в зонах остановок общественного транспорта (автобусов, троллейбусов, маршрутных такси) эти остановки располагают на специальных уширениях проезжей части с устройством площадки в зависимости от интенсивности движения. Пример плана площадки показан на рис. 1.8.

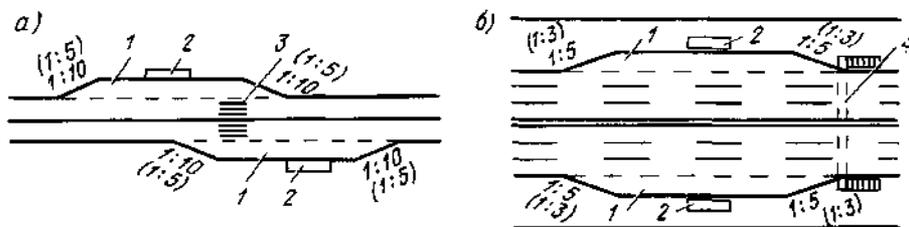


Рис. 1.8. Планировочное решение автобусной остановки:  
 а — на автомобильной дороге; б — на глубоком вводе в город;  
 1 — уширение для торможения, стоянки и разгона автобуса; 2 — павильоны для ожидающих пассажиров; 3 — наземный пешеходный переход; 4 — подземный пешеходный переход

Рис. 1.8. Планировочное решение автобусной остановки:  
 а — на автомобильной дороге; б — на глубоком вводе в город;  
 1 — уширение для торможения, стоянки и разгона автобуса; 2 — павильоны для ожидающих пассажиров; 3 — наземный пешеходный переход; 4 — подземный пешеходный переход

После транспортной развязки автомобильной дороги с обходной дорогой начинается магистраль, по которой осуществляется глубокий ввод транспортных потоков в город. Планировку ее, за исключением конечного участка, выполняют согласно нормам на проектирование городских улиц. Требования и нормативы строительных норм и правил необходимо соблюдать по всей длине улицы, но в поперечном профиле конечного участка, примыкающего к обходной дороге, допускаются некоторые изменения. Эти изменения вызваны необходимостью перехода от поперечного профиля городской магистральной улицы к поперечному профилю автомобильной дороги и привязки плана улицы к плану транспортной развязки. Участок улицы, где происходят эти изменения поперечного профиля, носит название *переходной участок*. При планировке переходного участка необходимо учитывать следующие требования:

траектории движения автомобилей при введении или устранении какого-либо элемента плана улицы (разделительной полосы, островка, дополнительной полосы проезжей части) не должны отклоняться от первоначального направления на угол, больший  $7^\circ$  (в предельных случаях этот угол может быть увеличен до  $12^\circ$ ). Это соответствует интенсивности отгона ширины проезжей части или разделительной полосы 1:10 (в крайнем случае 1:5);

все соединительные съезды и проезды, в том числе съезды городских транспортных развязок и местные проезды, должны иметь проезжую часть, обеспечивающую движение не менее чем в две полосы движения. В противном случае при поломке автомобиля на съезде или в зимний период при сильном снегопаде движение на переходном участке будет затруднено или невозможно;

при устройстве конечной остановки маршрута городского транспорта необходимо предусматривать специальные пешеходные пути к обходной дороге, а также пешеходные переходы на городской улице, в том числе и подземные переходы;

методами вертикальной планировки необходимо обеспечить поверхностный водоотвод на переходном участке.

Для крупных и крупнейших городов глубокий ввод в город должен осуществляться с помощью скоростных городских дорог, которые, являясь продолжением внешних автомагистралей, имеют близкие к ним технические параметры и проходят обособленно по территории города, создавая внеуличную транспортную сеть с высокой скоростью движения и пропускной способностью.

### 1.5. ПЛАНИРОВОЧНЫЕ СХЕМЫ УЛИЧНОЙ СЕТИ ГОРОДА

Потребность в классификации сети городских улиц и дорог появилась в связи с необходимостью обеспечивать на территории города движение всех видов городского наземного транспорта. Целью классификации является разделение движения на однородные транспортные потоки в соответствии с функциональным назначением улиц.

Для увеличения пропускной способности городских улиц и обеспечения четкой организации движения необходимо унифицировать подвижной состав, сделать его более однородным. Это позволяет распределять перевозки по отдельным магистралям города и по степени воздействия подвижного состава на окружающую среду (шум, вибрация, загазованность воздуха), осуществлять эти перевозки с учетом функционального зонирования города.

В настоящее время имеется только функциональная классификация городских улиц, делящая все улицы города по их назначению, но не по техническим показателям. Это объясняется тем, что уличную сеть закладывают в генеральный план города с ориентацией на очень отдаленную перспективу (50 — 100 лет) и для развития этой сети резервируют территорию, по границам которой располагается городская застройка. Границу, отделяющую улицу от территории застройки, за пределы которой не должны выходить здания, называют *красными линиями*. Все элементы улицы, обеспечивающие движение пешеходов и транспортных средств, должны располагаться в пределах красных линий.

Разместить в пределах отведенных площадей тротуары, проезжие части и другие элементы улицы, обеспечивающие пропуск перспективной интенсивности движения, более важно, чем нормировать технические параметры этих улиц (табл. 1.3).

В принятой классификации установлены минимальное число элементов поперечного профиля улицы и их основные размеры. Увеличение этих размеров, возможно при технико-экономическом обосновании, базой которого являются расчеты по оценке пропускной способности улицы, безопасности движения и транспортных потерь. Такие расчеты являются обязательными при проектировании городских улиц и практически устраняют неопределенность, связанную с отсутствием технической классификации. Одна и та же категория улицы может в зависимости от ожидаемой интенсивности

Таблица 1.3

Категории улиц и дорог	Функциональное назначение улиц	Основные расчетные параметры
Магистральные дороги скоростного движения	Транспортная связь между промышленными и планировочными районами в крупнейших и крупных городах, между городом и пригородной зоной, глубокий ввод автомобильных магистралей в город, связь с аэропортами, зонами массового отдыха. Пересечения с улицами и дорогами в разных уровнях. Преобладающие виды транспорта — общественный экспрессный пассажирский и легковой. Местное движение, а также трамвайное и грузовое исключаются	Скоростные дороги проектируются по нормативам автомобильных дорог I технической категории. Расчетная скорость в густонаселенной части города 80 км/ч; вне центральной части города 100 км/ч; в пригородной части города 120 км/ч. Дорога обособлена от сети городских улиц. Число полос движения 4—8, ширина полосы движения 3,75 м
Магистральные дороги регулируемого движения	Транспортная связь между районами города; на отдельных участках и направлениях дорога преимущественно грузового движения, осуществляемого вне жилой застройки, выходы на внешние автомобильные дороги. Пересечения с улицами и дорогами, как правило, в одном уровне	В зависимости от состава движения проектируются по нормативам для автомобильных дорог общей сети или как промышленные дороги. Расчетная скорость в зависимости от состава движения 80—100 км/ч. Число полос движения 2—6, ширина полосы движения 3,5 м; необходимы местные или боковые проезды
Магистральные улицы: а) общегородского значения	Непрерывного движения — транспортная связь между жилыми, промышленными районами и общественными центрами в крупнейших, крупных и больших городах, а также с другими магистральными улицами, городскими и внешними дорогами, движения по главным направлениям на пересечениях в разных уровнях. Основной вид транспорта — общественный пассажирский и легковой; при интенсивности движения автобусов более 100 ед/ч для них необходима специальная полоса без права заезда на нее других транспортных средств Регулируемого движения — транспортная связь между жилыми, промышленными районами и центром города, выход на другие городские дороги и улицы, внешние автомобильные дороги. Пересечения с другими улицами и дорогами, как правило, в одном уровне. Основные виды транспорта — общественный пассажирский и легковой	Расчетная скорость 100 км/ч, число полос движения 4—8, ширина полосы движения 3,5—3,75 м, продольные уклоны до 40%; разделительные полосы, местные или боковые проезды. Радиусы кривых: в плане 500 м; в продольном профиле выпуклых более 5000 м, вогнутых более 1000 м
		Расчетная скорость 80 км/ч, число полос движения 4—8, ширина полосы движения 3,5 м, продольные уклоны до 50%; разделительные полосы, местные или боковые проезды. Радиусы кривых: в плане 400 м; в продольном профиле выпуклых более 3000 м, вогнутых — более 1000 м

Категории улиц и дорог	Функциональное назначение улиц	Основные расчетные параметры
б) районного значения	Транспортная связь в пределах планировочных районов, с промышленными предприятиями, общественными центрами и местами массового отдыха и спорта, а также магистральными улицами в одном уровне. Допускается движение грузовых автомобилей	Расчетная скорость 60 км/ч, количество полос движения 2—4, радиусы кривых: в плане более 250 м, в продольном профиле выпуклых — более 2500 м, вогнутых более 1000 м. Продольные уклоны до 60%. Расстояние между остановочными пунктами пассажирского транспорта не более 600 м
Улицы и дороги местного значения:		
а) в жилой застройке	Транспортная (без пропуска потоков грузовых автомобилей и общественной связи на территории жилых районов, выходы на магистральные улицы и дороги регулируемого движения	Расчетная скорость 40 км/ч, число полос движения 2—3, ширина полосы движения 3,0 м, продольные уклоны до 70%, тротуары шириной более 1,5 м
б) промышленно-складские	Транспортная связь и пропуск преимущественно грузовых автомобилей в пределах района, выходы на магистральные городские улицы и дороги. Пересечения в одном уровне.	Расчетная скорость 50 км/ч, число полос движения 2—4, ширина полосы движения 3,5 м, продольные уклоны до 70%.
в) пешеходные	Пешеходная связь с местами приложения труда, учреждениями и предприятиями обслуживания, в том числе в пределах общественных центров, местами отдыха и остановочными пунктами общественного транспорта	Ширина одной полосы пешеходного движения 1,0 м, всей улицы или дороги — по расчету, наибольший продольный уклон 40%

движения иметь различную ширину основной проезжей части, местных проездов, разделительных полос и тротуаров. Но в любом случае минимальная техническая оснащённость улицы определена ее функциональным назначением.

Основные перевозки пассажиров и грузов в городах осуществляют на магистральных улицах. Именно эти улицы и обуславливают тип улично-дорожной сети города. Число магистральных улиц и их протяженность определяются ожидаемым уровнем автомобилизации города. Для отечественных городов этот уровень принят 180 — 220 авт. на 1000 жителей. Меньшие цифры относятся к крупнейшим и крупным городам, большие — к средним городам и поселкам. Для такого уровня автомобилизации плотность магистральной Улично-дорожной сети, определяемая как отношение протяженности магистральных улиц к площади района, должна быть 2,2 — 2,4 км/км<sup>2</sup> территории города. Эта плотность не должна быть равномерной по всей территории города. В центральной части города плот-

ность магистральных улиц должна быть увеличена до 3,0 — 3,5 км/км<sup>2</sup>, в периферийных районах с жилой застройкой — до 2,0 — 2,5 км/км<sup>2</sup>, в промышленных — уменьшена до 1,5 — 2,0 км/км<sup>2</sup>, а в лесопарковых зонах — до 0,5 — 1,0 км/км<sup>2</sup>.

Плотность местной уличной сети на межмагистральных территориях может достигать 2 км/км<sup>2</sup>. Следует при этом учитывать, что размещение и хранение автомобилей личного пользования предполагаются на проезжей части местной уличной сети. В нормах на проектирование жилых районов предусматривается размещение на территории микрорайонов не менее 70 % автомобилей граждан, проживающих в этом микрорайоне, с учетом расчетного уровня автомобилизации. Площадки для хранения автомобилей в микрорайонах должны вмещать не менее 25 % легковых автомобилей.

Улицы и дороги образуют на плане города сеть наземных путей сообщения. По очертаниям ее можно отнести с более или менее существенными допущениями к одной из принципиальных схем улично-дорожной сети города. Такими схемами являются свободные, не содержащие четкого геометрического рисунка, прямоугольные, прямоугольно-диагональные и радиально-кольцевые.

**Свободные схемы** улиц характерны для старых южных городов. Вся сеть состоит из узких кривых улиц с переменной шириной проезжей части, нередко исключая движение автомобилей в двух направлениях (рис. 19, а). Реконструкция такой сети улиц, как правило, связана с разрушением существующей застройки. Для современных городов эта схема непригодна и может быть оставлена только в заповедных частях города.

**Прямоугольная схема** распространена очень широко и присуща главным образом молодым городам или старым (относительно), но строившимся по единому плану. К числу таких городов относятся Ленинград (центральная часть), Краснодар, Алма-Ата. Достоинствами прямоугольной схемы являются отсутствие четко выраженного центрального ядра и возможность равномерного распределения транспортных потоков по всей территории города (рис. 19, б). Недостатки этой схемы — большое число сильно загруженных Пересечений, которые затрудняют организацию движения и увеличивают транспортные потери, большие перепробеги автомобилей по направлениям, не совпадающим с направлениями улиц.

Приспособленность уличной сети к требованиям современного городского движения оценивается коэффициентом непрямолинейности — отношением действительной длины пути между двумя точками к длине воздушной линии. Для прямоугольной схемы улиц этот коэффициент имеет наибольшее значение — 1,4—1,5. Это означает, что в городах с такой схемой улиц городской транспорт для перевозки пассажиров и грузов совершает перепробеги на 40—50 %. При одинаковых объемах перевозок интенсивность движения на улицах таких городов со всеми вытекающими отсюда последствиями (расход топлива, загрязнение окружающей среды, повышение ава-

рийности, перегрузка улиц движением) на 25 — 40 % выше, чем в городах с радиально-кольцевыми схемами.

**Прямоугольно-диагональная схема** улиц является развитием прямоугольной схемы (рис. 1.9, в). Она включает в себя диагональные и хордовые улицы, пробиваемые в существующей застройке по наиболее загруженным направлениям. Коэффициент непрямолинейности для таких схем составляет 1,2— 1,3.

Эта схема несколько улучшает транспортную характеристику уличной сети города, но создает новые проблемы: пересечение города по диагонали вызывает появление сложных пересечений с пятью и шестью вливающимися улицами. При малой интенсивности движения (в сумме на всех улицах менее 1500 авт./ч) для их развязки можно применять кольцевую схему, при высокой — транспортные развязки в двух и трех уровнях.

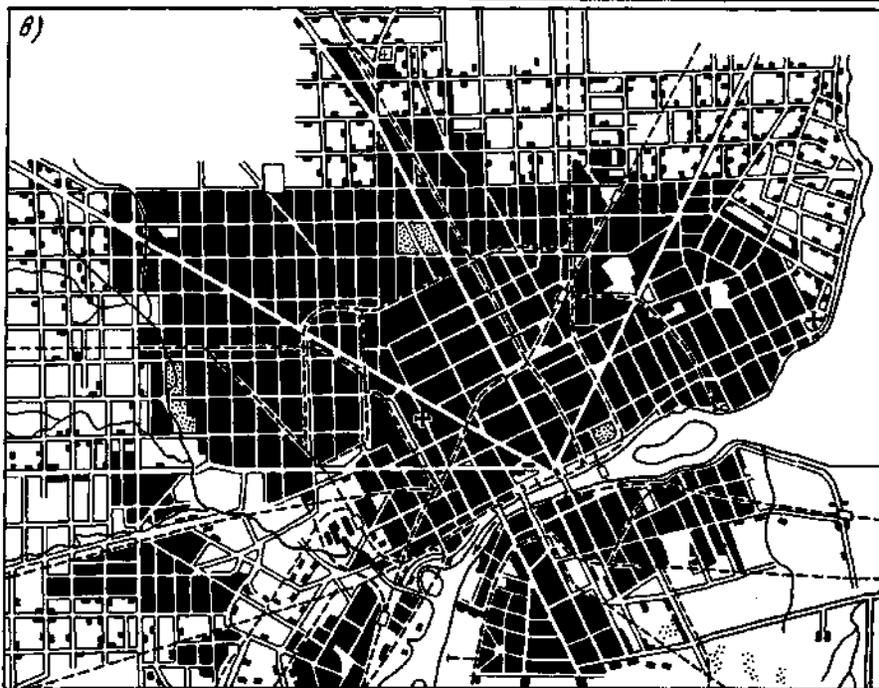
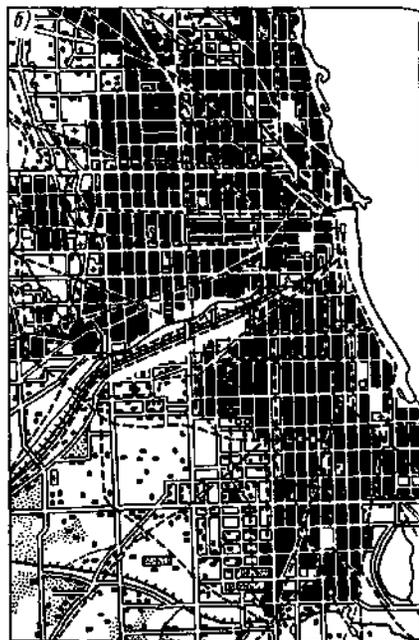
**Радиально-кольцевая схема** уличной сети характерна для крупнейших и крупных городов и содержит два принципиально разных вида магистралей — радиальные и кольцевые (рис. 1.9, г).

Радиальные магистрали являются чаще всего продолжением автомобильных дорог и служат для глубокого ввода транспортных потоков в город, для связи центра города с периферией и отдельных районов между собой. Кольцевые магистрали — это прежде всего распределительные магистрали, соединяющие радиальные и обеспечивающие перевод транспортных потоков с одной радиальной магистрали на другую. Они служат также и для транспортной связи между отдельными районами, расположенными в одном поясе города.

Примером такой планировки может служить Москва. Схема ее уличной сети складывалась исторически. Ядром этой сети был Кремль. По мере развития города как столицы Российского государства он окружался городскими постройками и оборонительными сооружениями — земляными валами и крепостными стенами. Эти сооружения и определили появление кольцевых магистралей. В настоящее время число радиальных магистралей увеличено до 20, а кольцевых до 3. В генеральном плане развития Москвы предполагается увеличение числа кольцевых магистралей до 4, а для улучшения транспортной связи между внешними районами города, где сейчас создаются жилые и лесопарковые районы города, — пробивка 4 хордовых магистралей, относящихся к категории скоростных дорог.

Радиально-кольцевая схема улично-дорожной сети города не предусматривает обязательного наличия полностью замкнутых колец. Важно обеспечить перемещение транспортных потоков от одной радиальной магистрали к другой по кратчайшему направлению — тангенциальному. По такому направлению могут располагаться отдельные хорды. Желательно, чтобы они перекрывали друг друга и обеспечивали связь между всеми радиальными магистралями. Чем ближе к центру города, тем больше потребность в полностью замкнутых кольцах. На периферии города необходимость поперечных транспортных связей диктуется главным образом объемом и направлением грузовых перевозок.

Радиально-кольцевая схема уличной сети имеет наименьший коэффициент непрямолинейности — 1,05 — 1,1.



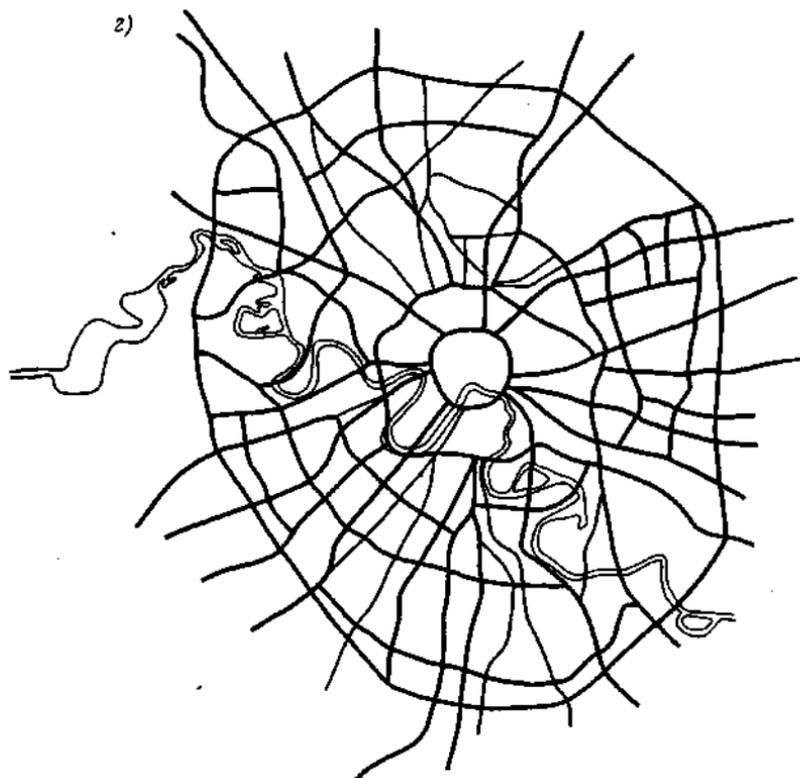


Рис. 1.9. Схемы уличной сети города:  
 а — свободная; б — прямоугольная; в — прямоугольно-диагональная; г — радиально-кольцевая

Рис. 1.9. Схемы уличной сети города:  
 а — свободная; б — прямоугольная; в — прямоугольно-диагональная; г — радиально-кольцевая

В чистом виде все рассмотренные схемы уличной сети в современных крупных городах встречаются редко. По мере развития города, его транспортной системы планировочная схема улиц все больше приобретает вид сначала радиальной схемы, а затем после строительства обходных дорог по границам города и улиц, опоясывающих центр города, радиально-кольцевой. В пределах одного района чаще всего сохраняется прямоугольная схема улиц.

**Контрольные вопросы.**

1. По какому показателю устанавливают крупность города?
2. Какие функциональные зоны выделяют на территории современных городов? Что является границами этих зон?
3. Какие существуют схемы связи города с внешними дорогами?
4. Как отражается схема улично-дорожной сети города на загрузке и пропускной способности улиц?
5. По какому принципу составлена современная классификация улично-дорожной сети города? В определении каких параметров улицы используется расчетная скорость движения?

## Глава 2

# ОСОБЕННОСТИ ГОРОДСКОГО ДВИЖЕНИЯ

### 2.1. ЗАКОНОМЕРНОСТИ АВТОМОБИЛИЗАЦИИ ГОРОДОВ

Уровень автомобилизации разных стран не одинаков, но закономерности их насыщения автомобилями практически неизменны. Достоинства автомобиля как индивидуального средства передвижения в полной мере реализуются лишь при наличии развитой сети дорог с хорошим покрытием. В этом отношении город имеет преимущество перед сельскими районами, особенно в начальный период автомобилизации. Мировой опыт показывает, что в этот период большая часть выпускаемых автомобилей находится в городах. Город насыщается автомобилями довольно быстро, и последствия этого — трудности в организации стоянок автомобилей и исчерпание пропускной способности уличной сети города — ухудшают условия жизни в городе.

В дальнейшем уровень автомобилизации растет в основном за счет насыщения сельской местности. В результате уровень автомобилизации многих крупнейших городов мира значительно ниже средних показателей по стране, авт. на 1000 жителей:

	В среднем по стране	В столице
США	560	182
Великобритания	330	170
Франция	356	171
Япония	221	115
Венгрия	ПО	137
СССР	49	68

Для современных городов средний уровень 170—180 авт. на 1000 жителей, видимо, является предельным и обусловлен не только емкостью городской территории, но и в значительно большей степени трудностями использования автомобилей: сложностями со стоянками у торговых, административных и культурных комплексов в жилых районах; высокой степенью загрузки улиц; низкой скоростью движения в плотных транспортных потоках. Кроме этого, обостряется проблема охраны окружающей среды, что заставляет городские власти создавать препятствия дальнейшему увеличению числа автомобилей в городе.

В настоящее время уровень 180 авт. на 1000 жителей принят в качестве расчетного и для городов СССР.

Процесс автомобилизации меняет не только жизненный уклад людей, но и политику в областях организации движения, развития общественного транспорта и охраны окружающей среды. Характеристика процесса автомобилизации развитых западных стран представлена в табл. 2.1.

Процесс этот интернационален. Характерной особенностью его является обострение транспортных проблем города по мере возрастания уровня автомобилизации. Эти проблемы зарождаются при следующих значениях уровня автомобилизации, авт. на 1000 жителей:

Возникновение трудностей с организацией движения.	Более 10
Обострение проблем с обеспечением пропускной способности улиц.	Более 30
Обострение экологических проблем, связанных с эксплуатацией автомобилей.	Более 100
Введение ограничений на использование автомобилей.	Более 130
Возврат к преимущественному развитию общественного пассажирского транспорта.	200—250

Анализируя опыт автомобилизации капиталистических стран, следует принять во внимание, что резкое обострение транспортных проблем в крупных и крупнейших городах вызвано не только чрезмерным числом автомобилей, но в значительной степени социальной структурой этих городов и самой капиталистической системой. Самым опасным конкурентом для автомобильных концернов является общественный транспорт. Незрелость общественного пассажирского транспорта заставляет жителей города использовать автомобиль. Характерно, что в городах с развивающейся системой городского общественного транспорта число автомобилей на 1000 жителей уменьшается.

В наших условиях планового развития городов и первоочередного развития общественного городского транспорта можно исключить возможность появления ряда нежелательных последствий автомобилизации. Это прежде всего относится к устранению возможной перегрузки магистральных улиц города и его центра. Сейчас уже установлено, что при уровне загрузки улицы более 0,6 владельцы автомобилей предпочитают ездить на работу на общественном транспорте. Это является признаком того, что даже при предельном уровне автомобилизации города интенсивность движения на улицах можно уменьшить за счет развития общественного пассажирского транспорта. При таком развитии городского движения трудовые поездки, определяющие подвижность населения, можно осуществлять на общественном транспорте, а личный автомобиль остается для поездок за покупками и на отдых. При решении проблем стоянок автомобилей в жилых районах уровень автомобилизации города при развитом общественном пассажирском транспорте может быть и выше 180 авт. на 1000 жителей.

Уровень автомобилизации, авт. на -1000 жителей	Страна	Годы	Возникающая ситуация, меры для решения проблемы
0,2	Великобритания	1886	В г. Лондоне произошло первое дорожно-транспортное происшествие со смертельным исходом
8	Германия	1926-1932	Разработан план строительства 6300 км автомагистралей
10	США	1913	Оборудован первый автоматический светофор в г. Кливленде
25	Италия	1955	Развитие строительства автомагистралей
30	США	1917	Первая «зеленая волна» для регулирования движения в г. Солт-Лейк-Сити
80—100	Великобритания, Швеция	1955—1960	Обострение транспортных трудностей в крупнейших городах. Ухудшение окружающей среды, строительство городов-спутников
100	США	1926	Строительство первой полной транспортной развязки «клеверный лист»
130	Великобритания	1961	Создание правительственной комиссии по улучшению влияния автомобиля на развитие города и окружающую среду
150	США	1964	Разработаны первые транспортные планы городов Тульса, Литл-Рока. Принят акт федеральной помощи строительству городских дорог
195	ФРГ	1967	Усилия по созданию пешеходных зон в городах
250	США, Великобритания	1955, 1965	Констатация того, что общественный транспорт ликвидирован в большинстве городов с населением 100—150 тыс. чел. Затруднения для неимеющих автомобили
250	ФРГ	1974	Усилия по укреплению общественного транспорта. Разработка единой транспортной системы г. Мюнхена. Строительство скоростного трамвая, метро в нескольких городах
260	Италия	1974	На конференции породнившихся городов принята «Болонская декларация», констатирующая, что одним дорожным строительством транспортную проблему в городах не решить. Нужен комплекс организационных мер
270	Япония, Канада, Великобритания	1972—1976	Разработаны и реализованы системы автоматизированного управления движением транспортных средств для крупнейших городов, регионов
320	Швеция	1978	Созыв международной конференции по проблемам восстановления утраченных позиций общественного транспорта
360	США	1957	Разработан план строительства до 1972 г. 65 000 км новых автомагистралей. Цель — соединить ими все города с населением 50 000 чел.
550	США	1980	У 20% семей нет автомобилей. Политика возрождения общественного транспорта
30			

## 2.2. ПОДВИЖНОСТЬ ГОРОДСКОГО НАСЕЛЕНИЯ

Для расчета интенсивности движения на сети городских улиц необходима возможность прогнозировать передвижения населения как по направлениям, так и по частоте. В этих целях все население делится на группы: А — трудящиеся градообразующих предприятий и учреждений; Б — трудящиеся обслуживающих предприятий и учреждений; В — учащиеся вузов, техникумов, ПТУ; Г — несамостоятельное население (дети, домохозяйки, пенсионеры, инвалиды). К самостоятельному относится население групп А и Б.

Для наших городов характерен следующий состав населения по группам: А — 27 — 35%; Б — 20 — 23%; В, Г — 40 — 50%. Наибольшее число передвижений дают группы А — В.

Все передвижения в зависимости от их целей делят на трудовые, культурно-бытовые, на отдых и прочие.

Структура городских транспортных потоков определяется потребностью в перевозках грузов и пассажиров. Наибольшую трудность представляет расчет и прогнозирование пассажирских потоков.

Различают *общую подвижность населения* — среднее число всех передвижений по территории города, и *транспортную подвижность населения* — среднее число поездок на транспортных средствах. Отношение транспортной подвижности к общей носит название *коэффициента пользования транспортом*. Значение этого коэффициента зависит от вида поездок и размеров города.

Коэффициенты пользования транспортом определяют по материалам обследования подвижности населения. При отсутствии таких данных пользуются среднестатистическими значениями. В зависимости от дальности и цели передвижения среднестатистические коэффициенты пользования транспортом следующие:

Дальность передвижения, км	До 1	1,5	2	2,5	3	Более 3
Трудовые передвижения . . . . .	0,3	0,65	0,9	1	1	1
Культурно-бытовые передвижения . . . . .	0,15	0,4	0,65	0,8	0,9	1

Развитость сети общественного пассажирского транспорта характеризует *коэффициент пересадочности* — отношение числа передвижений на транспортных средствах с учетом всех пересадок к числу полных поездок между пунктами отправления и назначения. Для Москвы этот коэффициент для трудовых поездок находится в пределах 1,59— 1,61, для культурно-бытовых — 1,32— 1,33.

Отношение общего числа передвижений к числу прямых и попутных передвижений называется *коэффициентом возвратности*. Этот коэффициент характеризует возможность многоцелевых поездок и изменяется в пределах 1,25...2,00.

Транспортная подвижность населения зависит от размеров города, развития в нем индустрии, числа и расположения объектов культурно-бытового обслуживания. Для Москвы характерно следующее соотношение, по целям поездок: трудовые поездки 43 — 45 %; культурно-бытовые 45 %; на отдых 9 — 11 %; на железнодорожные вокзалы и в аэропорты — до 1 %.

Число трудовых поездок определяют умножением численности населения групп А и Б на среднюю подвижность населения по трудовым целям, к ним добавляют деловые поездки в количестве 5 % от трудовых. Культурно-бытовую подвижность населения определяют по материалам обследований. В табл. 2.2 обобщены результаты таких обследований, выполненных в разные годы в отечественных городах (в скобках приведены коэффициенты пользования транспортом).

При отсутствии данных обследования используют ориентировочные значения перспективной подвижности населения, в зависимости от населения города, тыс. чел.:

Население города . . . . .	50	100	250	500	750	1000	2000	5000	и более
Число передвижений на одного жителя в год . . . . .	950	1030	1080	1100	ИЗО	1150	1200	1300—1400	

Обследование подвижности населения — очень трудоемкая задача. В СССР в 1970 г. впервые во время Всесоюзной переписи населения было обследовано расселение групп самодельного населения более чем в 90 городах и получены количественные характеристики интенсивности трудовых, культурно-бытовых и других передвижений. Такое широкомасштабное обследование приурочивается к переписи населения страны или в каком-либо отдельном регионе страны. В промежутках между переписями населения проводят выборочные обследования.

В настоящее время имеется несколько методов сбора информации о передвижении населения.

**Анкетное обследование** передвижений к местам работы (учебы) выполняют, как правило, одновременно с Всесоюзной переписью населения и проводят по месту жительства. Оно охватывает самодельное население, а также учащихся высших и средних учебных заведений. С помощью этого метода определяют структуру трудового баланса, направленность и интенсивность передвижений на-

Таблица 2.2

Город	Подвижность населения в городах по целям		
	Общие	Трудовые	Культурно-бытовые
Москва	800	350 (-)	450 (-)
Ленинград	945	400(0,73)	545(0,51)
Киев	1120	268(0,79)	852(0,43)
Харьков	963	396(0,58)	567(0,47)

селения, число пересадок. Частота этих обследований — один раз в 10 лет.

**Метод «адресов»** — обследование расселения по отношению к местам приложения труда (учебы), охватывает самодеятельное население, а также учащихся высших и средних учебных заведений и проводится по месту работы или учебы. Этим методом определяют направление и интенсивность передвижений к месту работы или учебы. Такое обследование проводят один раз в 10 лет между Всесоюзными переписями населения со сплошным охватом мест приложения труда. Одновременно с этим обследованием должно проводиться анкетное обследование качественных характеристик трудовых корреспонденции, охватывающее ту же группу населения. Цель обследования — установить способы передвижения, полные и по элементам затраты времени, число пересадок, причины передвижения пешком. Такому обследованию подвергаются 5 % от количества обследуемых по методу «адресов».

**Дневниковое анкетное обследование** общей подвижности населения распространяется на все население, кроме детей дошкольного возраста, и проводится по месту жительства. С его помощью устанавливают частоту перемещений по целям, характеристикам и по способам передвижений, затраты времени на передвижение, число пересадок. Это обследование выборочное, оно охватывает 0,5 — 1 % населения и должно проводиться один раз в 5 лет.

**Анкетное обследование и опрос общественного мнения** выполняют в период разработки генерального плана города, проводят по месту жительства и работы. Им охватывают до 0,1 % населения, кроме детей дошкольного возраста. Цель обследований — выяснить отношение жителей к организации городской территории, работе городского транспорта, элементам застройки, состоянию окружающей среды.

**Дневниковые обследования бюджета времени** выполняют по месту жительства и проводят непрерывно. Им охватывают все самодеятельное население. Обследуют ограниченное число семей, различающихся по численности и социальному составу. Цель этих обследований — определить структуру свободного времени населения, его использование и выделить затраты времени на передвижение. Эти обследования позволяют следить за динамикой социального Развития города и изменением подвижности населения.

Анкетные обследования позволяют получить информацию о размещении самодеятельного населения относительно мест приложения труда, о численности этой группы населения в границах города, об объеме передвижений между отдельными районами города. Одна из задач таких обследований — оценка комфортабельности транспортных и пешеходных передвижений, затрат времени на передвижения. Дневниковые обследования позволяют собрать информацию о бюджете времени населения, частоте и способе передвижений. Получаемая в процессе обследований информация служит ос-

новой для разработки генеральных планов городов, планирования работы общественного пассажирского транспорта и совершенствования транспортной планировки города.

Объем пассажирских перевозок в пределах города рассчитывают на основе использования результатов обследования подвижности населения и статистических материалов городского пассажирского транспорта за предшествующие годы. Методы расчета эмпирические, содержат большое число коэффициентов, учитывающих характерные для города условия. Эти коэффициенты для разных городов неодинаковы и должны определяться в процессе обследования подвижности населения.

Объем пассажирских перевозок

$$P_{\text{тр}} = Q_{\text{т}} D_{\text{т}} K_{\text{т}} K_{\text{пер}} K_{\text{в}} K_{\text{з}}; \quad P_{\text{к.б}} = Q_{\text{к.б}} D_{\text{т}} K_{\text{т}} K_{\text{пер}} K_{\text{в}},$$

где  $P_{\text{тр}}$  — объем трудовых перевозок за год;  $Q_{\text{т}}$  — объем суточных перевозок пассажиров по трудовым целям. Он определяется в зависимости от категории населения, учитывает горожан и пригородных жителей, работающих в городах;  $D_{\text{т}}$  — число рабочих дней в году;  $K_{\text{т}}$  — коэффициент пользования транспортом;  $K_{\text{пер}}$  — коэффициент Пересадочности;  $K_{\text{в}}$  — коэффициент возвратности;  $K_{\text{з}}$  — коэффициент, учитывающий деловые поездки;  $P_{\text{к.б}}$  — объем перевозок пассажиров по культурно-бытовым целям за год;  $Q_{\text{к.б}}$  — объем суточных перевозок пассажиров по культурно-бытовым целям.

С повышением уровня автомобилизации города затраты времени на трудовые передвижения увеличиваются. В Москве эти затраты увеличились за последние 10 лет с 53 до 56 мин на каждую поездку. Увеличивается и средняя дальность поездки: за каждые 10 лет и а 0,5 км. При этом преобладали поездки на расстояния до 5 км:

Дальность поездки, км	До 5	6—10	11—15	16—20	21—25	26—30	Более 30
Частость	45,5	20,4	13,8	10,5	6,2	2,5	1,1

На небольшие расстояния до 1 км местные передвижения совершаются пешком. Эти передвижения являются основой расчета интенсивности пешеходного движения. Дальность такого передвижения увеличивается при удалении от центра города.

Преимущественное развитие общественного пассажирского транспорта накладывает отпечаток на структуру транспортных потоков в наших городах. На общегородских магистральных улицах преобладающим видом транспортных средств являются легковые автомобили (60 — 80 %). Доля автобусов и троллейбусов в транспортном потоке составляет по 10—15%; грузовых автомобилей менее 10 %. Все грузовые перевозки в перспективе предполагается вынести на специальные внеуличные дороги и на районные магистральные улицы, приспособленные для движения грузовых автомобилей. На таких магистралях грузовое движение составляет 60 — 80 %, легковое 25 — 30 %, автобусное и троллейбусное менее 10 %.

Предполагается, что такая структура городских транспортных потоков останется неизменной в наших городах и при дальнейшем росте уровня автомобилизации.

## 2. 3. ГОРОДСКОЙ ПАССАЖИРСКИЙ ТРАНСПОРТ

Основными видами городского пассажирского транспорта являются метрополитен, автобус, троллейбус и трамвай. В последние годы большое распространение получило и маршрутное такси, для которого используется микроавтобус вместимостью 11 чел.

Метрополитен относится к системе внеуличного транспорта. В зависимости от способа прокладки он может быть подземным и наземным. Линии подземного метрополитена бывают глубокого заложения (более 12 м) и мелкого (6—12 м). Последние накладывают ограничение на методы производства дорожных работ на улицах и на состав транспортного потока.

Затраты на строительство и эксплуатацию метрополитена больше, чем на любой другой вид городского пассажирского транспорта. Поэтому он приемлем только в крупнейших городах с населением более 1 млн. чел., где пассажиропотоки по направлениям превышают 25—30 тыс. пасс./ч.

Для городов с развитыми пригородами эффективно совмещение пересадочных станций метрополитена и железнодорожных вокзалов. Такое совмещение в значительной степени уменьшает загрузку наземных транспортных средств.

В настоящее время в мире насчитывается более 50 городов, имеющих метрополитены. В СССР метрополитен имеют 10 городов. В стадии строительства находятся метрополитены в ряде крупнейших городов страны.

**Автобусный транспорт** наиболее распространен благодаря его маневренности и большой провозной способности. Он может быть использован как основной при организации межрайонных перевозок или как вспомогательный при обеспечении подъезда к станциям метрополитена или железнодорожным станциям.

Плотность сети автобусных линий в селитебной территории в городах достигает 3 км/км<sup>2</sup>.

Недостатком автобусного транспорта является загрязнение им воздушного бассейна города и повышенный уровень шума при движении по улицам. Один автобус типа ЛиАЗ-677 выбрасывает в воздух столько вредных веществ, сколько 5—6 легковых автомобилей, а уровень шума от него в 1,5—2,0 раза выше, чем от легковых автомобилей.

**Троллейбусный транспорт** наиболее современный вид городского пассажирского транспорта, практически безвредный для воздушного бассейна города. Он требует значительно больших капитальных вложений, чем автобусный, но является более выгодным в эксплуатации из-за более дешевого энергетического снабжения. По своей провозной способности он близок к автобусному транспорту.

Недостатком троллейбусного транспорта является то, что он привязан к контактной сети и обладает малой маневренностью в городском транспортном потоке. Наличие троллейбусов на улице

снижает пропускную способность двух ее полос в зависимости от частоты движения троллейбусов на 25—50 %.

**Трамвай** долгое время оставался основным видом городского транспорта. Его провозная способность может быть доведена до значения, близкого к провозной способности метрополитена. В настоящее время в СССР трамвай обслуживает не менее 25 % пассажирских перевозок. Трамваю необходимо для движения обособленное земляное полотно, которое занимает значительную ширину улицы и создает серьезные трудности в организации движения автомобильного транспорта. Это является основными причинами уменьшения плотности сети трамвая в крупных городах. Однако благодаря большой провозной способности трамвай долго еще будет оставаться основным видом пассажирского транспорта в промышленных зонах крупных городов с населением более 500 тыс. чел. и на всей территории городов с населением более 250 тыс. чел.

Провозная способность линии пассажирского транспорта приведена в табл. 2.3.

Выбор вида городского транспорта для перевозки пассажиров зависит от развитости и состояния улично-дорожной сети города: плотности магистральных улиц, уровня их загрузки транспортными средствами, технического состояния улиц местной сети. Предпочтительнее обычно отдается городскому транспорту, не требующему больших дополнительных затрат для организации его движения.

Решение проблемы пассажирских перевозок в городах должно быть направлено на комплексное использование всех видов пассажирского транспорта. Это особенно необходимо в крупных и крупнейших городах. При межрайонных перевозках наиболее эффективен трамвай, особенно скоростной, при внутрирайонных — автобус, при перевозках в жилых районах и центральных частях города — троллейбус.

Таблица 2.3

Вид пассажирского транспорта	Средняя скорость сообщения, км/ч	Провозная способность линии в одном направлении, тыс. пасс./ч
Автобус вместимостью, пасс.:		
до 60	18—20	3—4
свыше 60	18—20	5—6
Автобус-экспресс	20—25	8—10
Троллейбус	18—20	4—6
Трамвай вместимостью, пасс.:		
до 120	18—20	6—8
свыше 120	18—20	9—12
Скоростной трамвай	25—30	12—24
Метрополитен при составе поезда, число вагонов:		
5	40—45	25—30
8	30—45	35—60

## 2.4. ЗАКОНОМЕРНОСТИ ДВИЖЕНИЯ НА ГОРОДСКИХ УЛИЦАХ

Интенсивность движения на городской сети улиц изменяется во времени. Различают колебания сезонные, по дням недели и часам суток. В расчетах часто используют условный показатель — средне-суточную интенсивность движения ( $I_{ср}$ ), которую определяют расчетом:

$$I_{ср} = W_t / 365,$$

где  $W_t$  — годовой объем движения, авт.

Показатель  $I_{ср}$  используют при расчетах дорожных одежд и конструкций пролетных строений мостов, путепроводов и тоннелей.

Для расчетов, связанных с оценкой пропускной способности улиц, уровня их загрузки, транспортных потерь на них, ущерба от дорожно-транспортных происшествий, нужен показатель, более точно

отражающий колебания интенсивности движения. На рис. 2.1, а показана характерная кривая изменения интенсивности движения  $I_t$  на городских магистралях в течение года. Причинами резкого снижения интенсивности движения в зимние месяцы года являются неблагоприятные погодные условия и ухудшение дорожных условий (скользкое покрытие, сужение из-за отложения снега ширины проезжей части). Интенсивность движения общественного транспорта менее подвержена сезонным колебаниям. Нагрузка на этот транспорт в осенне-зимний период большая, чем в летний. Спад интенсивности движения в городах в зимний период связан с уменьшением использования в это время личных автомобилей. На летние месяцы приходится около 70 % годового участия этих автомобилей в дорожном движении, в зимний период объем движения автомобилей индивидуальных владельцев составляет 1,5–2 % годового.

Исключением являются южные города, где благодаря короткой мягкой зиме личный автомобиль можно использовать в течение всего года.

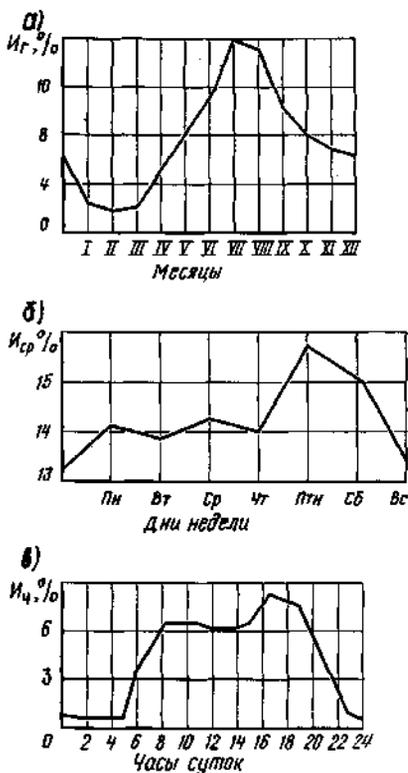


Рис. 2.1. Распределение объемов движения:  
а — по месяцам года; б — по дням недели;  
в — по часам суток

Колебания интенсивности движения в течение года характеризуются коэффициентом годовой неравномерности

$$K_r = U_m / W_r,$$

где  $W_m$  — месячный объем движения, авт.

Для автомобильных дорог  $K_r$  имеет следующие значения:

Месяц года	I	II	III	IV	V	VI
$K_r$	0,025	0,030	0,045	0,070	0,100	0,150
Месяц года	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$K_r$	0,165	0,140	0,120	0,100	0,035	0,020

Для городских магистральных улиц  $K_r$  имеет другие значения, поскольку благодаря лучшему содержанию проезжей части и более стабильному плану грузоперевозок, чем на автомобильных дорогах, сезонные колебания движения меньше. Для условий Москвы  $K_r$  имеет следующие значения:

Месяц года	I	II	III	IV	V	VI
$K_r$	0,04	0,03	0,05	0,09	0,10	0,12
Месяц года	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$K_r$	0,12	0,11	0,12	0,11	0,06	0,05

Коэффициент  $K_r$  используют при расчете годового объема движения

$$W_r = I_i D_m / (K_r K_e),$$

где  $I_i$  — известная интенсивность движения, авт./ч;  $D_m$  — число рабочих дней в месяце;  $K_e$  — коэффициенты суточной неравномерности движения.

В распределении интенсивности по дням недели также имеется закономерность. Она связана с социальными особенностями городов и организаций рабочего времени трудящихся. Наибольшая интенсивность движения в городах наблюдается в пятницу. Около 70 % всех индивидуальных владельцев пользуются в этот день личным автомобилем.

Следствием этого является увеличение интенсивности движения на 1,5—2% выше среднесуточной за неделю (рис. 2.1,6). Эту интенсивность движения рекомендуется принимать в качестве расчетной для всего месяца.

Для расчетов, связанных с оценкой пропускной способности, уровня загрузки уличной сети, необходима характеристика часовой интенсивности движения ( $I_v$ ).

Типичное распределение этой интенсивности в течение суток представлено на рис. 2.1, в.

В течение суток можно выделить два ярко выраженных периода увеличения интенсивности движения: внутренний в начале рабочего

дня и вечерний в конце дня. Эти периоды носят название *часы пик*, и в течение их происходит 10—12 % суточного объема движения.

Продолжительность часов пик увеличивается с ростом уровня автомобилизации городов и для крупных городов с уровнем 40—45 авт. на 1000 жителей может составлять в общей сложности 4—4,5 ч.

Основная нагрузка на улично-дорожную сеть города приходится с 8 до 20 ч, в этот период проходит более 80 % суточного объема движения.

На автомобильных дорогах и дорогах пригородной зоны часовое распределение движения имеет такой же характер, как и в городе, но объем движения в течение суток распределяется более равномерно: на час пик приходится 6—10 %, а на период с 8 до 20 ч — 60—70 % суточного объема движения.

В городах пиковые нагрузки автомобильного, пешеходного движения и потребности в стоянках автомобилей практически совпадают (рис. 2.2). Это говорит о необходимости комплексного решения транспортных проблем города.

Частные решения, затрагивающие только транспортный поток или пешеходов, малоэффективны.

## 2.5. МЕТОДЫ РАСЧЕТА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ ДВИЖЕНИЯ НА ГОРОДСКИХ УЛИЦАХ

Основой для расчета интенсивности движения является ожидаемый объем грузовых и пассажирских перевозок. Он определяется планами развития города и материалами обследования городского Движения.

Транспортная часть генерального плана города содержит, как правило, две группы материалов:

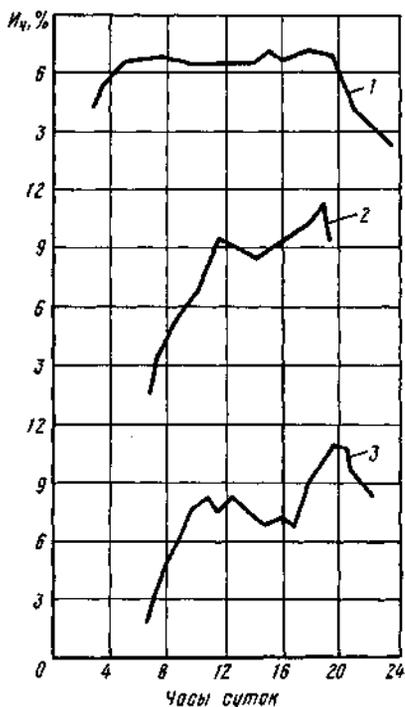


Рис. 2.2. Типичное распределение объемов движения в крупных и крупнейших городах по часам суток:  
1 — транспортные потоки; 2 — пешеходные потоки; 3 — потребность в автомобильных стоянках

первая — характеристика грузонапряженности и пассажиронапряженности основных корреспондирующих направлений и состояние улично-дорожной сети города на момент обследования;

вторая — перспективы развития городского движения и улично-дорожной сети с учетом промышленного и социального развития города и ростом уровня его автомобилизации.

В состав материалов натурных обследований входят картограммы потоков пассажиров и грузов между основными корреспондирующими точками города. Объектами таких обследований являются население, городской транспорт и городское движение.

При обследовании передвижения населения выясняют места приложения труда рабочих и служащих и места обучения учащихся

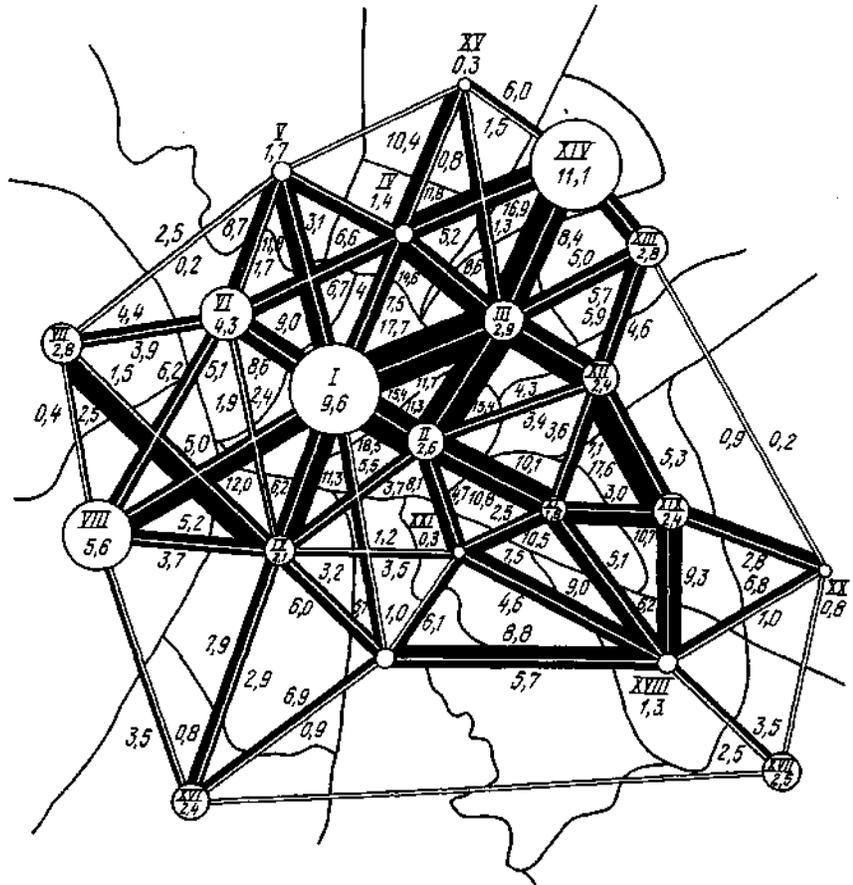


Рис. 2.3. Типичная картограмма межрайонных корреспонденций пассажиропотока  
Цифры на линиях — передвижения в сутки (тыс.), цифры в кружках — номер района и среднее для всего района число передвижений (тыс.)

Рис. 2.3. Типичная картограмма межрайонных корреспонденций пассажиропотоке  
Цифры на линиях — передвижения в сутки (тыс.), цифры в кружках — номер района и среднее для всего района число передвижений (тыс.)

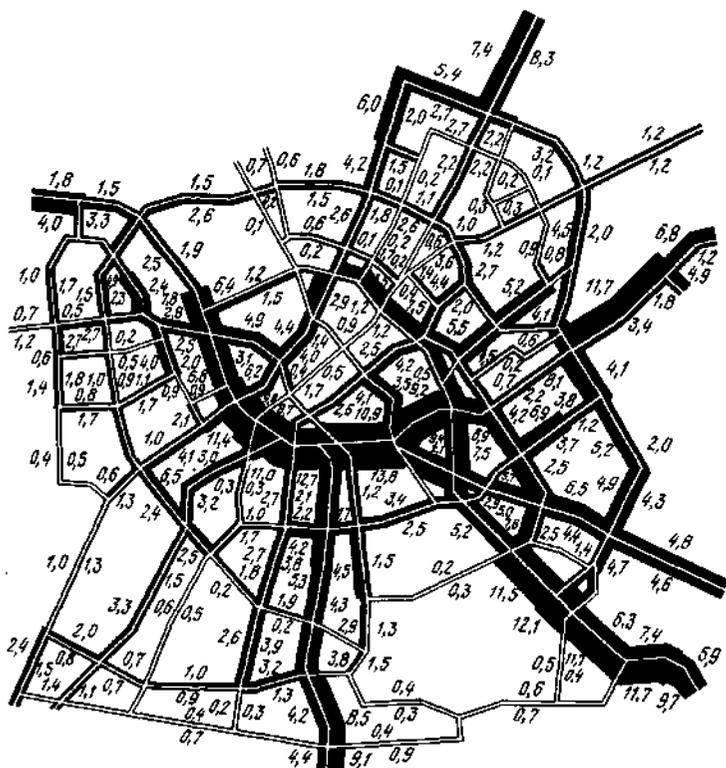


Рис. 2.4. Картограмма пассажиропотоков по сети улиц города. Цифры на линиях — интенсивность движения (тыс. пешеходов в сутки)

относительно их мест жительства, суточные циклы их передвижения и посещение административных и культурно-бытовых объектов города. Эти обследования проводят, как правило, в период переписи населения, а для отдельных районов города обследование может выполняться с помощью анкет, доставляемых населению почтой. Результатом такого обследования является картограмма связей между корреспондирующими пунктами с указанием годового объема перевозок (рис. 2.3).

При обследовании городского транспорта устанавливают пассажирооборот остановочных пунктов и пассажиропотоки по основным маршрутам пассажирского транспорта. Эти обследования охватывают также легковые и грузовые автомобили. Для личных легковых автомобилей устанавливают частоту и целевое их использование в различные сезоны года, для грузовых автомобилей — распределение грузопотоков между основными корреспондирующими пунктами, основные направления движения грузов, дальность перевозки и объем грузовой работы (рис. 2.4).

При обследовании городского движения устанавливают интенсивность движения на улично-дорожной сети города, изменение ее по сезонам года, дням недели и часам суток. Кроме этого, устанавливают характеристики скорости движения и интенсивность пешеходного движения. На пересечениях магистральных улиц устанавливают распределение потоков по направлениям. Результатом обследований являются картограммы интенсивностей городского движения по магистральным улицам.

Для разработки комплексных транспортных схем города, проектов транспортных схем отдельных районов города и для решения проблем организации движения наиболее часто приходится обследовать городское движение. Эти обследования очень трудоемки и требуют одновременного участия большого числа людей, поэтому в зависимости от целей обследования (пополнение имеющейся или сбор ранее отсутствующей информации) они бывают выборочными или сплошными.

Метод выборочных обследований разработан с учетом закономерностей теории вероятностей и математической статистики и основан на определении размера части генеральной совокупности, закономерности которой могут быть распространены на всю совокупность. Например, часовая интенсивность движения автомобилей и пешеходов может быть определена по данным 3—5- и 10-минутных наблюдений. Ошибка при этом будет определяться равномерностью потоков во времени.

Необходимый объем выборки при обследовании городского движения

$$n = Et^2\sigma^2 / (E\Delta^2 + t^2\sigma^2),$$

где  $E$  — генеральная совокупность изучаемых показателей;  $t$  — функция доверительной вероятности;  $\sigma$  — ожидаемое среднеквадратичное отклонение, которое устанавливается предварительными наблюдениями;  $\Delta$  — точность измерения, приравняемая к допустимой ошибке (в долях единицы).

Функция доверительной вероятности  $t$  принимается в зависимости от необходимой надежности получаемых результатов:

Надежность, % . . . . .	85	95	99	99,9
Функция $t$ . . . . .	1,5	2,0	2,6	3,3

Сплошные обследования из-за их большой трудоемкости проводят только применительно к одному какому-либо виду пассажирского транспорта (например, метрополитену или троллейбусу) или при обследовании населения во время переписи населения.

Перспективную интенсивность движения на уличной сети города на ближайшую перспективу (до 10 лет) рассчитывают по материалам обследований, а на более отдаленную перспективу — с учетом годовых корреспонденции грузов и пассажиров между отдельными территориями города, имея в виду неравномерность движения по сезонам, дням недели и часам суток.

Объемы перевозок по отдельным направлениям рассчитывают на ближайшую перспективу экстраполяционным методом, предполагая неизменным годовой прирост перевозок, а на дальнюю — аналитическим методом.

Аналитический метод включает анкетный опрос всех грузоотправителей и грузополучателей о перспективном росте грузооборота, об адресах и направленности корреспонденции, планах развития предприятий и нормативах расхода сырья и выпуска годовой продукции. Наряду с фактическими данными о плановых грузооборотах отдельных территорий и объектов города используют и укрупненные показатели, установленные ЦНИИП градостроительства.

Объем перевозок определяют исходя из нормативов выпуска валовой продукции предприятиями города. В расчетах принимают на 1 млн р. валовой продукции в среднем 17—18 тыс. т промышленных грузов. Для строительных грузов в качестве норматива используют показатель 4,8—6,1 т грузов на 100 тыс. р. сметной стоимости строительно-монтажных работ и 3,6—5,0 т на 1000 м<sup>2</sup> строящейся жилой площади. Для культурно-бытового строительства принимают укрупненный показатель 4,0—4,4 тыс. т на 100 тыс. р. сметной стоимости. Для строительства железных и автомобильных дорог, а также ТЭЦ и гидростанций принимают ориентировочно 4,6—7,5 тыс. т на 100 тыс. р. сметной стоимости объекта.

Объем потребительских грузов принимают из расчетов на одного жителя на первую очередь 2,5 т в год, в перспективе — 4,2 т.

Если имеются фактические данные о потреблении грузов на какой-либо период, то годовой объем перевозок ( $Q_r$ ) определяют делением всего объема перевозок ( $Q$ ) на продолжительность строительства ( $T$ ) с учетом коэффициента ( $K_n$ ) повторяемости грузов:  $Q_r = K_n Q / T$ . Коэффициент  $K_n$  принимают для промышленного строительства 1,4—1,5; для жилищного, культурно-бытового и коммунального строительства — 1,2—1,3.

Исходной информацией для расчета грузонапряженности магистралей города являются так называемые *шахматные таблицы объемов перевозок* в городе за один год. Эти перевозки осуществляются по определенным маршрутам, которые прокладывают по магистральным улицам города с учетом их функционального назначения. На основании анализа возможности перевозок по территории города составляют таблицу корреспонденции грузов с учетом тяготения их к конкретным магистралям (табл. 2.4).

Расчетная интенсивность движения по улице в одном направлении в час пик

$$H = Q_r K_{сез} K_c K_{нар} h_a / (2\gamma\beta q \cdot 365),$$

где  $K_{сез}$ ,  $K_c$  и  $K_{нар}$  — коэффициенты неравномерности соответственно сезонной, суточной и по направлениям в час пик;  $h_a$  — доля точной интенсивности движения, приходящаяся на час пик (0,08—0,1);  $\gamma$  и  $\beta$  — коэффициенты использования грузоподъемности и пробега автомобилей соответственно;  $q$  — расчетная средняя грузоподъемность автомобиля (5 т).

Таблица 2.

Сектор города	Корреспонденция учтенных грузов между секторами тяготения и радиальными направлениями г. Москвы, млн. т/год			
	Ленинградское ш.	Дмитровское ш.	Ярославское ш.	Шелковское ш.
Ленинградский	1,5	1,0	0,7	1,1
Дмитровский	1,0	0,7	0,5	0,7
Ярославский	0,7	0,5	0,4	0,6
Шелковский	1,1	0,7	0,6	0,8
Другие	8,4	5,6	4,4	6,5
Итого:	12,7	8,5	6,6	9,7

Значения указанных коэффициентов следует определять обследованиями городского движения. Для ориентировочных расчетов можно использовать осредненные значения:  $K_{\text{вез}}=1,05$ ;  $K_c = 1,0 \div 1,1$ ;  $K_{\text{нап}}=1,3$ ;  $\gamma=0,95$ ;  $\beta=0,6$ . С учетом этих значений расчетная интенсивность движения  $I=0,15Q_i/365$ . Интенсивность движения пассажирского транспорта также определяют по картограмме корреспонденции пассажиров между отдельными точками города (см. рис. 2.3). Интенсивность движения пассажирских транспортных средств

$$I_{\text{пасс}} = P_{ij} K_{\text{ис}} / \Omega,$$

где  $P_{ij}$  — количество пассажиров, перевозимых по маршруту в час;  $K_{\text{ис}}$  — коэффициент, учитывающий изменение наполняемости единицы подвижного состава разные сезоны года (летом  $K_{\text{ис}}=1,0$ ; зимой  $K_{\text{ис}}=1,15$ );  $\Omega$  — вместимость единицы подвижного состава.

Предельная интенсивность движения пассажирских транспортных средств ограничивается: для автобусов — маршрутным интервалом, который должен быть не меньше 2 мин и не более 7 мин; для троллейбусов — мощностью подстанции. Маршрутный интервал для них 3—10 мин, предельная интенсивность не более 160 машин/ч на одну контактную сеть. Подобные расчеты проводят как для вновь строящейся уличной сети, так и для эксплуатируемой, особенно, когда необходимо составить прогноз развития городского движения.

#### Контрольные вопросы.

1. Что такое уровень автомобилизации города, от чего он зависит, его предельные значения?
2. Как влияет уровень автомобилизации на развитие общественного пассажирского транспорта?
3. На какие группы делится городское население при расчете его подвижности какова относительная численность этих групп?
4. Какими методами устанавливают подвижность населения в городах?
5. Как рассчитывать потребность пассажирских перевозок в городах?
6. Чем характеризуется неравномерность интенсивности движения в течение года? Как определить годовой объем движения, зная суточную интенсивность движения только в течение одного месяца?
7. Как определить средний часовой объем движения, зная годовой объем перевозок грузов, пассажиров?

### 3.1. ПРОПУСКНАЯ СПОСОБНОСТЬ ПОЛОСЫ ДВИЖЕНИЯ ГОРОДСКОЙ МАГИСТРАЛИ

Важнейшим показателем, характеризующим транспортно-эксплуатационные качества сети городских улиц, является ее пропускная способность.

*Под пропускной способностью улицы* понимают максимальное число автомобилей, которые могут пройти по ней в единицу времени при обеспечении заданной скорости и безопасности движения. Это понятие не следует путать с пропускной способностью какого-либо сечения улицы. Так, на пересечении в одном уровне улица может иметь пропускную способность до 400 авт./ч на одну полосу, а на всем остальном протяжении — не менее 1000 авт./ч на полосу; пропускная способность этой улицы будет определяться пропускной способностью пересечения. В реальных условиях пропускную способность улицы определяет наименьшая пропускная способность одного из ее участков или сечений (пересечений, сужений проезжей части, мостов, путепроводов, кривых в плане, подъемов, спусков, участков резкого снижения скоростей движения, зон слияния и переплетения потоков).

Для улиц непрерывного движения и скоростных магистралей необходимо знать пропускную способность одной полосы при заданной скорости свободного движения. Это значение рассматривается как предельная возможность полосы движения в пропуске транспортных потоков.

Основными характеристиками транспортного потока являются скорость движения и плотность, измеряемая числом автомобилей на 1 км.

*Плотность потока ( $D$ )* связана со скоростью движения ( $V$ ) и дорожными условиями. Чем выше плотность потока при постоянной скорости движения, тем меньше расстояние между автомобилями. Экспериментальные исследования показали, что в зависимости «скорость — плотность» имеются три области — две нелинейные и одна, средняя, линейная (рис. 3.1).

Наибольшая плотность потока наблюдается при высоких интенсивностях движения (рис. 3.2). Максимальная плотность потока ( $D_{\max}$ ) при определенных скоростях движения может быть достигнута только при условии работы улицы в режиме пропускной спо-

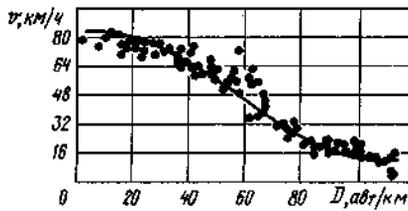


Рис. 3.1. Экспериментальная кривая «скорость-плотность»

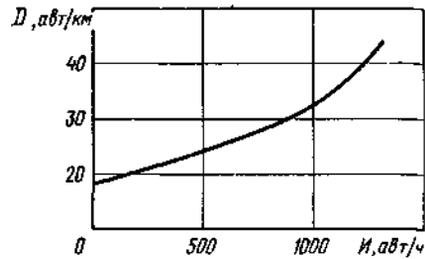


Рис. 3.2. Зависимость плотности от интенсивности движения

способности. Наибольшее значение  $D_{max}$  достигается при заторах движения и может быть определено эмпирически:

$$D_{max(\text{затор})} = 81 + 0.125n_{\text{л}}$$

где  $D_{max}$  (затор) — наибольшее число автомобилей на 1 км, при котором образуются заторы (движение потока становится импульсным);  $n_{\text{л}}$  — доля легковых автомобилей в потоке, %.

На автомагистралях США наибольшую плотность потока во время движения (более 80 % легковых автомобилей) определяют по формуле:

$$D_{max(\text{движ})} = 125 - 1.25v$$

где  $D_{max(\text{движ})}$  — наибольшая плотность транспортного потока, авт./миль;  $v$  — скорость потока, миль/ч.

Плотность транспортного потока, скорость и интенсивность движения  $I$  связаны зависимостью  $I = Dv$ . При  $v = D_{max}v$  и  $I = D_{max}v$  получается предельная интенсивность движения, которая и является количественным выражением пропускной способности ( $N$ ).

Говоря о плотности транспортного потока, обычно имеют в виду среднее значение, но во время движения на отдельных участках улицы может произойти уплотнение потока (за счет перестройки, смен полос движения). Такое уплотнение кратковременно и мало отражается на средней скорости потока. Так, при скорости потока 60 км/ч и средней плотности 25 авт./км возможно краткосрочное возрастание плотности до 40 авт./км.

Характеристику плотности транспортного потока используют при расчетах загрузки улицы или какого-либо сооружения (тоннеля, эстакады, участка маневрирования). Пропускную способность полосы движения и всей проезжей части обычно рассчитывают с учетом интервалов  $t_i$  между автомобилями. Эти интервалы могут быть выражены в единицах длины или времени. При известной скорости движения временной интервал между автомобилями  $\Delta t_i = t_i/v$ .

Через интервалы между автомобилями можно выразить и пропускную способность

$$N = 3600/\Delta t_{\min}$$

где 3600 — число секунд в 1 ч;  $\Delta t_{\min}$  — минимальный интервал между автомобилями, с.

Здесь

$$\Delta t_{\min} = S_{\min} / v,$$

где  $S_{\min}$  — минимальное расстояние между автомобилями, м.

В зависимости от принятой модели движения расчетное расстояние  $S_{\min}$  может быть различным. Для модели следования за лидером  $S_{\min}$  приравнивают к расстоянию видимости поверхности проезжей части. Эта модель очень условна и может применяться для потоков малой плотности. Для расчетов, связанных с организацией движения плотных транспортных потоков, подход должен быть несколько иной. Как предельный случай можно рассматривать минимальный интервал

$$\Delta t_{\min} = (S_{T2} - S_{T1}) / v,$$

где  $S_{T2}$  — остановочный путь (путь торможения) второго автомобиля;  $S_{T1}$  — тормозной путь первого автомобиля.

Здесь

$$S_{T2} = t_p v + K_{s2} v^2 / (2 \cdot 9,8(\varphi \pm i));$$

$$S_{T1} = K_{s1} v^2 / (2 \cdot 9,8(\varphi \pm i)),$$

где  $t_p$  — время реакции водителя, с;  $K_s$  — коэффициент эксплуатационного состояния автомобиля;  $\varphi$  — коэффициент продольного сцепления;  $i$  — продольный уклон дороги.

Учитывая, что во время торможения дорожные условия для первого и второго автомобилей одинаковы, разница в их тормозных путях будет определяться только значением  $K_s$ . Тогда  $\Delta t_{\min} = (S_{T2} - S_{T1}) / v = t_p + (K_{s2} - K_{s1}) v^2 / [2 \cdot 9,8(\varphi \pm i) v]$ . Если предположить, что техническое состояние автомобилей транспортного потока одинаково, то  $K_{s2} = K_{s1}$  и  $\Delta t_{\min} = t_p$ . Тогда пропускная способность  $N = 3600 / \Delta t_{\min} = 3600 / t_p$ . Этот вывод позволяет подойти к оценке пропускной способности с позиции обеспечения безопасности движения с учетом психофизиологических возможностей водителя.

Время реакции водителя характеризует быстроту его ответного действия на изменение дорожно-транспортной ситуации. Чем ситуация напряженнее, тем быстрее на нее будет реагировать водитель. Но уменьшение времени реакции не беспредельно. Существуют минимальные значения  $t_p$ , которые могут быть при наивысшем напряжении водителя. Однако рассматривать эти значения как расчетные нельзя, так как водитель может работать в таком режиме очень короткое время, затем резко возрастает вероятность его ошибки в приеме и переработке информации. Это может привести к пропуску сигнала или неверному ответу на него.

Интервалы между автомобилями, напряженность водителя и время его реакции взаимосвязаны. Чем меньше интервалы между автомобилями, тем напряженность работы водителя выше (табл. 3.1).

Психофизиологическими исследованиями установлены допустимая напряженность, с которой водитель может работать длительное

Таблица 3.1

Интервал между автомобилями, с	Характеристика напряжения	Время реакции при 50% обеспеченности, с	Среднеквадратическое отклонение, с
7,0 5,0	Оптимальное	1,6 1,55	0,74 0,65
3,0	Перенапряжение	1,34	0,46
2,0 1,5 1,0	Запредельное напряжение	0,94 0,85 0,80	0,24 0,17 0,14

время, и допустимое кратковременное увеличение этой напряженности, не сказывающееся на надежности работы водителя. Этому уровню напряженности, связанному с минимальным интервалом  $At_{\min}$ , соответствует и продолжительность времени реакции водителя. Расчетное значение времени реакции при определении пропускной способности улиц рекомендуется выбирать с учетом 85 % обеспеченности (табл. 3.2).

С учетом данных табл. 3.2 расчетная пропускная способность одной полосы движения в приведенных автомобилях при коэффициенте продольного сцепления более 0,6 в зависимости от продолжительности работы должна быть не более следующих значений:

	Длительная	Кратковременная
Скоростная дорога . . . . .	1 000	1600
Автомобильная дорога . . . . .	1 100	1800
Городская магистральная улица непрерывного движения . . . . .	1 200	2200

Таблица 3.2

Характеристика дороги	Скорости движения, км/ч	Продолжительность работы	Расчетное время реакции водителя (с) при обеспеченности, %	
			85	50
Скоростная	70—120	Длительная	3,5	2,5
		Кратковременная	3,0	2,0
Автомобильная	60—80	Длительная	3,2	2,0
		Кратковременная	2,0	1,5
Городская магистральная непрерывного движения	50—65	Длительная	3,0	2,0
		Кратковременная	1,6	1,4

Пропускная способность полосы движения зависит от состава транспортного потока. При расчете пропускной способности весь поток приводят к одному условному составу по типу — легковому автомобилю. Коэффициенты приведения означают кратность увеличения пропускной способности полосы движения при замене реальных автомобилей условными. Эти коэффициенты в зависимости от типа транспортного средства имеют следующие значения:

Легковые автомобили	1,0
Автобусы	2,5
Троллейбусы	3,0
Сочлененные автобусы и троллейбусы	4,0
Грузовые автомобили массой, т:	
до 4	2,0
4—8	2,5
более 8	3,5
Автопоезда грузоподъемностью, т:	
до 12	4,0
12—20	5,0
20—30	6,0
свыше 30	8,0
Мотоциклы и мопеды	0,5
Велосипеды	0,3

Предельная пропускная способность улицы при увеличении в составе потока доли грузовых автомобилей снижается (табл. 3.3).

Движение в транспортном потоке по улице, работающей в режиме пропускной способности, связано с большими трудностями. Водители из-за высокой напряженности быстро утомляются, допускают ошибки в оценке скоростей движения, расстояний до впереди идущих автомобилей. Режим потока становится нестабильным: появляются высокие ускорения, резкие торможения, остановки. По мере приближения интенсивности к предельной пропускной способности не только снижается скорость движения, но и ухудшается стабильность-движения. В табл. 3.4 представлена интенсивность движения, определяющая состояние транспортного потока.

Таблица 3.3

Показатель движения	Доля легковых автомобилей в потоке, %			
	90	70	50	30
Средняя скорость потока, км/ч	50	47	45	43
Пропускная способность, авт./ч:				
суммарная	3700	3390	3060	2840
удельная одной полосы	5800	5400	4760	4400
	1850	1690	1530	1420
	1900	1800	1600	1450

Примечание. В числителе даны значения для четырехполосных магистралей, в знаменателе — для шестиполосных.

Таблица 3.4

Характеристика режима потока	Скорость, км/ч	Удельная (на полосу) интенсивность движения, авт./ч
Свободный	96	1000
Стабильный	88	1500
Приближающийся к нестабильному	64	1800
Нестабильный	64	2000
Заторы движения	48	2000

Продолжительность непрерывного движения в режиме предельной пропускной способности невелика — 10—15 мин, а продолжительность затора может превышать 50 % всего времени существования такой загрузки улицы движением. Средняя скорость потока при этом составляет 15—20 км/ч, очень высока аварийность. Такой режим движения следует рассматривать как недопустимый. В качестве расчетного следует выбирать режим движения, обеспечивающий при длительной загрузке стабильность плотности и скорости транспортного потока. Такие загрузки, как показывает практика, из-за отсутствия заторов и достаточно высоких скоростей движения являются не только значительно безопасными для движения, но и экономически более выгодными. Из этих соображений при проектировании сети улиц рекомендуется принимать значения пропускной способности одной полосы движения с учетом допустимого уровня загрузки движением (табл. 3.5).

Цифры, приведенные в табл. 3.5, следует рассматривать как ориентировочные при обеспечении непрерывного движения по улице. Если речь идет о введении светофорного регулирования на пересечениях или строительстве неполных транспортных развязок, пропускная способность улицы будет определяться пропускной способностью пересечений.

Таблица 3.5

Транспортные средства	Наибольшее число однородных фактических единиц транспортных средств в 1 ч		
	Пересечения в разных уровнях		Пересечения в одном уровне
	Скоростная дорога	Магистральная улица непрерывного движения	
Легковые	1300	1200	600
Грузовые	600—800	500—650	300—400
Автобусы	200—300	150—250	100—150
Троллейбусы	—	110—130	70—90

### 3.2. ПРОПУСКНАЯ СПОСОБНОСТЬ МНОГОПОЛОСНОЙ ПРОЕЗЖЕЙ ЧАСТИ

С понятием пропускной способности 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 плотности транспортного потока.

*Смена полосы движения* — это маневр, необходимый для обеспечения нормальной работы многополосной проезжей части городской улицы. Потребное число смен полос движения можно установить по картограмме движения по улице. Потребность в таком маневре испытывают прежде всего водители автомобилей, выходящих из потока для поворота на другую улицу или для остановки. Число поворачивающихся автомобилей определяют по картограмме движения, а число останавливающихся автомобилей зависит от типа застройки и наиболее точно может быть определено обследованием улицы.

Распределение перестраивающихся автомобилей по ширине проезжей части зависит от протяженности перегона улицы и состава движения. Маневр смены полосы длится 4—6 с; для перестроения с крайней левой полосы на крайнюю правую необходимо время маневра

$$t_m = t_{ож} + t_{ен} (n - 1),$$

где  $t_{ож}$  — продолжительность ожидания возможности выполнения маневра;  $t_{ен}$  — продолжительность маневра смены полосы движения;  $n$  — число полос движения.

С учетом времени  $t_m$  определяют участок дороги ( $L_m$ ), на котором ожидаются маневры смены полосы:  $L_m = v t_m$ . На длине этого участка по данным обследований или по аналогам устанавливают возможное число перестроений на каждой из полос проезжей части (рис. 3.3). В табл. 3.6 приведены ориентировочные данные для улиц с четырехполосной (в одном направлении) проезжей частью и длиной перегонов более 500 м.

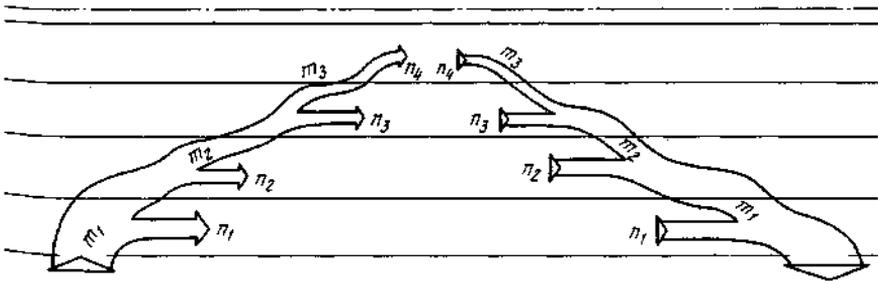


Рис. 3.3. Использование ширины проезжей части входящим и выходящим потоком:  $n_i$  — доля потока, движущегося по данной полосе;  $m_i$  — число маневров

Таблица 3.6

Доля легковых автомобилей в поворачивающем потоке, %	Число маневров смены полос (%) на полосе проезжей части			
	1	2	3	4
100	10—15	15—20	35—45	25—30
80	15—20	20—25	25—45	20—25
30	20—25	30—40	25—35	15—20

Число перестроений определяют для каждой из полос последовательным суммированием.

Чтобы маневр смены полосы был выполнен в потоке, куда нужно влиться, должен быть достаточный интервал. Такой интервал, приемлемый для заданного (50 % или 85 %) числа водителей, называется *границным* и измеряется в единицах длины (расстояния между автомобилями  $l_{\text{снгр}}$ ) или во времени (интервал  $\Delta t_{\text{снгр}}$ ).

В Великобритании интервал  $l_{\text{снгр}}$  принимают в расчетах не менее 180 футов (55 м). Наблюдения, проведенные МАДИ в Москве, установили зависимость этого интервала от скорости:

$$l_{\text{снгр}} = 0,02v^2 - K_3v + C,$$

где  $K_3$  — коэффициент, учитывающий тип автомобиля; для легкового автомобиля  $K_3 = 1,0$ ; для грузового  $K_3 = 0,87$ ;  $C$  — параметр, учитывающий схему маневра, принимается равным 33—42.

Граничный интервал для выполнения маневра смены полосы движения мало зависит от скорости. Наименьшие его значения наблюдаются при плотных транспортных потоках, работающих в условиях, близких к пропускной способности. Для городских магистралей со скоростями движения ( $60 \pm 10$ ) км/ч интервал  $\Delta t_{\text{снгр}} = 3,8$  с для выполнения смены полосы движения легковым автомобилем и 4,6 с — грузовым. При разреженных потоках этот интервал увеличивается.

Пропускная способность полосы движения и всей улицы в целом при наличии перестраивающихся автомобилей меньше, чем при движении автомобилей только по своим полосам. Это снижение тем большее, чем больше автомобилей потока меняют полосы движения.

Интервалы между автомобилями даже в плотных транспортных потоках распределены неравномерно. Число интервалов, больших  $\Delta t_{\text{снгр}}$ , с увеличением интенсивности движения уменьшается. Так, например, при увеличении интенсивности движения по полосе с 800 до 1000 авт./ч число интервалов, больших  $\Delta t_{\text{снгр}}$ , уменьшается с 46 до 35 %. Это значит, что почти так же изменяется и возможное число смен полос движения.

При интенсивности движения на полосу более 1200 авт./ч возможны лишь единичные смены полос движения (рис. 3.4), и с этих позиций пропускная способность улицы в отношении смен полос движения не обеспечена. Если потребность в таких маневрах имеется.

то наибольшая интенсивность движения, при которой эта потребность будет удовлетворена, должна считаться предельной на этом участке улицы.

Такая проверка пропускной способности улиц особенно необходима перед транспортными развязками, пересечениями с магистральными улицами, вблизи крупных спортивных, административных и культурных учреждений.

Необходимость перехода с полосы на полосу, трудность, а часто и отсутствие гарантии возможности выполнения этого маневра приводят к снижению эффективности использования многополосных проезжих частей городских улиц. Интенсивность движения на них даже при предельной загрузке неодинакова.

На рис. 3.5 показано типичное распределение движения по ширине проезжей части. Если на первой (от тротуара) полосе исключены стоянки и остановки автомобилей, она бывает загружена наиболее сильно. При появлении помех движению на этой полосе весь поток смещается к оси улицы. Это смещение тем значительнее, чем больше доля в потоке легковых автомобилей. Отношение интенсивности движения на полосе проезжей части к ее пропускной способности носит название *коэффициента снижения пропускной способности полосы* на многополосной проезжей части ( $K_n$ ). Наблюдениями было установлено значение этих коэффициентов для каждой из полос:

Номер полосы проезжей части	1	2	3	4
Пределы изменений $K_n$ . . . . .	1,0	$0,85 \pm 0,05$	$0,7 \pm 0,1$	$0,6 \pm 0,1$
Расчетное значение $K_n$ . . . . .	1,0	0,8	0,6	0,5

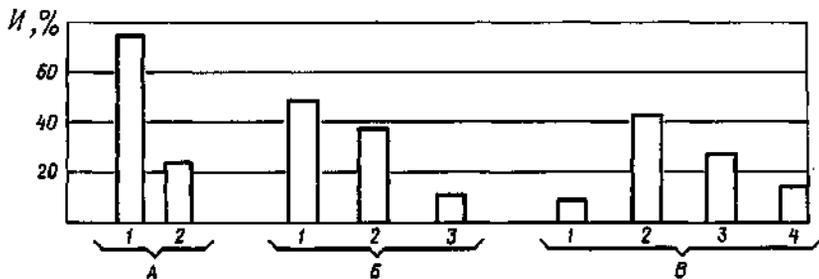


Рис. 3.5. Распределение движения по ширине проезжей части улиц с числом полос движения:

А—2; Б—3; В—4; 1—4 — номера полос движения от тротуара

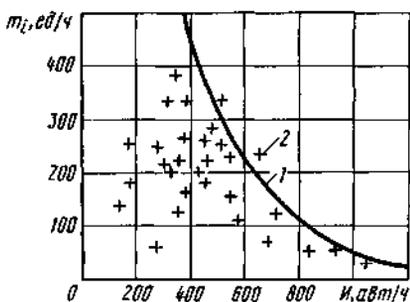


Рис. 3.4. Возможное число смен полос при различной интенсивности движения:

1 — предельное число смен полос движения; 2 — данные наблюдения

Суммарная пропускная способность проезжей части определяется с учетом суммы всех этих коэффициентов:

Число полос движения . . . . .	1	2	3	4	5	6
Увеличение пропускной способности по сравнению с одной полосой движения . . . . .	1,0	1,8	2,4	2,9	3,4	3,9

Эффективность использования проезжей части уменьшается увеличением числа полос движения: с позиции пропускной способности при четырехполосной проезжей части потеряна одна полоса, а при шестиполосной — уже две полосы. Этим в частности объясняется рекомендация воздерживаться при проектировании улиц от проезжих частей с числом полос движения более четырех. Если необходимо большее число полос движения, они должны разделяться на две самостоятельные проезжие части, например на основную и для общественного транспорта и местного движения.

Пропускная способность улиц непрерывного движения с многополосной проезжей частью в настоящее время рассчитывается по эмпирическим формулам:

$$N = N_0 PK_i \quad (3.1)$$

где  $N_0$  — расчетная пропускная способность одной полосы движения;  $PK$ , произведение коэффициентов, учитывающих дорожные условия, состав транспортного потока и число полос движения.

Несмотря на то, что в течение короткого времени интенсивность на одной полосе может достигать 1800—2000 авт./ч, расчетную пропускную способность этой полосы ( $N_0$ ) принимают равной 1000 авт./ч из условия длительной работы улицы в режиме пропускной способности с обеспечением необходимых маневров в транспортном потоке. При отсутствии в потоке смен полос движения, например в транспортных тоннелях, расчетная пропускная способность одной полосы движения может быть принята 1200 авт./ч.

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 улиц оказывают следующие факторы, учитываемые коэффициентами в формуле (3.1): число полос движения ( $K_n$ ), состав транспортного потока, выражаемый через грузовые автомобили ( $K_{гп}$ ), состоян проезжей части ( $K_q$ ), продольные уклоны ( $K_{ин}$ ). В странах Западной Европы учитывают еще один фактор — ширину полосы движения ( $K_{ши}$ ), так как в центральной части старых городов имеются улиц с шириной полос движения до 2,5 м. При ширине полосы более 3,5 этот фактор влияния на пропускную способность городских улиц не оказывает.

Расчет пропускной способности улиц при непрерывном движении рекомендуется вести по формуле:

$$N = N_0 K_n K_{гп} K_q K_{ин} K_{ши} \quad (3)$$

Значения коэффициентов в формуле (3.2) 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	70
$K_{гв}$	1	0,95	0,90	0,85	0,78	0,72
Тип покрытия проезжей части	Асфальто-бетонное	Сборно-бетонное		Булыжник		Грунтовое
$K_t$	1,0	0,88		0,42		0,30
Продольные уклоны, %	до 20	30	40	50	60	70
$K_{дп}$ при длине подъема, м:						
200—300	1,00	1,00	0,95	0,90	0,80	0,75
300—500	1,00	0,95	0,90	0,85	0,75	0,65
более 500	0,95	0,93	0,88	0,82	0,70	0,60
Ширина полосы движения, м	2,5—2,75		3,0		3,5 и более	
$K_{шп}$	0,90		0,98		1	

Если на улице имеются пересечения в одном уровне, пропускную способность  $N_0$  определяют с учетом пропускной способности этих пересечений. Пропускная способность улицы на перегонах между пересечениями может быть различной. При проектировании улиц необходимо добиваться, чтобы пропускная способность  $N$  была больше интенсивности движения, определяемой по картограмме.

### 3.3. ПРОПУСКНАЯ СПОСОБНОСТЬ УЛИЦ СО СВЕТОФОРНЫМ РЕГУЛИРОВАНИЕМ

При регулировании движения пропускная способность улицы определяется прежде всего пропускной способностью сечения, где установлен светофор (пропускная способность улицы в створе стоп-линий).

Эффективность использования сигналов светофорного цикла зависит в основном от двух показателей: доли разрешающего сигнала в общей длительности цикла и интенсивности движения. Слишком малая длительность цикла ведет к снижению пропускной способности полосы движения, так как продолжительность разрыва между пачками автомобилей недостаточна для их уплотнения, а Доля переходных (желтых) сигналов, хотя их длительность и остается неизменной, резко увеличивается. Доля эффективного времени Цикла малой длительности снижается. Чрезмерная длительность Цикла, хотя и позволяет увеличить долю эффективного времени, приводит к образованию очередей у стоп-линий и росту транспортных потерь. Выбор оптимальной продолжительности светофорного цикла, расчет длины очереди и транспортных потерь выполняют с учетом Характерных для городов закономерностей транспортных потоков.

Методы расчета длительности светофорного цикла можно разделить на три группы. Первая основана на использовании закономерностей разезда очередей и допущения существования у свето-

форов очередей, позволяющих полностью использовать разрешающий для движения сигнал. Вторая исходит из предположения случайного прибытия автомобилей к светофору, и оптимизация цикла ведется не по пропускной способности, а по длине очереди. К третьей группе относятся методы, основанные на моделировании транспортных потоков.

Каждый из методов расчета длительности светофорного цикла и пропускной способности улицы требует некоторого объема исходной информации о дорожных условиях, планировке пересечений, составе потока, интенсивностях движения автомобилей и пешеходов. Точность расчета определяется полнотой этой информации. При проектировании улично-дорожной сети города или отдельной улицы такая информация отсутствует, а ориентация на средние характеристики потока может привести к большим ошибкам. В таких случаях целесообразно ориентироваться на предельную пропускную способность и допустимые уровни загрузки движения улиц. В этом отношении первая группа методов расчета пропускной способности улиц при светофорном регулировании более предпочтительна, поскольку для своей реализации требует знания только двух характеристик: состава потока и длительности светофорного цикла. Эти методы и используют при проектировании улично-дорожной сети города. Более точные методы второй и третьей групп используют при разработке схем организации движения на пересечениях, при эксплуатации уличной сети и создании автоматизированных систем управления движением.

Максимальное число автомобилей, которое может пройти по одной полосе движения за один цикл при заданной длительности разрешающего движение сигнала, зависит от того, как полно будет использовано время этого сигнала, т. е. достаточно ли автомобилей в скопившейся очереди, чтобы в течение всего времени зеленого сигнала обеспечивалась максимальная плотность движения. Пропускная способность полосы движения определяется в этом случае следующим расчетом:

$$i_{зел} = \delta t_0 + \delta t(m-1);$$

$$m = (t_{зел} - \delta t_0 + \delta t) / \delta t; \quad \_$$

$$N_1 = 3600(t_{зел} - \delta t_0 + \delta t) / (T_u \delta t),$$

где  $t_{зел}$  — длительность зеленого сигнала, с;  $\delta t_0$  — интервал во времени между включением зеленого сигнала и уходом с пересечением первого автомобиля, с;  $\delta t$  — средний интервал между автомобилями, уходящими из очереди в створе стоп-линий, с;  $m$  — число автомобилей, проходящих по одной полосе за один цикл;  $N$  — пропускная способность полосы при светофорном регулировании, авт./ч;  $T_u$  — длительность светофорного цикла, с.

Основой всего этого расчета являются закономерность изменения интервалов между автомобилями при уходе из очереди и изменение длительности светофорного цикла по длине улицы. При проектировании улицы длительность  $T_u$  рассчитывают для всех пересечений со светофорным регулированием с учетом состава, интенсивности

потока и организации движения. На разных пересечениях длительность  $T_u$  может получиться при этом неодинаковой. Для улучшения условий движения по улице разрабатывают в таких случаях систему координированного регулирования движения. Пропускная способность улицы от этого не увеличивается, но существенно снижаются транспортные потери, связанные с образованием очередей у светофоров.

При координированном регулировании расчетная длительность  $T_u$  на длине всей улицы принимается постоянной и равной большей из  $T_u$ , определенных ранее для каждого пересечения. Если работа светофоров не координирована и каждое пересечение работает в автономном режиме со своим временем  $T_u$ , пропускная способность переездов улицы будет разной, а пропускная способность всей улицы в целом будет определяться наименьшей пропускной способностью одного из расположенных на ней пересечений.

Интервалы  $\delta t_0$  и  $\delta t$  зависят от порядкового номера автомобиля в очереди.

Для первого автомобиля интервал  $\delta t_1$  включает время, затрачиваемое водителем на приведение автомобиля в движение и преодоление пути до стоп-линий. Это движение происходит в режиме разгона. В таком же режиме движется и второй автомобиль. Интервал  $\delta t_2$  на стоп-линий зависит от того, на сколько водитель второго автомобиля запаздывает с троганием с места относительно первого. Следующие автомобили также начинают движение с некоторым запаздыванием относительно предыдущего. Но влияние этого запаздывания на интервал  $\delta t$  уменьшается для каждого следующего автомобиля за счет более длительного или более интенсивного разгона. При разъезде очереди между автомобилями устанавливается интервал, близкий к минимальному. Этот интервал может существовать при малых скоростях движения. При разъезде очереди скорость движения увеличивается, и после разъезда части очереди плотность движущегося потока начинает уменьшаться. Практика показывает, что плотность потока начинает падать после 5—6-го автомобиля. Это означает, что пропуск очереди большей длины приведет к снижению эффективности использования зеленого сигнала светофорного цикла.

Интервал между автомобилями при разъезде очереди зависит от состава транспортного потока: чем тяжеловеснее автомобиль, тем большего расстояния до впереди идущего автомобиля (лидера) придерживается водитель. Отмечено также, что и лидер оказывает влияние на интервал  $\delta t$ . Так, например, для грузового автомобиля, если лидер легковой, интервал  $\delta t$  на 0,5—1,0 с меньше, чем при лидере грузовом автомобиле (рис. 3.6). В расчетах можно использовать средние значения интервалов при разъезде очереди с учетом состава потока:

Доля грузовых автомобилей, % . . . . .	0	20	50
$\delta t_0$ , с . . . . .	3,1	3,5	3,9
$\delta t$ , с . . . . .	2,2	3,0	3,5



Рис. 3.6. Интервалы разъезда автомобилей из очереди у стоп-линии:

1 — грузового за грузовым; 2 — грузового за легковым; 3 — легкового за грузовым; 4 — легкового за легковым

частью. При этом следует иметь в виду, что речь идет о максимальной пропускной способности полосы движения, определяемой как максимально возможное число автомобилей, проходящих через стоп-линию при максимальной плотности потока.

Эффективность транспортной работы улиц может быть повышена координацией работы светофоров. Пропускная способность улицы при этом изменяется незначительно, но ее можно существенно увеличить за счет сокращения очередей у стоп-линий. При такой системе регулирования пачки автомобилей после ухода с первого перекрестка должны проходить всю длину улицы без остановок.

Чем дальше сохраняется пачка, тем больше вероятность того, что все автомобили этой пачки пройдут по улице без остановок у светофоров.

Распад пачек связан с неодинаковыми скоростями входящих в них автомобилей. На расстояниях 600—800 м от светофора, где фор-

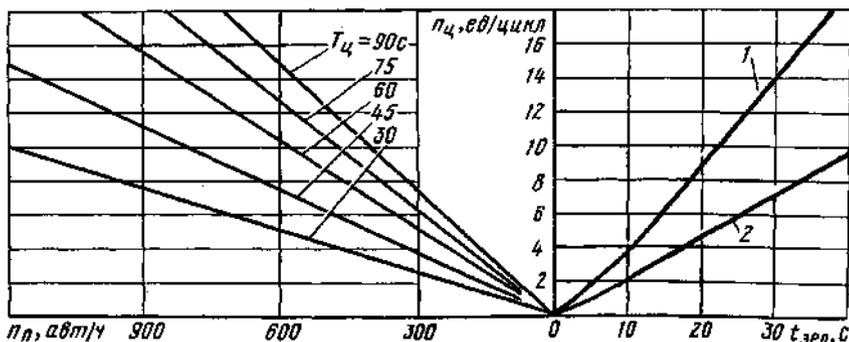


Рис. 3.7. Пропускная способность полосы движения при светофорном регулировании при различной длительности светофорного цикла ( $T_{ц}$ ) и составе потока:  
1 — 100% лёгковых автомобилей; 2 — 100% грузовых автомобилей.

мируются пачки, транспортный поток становится сплошным со случайным распределением автомобилей. На улицах с такой организацией движения при выборе планировочного решения пересечений и оценке их пропускной способности необходимо знать возможное число автомобилей, прибывающих в расчетный створ в единицу времени.

Такую задачу решают с использованием положений теории транспортного потока.

Для практических расчетов используют зависимость, представленную на рис. 3.8, где коэффициент  $k$  численно представляет собой число автомобилей за время  $t$ :

$$\lambda = N_1 t_i / 3600, \quad (3.3)$$

где  $N_1$  — интенсивность движения по одной полосе, авт./ч;  $t_i$  — продолжительность /-го сигнала в цикле, с.

Для определения числа автомобилей, проходящих через стоплинию без остановок, принимают  $t_i = t_{зел}$  и  $\lambda = N_1 t_{зел} / 3600$ . Для определения максимальной очереди у светофора время  $t_i$  принимают равным длительности запрещающих в данном направлении сигналов. С учетом этого формула (3.3) принимает вид:  $\lambda = N_1 (T_u - t_{зел}) / 3600$ .

Сведения о максимальной длине очереди у светофора необходимы для расчета и выбора элементов планировочного решения пересечения, в частности длин дополнительных полос, вводимых на пересечении для пропуска поворачивающих потоков.

#### 3.4. РАЦИОНАЛЬНЫЕ УРОВНИ ЗАГРУЗКИ УЛИЦ ДВИЖЕНИЕМ

Интенсивность движения на городских улицах изменяется за короткий промежуток времени в очень широких пределах. В течение одних суток можно наблюдать на одной и той же улице заторы с многополосной проезжей частью и движение одиночных автомобилей.

Степень использования пропускной способности улицы характеризуется отношением интенсивности потока ( $I$ ) к пропускной способности улицы ( $N$ ):  $z = I/N$ . Это отношение называется *уровнем загрузки улицы (дороги) движением*. Степень использования  $0 \leq z \leq 1$ . Чем она ближе к 1, тем выше плотность транспортного потока, ниже скорость, сложнее условия движения. Работа улицы в режиме пропускной способности невыгодна во многих отношениях. Режим

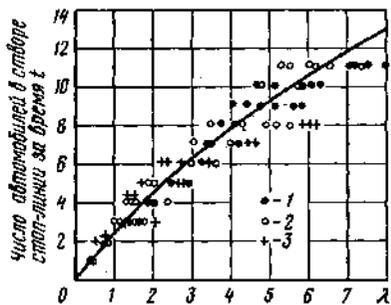


Рис. 3.8. Число автомобилей, прибывающих к светофору, при длительности цикла, с:  
1 — 35; 2 — 60; 3 — 75

движения непостоянен, часто возникают заторы, большое число резких ускорений и торможений потока, автомобили часто движутся на пониженных передачах и расходуют много топлива. Большие трудности возникают с организацией движения пассажирского транспорта и пешеходов, стоянок и остановок автомобилей. На таких улицах высокая аварийность, сильно загрязнен воздух.

Предельная загрузка улицы движением имеет и некоторые положительные аспекты. Допущение такой загрузки при проектировании позволяет сократить ширину и число полос движения, увеличить продольные уклоны улиц, отказаться от строительства нескольких полос для движения и остановок общественного транспорта. Все это снижает капитальные затраты на строительство улицы. Решение о допустимом уровне загрузки улицы движением должно приниматься на основе сопоставления эффекта от улучшения условий движения по улице и стоимости ее строительства и содержания. Оптимальный уровень загрузки движением соответствует минимуму суммарных затрат, учитываемому как единовременные затраты на строительство и благоустройство улицы, так и текущие, связанные с работой автомобильного и общественного пассажирского городского транспорта.

Этот методический подход соответствует современным экономическим позициям технико-экономического обоснования проектных решений. Однако при всей очевидности такого подхода имеются трудности в его реализации. Причиной этого является то, что не все последствия, связанные с изменением уровня загрузки улицы движением, имеют стоимостное выражение. К ним относятся все последствия, связанные с изменением уровня удобства автомобильного и пешеходного движения, экологической чистоты окружающей среды. Поэтому минимум суммарных приведенных затрат нельзя рассматривать при выборе расчетного уровня загрузки движением как решающий фактор. Оптимизация загрузки улицы движением должна учитывать и факторы, не имеющие стоимостного эквивалента. В таких случаях их рассматривают как социальный заказ, а уровень выполнения этого заказа связывают с функциональной значимостью улицы в системе улично-дорожной сети.

По удобству и комфортабельности движения загрузку улицы движением делят на следующие пять уровней, называемых *уровнями обслуживания*:

А — существует при уровне загрузки менее 0,3. Автомобили в потоке не оказывают существенного влияния друг на друга, обгоны и смены полос движения не ограничены. С приближением к граничной загрузке свободный выбор режима движения становится невозможным. Интенсивность движения, соответствующая этому состоянию, на магистрали с тремя полосами в одном направлении составляет 1500—1700 авт./ч, с четырьмя — 1900—2100 авт./ч. Наибольшая плотность движения на средних полосах, наименьшая — на край-

них левых. Средняя плотность движения 10 авт./км, наибольшая — до 20 авт./км.

Б — уровень загрузки движения до 0,45. Это наиболее устойчивое по характеристикам движения состояние потока. В нем есть свободно движущиеся и связанные группы автомобилей. Разброс скоростей и плотности движения по полосам проезжей части уменьшаются. Смена полос движения практически не ограничена. Наибольшая интенсивность движения на улице с трехполосной проезжей частью в одном направлении составляет 3800 авт./ч, с четырехполосной — 6600 авт./ч.

Г — предельное насыщение потока, уровень загрузки более 0,8. Движение потока неустойчивое, постоянно образуются заторы, смежные полосы очень затруднены. Средняя скорость движения составит 10—12 км/ч, плотность на полосах движения может достигать 120 авт./км. Транспортные расходы по сравнению с уровнем Б возрастают в 3—4 раза. Эксплуатация улиц при таком уровне загрузки нецелесообразна.

Д — образовался затор движения. Уровень загрузки  $2 = 1 - 0$ . При заторе  $2 = 0$ , при движении  $2 = 1$ . Если по каким-либо причинам необходимо увеличить уровень загрузки улицы движением, целесообразно повышения этого уровня оценивают показателем экономической эффективности  $\mathcal{E}_{кцi}$

$$\mathcal{E}_{кцi} = \frac{\Delta \bar{C}_i}{\Delta K_i} \left\{ 1 + (u-1) / \left[ (1+E_{н\min})^t \right] \right\},$$

где  $\Delta \bar{C}_i$  — средневзвешенное (за период расчетного срока службы, определяемого временем наступления предельного насыщения улицы движением) приращение себестоимости автомобильных и пассажирских перевозок при изменении расчетного уровня загрузки движением;  $\Delta K_i$  — изменение капитальных вложений для осуществления вариантов проектных решений с разными уровнями загрузки движением;  $u$  — отношение периода насыщения движением каждого из вариантов к минимальной продолжительности работы улицы до капитального ремонта;  $E_{н}$  — норматив для приведения разновременных затрат, равный для городских улиц 0,08;  $t$  — расчетный срок службы.

Уличную сеть города проектируют на перспективную интенсивность движения. Отдаленность этой перспективы при составлении генплана города принимают не менее 20 лет. При рабочем проектировании используют данные перспективной интенсивности 5-, 10- и 20-летней удаленности.

Расчеты для крупных и крупнейших городов показывают, что экономически целесообразной при 10-летней удаленности является перспективная интенсивность движения не более 0,5, при 20-летней — не более 0,8.

Эти уровни загрузки движением рекомендуются расчетными для проектирования городских улиц и дорог.

### **Контрольные вопросы.**

1. Что понимается под пропускной способностью улицы?
2. Как связаны между собой основные характеристики транспортного потока, когда достигается его максимальная плотность?
3. При каких условиях достигается предельная пропускная способность полосы движения?
4. Каков физический смысл коэффициентов приведения транспортного потока, в каких расчетах используются эти коэффициенты?
5. Почему с увеличением числа полос проезжей части пропускная способность каждой полосы снижается? Как рассчитать пропускную способность улицы с непрерывным движением?
6. По каким признакам ограничивают уровни загрузки улицы движением, как определить рациональный уровень загрузки улицы движением?
7. Какими способами можно снизить уровень загрузки улицы движением?

## Глава 4

# ПОПЕРЕЧНЫЙ ПРОФИЛЬ ГОРОДСКОЙ УЛИЦЫ

### 4.1. ЭЛЕМЕНТЫ ПОПЕРЕЧНОГО ПРОФИЛЯ

Городская магистральная улица обеспечивает движение пешеходов, транзитных и местных автомобилей, общественного пассажирского транспорта. Кроме этого, по красным линиям улицы расположены здания, в которых живут и трудятся люди. Все это требует размещения в поперечном сечении улицы ряда планировочных элементов, каждый из которых должен выполнять определенную функцию.

Ширина улиц в красных линиях определяется их категорией и функциональным назначением и устанавливается расчетом в зависимости от интенсивности движения пешеходов и городских транспортных средств. Рассчитывают ширину тротуаров, пешеходных дорожек, проезжих частей. Ширину технических, разделительных полос, а также полос озеленения принимают в соответствии с действующими нормативами с учетом рельефа местности, требований безопасности движения и защиты окружающей среды.

Рекомендуется следующая ширина улиц в красных линиях, м:

Городские магистральные дороги скоростного движения . . .	75
Магистральные улицы:	
общегородского значения непрерывного движения . . . . .	80
то же, регулируемого движения . . . . .	60
районного значения . . . . .	40
Улицы и дороги местного значения:	
улицы в жилой (многоэтажной) застройке . . . . .	25
то же, одноэтажная застройка . . . . .	15
промышленные дороги и улицы . . . . .	15—25
парковые дороги . . . . .	15
Городские магистральные дороги скоростного движения . . .	75
Магистральные улицы:	
общегородского значения непрерывного движения . . . . .	80
то же, регулируемого движения . . . . .	60
районного значения . . . . .	40
Улицы и дороги местного значения:	
улицы в жилой (многоэтажной) застройке . . . . .	25
то же, одноэтажная застройка . . . . .	15
промышленные дороги и улицы . . . . .	15—25
парковые дороги . . . . .	15

Ширина магистральных улиц и дорог в красных линиях может быть увеличена для прокладки инженерных сетей на отдельной (технической) полосе, а также для линий внеуличного подземного транспорта мелкого заложения в городах с населением более 1 млн чел.

Эти значения ширины улиц достаточны для размещения всех планировочных элементов лишь при организации движения на пересечениях в одном уровне. Для размещения полных транспортных развязок требуется большая ширина — до 80 м. При необходимости

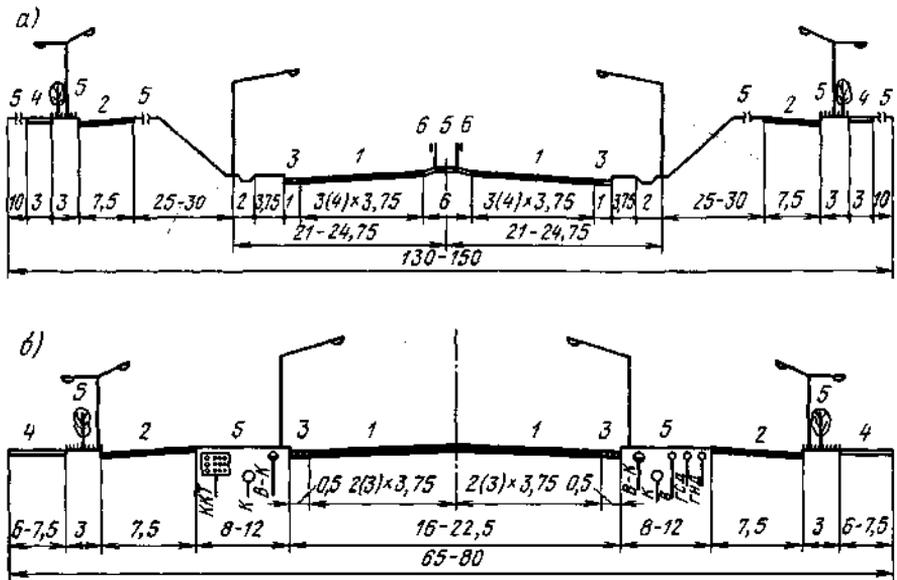


Рис. 4.1. Поперечный профиль общегородской магистральной улицы (размеры всех элементов даны в метрах):

а — непрерывного движения; б — регулируемого движения;  
 1 — основная проезжая часть; 2 — боковые (местные) проезды; 3 — краевые полосы; 4 — тротуары; 5 — полосы озеленения; разделительные полосы; 6 — пешеходные ограждения; 1 — телефонные кабели; В — водопровод; В-К — водопровод и канализация; К — канализация; КС — кабели связи; КО — кабели освещения; ГНД — газопровод низкого давления; ГСД — газопровод среднего давления; ККТ — коллектор электрических и телефонных кабелей

ответствующим отнесением будущей застройки в глубь кварталов. Наиболее полно все планировочные элементы представлены на общегородских магистральных улицах (рис. 4.1).

Основная проезжая часть улицы общегородского значения предназначена для транспортного потока главным образом транзитного по отношению к данной улице. Проезжие части, каждая из которых должна иметь 3—4 полосы движения, разделены возвышающейся полосой (центральной разделительной полосой). Правая кромка проезжей части отделена от бортового камня краевой предохранительной полосой (0,75 м при непрерывном движении и 0,5 м при регулируемом движении), имеющей такую же дорожную одежду, как и основная проезжая часть.

Для организации движения пассажирского транспорта и местного движения на общегородских магистральных улицах устраивают дополнительные проезды. Если на них выведено движение общественного транспорта, они называются боковыми проездами и должны иметь не менее трех полос движения в каждом направлении. Если на эти полосы выведено только местное движение, они называются

местными проездами. Их проезжая часть должна иметь не более двух полос движения.

Основная проезжая часть от боковых (местных) проездов отделяется разделительной полосой. Эта полоса в зависимости от ее ширины может выполнять функцию озеленения улицы (при ширине 4 м и более) или бульвара (при ширине более 8 м).

Тротуар предназначен для движения пешеходов. Ширина его определяется интенсивностью движения пешеходов и планировочным решением остановок пассажирского транспорта. Нормы на проектирование городских улиц предполагают устройство полос озеленения, разделяющих тротуар и местный проезд. Однако опыт эксплуатации городских улиц показывает, что такие полосы очень неудобны: они мешают выходу из остановившегося автомобиля, подходу к нему, зелень на них вытаптывается, открытый грунт во время дождя размокает и загрязняет проезжую часть и тротуар, в сухую погоду пылит. Вместо такой полосы рекомендуется однорядная посадка деревьев с укладкой в промежутках между ними дорожной одежды на всю ширину тротуара.

Подземные сети, представляющие собой кабели и трубопроводы различного назначения, располагают под элементами поперечного профиля, допускающими разрывы, и в случае необходимости перекладку этих сетей. Мощность инженерных сетей зависит от уровня благоустройства и инженерного оборудования городской территории. Подземные сети, особенно на магистральных улицах, следует стремиться располагать на специальных полосах (технических). За счет этого не только облегчается их эксплуатация, но и повышается безопасность движения.

Мачты освещения и дорожные ограждения располагают на разделительных полосах или полосах озеленения.

При наличии трамвайного движения земляное полотно с трамвайными путями располагают в пределах поперечного профиля улиц чаще всего за счет одного из местных проездов (рис. 4.2). Ширину полосы для расположения трамвайных путей принимают: двухпут-

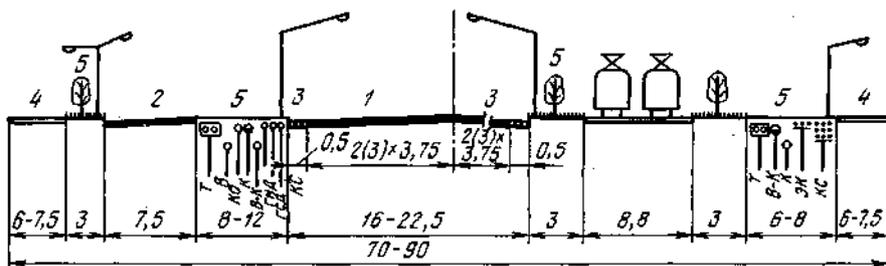


Рис. 4.2. Поперечный профиль общегородской магистральной улицы с трамвайными путями:

ЭК — электрический кабель освещения

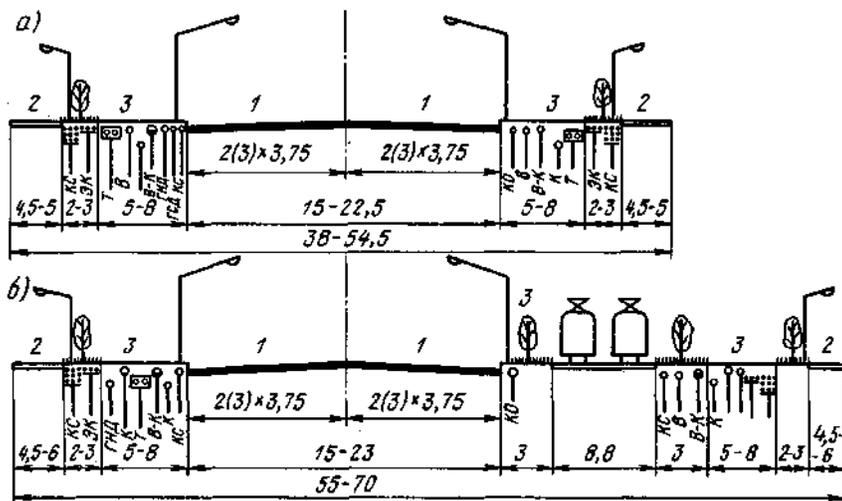


Рис. 4.3. Поперечные профили районной магистральной улицы:  
 а — без трамвайных путей; б — с трамвайными путями;  
 1 — основная проезжая часть; 2 — тротуары; 3 — полосы озеленения

Рис. 4.3. Поперечные профили районной магистральной улицы:  
 а — без трамвайных путей; б — с трамвайными путями;  
 1 — основная проезжая часть; 2 — тротуары; 3 — полосы озеленения

ного обособленного полотна с учетом размещения посадочных площадок не менее 9,6 м; однопутного — 5 м. Наименьшую ширину обособленного полотна скоростного трамвая, включая полосы, занятые защитным ограждением, озеленением и опорами контактной сети, принимают равной 10 м.

Районные магистральные улицы имеют малую интенсивность транзитного движения, поэтому выделять для него отдельную проезжую часть не имеет смысла (рис. 4.3). Все транспортные средства движутся по одной проезжей части, число полос движения на которой в зависимости от интенсивности движения составляет 2—4 в одном направлении.

Разделительная полоса на районных магистральных улицах устраивается только при числе полос движения в одном направлении четыре и более. Эту полосу можно устраивать в одном уровне с проезжей частью и выделять только разметкой.

Разделительные полосы, отделяющие тротуар от проезжей части на районных магистральных улицах, должны быть широкими, поскольку все инженерные сети должны располагаться под ними. Перенос подземных сетей под проезжую часть или под тротуар недопустим, так как при первой аварии и ремонте сетей движение по улице из-за разрытия станет невозможным. Минимальная ширина полосы озеленения должна быть достаточной (не менее 4,0 м) для посадки на них деревьев.

Улицы преимущественно грузового движения имеют поперечный профиль такой же, как и магистральные улицы районного значения.

Особое значение приобретают зеленые насаждения. На таких улицах они должны быть многорядными, поскольку не только очищают воздушный бассейн улицы, но и служат противозумовым барьером.

Поперечные профили городских дорог грузового движения, прокладываемых по территориям вне застройки (рис. 4.4, а) и с нежилой застройкой (рис. 4.4, б), имеют проезжую часть с мощной дорожной одеждой и числом полос движения не менее двух в каждом направлении. Разделительная полоса для таких дорог обязательна, желательна установка на них ограждений, рассчитанных на удержание грузового автомобиля. Инженерные сети и водосток располагают под полосами озеленения с одной стороны улицы. Желательно объединять эти сети совместной прокладкой в одном коллекторе. Это облегчает их эксплуатацию и ремонт.

Поперечные профили улиц местного значения имеют основную проезжую часть и тротуары. Число полос движения зависит от наличия пассажирского транспорта, но должно быть не менее двух в каждом направлении (рис. 4.5). Между тротуаром и проезжей

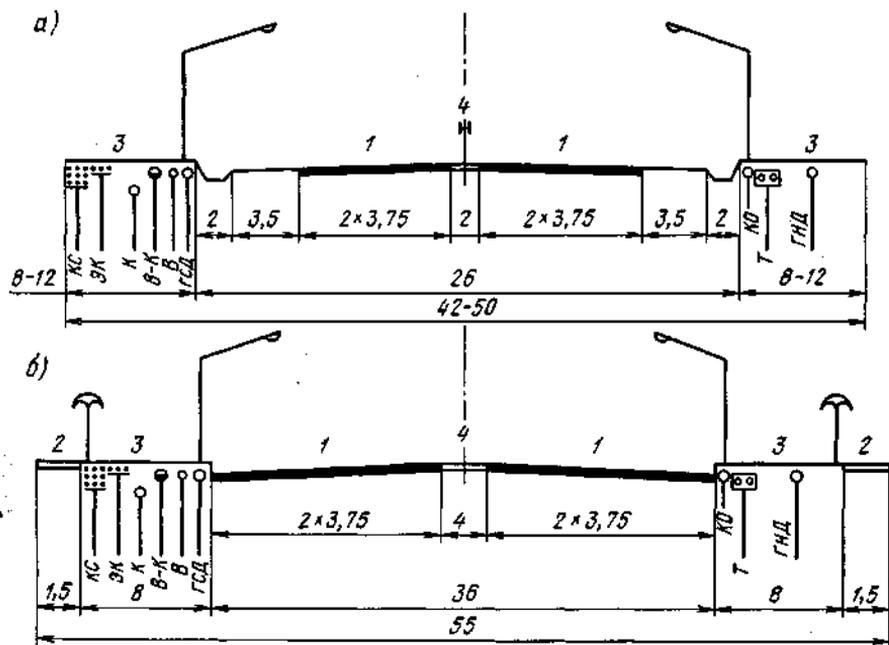


Рис. 4.4. Поперечные профили дорог грузового движения:

а—вне застройки; б—в застройке;

1 — проезжая часть; 2 — тротуары; 3 — полосы озеленения; 4 — центральная разделительная полоса

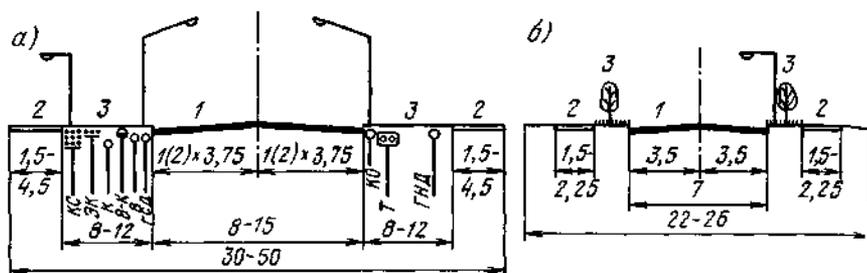


Рис. 4.5. Поперечные профили улиц местного движения:  
 а — в промышленных и складских зонах; б — в пределах жилой застройки;  
 1 — проезжая часть; 2 — тротуары; 3 — газоны (технические полосы)

частью располагают техническую зону, в пределах которой размещают все инженерные сети.

На жилых улицах и в проездах постоянное движение транспортных средств отсутствует, поэтому проезжая часть на них должна обеспечивать только подъезд автомобилей к домам (рис. 4.6). Для этого достаточно двух полос движения. Если эти улицы и проезды рассматривать как возможные площади для хранения автомобилей, принадлежащих жителям этой улицы, ширина проезжей части должна быть большей и обеспечивать двухрядное движение при занятых стояночных полосах.

При реконструкции улично-дорожной сети из-за недостаточной ширины улиц в красных линиях не всегда бывает возможным расположить на них все планировочные элементы, предусмотренные функциональным назначением улицы.

В этом случае необходимо обеспечивать минимальные размеры планировочных элементов в следующем порядке: тротуары, проезжая часть, центральная разделительная полоса, полосы озеленения

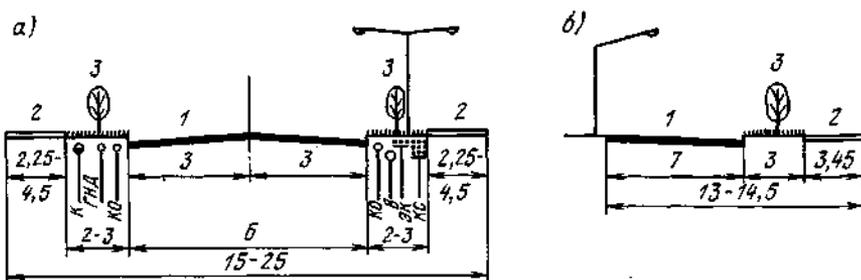


Рис. 4.6. Поперечные профили улиц и проездов:  
 а — жилые улицы; б — проезды;  
 1 — проезжая часть; 2 — тротуары; 3 — газоны

## 4.2. ШИРИНА ПОЛОСЫ ДВИЖЕНИЯ

Для обеспечения удобного и безопасного движения ширина полосы проезжей части должна обеспечивать свободный разъезд со встречными автомобилями или опережение попутных автомобилей. Требование к ширине полосы движения на двухполосных и многополосных проезжих частях неодинаковы.

На улицах и дорогах с двумя полосами движения водитель должен так располагать свой автомобиль на проезжей части, чтобы был обеспечен достаточный зазор  $u$  до кромки проезжей части, исключая съезд автомобиля на обочину или удар о бортовой камень и выдержан зазор  $x$  до границы полосы движения. Это позволит обеспечить зазор безопасности до встречного автомобиля, а при многополосном движении — зазор  $D$  (рис. 4.7).

Помимо того, что эти зазоры обеспечивают психологическую уверенность водителя в безопасности движения, они позволяют компенсировать боковые перемещения автомобиля, вызванные неровностями проезжей части, аэродинамическими силами. С ростом скорости движения необходимые зазоры увеличиваются.

Зазоры  $x$  и  $u$  для двухполосной проезжей части рассчитывают по эмпирическим формулам. Наибольшее распространение получила формула, представляющая линейную зависимость зазоров от скорости движения:  $x = 0,3 + 0,05v$ ;  $y = 0,5 + 0,05v$ . Если по кромке проезжей части установлен бортовой камень, зазор  $u$  увеличивают. Это увеличение тем больше, чем выше бортовой камень. При высоте камня до 0,20 м зазор  $u$  в среднем увеличивают на 1,5—2,5 высоты камня, т. е. на 0,3—0,5 м. При высоте бортового камня 0,25 м и более зазор  $u$  рекомендуется рассчитывать по формуле, установленной исследованиями на московских магистральных улицах и транспортных развязках:

$$u = 0,35 + 0,2\sqrt{v}. \quad (4.1)$$

Если правая полоса примыкает к тротуару, то близость пешеходов заставляет водителей увеличивать зазор  $u$  и тем больше, чем выше интенсивность пешеходного движения. Влияние пешеходов на зазор  $u$  можно устранить дорожными ограждениями. Для городских улиц к зазору от колеса автомобиля до бортового камня ( $y_{\text{пр}}$ ), отделяющего тротуар от проезжей части, добавляют не менее 0,5 м. При установке пешеходных ограждений увеличение зазора  $y_{\text{пр}}$ , рассчитанного для крайней правой полосы движения по формуле (4.1), не требуется.

Ширина полосы движения с учетом  $x$  и  $y$

$$П = A + x + y,$$

где  $A$  — ширина кузова автомобиля, м.

Расчетная ширина кузова принимается: для легкового автомобиля 1,8 м, для грузового автомобиля и автобуса по 2,5 м; для троллейбуса 2,7 м.

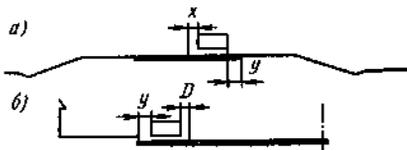


Рис. 4.7. Схема для расчета ширины полосы движения на двухполосной проезжей части:  
а — дорога; б — улица

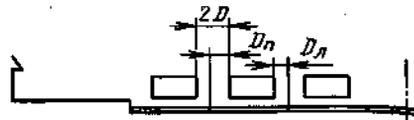


Рис. 4.8. Схема для расчета ширины внутренней полосы движения на многополосной проезжей части

Ширину полосы движения многополосной проезжей части следует рассчитывать по иной схеме. Водитель, находясь на многополосной проезжей части на внутренних полосах, вынужден соблюдать рядность движения, не выходить за пределы полосы движения и выдерживать безопасные зазоры до попутных автомобилей, движущихся справа и слева (рис. 4.8). Более сложно водителю контролировать зазор справа ( $D_{п}$ ), чем слева ( $D_{л}$ ). Поэтому при движении в транспортном потоке водители при опережении транспортных средств, движущихся по соседним полосам, выдерживают правые зазоры значительно большими, чем левые (рис. 4.9). Скорость транспортных потоков на городских магистралях изменяется в относительно узких пределах: 40—80 км/ч. Как показывают наблюдения, в этом интервале связь скорости движения с зазорами  $D_{л}$  и  $D_{п}$  не обнаруживается. С учетом этого ширину полосы движения целесообразно назначать исходя из условий безопасности и обеспечения комфортабельности движения и психологической уверенности водителя.

Зазор безопасности между автомобилями (сумма зазора  $D_{п}$  одного автомобиля и  $D_{л}$  другого) зависит от типа автомобиля. Наиболее чувствительным к изменению состава потока является легковой автомобиль (рис. 4.10). Наибольшее влияние на расположение авто-

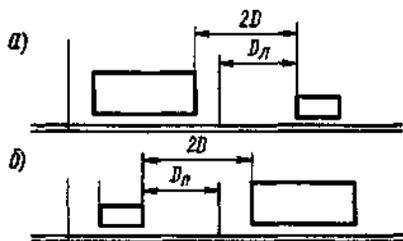


Рис. 4.9. Распределение зазоров безопасности при опережении легковым автомобилем грузового:  
а — опережение справа ( $D_{л}$ ); б — опережение слева ( $D_{п}$ );

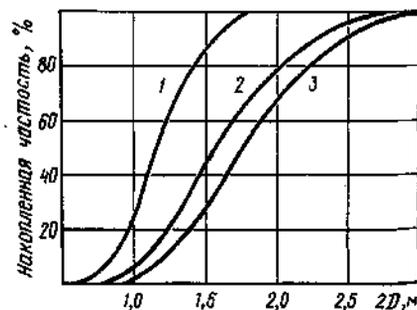


Рис. 4.10. Влияние состава потока на зазор безопасности  $2D$  между легковыми автомобилями и:  
1 — легковыми; 2 — грузовыми; 3 — грузовыми особо большой грузоподъемности

мобилей на соседних полосах оказывают грузовые автомобили особой большой грузоподъемности. Это особенно важно учитывать на городских магистралях со смешанным движением. При проектировании улиц необходимо принимать и определенную схему организации движения, допускающую движение грузовых автомобилей либо по специальным внеуличным дорогам, либо по специальным полосам магистральных улиц. В последнем случае необходимо выбрать для каждой полосы проезжей части расчетный автомобиль.

Статистика дорожно-транспортных происшествий показывает, что относительная аварийность на улицах с многополосной проезжей частью зависит от ширины полосы движения, числа полос и состава движения. Узкая проезжая часть увеличивает опасность столкновений автомобилей, излишне широкая приводит к дезорганизации, нарушению рядности движения и столкновению автомобилей во время маневров смен полос движения. Для транспортного потока, состоящего из легковых автомобилей, наименьшая аварийность наблюдается при ширине полос движения  $(3,2 \pm 0,2)$  м, для потока грузовых автомобилей  $(3,7 \pm 0,3)$  м.

Изучение напряженности работы водителей на городских магистралях показало, что водитель начинает ощущать дискомфорт при движении по полосе проезжей части с шириною менее 3,5 м, когда становится трудным выдержать необходимый зазор  $2D$  (рис. 4.11). Зазор  $2D$  считается достаточным, если вызываемая им напряженность водителя не выходит за оптимальные пределы (незаштрихованная область II на рис. 4.11). Зазор  $2D$ , при котором кривая напряженности водителя пересекается с верхней границей оптимальной напряженности, является минимально допустимым и принимается в качестве расчетного.

Ширина полосы движения должна быть достаточной как мини-

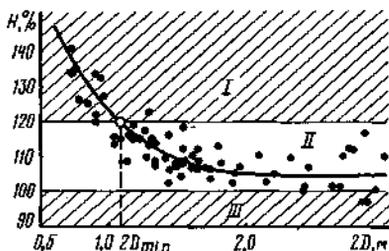


Рис. 4.11. Влияние зазора безопасности  $2D$  на уровень напряженности водителя  $H$ :  
I — перегрузка; II — оптимум; III — недогрузка

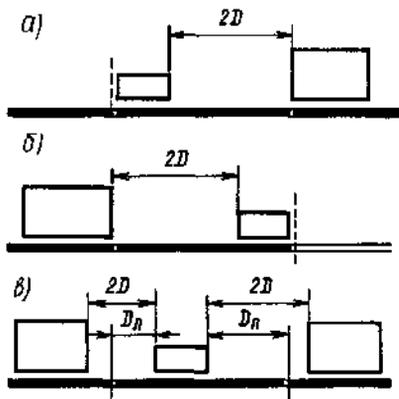


Рис. 4.12. Схема расчета ширины внутренних полос многополосных проезжих частей:  
а — помеха справа; б — помеха слева; в — помехи с обеих сторон

мум при смещении автомобиля к левой границе полосы для создания зазора  $2D$ , при котором обеспечивается безопасность и комфортабельность движения. Это положение и определяет расчетную схему выбора ширины внутренней полосы движения многополосной проезжей части (рис. 4.12). С учетом того, что  $2D = D_n + D_{\lambda}$ ,

$$П = A + 2D,$$

где  $2D$  — расчетный зазор между автомобилями.

Расчетное значение зазоров между автомобилями  $2D$  для внутренних полос движения на многополосной проезжей части принимают в зависимости от расчетной пары автомобилей следующими, м:

Легковой — легкой	0,9
Легковой — грузовой	1,05
Легковой — грузовой особо большой грузоподъемности	1,15
Грузовой — грузовой	1,1

Для скоростей движения ( $60 \pm 10$ ) км/ч на внутренних полосах многополосных городских магистралей достаточная ширина для движения легковых автомобилей 3,0 м, для грузовых автомобилей 3,5 м. При скоростях движения менее 50 км/ч в стесненных условиях центральных и заповедных районов крупных городов для легковых автомобилей можно допустить ширину полосы 2,8 м. В западно-европейских городах в таких условиях допускается уменьшение ширины полосы до 2,75 м.

Ширину правой крайней полосы многополосной проезжей части принимают в зависимости от схемы организации движения. Возможны три случая: остановки и стоянки автолюбителей на правой крайней полосе отсутствуют; остановки стоянки автомобилей разрешены, имеются остановки общественного пассажирского транспорта.

Для первой схемы ширину полосы движения определяют с учетом обеспечения достаточных  $y_{np}$  и  $D_{\lambda}$ . Зазор  $y_{np}$  определяют по формуле (4.3) с учетом высоты бортового камня, а  $D_{\lambda}$  принимают равным половине  $2D$  при расчетных грузовых автомобилях. Полная ширина такой полосы  $П_1 = A + D_{\lambda} + y_{np}$ . При расчетной ширине грузового автомобиля или автобуса 2,5 м, ширина правой крайней полосы движения должна быть не менее 4,2 м. Эта ширина может быть уменьшена на 0,5 м при устройстве пешеходного ограждения по всей длине, где имеется пешеходное движение.

Вторая расчетная схема предполагает совместную работу полосы для движения и стояночной полосы. Ширину стояночных полос при продольной расстановке транспортных средств принимают для легковых автомобилей 3,0 м, грузовых 3,0—3,2 м, автобусов 3,5 м. Расчетное положение транспортного средства на стояночной полосе — не менее 0,5 м от границы полосы.

Зазор безопасности при проезде мимо стоящего автомобиля ( $d$ ) в 1,5—2,0 раза больше, чем зазор  $2D$  между попутно движущимися

автомобилями. По данным исследований, проведенных НИИПИ Генплана г. Москвы

$$d = 0,6 + 0,26v. \quad (4.2)$$

Необходимая суммарная ширина полосы движения

$$P_1 = P_{ст} + 0,5 + d + A + D_d. \quad (4.3)$$

где  $P_{ст}$  — ширина полосы для стоянки.

Для городских магистральных улиц с расчетной скоростью организации движения ( $60 \pm 10$ ) км/ч суммарная ширина этих полос в зависимости от ширины расчетного автомобиля должна быть 6,5—7,0 м.

Третья расчетная схема требует увеличения ширины стояночной полосы, поскольку на ней могут находиться не только автобусы, но и пешеходы. Кроме этого, для предотвращения наездов на пешеходов следует предусматривать снижение скорости движения по крайней правой полосе. Суммарную ширину этих двух полос можно определить по формуле (4.3).

Третья расчетная схема для городских многополосных улиц очень нерациональна. Общественный пассажирский транспорт лучше вывести на боковые проезды, высвободив крайнюю правую полосу для непрерывного движения. При отсутствии боковых проездов повысить безопасность движения и эффективность использования всей проезжей части можно за счет устройства специальных уширений для остановок общественного пассажирского транспорта.

Ширина крайней левой полосы, примыкающей к разделительной полосе магистральной улицы или к левому тротуару на улицах с односторонним движением, должна обеспечивать безопасное расстояние между колесом и бортовым камнем и зазор  $2D/2$  до границы полосы с учетом типа автомобиля, движущегося по соседней полосе.

В городских условиях при скоростях движения, характерных для крайних\* левых полос многополосной проезжей части, зазор  $u_d$  мало зависит от скорости движения автомобилей. Более существенное влияние оказывают высота бортового камня, а при расположении слева тротуара или бульвара — пешеходы. Зазор  $u_{п.т.в}$  в зависимости от планировки следующий, м:

Разделительная полоса окаймлена скошенным и утопленным бортом	1,3
То же, с высотой борта, м:	
до 0,2	1,5
более 0,2	1,7
Примыкание левой полосы к тротуару или бульвару	2,0
То же, при наличии пешеходных ограждений	1,5

Зазор до правой границы полосы  $2D/2$  зависит от типа автомобилей, движущихся по соседней полосе. Если расчетное движение по этой полосе легковое,  $2D = 0,9$  м, если грузовое  $2D = 1,15$ .

Исследования показывают, что на улицах с многополосной проезжей частью крайняя левая полоса шириною 3,5 м, расположенная

у тротуара с пешеходным ограждением, обеспечивает работу водителей с напряженностью не выше оптимальной. При расположении этой полосы проезжей части у разделительной полосы ширина полосы движения 3,5 м обеспечивает удобство и безопасность при скорости движения до 80 км/ч.

#### 4.3. ШИРИНА ПРОЕЗЖЕЙ ЧАСТИ

Ширина проезжей части улиц должна обеспечивать транспортные потоки расчетной интенсивности. Необходимое число полос движения рассчитывают с учетом пропускной способности одной полосы при выбранной схеме организации движения и интенсивности приведенного транспортного потока. В качестве приведенного автомобиля в потоке принимают легковой автомобиль. Коэффициенты приведения реальных автомобилей к приведенным выбирают с учетом грузоподъемности автомобилей.

Значения коэффициентов многополосности ( $K_n$ ) следует принимать с учетом ожидаемого числа смен полос движения. Значения  $K_n$ , приведенные в подразд. 3.2, соответствуют числу смен на внутренних полосах движения 20—25 %. При меньшем количестве таких маневров коэффициент  $K_n$  для внутренних полос увеличивается на 10—15 %. Необходимое число полос движения

$$n = I_{\Sigma} / (z_p N K_n), \quad (4.4)$$

где  $I_{\Sigma}$  — приведенная интенсивность движения всего транспортного потока, движущегося по улице, авт./ч;  $z_p$  — расчетный уровень загрузки улицы движением;  $N$  — расчетная пропускная способность одной полосы движения с учетом организации и условий движения на улице, авт./ч;  $K_n$  — коэффициент многополосности, учитывающий снижение пропускной способности многополосной проезжей части.

Ширина проезжей части складывается из ширин отдельных полос движения, каждая из которых предназначена для пропуска транспортного потока определенного состава. Трудность расчета ширины проезжей части городской улицы заключается в том, что не всегда можно установить заранее расчетный тип автомобиля для каждой полосы проезжей части: схема организации движения при эксплуатации улицы может меняться неоднократно.

Расчетные автомобили для крайних полос устанавливают в соответствии с Правилами дорожного движения: для крайней левой полосы — легковой; для крайней правой — грузовой автомобиль или автобус. Расчетный автомобиль для внутренних полос выбирают в зависимости от состава ожидаемого по ним движения. Рекомендуемые расчетные автомобили, ширина полос и всей проезжей части городской магистральной улицы, рассчитанные по формулам (4.2) — (4.4), приведены в табл. 4.1 и 4.2.

В зависимости от состава и интенсивности движения требуемая ширина четырехполосной проезжей части улицы изменяется в преде-

Таблица 4.1

Суммарная интенсивность движения в одном направлении, авт./ч	Рекомендуемый расчетный автомобиль на полосе движения				
	1	2	3	4	5
<i>Грузовых автомобилей менее 30%</i>					
Менее 1200	Г	Л	Л	Л	Л
1200—2000	Г	Г	Л	Л	Л
Более 2000	Г	Г	Г	Л	Л
<i>Грузовых автомобилей более 30%</i>					
Менее 1600	Г	Г	Л	Л	Л
Более 1600	Г	Г	Г	Л	Л

Примечание. Г — грузовой автомобиль, Л — легковой.

лах 14... 15 м. Надежность расчета ширины проезжей части будет определяться надежностью прогноза интенсивности и состава движения. При отсутствии данных о составе будущего движения при проектировании улицы принимают ширину всех полос движения одинаковой (табл. 4.3). Это означает, что в качестве расчетного для всех полос движения принимают грузовой автомобиль. Такой подход позволяет исключить при эксплуатации улиц ситуации недостаточности ширины проезжей части, но в большинстве случаев приводит к перерасходованию средств при строительстве и содержании улиц.

Проезжие части улиц, ширину которых принимают согласно данным табл. 4.3, рекомендуется разделять разметкой на полосы движения в соответствии с интенсивностью и составом потока (см. табл. 4.2). Высвобождающуюся при этом ширину проезжей части рекомендуется добавлять к правой крайней полосе, по которой движется общественный пассажирский транспорт.

При назначении ширины проезжей части решают задачу не только пропуска транспортного потока расчетной интенсивности

Таблица 4.2

Характеристика дороги	Доля грузовых автомобилей в потоке, %	Рекомендуемая ширина (м) для по- лосы движения				
		1	2	3	4	общая
Двухполосная	До 30	4,0	3,5	—	—	7,5
	Более 30	4,0	4,0	—	—	8,0
Трехполосная	До 30	4,0	3,5	3,5	—	11,0
	Более 30	4,0	4,0	3,5	—	11,5
Четырехполосная	До 30	4,0	3,5	3,5	3,5	14,5
	Более 30	4,0	4,0	3,5	3,5	15,0

Таблица 4.3

Категории улиц и дорог	Наименьшее число полос движения	Ширина, м		
		одной полосы движения, м	краевых полос, м	разделительной полосы, м
Скоростные дороги	2×2	3,75	1,0	6,0
Магистральные улицы: общегородского значения	2×2	3,5	0,75	4,0—6,0
непрерывного движения то же, регулируемого движения	2×2	3,5	—	4,0—6,0
районного значения	2×2	3,5	—	—
Дороги грузового движения	2×2	3,5	—	—
Улицы и дороги местного значения	1×2	3,0—3,5	—	—
Проезды в стесненных условиях, улицы в старых частях города	1×1	2,8	—	—
Боковые проезды с движением общественного транспорта	3	3,5	—	—
Местные проезды	2	3,0	—	—

движения, но и разделения его по составу и обеспечения движения пассажирского транспорта. Из этих условий для магистральных улиц число полос движения в одном направлении должно быть не менее двух. Движение по одной полосе в каждом направлении допускается лишь для улиц и городских дорог местного значения без постоянной интенсивности движения.

Для обеспечения движения внутри жилых кварталов и подъезда к домам в зоне многоэтажной застройки предусматриваются проезды шириной не менее 5,5 м с тротуаром шириной 1,5 м. Расстояния между въездами на территории микрорайонов и кварталов должны быть обеспечены на расстояниях 180—300 м. С двух сторон жилых зданий высотой девять этажей и более и общественных зданий высотой пять этажей и более необходимо предусматривать проезды (шириной не менее 3,5 м) или полосы (шириной 6 м), пригодные для движения пожарных машин. На таких проездах необходимо предусматривать дорожную одежду. Ширину проездов вдоль зданий высотой более десяти этажей следует принимать не менее 4,2 м.

При расчете ширины многополосной проезжей части магистральных улиц следует принимать во внимание схему организации движения и возможное распределение типов автомобилей по полосам. Транспортный поток желательно распределить по ширине проезжей части так, чтобы по каждой полосе движение было однородным по составу. Целесообразно крайнюю правую полосу отвести для движения общественного транспорта и грузовых автомобилей. При интенсивности движения автобусов и троллейбусов более 150 маш./ч эту полосу можно выделить только для движения общественного

транспорта, а для остановок следует предусмотреть специальные площадки с переходно-скоростными полосами.

Внутренние полосы в зависимости от интенсивности движения грузовых автомобилей могут быть загружены грузовым или смешанным движением. В этом случае расчетными автомобилями для определения ширины этих полос будут грузовые автомобили. Четвертая, пятая, а при необходимости и шестая полоса, считая от тротуара, должны быть ориентированы на пропуск легковых автомобилей. Исключение составляют участки улиц, где крайние левые полосы используются для организации левоповоротного движения. На таких участках для всех полос движения расчетным является грузовой автомобиль.

Число полос движения, ширина каждой из них и общая ширина проезжей части магистральной улицы и городских дорог грузового движения могут отличаться от нормативов действующих строительных норм и правил. Обоснованием такого отличия являются расчеты необходимого числа полос движения с учетом возможной пропускной способности полосы и ширины проезжей части с учетом состава движения.

#### **4.4. ШИРИНА РАЗДЕЛИТЕЛЬНЫХ И СПЕЦИАЛЬНЫХ ПОЛОС НА ГОРОДСКОЙ МАГИСТРАЛЬНОЙ УЛИЦЕ**

Для разделения транспортных потоков по направлениям на городских улицах устраивают разделительные полосы: для разделения встречных потоков на основной проезжей части — центральную разделительную полосу; для отделения основной проезжей части от местного проезда — полосы озеленения.

При высокой интенсивности и скорости движения центральная разделительная полоса является необходимым планировочным элементом городской магистрали. С ее помощью можно почти полностью исключить дорожно-транспортные происшествия с тяжкими последствиями, связанные с выездом на полосу встречного движения. Эффективность центральной разделительной полосы зависит от ее ширины. При увеличении ширины разделительной полосы число переездов через нее уменьшается и стабилизируется при ширине 12 м.

Для обеспечения безопасности движения полезна центральная разделительная полоса любой ширины, но особенно эффективной она становится при ширине, достаточной для полного предотвращения выезда автомобиля на встречное направление даже при случайном наезде на нее. Это условие обеспечивается при ширине разделительной полосы более 4 м.

Центральные разделительные полосы по своей конструкции делятся на три типа: свободно переезжаемые, переезжаемые с затруднениями и непереезжаемые (рис. 4.13).

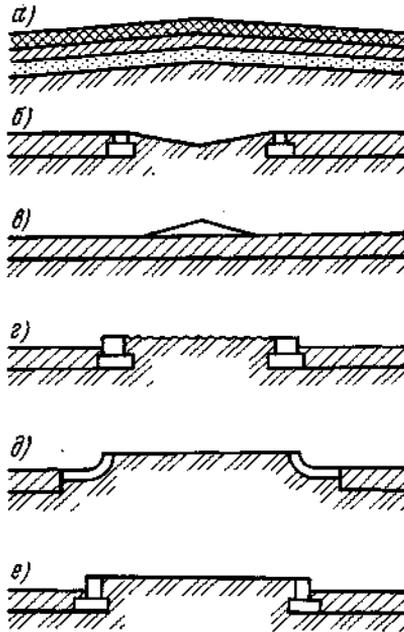


Рис. 4.13. Разделительные полосы разной ширины:  
 а, б — свободно пересежаемые; в—д — пересежаемые с затруднениями; е — непересежаемые

*Свободно пересежаемые полосы* устраивают в одном уровне с проезжей частью. Они могут иметь твердое покрытие и открытый грунт. В последнем случае ширина их должна быть более 6 м. Такие разделительные полосы допускаются на магистралях с относительно невысокими скоростями движения — 50—60 км/ч. При недостатке (свободном их переезде) они имеют очень важные для города достоинства: не препятствуют снегоуборке и не вызывают отложений снега на левых полосах проезжей части.

*Пересежаемые с затруднениями полосы* включают все разделительные полосы, поднятые над проезжей частью и окаймленные бортовым камнем. При высоте бортового камня до 0,25 м ширина таких полос должна быть не менее 4 м, при более высоком бортовом камне ширина может быть уменьшена. Так, например, в транспортных тоннелях и на подходах к ним при высоте борта 0,5 м ширина разделительной полосы может

быть уменьшена до 2 м. Центральные разделительные полосы этой группы достаточно эффективны, но имеют серьезные недостатки: у бортов летом накапливается грязь, которая во время влажной погоды разносится по всей проезжей части, загрязняет ее и снижает коэффициент сцепления, а зимой откладывается снег, образуются валики льда и уплотненного снега, сужающие ширину проезжей части. Для обеспечения безопасности движения и соблюдения санитарных норм при эксплуатации улиц и дорог с такими разделительными полосами требуются высокий уровень содержания и большое количество уборочной дорожной техники.

*Непересежаемые полосы* отличаются тем, что на них устанавливаются ограждения, которые исключают переезд автомобилей, даже движущихся с высокой скоростью и потерявших управление. Ширина этих полос определяется конструкцией ограждения при условии, что расстояние от края полосы до ограждения должно быть не менее 0,5 м. С учетом ширины самого ограждения минимальная ширина разделительной полосы в этом случае должна быть не менее 2,0 м. Разделительные полосы такой конструкции применяют на

скоростных дорогах и магистральных улицах в условиях недостаточной ширины улиц, а также в зоне транспортных развязок. Эти разделительные полосы имеют те же недостатки, что и полосы второй группы, но требуют еще более тщательного содержания.

Выбор типа разделительной полосы определяется местными условиями. Наиболее распространенными являются полосы второй группы без возвышающегося бортового камня.

Выбор типа покрытия является серьезной проблемой при проектировании разделительной полосы в городе. Наиболее желательно создание на ее поверхности газона с посадкой кустарника. Однако сохранить растительность на разделительной полосе очень трудно. Часть реагентов, рассыпаемых на проезжей части зимой для борьбы со скользкостью (чаще всего хлориды), попадая на открытый грунт, засаливают его. Через каждые 4—5 лет нужно менять не только кустарник на разделительной полосе, но и грунт. Устройство на широкой разделительной полосе твердого покрытия нежелательно, так как при этом увеличивается слой и без этого достаточно большого стока с многополосной проезжей части. Чаще всего в городах на разделительных полосах первой группы устраивают дорожную одежду и покрытие такие же, как и на проезжей части, а саму разделительную полосу используют как реверсивную полосу в часы наибольшей загрузки движением. Полосы второй и третьей групп наиболее целесообразно закрывать травяным газоном.

Разделительная полоса между основной проезжей частью и бортовыми проездами разделяет транзитное и местное движение. Такие полосы устраивают возвышающимися над проезжей частью и окаймляют бортовым камнем высотой 0,15—0,20 м. Ширина полосы зависит от ширины улицы в красных линиях, но должна быть не менее 2 м. Эти полосы используют для прокладки инженерных сетей и как полосы озеленения. При ширине полосы до 4 м ее закрывают травяным газоном и засаживают кустарником, при ширине 4 м возможна однорядная посадка деревьев, 6 м — двухрядная в шахматном порядке. При ширине этой полосы более 10 м на ней возможно устройство бульвара с пешеходной дорожкой шириной не менее 2 м.

В целях увеличения площади, покрытой растительностью, между тротуаром и проезжей частью устраивают полосы озеленения. Практика показала, что растительность на таких полосах сохраняется лишь в том случае, если она защищена от пешеходов ограждениями. Как планировочный элемент улицы такая полоса допускается на участках, где исключаются остановки и стоянка автомобилей на проезжей части. Наиболее целесообразна полоса озеленения на магистралях грузового движения: посадка на ней деревьев не только снизит загазованность в прилегающих кварталах, но и уменьшит в них уровень транспортного шума.

Минимальные ширины разделительных полос (в м) между элементами поперечного профиля представлены в табл. 4.4. В скобках

Таблица 4.4

Местоположение полосы	Магистральные улицы			Жилые улицы
	общегородские		районные	
	с непрерывным движением	с регулируемым движением		
Между основной проезжей частью и местными проездами	8(5)	6(2)	—	—
Между проезжей частью и трамвайным полотном	6(2)	3(2)	3	—
Между проезжей частью и велосипедной дорожкой	—	3	2	2
Между проезжей частью и тротуаром	3	3	3	2
Между тротуаром и трамвайным полотном	—	3	2	—
Между тротуаром и велосипедной дорожкой	—	2	2	2

указаны размеры полос в реконструируемых городах с тесной застройкой.

Для прокладки инженерных сетей на городских улицах предусматривают технические полосы. Ширину технических полос определяют числом и типом подземных и наземных сооружений и требованиями озеленения. Ширину технической полосы на скоростных городских дорогах принимают в пределах 5... 10 м. В ней прокладывают коммуникации, обслуживающие только саму дорогу — водопровод, канализацию, электрокабели, связь. На магистральных улицах ширину этой полосы (8—12 м) используют для прокладки всех коммуникаций, необходимых для города. С учетом того, что в процессе эксплуатации инженерных сетей необходимы периодические разрывы, поверхность технических полос закрывают травяным газоном с посадкой кустарника. Посадка деревьев нежелательна, поскольку они будут мешать во время ремонта и перекладки коммуникаций, да и сами будут повреждены.

Расположение и выбор ширины тротуаров определяются интенсивностью движения пешехода и типом застройки улицы (см. гл. 6)

#### 4.5. СТАДИЙНОЕ РАЗВИТИЕ ПОПЕРЕЧНОГО ПРОФИЛЯ

Элементы поперечного профиля улицы, обеспечивающие движение пешеходов и транспортных средств, рассчитывают с учетом интенсивности движения. Отдаленность перспективы может составлять 20—25 лет.

Это достаточно большой срок и, принимая решение по стадийности проектного решения, ориентируются на динамику изменения интенсивности движения.

Наиболее быстрый ежегодный прирост движения наблюдается в развивающихся средних и больших городах — до 10 %. В крупных и крупнейших городах этот прирост значительно меньший, в среднем он соответствует годовому приросту национального дохода. При этом возможны некоторые отклонения, вызванные местными условиями и особенностями плана развития народного хозяйства в каждой из пятилеток. В среднем в городах ежегодный прирост движения составляет 3—5 %. За расчетный период интенсивность увеличивается в следующее число раз:

Ежегодный прирост движения, %	3	5	7	10
Увеличение интенсивности движения за расчетный срок, лет:				
10	1,35	1,6	2,0	2,6
20	1,8	2,5	6,0	6,6

При проектировании магистральных улиц рекомендуется рассматривать три стадии их развития: полное осуществление проекта, рассчитанного на перспективу 20—25 лет; неполное осуществление проекта, рассчитанного на перспективу 15—20 лет; неполное осуществление проекта с учетом интенсивности движения в период 10—15-летней перспективы (вторая стадия); первая стадия, обеспечивающая движение в период первых 5—10 лет. За расчетный срок службы улицы ее планировка должна измениться как минимум один раз. Расчетная интенсивность движения при этом увеличится в первый период в 1,3—1,5 раза, во второй в 2,0—2,5 раза.

Стадийность повышения пропускной способности магистральных улиц позволяет более рационально использовать средства, выделяемые на социальное, культурное и транспортное развитие города. При этом совершенно необязательно перестраивать каждую улицу раз в 10—15 лет. Ориентиром в этом случае служит уровень загрузки ее движением. Экономически целесообразным является уровень загрузки 0,3—0,5. Уровень 0,3 следует рассматривать как расчетный при вводе магистрали в эксплуатацию после строительства или реконструкции, а уровень 0,5 — предельный, по достижении которого необходимо переходить к следующей стадии улучшения условий движения.

Стадийность развития магистральной улицы захватывает, главным образом, основную проезжую часть и разделительные полосы.

Стадийное развитие поперечного профиля улиц можно вести двумя способами: поочередным строительством правой и левой основной проезжей части и последовательным уширением обеих проезжих частей. Первый способ предполагает строительство сначала одной проезжей части и пропуск по ней всего движения до тех пор, пока не будет достигнут предельный уровень загрузки движением. Затем строят разделительную полосу и вторую проезжую часть.

Второй способ позволяет развивать поперечный профиль улицы симметрично относительно ее оси, уширяя проезжие части по мере

роста интенсивности движения. При этом для возможного расширения проезжей части, прокладок новых инженерных сетей и сооружений вдоль улицы рекомендуется предусматривать в поперечном профиле улицы резервные полосы. Их следует располагать справа от основных проезжих частей, увеличивая за их счет боковые разделительные полосы. Это позволит при осуществлении второй стадии планировки улицы без особых помех движению увеличить ширину проезжей части.

На всем протяжении резервные полосы должны закрываться газоном. В зимний период эти полосы используют для складирования снега. В отдельных случаях на резервных полосах со стороны местного проезда или тротуара (при отсутствии местного проезда) можно устраивать стоянки автомобилей. Дорожная одежда таких стоянок может быть менее прочная, чем на основной проезжей части, с покрытием облегченного типа или из сборных железобетонных плит. Желательно, чтобы основание этой дорожной одежды можно было использовать при строительстве следующей стадии.

Уровень инженерной проработки проекта магистрали тем выше, чем полнее планировочное решение, инженерная подготовка и расположение подземных сетей используются в последующих стадиях осуществления проекта.

#### **Контрольные вопросы.**

1. Что располагают в пределах красных линий?
2. В какой части поперечного профиля располагают подземные инженерные сети на улицах магистральных, местного значения?
3. В чем различие в схемах расчета ширины полосы движения на двухполосной и многополосной проезжей части?
4. В чем различие в схемах расчета ширины внутренних и внешних полос проезжей части? Как выбирается расчетный тип автомобиля при расчете ширины полосы движения?
5. Как определить необходимое число полос движения, если известны интенсивность и состав движения?
6. Какой принцип положен в основу выбора ширины центральных и боковых разделительных полос?
7. Что является основанием для стадийного развития поперечного профиля улицы, какова последовательность такого развития?

### 5.1. ОСОБЕННОСТИ ГРУЗОВОГО ДВИЖЕНИЯ В ГОРОДАХ

Проблема организации грузовых перевозок в городах неизбежно обостряется по мере роста города, развития его промышленности, увеличения численности населения. В старых городах со сложившейся застройкой, перемежающейся с промышленными зонами, потоки грузовых автомобилей вынуждены двигаться по узким улицам селитебных зон. Это доставляет много неудобств жителям прилегающих кварталов.

Исключить грузовые автомобили из городского движения невозможно. Именно они, а не легковые, обеспечивают работу промышленных предприятий, строительство в городе, снабжение магазинов продовольственными и промышленными товарами. Содержание и уборка городских территорий также выполняются грузовыми автомобилями.

По характеру выполняемой работы грузовое движение можно разделить на следующие группы:

*первая* — коммунально-бытовое и торговое обслуживание городской территории. Грузовые автомобили при этом должны иметь доступ во все районы города. В качестве расчетного количества перевозимых грузов на 1 чел. в год принимают: потребительских грузов — 2 т; грузов по очистке города — 0,7 т; топлива — 1 т. В среднем для выполнения этой работы требуется один автомобиль на 500 чел.;

*вторая* — перевозка промышленных и строительных грузов. Автомобили обеспечивают работу промышленных предприятий истроек города. Промышленные грузы более стабильны по объему и направлению перевозок, чем строительные, которые определяются местом и объемом строительства в городе. Для перевозок этих грузов используют, как правило, большегрузные автомобили или тягачи с прицепами и полуприцепами. Их отрицательное воздействие на окружающую среду (шум, выброс в атмосферу отработавших газов) очень велико. В средних и крупных городах число таких автомобилей в зависимости от характера промышленного производства и интенсивности строительства изменяется в пределах 12...30ед. на 1000 жителей;

*третья* — внешнее транзитное движение через город. Это движение к городскому транспорту отношения не имеет, поэтому всегда рассматривается как крайне нежелательное и подлежит выводу из города на обходные или внешние кольцевые дороги.

В современном градостроительстве первые две группы грузового движения рассматриваются как обязательный элемент городского движения. При высокой интенсивности движения грузовых автомобилей, особенно второй группы, для них в генплане города необходимо предусматривать специальные магистрали. Грузовые перевозки по обычной сети магистральных улиц отрицательно сказываются на производительности грузовых автомобилей и сильно осложняют проблему транспортного обслуживания территории города.

Эффективность работы грузовых автомобилей зависит от режима их движения. Оптимальным является непрерывное движение с постоянной скоростью. Этим обеспечиваются ритмичная перевозка грузов, непрерывное и точное согласованное поступление грузов на предприятия и, что для города особенно важно, сокращение численности грузовых автомобилей, занятых на перевозках, а также уменьшение интенсивности движения на уличной сети города. Если на пути транспортных потоков встречаются светофоры, участки с ограниченной скоростью движения или малой пропускной способностью, начинают возрастать транспортные потери и снижаться эффективность работы не только грузовых автомобилей, но и всех остальных видов городского транспорта. Такой процесс носит цепной характер: увеличение потерь времени в пути приводит к снижению скоростей движения и уменьшению производительности грузовых автомобилей. Для того чтобы восполнить эти потери и обеспечить необходимый объем перевозок, приходится увеличивать парк грузовых автомобилей, т. е. увеличивать интенсивность их движения, а это вызывает еще большее снижение скорости движения и производительности работы. Этот процесс продолжается до исчерпания пропускной способности транспортного пути.

В городе чаще всего приходится совмещать движение грузовых автомобилей с другими нерельсовыми транспортными средствами.

Город и отдельные его зоны формируются длительное время, и в течение долгого периода основные транспортные корреспонденции в них остаются неизменными. Это, в первую очередь, относится к промышленным зонам, определяющим направление и мощность грузовых корреспонденции. Совмещенное легковое и грузовое движение во времени стабилизируется по направлениям, но не по составу: с развитием города и его промышленности увеличивается доля грузовых автомобилей в транспортном потоке. Эта доля тем больше, чем ближе интенсивность движения по магистрали к пропускной способности.

Скорость движения с увеличением в потоке грузовых автомобилей снижается. Это снижение особенно велико на участках дорог с переломами в продольном профиле. Пропускная способность улиц с увеличением доли грузового движения снижается очень сильно. Это связано с тем, что грузовые автомобили менее динамичны, чем легковые, и при образовании заторов или пачек автомобилей грузовые автомобили становятся помехой для увеличения скорости дви-

жения и разезда пачки. Практическая пропускная способность одной полосы непрерывного движения для плотных потоков следующая:

Доля грузовых автомобилей в потоке, %	100	80	60	40	20	0
Пропускная способность одной полосы, авт./ч	650	750	850	950	1100	1200

Снижение пропускной способности улиц при смешанном грузовом и легковом движении учитывается с помощью коэффициентов приведения. Для грузового движения эти коэффициенты составляют 2,0—3,5 в зависимости от грузоподъемности автомобилей, а для автопоездов — более 4,0.

С увеличением интенсивности грузового движения возрастает и аварийность на дорогах и улицах, причем рост аварийности опережает увеличение доли грузовых автомобилей в потоке: возрастание доли грузовых автомобилей в потоке с 13 до 27 % вызывает рост аварийности в 3,5 раза, а до 40 % — более чем в 5 раз.

Не менее опасно грузовое движение и на улицах города, особенно на общегородских магистральных улицах с многорядным движением и относительно высокими скоростями. Как правило, грузовое движение является транзитным по отношению к району, где проходит общегородская улица. Исключение составляют грузовые автомобили, обслуживающие бытовые предприятия и пункты торговли. Такие автомобили в общем объеме грузовых перевозок в городе составляют не более 15 % (табл. 5.1).

Одним из методов устранения грузовых перевозок до основным магистралям города является ограничение въезда грузовых автомобилей на улицу в периоды суток, когда на этой улице наиболее интенсивное движение легковых автомобилей и общественного транспорта. Эффективным мероприятием борьбы с транзитным движением на загруженных улицах, особенно в центре города, является запрещение сквозного проезда. Такой запрет исключает транзитное движение, но не ограничивает подъезд к обслуживаемым зданиям. Это снижает интенсивность не только транзита, но и всех грузовых автомобилей.

Таблица 5.1

Город	Улица	Интенсивность движения	
		Всех безрельсовых транспортных средств, ед./ч	В том числе грузовых автомобилей, авт./ч (%)
Москва	Горького	2200	190(10)
	Проспект Мира	1200	160(13)
	Кирова	650	95(15)
Ленинград	Невский проспект	980	100(10)
Минск	Проспект Ленина	245	15(6)
Киев	Крещатик	430	45(10)
Тбилиси	Проспект Руставели	355	20(6)

В городе имеются территории, в пределах которых интенсивность движения грузовых автомобилей исчисляется единицами (жилая зона), и территории, где движение грузовых автомобилей преобладает (промышленные и складские зоны). Пути сообщения в последних зонах строят, исходя из состава транспортных потоков. Благодаря этому серьезных проблем с их трассированием не возникает, поскольку в этих зонах нет жилой застройки, а общественный пассажирский транспорт идет в основном по границам зон. Наибольшие трудности представляют перевозки грузов между этими зонами. Транспортные пути для таких перевозок должны пролегать вне пределов селитебных территорий по магистралям с шириной, достаточной для организации мероприятий по охране воздушного бассейна от отработавших газов автомобилей, вибрации и транспортного шума. В значительной степени этим требованиям удовлетворяют районные магистральные улицы, но ввиду совмещения на них грузового и легкового движения, а также движения общественного пассажирского транспорта они обладают малой пропускной способностью и высокой аварийностью. Это заставляет в крупных и крупнейших городах искать иное решение. В настоящее время общепризнанным является организация в таких городах специальных дорог для грузового движения.

## **5.2. ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ ГРУЗОВОГО ДВИЖЕНИЯ В ГОРОДАХ**

В городах со сложившейся улично-дорожной сетью выделить сразу несколько магистралей для организации грузовых перевозок очень сложно, поскольку это затрагивает интересы городского движения и оказывает сильное влияние на условия проживания в районах, где такие магистрали проходят. Число грузовых магистралей в городах не должно быть большим. В этой связи работы по созданию таких магистралей должны проводиться параллельно с упорядочиванием перемещений грузов по территории города. Необходимо при этом решить две основные задачи: определить экономически и экологически рациональную локализацию грузовых перевозок по улично-дорожной сети города и уменьшить отрицательные последствия совмещения грузового движения с движением других видов городского транспорта.

Интенсивность грузового движения, так же как и всего городского, неравномерна и достигает наибольших значений в начале и конце рабочего дня. Эта неравномерность усиливается еще и благодаря несовершенной организации погрузочно-разгрузочных работ. Равномерное движение грузовых автомобилей относительно невысокой интенсивности (100—150 авт./ч) в течение рабочего дня для магистральной улицы безболезненно, в то время как выход этого же числа автомобилей на магистраль в течение более короткого времени приводит к резкому снижению скорости и образованию заторов.

Равномерность грузовых перевозок позволяет локализовать их, выделив на магистральных улицах специальные полосы движения. Интенсивность грузового движения на таких полосах может достигать 400—600 авт./ч при непрерывном движении и 150—200 авт./ч при регулируемом. Это будет соответствовать доли грузовых автомобилей в движении по магистрали 10—15 % и существенного влияния на ее пропускную способность не окажет. Разделение смешанных плотных транспортных потоков и выделение для грузовых автомобилей специальных дорог становится экономически целесообразным при доле грузовых автомобилей в потоке более 40%. При меньшей доле грузовых автомобилей в потоке удобства и безопасности движения могут быть обеспечены за счет организации движения.

Выбор направлений грузовых перевозок зависит от количества и вида груза и схемы улично-дорожной сети города. Наиболее при-

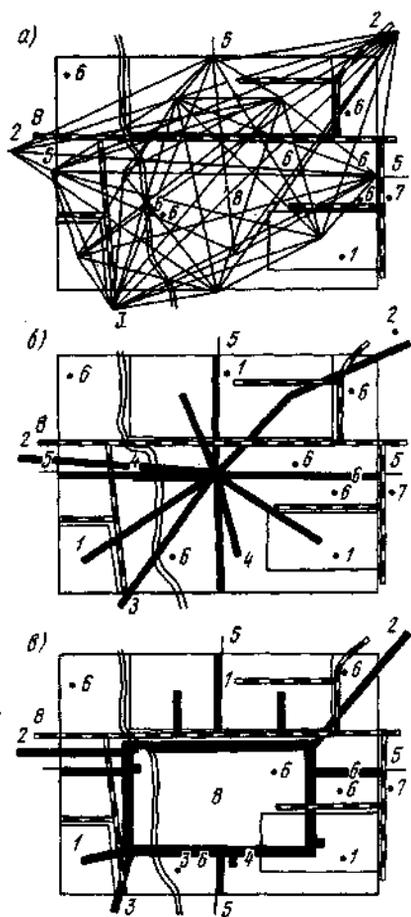
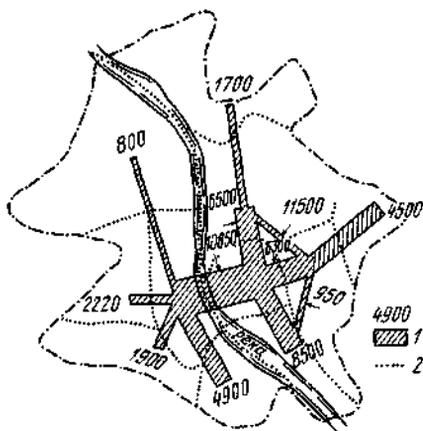


Рис. 5.1. Организация грузовых перевозок в средних городах:

а — схема корреспонденций грузов; б — по кратчайшим направлениям; в — по кольцевой грузовой магистрали; 1 — промышленные районы; 2 — складские районы; 3 — предприятия строительной индустрии; 4 — районы массового жилищного строительства; 5 — вводы внешних автомобильных дорог; 6 — предприятия автомобильного транспорта; 7 — грузовые автостанции; 8 — продовольственные склады

Рис. 5.2. Картограмма грузовых потоков в городе, имеющем только один мост через судоходную реку:

1 — годовой объем грузового движения; 2 — границы планировочных районов, между которыми определялись потоки грузов



тягательным является организация таких перевозок по кратчайшему направлению. Однако в этом случае большая часть перевозок пройдет через центральную часть города, что крайне нежелательно (рис. 5.1).

Вывод грузовых потоков на периферию города возможен, но при этом возникают две проблемы. Первая — подавляющая часть грузовых автомобилей, обслуживающих город (коммунальный грузовой транспорт, перевозящий продукты питания, промышленные товары, топливо), не может быть удалена от зоны обслуживания на расстояние более 5 км. В противном случае резко возрастает потребность в подвижном составе, и это увеличит интенсивность движения и еще больше усложнит транспортную проблему города. Вторая — необходимость создания на периферийной части города

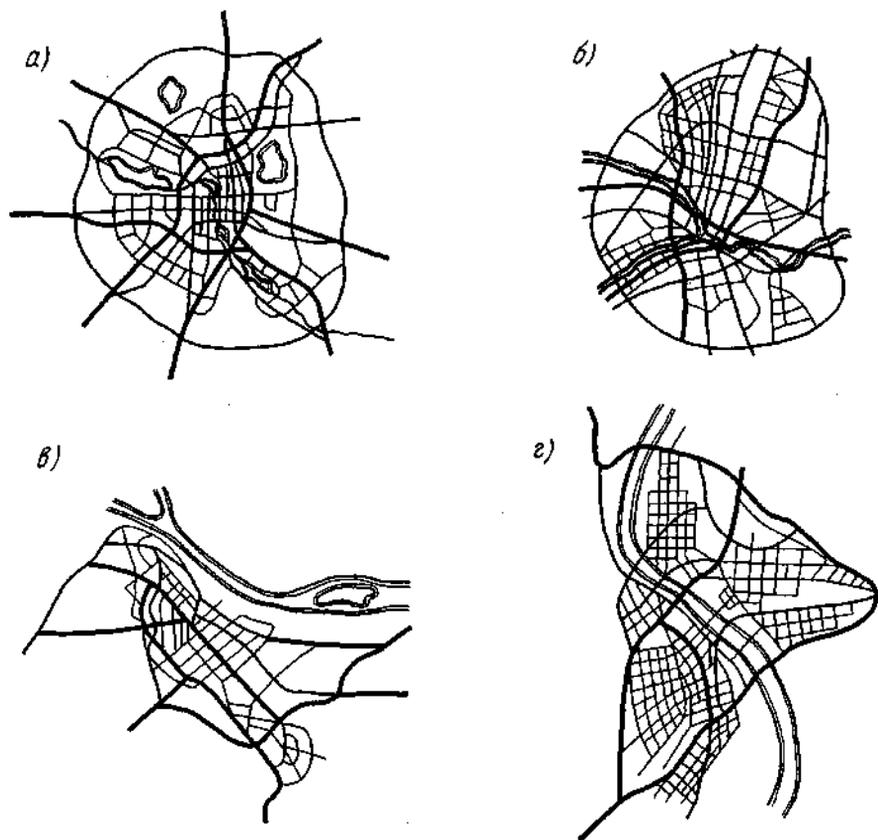


Рис. 5.3. Схема скоростных автомобильных дорог и магистралей, обеспечивающих грузовые перевозки в городах с миллионным населением:

*а* — с радиально-кольцевой структурой; *б* — с радиально-ходовой структурой; *в* — с судоходной рекой по границе города; *г* — с судоходной рекой, пересекающей город

множества мостов через водотоки и путепроводов через железные дороги.

В принципе грузовые перевозки через центр города возможны и осуществляются во многих малых и средних городах (рис. 5.2). Однако опыт показывает целесообразность организации специальных кольцевых распределительных магистралей, которые не только разгружают центр города, но и улучшают связь между отдельными радиальными магистралями (рис. 5.3). Создание такой сети магистралей связано с большими капитальными затратами, часто даже с перепланировкой отдельных районов города, но для современного города с развивающейся или развитой промышленностью такие магистрали являются необходимостью. Они предусмотрены в генпланах крупных и крупнейших городов и во многих городах нашей страны уже построены. Этот путь избран и для развития западноевропейских городов.

### **5.3. ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ВЫДЕЛЕНИЯ В УЛИЧНОЙ СЕТИ ГОРОДА ДОРОГ ДЛЯ ГРУЗОВОГО ДВИЖЕНИЯ**

При проектировании новых городов грузообразующие и грузоглощающие объекты должны быть расположены так, чтобы грузы можно было перевозить по кратчайшему пути. Этот путь должен проходить также в обход жилых районов и общественного центра города. Характерной особенностью планировки новых городов является разделение жилых и промышленно-складских территорий санитарно-защитными зонами, лесопарками и водными пространствами. В крупных городах в общей сложности внеселитебные территории, включая неудобные для застройки земли, составляют 50—60 %. В том числе, кроме промышленно-складских зон, занимающих 20—30 % территории, на долю санитарно-защитных зон приходится до 9,5 %, условно непригодных территорий под жилую застройку 3—7 %, полосы отвода железнодорожного транспорта 3—5 %. Все эти территории допускают размещение на них дорог с грузовым движением. В настоящее время на этих территориях расположены дороги преимущественно грузового движения, занимающие 3—6 % от всей неселитебной территории.

В крупных городах имеется еще одна возможность размещения грузовых дорог. В генеральных планах развитие жилых районов предусматривается за счет освоения свободных территорий на окраинах города. На них размещается более 60 % объема строительства. Планами для крупных и крупнейших городов застройку новых районов предполагается вести в течение 25—30 лет. Это создает благоприятные условия для развития в них сети грузовых магистралей: на окраине города будут формироваться крупные жилые массивы, строительство которых будет обслуживаться грузовыми автомобилями. Дороги для их движения можно располагать в зонах малой

плотности постоянного населения территорий, прилегающих к новым районам. Вместе с этим при реконструкции малоэтажной застройки такие дороги можно располагать на освободившейся территории с отведением для них полосы шириной 100—120 м. Этого достаточно для устройства проезжей части, тротуаров и зеленых защитных зон.

Опыт работы ЦНИИП градостроительства показывает, что практически во всех крупных и крупнейших городах можно выделить земельные участки, на которых можно размещать и эксплуатировать грузовые дороги без серьезных неудобств для населения. Такими участками являются полосы отвода железных дорог и прилегающие к ним улицы и проезды с нежилой застройкой. На рис. 5.4 приведены схемы организации грузовых перевозок в некоторых городах СССР, предусмотренные в генеральных планах их развития.

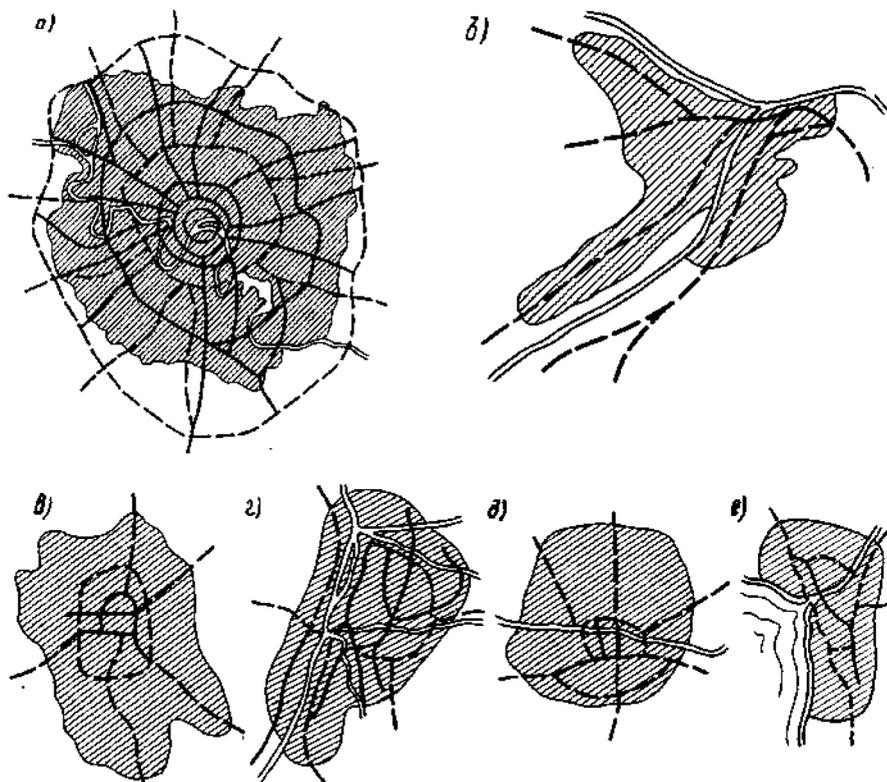


Рис. 5.4. Схемы основных пассажирских и автомобильных дорог в некоторых городах СССР:

а — Москва; б — Горький; в — Свердловск; г — Астрахань; д — Иваново;

— магистраль с преобладанием грузового движения; - - - - то же, пассажирского

Практически для всех городов характерно использование для пропуска грузовых автомобилей магистральных улиц. Такие улицы, расположенные вне центра города, проходят по старым промышленно-складским районам, по незастроенной или застраиваемой территории и по периферии города. Большая часть грузовых дорог тяготеет к полосам отвода железных дорог, повторяя не только их очертания в плане, но и их продольный профиль.

В городах с развитой системой водных путей грузовые дороги, расположенные по набережным рек и каналов, рассматриваются как временные, поскольку набережные притягивают к себе пешеходов и легковые автомобили. В перспективе набережные в городах, за редким исключением, предполагается реконструировать под магистрали общегородского значения. Расположение таких магистралей позволяет организовать на них непрерывное скоростное движение, а при необходимости и создать городскую скоростную дорогу, изолированную от местного движения. До появления необходимости в таких городских дорогах набережные могут использоваться как грузовые дороги.

Большие возможности у части организации грузового движения заложены в кольцевых, обходных дорогах и в глубоких вводах внешних автомобильных дорог. Это, в первую очередь, относится к городам, планировка которых исторически сложилась под влиянием оборонительных сооружений: крепостных стен, земляных валов, обводных каналов. В Москве, в частности, основной распределительной грузовой магистралью служит Садовое кольцо, опоясывающее границу старого города. В будущем большая часть грузового движения будет переведена на третье кольцо. Оно будет удалено от Садового кольца на 2—3 км и обеспечит непрерывное движение по 4 полосам в каждом направлении.

Такие же кольцевые городские магистрали проектируются в городах Минске, Харькове, Рязани.

Преимуществом глубоких вводов автомобильных дорог в город является малое число пересечений с другими городскими улицами, что позволяет организовать движение с высокими скоростями. Это преимущество наиболее полно реализуется при пропуске плотных транспортных потоков. Такие потоки образуются при грузовых перевозках. Эффект от вывода грузового движения на участки глубокого ввода заключается прежде всего в сокращении транспортных потерь, вызванных ожиданием на перекрестках со светофорным регулированием. Например, на окраине Минска регулируемые перекрестки удалены друг от друга на расстояние 3,2 и 4,1 км, а в центральной части города — на 0,7—0,9 км. В Москве на вводах дорог Москва—Ленинград, Москва—Ярославль, Москва—Горький на окраине расстояние между перекрестками 3—5 км, а в средней части города 0,6—0,8 км. Однако в крупных и крупнейших городах из-за трудности совмещения транзитного и местного движения грузовые автомобили, являющиеся транзитными по отношению к району, где проходит

магистраль глубокого ввода, необходимо вывести на отдельную, изолированную от местного движения и пешеходов дорогу.

В последние годы несколько изменилось отношение к грузовым дорогам. Не отрицая их необходимость, следует признать, что строительство их в сложившейся улично-дорожной сети — очень сложная градостроительная задача. Речь идет о пробивке не новой улицы или даже магистрали с интенсивным городским движением, а мощной транспортной артерии города, движение по которой значительно ухудшит экологическую обстановку на большом расстоянии в глубь территории, по которой она проходит.

Такие магистрали следует рассматривать не только в плане решения проблемы грузовых перевозок в городе, но и как очень мощный элемент уличной сети города, который попутно позволяет решить за счет вывода на эту магистраль части легкового движения и общественного транспорта еще ряд острых транспортных проблем: разгрузить центр города, обеспечить прямую связь отдельных районов между собой, соединить основные магистрали города распределительной магистралью. С этих позиций функциональное назначение таких магистралей более широкое, чем только обеспечение грузовых перевозок. Более правильно их называть магистралями преимущественно грузового движения. Это подчеркивает их многофункциональность и широкие возможности в пропуске городского движения. При доле грузового движения до 40 % такие магистрали можно рассматривать как общегородские, при 40—60 % — как специальные магистрали, обеспечивающие в первую очередь движение грузовых автомобилей и общественного транспорта.

В городах со сложившейся застройкой проблему грузового движения часто приходится решать не за счет строительства новых дорог, а переводом промышленных улиц и районных магистральных улиц, расположенных на границах селитебных районов, в категорию магистралей преимущественно грузового движения.

Выбор трассы грузовой магистрали в городе — задача сложная. Она связана с решением не только технических проблем, но и экономических и социальных. Для отечественных городов эти проблемы вполне разрешимы за счет планового развития города, его промышленных районов и постоянной заботы о создании наиболее благоприятных условий жизни трудящихся.

#### **5.4. ТЕХНИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ГРУЗОВЫХ МАГИСТРАЛЕЙ ГОРОДА**

Параметры геометрических элементов трассы и поперечных профилей грузовых магистралей зависят от функционального назначения этих магистралей и расположения их в системе городских улиц и дорог. Различают специальную грузовую магистраль, изолированную от жилой застройки, скоростную городскую дорогу и магистральную улицу преимущественно грузового движения. Все эти

магистралей проектируются в соответствии со строительными нормами и правилами на планировку и застройку городов, поселков и сельских населенных пунктов.

При проектировании изолированных грузовых городских дорог расчетную скорость принимают для регулируемого движения 70 км/ч и для непрерывного — 100 км/ч. При трассировании этой дороги в промышленно-складской зоне расчетную скорость снижают до 60 км/ч.

Грузовые дороги проектируют из расчета пропуска по ним транспортных потоков, поэтому помимо расчетной скорости, на которую рассчитывают геометрические элементы трассы дороги, устанавливают и скорость организации движения. На эту скорость, которая не менее чем на 20 км/ч ниже расчетной, определяют пропускную способность дороги, ширину проезжей части и схему организации непрерывного движения.

Предельный продольный уклон для грузовых дорог установлен технико-экономическим расчетом путем подсчета приведенных затрат. Они включают в себя затраты на строительство вариантов дороги с различными продольными уклонами и транспортный эффект от уполаживания уклонов. Для городских грузовых дорог предельный уклон установлен 40 %. В исключительных случаях (например, при реконструкции улицы под грузовую дорогу) допускается увеличение продольного уклона до 50 %.

При выборе продольного уклона следует учитывать состав движения. Современные легковые автомобили могут при скорости движения 60 км/ч преодолевать подъемы с продольным уклоном 40—50 % на прямой передаче, грузовые автомобили — 30—40 %, на понижающих передачах, а при полной загрузке — не более 30 %. Если уклон будет больше, скорость движения грузовых автомобилей упадет. Это скажется на пропускной способности магистралей.

Участки магистралей с большими продольными уклонами опасны с точки зрения загрязнения атмосферы, поскольку на них автомобили из-за использования понижающих передач и полного открытия дроссельной заслонки расходуют на единицу пути большое количество топлива. Из этих соображений продольный уклон для магистралей преимущественно грузового движения рекомендуется принимать не более 30 %, большие уклоны допускаются лишь на пандусах тоннелей и эстакад.

При уклонах более 50 % необходима проверка возможности преодоления подъема по сцеплению. Максимально возможная сила сцепления ведущих колес автомобиля с дорогой должна быть больше силы тяги  $P_{\text{кmax}}$ , необходимой для преодоления подъема:

$$P_{\text{кmax}} < \varphi G_{\text{сц}};$$
$$(f + i)(G + nQ_n) < \varphi G_{\text{сц}}, \quad (5.1)$$

где  $G_{\text{сц}}$  — вес автомобиля, приходящийся на ведущую ось;  $f$  — коэффициент сопротивления качению;  $G$  — полный вес автомобиля;  $nQ_n$  — полный вес прицепов.

Решая неравенство (5.1) относительно показателя  $\bar{g}$ , находят допустимый продольный уклон при расчетном значении коэффициента сцепления колеса с дорогой.

Сопrotивление качению на асфальто- и цементобетонном покрытиях составляет для грузовых автомобилей 0,02—0,025. Увеличение числа осей и числа прицепов увеличивает сопротивление качению. Относительное увеличение коэффициента сопротивления движению в зависимости от типа подвижного состава следующее:

Одиночный автомобиль с двумя осями . . . . .	1,0
То же, с тремя осями . . . . .	1,02
Тягач с одним прицепом . . . . .	1,08
То же, с двумя прицепами . . . . .	1,1

Проверку возможности преодоления подъема по сцеплению выполняют для неблагоприятного периода года, когда влажная или покрытая гололедом проезжая часть не обеспечивает высокого значения коэффициента сцепления. Из этих соображений для такого расчета принимают  $\varphi=0,08$  на пандусах тоннелей и эстакад и  $\varphi=0,1$  на магистрали.

На участках дороги с предельными продольными уклонами скорость движения автомобилей снижается. Наиболее чувствительны к продольным уклонам большегрузные автомобили. Для устранения их влияния на режим транспортного потока на затяжных подъемах необходимо устраивать дополнительные полосы. Такие полосы на уклонах 40 % необходимы при длине подъема более 300 м. Длина такой полосы за вершиной подъема зависит от плотности транспортного потока и доли в нем большегрузных автомобилей. Для городских грузовых дорог рекомендуются следующие длины  $L$  дополнительных полос за вершиной подъема в зависимости от интенсивности движения  $I$  в сторону подъема:

$I$ , авт./ч . . . . .	Менее 200	300	400	500 и более
$L$ , м . . . . .	70	100	150	200

Отгон ширины дополнительной полосы в начале подъема и за его вершиной назначают из условия плавного и безопасного выполнения маневра смены полосы на длине не менее 50 м. При многополосной проезжей части на затяжных подъемах число полос увеличивают для использования их преимущественно грузовыми автомобилями.

При трассировании грузовых дорог радиусы кривых в плане выбирают из условия обеспечения безопасности движения без устройства виража. Для скорости организации движения 60 км/ч это условие выполняется на кривых радиусом более 400 м. При проектировании продольного профиля используют, как правило, метод тангенсов. Из условия обеспечения видимости проезжей части радиусы выпуклых вертикальных кривых должны быть не менее 6000 м. Радиусы вогнутых кривых допускается уменьшать до 1500 м.

Применение на городских грузовых дорогах относительно небольших по сравнению с автомобильными дорогами радиусов вертикальных кривых объясняется тем, что в условиях города нежелательно в местах переломов продольного профиля устраивать высокие насыпи или глубокие выемки.

При проектировании поперечного профиля исходят из необходимости обеспечения пропускной способности улицы и безопасности движения. Из этих соображений на проезжей части выделяют полосы для движения преимущественно легковых, грузовых автомобилей, а в случае необходимости общественного транспорта. Число полос для каждого вида транспортных средств определяют с учетом ожидаемой интенсивности движения. При этом на магистралях непрерывного движения рекомендуется обеспечивать уровень загрузки [число полос движения не более 0,5].

Центральную разделительную полосу на грузовых магистралях целесообразно проектировать в одном уровне с проезжей частью. В этом случае она может использоваться как реверсивная полоса. Ширина ее должна быть не менее 4 м.

Ширина тротуаров на грузовых магистралях принимается равной 3 м на первую очередь строительства и 6 м на перспективу. При строительстве первой очереди из отведенных под тротуар 6 м не менее 3 м используют для устройства полос озеленения с посадкой деревьев и кустарников. По возможности ширину этих полос желательно делать кратной 2 м, так как каждое дополнительное уширение на 2 м позволит разместить еще один ряд деревьев. Зеленые полосы располагают между проезжей частью и тротуаром.

### **Контрольные вопросы.**

1. Какие виды перевозок осуществляют грузовые автомобили в городах?
2. Как влияет увеличение доли грузовых автомобилей в потоке на пропускную способность улицы? Чем это влияние учитывается?
3. Какие требования предъявляют к городской магистрали, выделяемой для преимущественного грузового движения?
4. На каких территориях города рекомендуется размещать дороги преимущественно грузового движения?
5. Как проверить возможность преодоления подъема грузовыми автомобилями по тяге, по сцеплению?
6. С какой целью устраивают дополнительные полосы на подъемах? Какое требование положено в основу выбора длины дополнительной полосы, ее продолжения за подъемом?

### 6.1. ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПЕШЕХОДНЫХ ПОТОКОВ

Пешеходное движение — наиболее распространенный вид передвижений людей по территории города. Организация этого движения — задача многоплановая. В транспортной планировке городов она охватывает в первую очередь обеспечение удобства и безопасности пешеходного движения по улицам города, обеспечение передвижений больших масс людей в зонах торговых, культурных и спортивных центров, у вокзалов и крупных пересадочных пунктов. Решение этих вопросов зависит от многих факторов, основные из которых: градостроительные, дорожно-планировочные, социальные и экономические.

Градостроительные факторы характеризуют планировочную особенность схем путей сообщения, расположение в плане города пунктов тяготения пешеходов, типа застройки улиц, развития комплексности застройки микрорайонов. К дорожно-планировочным факторам относятся очертания улично-дорожной сети, интенсивность и скорости пешеходных и транспортных потоков, режим регулирования движения, планировочные характеристики улиц.

Социальные факторы охватывают состав пешеходного потока по признакам возраста, пола, целевого назначения передвижения, дисциплину пешеходов, эффективность дорожного надзора.

Экономические факторы связаны с оценкой капитальных затрат на строительство и содержание пешеходных путей и сооружений, обеспечивающих пропускную способность, удобство и безопасность пешеходного движения, а также с оценкой задержек транспортных средств и пешеходов в зонах их контактов.

Исследования закономерностей пешеходного движения в городах показали, что мероприятия, позволяющие организовать это движение, можно разделить на три группы: *градостроительные*, решающие вопросы рациональной организации архитектурно-пространственной среды; *функционально-планировочные*, связанные с расчетом коммуникационных путей; *транспортные*, связанные с решением вопросов обеспечения безопасности и организации движения пешеходов и транспортных средств. Каждая из этих групп ориентирована не только на решение крупной функциональной задачи городского движения, но и на определенных специалистов: первая и вторая группы — главным образом на архитекторов, третья — на инженеров, занимающихся

ся обоснованием транспортных схем уличной сети и планировочного решения улиц, а также специалистов в области организации городского движения. Мероприятия третьей группы входят в число задач, решаемых в транспортной планировке городов.

Пешеходные потоки подчиняются определенным закономерностям и характеризуются распределением во времени, зависимостью между плотностью потока и скоростью передвижения, способом организации движения и транспортной дисциплиной потока. Выявление и использование закономерностей при решении транспортных и планировочных проблем города — задача инженеров, организующих городское движение.

Надежность решений по организации пешеходного движения определяется в первую очередь точностью исходных показателей, основным из которых является интенсивность движения пешеходов. Для эксплуатируемых улиц эта задача может быть решена составлением прогноза на основе обследования пешеходного движения с учетом плана экономического, социального и культурного развития города. Для проектируемых улиц такой прогноз возможен на основе анализа и обобщения статистических материалов для различных градостроительных ситуаций, использования закономерностей функционирования общественных зданий и сооружений и формирования вблизи них пешеходных потоков. Точность такого прогноза определяется двумя факторами: наличием надежных теоретических или эмпирических зависимостей, характеризующих формирование пешеходных потоков; осуществлением общих градостроительных и архитектурно-планировочных планов развития города (района), особенно строительством тех объектов, которые определяют формирование пешеходных потоков.

Пешеходное движение в городах, как и все городское движение, неравномерно во времени. В нем имеются четко выраженные пики: утренний — 8—9 ч; дневной — 12—14 ч; вечерний — 18—19 ч.

Утренний пик связан с началом работы предприятий и административных учреждений, дневной совпадает с обеденным перерывом трудящихся и периодом наибольшей загруженности торговых предприятий покупателями (крупные магазины в этот период обслуживают до 25 % всех посетителей за день). Вечерний пик образуется наложением пешеходных потоков, вызванных окончанием рабочего дня и началом работы культурно-просветительных учреждений и спортивных сооружений. Пиковые нагрузки в разных частях города неодинаковы. В селитебных районах интенсивность пешеходного движения относительно равномерно распределена в период 8—19 ч, в промышленных зонах — наибольшая загрузка в утренние часы, в зонах внешнего транспорта — в утренние и вечерние, в общегородских и торговых центрах — в дневные часы.

Пешеходное движение тесно связано с функциональным назначением объектов, расположенных на территории района, поэтому при решении транспортных проблем, помимо инженерных меро-

приятый, предусматривают и административное смещение во времени начала работы предприятий, административных и учебных заведений. Эта мера особенно эффективна в крупных промышленных городах.

По характеру передвижений пешеходов пункты формирования пешеходных потоков делят на три группы: с передвижением внутри помещений, с передвижением между зданиями и помещениями, с перемещением по внешним городским коммуникационным путям (табл. 6.1). В транспортной планировке городов рассматриваются в основном пункты третьей группы.

Наиболее трудной задачей является организация пешеходного движения в районах расположения зрелищных и спортивных сооружений I группы. Наибольшей интенсивности пешеходный поток достигает после окончания представления (соревнования). При этом сплошной поток людей от этих сооружений достигает плотности до 6 чел./м<sup>2</sup>. Если не предусмотрены специальные меры, поток людей выходит на полосы озеленения и проезжую часть.

Продолжительность эвакуации из здания в нормальных условиях

$$t_{эв} = Q_n / \Sigma Q_0, \quad (6.1)$$

где  $t_{эв}$  — продолжительность эвакуации, мин;  $Q_n$  — число зрителей;  $\Sigma Q_0$  — пропускная способность выходов, чел./мин.

Коммуникационные пути и площади у сооружений I группы должны обеспечивать эвакуацию людей в аварийных ситуациях, когда за короткий промежуток времени необходимо обеспечить отвод большого числа людей на безопасное расстояние. Продолжительность такой ситуации нормируется.

Интенсивность движения пешеходов по коммуникационным путям  $I_n = Q_n / t_{эв}$ . Число зрителей  $Q_n$  принимают из расчета 100 %-го заполнения зрительного зала, а  $t_{эв}$  определяют по формуле (6.1).

Таблица 6.1

Группа сооружений	Назначение зданий и сооружений	Характер пешеходных потоков
I А	Зрелищные при числе представлений (сеансов) до трех в день	Эпизодический
I Б	То же, более трех	Циклический
II	Торговые, коммунально-бытового обслуживания, выставочные, зоны отдыха	Непрерывный в течение рабочего дня
III	Промышленные, административные, научно-исследовательские и проектные организации, учебные	Ярко выраженные пики, связанные с началом и концом работы
IV	Автовокзалы, гаражи, остановки пассажирского транспорта	Соответствующий режиму работы пассажирского транспорта

При проверке на аварийную ситуацию допускается частичное использование проезжих частей улицы пешеходами.

У зданий и сооружений, отнесенных к группе II, пешеходные потоки характеризуются относительной равномерностью в течение рабочего дня. Расстояния этих сооружений от жилья определяют их транспортную доступность. Интенсивность пешеходного потока у торговых предприятий коррелирует с распределением товарооборота во времени (рис. 6.1). Данные о распределении пешеходных потоков у наиболее крупных универмагов Москвы представлены в табл. 6.2.

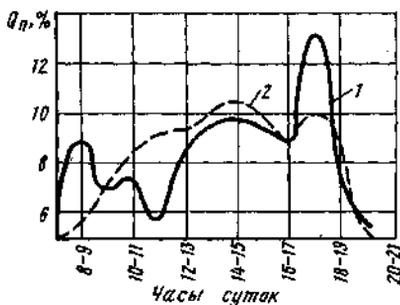


Рис. 6.1. Распределение пешеходного потока и товарооборота во времени для ГУМа (Москва):

1 — поток покупателей; 2 — товарооборот

Число посетителей определяется крупностью торгового предприятия. Ориентировочный расчет можно вести по числу рабочих мест в торговых предприятиях и средней посещаемости этих предприятий. Так, число рабочих мест на 1 тыс. чел. обслуживаемого населения в зависимости от значения и расположения торговых предприятий продовольственных (промышленных) товаров следующее:

Общегородского значения . . . . .	3,2(4,3)
Районного значения . . . . .	0,4(2,5)
В жилых районах . . . . .	0,9(1,4)
В микрорайонах . . . . .	1,9(0,4)

Для крупных и крупнейших городов установлены показатели посещаемости (табл. 6.3).

Средняя часовая интенсивность пешеходного потока на «вход» для зданий II группы

$$I_n = MZK_c K_r / \tau, \quad (6.2)$$

где  $M$  — число рабочих мест;  $Z$  — число посетителей на одно рабочее место;  $\tau$  — продолжительность работы, ч.

Коэффициент суточной неравномерности  $K_c$  принимается в пределах 1,3—1,8; коэффициент годовой неравномерности  $K_r = 1,1 \div 1,2$ .

Таблица 6.2

Универмаги	Число посетителей, чел.			
	В среднем в час	В час пик	На одно рабочее место	Всего
ГУМ	21 300	32 000	226	288 000
ЦУМ	3 400	8 700	131	46 000
«Детский Мир»	3 200	24 000	157	178 000

Тяговые предприятия	Число посетителей на 1 рабочее место предприятия		
	В микрорайоне	В жилом районе	В центре города
Универмаги	—	60—70	130—230
Продовольственные магазины	120—200	140—220	160—У40
Магазины по обслуживанию (на одну кассу)	—	800—1100	800—1100
Магазины промышленных товаров	—	80—110	90—170
Рынки	—	20—40	50—60
Столовые, кафе	8—10	10—12	12—17

Для расчета коммуникационных путей и площадей при аварийной ситуации число людей, подлежащих эвакуации,

$$Q_n = F_o / P_n,$$

где  $F_o$  — общая площадь здания, м<sup>2</sup>;  $P_n$  — норма площади на 1 чел., чел./м<sup>2</sup>.

Для зданий III группы характерны длительное пребывание в них людей и наличие двух пиковых пешеходных потоков — утреннего и вечернего. Утренний пик начинается за 30—40 мин до начала работы и достигает 50 % от общего объема движения на «вход» в течение рабочего дня. Начало вечернего пика совпадает с окончанием рабочего дня и может достигать 45 % общего объема движения на «выход» в течение рабочего дня. Максимальная часовая интенсивность пешеходов у объектов, отнесенных к III группе,

$$H_n = W_{зд} K_{сн} / w. \quad (6.3)$$

где  $W_{зд}$  — строительный объем здания, м<sup>3</sup>;  $K_{сн}$  — коэффициент, учитывающий уменьшение числа работающих от списочного состава;  $K_{сн} = 0,86$ ;  $w$  — нормируемый строительный объем на одного служащего, зависит от назначения здания и находится в пределах 50...70 м<sup>3</sup>/ч.

На сооружения и объекты городского пассажирского транспорта (IV группа) приходится до 75 % городского пешеходного движения. Распределение потоков во времени у этих сооружений зависит от характера обслуживаемого района. Поскольку интенсивность движения пешеходов у этих сооружений определяется многими градостроительными факторами, расчет пассажиропотоков ведут с применением методов теории вероятностей.

В качестве основной характеристики функционирования станции метрополитена принято математическое ожидание потока пассажиров, выражаемое в процентах от общего объема суточного потока:

$$M(X) = \sum_{i=1}^n P_i X_i,$$

где  $P_i$  — вероятность значения  $X_i$ ;  $X_i$  — поток в период времени  $t$ , %.

Для метрополитена характерно наличие двух пиков: утреннего (8—9 ч), совпадающего с началом работы предприятий и учреждений

(12—18 % дневного объема), и вечернего (16—20 ч), в течение которого перевозится до 20 % суточного объема.

Часовой поток

$$H_n = H_{\text{сут}} / 100M(X), \quad (6.4)$$

где  $H_{\text{сут}}$  — среднесуточный поток, чел.

Генерирующую способность станции железнодорожного транспорта рассчитывают с учетом расписания движения поездов и коэффициентов суточной и годовой неравномерности пригородных пассажирских перевозок. Для суточной неравномерности перевозок установлены значения  $K_c = 1,5 \div 2,5$ . Большее значение способствует утренним и вечерним пиковым нагрузкам, меньшее — дневному времени. Коэффициент годовой неравномерности характеризует сезонность перевозок,  $K_r = 1,1 \div 1,25$ ; большее значение соответствует летнему периоду.

Общее число пассажиров, прибывающих в город по железной дороге,

$$Q_n^{\text{об}} = Q_n^{\text{сп}} \left[ \sum_1^{m_{\text{пл}}} (n_{\text{пл}} T_p t_{\text{пост}} / t_{\text{зан}}) \right] K_c K_r, \quad (6.5)$$

где  $Q_n^{\text{сп}}$  — среднее число пассажиров, прибывающих с одним поездом;  $m_{\text{пл}}$  — число платформ;  $n_{\text{пл}}$  — число поездов, прибывающих одновременно;  $T_p$  — расчетный период, ч;  $t_{\text{пост}}$  — суммарное время занятия перронных путей в течение расчетного периода операциями по обслуживанию поезда;  $t_{\text{зан}}$  — продолжительность занятия перронного пути пассажирскими поездами.

Параметры, входящие в формулу (6.5), определяют в процессе обследований или по аналогам, характерным для данного города.

## 6.2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ПЕШЕХОДНОГО ДВИЖЕНИЯ

Наиболее точный прогноз интенсивности пешеходного движения может быть составлен на основании обследования уличной сети города. Во время такого обследования за пешеходными потоками проводятся наблюдения в период наибольшей, средней и наименьшей интенсивности движения. Продолжительность каждого наблюдения не менее 15 мин. Расчетная интенсивность движения для каждого из периодов

$$H_{\text{п(расч)}} = 1/k \sum_1^{i=k} 60 H_{\text{пс}} / t_{\text{на}} K_n K_c K_r,$$

где  $H_{\text{пс}}$  — интенсивность пешеходного движения за время наблюдения;  $k$  — количество наблюдений;  $t_{\text{на}}$  — продолжительность наблюдения.

Коэффициенты неравномерности пешеходного движения принимают следующие:  $K_n = 1,2 \div 1,5$ ;  $K_c = 0,1 \div 1,8$ ;  $K_r = 1,1 \div 1,2$ .

При аналитическом расчете интенсивности пешеходного движения исходят из закономерностей формирования пешеходных потоков

в городах, характера застройки улицы и обслуживаемого ею района. При этом принимают следующие исходные положения: большая часть пешеходных потоков целенаправленная (исключения составляют прогулочные улицы, бульвары, парковые дорожки); пешеходные потоки следуют по кратчайшему направлению; источниками формирования и тяготения пешеходного движения являются здания и сооружения, расположенные по улице или в квартале.

Целенаправленность пешеходного движения определяется характером и временем работы зданий и сооружений. Дисциплина пешеходного движения во многом зависит от того, насколько близко совпадают коммуникационные пути и кратчайшее расстояние. В качестве цели пути могут рассматриваться промежуточные точки маршрута, например пересечения улиц. Чем угол между направлением движения и воздушной линией меньше, тем меньше часть пешеходов использует для движения жилую территорию и движется только по пешеходным тротуарам и дорожкам. Допустимый угол, при превышении которого возникает конфликтная ситуация, называется *критическим*. В расчетах критический угол принимают равным  $30^\circ$ . Требование обеспечения движения пешеходов по кратчайшему пути можно считать выполненным, если угол отклонения направления движения от воздушной линии не превышает  $30^\circ$ . Это относится не только к трассированию пешеходных путей в кварталах микрорайона, на внутренних территориях сооружений и предприятий, но и к расположению в плане улицы планировочных элементов (клумб, разделительных островков, полос озеленения).

Число пешеходов на «вход» и «выход» для каждого здания и сооружения определяют с учетом его функционального назначения и группы генерирующей способности пешеходных потоков.

Расчет интенсивности пешеходного движения включает несколько этапов. Первый — определение точек генерации и тяготения пешеходных потоков, второй — расчет генерирующей и поглощающей способности этих точек, третий — определение положения коммуникационных путей и построение картограммы движения. Для выполнения каждого этапа необходима информация о плане улицы (района), характере застройки, характеристиках зданий и сооружений.

На первом этапе определяют в плане улицы (района) положение точек генерации людских потоков (рис. 6.2). Такими точками являются проходные промышленных предприятий, входы в административные и учебные здания, культурные и спортивные сооружения, объекты общественного транспорта. Устанавливают расположение коммуникационных путей, их приспособленность для пешеходного движения, пропускную способность. Эта информация позволяет составить таблицу генерации пешеходов по длине улице (табл. 6.4).

Генерирующую способность зданий и сооружений определяют по формулам (6.2) — (6.5). На основании этих данных составляют схему загрузки пешеходными потоками улицы и схему наиболее ве-

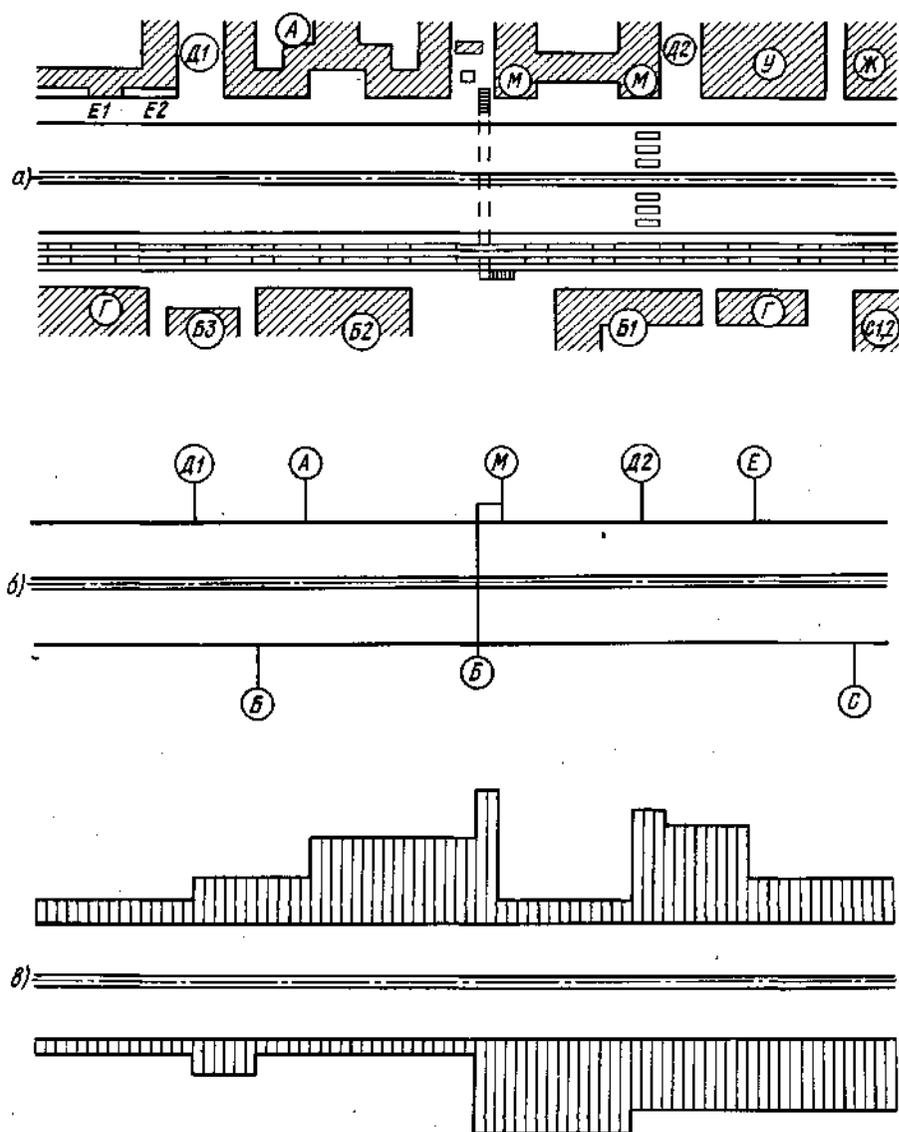


Рис. 6.2. Формирование пешеходных потоков на городской магистральной улице (обозначения объектов см. в табл. 6.4):  
 а — план улицы; б — схема генерации пешеходных потоков; в — картограмма пешеходных потоков по длине улицы в час пик

Таблица 6.4

Наименование объекта	Обозначение на рис. 6.2	Характеристика объекта	Режим работы
Учебное заведение	A	Расчетное число студентов и преподавателей 15 000 чел. (10 000 чел. I смена; 5000 чел. II смена)	8—22 ч
Станция метрополитена	M	50 000 чел./ч в одном направлении	6—1 ч ночи
Административное здание	B1	На 1000 рабочих мест	10—19 ч
То же	B2	На 800 рабочих мест	8—20 ч
»	B3	На 600 рабочих мест	8—20 ч
Магазин	E1	На 10 рабочих мест	8—20 ч
То же	E2	На 5 рабочих мест	8—20 ч
Универмаг	У	На 20 рабочих мест	С 10—20 ч
Жилой дом	Ж	400 чел.	—
Спортивные сооружения	C1	Наименьшая вместимость 6000 чел.	Эпизодически 18—21 ч
	C2	То же, 45 000 чел.	18—21 ч
Вливающаяся улица	D1	150 чел./ч	6—1 ч ночи
	D2	300 чел./ч	6—1 ч ночи

роятных маршрутов движения пешеходов. Построение картограммы движения пешеходных потоков является завершающим этапом и дает наглядное представление загрузки улицы пешеходами.

### 6.3. ПАРАМЕТРЫ ГОРОДСКИХ ПЕШЕХОДНЫХ ПОТОКОВ

Движение пешеходов по городским улицам и дорогам определяется большим числом факторов и носит вероятностный характер. Различают четыре типа движения пешеходов:

I. Неорганизованное, свободное, длительное, в нормальных условиях;

II. Поточное, стесненное, кратковременное, в нормальных условиях;

III. То же, в аварийных ситуациях;

IV. То же, что и тип II, не длительное.

Для каждой градостроительной ситуации существует характерный тип движения (табл. 6.5).

*Плотность пешеходного потока*, характеризующая удобство передвижения,

$$D = N_{\Sigma} / F,$$

где  $N_{\Sigma}$  — число пешеходов, одновременно находящихся на коммуникационных путях, чел.;  $F$  — площадь этих путей, м.

При известной интенсивности и скорости пешеходного потока плотность

$$D = 3,6 N_{\tau} b_{\tau} / v_{\tau},$$

где  $b_{\tau}$  — ширина тротуара, м;  $v_{\tau}$  — скорость пешеходного потока, км/ч.

Таблица 6.5

Градостроительные условия движения	Тип движения пешеходов				Расчетный тип движения
	I	II	III	IV	
Торговые улицы и комплексы	+				I
Промышленные предприятия		+	+		III
Административные учреждения	+	+			II
Сооружения общественного транспорта	+	+		+	IV
Спортивные сооружения		+	+		III
Культурно-просветительные учреждения		+	+		III
Жилая зона	+				I
Наземный пешеходный переход		+			II
Внеуличный пешеходный переход				+	IV

Уровень комфорта передвижения характеризуется показателем, обратным плотности пешеходного потока, и выражается площадью коммуникационных путей, приходящейся на 1 чел.

Площадь, занимаемая одним человеком, зависит от его возраста и пола, наличия ноши, времени года (одежды). Расчетная площадь, занимаемая взрослым человеком в летней одежде,  $0,1 \text{ м}^2$ , в зимней  $0,13$ , с ребенком на руках  $0,29$ , с ношей  $0,25-0,4 \text{ м}^2$ . Эти площади принимаются в расчетах как предельные. Для создания комфортных условий площадь, приходящаяся на одного человека, должна быть в  $2,5-3,0$  раза больше предельной. Максимальная плотность пешеходного потока, при которой еще возможно движение людей с постоянной скоростью, не более  $2 \text{ чел./м}^2$ . При большей плотности скорость пешеходного потока уменьшается и становится непостоянной.

Скорость пешеходного потока зависит от его состава и возраста пешеходов. Расчетные скорости движения принимают: для женщин с малолетними детьми  $0,7 \text{ м/с}$ , для детей  $1,0 \text{ м/с}$ ; для мужчин  $1,5-1,7 \text{ м/с}$ ; для молодежи  $1,8 \text{ м/с}$ . Скорость движения мужчин на  $6-7\%$  выше, чем женщин. Скорость смешанного потока в зависимости от плотности движения  $0,5-1,1 \text{ м/с}$ .

При расчете скорости пешеходов условия движения учитывают с помощью коэффициентов, отражающих влияние продольного уклона ( $K_i$ ), температуру воздуха ( $K_t$ ), плотности пешеходного потока ( $K_{Dп}$ ) на его скорость.

Продольный уклон пешеходного пути оказывает следующее влияние на скорость пешеходов:

$i, \%$	До 40	60	90	100	120	140	160	180
$v_{п}, \text{м/с}$	1,45	1,40	1,30	1,15	1,03	0,91	0,86	0,80
$K_i$	1,00	0,97	0,90	0,80	0,72	0,62	0,60	0,57

С уменьшением температуры воздуха  $t$  скорость пешеходного потока возрастает:

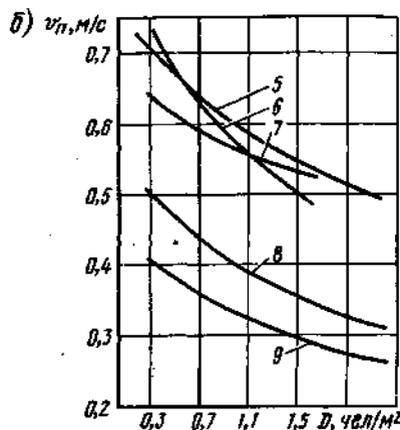
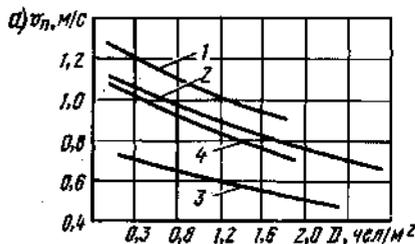


Рис. 6.3. Влияние на скорость пешеходного потока дорожных условий:  
 а — категории улиц; б — тип пешеходных путей;  
 1 — административно-деловая улица; 2 — главная улица района; 3 — то же, города; 4 — торговая улица; 5 — тротуар; 6 — пандус вниз; 7 — пандус вверх; 8 — лестница вниз; 9 — лестница вверх

$t, ^\circ\text{C}$	...	+18 и более	+13	+8	0	-5	-10	-20
$v_n$	...	1,37	1,40	1,42	1,45	1,50	1,55	1,6
$K_t$	...	1,00	1,02	1,04	1,06	1,10	1,13	1,17

Для летнего периода среднее значение  $K_t = 1,02$ , для зимнего  $K_t = 1,1$ , среднегодовое значение  $K_t = 1,05$ .

Наибольшее влияние на скорость пешеходов оказывает плотность пешеходного потока:

$D, \text{чел./м}^2$	...	До 0,1	0,5	1,0	1,5	2,0
$v_n, \text{м/с}$	...	0,80	0,67	0,65	0,60	0,50
$K_{Dn}$	...	1,00	0,84	0,81	0,75	0,62

На скорость движения пешеходов влияет категория улиц, вид пешеходных путей (рис. 6.3).

При заданной интенсивности пешеходного потока скорость его движения по тротуару можно определить через среднюю статистическую скорость потока

$$\bar{v} = v_{cp} K_t K_i,$$

где  $v_{cp}$  — средняя статистическая скорость смешанного потока, м/с.

Ориентировочную среднюю плотность потока определяют, заменив  $v_n$  на  $\bar{v}$ :

$$D = 3,6 H_n b_p / \bar{v}.$$

Расчетная скорость пешеходного потока  $v_n = \bar{v} K_{Dn}$ . Расчетную скорость используют для определения границ зон пешей доступности, пропускной способности пешеходного пути, продолжительности эвакуации людей, длительности существования максимальных загрузок территорий пешеходным движением.

#### 6.4. ПЕШЕХОДНЫЕ ТРОТУАРЫ

Тротуары для движения пешеходов являются обязательным элементом городской улицы. Интенсивность движения пешеходов зависит от крупности города, категории улицы, характера застройки и может достигать десятков тысяч в час. Улица Горького в Москве имеет в вечерний пик более 25 000 чел./ч, ул. Петровка около 20 000 чел./ч.

Движение по тротуару, как правило, двустороннее, неорганизованное. Исключение составляют пешеходные пути в зоне сооружений, вмещающих большое число людей (спорткомплексы, стадионы), где движение пешеходов поточное с изменением направления на «вход» и «выход».

Тротуар рассматривают как многополосный пешеходный путь с шириной полосы 0,75 м. Общую ширину тротуара назначают по расчету, но она не должна быть меньше нормативов, установленных исходя из функционального назначения улицы (табл. 6.6).

При расчете ширины тротуара пропускную способность одной полосы принимают в зависимости от условий движения и расположения тротуаров следующей, чел./ч:

При наличии вдоль красных линий магазинов	.700
При отделении зелеными полосами от магазинов	.800
В пределах зеленых насаждений	.1000
Прогулочные и пешеходные дороги	.600
Переходы через проезжую часть в одном уровне	.1200

При известной интенсивности движения минимальная ширина тротуара

$$b_r = 0,75 / N_n$$

где  $N_n$  — пропускная способность одной полосы.

Продольные уклоны тротуаров и пешеходных дорожек не должны превышать 6‰, а в горных условиях 8‰. Протяженность тротуаров с предельными уклонами должна быть не более 300 м. При большей протяженности и больших уклонах необходимо устройство лестничных сходов со ступеньками шириною не менее 0,38 м и высотой

Таблица 6.6

Категория улиц	Ширина тротуара	
	На первую очередь	На расчетный срок
Магистральные:		
общегородские	4,5	7,5
районные	3,0	6,0
Жилые и местного значения	2,25	4,5
Промышленных и коммунально-складских зон	1,5	4,5
Поселковые	1,5	1,5
Пешеходные дороги	3,0	3,0

не более 12 см. После-каждых 10—12 ступеней необходимы площадки длиной не менее 1,5 м.

Пешеходам при движении мешают сооружения (мачты освещения, ограждения) и близость зданий, поэтому рабочая ширина тротуара меньше общей ширины тротуара. В среднем зазор между полосой движения и боковыми препятствиями или зданиями составляет 0,5 м.

## 6.5. НАЗЕМНЫЕ ПЕШЕХОДНЫЕ ПЕРЕХОДЫ

Пешеходное движение неминуемо связано с пересечением проезжей части улиц. Такие пересечения могут быть в одном уровне с проезжей частью (наземные переходы) и в разных уровнях (внеуличные переходы) — под проезжей частью или над ней.

Подавляющее число пешеходных переходов наземные: их устраивают на всех пересечениях улиц, на перегонах, у зданий и сооружений, генерирующих пешеходные потоки. В рамках транспортной планировки города общими задачами проектирования пешеходных переходов являются расчет их пропускной способности и выбор места по длине улицы для их расположения.

Для расчета пропускной способности пешеходного перехода необходимо знать скорости движения пешеходов при пересечении проезжей части, способ регулирования движения на улице и интервалы между автомобилями в транспортном потоке, принимаемые пешеходами для перехода.

**Нерегулируемые пешеходные переходы.** Скорость движения на таких переходах выше, чем по тротуару. При движении от тротуара к раздельной полосе скорости на 25—30 % ниже, чем от раздельной полосы к тротуару. Однако в качестве расчетной принимают среднюю скорость пешехода на переходе (рис. 6.4):

Характеристика скорости движения	Наименьшая	Средняя	Максимальная
Обеспеченность, %	15	50	95
Скорость движения пешеходов, м/с	1,10	1,35	1,80

На переходах особенно сказывается на скорости движения возрастной и социальный состав пешеходов. На переходах у школ и детских учреждений (дворцы пионеров, клубы) скорость пешеходного потока наибольшая, у проходных заводов и фабрик, особенно в конце рабочего дня, — наименьшая (рис. 6.5).

При расчете интервалов между автомобилями, необходимых для пересечения улицы пешеходами, используют сведения о скоростях движения пешеходов:

$$\Delta t_{\text{мин}} = b_{\text{пч}} / \bar{v}, \quad (6.6)$$

где  $b$  — ширина проезжей части, м.

При наличии центральной разделительной полосы переход может осуществляться в два приема. В этом случае в формуле (6.6) расстояние  $b_{пч}$  принимается равным ширине проезжей части, пересекаемой за один прием.

Интервал между автомобилями в потоке  $\Delta t_i$ , принимаемый пешеходами для перехода, отличается от  $\Delta t_{\min}$  в большую сторону в 1,5—2,0 раза в зависимости от местных условий. Этот интервал зависит от интенсивности транспортного потока, типа и скоростей движения автомобилей. Кроме этого, имеют значение возраст и пол пешеходов. Один и тот же интервал  $\Delta t_i$ , принятый одной группой пешеходов, другой может быть отвергнут. Интервал  $\Delta t_i$ , вероятность принятия которого пешеходами для перехода равна заданному значению, носит название *границного* ( $\Delta t_{rp}$ ). Этот интервал определяют наблюдениями (рис. 6.6).

При однополосном транспортном потоке  $\Delta t_{rp}$  определяют как интервал между автомобилями этого потока, при многополосном — как интервал между автомобилями сквозной на всей проезжей части (рис. 6.7). Наибольшее влияние на выбор  $\Delta t_{rp}$  при многополосной проезжей части оказывает движение по первой наиболее загруженной полосе и по ближней к разделительной полосе, где скорость движения наибольшая.

Различают два граничных интервала: 50- и 85 %-ной обеспеченности. Интервал 50 %-ной обеспеченности используют при расчете предельной пропускной способности перехода. При этом 50 % пешеходов будут поставлены в трудные условия, так как приемлемый для них интервал должен быть больше  $\Delta t_{rp(50\%)}$ . Граничный интервал 85 %-ной обеспеченности принимается подавляющим числом пешеходов и используется для расчета практической пропускной способности пешеходного перехода.

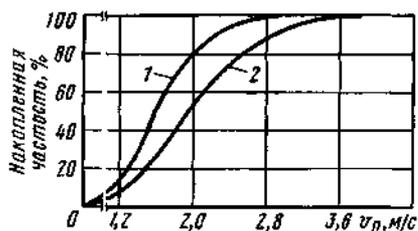


Рис. 6.4. Распределение скоростей движения пешеходов на нерегулируемом пешеходном переходе при движении: 1 — от тротуара к разделительной полосе; 2 — от разделительной полосы к тротуару

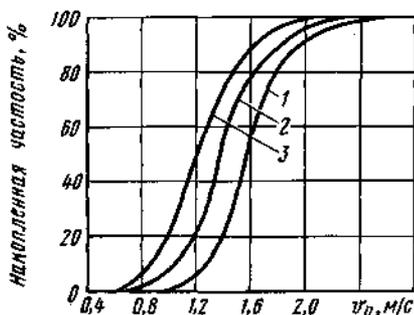


Рис. 6.5. Распределение скоростей движения при разном составе пешеходного потока:

1 — у проходных заводов в конце рабочего дня; 2 — на перегоне магистральной улицы; 3 — у школы

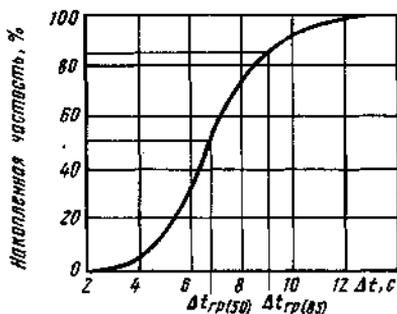


Рис. 6.6. Определение граничного интервала, принимаемого пешеходами на нерегулируемом переходе

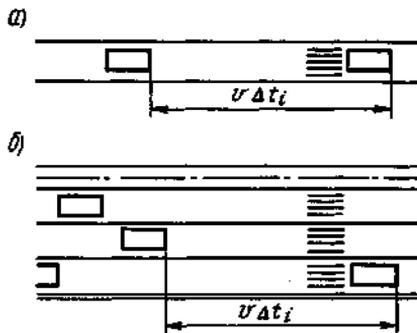


Рис. 6.7. Формирование интервала: а — при однополосном движении; б — при многополосном

В расчетах можно принимать следующие значения  $\Delta t_{гр}$  (с) в зависимости от средней интенсивности движения  $\bar{I}_{ср}$  на одну полосу

$\bar{I}_{ср}$	До 300	500	750	1000
$\Delta t_{гр}$ при числе полос проезжей части:				
$2 \times 2$	10,5	9,0	7,5	7,0
$3 \times 2$	13,5	12,0	10,5	10,0
$4 \times 2$	16,0	14,8	13,5	13,0

Пропускная способность пешеходного перехода определяется характером распределения интервалов в потоке, который зависит от того, на каком расстоянии от ближайшего светофора расположен нерегулируемый пешеходный переход. Чем это расстояние меньше, тем более ярко выражено деление потока на пачки, интервалы между которыми приближаются к  $\Delta t_{max}$ . Для определения этого интервала используют эмпирическую формулу:

$$\Delta t_{max} = T_u - t_{зел} - 15l_p$$

где  $T_u$  — длительность светофорного цикла;  $t_{зел}$  — длительность зеленого сигнала;  $l_p$  — удаление от светофора,  $l_p \leq 0,8$  км.

Если пешеходы пересекают проезжую часть в два приема, размеры островков безопасности определяют с учетом наибольшего числа пешеходов, пришедших к нему за один интервал, равный  $Lt_{max}$ .

Пешеходы движутся по переходу с интервалом  $\delta t_n$ , который зависит от плотности и скорости пешеходного потока и изменяется в пределах 0,9—1,5 с. Для плотного потока можно принять  $\delta t_n = 1,2$  с.

Поскольку пешеходы запаздывают с началом приема на время  $t_{зап}$  относительно момента начала приемлемого интервала, для пропуска  $n_i$  пешеходов необходим интервал  $\Delta t_i = \Delta t_{гр} + t_{зап} + n_i \delta t_n$ . В расчетах  $t_{зап}$  принимают равным 1,5 с.

В течение каждого интервала  $\Delta t_i > \Delta t_{гр}$  по одной полосе перехода могут пройти  $n_n$  пешеходов:  $n_n = (\Delta t_i - \Delta t_{гр} - t_{зан}) / \delta t_n$ . При  $\Delta t_i = \Delta t_{гр}$  пройдет только один пешеход, при  $\Delta t_i = \Delta t_{max}$  пройдут  $n_{max}$  пешеходов. Пропускная способность пешеходного перехода

$$N_n = \sum n_{ni},$$

где  $n_{ni}$  — число пешеходов, выполняющих переход за интервал  $\Delta t_i$ .

Число интервалов

$$n_{\Delta t_i} = [P \Delta t_i - P(\Delta t_i + n_n \delta t_n)] H,$$

где  $P \Delta t_i$  — вероятность интервала в транспортном потоке большего, чем  $\Delta t_i$ ;  $P(\Delta t_i + \delta t_n)$  — то же, большего, чем  $\Delta t_i + n_n \delta t_n$ ;  $H$  — суммарная интенсивность движения автомобилей по всем полосам пересекаемой проезжей части, авт./ч.

При допущении, что распределение интервалов между автомобилями в транспортном потоке может быть описано распределением Пуассона, вероятность появления интервала  $\Delta t_i$

$$P \Delta t_i = e^{-\Delta t_i H / 3600}.$$

С учетом этого пропускная способность одной полосы пешеходного перехода  $N_{n1} = e^{-(1,5 + \Delta t_{гр} H / 3600)} / 1 - e^{-\delta t_n H / 3600}$ . Пропускная способность всего пешеходного перехода

$$N_n = b_n / b_{n1} N_{n1} K_p,$$

где  $b_n$  — ширина пешеходного перехода, м;  $b_{n1}$  — ширина одной полосы пешеходного движения по поверхности улицы;  $b_{n1} = 0,75 - 1$  м;  $K_p$  — коэффициент, учитывающий влияние светофорного регулирования.

Транспортный поток при светофорном регулировании имеет довольно сложное распределение с рядом детерминированных характеристик. Например, известны интервал  $\Delta t_{max}$  и число этих интервалов. Описание такого потока распределением Пуассона, предполагающим только случайное появление интервалов, вносит в расчеты погрешность. Эта погрешность может достигать 15 %. Она уменьшается по мере удаления пешеходного перехода от светофора и при удалении на расстояние 800 м становится практически неощутимой.

Поскольку вероятность перехода улицы зависит от числа больших интервалов в транспортном потоке, пропускная способность пешеходного перехода будет больше при расположении его на малом удалении от светофора.

Удаление от светофора, км . . . . .	0,2	0,4	0,6	0,8 и более
Коэффициент $K_p$ . . . . .	1,5	1,08	1,04	1,0

Ориентировочная пропускная способность одной полосы пешеходного перехода (без учета коэффициента  $K_p$ ) представлена в табл. 6.7.

Суммарная интенсивность движения, авт./ч	Число пересекаемых полос движения проезжей части		
	2	3	4
300	680	650	600
500	180	130	80
1000	90	70	50

Ширину наземных нерегулируемых пешеходных переходов рекомендуется принимать по расчету, но не менее 6 м на магистральных улицах и не менее 2,5 м на улицах местного движения:

$$b_n = I_n / N_{п1} \quad (6.7)$$

где  $I_n$  — интенсивность пешеходного движения на переходе, чел./ч;  $N_{п1}$  — пропускная способность одной полосы перехода, чел./ч.

При расчете ширину  $b_n$  округляют только в большую сторону.

**Регулируемые пешеходные переходы.** Этот тип пешеходных переходов устраивают на перегонах улиц при интенсивности транспортного потока более 600 ед./ч, а для улиц с разделительной полосой 1000 ед./ч — при числе пешеходов на переходе более 150 чел. или высокой аварийности на переходе (3 ДТП и более за 1 год).

Время, необходимое пешеходу для пересечения проезжей части после включения зеленого сигнала, определяют с учетом скорости движения пешеходов и времени запаздывания:  $t_n = b_{пч}/v_n + t_{зап}$ . Для перехода  $i$  пешеходов длительность зеленого сигнала  $t_{п1} = b_{пч}/v_n + t_{зап} + \delta t_{п1}(i-1)$ . При заданной продолжительности  $t_{зел}$  и  $T_u$  пропуск-

ная способность одной полосы перехода  $N_{п1} = (1 + \frac{t_{зел} - t_{п1}}{\delta t_{п1}}) \frac{3600}{T_u}$ .

Ширину пешеходного перехода определяют по формуле (6.7).

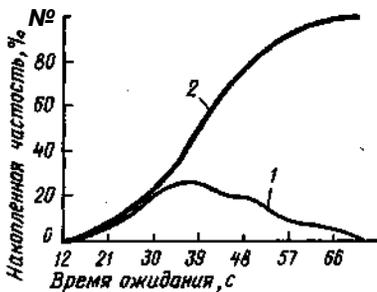


Рис. 6.8. Распределение времени терпеливого ожидания возможности пересечь проезжую часть:

1 — функция плотности распределения;  
2 — интегральная функция распределения

Безопасность движения на регулируемых пешеходных переходах зависит от дисциплины пешеходов. При очень длительном ожидании разрешающего сигнала пешеходы могут, потеряв терпение, начать переход при запрещающем сигнале. Критическое время ожидания (время терпеливого ожидания) зависит от состава пешеходного потока, времени суток, года, интенсивности транспортного потока. Для средних условий распределение времени терпеливого ожидания показано на рис. 6.8. Число нарушителей увеличивается с ростом длительности запрещаю-

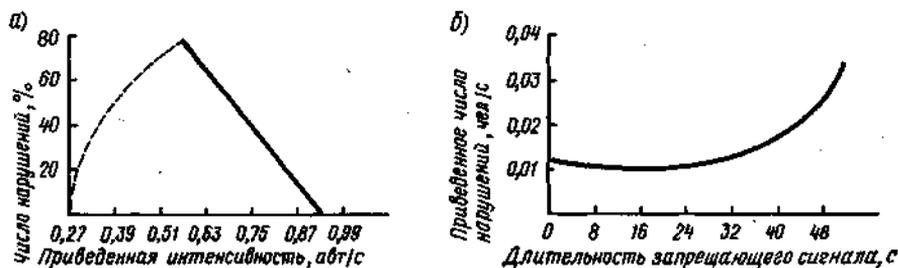


Рис. 6.9. Число нарушений пешеходами требований сигналов светофоров в зависимости от:

*а* — интенсивности движения; *б* — длительности запрещающего сигнала (по данным Ю. Д. Шелкова)

шего сигнала светофора и уменьшением интенсивности транспортного потока (рис. 6.9).

Опыт эксплуатации регулируемых пешеходных переходов показывает, что в качестве расчетного значения времени терпеливого ожидания может быть принят интервал 30 с. При такой продолжительности запрещающего сигнала нарушителей в составе пешеходного потока бывает не более 15 %.

## 6.6. ВНЕУЛИЧНЫЕ ПЕШЕХОДНЫЕ ПЕРЕХОДЫ

Внеуличные пешеходные переходы, к которым относятся пешеходные тоннели и мостики, устраивают на магистральных улицах и улицах непрерывного движения при интенсивности пешеходного потока через проезжую часть более 3000 чел./ч, а также на пересечениях улиц с высокой транспортной загрузкой (уровень загрузки  $z > 0,6$ ) и на транспортных развязках. Частота расположения таких переходов по длине улицы должна обеспечивать потребность в переходе улицы по всей ее длине: переходы должны располагаться на пересечениях с другими улицами у школ, больниц, вблизи точек генерации пешеходных потоков. Расстояние между внеуличными переходами должно быть 400—600 м.

При выборе места расположения внеуличного перехода следует иметь в виду, что его фундамент располагается на глубине 4,5—5,0 м относительно поверхности проезжей части. Это почти вдвое глубже расположения городских инженерных сетей. При прокладке пешеходного тоннеля, особенно на пересечении улиц, приходится перекидывать в обход тоннеля все инженерные коммуникации. Наибольшую трудность при этом представляет перекидка самотечной ливневой канализации.

Пешеходные тоннели следует проектировать с минимальным заглублением и высотой в свету 2,3—2,5 м. В двухпролетном тоннеле

высота до низа ригеля, расположенного вдоль тоннеля, должна быть не менее 2,0 м. Продольный угол пешеходного тоннеля должен быть не более 40 ‰. При уклоне менее 5 ‰ по лоткам вдоль подпорных стен устраивают пилообразный продольный профиль для стока воды. Поперечный уклон в тоннеле должен быть не менее 10 ‰.

Ширину пешеходного тоннеля принимают по расчету исходя из пропускной способности одной полосы тоннеля 2000 чел./ч, лестницы — 1500 чел./ч. Ширина одной полосы в тоннеле и на лестнице 1 м. Эти параметры являются расчетными и для пешеходных мостиков. Минимальную ширину пешеходных тоннелей принимают не менее 3 м, а лестниц — 2,25 м.

Входы в пешеходные тоннели или на мостики следует располагать на тротуарах или полосах озеленения на расстоянии от бортового камня не менее 0,4 м. Входы в тоннели лучше располагать на тротуаре со стороны проезжей части. Свободная часть тротуара должна быть не менее 4 м.

#### **Контрольные вопросы.**

1. Каков характер пешеходных потоков в зоне промышленных и административных зданий, торговых и спортивных центров?
2. Какой принцип положен в основу расчета пешеходного потока в зоне промышленных предприятий, торговых центров, железнодорожных вокзалов?
3. Какова расчетная скорость движения пешеходов, какие факторы оказывают на нее влияние?
4. Как рассчитать интенсивность пешеходного движения по улице?
5. Какие данные необходимы для расчета ширины пешеходного тротуара, прогулочной дорожки?
6. Как определить пропускную способность пешеходного перехода: нерегулируемого, регулируемого, внеуличного?

### 7.1. КЛАССИФИКАЦИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ СТОЯНОК

Среди проблем, порожденных автомобилизацией, задачи обеспечения стоянок автомобилей у административных, общественных и производственных зданий и размещение автомобилей для хранения в жилых районах являются наиболее острыми. При уровне автомобилизации 150—200 авт. на 1000 жителей площадь, занимаемая стоянками автомобилей, превышает площадь городских улиц и дорог, используемых для движения.

Наиболее сложна эта проблема в городах со сложившейся застройкой. Мировой опыт автомобилизации показывает, что решить эту проблему можно только за счет всей территории города путем использования свободной ширины проезжей части улиц и создания специальных внеуличных автостоянок.

Территории для хранения автомобилей делят по способу хранения и продолжительности нахождения на них автомобилей на несколько типов.

*Автостоянки для постоянного хранения* автомобилей у жилых домов, в жилых кварталах, на межрайонных территориях. Продолжительность хранения более 1 сут. Эти автостоянки используют для хранения автомобилей, принадлежащих гражданам. В зависимости от уровня обслуживания такие стоянки могут быть платными с закреплением мест за гражданами и бесплатными, свободного пользования.

*Автостоянки большой продолжительности хранения* у предприятий, учреждений и городских комплексов для размещения автомобилей, принадлежащих рабочим, служащим и посетителям, продолжительностью более 8 ч. Эти автостоянки в зависимости от типа учреждения могут быть общего пользования или только для служебных автомобилей. Последнее оправдано только в части города со сложившейся тесной застройкой, как правило, в центральной или старой части города.

*Автостоянки средней продолжительности хранения* у зданий и сооружений, периодически собирающих большие массы людей (стадионы, театры, киноконцертные залы, рестораны, крупные торговые центры), на период 2—4 ч.

*Автостоянки кратковременной продолжительности хранения* у вокзалов, универсальных магазинов, рынков, спортивных сооружений для хранения автомобилей до 2 ч.

Последние два типа автостоянок должны быть общего пользования.

Гаражи — это специальные здания, предназначенные для хранения и обслуживания автомобилей. Они могут размещаться под землей, на поверхности земли (как правило, многоэтажные), занимать часть зданий другого назначения. Это наиболее перспективный способ хранения автомобилей, позволяющий на малой поверхности города хранить большое число автомобилей. Недостатком гаражей является их высокая стоимость: в зависимости от уровня обслуживания она составляет 3—5 тыс. р. Стоимость открытых автостоянок составляет в зависимости от типа дорожной одежды 250—500 р. за одно машино-место.

Говоря об автостоянках, обычно имеют в виду специально оборудованные площадки на территории города. Как правило, эти площадки располагаются вне уличной сети. Это наиболее правильное направление в решении проблемы хранения автомобилей в городах. Однако полностью решать эту проблему только за счет таких стоянок не удастся: при частом их расположении требуются слишком большие площади для их размещения, укрупнение автостоянок приводит к уменьшению их числа и удалению от объектов обслуживания. Приходится для размещения автомобилей использовать местную улично-дорожную сеть. Улицы после размещения на них автостоянок становятся непригодными для пропуска постоянного движения и могут использоваться только как проезды, часто однопутные.

## 7.2. ПЛАНИРОВОЧНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АВТОМОБИЛЬНЫХ СТОЯНОК

Планировочные характеристики автомобильных стоянок (размеры ячейки для постановки автомобиля, ширина проездов, радиусы поворотов, зоны для маневрирования) определяются схемой расстановки автомобилей.

Размер ячейки определяется типом автомобилей. Для городских условий в качестве расчетного принимают тип автомобиля, наиболее распространенный среди возможных пользователей стоянок. В нашей стране такими автомобилями являются: для стоянок личного пользования малолитражный тип автомобиля семейства ВАЗ, для служебных — автомобиль «Волга». Если предполагается стоянка грузовых автомобилей и автобусов, например в пригородной части города, расчетный тип таких транспортных средств выбирают в зависимости от состава транспортного потока.

Ячейка для установки одного автомобиля должна вмещать сам автомобиль и позволять обойти вокруг него. Для этого размеры сторон ячейки должны быть на 0,5 м больше соответствующих размеров автомобиля (рис. 7.1).

Это обеспечивает зазор между автомобилями 1,0 м, достаточный для прохода между ними пешеходу.

При расположении стоянки вдоль улицы возникают трудности с въездом в ячейку и выездом из нее. Для облегчения пользования такой стоянкой ячейки объединяют по две и оставляют между ними зазор не менее 2 м. При вероятной постановке на стоянку автобусов этот зазор может быть увеличен до 3 м (рис. 7.2).

В нормах на проектирование городских улиц западноевропейских стран на проезжей части улиц с возможной стоянкой автомобилей предусмотрены специальные полосы для стоянок. Ширина этих полос меньше, чем для движения и в зависимости от типа автомобилей, останавливающихся на улице, составляет 2,5—3,0 м.

На улицах в жилых кварталах с малой интенсивностью автомобильного и пешеходного движения автостоянки допускаются с заездом на тротуар. В этом случае увеличивается поперечный уклон тротуара и уменьшается до 5—10 см высота бортового камня. Свободная часть тротуара должна иметь ширину не менее 1,5 м, достаточную для размещения двух полос пешеходного движения (рис. 7.3).

Размеры планировочных элементов внеуличных автомобильных стоянок зависят от схемы расстановки автомобилей: по мере приближения угла расстановки к прямому увеличивается вместимость стояночной полосы, но вместе с этим увеличивается и необходимая ширина проезда между рядами. Однако в целом средняя площадь стоянки, приходящаяся на один автомобиль, при этом уменьшается (рис. 7.4). Основные размеры элементов планировочного решения таких стоянок приведены в табл. 7.1. Обозначения этих элементов в табл. 7.1 те же, что и на рис. 7.4.

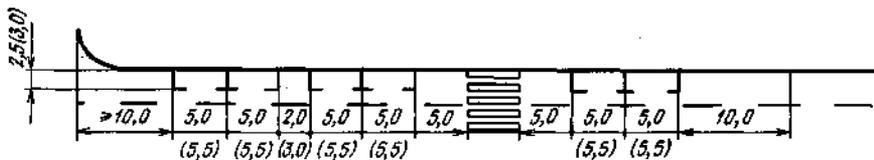


Рис. 7.2. Размещение стоянок вдоль тротуара на проезжей части улицы (размеры в м)

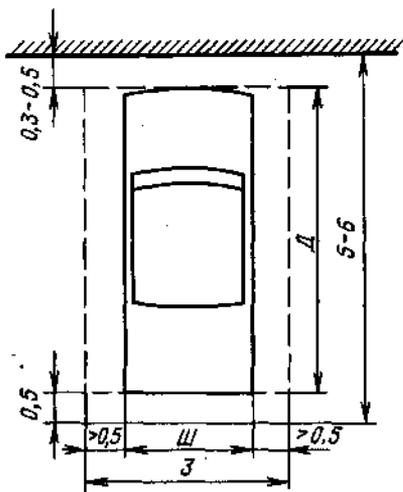


Рис. 7.1. Размеры (в м) ячейки для хранения автомобиля на стоянках:  $D$  и  $Ш$  — габаритные длина и ширина расчетного автомобиля соответственно

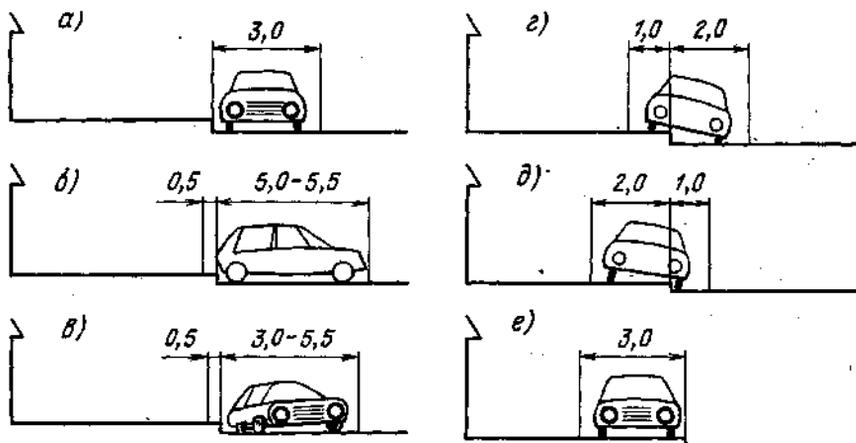


Рис. 7.3. Размещение стоянок в пределах улицы:  
 а — расстановка автомобилей вдоль улицы; б — поперечная расстановка под углом; в — расстановка под углом; г — д — частичное использование тротуара; е — расстановка на тротуаре

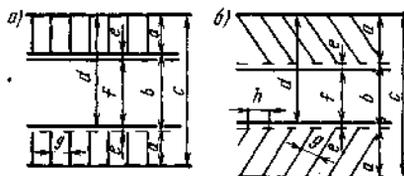


Рис. 7.4. Схемы расстановки автомобилей на стоянках:  
 а — прямоугольная; б — косоугольная

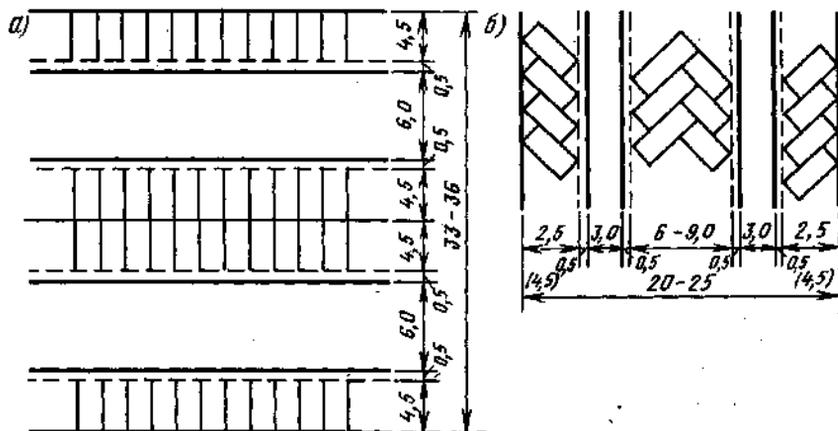


Рис. 7.5. Размеры планировочных элементов (в м) стоянок с многорядной расстановкой автомобилей:  
 а — под прямым углом; б — под острым углом

Таблица 7.1

Угол установки автомобиля, град	Размеры элементов, м									Усредненная площадь на 1 ав- томобиль $F_1$ , м <sup>2</sup>
	a	b	c	d	e	f	g	L		
<i>Стоянка для легковых автомобилей при двухполосном проезде</i>										
90	4,5	7,0	16,0	11,0	0,5	6,0	2,3	2,3	18	
<i>Стоянка для легковых автомобилей при однополосном проезде шириной 4,5 м</i>										
90	4,5	5,5	14,5	9,5	0,5	4,5	3,0	3,0	22	
60	5,5	5,5	15,6	10,05	0,5	4,5	2,3	3,65	20	
45	4,8	4,0	13,6	8,8	0,5	3,0	2,3	3,25	22	
<i>Стоянка для грузовых автомобилей с двухполосным проездом</i>										
90	5,5	7,0	18,0	12,0	0,5	6,0	2,5	2,5	22	
<i>Стоянка для грузовых автомобилей с однополосным проездом</i>										
90	5,5	5,5	16,5	10,5	0,5	4,5	3,0	3,0	27	
60	5,6	5,5	16,7	10,6	0,5	4,5	2,5	2,9	24	
45	5,29	4,0	14,6	9,3	0,5	3,0	2,5	3,55	26	
<i>Стоянка для автобусов</i>										
90	9,5	10,5	29,5	19,5	0,5	9,5	4,0	4,0	59	
60	8,6	8,0	25,7	16,1	0,5	7,0	4,0	4,6	57	

При многорядной установке автомобилей основным размерным модулем также является размер ячейки для одного автомобиля (рис. 7.5). Выбор схемы расстановки автомобилей зависит от ширины площадки, где располагается стоянка: с уменьшением угла установки уменьшается и необходимая ширина стоянки; средняя площадь на одно машино-место при этом несколько (до 10—12 %) увеличивается.

### 7.3. РАСЧЕТ ПОТРЕБНОСТИ В АВТОМОБИЛЬНЫХ СТОЯНКАХ

Все автостоянки могут быть открытые и закрытые, рассчитанные на общее использование или для парковки только государственных транспортных средств. Основой выбора типа автостоянок до принадлежности автомобилей является соотношение в общем парке автомобилей, принадлежащих государству и гражданам. Практика показала, что по мере повышения уровня автомобилизации это соотношение смещается в сторону индивидуальных автомобилей:

Уровень автомобилизации, авт. на 1000 жителей	60	100	180
Доля государственных автомобилей, %	10—12	6—8	5—7

Современные нормы на планировку и застройку городов предусматривают выделение территорий для размещения не менее 70 % автомобилей, принадлежащих гражданам, проживающим в данном

микрорайоне. Для этого на территории микрорайонов должны предусматриваться открытые стоянки и многоэтажные гаражи. Автостоянки большой вместимости рекомендуется располагать на межрайонных территориях: в санитарно-защитных, промышленных зонах, около сельскохозяйственных предприятий и на полосах отвода железных дорог. Вместимость этих стоянок рассчитывают с учетом уровня автомобилизации, но не менее 25 машино-мест на 1000 жителей.

Различные зоны города привлекают неодинаковое число автомобилей. Это обстоятельство учитывают при расчете необходимой вместимости автостоянок. В жилом районе города автостоянки для постоянного хранения необходимо рассчитывать на 100—70 % общего количества расчетного парка легковых автомобилей, принадлежащих гражданам этого района, а для временного хранения — на 10—15 %.

В промышленных и коммунально-складских районах на автостоянках временного хранения легковых автомобилей у предприятий и учреждений должно размещаться до 25 % расчетного парка автомобилей города. В общегородском общественном центре суммарная вместимость автостоянок кратковременной продолжительности хранения крупных и крупнейших городах должна быть не менее 5—8 % общего расчетного парка легковых автомобилей в городе, а в больших и средних городах — не менее 10—15 %.

В пригородных зонах массового отдыха вместимость автомобильных стоянок средней и кратковременной продолжительности хранения должна быть не менее 25—35 % общего расчетного парка легковых автомобилей в городе.

Точный расчет вместимости автостоянок выполняют с учетом данных о составе предприятий, численности работающих, ожидаемого числа посетителей, уровня развития общественного пассажирского транспорта. Особое внимание следует уделять обеспечению автостоянками большой продолжительности хранения автомобилей в жилых районах. При завершении строительства увеличить площади под автостоянки практически невозможно и жителям микрорайона приходится занимать для этих целей внутриквартальные проезды и прилегающие улицы. Этим снижается не только пропускная способность улиц, но и ухудшаются условия движения, повышается аварийность. Поэтому расчет необходимой вместимости автомобильных стоянок и размещение их должны быть предусмотрены на стадии разработки генерального плана города и осуществлены на стадии проекта детальной планировки.

Необходимая площадь для размещения личных автомобилей в жилых районах

$$F \approx M_{ж} I_a n F_1,$$

где  $M_{ж}$  — численность жителей микрорайона;  $I_a$  — расчетный уровень автомобилизации;  $n$  — доля автомобилей, размещаемых в пределах микрорайона, не менее 70 %;  $F_1$  — площадь, необходимая для размещения одного автомобиля, принимается равной 25 м<sup>2</sup>.

Таблица 7.2

Здания и сооружения	Расчетная единица	Число машино-мест на расчетную единицу	
		На первую очередь	На расчетный срок
Организации и учреждения управления, финансирования науки	100 работающих	3—5	10—20
Высшие и средние учебные заведения	100 преподавателей и сотрудников	3—5	10—15
Промышленные предприятия	100 работающих в двух смежных сменах	2—4	7—10
Торговые центры, магазины с площадью торговых залов более 200 м <sup>2</sup>	100 м <sup>2</sup> торговой площади	2—4	7—10
Рынки	50 торговых мест	7—10	20—25
Рестораны, кафе	100 мест	3—5	10—15
Театры, киноконцертные залы, музеи	100 мест или одновременных посетителей	3—5	10—15
Спортивные сооружения	То же	1—2	3—5
Поликлиники	500 посетителей в смену	3—5	10—15
Зоны отдыха	100 одновременных посетителей	2—3	5—7
Вокзалы	100 пассажиров, прибывающих в час «пик»	3—5	10—15

Необходимую площадь автостоянок у зданий и сооружений определяют исходя из установившихся норм использования гражданами личных автомобилей (табл. 7.2).

Нормы, приведенные в табл. 7.2, неодинаковы для разных городов и регионов страны и должны определяться на местах.

#### 7.4. РАЗМЕЩЕНИЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ СТОЯНОК НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА

Гаражи и автостоянки в микрорайонах располагают таким образом, чтобы они были в зоне пешеходной доступности: обычно не далее 800 м, а в крупных и крупнейших городах — до 1500 м. Вокруг участков гаражей и автостоянок располагают полосы зеленых насаждений шириной не менее 10 м. Эти полосы выполняют роль противозумовой защиты и препятствуют распространению вредных выбросов автомобилей по территории микрорайона.

Наименьшие расстояния до въездов в гараж или на автостоянку для обеспечения безопасности движения принимают от пересечений с магистральной улицей 100 м, от улиц местного значения 20 м, от остановочных пунктов пассажирского общественного транспорта 30 м. От подъездов жилых домов до границ автостоянок расстояние должно быть не менее 50 м.

Въезды и выезды на открытых автостоянках для краткосрочного хранения автомобилей могут быть объединены при вместимости стоянки до 20 автомобилей. При большей вместимости выезды и въезды должны быть отдельными. Ширина двухполосного проезда на стоянку должна быть не менее 6,0 м, однополосного — 4,5 м.

Схему расстановки автомобилей на стоянке выбирают в зависимости от размеров стоянки и требуемого числа машино-мест. Для площадок малой ширины (до 10 м) более эффективна продольная расстановка параллельно большей линии площадки, для площадок шириной до 15 м — косоугольная, а при большей ширине — прямоугольная расстановка. Характеристиками автомобильных стоянок являются число автомобилей на 100 м полосы стоянки и площадь на одно машино-место (табл. 7.3).

Таблица 7.3

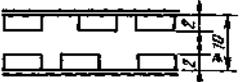
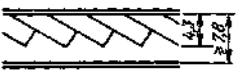
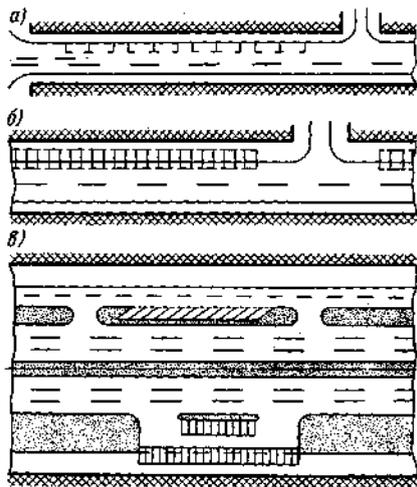
Схема расстановки автомобилей (размеры указаны в м)	Тип стоянки, способ расстановки автомобилей	Число автомобилей на 100 м полосы стоянки	Площадь на одно машино-место, м <sup>2</sup>
	Уличная стоянка; автомобили расположены параллельно тротуару	18	30,5
	То же, с двух сторон улицы	36	28,0
	Уличные и внеуличные стоянки; автомобили расположены под углом 30° к тротуару	21	37,0
	То же, с двух сторон улицы, стоянки	42	288,0
	Уличные и внеуличные стоянки; автомобили расположены под углом 45° к тротуару	29	28,5
	То же, с двух сторон улицы, проезда	58	22,5

Схема расстановки автомобилей (размеры указаны в м)	Тип стоянки, способ расстановки автомобилей	Число автомобилей на 100 м полосы стоянки	Площадь на одно машино-место, м <sup>2</sup>
	Внеуличные стоянки; автомобили расположены под углом 60° к оси проезда	39	26,2
	То же, с двух сторон проезда	78	19,8
	Внеуличные стоянки для постоянного хранения; автомобили расположены под углом 90° к оси проезда	45	25,8
	То же, с двух сторон проезда	90	18,0
	Уличные стоянки для постоянного хранения; автомобили расположены под углом 90° к проезду с заездом на тротуар	45	12—15 от проезжей части и 10—14 от тротуара
	То же, с двух сторон	90	10 от проезжей части и 8 от тротуара



**Рис. 7.6. Размещение стоянок на магистральных улицах:**

**а** — продольная расстановка автомобилей вдоль улицы; **б** — частичное использование тротуара под стоянку; **в** — частичное использование зеленых полос улицы

При выборе способа расстановки автомобилей необходимо учитывать длительность их хранения. При кратковременном хранении одна ячейка занимает и освобождается многократно в течение короткого промежутка времени. Маневры въезда и выезда из ячейки тем удобнее и безопаснее, чем меньше угол расстановки. Практика эксплуатации автомобильных стоянок показала, что для кратковременного хранения автомобилей наиболее целесообразен угол расстановки  $0 - 30^\circ$ , средней продолжительности —  $30 - 60^\circ$ , постоянного хранения —  $30 - 90^\circ$ .

Возможность размещения автомобильной стоянки на улице зависит от ее ширины и интенсивности движения. При малой интенсивности движения (до 100 авт./ч) ширина проезжей части улицы должна быть более 6 м. При шири-

не проезжей части 6 — 9 м движение по улице одностороннее со скоростью 25—30 км, при ширине более 9 м возможно двухстороннее движение. Такие стоянки допустимы только на местных улицах и на боковых (местных) проездах магистральных улиц. На проезжей части магистральных улиц такие стоянки снижают пропускную способность улицы и значительно повышают опасность движения.

Уличные автомобильные стоянки могут быть размещены на расширениях за счет зеленых полос. Въезд на такие стоянки и выезд с них должен быть на магистральных улицах со стороны боковых (местных) проездов. Способ расстановки автомобилей будет определяться шириной площадки. Такое планировочное решение автостоянки допустимо при малой интенсивности левостороннего движения (менее 50 авт./ч) на транспортных развязках (рис. 7.6).

Принцип размещения внеуличных автомобильных стоянок зависит от плотности застройки городской территории, развитости общественного пассажирского транспорта, расположения и мощности зон посещения или мест приложения труда. Дисперсное по всей территории размещение автостоянок малой и средней вместимости с максимальным приближением к обслуживаемым зонам и объектам массового посещения возможно в районах новой застройки и при реконструкции старых городов. Этот принцип приемлем для жилых, промышленных, коммунально-складских зон. Для центральной части

города он нежелателен, так как приводит к перегрузке центра движением.

Кустовое размещение автостоянок средней и большой вместимости ориентировано на временное хранение автомобилей. Одна такая автостоянка обслуживает несколько зон или объектов. Такое размещение целесообразно для разгрузки определенной зоны города, например центральной части или пешеходной зоны.

Зональное размещение автостоянок большой вместимости ориентировано на постоянное хранение автомобилей. Оно применяется при невозможности размещения стоянок в жилых кварталах. Его применение является вынужденным, такие стоянки неудобны для использования населением, занимают большие площади, как правило, захламлены и имеют весьма неприглядный вид.

Для гаражей, особенно многоэтажных, наиболее целесообразен кустовой принцип размещения.

#### **Контрольные вопросы.**

1. По какому принципу классифицируются автомобильные стоянки?
2. Как влияет угол расстановки автомобилей на стоянке на площадь, приходящуюся на один автомобиль?
3. Какие требуются данные для расчета необходимой площади автомобильных стоянок в жилых районах города?
4. Какие углы расстановки автомобилей целесообразны на стоянках кратковременного, средней продолжительности и постоянного хранения?
5. Как увеличить вместимость автомобильных стоянок на улицах с тротуарами избыточной ширины, какие возможны схемы расстановки автомобилей?
6. В каких функциональных зонах города целесообразны дисперсное, кустовое, зональное размещение автомобильных стоянок?

#### 8.1. ОСОБЕННОСТИ ДВИЖЕНИЯ НА ПЕРЕСЕЧЕНИЯХ ГОРОДСКИХ УЛИЦ В ОДНОМ УРОВНЕ

Пересечения, которые образуют городские улицы по характеру организации движения разделяют на две группы: пересечения в одном уровне и пересечения в разных уровнях. Последние называют транспортными развязками.

По планировочному решению пересечения в одном уровне делят на *простые*, не имеющие направляющих сооружений и организующих движение планировочных элементов, и *канализованные*, в планировке которых имеются специальные островки, выделяющие специальные полосы на проезжей части для организации поворачивающего движения. Такие полосы, если они полностью изолированы от основного движения, по аналогии с транспортными развязками называют съездами.

Наиболее удобными для организации движения являются пересечения двух улиц под углом, близким к прямому. При этом поворачивающие потоки могут двигаться по оптимальным траекториям, а пешеходные переходы можно располагать по кратчайшим направлениям.

Пересечения под углами менее  $60^\circ$  затрудняют движение поворачивающих потоков, особенно вокруг остроугольных кварталов. Возникают трудности с пешеходными переходами: при расположении их на продолжении тротуаров длина их увеличивается; при расположении по кратчайшему направлению приходится относить их от пересечения вглубь улицы, что приводит к нарушению дисциплины пешеходного движения.

Транспортные потоки пересекаются на нерегулируемом пересечении в одном уровне, поэтому для обеспечения безопасности устанавливается определенный порядок проезда таких пересечений. Все пересекающиеся направления делят на главное (всегда одно направление) и второстепенные, а потоки, движущиеся по ним, соответственно, на основной и второстепенные. Преимущество проезда представлено основному потоку. Такое разделение должно подчеркиваться и планировочным решением: главное направление имеет более широкую проезжую часть, планировочные элементы, регулирующие движение (направляющие островки, полосы), вынесены на второстепенные улицы.

Все маневры на пересечении (слияние, пересечение основного потока, левый поворот) возможны лишь при наличии достаточно большого интервала в основном потоке. Необходимый интервал зависит от вида маневра, типа транспортных средств и планировочного решения пересечения. Теоретический расчет необходимого интервала между автомобилями основного потока проводится из условия равенства скоростей движения при слиянии, а при пересечении основного потока — с запасом времени до подхода ближайшего автомобиля основного потока к конфликтной точке. Эти интервалы, полученные расчетом для средних значений скоростей и ускорений разгона и торможения, дают представление о порядке необходимых интервалов. Истинные их значения определяют путем массовых натуральных наблюдений.

В связи с неравномерностью распределения интервалов в основном потоке автомобиль, подошедший к пересечению по второстепенной улице, в зависимости от интервала в основном потоке в данный момент должен либо ждать появления длинного интервала, либо, если имеющийся интервал достаточно продолжителен, может пересечь или влиться в основной поток.

Один и тот же интервал, принятый одним водителем, может быть отвергнут другим, который сочтет его недостаточно безопасным. Сравнение принятых и отвергнутых интервалов позволяет определить *граничный промежуток времени  $\Delta t_{гр}$* , под которым понимается такой интервал между автомобилями основного потока, который с заданной вероятностью может быть принят водителем для выполнения маневра на пересечении. Наименьшее значение граничного промежутка определяется из условия, что он с одинаковой вероятностью будет принят или отвергнут водителями. Это означает, что интервал такой продолжительности удовлетворяет только 50% водителей. Для практических расчетов используют граничный промежуток 85%-ной обеспеченности.

## **8.2. ПРОПУСКНАЯ СПОСОБНОСТЬ НЕРЕГУЛИРУЕМЫХ ПЕРЕСЕЧЕНИЙ В ОДНОМ УРОВНЕ**

Термин «пропускная способность пересечения» понимают в несколько ином смысле, чем по отношению к полосе движения. Транспортные потоки должны проходить через одну и ту же конфликтную точку по очереди. Преимущество имеет поток, движущийся по главной дороге. Пересечение или вливание в него со стороны второстепенной дороги (направления) возможно лишь при достаточно больших интервалах между автомобилями основного потока.

Каждой интенсивности движения по главному направлению соответствует определенное число автомобилей второстепенного направления, которые могут пересечь или влиться в основной поток. В связи с этим понятие *пропускная способность пересечения* озна-

чает возможные соотношения интенсивностей движения на пересекающихся улицах или дорогах. Это соотношение определяется интенсивностью движения по главному направлению.

Число автомобилей, прошедших по второстепенному направлению, зависит от того, насколько полно используются интервалы между автомобилями основного потока. В связи с этим следует различать несколько значений пропускной способности пересечений.

*Теоретическая пропускная способность нерегулируемого пересечения* — это максимальная интенсивность второстепенного направления (при конкретной интенсивности главного направления), которая может быть достигнута при идеальных условиях движения на пересекающихся дорогах и на пересечении и при полном использовании всех интервалов в основном потоке  $\Delta t_{гд} > \Delta t_{гп}$ . Последнее условие выполнимо лишь при постоянном наличии на второстепенном направлении очереди автомобилей в количестве, достаточном для заполнения любого интервала в основном потоке.

*Возможная пропускная способность нерегулируемого пересечения* — это максимальная интенсивность движения второстепенного направления (при конкретной интенсивности главного направления) с учетом реальных условий движения на пересекающихся дорогах и на пересечении при полном использовании всех интервалов в основном потоке. Для достижения возможной пропускной способности также необходимо наличие постоянной очереди ожидающих автомобилей на второстепенном направлении достаточно большой длины.

*Практическая пропускная способность нерегулируемых пересечений* — это максимальная интенсивность движения второстепенного направления (при конкретной интенсивности главного направления) с учетом реальных дорожных условий, состава транспортного потока и практического (не всегда полного) использования интервалов в основном потоке. При этом могут наблюдаться очереди на второстепенном направлении, но не постоянные, как при теоретической или возможной пропускной способности, и меньшей длины.

Интервал в основном потоке является достаточным для выполнения маневра автомобилем второстепенного направления при условии, что  $\Delta t_{гд} \geq \Delta t_{гп}$ . Если  $\Delta t_{гд} > \Delta t_{гп}$ , за один интервал могут пройти несколько автомобилей из очереди второстепенного направления с интервалом  $\delta t$ . Для пропуска одного автомобиля  $\Delta t_{гд}^1 = \Delta t_{гп}$ ; двух автомобилей  $\Delta t_{гд}^2 = \Delta t_{гп} + \delta t$ ; трех автомобилей  $\Delta t_{гд}^3 = \Delta t_{гп} + 2\delta t$ ;  $i$  автомобилей  $\Delta t_{гд}^i = \Delta t_{гп} + (i - 1)\delta t$ .

Интервал  $\delta t$  на городских нерегулируемых пересечениях изменяется в довольно широких пределах (5,5 — 2,8 с) и зависит от состава движения. Четкой зависимости, характерной для регулируемых пересечений ( $\delta t_{i-1} < \delta t$ ), в данном случае не наблюдается. Это объясняется тем, что на нерегулируемых пересечениях при разъезде очереди водители должны еще и контролировать транспортную ситуацию на основном направлении.

Для легковых автомобилей  $\delta t = 3,6 \div 2,4$  с, среднее значение  $\delta t = 3,2$  с, для грузовых автомобилей среднее значение  $\delta t = 4$  с.

Число интервалов  $\Delta t_i \geq \Delta t_{гр}$  находят как произведение разности вероятностей появления интервалов больших, чем  $\Delta t_{гр}^{(i)}$  и  $\Delta t_{гр}^{(i+1)}$ ; на интенсивность движения основного потока (рис. 8.1). Число интервалов в основном потоке продолжительностью от  $\Delta t_{гр}^{(i)}$  до  $\Delta t_{гр}^{(i+1)}$  будет составлять:

$$\begin{aligned} \text{от } \Delta t_{гр}^{(i)} \text{ до } \Delta t_{гр}^{(i+1)} &= M(P_{\lambda_1} - P_{\lambda_2}); & \text{от } \Delta t_{гр}^{(i)} \text{ до } \Delta t_{гр}^{(i+1)} &= M(P_{\lambda_3} - P_{\lambda_4}); \\ \text{от } \Delta t_{гр}^{(i)} \text{ до } \Delta t_{гр}^{(i+1)} &= M(P_{\lambda_2} - P_{\lambda_3}); & \text{от } \Delta t_{гр}^{(i)} \text{ до } \Delta t_{гр}^{(i+1)} &= M(P_{\lambda_1} - P_{\lambda_{(i+1)}}), \end{aligned}$$

где  $M$  — интенсивность движения основного транспортного потока;  $P_{\lambda_i}$  — вероятность появления в основном потоке интервала, большего чем  $\Delta t_{гр} + (i-1)\delta t$ .

Учитывая, что за время интервала  $\Delta t^{(i)}$  могут пройти  $i$  автомобилей второстепенного направления, общее их число (интенсивность движения по второстепенному направлению) определится суммированием по всем интервалам  $\Delta t > \Delta t_{гр}$ :

$$N = M(P_{\lambda_1} - P_{\lambda_2}) + 2M(P_{\lambda_2} - P_{\lambda_3}) + 3M(P_{\lambda_3} - P_{\lambda_4}) + \dots + iM(P_{\lambda_i} - P_{\lambda_{(i+1)}}) + \dots \quad (8.1)$$

После раскрытия скобок в выражении (8.1) получим

$$N = M(P_{\lambda_1} + P_{\lambda_2} + P_{\lambda_3} + \dots + P_{\lambda_i} + \dots). \quad (8.2)$$

Выражение (8.2) является основой для определения пропускной способности нерегулируемого пересечения. Решающее значение при этом будет иметь характер распределения интервалов в основном транспортном потоке. При допущении, что это распределение близко к распределению Пуассона, выражение (8.2) имеет вид:

$$N = M \frac{e^{-M/3600\Delta t_{гр}}}{1 - e^{-M/3600\delta t}}. \quad (8.3)$$

Выражение (8.3) представляет собой формулу для расчета пропускной способности одного направления движения со второстепенного пересечения. Сложность дорожных условий в этой формуле учитывается параметром  $\Delta t_{гр}$ : чем сложнее эти условия, тем граничный интервал больше. Это позволяет использовать формулу (8.3) для расчета любой из пропускных способностей пересечения. Для определения возможной пропускной способности принимают граничный промежуток времени для каждого из направлений движения 50%-ной обеспеченности, для рас-

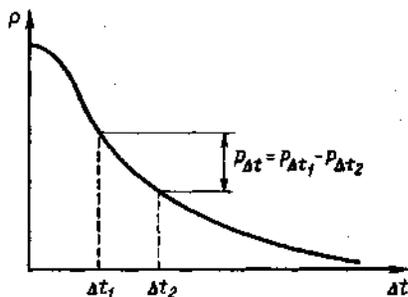


Рис. 8.1. Определение вероятности  $P$  появления в потоке интервалов  $\Delta t_1 < \Delta t < \Delta t_2$

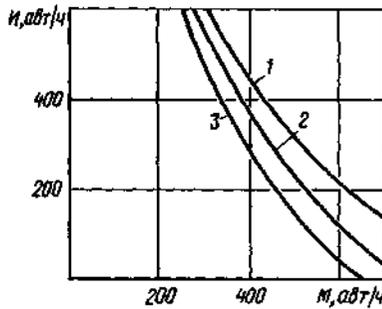


Рис. 8.2. Пропускная способность одного направления нерегулируемого пересечения:  
1 — теоретическая; 2 — возможная; 3 — практическая

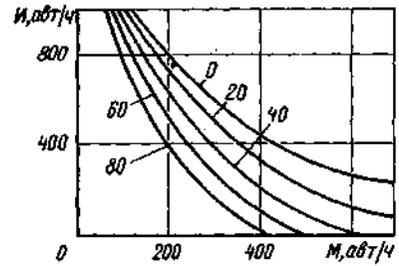


Рис. 8.3. Влияние на пропускную способность нерегулируемого пересечения интенсивности левоповоротного движения. Цифры на кривых — процентная доля левоповоротного движения на второстепенной улице (дороге)

чета практической пропускной способности — 85%-ной обеспеченности.

В реальных условиях даже при работе пересечения в режиме пропускной способности очередь автомобилей на второстепенном направлении существует непостоянно из-за неравномерности транспортных потоков. Поэтому полное использование всех интервалов  $\Delta t_{\text{гл}} \geq \Delta t_{\text{гр}}$  невозможно. В этом случае пропускная способность пересечения даже при появлении значительных, но не постоянных очередей на второстепенной улице (дороге) меньше, чем его возможная пропускная способность. При оценке существующих и выборе проектируемых пересечений в одном уровне наибольший интерес представляет практическая пропускная способность.

Пропускная способность нерегулируемых пересечений, рассчитанная по формуле (8.3), представлена на рис. 8.2. Наибольшее значение имеет теоретическая пропускная способность, практическая отличается от нее на 25 — 40% и в значительной степени зависит от интенсивности поворачивающего потока и состава движения.

При высокой интенсивности левоповоротного движения пропускная способность пересечения снижается. Это снижение особенно существенно на пересечениях улиц с узкой проезжей частью на второстепенном направлении: очередь автомобилей, ожидающих возможности левого поворота, является помехой для автомобилей прямого направления или выполняющих правый поворот (рис. 8.3). Влияние левоповоротного движения на пропускную способность пересечения уменьшается при выделении отдельных полос на проезжей части для каждого направления движения (рис. 8.4).

Суммарная пропускная способность пересечения складывается из пропускной способности всех направлений со второстепенной улицы.

Для упрощения расчета все поворачивающие потоки на пересечении приводятся к одному условному приведенному потоку.

Основным параметром, определяющим пропускную способность нерегулируемого пересечения, является граничный промежуток времени. Ввиду этого второстепенный поток приводится к условному через сопоставление этого показателя, который характерен для каждого направления движения. Коэффициент приведения

$$K_j = \Delta t_{гр}^{(j)} / \Delta t_{гр}^{(л)},$$

где  $\Delta t_{гр}^{(j)}$  — граничный промежуток времени для  $j$ -го направления;  $\Delta t_{гр}^{(л)}$  — граничный промежуток времени для левого поворота.

Значение коэффициентов приведения для различных планировочных решений приведены в табл. 8.1.

На необорудованных пересечениях, где правом преимущественного проезда пользуются только автомобили основного потока, только правый поворот с главной дороги может выполняться без помех со стороны других направлений движения.

На канализированных пересечениях с отдельными полосами движения для каждого направления движения взаимные помехи испытывают только левоповоротные потоки и прямое движение с второстепенной улицы.

Интенсивность движения приведенного потока второстепенного направления

$$I_{прив} = I (K_л n_л + K_{пп} n_{пп} + K_{пр} n_{пр}) + K_л M_л,$$

где  $K_л$ ,  $K_{пп}$  и  $K_{пр}$  — коэффициенты приведения (индексы «л», «пп» и «пр» относятся соответственно к левому повороту, прямому пересечению и правому повороту);  $n_л$ ,  $n_{пп}$  и  $n_{пр}$  — доли поворачивающего движения с соответствующих направлений;  $M_л$  — интенсивность левого поворота с главной дороги.

Предельное значение приведенной интенсивности ( $I_{прив}$ ) опре-

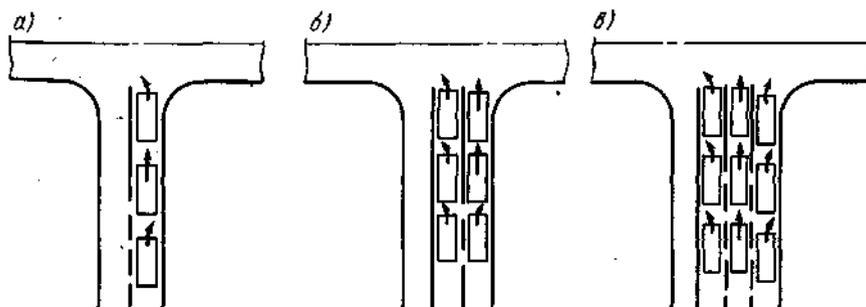


Рис. 8.4. Размещение очереди ожидающих автомобилей на проезжей части второстепенной улицы (дороги):

а — двухполосная проезжая часть; б — трехполосная; в — то же, с уширением для организации правого поворота

Таблица 8.

Планировочное решение пересечения	Схема планировки пересечения	Коэффициенты приведения		
		Левый поворот с главной (второстепенной) дороги	Прямолинейное движение	Правый поворот
Простое необорудованное пересечение; $R \leq 10$ м		1,10(1,1)	1,00	0,67
Необорудованное пересечение; $10 \text{ м} < R < 25 \text{ м}$		1,00(1,0)	1,00	0,45
Неполностью канализированное пересечение:  разделительные и направляющие островки на второстепенной дороге, правоповоротные съезды с переходными кривыми, главная дорога не оборудована		1,00(0,85)	0,90	0,27
То же, переходные скоростные полосы на главной дороге		1,00(0,85)	0,90	0,10
То же, разделение встречных потоков на главной дороге		0,90(0,65)	0,70	0,10
Полностью канализированные пересечения с переходными скоростными полосами для правых поворотов		0,60(0,65)	0,70	0,10
То же, переходные скоростные полосы для левоповоротных потоков на главной дороге		0,60(0,6)	0,70	0,10

делается по формуле (8.3). Предельная интенсивность по второстепенному направлению:

для необорудованных пересечений с узкой проезжей частью:

$$I = (I_{\text{прив}} - K_d M_d) / (K_d n_d + K_{\text{пр}} n_{\text{пр}} + K_{\text{пр}} n_{\text{пр}});$$

для канализированных пересечений

$$I = (I_{\text{прив}} - K_d M_d) / (K_d n_d + K_{\text{пр}} n_{\text{пр}}) + I_{\text{пр}},$$

где  $I_{\text{пр}}$  — пропускная способность правого поворота на главное направление с отдельной полосы проезжей части; определяется по формуле (8.3) с учетом  $\Delta t_{\text{пр}}$  для правого поворота.

Работа пересечения в режиме пропускной способности из-за постоянных очередей ожидающих автомобилей связана с большими транспортными потерями. Такой режим работы пересечений нежелателен. Рекомендуется ориентироваться на уровни загрузки, которые определены на основании проведенного анализа. При этом с учетом пропускной способности пересечения  $P$  были получены следующие предельные значения уровня загрузки  $z_{\text{в}}$  второстепенного направления при следующих значениях уровня загрузки  $z_{\text{г.л}}$  главного направления:

$z_{\text{г.л}}$	Предельно допустимый
(0,1—0,3) $P$	$z_{\text{в}}$ 0,6 $P$
(0,3—0,5) $P$	0,3 $P$
(0,5—0,75) $P$	0,2 $P$
(0,75—1,0) $P$	0,1 $P$

Рекомендуемый уровень загрузки второстепенного направления составляет 75% от его практической пропускной способности. Полученные на основе анализа значения уровня загрузки не приводят к образованию очередей, не нарушают режима движения и не снижают удобства и безопасности движения.

Нерегулируемые пересечения оказывают влияние не только на пропускную способность, но и на режимы движения на пересекающихся улицах. Это влияние выражается в снижении скоростей движения (рис. 8.5) и в потере времени автомобилями, стоящими в очередях на второстепенной улице.

Влияние пересечения на режим движения по главной улице сказывается не только в пределах самого пересечения, но и распространяется на значительную длину улицы. Это влияние наибольшее при максимальной загрузке пересечения, т.е. при работе в режиме пропускной способности. Число автомобилей в очереди, продолжительность ее существования и возникающие при этом транспортные потери определяются неравномерностью распределения автомобилей в потоке и изменением плотности пересекающихся потоков в зависимости от дорожных условий.

Очереди автомобилей на второстепенном направлении образуются даже при малых интенсивностях движения (100 авт./ч и менее)

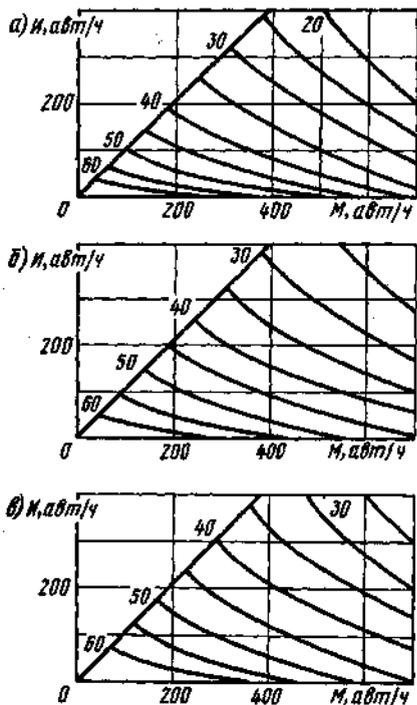


Рис. 8.5. Скорость транспортного потока по главной улице в зависимости от планировки пересечения и интенсивности пересекающихся потоков (цифры на кривых — скорость движения, км/ч): а — необорудованное пересечение; б — частично канализованное движение; в — полностью канализованное движение

этому в технико-экономических определяют только показатель  $T_w$ .

Результаты расчета транспортных потерь на нерегулируемом пересечении с учетом ожидания в очередях и снижения скорости движения приведены на рис. 8.6. Годовые потери

$$T_r = 25 T_l / (K_r K_v),$$

где  $K_r$  и  $K_v$  — коэффициенты годовой и часовой неравномерности движения соответственно.

При расчете автотранспортных расходов необходимо суммировать потери от снижения скоростей движения и перепробегов, со-

по пересекающимся улицам. При интенсивности основного потока 400 авт./ч и второстепенного 100 авт./ч очередь до 10 автомобилей наблюдается на протяжении более 30% времени существования такой загрузки пересечения, а до 5 автомобилей более 85% времени.

Потери времени автомобиля на ожидание возможности проезда через пересечение

$$T_w = \sum_{n=1}^{\infty} n P_n,$$

где  $n$  — число автомобилей в очереди;  $P_n$  — вероятность образования очереди из  $n$  автомобилей.

Потери времени по основному направлению ( $T_v$ ), связанные со снижением скорости движения из-за помех, создаваемых нерегулируемым пересечением, определяют через средние потери ( $t_v$ ), приходящиеся на один автомобиль:  $T_v = M t_v$ . Суммарные потери времени на пересекающихся направлениях

$$T_t = T_w + T_v. \quad (8.4)$$

В этой сумме доля потерь, вызываемых очередями автомобилей, значительно бóльшая, чем от снижения скорости движения, по- расчетам часто в формуле (8.4)

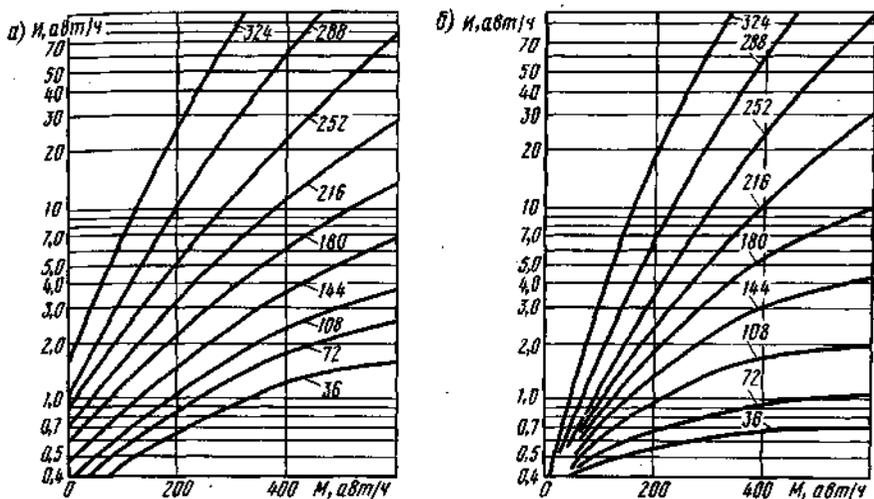


Рис. 8.6. Транспортные потери на нерегулируемом пересечении (цифры на кривых — потери, авт.-ч.):

а — необорудованном; б — канализированном

вершаемых автомобилями по различным вариантам пересечения. Перепробег следует оценивать по расходным ставкам, которые нормируются для всей страны, а временные потери — по аналогам или по тарифным ставкам, существующим в конкретном регионе страны.

### 8.3. ПРОПУСКНАЯ СПОСОБНОСТЬ РЕГУЛИРУЕМЫХ ПЕРЕСЕЧЕНИЙ В ОДНОМ УРОВНЕ

Пропускная способность регулируемого пересечения городских улиц определяется схемой организации движения, планировочным решением пересечения и структурой светофорного цикла. Методы расчета пропускной способности пересечений на различных стадиях проектирования улично-дорожной сети города неодинаковы.

Потребность в оценке пропускной способности регулируемых пересечений возникает при принятии технических решений о размерах улиц в красных линиях и планировке пересечений. На стадиях разработки генерального плана и комплексной транспортной схемы города решают принципиальные вопросы его транспортного обслуживания. Для этого нужны лишь общие сведения о закономерностях городского движения и о возможностях с точки зрения пропускной способности пересечений в одном уровне и транспортных развязок. Технические решения по планировке улиц принимают на стадии

проекта детальной планировки и конкретизируют на стадии технического проекта (рабочих чертежей).

В проекте детальной планировки, где разрабатывают основные технические решения всех улиц и дорог, решают и вопросы транспортного обслуживания на территории проектируемого района на ближайшие 5, 10 лет и более отдаленную перспективу. На этой стадии решение о пропускной способности улицы с регулируемым движением принимают, ориентируясь на аналоги и нормативы, характерные для улиц определенной категории, но для наиболее важных магистралей с большой транспортной загрузкой пропускную способность пересечений и улиц рассчитывают с учетом возможного состава движения и длительности светофорного цикла.

При выполнении проектов планировки и застройки магистрали, когда нужно принимать решения о планировке пересечений и отдельных участков улицы, необходима более точная оценка пропускной способности пересечений и всей улицы в целом. На этой стадии используют метод расчета, основанный на использовании информации о распределении транспортных потоков по направлениям и о характере дорожных условий на пересечении.

Длительность светофорного цикла, обеспечивающего пропуск транспортного потока заданной интенсивности, определяют по формуле Вебстера:

$$T_u = (1,5 \sum t_{ж} + 5) / [1 - (y_1 + y_2 + \dots + y_n)],$$

где  $\sum t_{ж}$  — длительность всех переходных сигналов в цикле, с;  $y_1, \dots, y_n$  — фазовые коэффициенты.

Фазовый коэффициент  $y_n$  равен наибольшему из отношений интенсивности потока, обслуживаемого фазой  $n$  ( $I_n$ ), к интенсивности потока насыщения ( $M_{нас}$ ). Под потоком насыщения понимают предельную пропускную способность рассматриваемого направления. На поток насыщения оказывают влияние число и ширина полос движения, продольные уклоны, радиусы кривых в плане, состав транспортного потока. При регулировании движения поток насыщения рекомендуется определять наблюдениями. При расчетах, связанных с проектированием улично-дорожной сети города, можно пользоваться эмпирической формулой:

$$M_{нас} = 525 K_w K_i K_R K_n,$$

где  $K_w$ ,  $K_i$ ,  $K_R$  и  $K_n$  — коэффициенты, учитывающие влияние соответственно ширины проезжей части, продольного уклона, радиуса кривизны траектории и организации движения поворачивающих потоков.

С учетом ширины проезжей части для конкретного направления движения принимают следующие значения потока насыщения:

Ширина проезжей части, м . . . . .	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
Поток насыщения ( $525 K_w$ ), авт./ч. . . . .	1800	1900	2100	2300	2600

Коэффициент  $K_i$  определяют из условия, что каждые 10 ‰ спуска увеличивают поток насыщения на 3 ‰, а 10 ‰ подъема уменьшают этот поток на 3 ‰:

$$K_i = 1 \pm 3i/1000,$$

где  $i$  — продольный уклон, ‰.

Коэффициент, учитывающий влияние радиуса кривизны траектории,  $K_R = 1 / (1 + \frac{1,525}{R})$ .

Если на пересечении нельзя выделить отдельные полосы для каждого направления движения, то из-за взаимных помех автомобилей, движущихся с одной полосы в разных направлениях, поток насыщения уменьшается. Этим влиянием можно пренебречь при доле поворачивающего потока менее 10%. При большей интенсивности поворачивающего движения весь поток приводят к одному условному с помощью коэффициентов приведения, равных для прямого движения 1,0, поворота налево 1,75, поворота направо 1,25. С учетом этого коэффициент

$$K_n = 100 / (a + 1,75b + 1,25c),$$

где  $a$ ,  $b$  и  $c$  — доли соответственно прямого движения, левого и правого поворотов с одной полосы движения, ‰.

Метод расчета, основанный на определении потока насыщения, позволяет оценивать влияние планировочного решения пересечения на его пропускную способность.

#### 8.4. КАНАЛИЗИРОВАНИЕ ПЕРЕСЕЧЕНИЙ

Безопасность движения и пропускная способность пересечений зависят от четкости организации на них движения. Оптимальным является планировочное решение, обеспечивающее для каждого направления движения отдельную проезжую часть, ширина которой определяется интенсивностью движения. Транспортные потоки должны двигаться по выделенным для них полосам движения как по каналам: траектория движения должна располагаться только в пределах этого канала, а вход и выход возможны только в строго определенных местах. Такая организация движения носит название *канализования движения* (от слова канал).

Пересечение называется необорудованным, если в его планировке отсутствуют элементы, канализующие движение. Если такие элементы есть только на одной из пересекающихся улиц (дорог), пересечение называется неполностью канализованным, если движение канализовано на обеих улицах (дорогах) — полностью канализованным.

При выборе схем и планировке пересечений необходимо строго соблюдать принципы организации движения на пересечении, обеспечивающие безопасность движения. Эти принципы следующие.

1. Ввиду того что направления движения на пересечении различаются по скорости и для них требуются различные граничные интервалы в главном потоке, желательно транзитное движение на обеих дорогах отделять от поворачивающего, выделив им для этого отдельные полосы проезжей части.

2. Для предотвращения заездов на соседние полосы и устранения взаимных помех рекомендуется разделять потоки автомобилей направляющими островками и полосами.

3. Планировка пересечений всех типов должна быть зрительно ясной и простой и при этом подчеркивать главное направление движения, имеющее преимущество проезда. Планировка не должна вызывать у водителя впечатление запутанного лабиринта, в котором нужно находить путь. Наибольшее число возможных направлений движения два: прямо или поворот в сторону. При этом следует соблюдать правило, при котором препятствие (направляющий островок) надо объезжать справа.

4. Полосы движения, выделенные для какого-либо направления, должны подчеркиваться планировкой пересечения и легко прослеживаться взглядом.

5. Планировка пересечения должна обеспечивать оптимальные углы пересечения транспортных потоков. Это требование может быть обеспечено при любом угле пересечения улиц (дорог), так как формы траекторий и положение автомобилей на пересечении зависят от положения и очертания направляющих островков (рис. 8.7).

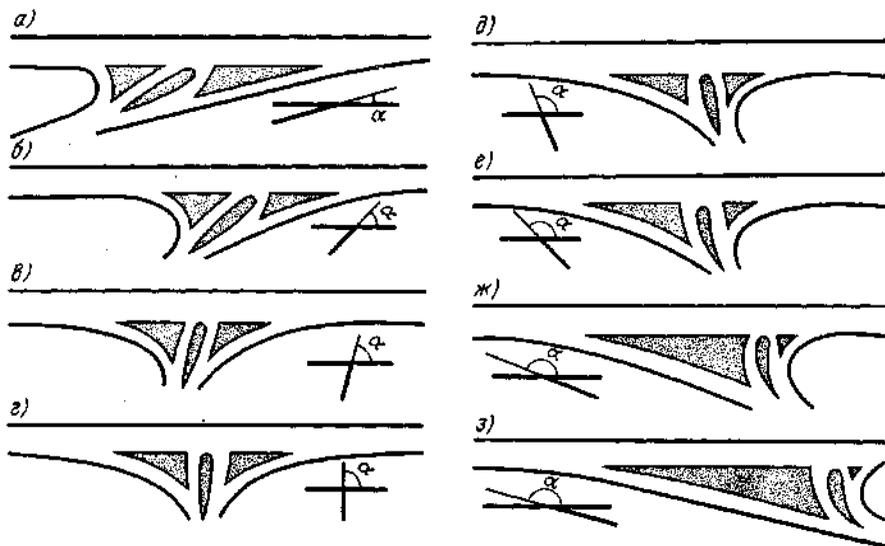


Рис. 8.7. Изменение планировки в зависимости от угла пересечения дорог:  
 $a - \alpha < 30^\circ$ ;  $b - \alpha = 30 - 45^\circ$ ;  $в - \alpha = 50 - 75^\circ$ ;  $г - \alpha = 90^\circ$ ;  $д - \alpha = 115^\circ$ ;  $е - \alpha = 135^\circ$ ;  $ж - \alpha = 150^\circ$ ;  $з - \alpha > 150^\circ$ .

Рис. 8.7. Изменение планировки в зависимости от угла пересечения дорог:  
 $a - \alpha < 30^\circ$ ;  $b - \alpha = 30 - 45^\circ$ ;  $в - \alpha = 50 - 75^\circ$ ;  $г - \alpha = 90^\circ$ ;  $д - \alpha = 115^\circ$ ;  $е - \alpha = 135^\circ$ ;  $ж - \alpha = 150^\circ$ ;  $з - \alpha > 150^\circ$ .

Для канализирования на второстепенной улице (дороге) необходимо три направляющих островка: центральный каплеобразный, с помощью которого разделяется встречное движение и обеспечивается оптимальный угол пересечения потоков, и два треугольных, отделяющих правые повороты от транзитного движения. Число этих островков на второстепенном направлении всегда остаётся неизменным.

Изменяются лишь их размеры и очертания.

Перечисленные требования справедливы для любого планировочного решения.

Поскольку канализирование требует строгого движения автомобилей по отведенным им полосам проезжей части, очертания этих полос, особенно для поворачивающего движения, должны соответствовать оптимальным очертаниям траекторий движения. Траектория движения автомобиля на закруглении состоит из трех элементов: входной переходной кривой, круговой кривой малого радиуса и выходной переходной кривой. Скорость движения автомобилей определяется кривизной в плане полосы движения: чем меньше радиус кривой, тем ниже скорость.

При радиусе кривой 10 м и менее скорость минимальная — 5 км/ч. При таком радиусе закруглений длины переходных кривых остаются неизменными.

С увеличением радиуса кривой увеличивается скорость движения и, как следствие этого, должны быть увеличены переходные кривые.

Установлено, что между отдельными элементами закругления существуют довольно устойчивые соотношения. Определяющим элементом является средняя часть траектории — круговая кривая наименьшего радиуса. Все три элемента закругления могут быть аппроксимированы круговыми кривыми (рис. 8.8). Такие кривые образуют коробовую кривую, которая является основой для проектирования траекторий движения при канализировании пересечений. Соотношение радиусов кривизны участков коробовой кривой остается практически постоянным:  $R_1: R_2: R_3 = 2:1:3$ . Установлены также и соотношения между углом поворота и всеми элементами закругления (табл. 8.2).

При проектировании закруглений положение начала кривой (точка *A* на рис. 8.8) и конца кривой (точка *B* на рис. 8.8) определяют расчетом:

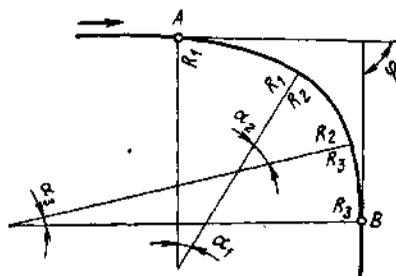


Рис. 8.8. Коробовая кривая для разбивки съездов (стрелкой указано направление движения)

Таблица 8.2

Угол поворота $\varphi$ , град	Входная кривая		Круговая кривая ( $R_2$ , м)	Выходная кривая	
	$R_1$ , м	$\alpha_1$ , град		$R_3$ , м	$\alpha_3$ , град
До 44	—	—	50	—	—
45—74	60	16	30	90	10
75—112	50	20	25	75	12
113—149	40	27	20	60	16
150—180	35	34	15	60	21

$$AO = (R_1 - R_2) \sin \alpha_1 + (R_2 + \Delta R_1) / \cos(\varphi - 90^\circ) + (R_2 + \Delta R_1) \operatorname{tg}(\varphi - 90^\circ);$$

$$OB = (R_3 - R_2) \sin \alpha_3 + (R_2 + \Delta R_3) / \cos(\varphi - 90^\circ) + (R_2 + \Delta R_3) \operatorname{tg}(\varphi - 90^\circ);$$

$$\Delta R_1 = (R_1 - R_2)(1 - \cos \alpha_1); \quad \Delta R_3 = (R_3 - R_2)(1 - \cos \alpha_3).$$

В обеспечении удобства и безопасности движения большую роль играет ширина проезжей части на пересечении. Траектории движения на съездах пересечений состоят из кривых малого радиуса, и ширина полос движения должна назначаться с учетом необходимого уширения. Для кривых малых радиусов достаточная ширина полосы движения следующая:

Радиус кривой $R_2$ , м	10	15	20	25	30
Ширина одной полосы без учета высоты бордюра, м	4,6	4,3	4,1	4,0	3,9
Ширина двух полос с учетом окаймляющих бордюров, м	10,0	9,3	9,0	8,8	8,5

Если проезжая часть окаймлена бортовым камнем, то в одном направлении должно быть не менее двух полос движения. Если возможно встречное движение, полос должно быть не менее трех.

При высокой интенсивности левого поворота с главной дороги в планировке пересечения необходимо предусматривать специальные полосы, позволяющие поворачивающим автомобилям снижать скорость и при необходимости ожидать возможности выполнения маневра (рис. 8.9).

Длина участка, где происходит торможение и накапливание поворачивающих автомобилей, определяется из двух условий. Первое условие — обеспечение плавного торможения автомобиля с отрицательным ускорением не более  $2,5 \text{ м/с}^2$  и второе — длина участка торможения  $L_T$  должна быть достаточной для размещения очереди ожидающих автомобилей. Первое условие выполняется при длине  $L_T > 40$  м. Этой длины достаточно для торможения с ускорением менее  $2,5 \text{ м/с}^2$  со скорости  $60 \text{ км/ч}$  до остановки. Выполнение второго условия связано с определением вероятности образования очереди из  $i$  автомобилей. Длина очереди

$$l_{0i} = i(l_0 + \Delta l_0),$$

где  $l_0$  — габаритная длина автомобиля;  $\Delta l_0$  — расстояние между стоящими автомобилями; для легковых автомобилей  $\Delta l_0 = 3$  м.

Расчетные значения  $L_T$ , определенные через возможную длину очереди ожидающих автомобилей, приведены в табл. 8.3.

Ширина полосы, выделяемой для левого поворота, должна быть достаточной для движения с изменяющейся скоростью. Опыт эксплуатации таких полос показывает, что для легковых автомобилей ширина полосы может быть уменьшена до 3,0 м, для грузовых автомобилей необходимо 3,5 м.

Если на главной улице, где выделяется полоса для левого поворота, разделительной полосы нет, то левоповоротный поток должен быть отделен от транзитного движения направляющим островком. Длина отгона ширины дополнительной полосы должна быть не менее 20 м.

Методика проектирования канализированного пересечения заключается в последовательном проектировании траекторий движения по всем направлениям, разрешенным на пересечении. При этом исходя из того, что главное направление не должно испытывать помехи от движения поворачивающих потоков, все планировочные элементы располагают таким образом, чтобы они не оказывали влияние на прямое движение по главному направлению. Это достигается выполнением следующих правил: угол отклонения потока от первоначального направления должен быть менее  $7^\circ$ , скорость вливающих в основной транспортный поток и выходящих из него автомобилей должна отличаться не более чем на 20% от средней ско-

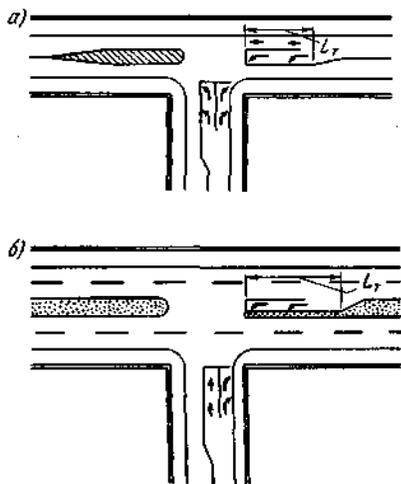


Рис. 8.9. Выделение на проезжей части главной дороги специальной полосы для поворота налево:

а — при отсутствии разделительной полосы на главной дороге; б — при наличии разделительной полосы

Таблица 8.3

Интенсивность движения по главной дороге в двух направлениях, авт./ч	Длина участка торможения (м) при доле левоповоротного движения с главной дороги, %			
	10	20	30	40
200	40	40	60	90
300	40	50	70	110
400	50	70	90	130
500	70	90	120	160
600	100	120	160	210
800	150	170	210	260
1000	200	220	260	300

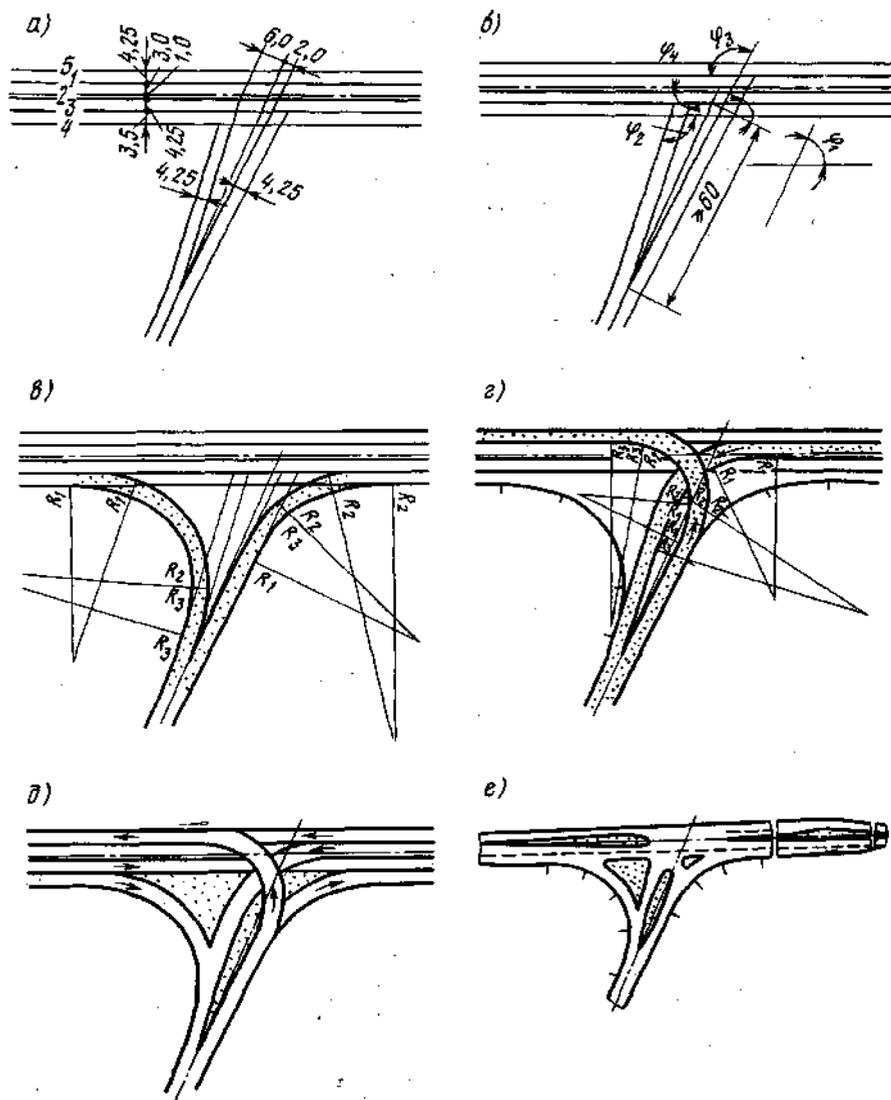


Рис. 8.10. Последовательность проектирования полностью канализированного пересечения:

а — разграничение полос движения и зон для расположения направляющих островков; б — определение углов поворота съездов; в — проектирование правоповоротных съездов; г — проектирование левоповоротных съездов; д — расположение съездов на поверхности пересечения; е — общий вид канализированного пересечения

рости этого потока; все планировочные элементы должны быть удалены от кромки проезжей части главного направления на расстояние не менее 2,5 высоты окаймляющих их бортовых камней.

Пересечение начинают проектировать с выбора типа планировочного решения и установления отдельных его элементов: угла пересечения осей улиц, радиусов правых и левых поворотов, ширины полос движения. Форму и размеры переходно-скоростных полос принимают в зависимости от интенсивности движения по главной улице. Для проектирования используют план улицы в масштабе 1:250 или 1:1500. На план наносят ряд линий, разграничивающих зоны, в которых будут расположены элементы планировочного решения (рис. 8.10, а). Эти линии имеют определенное значение (номера на линиях соответствуют очередности их нанесения).

Линии 1 и 2 ограничивают полосу шириной 4 м, где должны быть расположены разделительные островки на главной дороге. Положение линий относительно оси дороги соответствует размерам и положению островков на главной дороге. Линия 1 отстоит от осевой на расстоянии не менее 3 м, линия 2 — на 1 м. Линии 3 и 5 означают кромку проезжей части главной дороги. При устройстве разделительных островков на главной дороге ширина полосы движения должна назначаться с учетом необходимого уширения.

Линия 4 — внешняя кромка переходно-скоростной полосы. Ширина этой полосы назначается не менее 3,5 м.

На второстепенной дороге выбирают зону, где будет расположен центральный островок. Этот островок ограничивается линиями, которые образуют между собой угол  $8^\circ$ , а с осью дороги 2 и  $6^\circ$ . Вершина островка удалена от кромки проезжей части главной дороги на расстояние не менее 60 м (рис. 8.10, б).

Все полосы для поворачивающего движения на пересечении проектируют по коробовой кривой, параметры которой определяют через угол поворота  $\varphi$ .

Все полосы для поворачивающего движения проектируют в такой последовательности: определяют угол поворота  $\varphi_i$ , по нему радиус  $R_2$ , затем  $R_1$  и  $R_3$ ; по табл. 8.3 определяют углы  $\alpha_1$  и  $\alpha_3$ ;  $\alpha_2 = \varphi_i - \alpha_1 - \alpha_3$ ; рассчитывают положение начала и конца коробовой кривой, затем вписывают коробовую кривую и по радиусу  $R_2$  определяют ширину съезда  $B$  и очерчивают границы полосы. Этот алгоритм выглядит следующим образом:

$\varphi_i \rightarrow R_2 \rightarrow R_1; R_3 \rightarrow \alpha_1, \alpha_3 \rightarrow \alpha_2 = \varphi_i - \alpha_1 - \alpha_3 \rightarrow A0,0B \rightarrow$  вписывание коробовой кривой-  
 $\rightarrow B \rightarrow$  очерчивание полосы.

Переходно-скоростные полосы располагают на главной дороге, начиная от конца коробовой кривой. Если по условиям движения требуется клинообразная полоса, ее внешнюю кромку располагают по касательной к коробовой кривой.

Расчетная скорость для поворачивающего движения на канализированных пересечениях не должна быть высокой: для левого по-

поворота 15 — 20 км/ч; для правого 20 — 25 км/ч. Этому условию соответствуют коробовые кривые, у которых радиус центральной дуги  $R_2 \geq 20$  м для  $v = 25$  км/ч и  $10 \text{ м} < R_2 < 15$  м для  $v = 15$  км/ч.

Разделительные островки на главной дороге располагают за пределами коробовых кривых, очерчивающих левоповоротные съезды. Размеры этих островков определяют с учетом интенсивности левоповоротного потока и транзитного движения по главной дороге. Интенсивность отгона ширины островка должна быть не более 1:30.

Если на главной дороге имеется центральная разделительная полоса, то для левого поворота проектируется только зона  $L_r$  (см. рис. 8.9, б).

Неиспользуемые для движения зоны на поверхности пересечения должны быть закрыты газоном. Эти зоны образуют направляющие островки. Контуры островков и их расположение на проезжей части строго определены очертаниями полос движения, поэтому сдвигать эти островки или произвольно менять их очертания недопустимо. Размеры островков на второстепенной дороге, полученные при проектировании полос для поворачивающего движения, носят название *геометрические*. Физические размеры островков несколько меньше. Для устранения влияния их на режим движения по главной дороге линию бортового камня следует удалить от кромки проезжей части на расстояние не менее 1,5 м. На второстепенной дороге физическая граница островка удалена от геометрической на расстояние не менее 0,5 м. Все углы островков, направленные навстречу движению, должны быть скруглены кривыми радиусом 1 м (рис. 8.11).

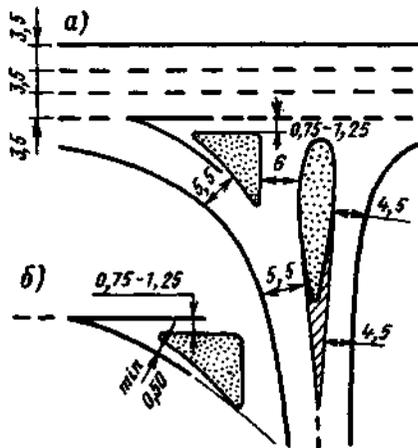


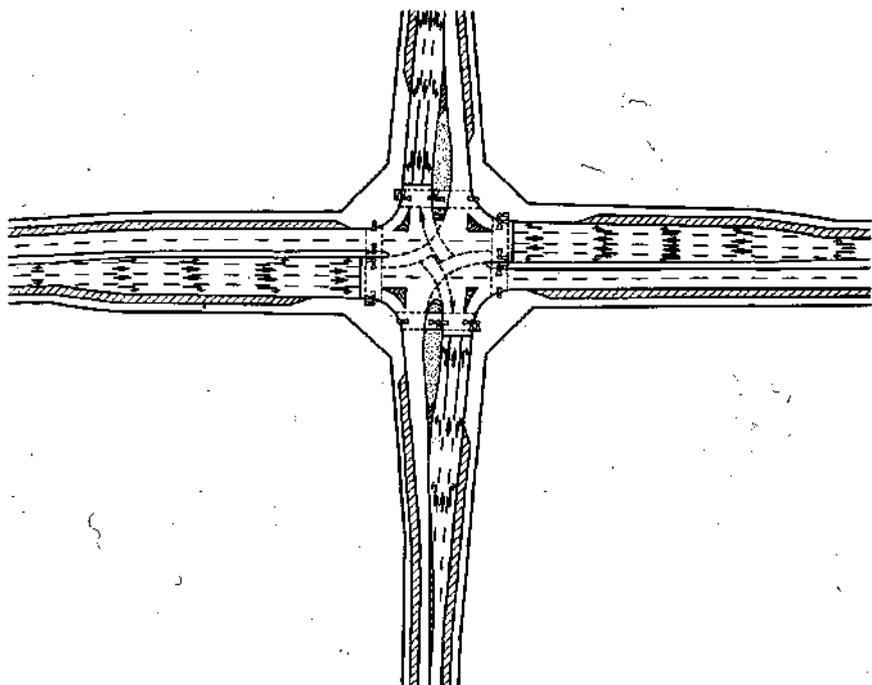
Рис. 8.11. Направляющие островки на второстепенной дороге (все размеры указаны в м): а — общий вид; б — треугольный островок

Общий вид полностью канализированного пересечения показан на рис. 8.12.

Методика проектирования частично канализированных пересечений та же, что и полностью канализированных. Отличие заключается в отсутствии разделительных островков на главной дороге.

### 8.5. КОЛЬЦЕВЫЕ САМОРЕГУЛИРУЕМЫЕ ПЕРЕСЕЧЕНИЯ

Кольцевые пересечения по обеспеченности безопасности движения занимают промежуточное положение между нерегулируемыми пересечениями в одном уровне и пересечениями в разных уровнях:



**Рис. 8.12. Планировки полностью канализированного пересечения**

Рис. 8.12. Планировки полностью канализированного пересечения на них как и на пересечениях в разных уровнях отсутствуют пересечения потоков (конфликтные точки). Опыт эксплуатации показывает, что замена нерегулируемого крестообразного пересечения саморегулируемым кольцевым позволяет снизить аварийность в 1,5—3,0 раза.

Кольцевые пересечения, уравнивая скорости движения всех пересекающихся потоков независимо от их приоритетности, особенно эффективны на пригородных участках автомобильных дорог и в городе, где скорость движения ограничена 40—60 км/ч. Особенно эффективно кольцевое движение на пересечениях трех- и более улиц или дорог.

При проектировании кольцевых пересечений приходится решать несколько задач, основными из которых являются: выбор расчетной скорости движения на кольце; выбор радиуса кольцевой проезжей части; оценка пропускной способности кольца; оценка безопасности движения.

Расчетная скорость движения на кольце может быть установлена исходя из условий достижения наибольшей пропускной способности и наименьшей величины транспортных потерь и обеспечения безопасности движения.

Наибольшая пропускная способность достигается при использовании для вливания в кольцевой поток предельно малых интервалов между автомобилями. Наименьший граничный интервал на кольцевых пересечениях наблюдается при скоростях движения 25 — 30 км/ч. Транспортные потери на кольцевом пересечении будут тем меньше, чем меньше разница скоростей движения на кольце и на подходах к нему. В городских условиях выровнять эти скорости за счет планировки пересечения практически невозможно: потребуются кольца диаметром 200 — 300 м. Эта задача решается сопоставлением строительных и транспортных затрат. Минимум приведенных затрат будет соответствовать оптимальной с точки зрения экономики планировке пересечения. Однако из-за того, что не все показатели имеют стоимостное выражение, проектное решение должно быть оценено еще и с позиций обеспечения безопасности автомобильного движения и удобства пешеходов. Опыт показывает, что из условия обеспечения безопасности скорость движения на входе и на самом кольце должна быть не менее 0,6 — 0,7 от фактической на подходах.

Таким образом, для выполнения каждого из трех условий требуется своя расчетная скорость движения на кольце (табл. 8.4).

Выбор расчетной скорости зависит от того, какое из трех условий в конкретной обстановке является определяющим. На автомобильных дорогах, работающих при уровне загрузки не выше 0,3, таким условием является обеспечение безопасности движения, на городских магистралях — обеспечение пропускной способности.

Для автомобильных дорог рекомендуются следующие расчетные скорости движения на кольцах, км/ч:

Техническая категория дороги . . . . .	I	II	III	IV, V
Рекомендуемая расчетная скорость на кольце . . . . .	50	45	40	30

Для городских условий расчетная скорость движения на всем кольцевом пересечении рекомендуется 25—30 км/ч.

Скорость движения на кольцевом пересечении будет определяться не только диаметром кольца, но и всей планировкой пересечения: радиусами примыканий к кольцу, шириной проезжей части, числом полос движения. Связь между этими показателями

Таблица 8.4

Условие	Расчетная скорость (км/ч) при скорости движения на подходах, км/ч			
	40	60	80	100
Наибольшая пропускная способность кольца		25—30		
Наименьшие транспортные потери на пересечении	25	30	40	45
Обеспечение безопасности движения	25	45	55	70

...овлена опытным путем. Для колец с уровнем загрузки менее 0,3 наблюдаются следующие соотношения:

Диаметр центрального островка, м . . . . .	15	30	60
Скорость движения на пересечении, км/ч . . . . .	20	25	30
Радиусы примыканий, м:			
рекомендуемые . . . . .	15	20	25
минимальные . . . . .	10	10	15

Режимы и безопасность движения на кольцевом пересечении с числом полос движения две и более будут определяться уровнем загрузки кольца. При уровне загрузки менее 0,3, что в среднем составляет 200—250 авт./ч, движение по кольцу не представляет опасности, но при большей интенсивности движения и особенно при уровне загрузки более 0,5 движение становится опасным и возможны кратковременные заторы. Это объясняется наличием на кольце особых участков — зон переплетения потоков.

В зоне переплетения происходит одновременная встречная смена полос движения автомобилями, движущимися по соседним полосам проезжей части. При двухполосной проезжей части зона переплетения считается простой, при трех полосах движения и более — сложной (рис. 8.13). Участок проезжей части работает как зона переплетения, а не как пересечение, только при условии обеспечения малого угла встречи потоков: менее  $7^\circ$  — зона переплетения; при  $10^\circ$ — $20^\circ$  — слияния; более  $20^\circ$  — пересечения. При этом изменяются и граничные промежутки времени:

Угол встречи потоков, град. . . . .	90	45	20	10	и менее
Граничный интервал времени при перестроении, с . . . . .	12	9	7	4	

Минимальная длина зоны переплетения определяется минимальной длиной маневра смены полосы движения. Эта длина может быть рассчитана из условия продолжительности такого маневра не менее 4 с. Опытным путем установлено, что одновременная смена полос движения наблюдается при длине простой зоны переплетения более 30 м. Длина сложных зон переплетения должна быть больше: при трехполосной проезжей части 60 м, четырехполосной — 90 м. С увеличением длины зоны переплетения граничный промежуток времени, необходимый для выполнения маневра, уменьшается (рис. 8.14) и пропускная способность зоны переплетения увеличивается.

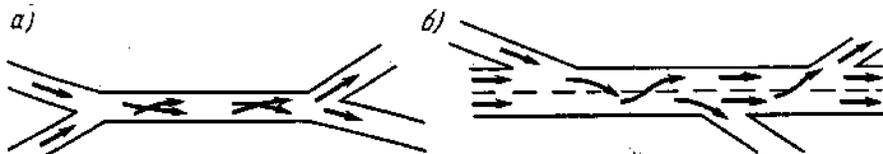


Рис. 8.13. Схема зон переплетения:  
а — простая; б — сложная

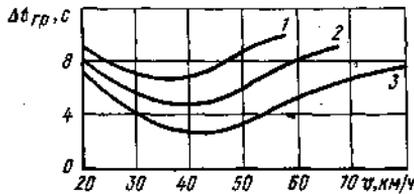


Рис. 8.14. Изменение граничного промежутка времени  $\Delta t_{гр}$ , необходимого для выполнения маневра в зоне переплетения в зависимости от скорости движения  $v$  и длины зоны переплетения: 1 — 30 м; 2 — 60 м; 3 — 100 м

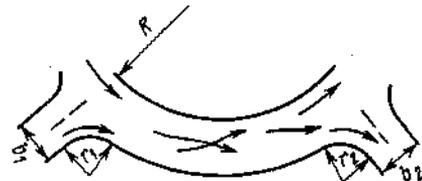


Рис. 8.15. Зона переплетения на кольцевом пересечении

Максимальная пропускная способность зоны переплетения  $N_{зп}$  может быть рассчитана по формуле, которая получена по тому же принципу, что и формула (8.3):

$$N_{зп} = N_{max} \frac{e^{-N_{max}/3600\Delta t_{гр}}}{1 - e^{-N_{max}/3600\Delta t}}$$

где  $N_{max}$  — большая из интенсивностей движения на соседних полосах в зоне переплетения;  $\Delta t$  — минимальный интервал движения на одной полосе, принимается для легковых автомобилей 2,0 с, для грузовых — 2,5 с.

Практическая пропускная способность зоны переплетения в зависимости от ее длины следующая:

Длина зоны переплетения, м	30	60	100 и более
Пропускная способность (авт./ч) при составе потока:			
100% легковых автомобилей	500	800	1100
80% » »	400	600	800
20% » »	350	500	700
100% грузовых автомобилей	300	450	650

Зона переплетения на кольцевом пересечении расположена между соседними вливающими улицами (рис. 8.15). Поскольку именно она определяет пропускную способность пересечения, внутренний диаметр кольца определяют через длину этой зоны:

$$D = \Sigma L_i / \pi,$$

где  $L_i$  — часть кольца, включающая длину зоны переплетения ( $l_{зп}$ ), ширины проезжих частей соседних улиц ( $b_1$  и  $b_2$ ) и длины съезда, принимаемые равными радиусам ( $r_1$  и  $r_2$ ) этого съезда.

$$\text{Расстояние } L_i = l_{зп} + b_1 + b_2 + r_1 + r_2.$$

Ширину кольцевой проезжей части выбирают с учетом интенсивности движения. При уровне загрузки менее 0,3 движение по кольцу осуществляется не более чем в две полосы, при большем уровне загрузки в три полосы. Большое число полос нежелательно, так как это повлечет резкое снижение пропускной способности.

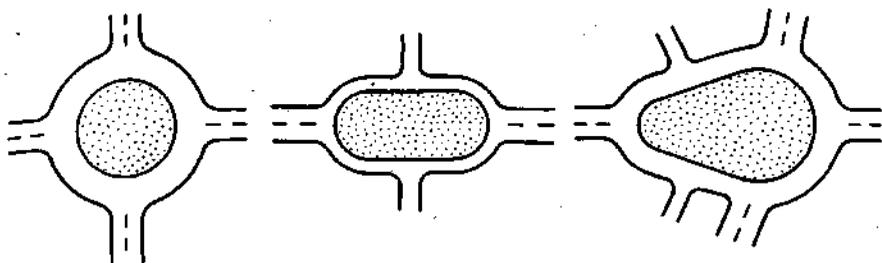


Рис. 8.16. Формы городских пересечений

Рис. 8.16. Формы городских пересечений

Ширину полосы движения назначают с учетом диаметра центрального островка:

Диаметр островка, м . . . . .	60 и менее	80	100 и более
Ширина одной полосы движения, м . . . . .	5,5	5,0	4,5

В условиях города, особенно при недостатке свободных площадей, центральный островок не обязательно должен быть в виде круга. Он может быть овальным или грушевидной формы (рис. 8.16). Необходимо выполнение двух условий: радиус кривизны этого островка должен обеспечивать движение с расчетной скоростью, расстояния между вливающимися улицами по кольцу должны обеспечивать размещение зоны переплетения необходимой длины.

### 8.6. ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ НА ПЕРЕСЕЧЕНИЯХ ГОРОДСКИХ УЛИЦ И ДОРОГ

Безопасность движения на пересечениях зависит от способа организации движения. На пересечениях со светофорным регулированием преобладают два вида дорожно-транспортных происшествий (ДТП): наезд на резко затормозивший автомобиль и столкновение с автомобилем, движущимся на запрещающий сигнал светофора. Уровень аварийности на таких пересечениях определяется в основном дисциплиной водителей.

На нерегулируемых пересечениях с делением пересекающихся дорог на главную и второстепенную безопасность движения зависит от соблюдения правила очередности проезда и продолжительности нахождения автомобилей второстепенного направления в конфликтной зоне. На городских нерегулируемых пересечениях безопасность движения определяется планировочным решением пересечения и интенсивностью движения автомобилей и пешеходов. Четкая организация движения, разделение потоков автомобилей разных направлений, канализованные движения позволяют снизить аварийность на таких пересечениях по сравнению с необорудованными как минимум вдвое.

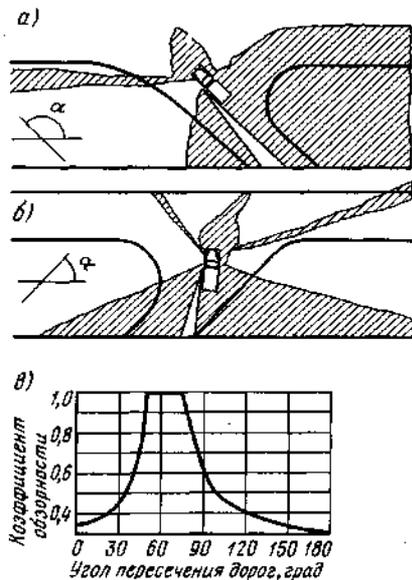


Рис. 8.17. Обзорность на пересечении с места водителя (непроглядываемые зоны заштрихованы): а — угол пересечения более  $90^\circ$ ; б — оптимальный угол пересечения; в — график коэффициента обзорности

Одним из факторов, определяющих безопасность движения на нерегулируемых пересечениях, является интенсивность движения на второстепенной дороге. Чем выше эта интенсивность и чем ближе она к интенсивности движения по главной дороге, тем чаще на пересечении нарушается правило преимущества проезда и создается конфликтная ситуация. Ввиду того что с увеличением числа полос движения на главной дороге опасность нерегулируемых пересечений возрастает, область их применения должна быть ограничена улицами и дорогами местной сети.

На безопасности движения сказывается угол пересечения. Одна из причин этого — изменение обзорности с места водителя в зависимости от положения автомобиля на пересечении. Часть поверхности пересечения закрывают от водителя стойки остекления кабины. Наиболее затруднена оценка дорожной ситуации на части поверхности пересечения,

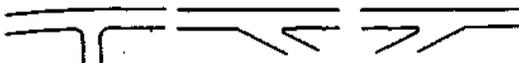
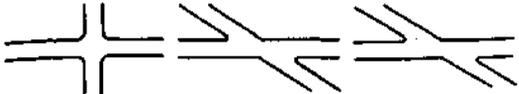
расположенной справа от водителя. Оценка эта тем сложнее, чем больше угол пересечения (рис. 8.17). При углах пересечения дорог  $50\text{--}75^\circ$  обеспечивается наилучшая обзорность и наибольшее значение коэффициента безопасности (отношение скорости движения автомобилей на подходе к скорости на пересечении). Эти пересечения имеют и наименьшую опасность для движения (табл. 8.5).

На безопасности движения сказывается также и планировка пересечения. При радиусах закруглений менее 10 м автомобили выходят за границы отведенной им полосы на проезжей части и создают помехи на других полосах движения. Статистика показывает, что аварийность на нерегулируемых пересечениях с радиусами закруглений менее 15 м в 5–6 раз выше, чем на пересечениях с радиусами закруглений более 15 м. На регулируемых пересечениях это соотношение составляет 2:1.

На пересечениях, где конфликтные точки располагаются на расстоянии 10–15 м друг от друга, число ДТП в 2,0–2,5 раза меньше, чем на пересечениях с тесным расположением.

Наибольшую опасность для движения представляют левые повороты, особенно с второстепенной дороги. На их долю приходится более 40% от всех ДТП на пересечениях (табл. 8.6).

Таблица 8.5

Тип пересечения	Средний угол пересечения, град	Среднее значение коэффициента безопасности	Среднее число ДТП на 10 млн. автомобилей
<i>Примыкания</i> 	97	0,58	4,36
	119	0,39	5,71
	62	0,86	3,68
<i>Пересечения</i> 	91	0,67	4,82
	123	0,38	7,28
	78	0,88	2,91

Примечание. Цифровые данные в таблице расположены в порядке, соответствующем порядку расположения типов пересечения.

Для оценки безопасности движения на пересечениях применяется метод, основанный на использовании данных статистики ДТП. Метод построен на том, что каждая из конфликтных точек на пересечении представляет для движения опасность тем большую, чем

Таблица 8.6

Направление движения	Схема ДТП	Число ДТП, %	Схема ДТП	Число ДТП, %	Всего ДТП на данном направлении, % от общего числа ДТП на пересечении
Левый поворот: с главной дороги		8,1		11,2	19,3
с второстепенной дороги		18,3		26,7	44,0
Правый поворот: с главной дороги		8,1		1,55	9,65
с второстепенной дороги		4,2		2,8	7,05
Прямое		5,2		12,6	17,8
Левый и правый повороты		0,4		1,8	2,2

Взаимодействующие потоки	Схема движения	Характеристика пересечения	Относительная аварийность, ДТП на 10 млн. автомобилей	
			Необорудованное пересечение	Канализованное пересечение
Слияние	Правый поворот 	$R < 15 \text{ м}$ $R \geq 15 \text{ м}$ $R \geq 15 \text{ м}$ , переходные кривые $R \geq 15 \text{ м}$ , переходные кривые, переходно-скоростные полосы	0,0250 0,0040 0,0008 0,0003	0,0200 0,0020 0,0008 0,0003
	Левый поворот 	10 м $10 \text{ м} < R < 25 \text{ м}$ $10 \text{ м} < R < 25 \text{ м}$ , переходно-скоростные полосы	0,0320* 0,0025* 0,0005	0,0022* 0,0017* 0,0005
Пересечение		$0^\circ < \alpha < 30^\circ$ $30^\circ < \alpha < 50^\circ$ $50^\circ < \alpha < 75^\circ$ $75^\circ < \alpha < 90^\circ$ $90^\circ < \alpha < 120^\circ$ $120^\circ < \alpha < 150^\circ$ $150^\circ < \alpha < 180^\circ$	0,0080 0,0050 0,0036 0,0056 0,0120 0,0210 0,0350	0,00E0 0,0025 0,0018 0,0028 0,0060 0,0105 0,0175
Разделение	На правом повороте 	$R < 15 \text{ м}$ $R \geq 15 \text{ м}$ $R \geq 15 \text{ м}$ , переходные кривые $R \geq 15 \text{ м}$ , переходные кривые, переходно-скоростные полосы	0,200 0,0060 0,0005 0,0001	0,0200 0,0060 0,0005 0,0001
	На левом повороте 	$R < 10 \text{ м}$ $10 \text{ м} < R < 25 \text{ м}$ $10 \text{ м} < R < 25 \text{ м}$ , переходно-скоростные полосы	0,0300 0,0040 0,0010	0,0300 0,0025 0,0010
Два поворачивающих потока		Разделение двух потоков	0,0015	0,0010
		Пересечение двух левоповоротных потоков	0,0020	0,0005
		Слияние двух потоков	0,0025	0,0012

Примечание. Для определения  $K_i$  данные таблицы, отмеченные звездочкой, нужно умножить на коэффициент  $K_\alpha$ , учитывающий угол пересечения дорог:

$\alpha$ , град . . . . .	До 30	40	50—75	90	120	150
$K_\alpha$ . . . . .	1,8	1,2	1,0	1,2	1,9	2,1

больше интенсивность пересекающихся в этой точке потоков. Опасность каждой конфликтной точки

$$q_i = K_i M_i N_i \cdot 25 \cdot 10^{-7} / K_r, \quad (8.5)$$

где  $K_i$  — относительная аварийность (опасность) конфликтной точки, ДТП на 10 млн. автомобилей;  $M_i, N_i$  — интенсивности пересекающихся в конфликтной точке потоков, авт./сут.

Данные об относительной аварийности конфликтных точек на нерегулируемом пересечении двухполосных улиц и дорог представлены в табл. 8.7. Они могут быть использованы и для многополосных улиц и дорог. Для этого относительную аварийность для прямого пересечения и левого поворота нужно умножить: на 3,5, если главное направление имеет четырехполосную проезжую часть с разделительной полосой, и на 4,5, если такой разделительной полосы нет.

Общая опасность пересечения

$$G = \sum_{i=1}^n q_i, \quad (8.6)$$

где  $n$  — число конфликтных точек на пересечении.

Методика прогнозирования аварийности путем оценки опасности конфликтных точек пригодна и для кольцевых пересечений (табл. 8.8).

При радиусе центрального островка менее 10 м конфликтные точки оцениваются на кольцевом пересечении по схеме крестообразного пересечения. При этом отсутствуют конфликтные точки пересечения при левом повороте. Общую опасность кольцевого пересечения оценивают по формулам (8.5) и (8.6).

На многополосных кольцевых пересечениях из-за переплетения потоков аварийность в 1,5—2,0 раза больше, чем на однополосных.

Таблица 8.8

Взаимодействие потоков	Радиус съезда, м	Относительная аварийность (ДТП на 10 млн. автомобилей) при радиусе внутренней кромки кольца, м							
		15	20	25	30	40	50	60	100 и более
Слияние: на многополосном кольце	15	0,0040	0,0030	0,0022	0,0018	0,0013	0,0010	0,0008	0,0003
	Менее 15	0,0040	0,0030	0,0012	0,0015	0,0010	0,007	0,0005	0,0004
		Более 15	0,0040	0,0025	0,0013	0,0010	0,0007	0,0005	0,0004
Разделение: на многополосном кольце	15	0,0028	0,0020	0,0014	0,0012	0,0009	0,0007	0,0005	0,0002
	Менее 15	0,0028	0,0020	0,0014	0,0010	0,0007	0,0006	0,0005	0,0003
		Более 15	0,0016	0,0012	0,0010	0,0007	0,0005	0,0004	0,0003
Переплетение потоков на многополосном кольце	—	—	—	—	0,0016	0,0013	0,0010	0,0008	0,0006

Таблица 8.9

Взаимодействие потоков	Схемы движения	Опасность конфликтной точки, ДТП на 10 млн. автомобилей
Разделение: повороты без помех с полосы прямого или поворотного движения		0,000100
левый поворот при наличии помех с других полос		0,000102
Пересечение левоворотного потока с прямым		0,000048
Пересечение автомобильных потоков с трамвайным движением		0,000207
Слияние на одной полосе		0,000968
Наезд на автомобили при подходе к стоп-линии		0,012425*

\* При оценке опасности этой конфликтной точки используют сумму всех потоков, подходящих к пересечению.

Безопасность движения на пересечениях со светофорным регулированием оценивают также по опасности конфликтных точек. В отличие от нерегулируемых пересечений на регулируемых выделяют шесть конфликтных точек (табл. 8.9).

Наиболее опасными конфликтными точками являются наезды у стоп-линий и слияния на одной полосе. При совершенствовании организации движения за счет планировочных решений эти конфликтные точки подлежат устранению в первую очередь.

Опасность конфликтных точек (за исключением наездов) на пересечениях со светофорным регулированием

$$q_i = K_i M_i N_i \cdot 10^{-2},$$

где  $N_i$ ,  $M_i$  — интенсивности потоков, пересекающихся в конфликтной точке, авт./ч.

Число наездов

$$q_n = K_n (M_{I\Sigma} + N_{I\Sigma}) 10^{-2},$$

где  $K_n$  — опасность наезда, ДТП на 10 млн. автомобилей;  $N_{I\Sigma}$ ,  $M_{I\Sigma}$  — суммарные интенсивности движения у пересечения, авт./ч.

Возможную аварийность на пересечении можно определить по эмпирической формуле:

$$G_p = -0,468 + q_n + \sum_{i=1}^n q_i,$$

где  $G_p$  — аварийность на регулируемом пересечении, ДТП/год;  $n$  — число конфликтных точек.

Для оценки безопасности движения пешеходов на регулируемом пересечении пользуются эмпирической формулой, полученной на основании регрессионного анализа:

$$G_n = 0,0025 + 0,92 \cdot 10^{-3} \sum_{i=1}^n (H_n^{1/4} H_i), \quad (8.7)$$

где  $G_n$  — число ДТП с пешеходами в год;  $H_n$  — интенсивность движения пешеходов по переходу, число пешеходов в час;  $H_i$  — суммарная интенсивность транспортных потоков через переход, авт./ч;  $n$  — число пешеходных переходов на пересечении.

Общее число ДТП за 1 год на регулируемом пересечении следует определять с учетом движения пешеходов:  $G = G_p + G_n$ . Уровень обеспеченности безопасности движения на пересечениях оценивают показателем аварийности

$$K_a = \frac{G K_T \cdot 10^7}{25(M_2 + N_2)}, \quad (8.8)$$

где  $N_2, M_2$  — интенсивности движения на пересекающихся дорогах, авт./сут.

По показателю  $K_a$  можно судить об опасности пересечения:

$K_a$ . . . . .	3	3—8	8—12	12
Опасность пересечения . . . . .	Не опасное	Мало опасное	Опасное	Очень опасное

В зависимости от показателя аварийности нерегулируемого пересечения рекомендуются следующие мероприятия по повышению безопасности движения:

$K_a < 8$ . . . . .	Обеспечение обзора на пересечении, расстановка дорожных знаков
$K_a = 8 \div 12$ . . . . .	То же, разметка проезжей части, освещение поверхности пересечения
$K_a = 12 \div 16$ . . . . .	То же, частичное канализирование движения
$K_a > 16$ . . . . .	Строительство полностью канализированного пересечения, замена крестообразного пересечения кольцевым или введение светофорного регулирования

Пересечения улиц и дорог независимо от их планировочного Решения должны иметь показатель аварийности  $K_a < 8$ .

### Контрольные вопросы.

1. Что понимается под пропускной способностью нерегулируемого пересечения? В: чем разница между возможной и практической пропускной способностью?
2. Что такое граничный промежуток времени, чем определяется его величина?
3. Оказывают ли влияние на поток насыщения дорожные условия? Как учесть это влияние?
4. Что такое канализирование движения, каковы его основные принципы?
5. Каково соотношение радиусов дуг в коробовой кривой, используемой для проектирования траекторий движения автомобилей?
6. Каков алгоритм проектирования канализированных пересечений?
7. От чего зависит пропускная способность кольцевой проезжей части? Как рассчитать диаметр центрального островка?
8. Как оценить опасность конфликтной точки на пересечении, как оценить опасность всего пересечения?

ГОРОДСКИЕ ПЕРЕСЕЧЕНИЯ С РАЗВЯЗКОЙ ДВИЖЕНИЯ  
В РАЗНЫХ УРОВНЯХ9. 1. КЛАССИФИКАЦИЯ ПЕРЕСЕЧЕНИЙ С РАЗВЯЗКОЙ ДВИЖЕНИЯ  
В РАЗНЫХ УРОВНЯХ

Пересечения автомобильных дорог и городских улиц в разных уровнях позволяют, если не решить полностью, то по крайней мере уменьшить остроту таких проблем, как недостаточная пропускная способность пересечения, транспортные потери и безопасность движения на нем. Необходимая пропускная способность на таком пересечении обеспечивается за счет пропуска потоков в прямых направлениях в разных уровнях и строительства специальных съездов для поворачивающих потоков. Все это позволяет устранить очереди ожидающих у пересечения автомобилей, уменьшить транспортные затраты при автомобильных перевозках. Более высокая по сравнению с пересечениями в одном уровне безопасность движения на пересечениях в разных уровнях обеспечивается за счет исключения по наиболее загруженным направлениям самых опасных конфликтных точек пересечения.

Стоимость пересечений в разных уровнях очень высокая. Основные затраты связаны со строительством главного транспортного сооружения (тоннеля или эстакады), больших затрат требуют размещение этого сооружения и всей развязки на территории города и строительство съездов. Стоимости разных вариантов транспортной развязки на одном и том же пересечении могут различаться в несколько раз в зависимости от полноты развязки и уровня обеспечения удобства движения. Чем выше транспортная нагрузка пересечения, тем более совершенной должна быть транспортная развязка. Экономическая целесообразность ее определяется сопоставлением затрат на строительство и экономией за счет сокращения транспортных потерь и числа ДТП на пересечении.

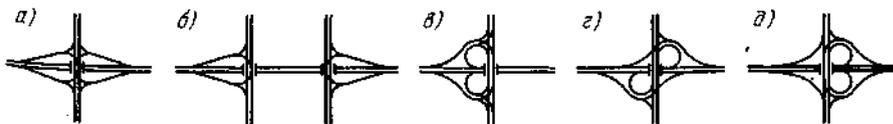


Рис. 9.1. Неполные пересечения в разных уровнях:

а, б — ромб; в — неполный «клеверный лист»; г, д — улучшенный «клеверный лист»

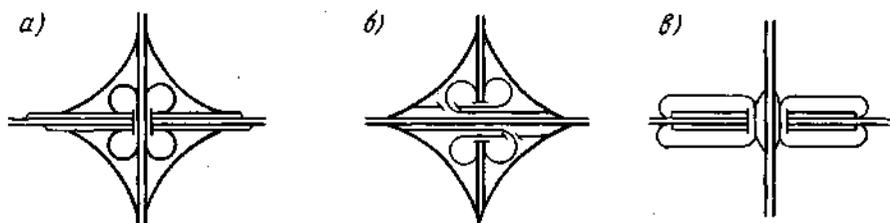


Рис. 9.2. Полные пересечения в разных уровнях:  
 а — «клеверный лист»; б — то же, с переходно-скоростными полосами; в — обжатый «клеверный лист»

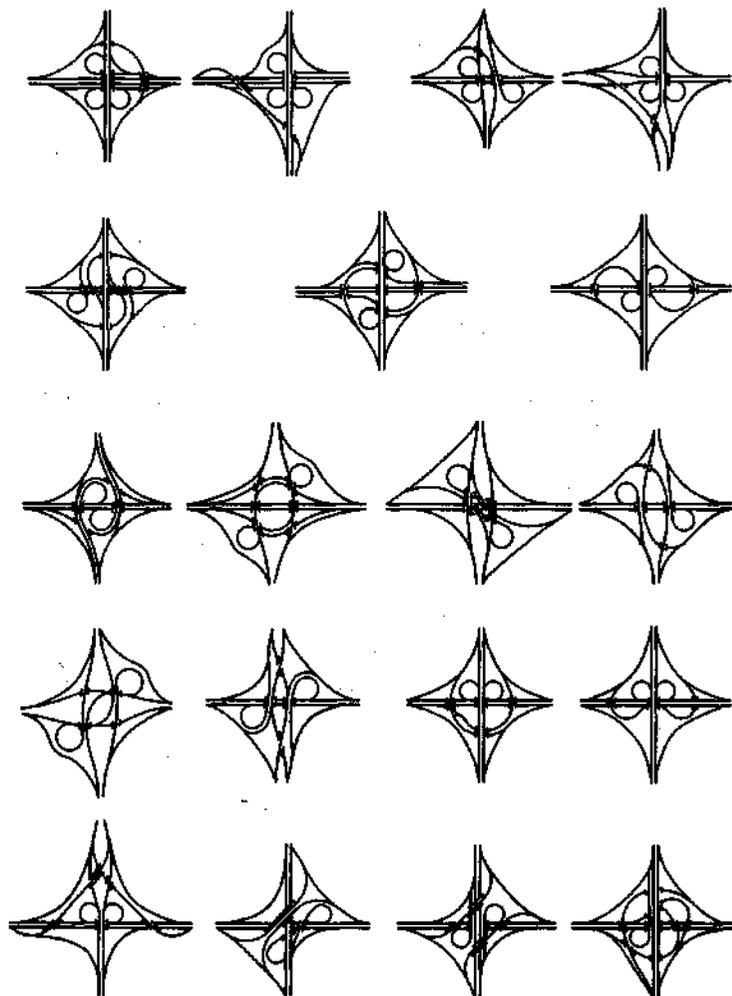
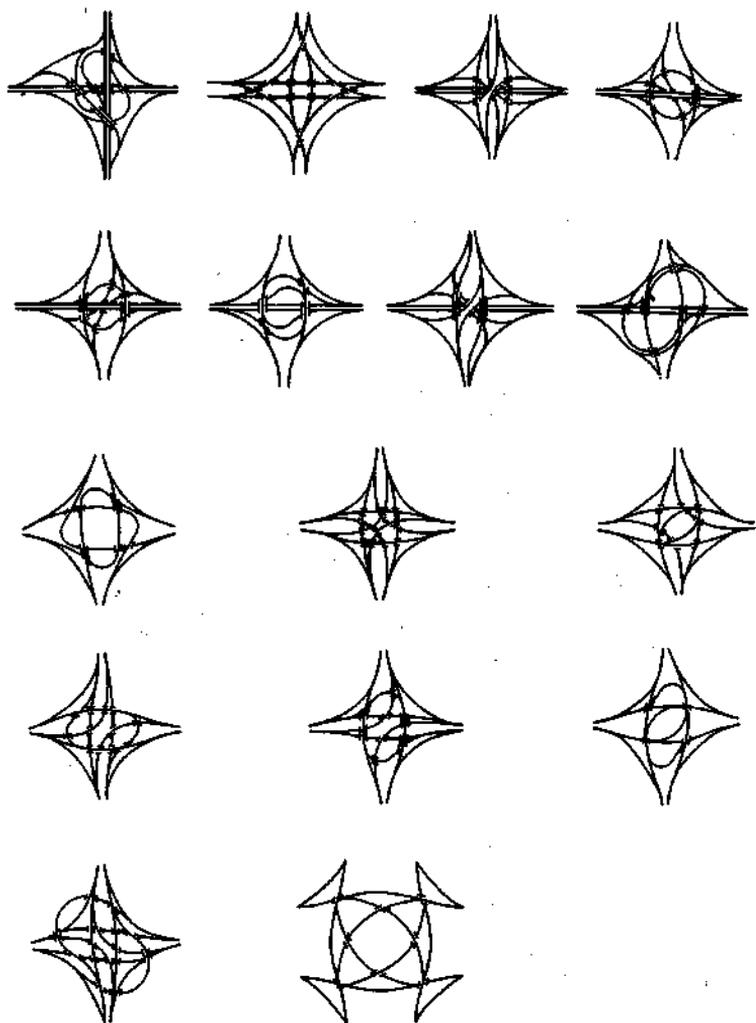


Рис. 9.3. Полные пересечения в разных уровнях с по-

Пересечения классифицируют по полноте развязки поворачивающих потоков, по числу уровней пересечения потоков и по схеме организации левоповоротного движения.

По полноте развязки поворачивающих потоков пересечения бывают полные и неполные. Пересечения в разных уровнях называют полными, если на них отсутствуют конфликтные точки пере-



Лупрымыми или прямыми левоповоротными съездами

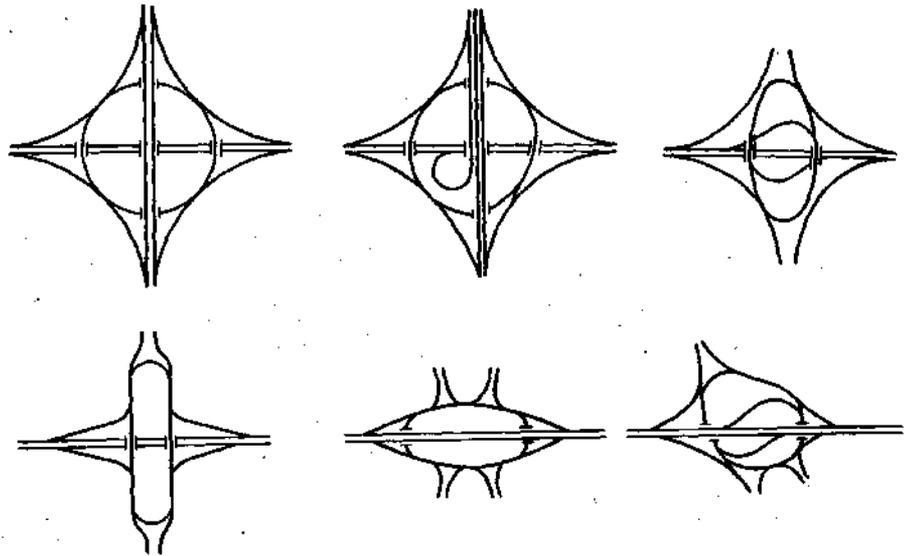


Рис. 9.4. Транспортные развязки с распределительными кольцами

сечения потоков и каждый из поворачивающих потоков движения по отдельному съезду. При отсутствии хотя бы одного из левоповоротных съездов пересечение относится к неполным, так как на нем либо не обеспечивается движение по всем направлениям, либо имеются конфликтные точки пересечения (рис. 9.1).

По числу уровней пересечения потоков пересечения разделяют на развязки в двух, трех и четырех уровнях. Наиболее распространены развязки в двух уровнях. Транспортная развязка в трех уровнях в 2,5—3,0 раза дороже развязки в двух уровнях.

По схеме организации левоповоротного движения пересечения в разных уровнях делят на развязки с петлеобразными левоповоротными съездами типа «клеверный лист», полупрямыми и пря-

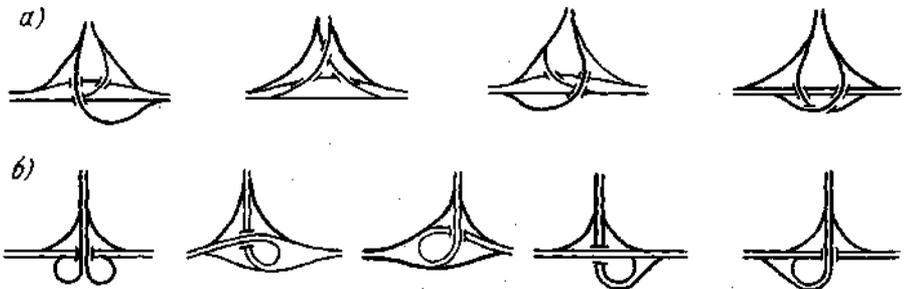


Рис. 9.5. Полные примыкания:

а — с прямыми левоповоротными съездами; б — типа «труба».

мыми левоповоротными съездами и съездами свободных очертаний на сложных развязках с тремя пересекающимися направлениями и более (рис. 9.2—9.5).

Наибольшее распространение на автомобильных дорогах и в городах получили неполные пересечения. Из полных пересечений наиболее распространены развязки типа «клеверный лист».

## 9.2. ГОРОДСКИЕ НЕПОЛНЫЕ ПЕРЕСЕЧЕНИЯ В РАЗНЫХ УРОВНЯХ

Полные транспортные развязки требуют для своего размещения больших площадей, найти которые в городе, особенно в условиях сложившейся застройки, часто невозможно. Кроме того, не всегда интенсивность левоповоротных потоков оправдывает затраты на строительство для них специальных съездов. Часто для достижения необходимой пропускной способности пересечения достаточно обеспечить непрерывное движение по главному (как правило, прямому) направлению, а поворачивающие потоки развязать с помощью светофорного регулирования.

При выборе схемы и планировочного решения неполной транспортной развязки транспортный тоннель или путепровод располагают по главному направлению (если позволяет рельеф местности), так как эти сооружения обеспечивают более удобное движение транспортных потоков. Кроме этого, такая планировка позволяет на главном направлении исключить конфликтные точки пересечения и расположить их на второстепенном направлении.

*Развязка типа «прокол»* является простейшей неполной транспортной развязкой (рис. 9.6). Ее устраивают на пересечениях скоростных магистралей с местной уличной сетью или на пересечениях улиц, не связанных между собой движением. Такие развязки обеспечивают пропуск только транзитных потоков, конфликтные точки на них отсутствуют. При необходимости пропуск поворачивающих потоков обеспечивают за счет светофорного регулирования (рис. 9,7). Такая схема развязки позволяет обеспечить высокие пропускную способность и скорость движения по главному направлению при обычной ширине магистральных улиц без дополнительных уширений. Суммарная интенсивность поворачивающего Движения может составлять 300—400 авт./ч.

Транспортные развязки такого типа целесообразны в условиях сложившейся плотной городской застройки. Недостатком их являются большие транспортные потери и очереди автомобилей на второстепенном направлении.

На магистральных улицах шириной в красных линиях более 50 м возможно размещение *транспортной развязки с левоповоротными съездами* по наиболее загруженным направлениям. Прямое Движение и левый поворот с второстепенного направления развязывают с помощью светофорного регулирования (рис. 9.8, а).

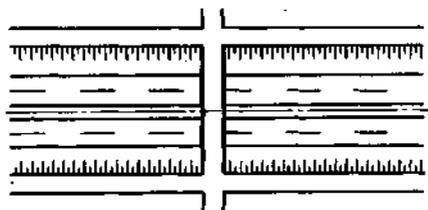


Рис. 9.6. Схема транспортной развязки типа «прокол»

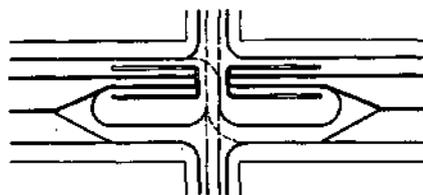


Рис. 9.7. Схема неполной транспортной развязки со светофорным регулированием (сплошные линии — непрерывное движение, пунктирные — регулируемое)

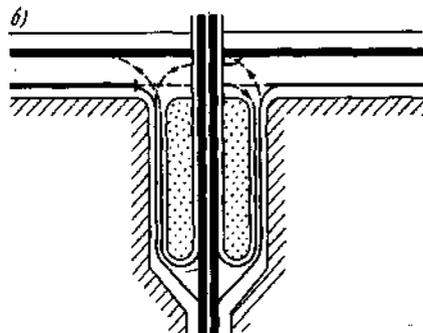
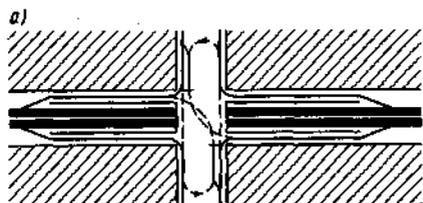


Рис. 9.8. Схемы транспортных развязок:  
а — с двумя левоповоротными съездами;  
б — на предмостовой площадке

Развязки такого типа обладают высокой пропускной способностью по главному направлению: не менее 1000 авт./ч на одну полосу. Пропускная способность одной полосы второстепенного направления при двухфазном светофорном регулировании достигает 500—600 авт./ч. Эти развязки целесообразны на пересечениях магистралей непрерывного движения с улицами категории районной магистрали и ниже.

Транспортные развязки типа «улучшенный неполный клеверный лист» часто применяются на предмостовых площадях (рис. 9.8, б). Левоповоротные съезды таких развязок выполняют по схеме петли, поэтому для размещения развязки требуется значительная площадь: 100—150 м в длину и 20—25 м в ширину по обе стороны моста. Движение по набережной регулируется светофором.

Расчет неполной транспортной развязки включает расчет пропускной способности по направлению непрерывного и регулируемого движения, расчет плана и продольного профиля транспортного тоннеля или эстакады, расчет геометрических элементов съездов и планово-высотное согласование элементов планировочного решения развязки.

Пропускную способность на неполных транспортных развязках рассчитывают для прямых и поворачивающих направлений. По главному направлению, не имеющему помех от поворачивающего движения (рис. 9.9, а), пропускная способность ограничивается числом полос движения. Пропускную способность по этому направлению рассчитывают как для

перегона улицы с учетом коэффициентов многополосности по формуле (3.2).

При расчете пропускной способности второстепенного направления также пользуются формулой (3.2). Показатель  $N_0$  принимают не более 800 авт./ч, так как прямое движение, хотя и имеет преимущество проезда, испытывает помехи от поворачивающих потоков.

Пропускную способность поворачивающих направлений оценивают с учетом транспортных потоков в конфликтных точках по методике, изложенной в подразд. 8.2, используя формулу (8.3). Интервалы  $\Delta t_{гр}$  определяют при этом как для пересечений в одном уровне. Пропускную способность левоворотного движения можно повысить введением на второстепенной дороге светофорного регулирования.

При расчете геометрических элементов плана и продольного профиля принимают во внимание приоритет движения по направлениям. Для прямого направления обеих пересекающихся улиц или дорог расчетную скорость принимают равной расчетным скоростям этих улиц, а для поворачивающих направлений из-за наличия конфликтных точек — не более 25 км/ч. Примыкания съездов к пересекающимся направлениям проектируют как канализированные пересечения, выбирая параметры коробовых кривых с ориентацией на расчетную скорость 25 км/ч (рис. 9.9, б—г). Переходно-скоростные полосы параллельного типа целесообразны только на главном направлении. На второстепенном направлении достаточно эффективны треугольные переходно-скоростные полосы.

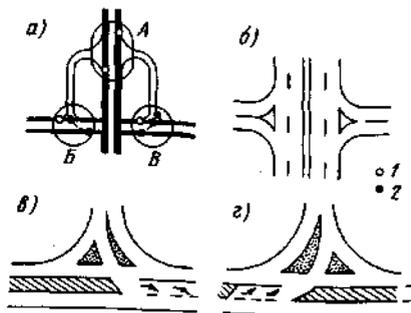


Рис. 9.9. Планировочное решение неполного пересечения в разных уровнях: а — схема развязки; б — планировка узла А; в — планировка узла В; г — планировка узла В; 1 — точки слияния потоков; 2 — конфликтные точки, образуемые левоворотными потоками

### 9.3. ПОЛНЫЕ ПЕРЕСЕЧЕНИЯ В РАЗНЫХ УРОВНЯХ

Городские транспортные развязки существенно отличаются от Развязок на автомобильных дорогах размерами геометрических элементов и площадью занимаемой территории. Несмотря на это для всех полных транспортных развязок характерны одинаковые принципы организации движения. Наполных транспортных развязках точки пересечения потоков устранены, но имеются конфликтные точки, возникающие при маневрировании поворачивающих потоков. Эти точки разветвления, возникающие перед началом съезда,

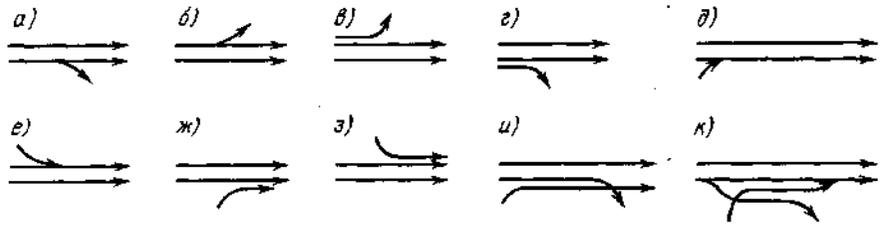


Рис. 9.10. Конфликтные точки на транспортных развязках:  
 а—г — разделения; д—з — слияния; и, к — переплетения

слияния потоков после выхода со съезда и переплетения потоков на участке, который расположен между двумя съездами (рис. 9.10).

Разветвление транспортных потоков связано с необходимостью выхода автомобилей из основного потока на съезд. Скорость движения по съезду ниже, чем скорость основного потока. В этой разнице скоростей заключается опасность такого маневра. Опасность конфликтных точек разветвления может быть снижена за счет уменьшения разницы скоростей.

Поворачивающие автомобили могут выходить из основного потока влево и вправо по ходу движения. Более опасным является выход влево, так как он осуществляется с крайней левой полосы проезжей части, автомобили по которой движутся с наибольшей скоростью. Наиболее часто такие конфликтные точки встречаются на развязках с прямыми левоповоротными съездами. При разнице скоростей основного и выходящего на поворот потоков до 20% конфликтные точки разделения не оказывают влияния на пропускную способность транспортных развязок и оцениваются только по степени обеспеченности безопасности движения.

Конфликтные точки слияния возникают в зоне примыкания съезда к основному направлению (или к другому съезду). Опасность этих точек связана с разницей скоростей движения основного потока и вливающих в него автомобилей, выходящих со съезда. Наиболее опасно слияние слева по ходу основного потока. В зависимости от интенсивностей сливающихся потоков безопасность движения обеспечивается последовательным улучшением планировочного решения: уменьшение угла встречи потоков до 7–8°, устройством переходно-скоростных полос, устранением конфликтной точки слияния за счет выхода со съезда на отдельную полосу основного направления (рис. 9.10, ж, з).

Пропускная способность точек слияния зависит от интенсивности потока, имеющего преимущество движения, как правило, основного направления, и планировочного решения зоны слияния. Пропускная способность конфликтных точек слияния изменяется в пределах от единиц автомобилей в час до 1000–1200 авт./ч

и в значительной степени определяет пропускную способность всей транспортной развязки.

Зоны переплетения возникают на участках, где выполняются встречные маневры смены полосы движения с основного направления на съезд и со съезда на основное направление (см рис 9 10 ж). Такие зоны типичны для транспортных развязок типа «клеверный лист». Основной недостаток этих зон - ограниченная пропускная способность. Наличие таких зон в схеме развязки является одной из причин отказа от такой схемы и перехода к развязкам с прямыми левоповоротными съездами. Пропускная способность зоны переплетения зависит от ее длины и для транспортных развязок типа «клеверный лист» изменяется в пределах 600—1000 авт/ч. Повысить пропускную способность зоны переплетения можно за счёт увеличения в ней числа полос движения до двух и отделения ее от основной проезжей части.

Одна из главных трудностей выбора схемы и проектирования транспортной развязки — организация левоповоротного движения. Все левоповоротные съезды по характеру создаваемых ими конфликтных точек можно разделить на восемь типов (рис. 9.11).

Левоповоротные съезды неполных транспортных развязок создают конфликтные точки пересечения с основными направлениями (рис. 9.11, схемы 1 и 2). Наиболее часто встречаемые съезды — петлевые, характерны для развязок типа «клеверный лист». На

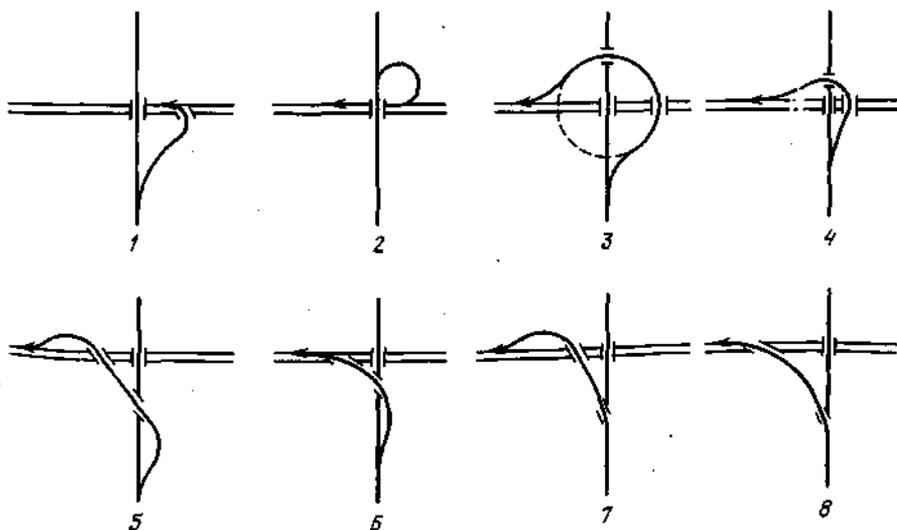


Рис. 9.11. Типы левоповоротных съездов на транспортных развязках:  
 1 — съезд на неполных развязках; 2 — петлевой съезд на развязках типа «клеверный лист»;  
 3, 4 — съезды с использованием распределительного кольца; 5, 6 — полупрямые съезды;  
 7, 8 — прямые съезды

но и к сокращению их длины. Следует иметь в виду, что любой прямой или полупрямой левоповоротный съезд потребует строительства дополнительно не менее двух косых путепроводов. Это может быть оправдано лишь недостатком площадей или невозможностью из-за ограниченной пропускной способности организовать движение на развязке с помощью петлевых левоповоротных съездов.

*Транспортная развязка «клеверный лист».* Развязки этого типа являются самыми распространенными как на автомобильных дорогах, так и на городских магистралях. Главное их достоинство — полная развязка движения с помощью одного путепровода. Левоповоротные съезды выполнены по петлевой схеме и расположены внутри угла, образованного двумя пересекающимися дорогами. Правоповоротные съезды проходят по кратчайшему направлению.

Планировка и стоимость развязки «клеверный лист» зависят от угла пересечения дорог. Наилучшие показатели достигаются при углах пересечения, близких к прямому. В этом случае не только уменьшается до минимума площадь земли, занимаемой развязкой, но и появляется возможность проектировать съезды оптимальных очертаний. При тупоугольном пересечении развязка занимает большую площадь, на левоповоротных съездах, расположенных внутри тупых углов, затруднены вход и выход, сокращаются длины двух зон переплетения, требуется строительство косых путепроводов. Все это приводит к повышению стоимости развязки: при угле пересечения  $45^\circ$  площадь земель, занимаемая развязкой, увеличивается в 1,5 раза, стоимость строительства в 1,2 раза, пропускная способность левоповоротных съездов снижается на 15—20%.

Пропускная способность отдельных направлений движения на развязке «клеверный лист» неодинакова. Наибольшая пропускная способность обеспечивается на прямом направлении на обеих пересекающихся дорогах. Она ограничивается только числом полос движения.

Пропускная способность правоповоротных съездов ограничивается зоной слияния потоков в месте примыкания съезда к главной дороге. Пропускная способность этой зоны может быть увеличена за счет устройства переходно-скоростных полос или дополнительной полосы проезжей части главной дороги, продолжающей правоповоротный съезд. Возможны ограничения пропускной способности правоповоротного съезда за счет неудачной его планировки: кривые малых радиусов в плане или большие продольные уклоны в продольном профиле съезда.

Пропускная способность левоповоротных съездов ограничивается двумя зонами: переплетением потоков на межпетлевом участке и зоной слияния с главной дорогой. Ограничение это может быть уменьшено за счет устройства переходно-скоростных полос, но

развязках левоповоротного типа такие съезды устраивают по направлениям с относительно невысокой интенсивностью движения. Достоинством петлевых съездов является возможность полной транспортной развязки с одним путепроводом. Все другие типы левоповоротных съездов требуют строительства нескольких путепроводов.

На транспортных развязках с распределительным кольцом левый поворот с обеих пересекающихся дорог выполняется с выходом на кольцо (рис. 9.11, схемы 3 и 4). Такие развязки из-за наличия на кольцах зон переплетения обладают малой пропускной способностью и применяются при невысокой интенсивности поворачивающих потоков.

На транспортных развязках с высокой интенсивностью левоповоротных потоков на левоповоротных съездах не должно быть зон переплетения. Движение по ним не должно выполняться с высокой скоростью. Для этого съезд располагается левее точки пересечения осей дорог и для организации движения по нему, требуется строительство дополнительных путепроводов. Если встречные проезжие части разделены полосой шириной менее 16 м, отмыкание левоповоротного съезда от основного направления возможно только справа (рис. 9.11, схемы 5 и 6). Такие съезды называются полупрямыми. При раздельном трассировании дорог появляется возможность проложения левоповоротного съезда по кратчайшему направлению с отмыканием с левой стороны основного направления (рис. 9.11, схемы 7 и 8). Такие съезды называются прямыми левоповоротными.

Примыкание прямых и полупрямых левоповоротных съездов к пересекаемой дороге, как правило, выполняется справа. При раздельном трассировании дорог возможно примыкание слева. Съезды с левосторонним примыканием несколько дешевле из-за меньшей длины путепровода, пересекающего встречное направление движения, но опасность для движения в зоне слияния (выход на скоростную полосу движения) значительно выше, чем у съездов с правосторонним примыканием. В этой связи при наличии в поворачивающих потоках грузовых автомобилей съезды, показанные на рис. 9.11, схемы 4 и 8, не рекомендуются. Они допустимы только для легкового скоростного движения.

Пропускная способность левоповоротных съездов ограничивается зоной слияния. При высокой интенсивности основного потока пропускная способность таких съездов может быть увеличена за счет дополнительной полосы проезжей части на основном направлении по схеме, показанной на рис. 9.10, ж, з.

Транспортные развязки на автомобильных дорогах и городских магистралях являются самыми дорогостоящими сооружениями, уступающими по стоимости только большим мостовым переходам. Поэтому при разработке схемы транспортной развязки необходимо стремиться не только к уменьшению числа путепроводов и тоннелей, на которые приходится основная доля стоимости развязки,

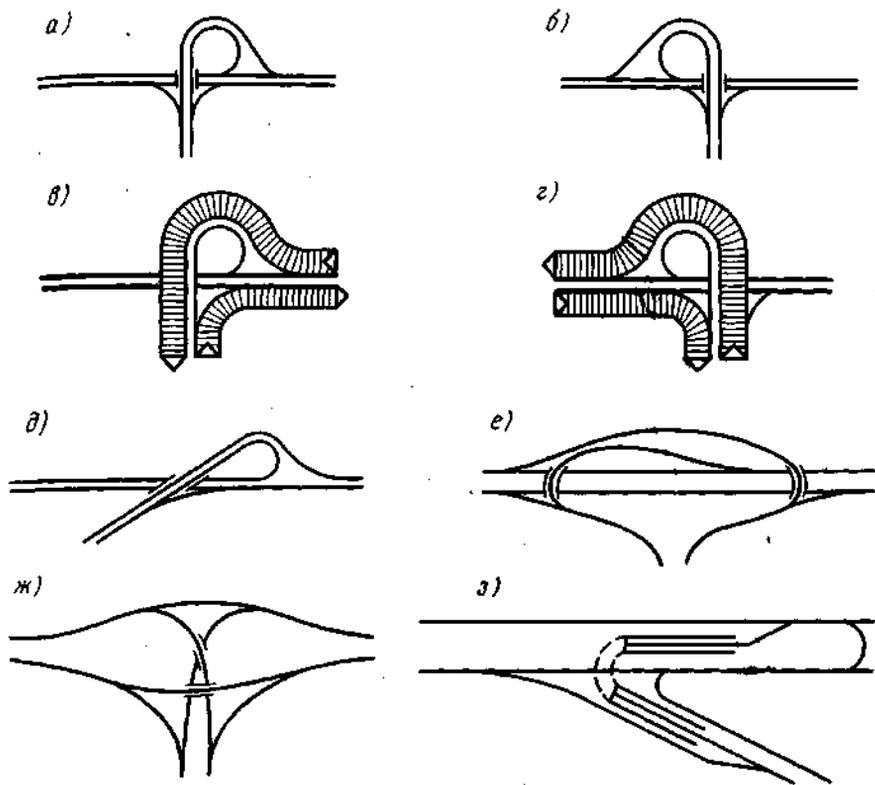


Рис. 9.12. Примыкания типа «труба»:

а — петлевой съезд с главной дороги; б — то же, с второстепенной; в, г — картограммы потоков соответственно для схем а и б; д — косоугольное примыкание; е — развязка в трех уровнях с двумя полупрямыми левоповоротными съездами; ж — то же, с прямыми съездами; з — в городских условиях

Пропускная способность главной дороги (имеющей продолжение в обе стороны от развязки) ограничивается только числом полос движения. Помехи от поворачивающего движения испытывают только крайние правые полосы. Эти помехи могут быть уменьшены за счет строительства переходно-скоростных полос или продолжением съездов самостоятельной полосой проезжей части.

Пропускная способность правых поворотов ограничивается зоной слияния с главной дорогой и может быть увеличена за счет переходно-скоростных полос. Возможно ограничение пропускной способности из-за наличия в плане съезда кривых малых радиусов, снижающих скорость движения поворачивающего потока ниже 40 км/ч.

полностью устранить, особенно зону переплетения, не удастся. Поэтому развязки «клеверный лист» применяют при относительно невысокой интенсивности левого поворота (до 400 авт./ч) и равномерной загрузке всех направлений движения или при пересечении двух сильно различающихся по интенсивности поворачивающего движения дорог, но с нагрузкой на зону переплетения не более 800 авт./ч.

В городских условиях в транспортной развязке «клеверный лист» сохраняется лишь схема организации левоповоротного движения — петлевые съезды. Планировка всего пересечения претерпевает очень серьезные изменения. Из-за недостатка площади развязка вытягивается вдоль главного транспортного сооружения. Если на автомобильных дорогах «клеверный лист» занимает 10—15 га, то в городе 3,0—3,5 га. Следствием этого часто являются уменьшение радиусов съездов до 5—10 м, уменьшение их ширины до двух полос движения и отказ от переходно-скоростных полос. Для развязки «обжатый клеверный лист» необходима ширина улицы в красных линиях более 50 м.

В некоторых городах США, Западной Европы имеются транспортные развязки «клеверный лист» постройки 50-х годов, левоповоротные съезды которых имеют большие радиусы (30—50 м). Практика показала нецелесообразность такой планировки. Ее недостатки — потеря больших площадей в городе и относительно малая для городских условий пропускная способность съездов, не оправдывающая неудобств, создаваемых такой развязкой на прилегающих городских территориях.

*Примыкания типа «труба».* В транспортной развязке на таких примыканиях один из левых поворотов выполняется по петлевой схеме. Это позволяет развязать движение с помощью только одного путепровода (рис. 9.12, *a—d*). В схеме развязки два левоповоротных съезда — петлевой и полупрямой. Петлевой съезд располагают по менее напряженному направлению, поскольку условия движения на нем менее удобны, чем на полупрямом съезде: меньший радиус кривой в плане, поворот на  $270^\circ$ , малая скорость движения на входе на съезд. Полупрямой левоповоротный съезд позволяет двигаться с большей скоростью и обладает более высокой пропускной способностью, чем петлевой.

Угол примыкания оказывает влияние на планировку развязки, но не такое сильное, как на «клеверном листе». Несколько увеличивается (на 10—15%) площадь, занимаемая левоповоротными съездами, и изменяется угол поворота на съездах.

На пропускную способность съездов угол пересечения влияния не оказывает.

При остром угле примыкания (менее  $75^\circ$ ) петлевой съезд рекомендуется располагать внутри тупого угла. Этим достигается сокращение площади, занимаемой развязкой, и уменьшение длины обоих левоповоротных съездов.

На пропускную способность петлевого съезда оказывают влияние те же факторы, что и на развязке «клеверный лист», за исключением зоны переплетения, которая на развязке «труба» отсутствует.

Пропускная способность полупрямого съезда ограничивается только зоной слияния с главной дорогой. При продолжении этого съезда отдельной полосой пропускная способность его будет зависеть только от числа полос движения и, как минимум, будет равна при однополосном съезде пропускной способности одной полосы при свободном движении.

При очень высокой интенсивности левоповоротных потоков на примыканиях (разветвлениях) дорог высших категорий оба левоповоротных съезда могут быть выполнены по схеме полупрямого или прямого поворота (рис. 9.12, *е, ж*). Пропускная способность обеих схем одинакова, но схема 9.12, *е* занимает меньшую площадь и не изменяет планировку главной дороги, поэтому она более предпочтительна. Схема 9.12, *ж* целесообразна на участке автомагистрали с раздельным трассированием.

В городских условиях развязка «труба» так же, как «клеверный лист», сохраняет схему движения, но изменяет планировку: малая ширина улиц прижимает съезды к основному транспортному сооружению. Радиусы левоповоротных съездов при этом уменьшаются до 10–15 м (рис. 9.12, *з*). Повышение пропускной способности поворачивающих направлений возможно на таких развязках только за счет увеличения числа полос движения на съездах и устранения зон слияния.

Для размещения развязки «труба» необходима ширина улицы в красных линиях более 50 м.

*Транспортная развязка с распределительным кольцом.* В развязках этого типа реализована схема организации левого поворота на кольцевых пересечениях (рис. 9.13). Достоинствами этой схемы развязки являются простота ее планировочного решения, понятность для водителя. В зависимости от интенсивности движения по второстепенной дороге эта развязка может иметь два путепровода с выходом на распределительное кольцо всего потока с второстепенного направления и пять путепроводов с выходом на распределительное кольцо только поворачивающих потоков. Потоки прямых направлений в последнем случае проходят без помех.

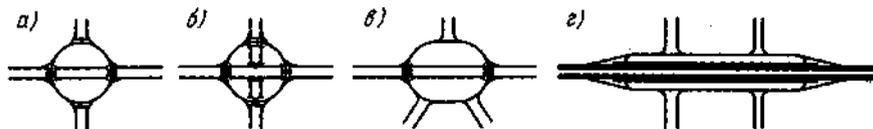


Рис. 9.13. Транспортная развязка с распределительными кольцами: *а* — с двумя путепроводами; *б* — с пятью путепроводами; *в* — на пересечении нескольких дорог; *г* — в городских условиях

Основной недостаток этих развязок — малая пропускная способность левоповоротных направлений. Это вызвано ограничением пропускной способности зон переплетения на распределительном кольце. Даже при больших диаметрах распределительного кольца пропускная способность зоны переплетения не достигает 1000 авт./ч. Это означает, что на пересечении двух равнозначных дорог при распределительном кольце с двумя путепроводами (рис. 9.13, а) пропускная способность левоповоротных направлений будет составлять не более 250 авт./ч, а с пятью путепроводами — не более 400 авт./ч.

На развязках с пятью путепроводами (рис. 9.13, б) продольный профиль по распределительному кольцу довольно сложный: большие продольные уклоны на участках между путепроводами и наличие вертикальных кривых малого радиуса. Это является существенным недостатком транспортной развязки. Кроме этого, необходимость строительства пяти путепроводов и кольца диаметром 100—150 м делает вариант такой развязки неконкурентоспособным.

Распределительное кольцо в транспортной развязке целесообразно при пересечении дороги высокой категории на небольшом расстоянии сразу с несколькими дорогами более низких категорий (рис. 9.13, в). При пересечении двух равнозначных дорог развязка с распределительным кольцом по своим транспортно-эксплуатационным показателям может конкурировать только с неполными транспортными развязками.

В городских условиях транспортная развязка с распределительным кольцом применяется довольно широко, особенно на пересечении магистральной улицы с улицами местного значения. Распределительное кольцо позволяет вывести на развязку несколько улиц (рис. 9.13, г). Пропускная способность кольца может быть увеличена введением светофорного регулирования и увеличением числа полос движения.

Для размещения развязки с распределительным кольцом необходима ширина улицы в красных линиях более 50 м.

*Транспортные развязки левоповоротного типа.* Такие развязки имеют один или несколько прямых или полупрямых левоповоротных съездов. Эти съезды обеспечивают направления, загрузка которых превышает пропускную способность петлевых съездов или делает их, эксплуатацию из-за больших очередей нецелесообразной. Их, как правило, стремятся совместить, поскольку полупрямые левоповоротные съезды требуют строительства дополнительных путепроводов. Объединенные съезды требуют двух дополнительных путепроводов, отдельные — четырех (рис. 9.14).

Пропускная способность всех съездов значительно выше, чем в развязке «клеверный лист». У петлевых съездов исключены зоны переплетения, вследствие чего пропускная способность их увеличивается на 40—60%. Развязки подобного типа целесообразны на пересечениях многополосных дорог высших категорий.

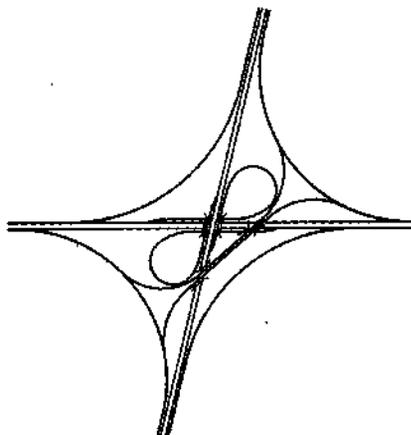


Рис. 9.14. Левоворотная транспортная развязка с двумя полупрямыми левоворотными съездами

В городских условиях развязки левоворотного типа требуют больших площадей и применяются, как правило, в незастроенной части города. При необходимости размещения развязки в пределах красных линий левый поворот может быть организован по кратчайшему направлению за счет перемены направления движения на пересекающихся улицах (рис. 9.15). Эта развязка в двух уровнях с пятью путепроводами, четыре из которых косые. Достоинство развязки — высокая пропускная способность всех направлений движения, которая при необходимости может быть увеличена еще больше за счет дополнительных полос движения. Недостатки — большая длина участков улиц, занятых развязкой (по 1,0—1,2 км в обе стороны от пересечения), и сложный продольный профиль по направлениям главных дорог.

Развязка «крест» может быть осуществлена на пересечении улиц с шириной в красных линиях более 50 м.

*Транспортные развязки линейного типа* (рис. 9.16). Их применяют главным образом в городских условиях на скоростных магистралях. Левые повороты организуют в основном по схеме полу-

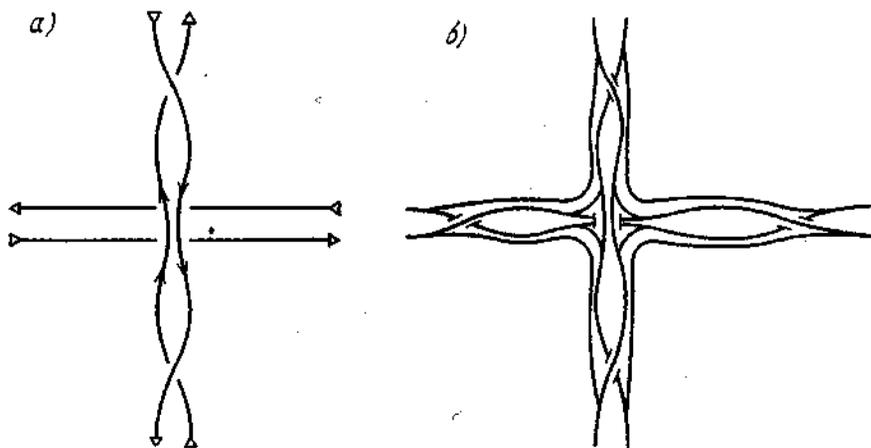


Рис. 9.15. Транспортная развязка типа «крест»: а — перемена направления движения на главной дороге; б — схема развязки

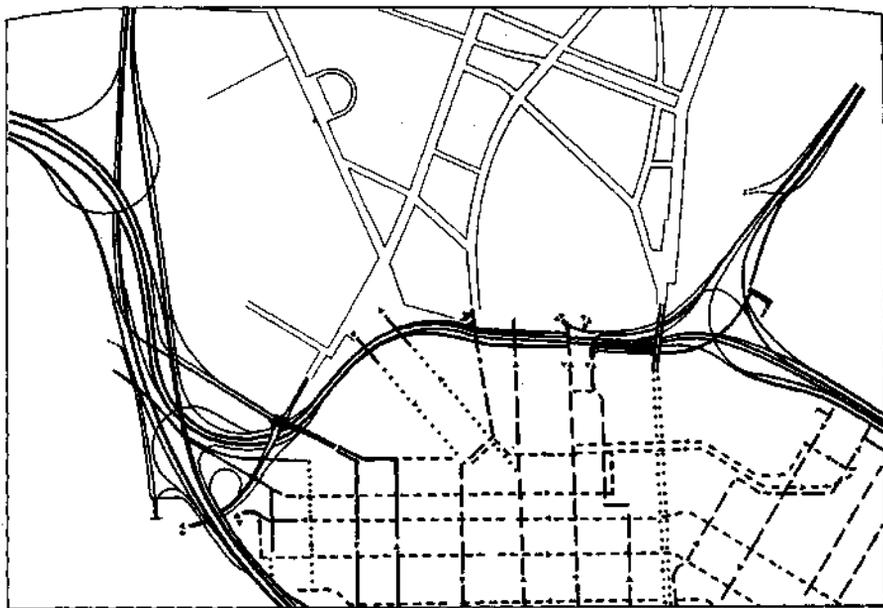


Рис. 9.16. Транспортные развязки линейного типа на пересечениях скоростных магистралей

прямого поворота, а при раздельном трассировании по схеме прямого поворота. Развязки линейного типа позволяют трассировать съезды по свободной траектории и выделять специальные съезды для транспортных потоков, движущихся по скоростной дороге, и для местного движения. Поскольку такие развязки довольно протяженные и, помимо главного пересечения, перекрывают часть местной сети улиц, с их помощью удастся развязать движение на довольно значительной территории.

#### 9.4. ПРОПУСКНАЯ СПОСОБНОСТЬ ПЕРЕСЕЧЕНИЙ С РАЗВЯЗКОЙ ДВИЖЕНИЯ В РАЗНЫХ УРОВНЯХ

Одного показателя, характеризующего пропускную способность всей транспортной развязки, нет. Пропускные способности съездов и прямых направлений оценивают обычно раздельно. Это объясняется тем, что, во-первых, закономерности формирования и движения прямых и поворачивающих потоков неодинаковы, и, во-вторых, пропускная способность съездов во многом определяется интенсивностью и режимом движения основного направления, а пропускная способность прямого направления — дорожными условиями, существующими на пересекающихся дорогах.

О недостаточной пропускной способности транспортной развязки приходится говорить о том случае, если по одному из любых направлений движения образуются кратковременные заторы или очереди автомобилей. Чаще всего это бывает на съездах развязок. Повышение пропускной способности транспортной развязки всегда связано с изменением ее планировочного решения: увеличением числа полос движения, изменением очертаний съездов, строительством переходно-скоростных полос.

*Пропускная способность прямых направлений* на транспортной развязке зависит от числа полос движения проезжей части и планировочного решения развязки. На полных транспортных развязках пропускная способность прямого направления рассчитывается так же, как и для улиц непрерывного движения, с учетом состава потока и многополосности движения. Этот расчет может быть выполнен по формуле (3.2). Пропускная способность одной полосы проезжей части принимается с учетом скорости движения по табл. 3.5.

Исключение составляет правая крайняя полоса, с которой сопрягаются съезды развязки. Условия движения на этой полосе более сложные, чем на других полосах. На подходе к развязке на нее переходят поворачивающие потоки, снижающие скорости движения перед входом на съезд или переходно-скоростную полосу. На межпетлевых участках правая полоса главной дороги вместе с переходно-скоростной полосой образует зону переплетения, в которой переплетающиеся потоки движутся со скоростями меньшими, чем основной поток. В зоне примыкания съезда к правой полосе за счет автомобилей, выходящих со съезда, транспортный поток на правой полосе уплотняется и скорость его снижается. Возникающая при этом волна плотности движется навстречу потоку со скоростью тем большей, чем выше плотность основного потока. Влияние этой волны плотности на режим движения по правой полосе главной дороги может распространяться на достаточно большие расстояния и при работе в режиме пропускной способности может достигать 1,0—1,5 км. Все это сказывается на пропускной способности правой полосы, которая от пропускной способности при свободном движении составляет в зависимости от интенсивности движения на съездах 60—80%.

Для городских транспортных развязок крайняя правая полоса в расчет пропускной способности прямого направления не принимается. Эта полоса используется для организации движения поворачивающих потоков и общественного транспорта.

С учетом реальных условий пропускная способность одной полосы движения прямого направления транспортных развязок на автомагистралях составляет 1100—1200 авт./ч, в городских условиях — не более 1000 авт./ч.

*Пропускная способность съезда* определяется пропускной способностью трех его участков — входа, полосы движения на съезде,

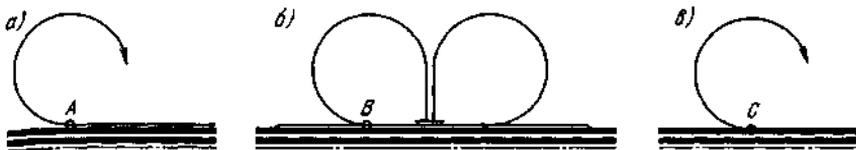


Рис. 9.17. Расположение точек входа на съезд:

а — с отдельной полосы; б — с переходной-скоростной полосы с зоной переплетения; в — без переходной-скоростной полосы из основного потока

выхода на главную дорогу — и равна меньшему из этих трех значений.

Если вход на съезд осуществляется с отдельной полосы основного направления (точка *A* на рис. 9.17, а), то пропускная способность входа будет равна пропускной способности этой полосы. В расчетах эта пропускная способность может изменяться в зависимости от продольного уклона от 600 до 800 авт./ч.

Если вход на съезд осуществляется с зоны переплетения (точка *B* на рис. 9.17, б), пропускная способность входа будет определяться пропускной способностью зоны переплетения. Если зона переплетения расположена на переходной-скоростной полосе, то максимальное число автомобилей, которые могут войти на съезд,

$$N_{вх} = N_{пер} - I_B, \quad (9.1)$$

где  $N_{пер}$  — пропускная способность зоны переплетения;  $I_B$  — число автомобилей, выходящих со съезда в точке *B*.

Если переходной-скоростная полоса отсутствует и съезды сопрягаются непосредственно с проезжей частью основного направления, пропускная способность входа на съезд (точки *C* на рис. 9.17, в) определяется с учетом интенсивности движения  $I_n$  по правой полосе основного направления:  $N_{вх} = N_{пер} - I_n - I_B$ .

На развязках типа «клеверный лист» длина межпетлевого участка, где располагается зона переплетения, 30–60 м. Такая зона переплетения имеет пропускную способность 600–800 авт./ч. На пересечениях дорог с одинаковыми интенсивностями движения расчеты по формуле (9.1) дают пропускную способность выхода на съезд 400–500 авт./ч.

Пропускная способность полосы движения на съезде зависит от расстояния между движущимися автомобилями и скорости движения. При движении по петлевому съезду водители выдерживают интервалы до впереди идущих автомобилей на 10–15% больше, чем при движении по дороге при той же скорости:

$v$ , км/ч . . . . .	10	25	40	50
$\Delta t$ , с . . . . .	4,8	4,4	4,2	5,6

Даже в очень плотном потоке число минимальных интервалов между автомобилями не велико (10—15%), поэтому более показательны интервалы 50%- и 85%-ной обеспеченности:

$v$ , км/ч . . . . .	10	25	40	50
$\Delta t$ , с:				
50%-ной обеспеченности . . . . .	8,5	8,2	5,4	6,5
85%-ной обеспеченности . . . . .	9,2	8,8	7,8	8,7

В реальных условиях при неограниченном входе и выходе пропускная способность полосы петлевого съезда составляет 600—650 авт./ч при скорости движения 25—40 км/ч и 380—450 авт./ч при скорости движения 10—25 км/ч. Увеличение числа полос движения на съезде не дает увеличения его пропускной способности, если выход со съезда организован по одной полосе.

*Пропускная способность зоны слияния* потоков на главной дороге и потоков, выходящих со съезда, зависит от угла их встречи, относительной скорости движения, планировочного решения зоны слияния и граничного промежутка времени. Временные интервалы в основном потоке, используемые поворачивающим потоком в зоне слияния на транспортной развязке, могут различаться довольно значительно в зависимости от того, сходу или после предварительной остановки выполняется это слияние. Большое значение при этом имеет и интенсивность движения основного потока.

На развязке транспортные потоки сливаются на правой полосе основного направления (за исключением развязок с прямыми левыми поворотами) и для оценки пропускной способности зоны слияния необходимо определять распределение интенсивности прямого направления по полосам проезжей части. Это распределение зависит от интенсивности и состава движения (рис. 9.18). На городских магистралях с более высокой, чем на автомобильных дорогах, транспортной загрузкой распределение движения по полосам проезжей части имеет более стабильный характер.

На граничный интервал времени в зоне слияния интенсивность основного направления оказывает такое же влияние, как и в любой конфликтной точке: при средних плотностях основного потока увеличение интенсивности движения по правой полосе вызывает уменьшение  $\Delta t_{гр}$ , а при малой и высокой плотности интервал  $\Delta t_{гр}$  остается практически постоянным (рис. 9.19).

Граничный интервал может быть уменьшен за счет сокращения разницы скоростей движения основного и вливающегося потоков. Наиболее неблагоприятный случай, соответствующий наименьшей пропускной способности зоны слияния, — предварительная остановка автомобиля перед выходом со съезда. Такая ситуация может быть устранена за счет устройства переходно-скоростных полос. Однако трудность выхода со съезда может быть полностью устранена при

отсутствии движения по переходной-скоростной полосе. В противном случае условия выхода со съезда будут определять именно эта интенсивность движения.

Граничный интервал очень чувствителен к углу, под которым автомобиль со съезда входит в зону слияния (угол вливания). Длину этой зоны определяют от точки пересечения поворачивающим автомобилем границы основной полосы движения (рис. 9.20). Угол вливания  $\beta$  можно определить следующим расчетом. Поскольку на выходе со съезда автомобиль движется по переходной кривой, угол вливания

$$\beta = L_c^2 / (2A^2),$$

где  $L_c$  — длина зоны слияния;  $A$  — параметр переходной кривой.

С достаточной степенью точности можно длину зоны слияния, рассчитать, используя в формуле клотоиды только первый член ряда  $y = L_c^3 / (6A^2)$ . Учитывая, что в данном случае  $u$  равен ширине полосы движения ( $b$ ), угол вливания  $\beta = (6bA^2)^{2/3} / (2A^2)$ .

Зависимость угла вливания от параметра переходной кривой на выходе со съезда представлена на рис. 9.21, а влияние этого угла на граничный интервал — на рис. 9.22. Наименьшие граничные интервалы наблюдаются при углах вливания менее  $10^\circ$ . При таких углах маневр слияния приближается по характеру к маневру смены полосы движения, становится более безопасным и достигает максимальной пропускной способности.

Пропускная способность зоны слияния на транспортной развязке может быть рассчитана по формуле (8.5). На рис. 9.23 показана пропускная способность ( $N_c$ )



Рис. 9.18. Распределение интенсивности движения по полосам автомобильных магистралей

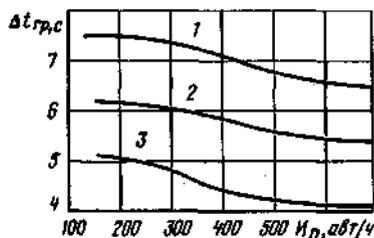


Рис. 9.19. Влияние интенсивности движения  $I_p$  по правой полосе главной дороги на граничный интервал времени в зоне слияния транспортной развязки (поток 85%-ной обеспеченности):

1 — вливание после предварительной остановки; 2 — вливание схода без переходных полос; 3 — то же, с переходными полосами

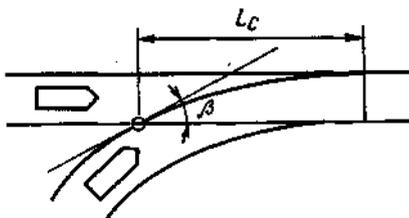


Рис. 9.20. Схема к определению угла вливания

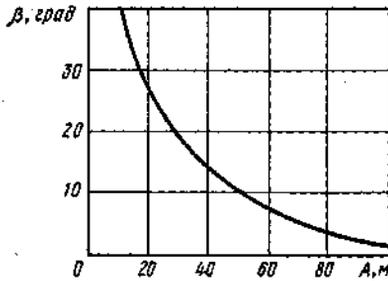


Рис. 9.21. Влияние параметра переходной кривой на выходе со съезда на угол вливания

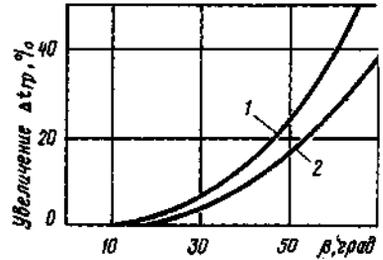


Рис. 9.22. Влияние угла вливания на граничный интервал времени: 1 — вход в зону слияния после предварительной остановки; 2 — сход

петлевых левоповоротных съездов развязки «клеверный лист». Эти значения могут быть распространены и на правоповоротные съезды, вливающиеся в правую полосу основного направления. При отсутствии переходно-скоростных полос пропускная способность зон слияния снижается в зависимости от интенсивности движения  $N_n$  по правой полосе:

$N_n$ , авт./ч	До 200	400	600	1000
Снижение $N_c$ , %	5	10	15	26

Практика эксплуатации транспортных развязок показывает, что с позиции повышения пропускной способности съездов переходно-скоростные полосы становятся эффективными при интенсивности движения по правой полосе главного направления более 400 авт./ч в городских условиях и более 300 авт./ч на автомобильных дорогах. При меньших интенсивностях движения основное назначение переходно-скоростных полос — снижение опасности конфликтной зоны.

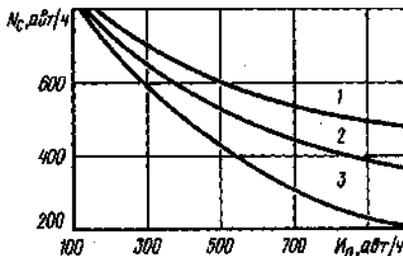


Рис. 9.23. Пропускная способность съездов транспортных развязок «клеверный лист»:

1 — теоретическая; 2 — практическая с переходно-скоростными полосами; 3 — то же, без переходно-скоростных полос

#### 9.5. ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ НА ПЕРЕСЕЧЕНИЯХ В РАЗНЫХ УРОВНЯХ

Безопасность движения на транспортных развязках определяется ее схемой и планировочным решением. Опасность для движения представляют зоны, где возможны конфликты между транспортными потоками. На полных

транспортных развязках имеется два типа таких зон — разделения потоков и слияния потоков.

Более опасными являются конфликтные точки разделения потоков. Разница в скоростях движения прямого и поворачивающего потоков довольно значительна, поэтому поворачивающие автомобили начинают снижение скоростей движения еще в основном потоке. Это снижение, если оно превышает 20% от скорости движения основного потока, становится опасным. Практика показывает, что переходно-скоростные полосы снижают опасность конфликтных точек разделения потоков в 1,5—2,0 раза.

Опасность точек слияния также вызвана разницей скоростей прямого и поворачивающего потоков. Однако вопрос приоритетности движения в этих конфликтных точках решен четко и однозначно — преимущество проезда имеют транспортные средства, движущиеся в прямом направлении. Поэтому выезд поворачивающего автомобиля практически не бывает неожиданным: водитель основного направления почти всегда имеет возможность избежать наезда на вливающийся автомобиль. Исключения составляют случаи повышенной скользкости проезжей части в определенные периоды года, грубых нарушений Правил дорожного движения водителями поворачивающих автомобилей и невнимательности водителей основного направления.

Безопасность движения в прямом направлении на транспортных развязках зависит от скоростного режима на этом направлении. Если снижение скорости, вызванное планировкой развязки, не превышает 20%, а отрицательное ускорение менее  $1 \text{ м/с}^2$ , условия движения в прямом направлении в зоне транспортной развязки становятся безопасными. Это положение распространяется на полосы движения, не связанные с входом и выходом поворачивающих потоков.

Оценку безопасности движения и прогнозирование аварийности на транспортных развязках выполняют по той же методике, что и на пересечениях в одном уровне, т. е. оценивая опасность конфликтных точек. Расчет проводят последовательно по формулам (8.5), (8.6), (8.8). Опасность конфликтных точек  $q_i$  определяют по табл. 9.1. Опасность транспортной развязки оценивают по формуле (8.8). Для вновь проектируемой полной транспортной развязки:

$$K_n = \frac{G_r K_r \cdot 10^7}{\sum_{i=k} (M_i + N_i) 25} < 5,$$

где  $\bar{G}_r$  — число ДТП на развязке за г  $\sum_{i=k} (M_i + N_i)$  — сумма интенсивностей движения поворачивающих потоков на всех съездах и потоков на крайних правых полосах пересекающихся дорог.

Если коэффициент  $K_a$  более 5 ДТП на 10 млн. автомобилей, планировочное решение транспортной развязки должно быть изменено.

Безопасность движения на полных городских транспортных развязках оценивается так же, как и на развязках на автомобильных дорогах. Разница в опасности конфликтных точек вызвана необходимостью трассирования съездов с более малыми радиусами. В этой связи в расчете опасности движения на городских развязках, планировка которых не отличается от аналогичных развязок на автомобильных дорогах, опасность конфликтных точек оценивают по табл. 9.1, а для транспортных развязок типа «обжатый клеверный лист» — по табл. 9.2.

При отсутствии переходных кривых относительная аварийность конфликтных точек принимается в 1,5 раза больше.

При оценке безопасности движения, на неполных транспортных развязках опасность конфликтных точек оценивают в зависимости от

Таблица 9.1

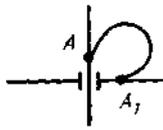
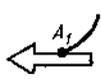
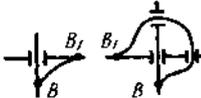
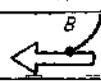
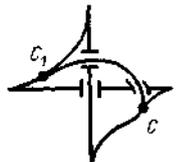
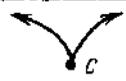
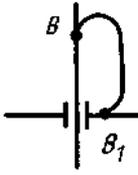
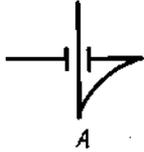
Типы и схемы съездов	Схема движения	Характеристика съезда, радиусы кривых, м	Опасность конфликтных точек при отсутствии (наличии) переходно-скоростных полос, ДТП на 10 млн. автомобилей
Петлевые левоповоротные 		$R = 30 \div 45$ $R = 45 \div 60$ $R > 60$	0,00065 (0,00035) 0,00030 (0,00020) 0,00020 (0,00010)
		$R = 30 \div 45$ Съезд на спуске до 40%, $R = 45 \div 60$ То же, $R > 60$	0,00190 (0,00010) 0,00090 (0,00070) 0,00060 (0,00050)
Правоповоротные и полупрямые левоповоротные 		$R = 45 \div 60$ $R > 60$	0,00025 (0,00015) 0,00020 (0,00010)
		$R = 45 \div 60$ $R = 60 \div 120$ $R > 125$	0,00050 (0,00030) 0,00035 (0,00020) 0,00025 (0,00015)
Разделение потоков на съездах 		Разделение поворачивающих потоков в процессе движения по съезду	0,00020 (0,00015)
		Слияние двух поворачивающих потоков на съезде	0,00015 (0,00010)

Таблица 9.2

Тип и схема съезда	Направление движения	Радиус кривой съезда, м	Относительная аварийность конфликтной точки, ДТП на 10 млн. автомобилей
Левоворотный съезд 		$R \leq 5$ $R = 10 \div 15$	0,0168 0,0046
		$R \leq 5$ $R = 10 \div 15$	0,0133 0,0034
Правоворотный съезд 		$R = 10 \div 15$ $R = 20 \div 25$	0,0055 0,00103
		$R = 25$ $R = 50 \div 80$	0,0047 0,00075

их вида. Если потоки пересекаются в одном уровне, опасность конфликтных точек оценивается данными табл. 8.9, а если планировка зон слияния и разделения выполнена по схеме и параметрам, характерным для транспортных развязок, — по табл. 9.1 или 9.2 и т. д. (рис. 9.24).

Для городских неполных транспортных развязок, помимо опасности конфликтных точек, необходимо оценивать безопасность пешеходного движения по методике, изложенной в подразд. 8.6 [формула (8.7)].

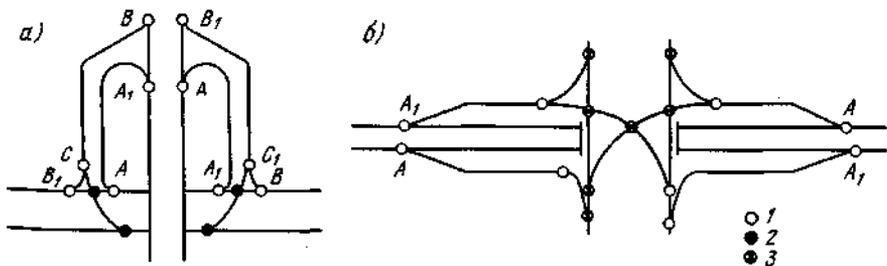


Рис. 9.24. Схемы конфликтных точек на неполных транспортных развязках (обозначения конфликтных точек те же, что и в табл. 9.1 и 9.2):

а — «неполный клеверный лист»; б — «кобзятый клеверный лист» со светофорным регулированием;

1 — конфликтные точки, оцениваемые по табл. 9.1 или 9.2; 2 — то же, по табл. 8.9;

3 — то же, по табл. 8.10

## 9.6. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПЛАНИРОВОЧНЫХ РЕШЕНИЙ ПЕРЕСЕЧЕНИЙ В РАЗНЫХ УРОВНЯХ

При проектировании транспортных развязок рассматривают несколько вариантов схем и планировочных решений развязок. Основное условие конкурентоспособности — усложнение и удорожание планировочного решения должны улучшать транспортно-эксплуатационные характеристики развязки. Если удорожание строительства развязки не приводит к уменьшению на ней текущих затрат (транспортных потерь и потерь от ДТП), такое планировочное решение не может рассматриваться как вариант транспортной развязки.

При выборе типа транспортной развязки следует ориентироваться на опыт эксплуатации подобных сооружений. На рис. 9.25 представлены области применимости различных типов пересечений и их планировочных решений. Эти рекомендации следует рассматривать как ориентировочные, поскольку местные условия, состав и интенсивность транспортных потоков, и особенно поворачивающих, могут очень сильно изменить технико-экономические показатели развязки.

К технико-экономическим показателям развязок относят: стоимость строительства, полноту развязки движения (наличие и число конфликтных точек пересечения потоков в одном уровне); пропускные способности основных и поворачивающих направлений движения; скорость движения по основным направлениям и съездам, транспортные потери, вызванные снижением скоростей движения и образованием очередей на второстепенных направлениях, возможную аварийность на развязке. Кроме этих показателей, имеющих стоимостное выражение и входящих непосредственно в приведенные затраты, по каждому из вариантов имеются еще и другие, которые пока не имеют стоимостного выражения, но рас-

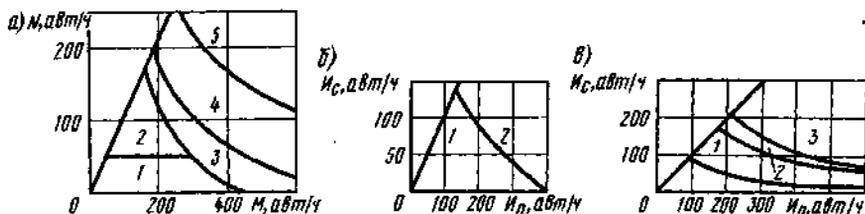


Рис. 9.25. Области применимости пересечений разных типов:

*а* — пересечения в одном уровне и транспортные развязки:

1 — необорудованные; 2 — частично-канализованные; 3 — полностью канализованные и кольцевые пересечения; 4 — неполные транспортные развязки; 5 — полные транспортные развязки;

*б* — левоповоротные съезды без переходно-скоростных полос:

1 — на канализованном пересечении; 2 — петлевой на развязке «клеверный лист»;

*в* — левоповоротные съезды:

1 — петлевой; 2 — полупрямой; 3 — прямой

Рис. 9.25. Области применимости пересечений разных типов:

*а* — пересечения в одном уровне и транспортные развязки:

1 — необорудованные; 2 — частично-канализованные; 3 — полностью канализованные и кольцевые пересечения; 4 — неполные транспортные развязки; 5 — полные транспортные развязки;

*б* — левоповоротные съезды без переходно-скоростных полос:

1 — на канализованном пересечении; 2 — петлевой на развязке «клеверный лист»;

сматриваются как важные социальные характеристики инженерного сооружения. К ним относят: возможность и удобство организации движения общественного транспорта, пешеходного движения; оценку планировочного решения с позиции охраны окружающей среды (снижение уровня транспортного шума, загазованности атмосферы, сохранение и улучшение окружающего ландшафта, а в городе архитектурной среды); обеспечение высоких эстетических качеств сооружения. При выборе из вариантов с одинаковыми или близкими по величине приведенными затратами эти характеристики могут иметь решающее значение.

Технико-экономическую оценку вариантов пересечений и транспортных развязок рекомендуется выполнять в такой последовательности.

1. По величине прямых и поворачивающих потоков выбирают тип пересечения и его планировочное решение; обязательное условие — обеспечение пропускной способности всех направлений на пересечении.

2. Для всех вариантов устанавливают одни и те же границы сравнения, которые определяют по варианту с небольшими линейными размерами.

3. Для каждого из вариантов подсчитывают стоимость строительных работ. В объем работ каждого варианта пересечения включают и работы по строительству дороги или улицы в пределах границ сравнения, а также снос строений и перекладку инженерных сетей. Основные виды работ, определяющие стоимость строительства: земляные работы; строительство путепроводов и тоннелей, в том числе и пешеходных; строительство инженерных подземных сетей, систем водоотвода, дорожной одежды; инженерное оборудование пересечений. Кроме этого, на стоимость строительства большое влияние, особенно в городе, оказывают работы по очистке и отводу земель для размещения пересечения. Наибольшая доля в стоимости транспортной развязки на автомобильных дорогах приходится на транспортное сооружение и дорожную одежду (до 80%), а в городе — на снос и возмещение зданий, перекладку инженерных сетей и строительство путепроводов и тоннелей (до 95%).

4. Оценивают социальные характеристики вариантов. Если по уровню транспортного шума вариант не удовлетворяет существующим нормативам, предусматривают шумозащитные сооружения, стоимость которых включается в общую стоимость варианта.

5. Назначают варианты стадийного строительства вариантов планировочных решений пересечений в соответствии с ростом интенсивности движения. Обязательное условие — обеспечение пропускной способности и безопасности движения на всех стадиях. Затруднение с этими показателями при возрастании интенсивности движения является основанием перехода к более полной стадии развязки движения. При стадийном строительстве в зависимости

от сроков перестройки или дальнейшего развития планировочного решения пересечения расчетный период суммирования всех затрат делят на этапы.

6. Для начального и конечного года каждого этапа определяют интенсивность движения, транспортные потери, потери от ДТП, средние скорости потоков.

7. Определяют суммарные приведенные затраты, включающие в себя единовременные затраты (в основном, стоимость строительства с учетом стадийности) и текущие, связанные с работой автомобильного транспорта и эксплуатацией пересечения. Принятый вариант должен иметь наименьшие суммарные приведенные затраты.

При расчетах суммарных приведенных затрат по вариантам учитывают следующие слагаемые: общий объем капитальных вложений в строительство или реконструкцию пересечения; капитальные вложения в автомобильный транспорт, необходимые для выполнения перевозок грузов и пассажиров. Эти два слагаемых составляют основную долю единовременных затрат; к ним прибавляют и стоимость отчуждения земель и расчистки территории.

Текущие затраты включают: автотранспортные расходы, расходы по содержанию и ремонту пересечения, стоимость пребывания в пути пассажиров, потери народного хозяйства от ДТП.

Стоимость отчуждаемых земель при строительстве развязок на автомобильных дорогах складывается из потерь сельского хозяйства от изъятия земель из севооборота или стоимости рекультивации равных по площади земель. Она зависит от региона страны (табл. 9.3). Нормативы стоимости освоения новых земель взамен изымаемых утверждены постановлением Совета Министров РСФСР в 1976 г. Дополнительные требования к охране окружающей среды при проектировании пересечения содержатся в постановлении ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 7 января 1988 г.

Таблица 9.3

Район	Стоимость освоения новых земель, р./га		Район	Стоимость освоения новых земель, р./га	
	Под пашню	Под высокопродуктивные кормовые угодья		Под пашню	Под высокопродуктивные кормовые угодья
РСФСР (в среднем)	6960	3740	Северо-Кавказский	9160	4990
Северо-Западный	5420	3780	Уральский	5650	3290
Центральный	5790	3120	Западно-Сибирский	7060	3340
Волго-Вятский	5160	3250	Восточно-Сибирский	6390	3840
Центрально-Черноземный	7060	3610	Дальневосточный	7190	4090

Таблица 9.4

Число полос движения на главной дороге	Отводимая площадь (га) на пересечениях (примыканиях) при числе полос движения			
	8	6	4	2
8	50(35)	45(25)	35(20)	30(15)
6	45(25)	35(20)	30(15)	25(12)
4	35(20)	30(15)	25(12)	20(10)
2	30(15)	25(12)	20(10)	15(7)

«О коренной перестройке дела охраны природы в стране». Нормы отвода земель под транспортные развязки зависят от числа полос движения на пересекающихся автомобильных дорогах (табл. 9.4).

При оценке стоимости территории города все факторы, влияющие на эту стоимость, делят на две группы: инженерно- и социально-экономические. Первая включает в себя затраты на инженерное благоустройство территории, возмещение затрат при переносе и сносе объектов и возмещение затрат при изъятии под застройку природно-ценных земель. В состав второй группы входят эффективность размещения объектов в плане города, функциональное удобство территории, санитарно-гигиенические условия территории, архитектурно-художественная ценность территории и застройка на ней.

Стоимостная оценка факторов первой группы заключается в подсчете затрат на выполнение работ по инженерному оборудованию территории, строительству зданий и сооружений, заменяющих снос, и архитектурно-художественному оформлению территории. На долю этих факторов приходится 55—57% общей стоимости. Факторы второй группы труднее поддаются стоимостной оценке. Их оценивают косвенно через товарооборот магазинов, рентабельность зрелищных учреждений и учреждений общественного питания. Кроме этого, принимаются во внимание удобство транспортного обслуживания и экологический комфорт территории (уровень транспортного шума, загазованность воздуха, озеленение территории). Осредненные данные комплексной экономической оценки территории города (в тыс. руб. за 1 га) приведены в табл. 9.5.

Таблица 9.5

Категория городов	Зоны города			
	I	II	III	IV
Крупнейшие	1390	1000	680	460
Крупные	790	695	470	330
Большие	700	620	420	295
Средние	450	300	215	—
Малые	400	270	190	—

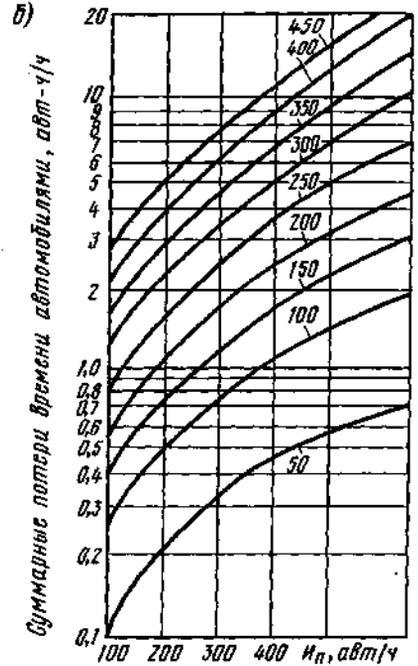
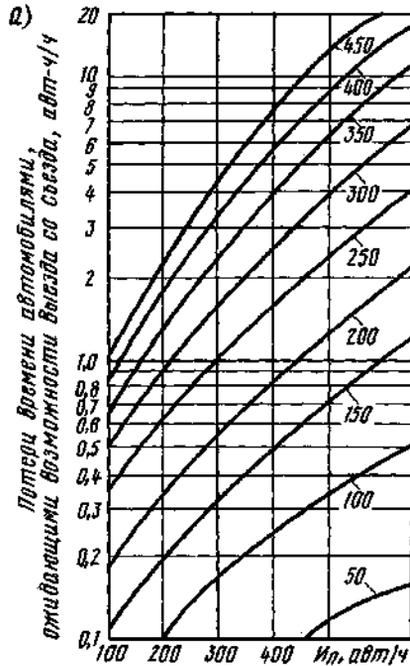


Рис. 9.26. Суммарные потери времени автомобилями в зоне примыкания петлевого левоповоротного съезда развязки «клеверный лист» (цифры на кривых — интенсивность движения по съезду):  
 а — с переходно-скоростными полосами; б — без переходно-скоростных полос

Вся территория города по условиям проживания населения и размещению строительства делится на зоны. К первой зоне относят центр города, ко второй — территории, прилегающие непосредственно к центру, к третьей — периферийные районы города, к четвертой — лесопарковые и осваиваемые территории.

Стоимость строительства транспортных развязок на автомобильных дорогах изменяется в очень широких пределах: 1,5—15 млн. р. в зависимости от схемы развязки, числа и протяженности путепроводов, категорий пересекающихся дорог. В городских условиях этот диапазон еще шире — 10—50 млн. р., поскольку в стоимость транспортной развязки входят не только строительные затраты, но и стоимость зданий и сооружений, разрушаемых в зоне расположения развязки. Большие затраты приходится нести и в связи с перекладкой инженерных подземных сетей.

При подсчете автотранспортных потерь учитывают потери от транспортных задержек на поворачивающих направлениях и потери от снижения скорости на главном направлении. При подсчете

потерь используют данные рис. 9.26. В общих случаях годовые транспортные потери

$$T_w = t_w \cdot 25 / K_n K_r,$$

где  $t_w$  — транспортные потери за 1 ч.

Для расчета народнохозяйственных потерь от ДТП ожидаемое число ДТП определяют по методике, изложенной в подразд. 8.6 и 9.5, а стоимостное выражение потерь от ДТП по ВСН 3-81 Минавтодора РСФСР.

Суммарные приведенные затраты при оценке вариантов пересечений

$$P_{np} = \sum_1^n K_n (1 + E_{nn})^i + \sum_1^{T_c} \frac{K_i}{(1 + E_{nn})^i} + C_0 + \sum_1^{T_c} \frac{C_i}{(1 + E_{nn})^i} + \sum_1^{T_c} \frac{A_i}{(1 + E_{nn})^i} + \sum_1^{T_c} \frac{D_i}{(1 + E_{nn})^i} + \sum_1^{T_c} \frac{\Pi_i}{(1 + E_{nn})^i},$$

где  $K_n$  — первичные капитальные вложения в строительство или реконструкцию пересечения;  $K_i$  — капитальные вложения по стадиям строительства в  $i$ -м году;  $E_{nn}$  — норматив для приведения разновременных затрат,  $E_{nn} = 0,08$ ;  $T_c$  — период суммирования затрат;  $C_0$  и  $C_i$  — единовременные затраты на приобретение подвижного состава для перевозок в исходном и  $i$ -ом году соответственно;  $A_i$  — автотранспортные расходы и потери от пребывания пассажиров в пути в  $i$ -м году;  $D_i$  — эксплуатационные затраты на содержание и ремонт пересечения в  $i$ -м году;  $\Pi_i$  — народнохозяйственные потери от ДТП в  $i$ -м году.

Наиболее эффективный вариант пересечения характеризуется наименьшей суммой приведенных затрат. Если приведенные затраты по нескольким вариантам близки, обычно выбирают вариант, в котором лучше реализован принцип стадийности проектного решения.

### Контрольные вопросы.

1. По какому принципу классифицируют пересечения в разных уровнях?
2. В каких развязках используют петлеобразные левоповоротные съезды? Каковы достоинства и недостатки таких съездов?
3. Что понимают под пропускной способностью пересечения в разных уровнях?
4. Как рассчитывают пропускную способность съездов полных и неполных пересечений в разных уровнях? Есть ли разница в этих расчетах? Как сказывается на пропускной способности съездов их планировочное решение?
5. Почему не рекомендуется выполнять примыкание съезда к главной дороге слева?
6. Что ограничивает пропускную способность съездов развязки «клеверный лист»: с распределительным кольцом, развязок с прямыми левоповоротными съездами, развязок линейного типа?
7. Какие типы конфликтных точек имеются на полных пересечениях в разных уровнях, за счет чего можно снизить их опасность?
8. Какие показатели необходимо рассчитать при технико-экономической оценке пересечения?

## 10.1. ИНЖЕНЕРНЫЕ СЕТИ НА ГОРОДСКИХ УЛИЦАХ

Городские улицы имеют многофункциональное назначение: кроме пропуска пешеходов и транспортных средств, они служат для размещения подземных и частично наземных инженерных сетей.

Для жизни современного города необходима подача к жилым, промышленным и административным районам воды, тепла, электроэнергии, газа, кабелей связи и отвод от этих территорий сточных, промышленных и фекально-бытовых вод. Все это должно осуществляться с помощью специальных инженерных сетей, большая часть которых должна располагаться под поверхностью улицы. Любой из элементов этой сети, расположенных на поверхности, будет портить внешний вид улицы и создавать помехи для движения транспортных средств и пешеходов.

Инженерные сети разделяют на трубопроводные, кабельные и тоннельные. Глубина их заложения зависит от вида сетей, возможности повреждения их движущимися транспортными средствами и глубины промерзания грунтов. В зависимости от вида сетей минимальная глубина заложения до верха трубы или кабеля следующая, м:

Водопровод диаметром, мм:	
до 300 . . . . .	0,2 ниже границы промерзания грунта
300—600 . . . . .	на 0,25 диаметра трубы выше границы промерзания грунта
более 600 . . . . .	на 0,5 диаметра трубы выше границы промерзания грунта
Канализационная труба диаметром, мм:	
до 500 . . . . .	на 0,3 выше глубины промерзания
более 500 . . . . .	на 0,5 выше глубины промерзания, но не менее 0,7 до верха трубы
Газопровод для транспортирования газа:	
жидкого . . . . .	ниже границы промерзания грунта
осушенного . . . . .	0,8—0,9
Трубопровод:	
в каналах . . . . .	0,5
при бесканальной прокладке . . . . .	0,7
Кабель . . . . .	0,7—1

Глубина промерзания грунтов зависит от их гранулометрического состава и характера увлажнения местности. Чем более пористый грунт, тем ниже его теплопроводность и меньше глубина промерзания. Заполнение пор грунтовой водой увеличивает скорость и глубину промерзания. Средние глубины промерзания песчаных и супесчаных грунтов в некоторых городах нашей страны следующие, см:

Архангельск . . . . .	160	Киев . . . . .	80
Вильнюс . . . . .	80	Кишинев . . . . .	50
Волгоград . . . . .	140	Ленинград . . . . .	120
Воронеж . . . . .	120	Минск . . . . .	80
Горький . . . . .	120	Москва . . . . .	140
Казань . . . . .	160	Харьков . . . . .	100

Для суглинистых грунтов и глин глубины промерзания на 10—12%, а для пылеватых грунтов на 12—15% больше.

Городские территории, особенно старые, насыщались инженерными сетями постепенно, поэтому большая часть сетей прокладывалась раздельным способом. При реконструкции улицы они, как правило, объединяются в совместную прокладку (коллекторы), но большая часть городской территории обслуживается сетями раздельной прокладки.

Расположение инженерных сетей в плане улицы зависит от их вида и мощности (табл. 10.1). Современная тенденция в

Таблица 10.1

Вид сети	Наименьшие расстояния в плане от инженерных сетей до зданий и сооружений, м					
	До фунда- ментов зданий, сооруже- ний, тон- нелей	До оси пути трамвая	До края проезжей части	До опор воздушных электри- ческих линий напряжением, кВ		
				До 1	1—35	100
Водопровод и напорная канализация	5	2,8	2	1	2	3
Канализация самотечная и дренажи	3	2,8	1,5	1	2	3
Газопровод давления, Н:						
до 5	2	2,8	1,5	1	5	10
0,5—30	4	2,8	1,5	1	5	10
30—60	7	3,8	2,5	1	5	10
60—120	10	3,8	2,5	1	5	10
Тепловая сеть (от на- ружной стенки канала)	2	2,8	1,5	1	2	3
Кабель силовой	0,6	2,8	1,5	0,5	10	10
Кабель связи	0,6	2,8	1,5	По нормам Мин связи СССР		
Общий коллектор	2,0	2,8	1,5	1,5	5	10

градостроительстве — выделение специальных (технических) полос, в поперечнике улицы для размещения всех сетей. Ширина этой полосы должна быть 10—20 м, поэтому разместить ее можно только на улицах магистрального типа. При ограниченной ширине улиц инженерные сети приходится прокладывать под тротуарами, разделительными полосами, газонами.

При совмещении инженерных сетей необходимо выдерживать расстояния между ними. Это повышает безопасность и устраняет взаимные помехи при работе коммуникаций (табл. 10.2).

При разработке схем организации движения, меняющих планировку отдельных элементов улиц в зоне расположения инженерных сетей, особое внимание должно быть уделено сетям мелкого заложения — кабелям. Расстояния между ними при бесканальной прокладке следующие, см:

Контрольные . . . . .	5
Силовые напряжением, кВ:	
до 10 . . . . .	10
более 10 . . . . .	25
Сильного и слабого токов . . . . .	50
Специальные . . . . .	50

Примеры расположения подземных сетей на городских улицах показаны в гл. 4 (см. рис. 4.1—4.6). Наиболее прогрессивной является совмещенная прокладка в коллекторах. Эти коллекторы в зависимости от размеров поперечного сечения делятся на проходные с высотой в свету более 2,5 м и полупроходные (рис. 10.1). Минимальная глубина заложения верха перекрытия коллектора должна быть 0,5—0,7 м. Продольный уклон коллектора для обеспечения внутреннего водоотвода должен быть не менее 5%. От стен зданий и фундаментов сооружений коллекторы располагают на расстоянии, обеспечивающем размещение камер ответвлений.

Таблица 10.2

Вид сети	Расстояние до сетей, м				
	Водопровод	Канализация	Газопровод	Теплопровод	Кабель
Водопровод	1,5	1,5—3,0	1,0—5,0	1,5	0,5
Канализация, водосток	1,5	3,0	1,0—5,0	1,5	0,5
Дренаж	1,5	—	1,0	—	1,0
Газопровод давления:					
низкого	1,0	1,0	—	2,0	1,0
среднего	1,5—2,0	1,5—2,0	—	2,0	1,0
высокого	5,0	5,0	—	4,0	1,5—2,0
Теплопровод	1,5	1,0	1,0—5,0	2,0	2,0
Кабель	0,5	1,0	1,0—2,0	2,0	0,1—0,5

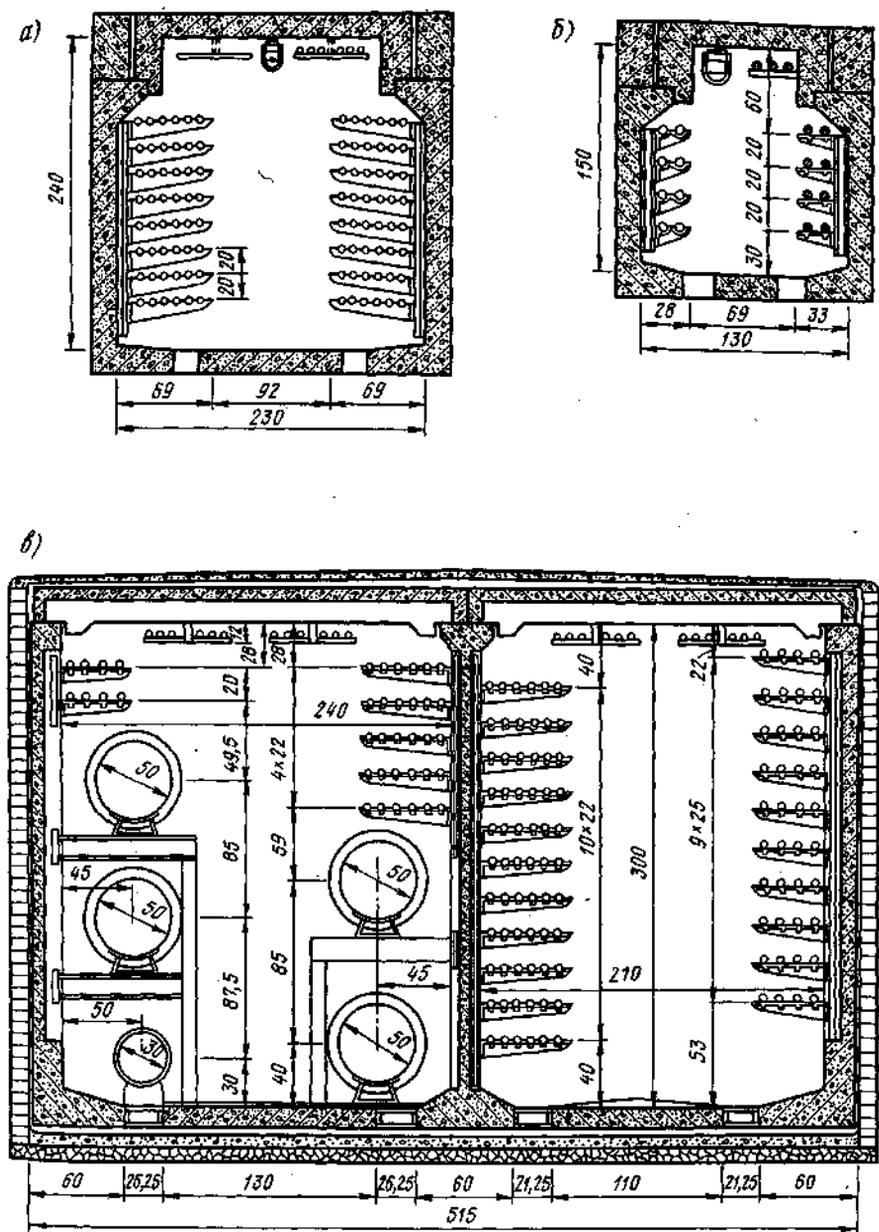


Рис. 10.1. Коллекторы для совместной прокладки инженерных сетей:  
 а — проходной; б — полупроходной для кабелей; в — двухсекционный проходной

Таблица 10.

Вид сети	Способ прокладок	Применение
Электрокабели силовой и связи	В грунте В блоках или трубах В непроходных каналах В проходных коллекторах	При прокладке до 5 кабелей, временные прокладки Прокладка до 20 кабелей Прокладка до 40 кабелей Прокладка более 40 кабелей
Теплопровод	В грунте В непроходных каналах В полупроходных коллекторах	Сухие грунты. Внутриквартальные сети Прокладка магистральных теплопроводов Под проезжими частями улиц
Канализация всех видов	В грунте	Во всех случаях (основной вид прокладок)
Водопровод	То же	То же
Газопровод	»	»
Совместная прокладка кабелей, теплопроводов, водопровода	В общих проходных коллекторах	При отсутствии в поперечнике улицы свободных мест на магистральных улицах

Выбор способа прокладок подземных инженерных сетей зависит от их мощности (табл. 10.3).

Все подземные сети, кроме самотечных, могут иметь продольные уклоны, равные уклонам поверхности улицы, под которыми их прокладывают.

## 10.2. ОСВЕЩЕНИЕ ГОРОДСКИХ УЛИЦ

Источниками света для освещения улиц и площадей являются лампы накаливания, люминесцентные и ртутные лампы. Затраты на устройство освещения наименьшие при использовании ламп накаливания, однако их применение связано с наибольшими эксплуатационными затратами. Световой коэффициент полезного действия ламп накаливания не превышает 4%, поэтому их применяют для освещения городских территорий, не требующих высоких уровней освещенности: проездов, площадок, стоянок. Для освещения магистральных улиц и площадей в настоящее время используют газоразрядные источники света.

К газоразрядным лампам, применяемым в осветительных установках, относятся люминесцентные трубчатые лампы низкого давления, ртутные высокого давления, ксеноновые и натриевые лампы. Их

КПД составляет около 17—18%, что делает их очень экономичными при эксплуатации.

Поверхность лампы обладает высокой яркостью и оказывает слепящее воздействие. Для уменьшения этого воздействия ее помещают в специальную арматуру, которая вместе с лампой образует светильник. Характеристиками светильников являются светораспределение (изолинии силы света на освещаемой поверхности), яркость в заданных направлениях и КПД.

Нормы освещения остаются неизменными при любых источниках света. Мощность и расположение осветительных установок рассчитывают с коэффициентом запаса 1,3 для ламп накаливания и 1,5 для газоразрядных ламп. Такой большой коэффициент запаса вызван потерей светового потока при загрязнении поверхности ламп и особенно при снижении напряжения в системе электропитания.

Основными характеристиками освещения являются освещенность и яркость поверхности.

*Освещенность поверхности* — показатель светораспределения, измеряемый отношением светового потока к равномерно освещаемой площади; единица измерения — люкс (1 лк равен освещенности, создаваемой световым потоком 1 лм на поверхности 1 м<sup>2</sup>).

*Яркость поверхности* характеризует количество отражаемого света (или излучаемого света, если речь идет об источниках света). Единица измерения яркости — кандела на квадратный метр, численно равна силе света в 1 кд с 1 м<sup>2</sup> площади светящей поверхности на плоскость, нормальную к направлению излучения.

Средняя яркость поверхности в направлении наблюдателя определяется как яркость равномерной поверхности таких же угловых размеров, создающей такую же освещенность на зрачке наблюдателя. Средняя яркость покрытия определяется для участка дороги, удаленной от наблюдателя на расстояние 60—160 м, при высоте глаз наблюдателя 1,5 м. Средняя освещенность характеризуется средним арифметическим значением освещенности участка поверхности ограниченной длины; шаг ограничения длины принимается равным шагу расположения светильников.

*Показатель ослепленности* — критерий оценки слепящего действия осветительной установки. Для городских улиц и дорог он должен быть менее 150. Показатель ослепленности

$$P = \alpha C_B \cdot 570 \sum_{i=1}^M \beta_i / (KB_n),$$

где  $\alpha$  — коэффициент неэквивалентности, равный для ламп накаливания 1,0; ламп натриевых высокого давления 0,9; люминесцентных 1,3;  $C_B$  — коэффициент, характеризующий яркость фона, кд/м<sup>2</sup>;  $M$  — число рядов светильников;  $\beta_i$  — яркость вуалирующей пелены, создаваемая  $i$ -м рядом светильников;  $K$  — коэффициент запаса;  $B_n$  — норма средней яркости, кд/м<sup>2</sup>.

В зависимости от яркости фона (кд/м<sup>2</sup>) коэффициент  $C_B$  имеет следующие значения:

Яркость фона . . . . .	0,1	0,2	0,4	0,8	1,2	1,6 и более
$C_B$ . . . . .	2,5	5,0	6,4	7,9	8,8	9,0

Яркость вуалирующей пелены каждого ряда светильников определяют для положения наблюдателя на середине проезжей части:

$$\beta_i = \frac{m}{3300[(H-h)^2 + \Delta b_i^2]} [0,88(I_{75^\circ})_i + 0,82(I_{80^\circ})_i + 2,1(I_{85^\circ})_i + 1,55(I_{90^\circ})_i],$$

где  $m$  — число светильников одного фонаря, отнесенного к  $i$ -му ряду;  $H$  — высота установки светильников, м;  $h$  — высота глаз наблюдателя над проезжей частью, м;  $\Delta b_i$  — расстояние между линией  $i$ -го ряда светильников и серединой проезжей части, м;  $l$  — сила света светильника  $i$ -го ряда в плоскости, параллельной кромке (оси) проезжей части (индексы означают угол, образованный вертикалью и лучом от светильника к наблюдателю: вертикальное светораспределение), кд.

Показатель ослепленности можно регулировать за счет изменения высоты подвеса (установки) светильников. Наименьшая высота подвеса светильников  $H_{\min}$  (в м), обеспечивающая допустимый показатель ослепленности, в зависимости от максимального светового потока  $\Phi$  (в лм) ламп одного светильника имеет следующие значения:

$\Phi$	$H_{\min}$ ламп	$H_{\min}$ газораз-
<i>Полуширокое светораспределение</i>	накаливания	рядных ламп
Менее 5 000	6,5	7,0
5 000—10 000	7,0	7,5
10 000—20 000	7,5	8,0
20 000—30 000	—	9,0
30 000—40 000	—	10,0
Более 40 000	—	11,5
<i>Широкое светораспределение</i>		
Менее 5 000	7,0	7,5
5 000—10 000	8,0	8,5
10 000—20 000	9,0	9,5
20 000—30 000	—	10,5
30 000—40 000	—	11,5
Более 40 000	—	13,0

Современные требования предполагают освещение всей поверхности улицы. Уровень освещенности устанавливают в зависимости от функционального назначения планировочных элементов улиц. Наибольшая освещенность требуется для поверхности проезжей части.

Нормирование освещенности проезжих частей улиц и дорог с интенсивным движением основано на обеспечении необходимой яркости покрытий, а других территорий, используемых для движения автомобилей и пешеходов, — по средней горизонтальной освещенности.

Таблица 10.4

Категория улиц, площадей	Расчетная интенсивность движения в обоих направлениях, авт./ч	Средняя яркость, кд/м <sup>2</sup>
Скоростные городские дороги	—	1,6
Общегородские магистральные улицы, транспортные развязки, предмостовые площади, общегородские площади	Более 3000	1,6
	1000—3000	1,2
	500—1000	0,8
	Менее 500	0,6
Районные магистральные улицы, дороги грузового движения, площади перед местами массового скопления людей	Более 2000	1,0
	1000—2000	0,8
	500—1000	0,6
	Менее 500	0,4
Улицы и дороги местного значения: жилые улицы, улицы и дороги промышленных и коммунально-складских территорий	Более 500	0,4
	Менее 500	0,2

ценности. Нормы освещения устанавливаются в зависимости от категории городской улицы, интенсивности движения и функционального назначения городских площадей и сооружений. Уровень освещения проезжей части улиц и площадей определяют исходя из необходимости обеспечения средней яркости покрытия (табл. 10.4). Освещение транспортных развязок проектируют по нормам, соответствующим главной магистрали.

Поверхность улицы освещается точечными источниками света, поэтому равномерное распределение освещенности по освещаемой поверхности получить не удастся. Чередование участков с большими перепадами яркости особенно отрицательно сказывается на надежности работы водителя. Продолжительность адаптации зрения зависит от перепада яркостей и при большом перепаде может наступить ухудшение восприятия дорожной обстановки, различения препятствий. Из этих соображений отношение максимальной яркости покрытия проезжей части улиц, дорог и площадей к минимальной не

Таблица 10.5

Режим освещения	Средняя горизонтальная освещенность транспортных тоннелей на уровне проезжей части (лк) при расстояниях от начала тоннеля, м					
	5	25	50	75	100	125 и более
Светлое время суток в тоннелях длиной, м:						
до 100	1000	750	500	200	60	—
более 100	1000	750	500	300	150	60
Темное время суток	60	60	60	60	60	60

должно превышать 3:1 при норме средней яркости более 0,6 кд/м<sup>2</sup> и 5:1 при норме средней яркости ниже 0,6 кд/м<sup>2</sup>.

Средняя яркость тротуаров, примыкающих к проезжей части, должна быть не менее половины средней яркости крайней правой полосы движения.

Нормы средней горизонтальной освещенности городских территорий устанавливаются в соответствии с их функциональным назначением следующими, лк:

Проезжие части улиц и дорог с переходными и низшими типами покрытий	
районных магистральных улиц	6
То же, улиц местной сети	4
Непроезжие части городских площадей	10
Тротуары, отделенные зелеными полосами от проезжей части	4
Посадочные площадки общественного пассажирского транспорта	10
Пешеходные тоннели днем	100
То же, в темное время суток	40
То же, лестничные сходы	20
Пешеходные улицы, дорожки, бульвары	4
Автостоянки на улицах всех категорий	
Внутренние, служебно-хозяйственные и пожарные проезды	2

Особую задачу представляет освещение транспортных тоннелей. Эта задача тем сложнее, чем выше уровень освещенности поверхности улицы, и достигает максимальной сложности в яркий солнечный день (табл. 10.5).

Зрение водителей адаптируется при движении по улице к средней яркости поля зрения, характерной для поверхности улицы. Уровни освещенности и яркости в тоннеле зависят от мощности светильников и в несколько десятков раз меньше этих характеристик освещения, создаваемых солнцем. Большая разница уровней яркости требует довольно значительного времени адаптации после въезда в тоннель. Возможность и надежность зрительного восприятия зависят от степени адаптации. При низкой степени адаптации водитель не различает предметов на проезжей части и едет практически вслепую. При больших различиях яркостей в тоннеле и на поверхности улицы такое состояние может наблюдаться в течение нескольких секунд.

Шаг светильников может быть рассчитан исходя из требований горизонтальной освещенности поверхности:

$$L = 1 / (E_n b_n K) \sum_{i=1}^M \eta_{Ei} \Phi_{\pi i} m_i$$

где  $E_n$  — нормативная средняя освещенность, лк;  $b_n$  — ширина освещаемой полосы, м;  $\eta_{Ei}$  — коэффициент использования по освещенности светильников  $i$ -го ряда;  $\Phi_{\pi i}$  — световой поток ламп светильников  $i$ -го ряда, лм;  $m_i$  — число светильников, относящихся к  $i$ -му ряду.

При расчете освещения городских площадей, в том числе и транспортных, исходят из требований создания нормативной освещенности по всей поверхности площади. При этом возможны

случаи, когда для отдельных частей площади требуется освещенность, например для проезжей части и пешеходной зоны площади. Необходимо метру площади,

$$n = E_n SK / (\eta E_{\max} \Phi_n m),$$

где  $S$  — площадь освещаемой поверхности,  $m^2$ ;  $\eta E_{\max}$  — максимальный коэффициент использования светильника по освещенности в направлении нормальном к линии светильников;  $\Phi_n$  — световой поток лампы светильников, лм;  $m$  — число светильников одного фона.

Надежность зрительного восприятия, в том числе и различение препятствий на проезжей части, зависит от яркости воспринимаемых объектов и фона. Для обеспечения безопасности движения яркость покрытия проезжей части является более важной характеристикой, чем освещенность. При проектировании уличного освещения обычно пользуются определенными показателями яркости вуалирующей пелены и характеристиками светораспределения светильников в вертикальной плоскости и соответствующими им высотами подвеса светильников. Шаг светильников при нормировании средней яркости

$$L = \frac{1}{\pi B_n b K} \sum_{i=1}^M \eta_{B_i} \Phi_n m_i,$$

где  $b$  — ширина проезжей части или тротуара, м;  $\eta_{B_i}$  — коэффициент использования по яркости светильников  $i$ -го ряда.

Коэффициент использования по яркости светильников каждого ряда определяют в зависимости от типов светильника и покрытия. Выбор типа светильников и размещение их на поверхности улицы — задача технико-экономическая. Увеличение высоты подвеса светильников требует большей мощности ламп, более дорогих опор, но позволяет уменьшить число светильников и снизить количество потребляемой электроэнергии. Уменьшение высоты подвеса позволяет снизить стоимость опор, но приводит к увеличению их числа. Решение этой задачи зависит от требуемых яркости и освещенности поверхности и применяемых типов светильников. Для магистральных улиц шаг расположения осветительных опор составляет 30—60 м. Отношение шага опор к высоте подвеса светильников должно быть не более 5:1 на улицах всех категорий. Исключение составляет шахматная схема размещения, для нее допустимое соотношение 7:1.

Схемы расположения светильников вдоль улицы могут быть разнообразными (рис. 10.2). Менее удачной является схема на рис. 10.2,  $d$ , поскольку требует расположения осветительных опор на разделительной полосе. Такая схема не безопасна для движения по внутренним полосам проезжей части. При освещении пешеходных переходов и железнодорожных переездов светильники рекомендуются

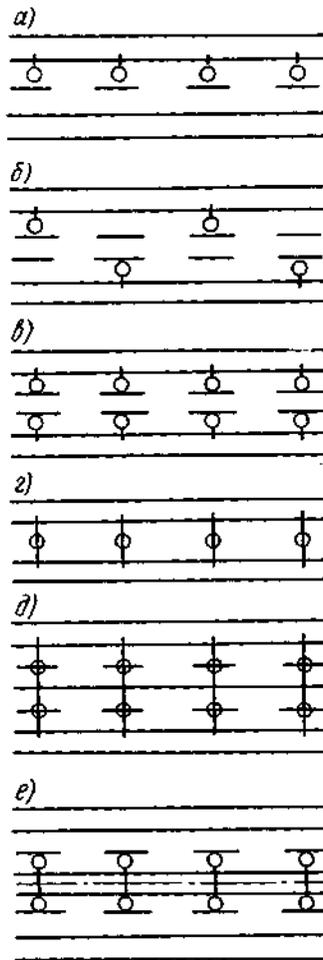


Рис. 10.2. Схема расположения светильников в осветительных установках улиц и дорог:  
*a* — односторонняя; *б* — двухрядная в шахматном порядке; *в* — двухрядная прямоугольная; *г* — осевая на подвесах; *д* — двухрядная прямоугольная по осям движения; *е* — двухрядная

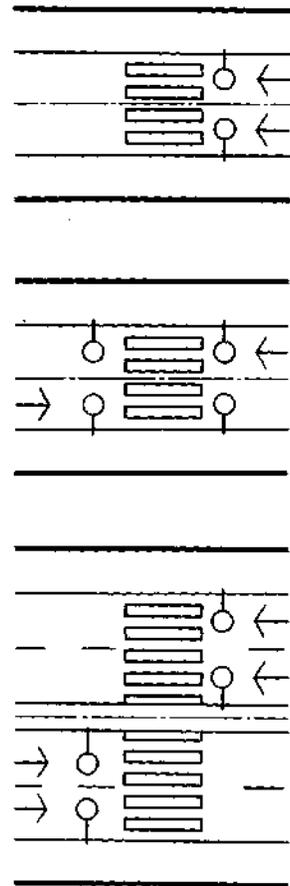


Рис. 10.3. Схемы расположения светильников на пешеходных переходах (стрелками показано направление движения)

располагать по ходу движения по улице перед освещаемой поверхностью (рис. 10.3). При освещении пересечений расположение осветительных опор должно соответствовать схеме организации движения: на примыканиях одна из опор должна стоять на продолжении оси движения примыкающей улицы. На пересечениях

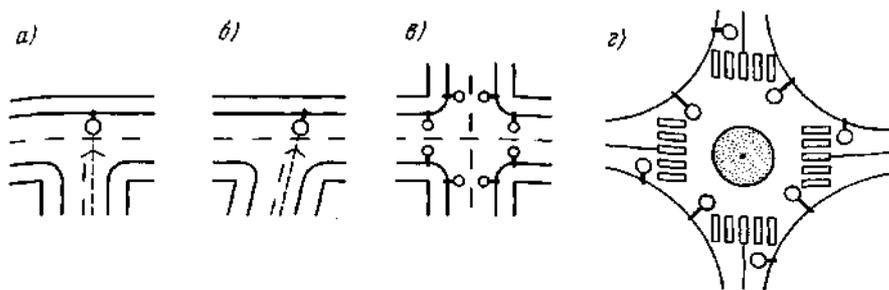


Рис. 10.4. Схемы освещения пересечений улиц:  
 а, б — примыкания; в — пересечения; г — кольцевые развязки

должны быть освещены наиболее опасные зоны в центральной части (рис. 10.4).

На транспортных развязках наилучшие результаты достигаются при освещении мощными светильниками, установленными на высоте 25—30 м. При использовании стандартных светильников особое внимание следует уделить освещению конфликтных зон на входах на съезды и выходах с них, а также зон переплетения потоков.

Осветительные опоры должны располагаться на расстоянии не менее 0,6 м от лицевой грани бортового камня до наружной поверхности (цоколя опоры). На жилых улицах это расстояние может быть уменьшено до 0,3 м. На закруглениях и съездах опоры должны располагаться не ближе 1,5 м от начала кривой.

Высота подвеса светильников зависит от функционального назначения освещаемой поверхности. Над проезжей частью улиц и площадей высота подвеса должна быть не менее 6,5 м, над контактной сетью трамвая — не менее 8 м от головки рельса, для троллейбуса — 9 м от уровня проезжей части.

### 10.3. ОЗЕЛЕНЕНИЕ УЛИЦ И ДОРОГ

Озеленение улиц включает размещение в пределах красных линий деревьев, кустарников, газонов. Озеленение выполняет несколько функций: архитектурно-декоративную; защитную (от пыли, грязи); очищения воздуха от выбросов автомобильного транспорта; разделения потоков автомобилей и пешеходов.

Озеленение улиц является частью комплекса работ по озеленению городской территории. Эти работы учитывают общепланировочные задачи города, требования ландшафтной архитектуры, дендрологии, гидрогеологические и климатические условия. Для улиц характерна рядовая посадка деревьев и кустарников. Предпочтение отдается деревьям с густой кроной. Такие деревья имеют большую общую поверхность листьев. Это позволяет им поглощать больше

углекислого газа, давать тень и защищать пешеходов от солнечных лучей. К ним относятся липа, тополь, клен, каштан, а также яблоня и груша. В южных районах сажают декоративные деревья.

Из кустарниковых пород, выполняющих защитную функцию, в городах используют акацию, лавровишню, жасмин, жимолость.

Для устройства газонов по слою растительного грунта толщиной не менее 0,2 м используют смеси трав. Наибольшее распространение получают смеси гребеника обыкновенного, мятика лугового, райграса английского, красной овсяницы. Ширина зеленых полос зависит от вида зеленых насаждений и имеет следующие значения, м:

Газон с рядовой посадкой деревьев в одном ряду с кустарником:	
однорядная посадка . . . . .	2
двухрядная . . . . .	5
Газон с однорядной посадкой кустарников:	
высоких (более 1,8 м) . . . . .	1,2
средних (до 1,8 м) . . . . .	1,0
Газон с групповой или куртинной посадкой деревьев . . . . .	4,5
То же, кустарников . . . . .	3,0
Газон . . . . .	1,0

При многорядной посадке кустарников необходимо ширину полосы увеличивать на 0,5—0,6 м для каждой дополнительной полосы.

Корневая система деревьев и кустарников может повреждать фундаменты зданий, сооружений и инженерные сети, укладываемые под поверхностью улиц. Для предотвращения этих повреждений при размещении насаждений необходимо выдерживать следующие расстояния от зданий и сооружений до кустарников и деревьев, м:

	До оси кустарника	До оси дерева
Наружные стены зданий и сооружений . . . . .	1,5	5,0
Трамвайные пути . . . . .	3,0	5,0
Края тротуаров и садовых дорожек . . . . .	0,5	0,7
Края проезжих частей улиц и дорог . . . . .	1,0	2,0
Мачты и опоры осветительной сети . . . . .	—	4,0
Подземные сети:		
газопровод и канализация . . . . .	—	1,5
теплопровод (от стен канала) . . . . .	1,0	2,0
водопровод и дренаж . . . . .	—	2,0
силовые кабели и кабели связи . . . . .	1,0	2,0

При посадке деревьев вдоль тротуара необходимо для обеспечения жизнедеятельности деревьев оставлять около ствола открытый грунт площадью не менее 4 м<sup>2</sup>. Расстояние между деревьями принимают более 2—4 диаметров их крон в зрелом возрасте.

Все виды зеленых насаждений, размещаемые в пределах красных линий улицы, не должны ограничивать видимость, особенно боковую, на пересечениях улиц.

### Контрольные вопросы.

1. Какие виды инженерных сетей располагают в пределах красных линий? От чего зависит глубина заложения сетей?
2. Каково назначение специальных (технических) полос в поперечном профиле улиц, каковы размеры этих полос?
3. Какие существуют способы прокладки инженерных сетей, от чего зависит выбор способа прокладки?
4. Какими техническими показателями характеризуется освещение улиц? За счет чего можно регулировать показатель ослепленности?
5. По каким показателям нормируется освещенность проезжей части, других поверхностей улицы?
6. Какие данные необходимы при расчете шага установки светильников при нормировании средней горизонтальной освещенности, средней яркости?
7. Почему нормируется минимальная ширина полосы для посадки кустарников, деревьев? Каковы ее размеры?

## Глава 11

# ВЕРТИКАЛЬНАЯ ПЛАНИРОВКА И ВОДООТВОД НА ГОРОДСКИХ УЛИЦАХ

### 11.1. ЗАДАЧИ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПЛАНИРОВКИ ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

Вертикальная планировка городских территорий позволяет улучшить рельеф и решить ряд градостроительных, экономических и инженерно-технических проблем. Основными задачами вертикальной планировки являются: обеспечение удобства и безопасности для движения пешеходов и транспортных средств; улучшение естественного рельефа и создание наиболее благоприятных условий для планировочного решения города; максимальное сохранение растительного покрова, необходимого для создания зеленых насаждений; организация стока поверхностных вод; подготовка осваиваемых территорий для прокладки инженерных коммуникаций.

Проектирование вертикальной планировки — это часть комплексного планировочного решения городских территорий и улично-дорожной сети. Вертикальная планировка охватывает всю территорию города, создает высотную опорную сеть, увязывающую между собой взаимное расположение улиц и всех сооружений города. Состав работ по вертикальной планировке застраиваемых территорий определяется характером естественного рельефа, размерами города, видом застройки и может существенно различаться в зависимости от величины города.

Вертикальная планировка городской территории обычно выполняется в несколько этапов. На первом этапе составляют схему вертикальной планировки, задачами которой являются решение общих вопросов высотной увязки и расположения площадей, пересечений магистральных улиц, мостов, путепроводов, а также определение основных направлений сброса поверхностных вод и расположение водосточных коллекторов (рис. 11.1, а).

На втором этапе схему вертикальной планировки решают уже более детально: составляют схему планировки по осям проездов и схему водоотвода по кварталам (рис. 11.1, б), намечают трассы главных водосточных коллекторов. Эти решения являются основой для разработки проектов инженерной подготовки и оборудования городской территории на более поздних стадиях работы. На схеме вертикальной планировки должны быть указаны проектные и черные отметки пересечений улиц, мостов, путепроводов, а также

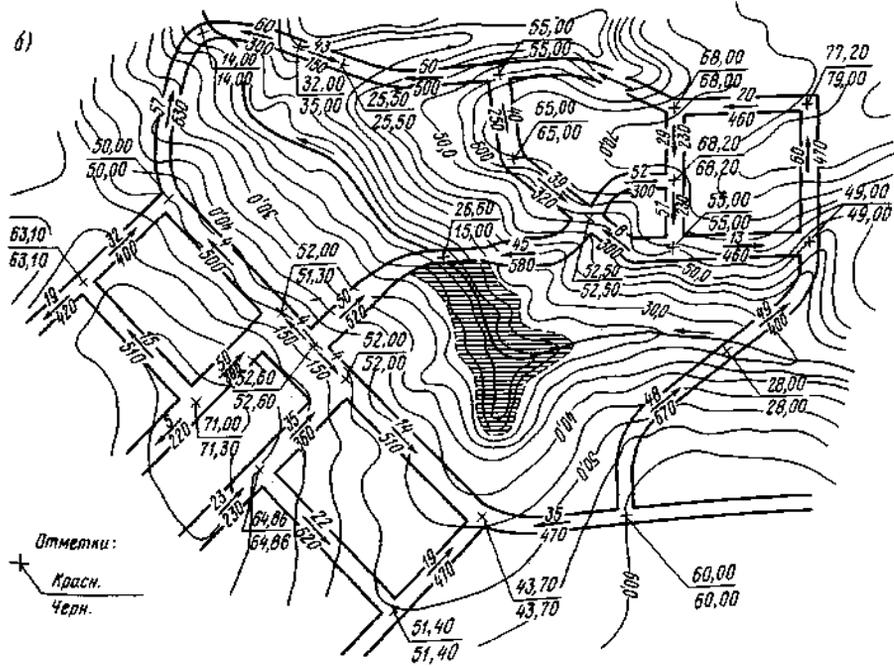
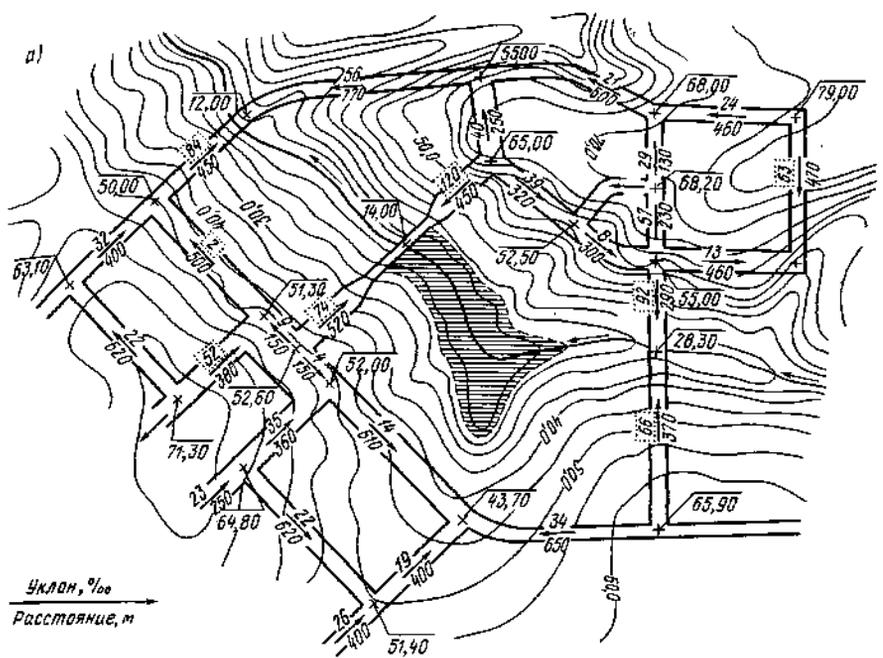


Рис. 11.1. Схема высотного решения территории города:  
а — I стадия; б — окончательный вид

величина, направления и протяженность уклонов по осям улиц. Эти данные являются исходным материалом для разработки детальной вертикальной планировки улиц.

Состав работ при разработке вертикальной планировки улиц определяется необходимостью решения главным образом технических задач (обеспечение водоотвода, создание удобных и безопасных условий движения для пешеходов и автомобилей). Эти работы могут выполняться как в составе общей планировки при освоении новых территорий, так и в виде отдельного проекта при новой прокладке улиц по освоенной или по резервной территории города.

На заключительной стадии проектирования — разработке рабочих чертежей, в мельчайших деталях решают все вопросы обеспечения поверхностного водоотвода, высотной увязки отдельных элементов улицы, выдерживания требований к поперечным и продольным уклонам, обеспечения эстетических требований, предъявляемых к плано-высотной планировке улиц. На этой стадии используют детальные планы улиц в масштабах 1:500 и 1:1000.

Проект вертикальной планировки представляется двумя документами: вертикальной планировкой улицы в проектных горизонталях и картограммой земляных перемещаемых масс с проектом организации земляных работ. На плане в горизонталях показывают естественный рельеф в черных горизонталях (при очень малых перепадах высот сеткой отмерок с ячейкой не более 50 м) и проектную поверхность в виде красных горизонталей. Решения по водоотводу выражаются в расположении водоприемных колодцев с указанием положения водоприемных решеток, соединительных трубок, коллекторов, смотровых колодцев и расстояний между точками переломов в продольном профиле и уклонов.

При выполнении вертикальной планировки следует стремиться к тому, чтобы баланс земляных работ с учетом необходимого уплотнения грунта был равен или близок к нулю.

## 11.2. ПРОДОЛЬНЫЕ И ПОПЕРЕЧНЫЕ УКЛОНЫ УЛИЦ

При выборе продольных и поперечных уклонов необходимо обеспечить выполнение требований водоотвода, удобства и безопасности движения пешеходов и автомобилей.

Из условий обеспечения водоотвода продольные уклоны улиц должны быть больше минимальных, при которых вода могла бы надежно стекать по лоткам вдоль улиц. Движение воды по лотку возможно при очень малых уклонах, но скорость течения при этом будет небольшой. Это приводит к снижению пропускной способности лотка, увеличению в нем глубины воды и затоплению прилегающих поверхностей. Кроме этого, малые скорости течения воды приводят к заиливанию лотков, сбору в них мусора, что еще больше снижает

пропускную способность лотков. Для обеспечения надежного движения воды по лотку продольный уклон должен быть не менее 5‰. При меньших уклонах в лотках из-за просадок и неровностей покрытия будут образовываться лужи, вода из которых может испаряться только за счет испарения.

Если на улице применена открытая система водоотвода, необходимо ввести ограничение максимального продольного уклона из условия неразмывания грунтовых лотков. Это особенно важно при сбросах воды в тальвеги и овраги на участках водоотводящих лотков. Скорости течения воды и продольные уклоны, при которых начинается размыв грунта, следующие:

	Скорость течения воды, м/с	Уклон, ‰
Илистые грунты . . . . .	0,05	5—7
Растительный грунт . . . . .	0,10	10
Мелкий песок . . . . .	0,15	12—15
Супесь . . . . .	0,25	20
Суглинок . . . . .	0,4—0,5	20—25
Щебенистый грунт . . . . .	1,5—1,8	30—40
Каменный грунт, мощение . . . . .	2,50	50
Укрепление лотка бетоном . . . . .	Более 5,0	Более 100

Максимальные продольные уклоны ограничиваются на улицах из-за необходимости обеспечения высоких скоростей движения, особенно при наличии в составе транспортного потока автобусов, троллейбусов и большегрузных автомобилей.

Поперечные уклоны на улицах назначают из соображений обеспечения водоотвода. Направление поперечных уклонов определяется положением лотка. На магистральных улицах этот лоток располагают по кромкам проезжей части, ограничивая его со стороны тротуара или разделительной полосы бортовым камнем.

Величина поперечного уклона зависит от типа покрытия элемента улицы. Для покрытий из цемента- и асфальтобетона, создающих ровную и гладкую поверхность, достаточным является уклон 15—20‰. Этот уклон обеспечивает быстрое осушение проезжей части при ширине одного ее ската до 15 м. При большей ширине на правой полосе движения толщина пленки воды может достигать более 15 мм, что может сказаться на безопасности движения. При ширине одного ската проезжей части более 15 м поперечный уклон должен быть увеличен: при 17 м до 25‰; при 20 м до 30‰.

На тротуарах в связи с тем, что покрытия их имеют меньшую прочность и твердость, чем на проезжей части, и как следствие этого — большее число просадок, вмятин и выбоин, для быстрого стока воды поперечный уклон рекомендуется назначать не менее 40‰. При устройстве покрытия из штучного материала поперечный уклон тротуара может быть увеличен до 50‰.

Для разделительных полос, технических зон и полос озеленения размер и направление поперечного уклона выбирают таким образом, чтобы вода с них, несущая с собой частицы грунта и растений, не попадала на тротуары и проезжую часть. С этой целью разделительная полоса либо не имеет поперечного уклона (если ширина ее менее 5 м), либо делается вогнутого профиля (при ширине 6 м и более) с уклоном к оси улицы, где располагаются лоток и водоприемные колодцы, до 40 ‰. На полосах озеленения при ширине полос до 4 м поперечные уклоны не рекомендуются, а бортовые камни, окаймляющие эти полосы, должны быть выше их поверхности не менее чем на 5 см. Это предотвратит слив воды с полос озеленения на тротуар и проезжую часть. На более широких полосах необходимо предусматривать вогнутый поперечный профиль с уклонами не менее 20 ‰. Возможен и односкатный поперечный профиль этих полос, но с обязательным расположением лотка по границе полосы озеленения. При ширине полосы озеленения более 6 м поперечный уклон из-за опасности размыва грунта не должен превышать 40 ‰.

### 11.3. МЕТОДЫ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПЛАНИРОВКИ УЛИЦ

Проектное решение вертикальной планировки может быть представлено двумя методами: в виде двух проекций на продольную и поперечную плоскости (метод профилей) и проектными горизонталями, изображающими поверхность улицы (метод проектных горизонталей). Оба эти метода используют на практике.

**Метод профилей** применяют при вертикальной планировке улиц с неизменяющимся поперечным профилем и городских дорог, проходящих в пригородной или парковой части города. Основные работы по планировке этим методом приходятся на проектирование продольного профиля. Поверхность улицы связывают с естественным рельефом за счет подбора рабочих отметок, обеспечивающих оптимальное расположение на поверхности земли поперечного профиля. Критерием оптимизации является минимум земляных работ.

В практике городского строительства при проектировании продольного профиля применяют в основном метод тангенсов. Считается, что улица, продольный профиль которой запроектирован этим методом, обладает высокими архитектурными и эстетическими качествами, более удобна для застройки и расположения вдоль красных линий больших зданий. Поверхности улиц, расположенных на прямых в продольном профиле, отличаются строгостью линий, а перспектива улиц — четкостью и хорошей видимостью. В современном градостроительстве это качество особенно ценится у магистральных улиц. Однако в пересеченном рельефе такая планировка улиц выглядит очень жесткой. Она не вписывается

в рельеф, а разрезает его. При этом возникают трудности и с расположением зданий по красным линиям. В таком рельефе предпочтительнее при проектировании продольного профиля использовать метод кривых. С его помощью можно проложить поверхность улицы очень близко к поверхности земли, добиться вписывания улицы в рельеф и снизить объем земляных работ. Этот эффект реализуется в наибольшей степени на улицах, протрассированных кривыми в плане.

Поперечные профили строят с частотой, необходимой для полного отражения рельефа местности: в сложном рельефе через 20 — 30 м; в монотонном, слабо расчлененном через 50 — 100 м. Расстояния между поперечными профилями могут быть неодинаковыми: они располагаются не только по пикетам, но и в характерных точках рельефа и по главным планировочным осям участка — направлениям основных внутриквартальных проездов, осям зданий. Совокупность продольного и поперечных профилей представляет собой запроектированную поверхность. Это представление тем полнее, чем чаще расположены поперечные профили (рис. 11.2).

На каждом из поперечных профилей показывают положение проектного решения и поверхность земли. По их взаимному расположению определяют в конкретном сечении площади выемки и насыпи. Эти данные являются основой для подсчета объема земляных работ.

**Метод проектных горизонталей** применяют при детальном проектировании. С помощью этого метода проектирования поверхность изображают на плане улицы по тому же принципу, что и рельеф: проектные горизонтали являются проекциями линий пересечения проектируемых поверхностей с горизонтальными плос-

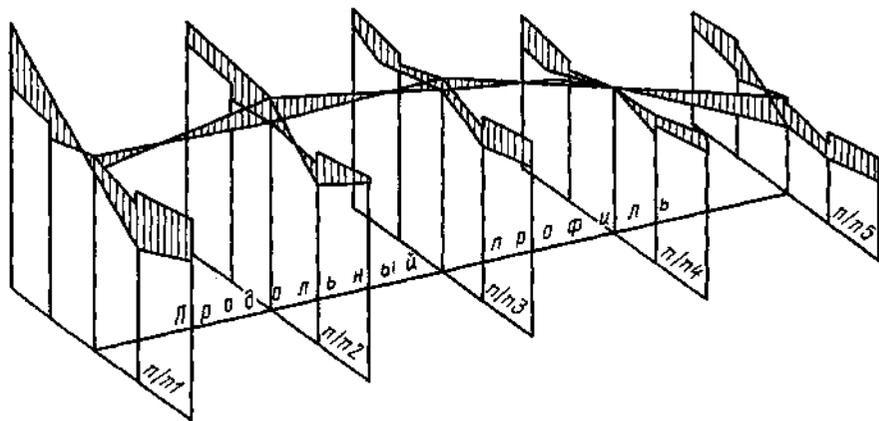


Рис. 11.2. Поверхность улицы, запроектированной методом профилей:  
П/П1—П/П5 — поперечные профили на 1—5-м пикетах

костями с одинаковым превышением друг над другом. Новые горизонтали накладывают на горизонтали естественного рельефа. Это позволяет судить о расположении новой поверхности над существующей в любом месте плана улицы. Этот метод позволяет очень точно учесть даже небольшие изменения в рельефе местности.

Метод проектных горизонталей не требует обязательного построения поперечных профилей. Продольный профиль также необязателен, но для улиц большой протяженности, особенно при рельефе с часто меняющимися уклонами, построение продольного профиля полезно. На нем более просто найти оптимальный продольный уклон, расположение и размеры вертикальных кривых.

В сложном рельефе, особенно на косогорах, рекомендуется в характерных местах построить поперечные профили улицы. Они показывают расположение в поперечном сечении проектируемой поверхности относительно поверхности земли по всей ширине улицы. Поэтому с помощью поперечных профилей можно оптимизировать рабочие отметки в продольном профиле оси улицы.

Запроектированная поверхность характеризуется формой и расположением горизонталей. Все проектные горизонтали проводят при постоянном сечении, которое выбирают в зависимости от сложности рельефа и масштаба чертежа (табл. 11.1). Для детального проектирования выбирают масштаб 1:500 или 1:1000, реже 1:1200.

Над проектными горизонталями должны быть указаны их отметки: кратные метру горизонтали надписывают полностью, над остальными проставляют только первую цифру после запятой.

Очертания проектных горизонталей зависят от формы запроектированной поверхности (рис. 11.3). Расстояния между горизонталями характеризуют уклон. Если продольный и поперечный уклоны не равны между собой, расстояния между горизонталями также не одинаковы. Излом горизонталей говорит о том, что поверхность имеет несколько скатов, угол, образованный горизонталью, направленный в сторону меньших отметок, означает гребень, в сторону больших отметок — лоток. Разрывы и смещения горизонталей у планировочных элементов показывают вертикальную стенку, высота которой равна разности отметок двух гори-

Таблица 11.1

Уклон поверхности, ‰	Рекомендуемые сечения горизонталей (м) при масштабе		
	1:500	1:1000	1:2000
До 5	0,1	0,1	0,2
5—10	0,1	0,2	0,2
10—30	0,1—0,2	0,2(0,25)	0,5
30	0,2(0,25)	0,2(0,5)	0,5

Примечание. В скобках показано сечение горизонталей при монотонном рельефе.

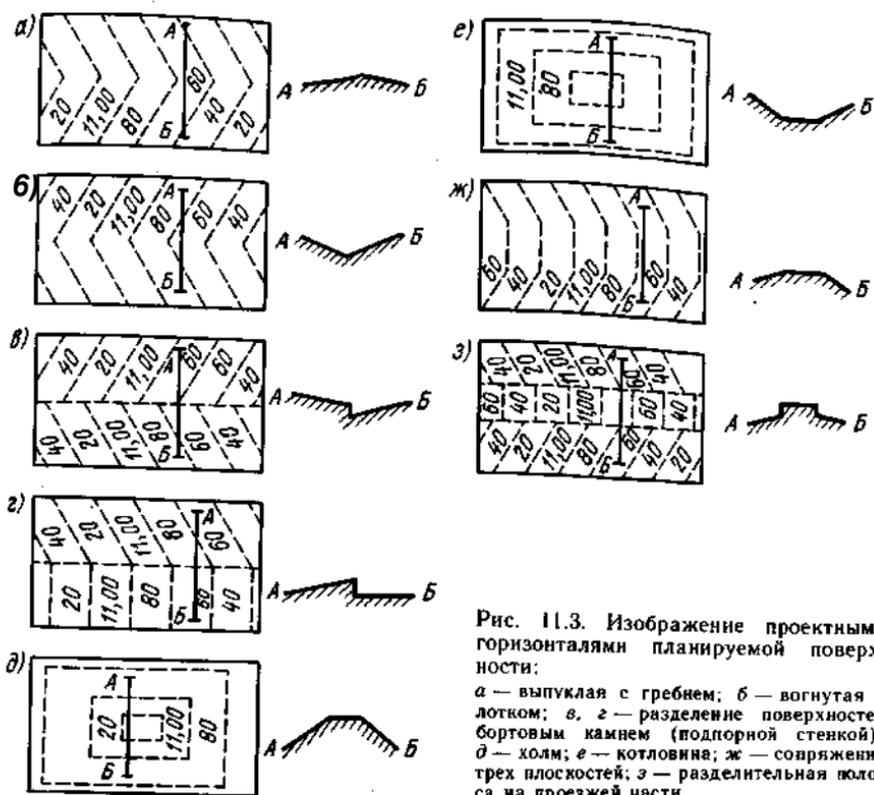


Рис. 11.3. Изображение проектными горизонталями планируемой поверхности:

а — выпуклая с гребнем; б — вогнутая с лотком; в, г — разделение поверхностей бортовым камнем (подпорной стенкой); д — холм; е — котловина; ж — сопряжение трех плоскостей; з — разделительная полоса на проезжей части

горизонталей, примыкающих к линии с разных сторон. Концентрично расположенные замкнутые горизонтали с уменьшающимися от центра отметками означают холм, с увеличивающимися — котловину.

Очертания и положения проектных горизонталей в плане зависят от формы поверхности улицы и продольного уклона. В продольном профиле представлены все линии, ограничивающие планировочные элементы улицы. Показано положение секущих плоскостей, превышение которых друг над другом равно сечению горизонталей. Точки встречи этих плоскостей с линиями в продольном профиле показывают положение горизонталей. Расстояние  $l_0$  между горизонталями определяется продольным уклоном ( $i_0$ ) и сечением горизонталей ( $\Delta h$ ):  $l_0 = \Delta h / i_0$ .

Если планировочные элементы имеют одинаковый продольный уклон, это расстояние остается по всей ширине улицы постоянным, а горизонтали в пределах одной плоскости параллельны друг другу.

Вертикальную планировку методом проектных горизонталей; выполняют графо-аналитическим способом в определенном порядке. Вначале устанавливают точки переломов в продольном профиле, затем продольные и поперечные уклоны, радиусы вертикальных кривых и высоту бортовых камней. По этим данным на одной из линий плана улицы (называемой *ведущей*), чаще всего оси улицы, рассчитывают расстояния между проектными горизонталями. Положение горизонталей на поверхности улицы устанавливают графически с учетом поперечного уклона и высот бортовых, окаймляющих отдельные планировочные элементы. Последовательность выполнения вертикальной планировки улицы показана на рис. 11.4.

Для определения положения проектных горизонталей на ведущей линии (для градуирования линии) необходимо, помимо продольного уклона и сечения горизонталей, знать проектную отметку какой-либо точки этой линии ( $H_0$  на рис. 11.4, а). Положение первой от этой точки горизонтали определяют разницей  $\Delta H$  отметок точки и этой горизонтали:  $l_{01} = \Delta H / i_0$ . Все остальные горизонтали, лежащие на этой прямой (рис. 11.4, б), будут удалены друг от друга на расстояние

$$l_0 = \Delta h / i_0,$$

где  $\Delta h$  — сечение горизонталей, м.

При движении в поперечном направлении отметки точек на проезжей части за счет поперечного уклона будут уменьшаться. Для того чтобы разница в отметках достигла  $\Delta h$ , нужно от оси улицы удалиться на расстояние

$$l_n = \Delta h / i_n,$$

где  $i_n$  — поперечный уклон проезжей части в долях единицы.

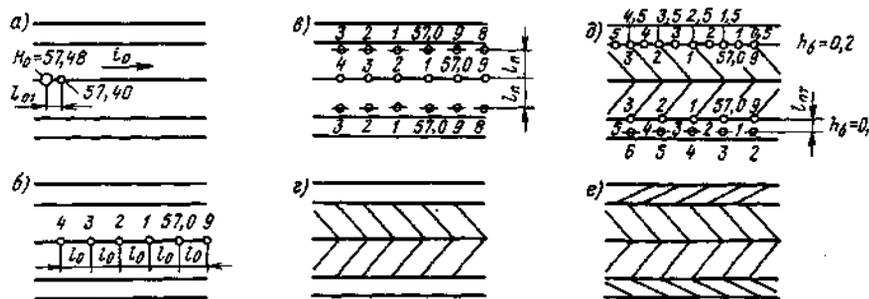


Рис. 11.4. Последовательность выполнения вертикальной планировки улицы (цифрами показаны отметки горизонталей):

а — положение первой горизонтали около опорной точки; б—д — градуирование линий; е — проектное решение

При постоянном поперечном уклоне скорость изменения отметок в поперечном направлении будет неизменна. Вспомогательная линия, проведенная на расстоянии  $l_n$  параллельно ведущей линии, означает границу изменения отметок на разницу  $\Delta h$ . Все точки, снесенные с ведущей линии на вспомогательную, будут иметь отметку на АЛ меньшую (рис. 11.4, в).

Один скат проезжей части при проектировании вертикальной планировки принимают за плоскость. В пределах этой плоскости через две точки, имеющие одинаковые отметки, проводят горизонталь (рис. 11.4, г). Отметка на поверхности бортового камня определяется с учетом отметки горизонтали на проезжей части и высоты этого камня. Если высота бортового камня кратна сечению горизонталей, проектная горизонталь на верху камня совпадет в плане с горизонталью на проезжей части, но будет иметь другую отметку

$$H_k = H_r + h_k,$$

где  $H_k$  — отметка проектной горизонтали на поверхности бортового камня;  $H_r$  — отметка горизонтали;  $h_k$  — высота бортового камня.

Если  $h_k$  не кратна  $\Delta h$ , положение проектной горизонтали определяют интерполяцией. Поскольку поперечный уклон тротуара отличается от поперечного уклона проезжей части, определяют новое положение вспомогательной линии (рис. 11.4, д). Расстояние ее от границы тротуара

$$l_{ar} = \Delta h / i_{ar},$$

где  $i_{ar}$  — поперечный уклон тротуара.

Поскольку поперечный уклон тротуара направлен в сторону проезжей части, при удалении от линии борта отметки будут увеличиваться. Проектные горизонталы на тротуаре имеют наклоны к оси улицы, противоположные горизонталям на проезжей части (рис. 11.4, е).

Изложенная последовательность выполнения вертикальной планировки остается неизменной и при большем количестве планировочных элементов улицы.

#### 11.4. ВЕРТИКАЛЬНАЯ ПЛАНИРОВКА УЛИЦ С ПЕРЕЛОМАМИ В ПРОДОЛЬНОМ ПРОФИЛЕ

При наличии в продольном профиле переломов вертикальные кривые вписываются в них лишь при алгебраической разности продольных уклонов, превышающей нормативные значения в зависимости от расчетной скорости движения и категории улицы (табл. П.2). При строительстве земляного полотна улицы вертикальная кривая разбивается хордами 30—50 м при выпуклой кривой и 10—15 м при вогнутой с радиусом 0,10—0,15 и 0,20—0,25 м. Большая точность при производстве земляных работ и не требуется, так как ломаная линия в

Таблица 11.2

Категория улиц и дорог	Алгебраическая разность уклонов, ‰	Наименьшие радиусы вертикальных кривых, м	
		выпуклых	вогнутых
Скоростные дороги	5 и более	10 000	2 000
Магистральные улицы:			
общегородского значения	7 и более	6 000	15 000
районного значения	10 и более	4 000	1 000
преимущественно грузового дви- жения	7 и более	6 000	1 500
Улицы местного значения	15 и более	2 000	500

продольном профиле, состоящая из большого числа хорд с малой разницей продольных уклонов, воспринимается зрительно как плавная кривая. Нарушения зрительной плавности возникают при алгебраической разнице уклонов в концах хорд более 15 ‰.

При алгебраической разнице продольных уклонов меньше нормативных ведущую линию на участке перелома градуируют обычным образом: расстояния с обеих сторон перегона определяют с учетом продольных уклонов. Если горизонталь пересекает линию перегона, форма их меняется согласно рис. 11.5.

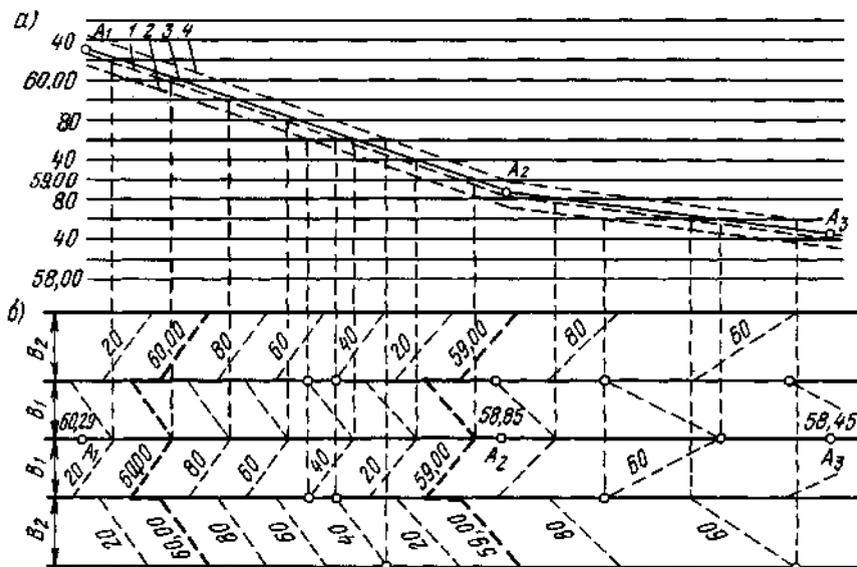


Рис. 11.5. Форма горизонталей на участке с переломом в продольном профиле: а — продольный профиль; б — план улицы;  $A_1$ — $A_3$  — точки по оси улицы в вершинах перелома;  $B_1$  — проезжая часть;  $B_2$  — тротуар

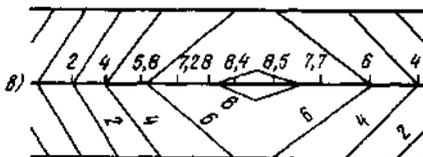
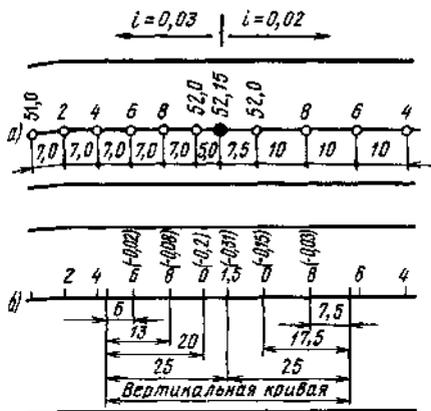


Рис. 11.6. Вписывание вертикальных кривых по методу тангенсов (цифры в скобках означают поправки на вертикальную кривую):

а — градуирование линий; б — введение поправок на кривую; в — общий вид

Вертикальную кривую в перелом продольного профиля можно вписать двумя способами. Первый аналогичен методу тангенсов, применяемому при проектировании продольного профиля. Согласно этому методу сначала градуируют обе ветви перелома (рис. 11.6, а), затем в точках, где расположены горизонтали, вводят поправку отметок на вертикальную кривую (рис. 11.6, б). Эти поправки ( $\Delta H_k$ ) вычисляют от начала кривой:

$$\Delta H_k = l^2 / 2R_v,$$

где  $l$  — расстояние от начала кривой до горизонтали, м;  $R_v$  — радиус вертикальной кривой, м.

Для вертикальных выпуклых кривых эти поправки вводят с минусом, для вогнутых — с плюсом. После ввода поправок все горизонтали в пределах вертикальной кривой будут иметь дробные отметки. Положение горизонталей, кратных сечению  $\Delta h$ , определяют интерполяцией (рис. 11.6, в).

Второй способ позволяет рассчитывать положение проектных горизонталей сразу с учетом вертикальной кривой. При этом используют положение о симметричности кривой относительно вертикали, проходящей через ее вершину. Расчет ведут в такой последовательности: сначала находят положение вершины кривой и ее отметку, а затем, идя от вершины, находят положение проектных горизонталей.

Положение вершины можно найти расчетом согласно рис. 11.7. Положение кривой, ее начало и конец определяют алгебраической разностью продольных уклонов и радиуса кривой. Обе ветви перелома градуируют до вертикальной кривой и определяют отметки ее начала и конца. Расстояние от начала кривой до вершины

$$l_n = R_v i_n,$$

где  $i_n$  — продольный уклон в начале кривой.

Превышение вершины над началом кривой  $\Delta H_0 = R_0 i_n^2 / 2$ . Отметку вершины кривой определяют с помощью отметки ее нача, и превышения  $\Delta H_n: H_n = H_{нк} + \Delta H$ . Расстояние от вершины кривой до первой проектной горизонтали

$$l_1 = \sqrt{2R\delta H},$$

где  $\delta H$  — разница отметок вершины кривой и первой горизонтали, м.

Расстояние от вершины кривой до следующих горизонталей

$$l_n = \sqrt{2R \sqrt{\delta H + (n-1)\Delta h}},$$

где  $n$  — номер горизонтали, считая от вершины.

Значения  $l_n$  откладывают в обе стороны от вершины кривой. Наибольшее значение  $l_n$  равно расстоянию от вершины для начала кривой ( $l_0$ ). По мере удаления от вершины кривой расстояния между горизонталями уменьшаются.

Положение проектных горизонталей на вертикальной кривой может быть определено с помощью таблиц для проектирования кривых в продольном профиле. Последовательность проектирования при этом не изменяется; таблицы позволяют без вычисления определять превышения на кривой и расстояния между горизонталями при заданных продольных уклонах. В таблицах для конкретного радиуса вертикальной кривой в одной строке показаны превышения точки над вершиной, расстояние от вершины и продольный уклон в этой точке.

В табл. 11.3 приведены эти данные для кривой радиусом 1000 м. Этой таблицей можно пользоваться и при других радиусах  $R$ ; вертикальных кривых. Для этого необходимо ввести поправку  $n_i =$

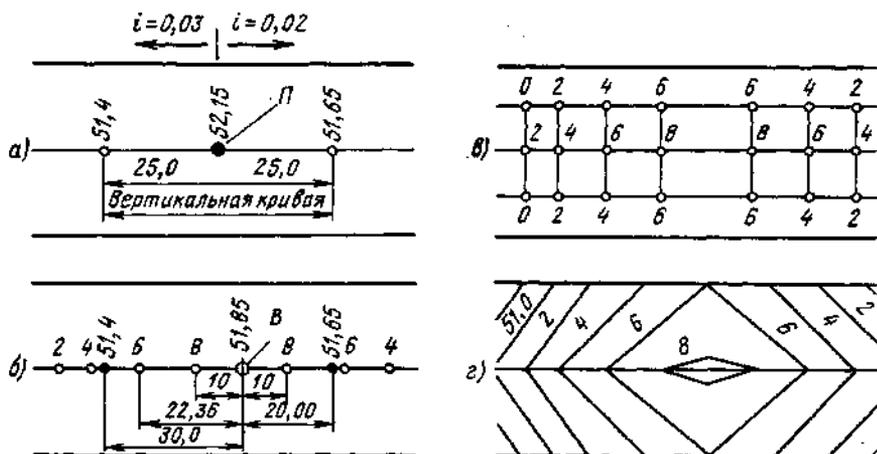


Рис. 11.7. Расчет проектных отметок на вертикальной кривой: а — положение перелома; б — градуирование линии; в — положение проектных горизонталей на проезжей части; г — общий вид; П и В — положения перелома и вершины соответственно

Таблица 11.3

$\Delta H_n$	$l$	$i$									
1	4,47	4	37	27,20	27	116	48,17	48	239	69,14	69
2	6,33	6	40	28,28	28	121	49,19	49	246	70,00	70
3	7,75	8	42	28,98	29	125	50,0	50	252	71,00	71
4	8,94	9	45	30,00	30	130	51,00	51	258	72,00	72
5	10,00	10	48	31,10	31	135	51,96	52	266	73,00	73
6	10,95	11	52	32,25	32	141	53,10	53	273	74,00	74
7	11,83	12	55	33,17	33	146	54,04	54	281	75,00	75
8	12,68	13	58	34,06	34	152	55,12	55	288	76,00	76
10	14,14	14	62	35,21	35	157	56,04	56	296	77,00	77
11	14,83	15	65	36,06	36	163	57,10	57	303	78,00	78
13	16,12	16	69	37,15	37	169	58,14	58	312	79,00	79
14	16,73	17	73	38,21	38	175	59,16	59	320	80,00	80
16	17,89	18	76	39,00	39	180	60,00	60			
18	18,97	19	80	40,00	40	186	61,00	61			
20	20,00	20	85	41,23	41	193	62,13	62			
22	20,98	21	89	42,19	42	199	63,09	63			
24	21,91	22	93	43,13	43	205	64,03	64			
26	22,80	23	97	44,05	44	212	65,00	65			
29	24,08	24	102	45,17	45	218	66,03	66			
32	25,80	25	106	46,04	46	224	67,00	67			
34	26,08	26	110	47,00	47	231	68,00	68			

$=\sqrt{R_i/1000}$ . Поправку вводят в  $l$  и  $i$ , превышение  $\Delta H_n$  над вершиной кривой остается неизменным:

$$l_i = l n_i; i_n = i/n_i,$$

где  $l_i$  и  $i_n$  — значения расстояния от вершины и продольного уклона соответственно при заданном  $\Delta H_n$  из табл. 11.3 для  $R=1000$  м.

### 11.5. ВЕРТИКАЛЬНАЯ ПЛАНИРОВКА УЛИЦ С МАЛЫМИ ПРОДОЛЬНЫМИ УКЛОНАМИ

Задача вертикальной планировки улиц с продольными уклонами менее 5‰ — создание условий для надежного стока воды по лоткам вдоль улицы. Это обеспечивается посредством пилообразного продольного профиля. Его следует проектировать не по всей ширине улицы, а только по лотку (рис. 11.8, а).

Пилообразный продольный профиль по лотку улицы создается за счет изменения поперечного уклона проезжей части. Поперечный уклон тротуара рекомендуется оставлять постоянным. При такой схеме планировки продольный профиль по оси улицы, тротуару, полосам озеленения и красной линии независимо от продольного уклона проектируют одной прямой линией.

Поскольку продольный профиль изменяется только по лотку, обеспечить это изменение можно лишь за счет изменения высоты бортового камня. Предельное понижение дна лотка зависит от размеров и конструкции бортового камня (рис. 11.8, б). Типы бортовых камней, применяемые в строительстве, общей высотой 30 — 60 см позволяют изменять высоту борта над поверхностью проезжей части

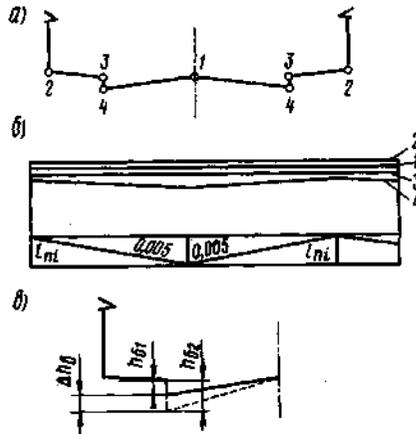


Рис. 11.8. Исходные данные для проектирования пилообразного продольного профиля: а — поперечный профиль улицы; б — продольные профили по оси (1); красным линиям (2); поверхности бортового камня (3); лотку (4); в — изменение отметок по лотку

( $\Delta h$ ) от 10 до 25 см. Этой разниц, высот достаточно для создания продольного уклона по дну лотка на длине  $l_{ni}$ :

$$i_{ni} = \Delta h_0 / i_{min}$$

где  $\Delta h_0$  — разница в высотах бортового камня  $h_{01}$  и  $h_{02}$  (рис. 11.8, в) в вершинах перелома (глубина лотка);  $i_{min}$  — минимальный продольный уклон, обеспечивающий движение воды по лотку.

Изменение глубины лотка при неизменном уклоне осевой линии вызывает постоянное изменение поперечного уклона по длине улицы. При минимальной глубине лотка поперечный уклон будет наименьшим, при максимальной — наибольшим. Для асфальтобетонных и цементобетонных покрытий шириной до 15 м поперечный уклон должен быть не менее 15‰. Максимальный поперечный уклон с учетом дополнительной глубины лотка

$$i_{n(max)} = i_{n(min)} + \Delta h_0 / B_n,$$

где  $B_n$  — ширина проезжей части о оси улицы до лотка.

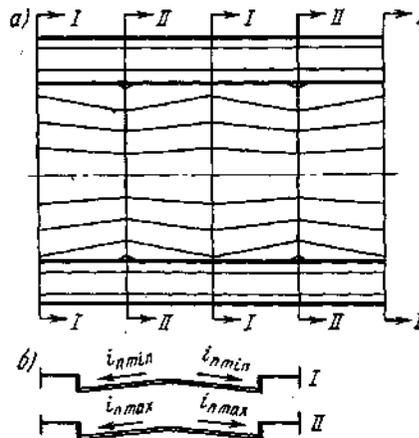


Рис. 11.9. Вертикальная планировка с пилообразным продольным профилем по лотку: а — план улицы; б — поперечные профили

При вертикальной планировке улицы с малыми продольными уклонами положение проектных горизонталей определяют с помощью градуирования поперечных линий, проведенных в точку) перелома продольного профиля по лотку (рис. 11.9). Зная отметку оси улицы в сечении, через поперечный уклон проезжей части определяют положение проектных горизонталей в этом сечении. Одноименные горизонталы на соседних поперечных сечениях соединяют прямыми.

При расчете водостока расстояние между водоприемными колодцами принимают равным  $2l_{ni}$ .

## 11.6. ВЕРТИКАЛЬНАЯ ПЛАНИРОВКА ПЛОЩАДЕЙ

При вертикальной планировке площадей наряду с обеспечением водоотвода приходится решать и задачи архитектурно-эстетического плана. Площади общественных центров и перед отдельными зданиями и сооружениями несут не только техническую, но и эстетическую нагрузку. Большое значение имеют здания и сооружения у площадей. Часто вертикальная планировка площади подчеркивает доминирующее положение здания: устройство ступеней и пандусов, ведущих к зданию; понижаемые поверхности площади, зрительно поднимающие доминирующее здание. Независимо от схемы организации рельефа на площадях обязательно должен быть обеспечен водоотвод (рис. 11.10). Наиболее рациональной планировкой является односкатная наклонная поверхность, площади. Однако при больших размерах площади в низовой ее части во время дождя может образовываться довольно значительный слой стока. Если на площади организовано движение автомобилей, это может повлечь

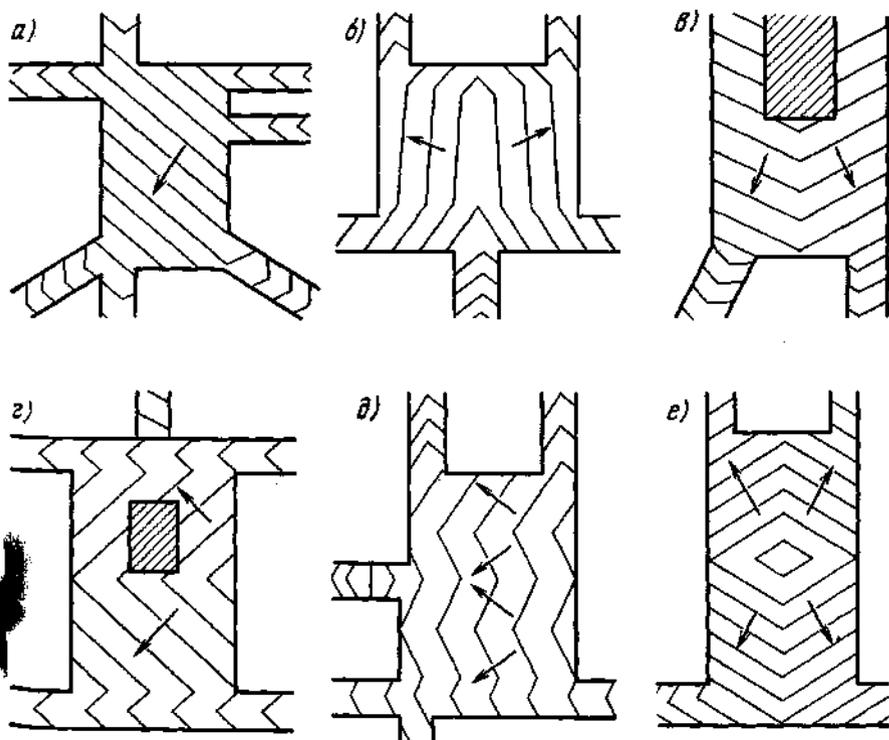
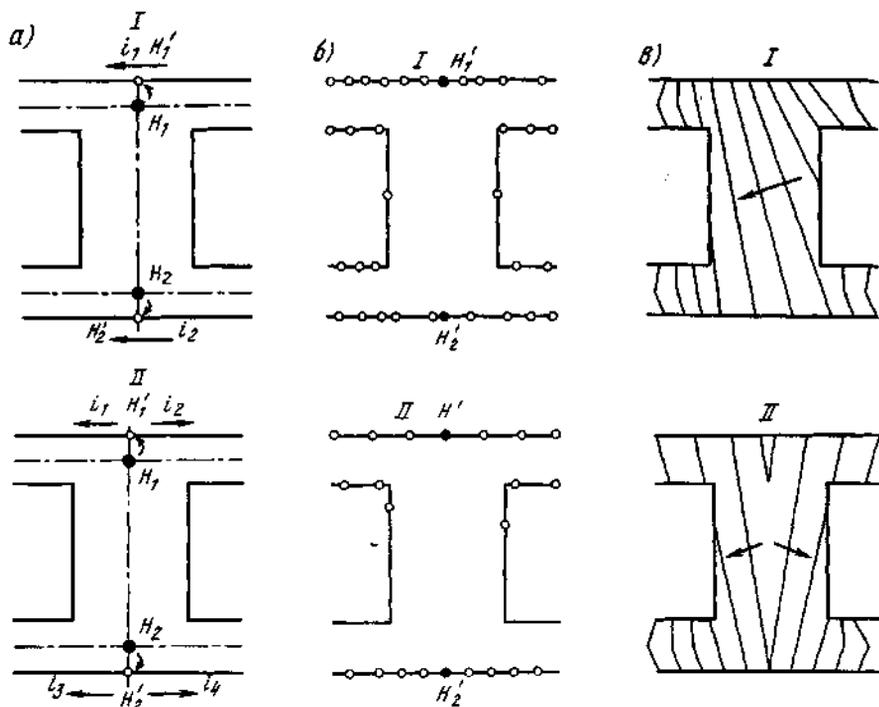


Рис. 11.10. Принципиальные схемы решения вертикальной планировки площадей: а — односкатная поверхность; б—г — двускатная поверхность; д — многоскатная поверхность с лотками; е — выпуклая поверхность



11.11. Последовательность выполнения вертикальной планировки площадей:  
 а — определение опорных точек; б — градуирование линий; в — общий вид планировки;  
 I и II — одно- и двускатный профили соответственно;  $H_1$  и  $H_2$  — отметки по осям улиц;  
 $H_1'$  и  $H_2'$  — отметки, вычисленные с учетом поперечных уклонов улиц

за собой снижение безопасности движения. Для таких площадей односкатная поверхность может быть рекомендована при ширине ее в направлении стока не более 30 м. При большей ширине площади рекомендуется двух- или многоскатный с лотками рельеф.

При двускатной планировке гребень рекомендуется ориентировать на середину примыкающего к площади квартала или доминирующее здание. Гребень следует располагать параллельно большей из сторон площади. Поверхность с несколькими параллельными гребнями целесообразна для площадей с элементами благоустройства в плане. Расположенные вдоль площади лотки могут, помимо основного назначения, иметь еще и декоративный характер. Возможны многоскатные выпуклая и вогнутая поверхности. Последняя предполагает обязательное устройство закрытого водостока под площадью.

Вертикальную планировку площади проектируют в определенной последовательности (рис. 11.11). После выбора схемы планировки градуируют ведущие линии, в качестве которых принимают линии,

ограничивающие контуры площади. Одноименные отметки соединяют линиями (горизонталями), форма которых в пределах площади остается неизменной. Вертикальную планировку примыкающих к площади улиц выполняют по правилам вертикальной планировки пересечений.

Вертикальная планировка площадей с кольцевым движением транспортных средств и высотное положение кольцевой проезжей части зависят от высотного положения вливающихся на кольцо улиц. Для градуирования выбирают, как правило, внешнюю границу кольца. Точки ее пересечения с осями вливающихся улиц являются опорными высотными точками. Разница в отметках двух таких соседних точек определяет продольный уклон по кольцу на участке, где эти точки расположены.

Положение вспомогательной линии определяют через поперечный уклон проезжей части кольца. Направление поперечного уклона для городских площадей с кольцевым движением выбирают от центра площади. Это обеспечивает водоотвод с площади и тротуаров.

Форма поверхности центральной части площади зависит от архитектурно-планировочного решения площади и может быть плоской, вогнутой или выпуклой. Пример вертикальной планировки площади с кольцевым движением показан на рис. 11.12.

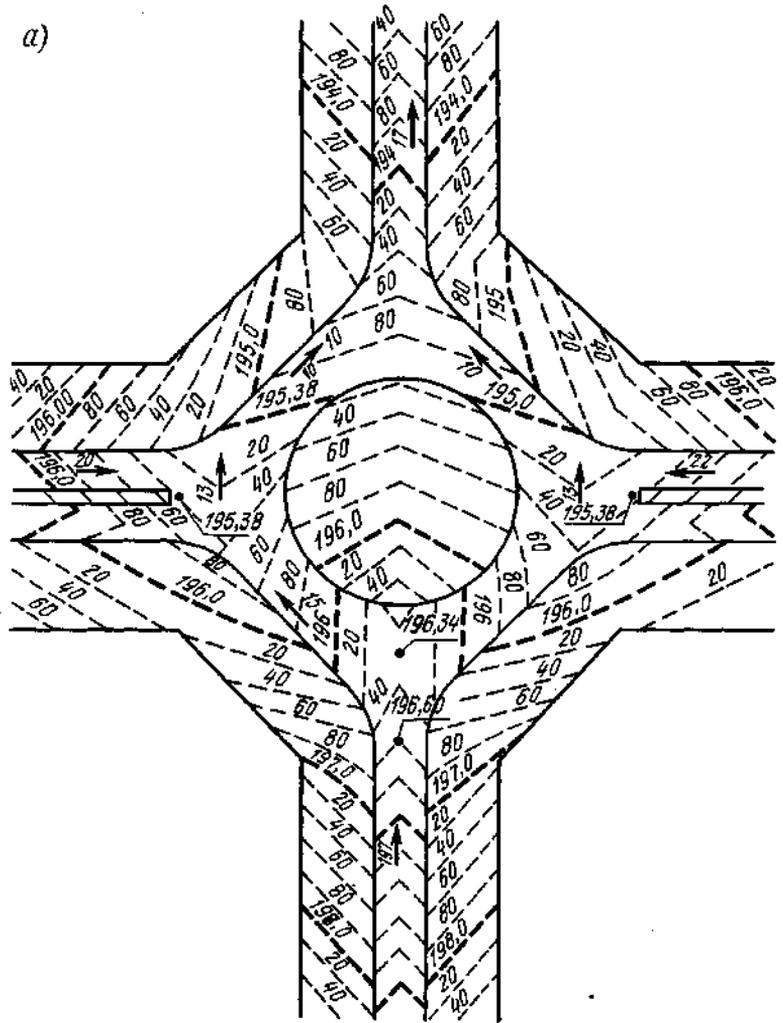
Вертикальную планировку площадок для стоянок автомобилей выполняют в зависимости от размеров площади одно- или многоскатной. Задачами вертикальной планировки, помимо организации рельефа, являются упорядочивание стока воды со стоянок и предотвращение попадания этой воды на прилегающие улицы. В этой связи гребнем и лотком целесообразно разделять полосы для стоянок автомобилей. Длина одного ската поверхности площади определяется схемой расстановки автомобилей и будет составлять 5 — 10 м. Поперечный уклон на этих скатах зависит от типа покрытия, для асфальтобетона он может составлять 20 — 30%.

### **11.7. ВЕРТИКАЛЬНАЯ-ПЛАНИРОВКА ПЕРЕСЕЧЕНИЙ УЛИЦ**

Вертикальная планировка пересечений увязывает поверхности пересекающихся улиц. Сложностью этой планировки является сопряжение на небольшой площади нескольких двускатных поверхностей. Схемы вертикальной планировки пересечений улиц разделяют на два типа: пересечение главной и второстепенной улицы и пересечение равнозначных улиц.

В планировке пересечения главной и второстепенной улиц сохраняют правило, принятое при организации движения: преимущества, в том числе и удобство движения, обеспечиваются по направлению главной улицы. При такой схеме вертикальная планировка главной улицы остается на пересечении такой же, как и на пере-

a)



гонах. Всю увязку поверхностей выполняют в пределах второстепенных улиц.

В месте сопряжения с главной улицей поперечный профиль второстепенной должен быть односкатным. Переходить к двускатному поперечному профилю следует на длине как можно меньшей, поскольку на этом участке улицы нарушается обычная схема водоотвода, и вода с поверхности проезжей части сбрасывается только в один лоток (рис. 11.13).

Для второстепенной улицы опорной отметкой, с которой начинают проектировать продольный профиль и вертикальную плани-

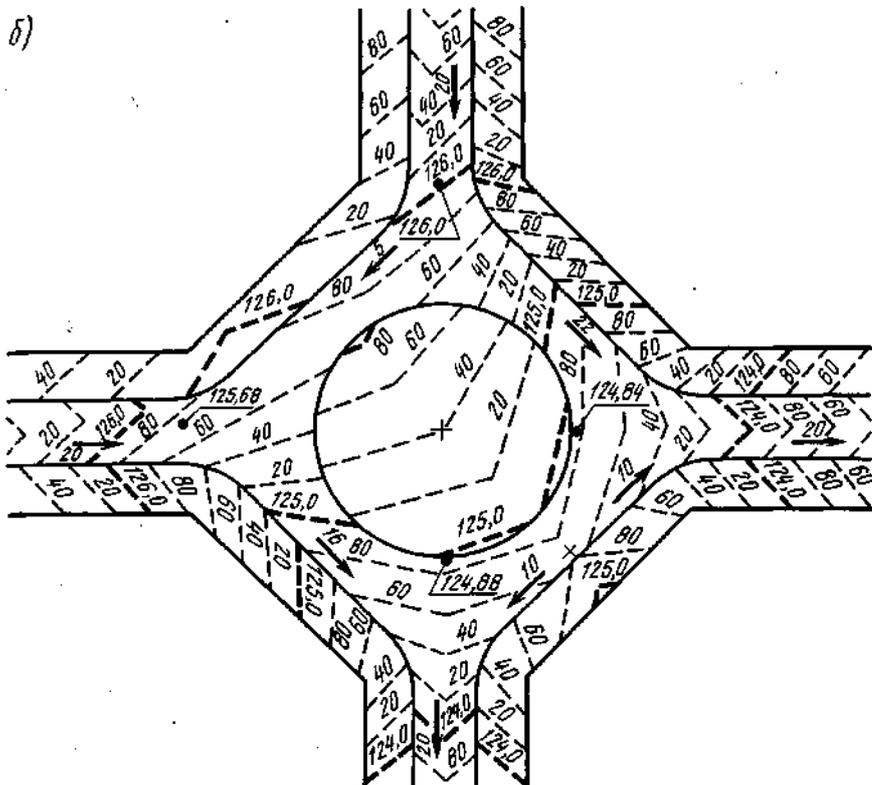


Рис. 11.12. Вертикальная планировка площади с кольцевым движением:  
 а — при размещении пересечения в тальвеге; б — на косогоре

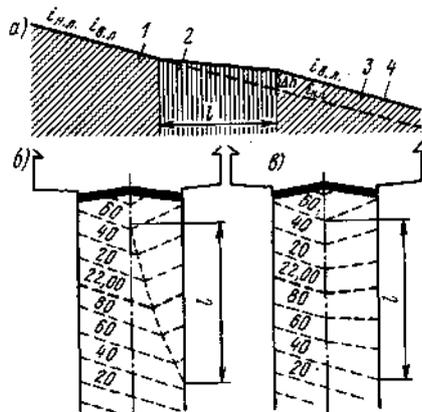


Рис. 11.13. Переход от двух- к одно-  
 скатному поперечному профилю:  
 а — продольный профиль по лоткам; б —  
 размотка со смещением гребня; в — раз-  
 мотка с изменением доперечного уклона;  
 1 — двускатный профиль; 2 — участок раз-  
 мотки; 3 — односкатный профиль; 4 — со-  
 прягаемые линии; А и Б — границы проекти-  
 руемой поверхности

ровку, является отметка точки пересечения ее оси и кромки проезжей части главной улицы. Переход от двускатного поперечного профиля к односкатному (так называемая размостка) выполняют за счет изменения продольного профиля одного из лотков по длине  $l$ . В конце размещаемого участка один лоток поднимают над другим на высоту ЛЯ. Эта высота определяется новым поперечным уклоном односкатной проезжей части второстепенной улицы, который по линии сопряжения будет равен продольному уклону главной улицы  $i_{г.л.}$ :

$$\Delta h = B_2 i_{г.л.}$$

где  $B_2$  — ширина проезжей части второстепенной улицы.

Длина размостки  $l$  определится алгебраической разницей продольных уклонов верхнего  $i_{в.л.}$  и нижнего  $i_{н.л.}$  лотков:  $l = \Delta h / (i_{в.л.} - i_{н.л.})$ . Желательно, чтобы сумма основного и дополнительного уклона  $\Delta i_{л.}$  по верхнему лотку не превысила допустимый продольный уклон, устанавливаемый для конкретной категории улицы:  $\Delta i_{л.} = i_{в.л.} - i_{н.л.}$ . С учетом значений  $\Delta h$  и  $\Delta i$  длина  $l = B_2 i_{г.л.} / \Delta i_{л.}$ .

Очень малая длина размостки улучшает водоотвод на участке сопряжения, но из-за резкого изменения поверхности улицы ухудшаются условия движения и внешний вид проезжей части. При чрезмерно большой длине размостки ухудшается водоотвод. Оптимальной считается длина размостки, не вызывающая ощущение зрительного перелома по верхнему лотку. Это достигается при дополнительном продольном уклоне по лотку до 20 ‰. С учетом этого предельная длина отмостки  $l_{\min} = B_2 i_{г.л.} / 0,02$ .

Размостку можно выполнить двумя способами: изменением поперечного уклона проезжей части улицы и смещением гребня проезжей части к верхнему лотку (рис. 11.13, б, в). С технических позиций оба способа дают одинаковые результаты, но эстетически более совершенную поверхность позволяет получить первый способ.

Примыкание второстепенной улицы к главной можно выполнить двумя способами: без лотка и с лотком вдоль главной улицы. Первый способ применяют на пересечении с уклоном от главной улицы, второй — с уклоном в сторону главной улицы.

Последовательность проектирования вертикальной планировки показана на рис. 11.14. Сначала определяют отметку опорной точки на оси второстепенной улицы, используя вертикальную планировку главной улицы. Затем рассчитывают длину размостки и за ее пределами выполняют вертикальную планировку второстепенной улицы. На правом и левом лотках второстепенной улицы определяют отметки по кромке проезжей части главной улицы (точки А и В на рис. 11.4, б). После этого градуируют три линии — левый лоток, ось и правый лоток на длине  $l$  второстепенной дороги — и проводят проектные горизонталы. Пример вертикальной планировки пересечения главной и второстепенной улиц показан на рис. 11.15, а.

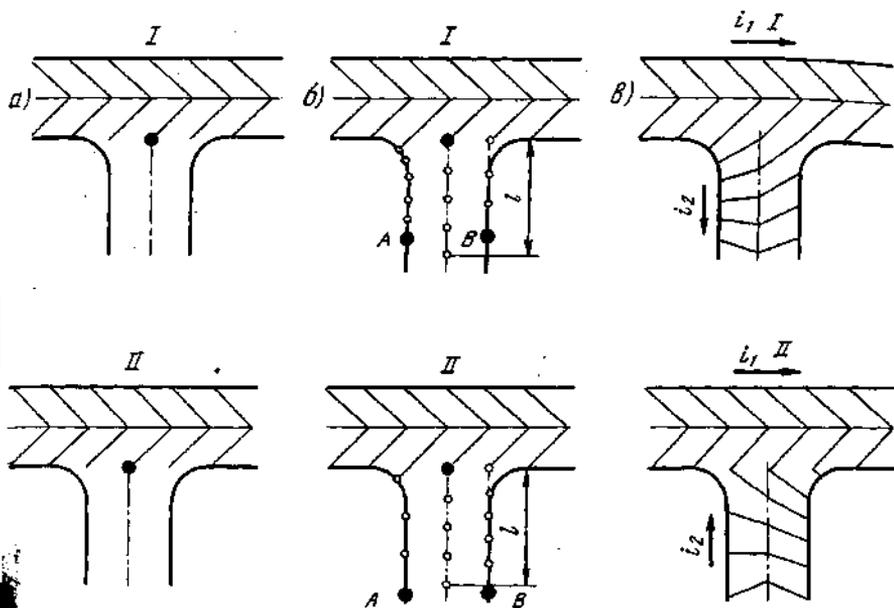


Рис. 11.14. Последовательность проектирования сопряжения главной и второстепенной улиц при уклоне по второстепенной улице:

I — от главной; II — в сторону главной;

а — вертикальная планировка главной улицы; б — градуирование линий в пределах разности; в — продольные уклоны главной и второстепенной дорог

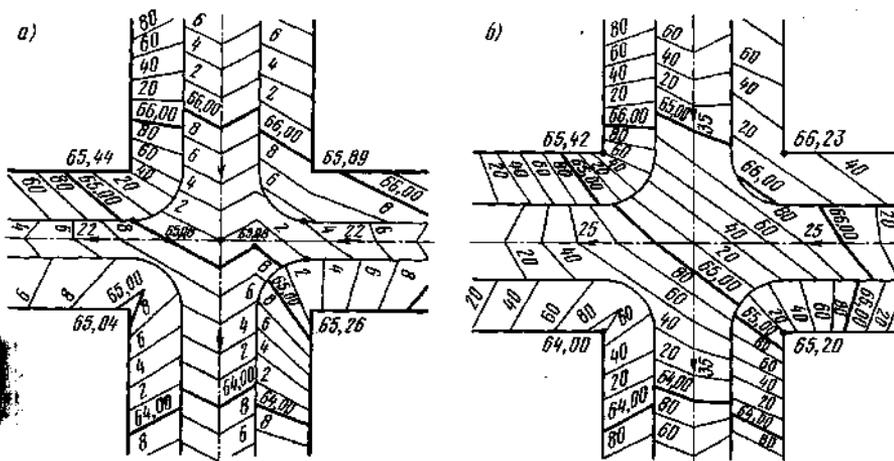


Рис. 11.15. Вертикальная планировка пересечений:

а — главной и второстепенной улиц; б — равнозначных улиц

ших размеры развязки в плане. Это достигается использованием предельных допустимых продольных уклонов и радиусов вертикальных кривых. Наиболее удобные условия для движения автомобилей создаются при непосредственном сопряжении выпуклой и вогнутой кривых без прямой вставки. Максимальный продольный уклон при этом будет только в точке сопряжения кривых. Весь пандус будет более пологим, чем при сопряжении вертикальных кривых прямой вставкой. Однако при этом увеличиваются длина пандуса и размеры всей транспортной развязки (рис. 11.16).

При строительстве по главному направлению транспортного тоннеля длина пандуса ( $L_n$ ) может быть сокращена вводом вогнутой вертикальной кривой в тоннель. Это приводит к увеличению высоты тоннеля и его удорожанию, поэтому такое решение применяют в случаях, когда длины улицы, выделяемой для транспортной развязки, недостаточно для расположения Пандуса. Оптимальным решением является расположение вогнутой вертикальной кривой вне транспортного тоннеля.

При расположении по главному направлению эстакады размеры вертикальных кривых, продольных уклонов и прямых вставок определяются рельефом улицы и шириной проезжей части пересекаемого направления. Возможны следующие принципиальные решения: выпуклая вертикальная кривая объединяет оба пандуса (рис. 11.17, а), путепровод расположен на прямой вставке (рис. 11.17, б). Радиусы вертикальных кривых выбирают с учетом не

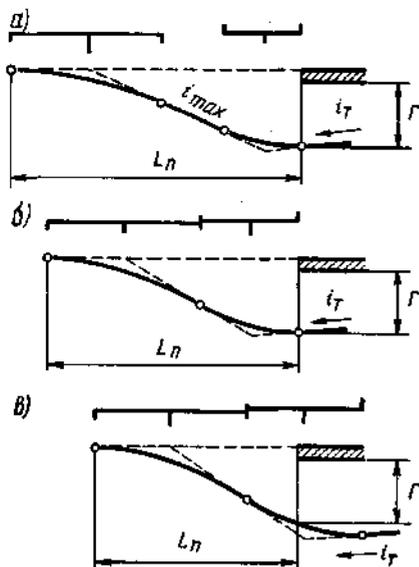


Рис. 11.16. Возможности уменьшения радиуса тоннеля:

а — сопряжение вертикальных кривых с максимальным уклоном; б — уменьшение радиусов вертикальных кривых; в — расположение вогнутой вертикальной кривой в тоннеле;  $r$  — габаритная высота тоннеля

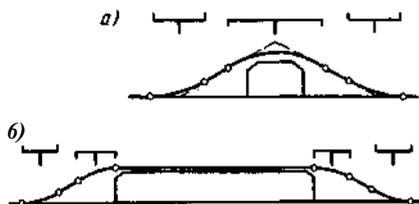


Рис. 11.17. Пандусы на путепроводах при малой (а) и большой (б) длинах путепровода

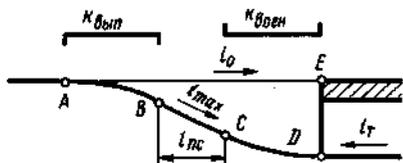


Рис. 11.18. Схема к расчету длины пандуса

При планировке пересечения двух равнозначных улиц увязка поверхностей распространяется на обе улицы. В качестве опорной точки выбирают пересечение осей улиц. Длина участка разности в зависимости от рельефа местности меняется. Форма поверхности пересечения также определяется рельефом. Если пересечение расположено на гребне, его поверхность многоскатная, в тальвеге и котловине — вогнутая, на косогоре — плоская.

Проектирование вертикальной планировки таких пересечений начинают с центра. Первую горизонталь проводят с учетом направления продольных уклонов пересекающихся улиц и желательного направления сброса воды с поверхности пересечения. Длину разности откладывают по оси улиц. Градуируют в пределах разности три линии: оба лотка и ось улицы. Опорные точки на этих линиях определяют через первую горизонталь и продольные уклоны по оси улиц. Примеры вертикальной планировки пересечения равнозначных улиц показаны на рис. 11.15, б.

Поверхности тротуаров проектируют после окончания вертикальной планировки проезжих частей. Наиболее сложным участком при этом является закругление тротуара. При скоплении на этом участке горизонталей необходимо проверить получившийся продольный уклон на тротуаре, если он превышает допустимый, уменьшить его за счет изменения высоты борта. При этом не допускается высота борта менее 10 см и более 25 см. Следует также следить и за поперечным уклоном тротуара: на всем его протяжении этот уклон должен быть постоянным, лишь на участках разности его допускается уменьшить до 20 ‰. В сложном рельефе при больших продольных уклонах на тротуарах допускается устройство лестничных сходов.

## 11.8. ВЕРТИКАЛЬНАЯ ПЛАНИРОВКА ТРАНСПОРТНЫХ РАЗВЯЗОК

Задачей вертикальной планировки транспортных развязок является плано-высотная увязка съездов и основных проезжих частей с\* поверхностью улицы. В пределах красных линий улицы необходимо сопрячь между собой проезжие части, расположенные в разных уровнях и имеющие разные продольные и поперечные уклоны.

При плано-высотной увязке элементов транспортной развязки решают вопросы, связанные с проектированием продольного профиля: продольные уклоны должны быть больше минимальных из условия водоотвода и не превышать допустимый для данной категории улицы. Для решения этой задачи строят продольные профили по съездам и главным направлениям, пересекающимся в разных уровнях. Для каждого из них выбирают необходимые продольные уклоны и вертикальные кривые.

При проектировании продольного профиля по главным направлениям следует стремиться к уменьшению длин пандусов, определяю-

Опорными высотными точками для проектирования продольного профиля съезда являются отметки точек сопряжения съезда с пересекающимися улицами. Обычно эти сопряжения выполняют по внутренним кромкам съезда. Если длина съезда недостаточна для размещения вертикальных кривых, необходимо ее увеличить, изменив очертания съезда в плане.

Детальную вертикальную планировку городской транспортной развязки выполняют в определенной последовательности. Сначала увязывают элементы продольного профиля, затем выполняют вертикальную планировку в проектных горизонталях по главным пересекающимся направлениям. После этого, используя их поверхность как опорную, проектируют поверхность съездов. Съезды с поверхностями пересекающихся улиц сопрягаются по правилам сопряжения главной и второстепенной улиц на пересечениях в одном уровне.

Для обеспечения водоотвода на транспортной развязке следует следить за тем, чтобы при вертикальной планировке развязки продольный уклон на всех ее элементах, особенно в транспортном тоннеле и на съездах, был не менее 5 ‰. Если по условиям рельефа этого сделать невозможно, необходимо запроектировать на таких участках по лоткам пилообразный продольный профиль. Вода будет стекать по уклону в тоннельную часть, откуда путем перекачки она попадает в городскую ливневую канализацию.

### 11.9. ПОДСЧЕТ ОБЪЕМОВ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ

Объем земляных работ при вертикальной планировке методом горизонталей определяется расчетом. Для этого на плане улицы строят картограмму земляных работ, которая представляет собой сетку прямоугольников с вычисленными внутри их объемами работ по снятию или подсыпке грунта. Сетку прямоугольников размещают параллельно оси улицы с шагом вдоль улицы, равным одному пикету (20 или 50 м). При сложном рельефе шаг сетки может быть сокращен до 10 м. Длину стороны прямоугольника, перпендикулярную оси улицы, принимают равной размерам элементов поперечного профиля.

На участках улицы с планировочными элементами изменяющейся ширины сетка для построения картограммы может состоять из фигур любых конфигураций — трапеций, треугольников, многоугольников, криволинейных фигур. Недопустимо охватывать одной фигурой сетки два планировочных элемента улицы, имеющие разные поперечные уклоны или разделенные бортовым камнем. Желательно, чтобы в пределах одной фигуры поверхность планировочного элемента улицы была близка к плоскости. Это обеспечит высокую точность подсчета объема земляных работ.

только безопасности движения, но и архитектуры сооружения. Из этих соображений на Магистральных улицах прямые вставки в продольном профиле пандусов эстакады нежелательны, а радиусы вертикальных кривых должны быть больше минимально допустимых в 1,5 — 2,0 раза.

Длина пандуса  $L_n$  может быть рассчитана аналитически. Для этого составляют два уравнения с двумя неизвестными: максимальным продольным уклоном на пандусе  $i_{max}$  и длиной прямой вставки  $l_{nc}$  (рис. 11.18). Первое уравнение связывает отметки в точках  $L$  и  $E$ :  $H_A = H_E + L_n i_0$ . С учетом того, что  $L_n = R_{вып} |i_0 - i_{max}| + l_{nc} + R_{вогн} |i_{max} - i_r|$ , первое уравнение

$$H_A = H_E + i_0 (R_{вып} |i_0 - i_{max}| + l_{nc} + R_{вогн} |i_{max} - i_r|); \quad (11.1)$$

второе уравнение связывает отметки по длине пандуса в точках  $L$  и  $D$ :

$$H_A = H_D + \Delta H_{квогн} + l_{nc} i_{max} + \Delta H_{квып}, \quad (11.2)$$

где  $R_{вып}$  и  $R_{вогн}$  — радиусы выпуклой и вогнутой кривых соответственно;  $i_0$  и  $i_r$  — продольные уклоны поверхности улицы, прямой вставки и в тоннеле соответственно;  $l_{nc}$  — длина прямой вставки;  $\Delta H$  — превышение точки начала над точкой конца кривой;  $квогн$  и  $квып$  — длины вогнутой и выпуклой кривых соответственно.

Решая совместно уравнения (11.1) и (11.2), находят при заданных  $R_{вып}$ ,  $R_{вогн}$  и  $i_{max}$  длину прямой вставки. При этом возможны три случая.

1.  $t_{nc} > 0$ . В продольном профиле пандуса имеется прямая вставка. По возможности длину ее желательно уменьшить за счет увеличения радиусов вертикальных кривых или снижения продольного уклона  $i_{max}$ .

2.  $l_{nc} = 0$ . Прямая вставка отсутствует.

3.  $l_{nc} < 0$ . Длина пандуса недостаточна для размещения вертикальных кривых при заданном продольном уклоне. Следует уменьшить продольный уклон.

Продольные профили съездов обычно строят для городских развязок левоповоротного типа, многоярусных и с петлеобразными левоповоротными съездами типа «клеверный лист». Решаемые при этом задачи те же, что и при проектировании пандусов: размещение вертикальных кривых и ограничение продольного уклона. Должно быть обязательно выполнено условие:

$$L_c \geq R_{вогн} |i_{r1} - i_{max}| + R_{вып} |i_{max} - i_2|,$$

где  $L_c$  — длина съезда;  $i_{r1}$  и  $i_2$  — продольные уклоны по главной улице в точке сопряжения со съездом и на пересекаемом направлении соответственно;  $i_{max}$  — максимальный продольный уклон на съезде.

Вертикальные кривые на съездах вписывают при алгебраической разнице более 20 ‰. Длину прямой вставки в продольном профиле съезда по возможности ограничивают.

В зависимости от вида разрабатываемого грунта его приращения принимаются следующими, %:

	$P_1$	$P_2$
Песчаный	8—17	1—2,5
Торф растительный	20—30	3—4
Суглинок	14—23	1,5—5
Глинистый	24—30	4—7
Тяжелые глины	26—32	6—9
Каменистый	30—45	10—20
Скальный	45—50	20—30

При расчете объема земляных работ отдельно для всей территории, подлежащей планировке, определяют объем растительного грунта. В начале строительства он должен быть снят и передан службам, занимающимся озеленением города.

### 11.10. ВОДОТВОД НА ГОРОДСКИХ УЛИЦАХ

В зависимости от развития инженерных сетей города и уровня его благоустройства вода с поверхности улиц может отводиться открытой или закрытой системой водостока. Открытая система водостока характерна для малых городов и состоит из лотков на проезжей части и канав вдоль красных линий с продольными уклонами в сторону ближайшего водоема или тальвега. Закрытая система водостока включает в себя лотки на поверхности улицы, водоприемные и смотровые колодцы, трубы-коллекторы (водосборные и водоотводящие), специальные сооружения для очистки и перепуска воды из водосточной сети.

Подземная система водоотвода, носит название *городской водосточной сети* (другое название—городские водостоки). Эта система водоотвода обязательна для городов с населением свыше 100 тыс. жителей.

Городская канализация и городской водосток могут обеспечивать сбор и отвод сточных вод, бытовых промышленных, а также атмосферных вод. Система может быть общесплавной (отвод всех стоков одной системой труб и каналов) и раздельной. Более прогрессивной и надежной является раздельная система канализации. Она является основной для городов СССР.

Общесплавная система водоотвода существует еще в старых городах.

В проекте инженерной подготовки и благоустройства города предусматривается специальный раздел, посвященный проектированию водосточной сети. Эта задача охватывает большие территории города, и решения ее в виде сетки главных водосточных коллекторов являются основой для разработки проектов водосточков в районах города, кварталах и на улицах в пределах красных линий.

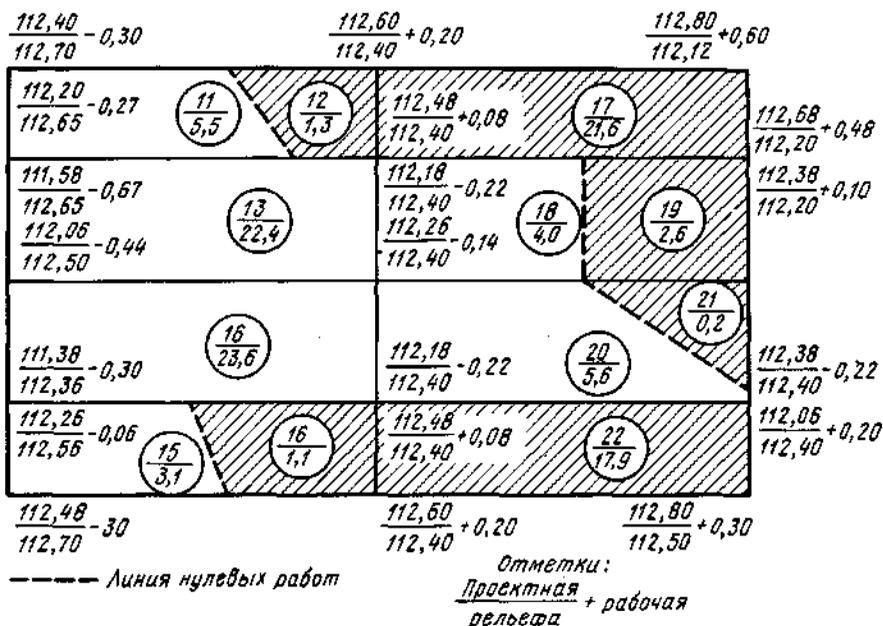


Рис. 11.19. Картограмма земляных работ

Для каждой из фигур сетки рассчитывают объем насыпи и выемки. Для этого в углах фигуры вписывают отметки: проектную, земли и рабочую (рис. 11.19). Если рабочие отметки по одной стороне имеют разные знаки, на этой стороне находят точку с рабочей отметкой, равной нулю (нулевую точку). Линия, проведенная через нулевые точки, показывает границу между выемкой и насыпью.

Объем земляных работ в пределах каждой фигуры сетки рассчитывают с учетом положения нулевой линии:

$$V_i = F_i \sum_{j=1}^4 h_j / i_j,$$

где  $V_i$  — объем призмы грунта в пределах  $i$ -й фигуры;  $F_i$  — площадь фигуры;  $h_j$  — рабочие отметки в углах фигуры;  $j$  — число углов фигуры.

Окончательный объем земляных работ определяют с учетом уплотнения грунта в насыпи и разрыхления при снятии его в выемке:

$$Q_{\text{нас}} = V_{\text{н}}(1 + P_2/100); \quad Q_{\text{выем}} = V_{\text{в}}(1 + P_1/100),$$

где  $Q_{\text{нас}}$  и  $Q_{\text{выем}}$  — объемы земляных работ по подсыпке и снятию грунта соответственно;  $V_{\text{н}}$  и  $V_{\text{в}}$  — объемы насыпи и выемки соответственно;  $P_1$  и  $P_2$  — приращения грунта при его разработке в выемке и насыпи соответственно.

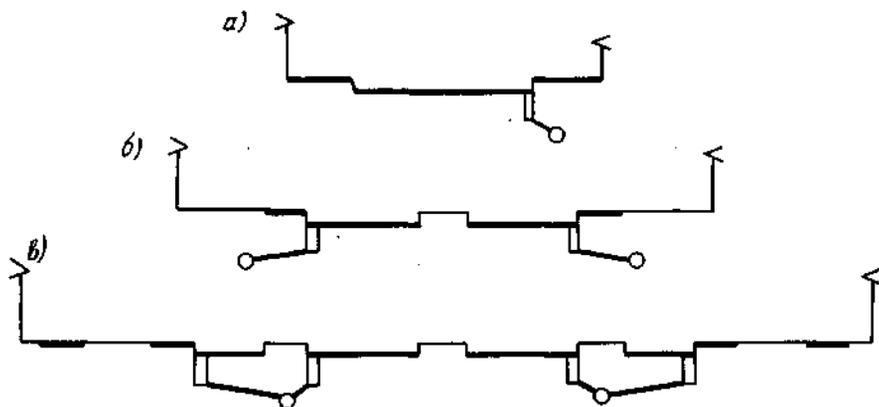


Рис. 11.21. Схема расположения водосточных коллекторов при ширине улиц, м:  
 а — до 60; б — 60—75; в — более 75

При продольных уклонах улиц 5 ‰ и более с верхней стороны лотка перед перекрестками, а также по длине улицы через каждые 300 м рекомендуется располагать водоприемные колодцы повышенной приемной способности с двойными решетками. Расстояния между колодцами выбирают из условий, что лотки не будут переполняться, а вода будет растекаться по тротуару или проезжей части с предельной шириной разлива 1 м. При ширине односкатной проезжей части более 15 м и двускатной более 30 м расстояние между водоприемными колодцами из условия непереполнения лотков не должно превышать 60 м. В исключительных случаях при устройстве лотков повышенной вместимости расстояние между колодцами принимают до 100 м.

Начальный водоприемный колодец устанавливают на расстоянии 50 м от водораздела при уклоне лотка 5 — 10 ‰ и до 200 м при уклоне 20 — 30 ‰.

Для широких магистральных улиц, особенно для имеющих основную проезжую часть и местные проезды, число лотков, по которым размещают водоприемные колодцы, определяется допустимой длиной соединительных веток — не длиннее 40 м (рис. 11.21).

При широких улицах (более 60 м) расстояние между водоприемными колодцами рассчитывают с учетом расхода воды в лотках и водоприемной способностью решеток колодцев.

Водосточные коллекторы, как правило, прокладывают под улицами города. Вне улиц по территории кварталов и микрорайонов коллекторы трассируют только в том случае, если улица не совпадает по направлению с тальвегом.

Для организации водостока на территории улиц и площадей необходимо решить следующие вопросы: разместить водоприемные колодцы; обеспечить сброс воды из них в коллекторы; разместить смотровые колодцы; рассчитать расход дождевых вод и подобрать диаметр труб с учетом продольного профиля водостоков.

*Водоприемные колодцы* обеспечивают прием воды, стекающей с поверхности улицы (рис. 11.20). Они располагаются по лоткам, которые на улице чаще всего образуются по кромкам проезжих частей и тротуаров за счет установки бортовых камней. В отдельных случаях лоток устраивают в виде укрепленной треугольной или трапециевидной канавы, например на вогнутой поверхности газона или на разделительной полосе.

Для обеспечения удобства движения пешеходов и автомобилей водоприемные колодцы обязательно размещают: во всех пониженных местах, не имеющих выхода стока; перед пешеходными переходами; перед пересечениями; перед въездами в микрорайоны. Вдоль улицы эти колодцы размещают на расстояниях, определяемых продольными уклонами:

Продольный уклон, ‰	До 5	5—10	10—30	Более 30
Расстояние между водоприемными колодцами, м	5	60—70	70—80	90

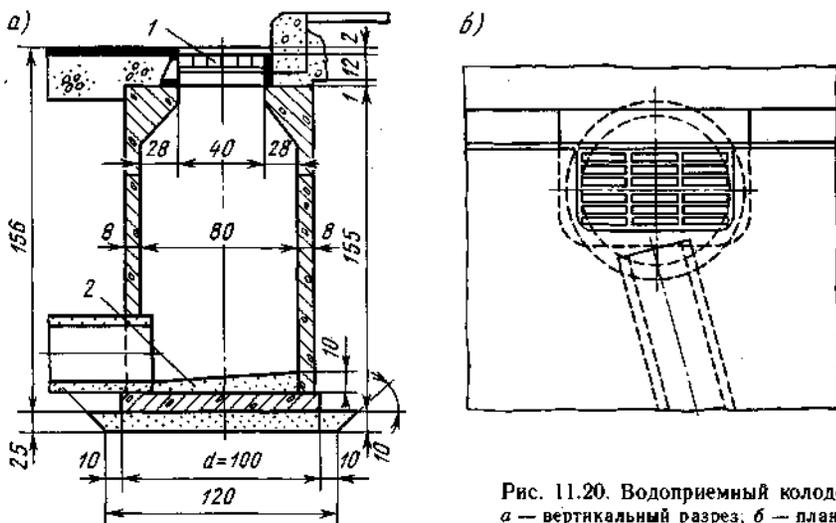


Рис. 11.20. Водоприемный колодец: а — вертикальный разрез; б — план

Материал данного учебника отражает современный уровень теории и практики расчета и проектирования улично-дорожной сети города и организации городского движения. В нашей стране развернута широкая автомобилизация населения и по мере возрастания парка автомобилей транспортные проблемы будут захватывать все большее число городов и, как показывает опыт зарубежных стран, могут стать тормозом в их социально-экономическом развитии. Решение этих проблем требует прежде всего дальнейшего развития теоретической базы транспортной планировки городов.

В настоящее время целый ряд теоретических положений заимствован из опыта организации движения на автомобильных дорогах. Это относится к описанию транспортных потоков, расчету пропускной способности городских улиц и дорог для непрерывного и скоростного движения, транспортных развязок. В целом это правомерно, но городские условия, для которых характерны многополосная проезжая часть, высокая плотность движения, интенсивное пешеходное движение, вносят существенные коррективы как в режим потока, так и в пропускную способность полос движения и всей проезжей части. Для повышения надежности расчетов пропускной способности городских улиц и дорог необходимо продолжать и углублять натурные исследования городского движения, развивать методы математического имитационного моделирования. Они позволят оценивать с позиции пропускной способности планировочные решения как на длине отдельной улицы, так и на всей улично-дорожной сети города.

В большинстве случаев уровни напряженности работы водителя из-за малой изученности этого вопроса ограничиваются в городе теми же пределами, что и на автомобильных дорогах. Ввиду того что информационная нагрузка водителей в городе значительно выше, чем на автомобильных дорогах, в городе водитель значительно чаще попадает в стрессовые ситуации. Этого можно избежать, регулируя напряженность работы водителя в соответствии со сложностью характерных для города дорожных условий. Развитие транспортной планировки городов как науки связано прежде всего с углублением знаний в области теории транспортных потоков и изучении надежности работы водителей.

Одна из причин возникновения трудностей в организации городского движения — несовершенство методов прогноза интенсивности

## **Контрольные вопросы.**

1. В чем состоят задачи вертикальной планировки города, района, улицы? Какие вопросы решаются на разных стадиях проектирования вертикальной планировки?
2. Каковы наименьшие продольные и поперечные уклоны проезжих частей и лотков?
3. В каких случаях целесообразно использовать метод проектных профилей, метод проектных горизонталей?
4. Когда необходимо вписывать в переломы продольного профиля вертикальные кривые? Как вписать вертикальную кривую?
5. Как обеспечить водоотвод на улице с малыми продольными уклонами?
6. В чем различие вертикальных планировок пересечений равнозначных и неравнозначных улиц?
7. Как осуществляется переход от односкатного поперечного профиля к двухскатному?
8. Какова последовательность выполнения вертикальной планировки пересечения в разных уровнях?
9. Как определить границу между выемкой и насыпью при вертикальной планировке улицы?
10. Как определить расстояние между водоприемными колодцами? Как рассчитать приемную способность решеток колодцев?

взаимоуязванных планировочных и организационных решений, охватывающих не только одну улицу или какой-либо район города, а всю городскую улично-дорожную сеть.

Дальнейшее развитие транспортной планировки городов требует усилий большого числа специалистов. Важную роль среди них играют специалисты по организации движения. Уже только перечень первоочередных задач транспортной планировки города говорит о необходимой широте эрудиции инженера по организации движения. Это обстоятельство делает необходимым предъявлять самые высокие требования к уровню подготовки таких специалистов по всем учебным дисциплинам. Транспортная планировка городов — это молодая, постоянно развивающаяся дисциплина, и успехи в ее освоении и дальнейшем развитии зависят от широты кругозора и уровня подготовки практических работников и ученых, работающих над решением транспортных проблем города.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

Буга П. Г., Шелков Ю. Д. Организация пешеходного движения в городах: Учеб. пособие для вузов. — М.: Высшая школа, 1980. 232 с.

Горбанев Р. В., Красников А. Н., Щербаков Е. И. Городские улицы и дороги с многополосной проезжей частью. — М.: Стройиздат, 1984. 167 с.

Евтушенко М. Г., Гуревич Л. В., Шафран В. Л. Инженерная подготовка территории населенных мест: Учеб. пособие для вузов/Под ред. В. Л. Шафрана. — М.: Стройиздат, 1982. 207 с.

Леонтович В. В. Вертикальная планировка городских территорий: Учеб. пособие для вузов. — М.: Высшая школа, 1985. 119 с.

Пособие по размещению автостоянок, гаражей и предприятий технического обслуживания легковых автомобилей в городах и других населенных пунктах/КиевНИИГрадостроительства.—М.: Стройиздат, 1984. 108 с.

Сигаев А. В. Проектирование улично-дорожной сети: Учеб. пособие для вузов. — М.: Стройиздат, 1978. 263 с.

Сильянов В. В. Теория транспортных потоков в проектировании дорог и организации движения. — М.: Транспорт, 1977. 303 с.

движения. Развитие этих методов должно базироваться на совершенствовании экономико-статистической модели развития города, обосновании и последовательном осуществлении всей транспортной схемы города.

По мере повышения уровня автомобилизации будет возрастать острота проблемы автомобильных стоянок в городах. Решение ее тесно связано с развитием общественного пассажирского транспорта и созданием систем стоянок, объединяющих временные, постоянного хранения и многофункциональные стоянки в единую систему, которая позволит принимать и размещать автомобили в различных зонах города. Очень слабо в нашей стране разработаны вопросы обеспечения функционирования больших стоянок у административных, торговых и спортивных центров. Решение этих вопросов должно быть отражено в нормативах на проектирование городов.

Неизбежное увеличение интенсивности движения в городах по мере роста уровня автомобилизации требует повышения пропускной способности улично-дорожной сети. Эту задачу можно решить за счет более полного разделения транспортных потоков по составу и прежде всего выделения грузовых автомобилей и вывода их на специальные городские грузовые дороги. Создание сети таких специализированных магистралей, проходящих по промышленно-складским зонам, территориям внешнего транспорта, не только облегчит решение проблемы пропускной способности улично-дорожной сети, но и улучшит экологическую обстановку в городе.

Требуют дальнейшего развития методы экономического обоснования проектных решений и прежде всего методы экономической оценки потерь времени на автомобильном транспорте, пассажирами, пешеходами. Особенно неблагоприятно обстоит дело с оценкой потерянного времени пешеходами и пассажирами. Эта проблема выходит за рамки какой-либо одной науки и затрагивает проблемы социального и экономического развития общества. Необходимо создание методики оценки стоимости времени населения, не только основанной на анализе роста общественного национального совокупного продукта, но и количественно учитывающей необходимость обеспечения для людей отдыха, удобства передвижения по территории города, рационального расходования своего времени.

Развитие индустрии, городского транспорта, инженерное оборудование города оказывают очень сильное влияние на окружающую среду. Улучшение экологической обстановки в городах — задача комплексная. В решении ее существенное место занимает повышение экологической безопасности городского транспорта. Одна из возможностей этого направления — снижение уровня шумового и химического загрязнения окружающей среды автомобилями за счет совершенствования планировочных решений и организации движения, используется пока далеко не полностью. Необходимы усилия ученых и практических работников по поиску оптимальных

— проектных горизонталей 207  
— профилей 206  
Метод проектирования канализированных пересечений 142  
Методы вертикальной планировки 206  
Микрорайон 8

## Н

Направляющие островки 138  
Назначение специальных (технических) полос 189  
Нормы освещенности 195

## О

Обзорность на пересечении 150  
Области применимости пересечений 182  
Обследование анкетное и опрос общественного мнения 32  
— — дневниковое 33  
— — бюджетного времени 33  
Объем выборки 42  
— движения годовой 37  
— — месячный 38  
— перевозок 34, 43  
Освещенность 193  
Ослепленность 193  
Опасность пересечения 155  
— транспортной развязки 179  
Остановочный путь 47  
Отгон ширины полосы движения 20  
— — разделительной полосы 21  
Обходные дороги 15

## П

Пандус 94  
Переплетение потоков 166  
Переходно-скоростная полоса 177  
Переходный участок 20  
Пешеходное движение 96  
Пиковые нагрузки 6, 97  
Пилообразный продольный профиль 215  
Плотность пешеходных потоков 104  
— потока автомобилей 45  
— улично-дорожной сети 23  
Площадки отдыха 16  
Подвижность населения 194  
— общая 31  
Полосы озеленения 66  
— дополнительные на подъеме 94  
— разделительные 64, 67, 77, 95  
— технические 65, 80  
Последствия автомобилизации 29  
Поток насыщения 136  
Проезд боковой 64  
— местный 77

Проверка возможности преодоления подъема 93  
Пропускная способность 45  
— зоны слияния 176  
— пересечения в одном уровне 127  
— в разных уровнях 173  
— полосы непрерывного движения 50  
— — при светофорном регулировании 55  
— прямого направления транспортных развязок 174  
— регулируемого пешеходного движения 112  
— суммарная пересечения 130  
— съезда 174  
— теоретическая, возможная, практическая 128  
— улицы 45

## Р

Размеры островков геометрические 144  
— — физические  
— ячейки на стоянках автомобилей 117  
Размостка 220  
Распределение интенсивности движения во времени 37  
Расчет интенсивности движения автомобилей 43  
— — — пешеходов 101  
— пересечения в одном уровне 130  
— — в разных уровнях 173  
— — регулируемого 56  
— пропускной способности 45  
— — — пешеходных путей 104  
— транспортной подвижности населения 302  
— ширины полосы движения 71  
— — проезжей части 75  
— — регулируемого пересечения 56

## С

Светофорный цикл 56  
Связь города с внешними дорогами 14  
Скорость движения расчетная 22  
— пешеходного потока 105  
Слияние потоков 175  
Смена полосы движения 51  
Стадийность развития поперечного профиля улицы 80  
— строительства пересечений 183  
Стоимость занимаемых земель 184  
Схема пересечений в разных уровнях 158  
— планировок автомобильных стоянок 118

# ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

## А

- Аварийность 85
  - на кольцевых пересечениях 153
  - на пересечениях в одном уровне 152
  - на регулируемых пересечениях 154
  - на транспортных развязках 180
- Автобусный транспорт 35
- Автостоянки 115
  - расчет площади 117
- Алгоритм проектирования канализованных пересечений 143

## В

- Велосипедные дорожки 19
- Видимость на пересечении 150
- Виды городского транспорта 35, 36
  - грузовых перевозок 83
- Выраж 94
- Водоприемный колодец 230
- Временной интервал 46
- Время реакции водителя 47
- Выборочное обследование 33
- Выбор способа прокладки инженерных сетей 192

## Г

- Глубина промерзания 189
- Городские скоростные дороги 21
- Городской водосток 229
- Градуирование линий 210
- Граничный интервал 52, 109, 127
- Грузовое движение 83
- Грузонапряженность 40

## Д

- Движение транзитное 44, 18, 66
- Длина дополнительной полосы 94
- Длительность светофорного цикла 136
- Дополнительные полосы на подъемах 94

## З

- Зазор до, границы полосы движения 72
  - до кромки проезжей части 69
  - между автомобилями 69
- 236

- Зоны переплетения 147
  - слияния потоков 177

## И

- Интенсивность движения приведенная 49
  - среднегодовая 38
  - среднесуточная 37
- Инженерные сети 188

## К

- Канализирование движения 137
- Картограмма движения 103
  - корреспонденции 40
  - пассажиропотоков 41
- Классификация городов 6
  - городских улиц и дорог 21
  - пересечений в одном уровне 126
  - — в разных уровнях 157
  - пешеходных путей 98
- Коллектор 67
- Кольцевая обходная дорога 14
- Конфликтные зоны 177
  - — на пересечении в одном уровне 151
  - — — в разных уровнях 164
  - точки 150
- Коробовая кривая 139
- Коэффициент возвратности 31
  - годовой неравномерности движения 38
  - непрямолинейности 24
  - пересадочности 31
  - повторяемости грузов 43
  - пользования транспортом 31
  - приведения 49, 85
  - снижения пропускной способности 53
  - сопротивления движению 94
  - суточной неравномерности, движения 38, 99
  - сцепления 94
- Красные линии 21, 63
- Крупность города 6

## М

- Метод «адресов» 33

Предисловие	3
Глава 1. <b>Планировочная структура и функциональное зонирование города</b>	5
1.1. Транспортные проблемы современного города	5
1.2. Функциональное зонирование города	7
1.3. Связь внешних автомобильных дорог с уличной сетью города	13
1.4. Ввод автомобильных дорог в город	17
1.5. Планировочные схемы уличной сети города	£1
Глава 2. <b>Особенности городского движения</b>	28
2.1. Закономерности автомобилизации городов	28
2.2. Подвижность городского населения	31
2.3. Городской пассажирский транспорт	35
2.4. Закономерности движения на городских улицах	37
2.5. Методы расчета и прогнозирования интенсивности движения на городских улицах	39
Глава 3. <b>Пропускная способность уличной сети города</b>	45
3.1. Пропускная способность полосы движения городской магистрали	45
3.2. Пропускная способность многополосной проезжей части	51
3.3. Пропускная способность улиц со светофорным регулированием	55
3.4. Рациональные уровни загрузки улиц движением	59
Глава 4. <b>Поперечный профиль городской улицы</b>	63
4.1. Элементы поперечного профиля	63
4.2. Ширина полосы движения	69
4.3. Ширина проезжей части	74
4.4. Ширина разделительных и специальных полос на городской магистральной улице	77
4.5. Стадийное развитие поперечного профиля	80
Глава 5. <b>Городские магистрали грузового движения</b>	83
5.1. Особенности грузового движения в городах	83
5.2. Принципы организации грузового движения в городах	86
5.3. Общие принципы выделения в уличной сети города дорог для грузового движения	89
5.4. Технические параметры грузовых магистралей города	92
Глава 6. <b>Пешеходное движение в городах</b>	96
6.1. Закономерности формирования пешеходных потоков	96
6.2. Определение интенсивности пешеходного движения	101
6.3. Параметры городских пешеходных потоков	104
6.4. Пешеходные тротуары	107
6.5. Наземные пешеходные переходы	108
6.6. Внеуличные пешеходные переходы	113
Глава 7. <b>Автомобильные стоянки в городах</b>	115
7.1. Классификация автомобильных стоянок	115
7.2. Планировочные характеристики автомобильных стоянок	116
7.3. Расчет потребности в автомобильных стоянках	119
7.4. Размещение автомобильных стоянок на территории города	121
Глава 8. <b>Пересечения городских улиц в одном уровне</b>	126
8.1. Особенности движения на пересечениях городских улиц в одном уровне	126
8.2. Пропускная способность нерегулируемых пересечений в одном уровне	127

- улично-дорожной сети города 24
- Съезды левоповоротные 166
- правоповоротные 163

### Т

- Техническая зона 65
- Типы автомобильных стоянок 115
- движения пешеходных потоков 114
- левоповоротных съездов 165
- Тормозной путь 47
- Транспортная планировка городов 4
- развязка 159
- Транспортные потери 134, 186
- тоннели 224

### У

- Угол критический 102
- пересечения потоков 150
- слияния потоков 177
- Уклон улицы 204
- Уровень автомобилизации 23
- загрузки движением 59, 133
- напряженность работы водителя 71
- обслуживания 60

### Ф

- Функциональные зоны города 7

### Ц

- Центральный островок, расчет диаметра 147

### Ч

- Час пик 39
- Число светильников 193

### Ш

- Шахматная таблица перевозок 43
- Ширина полосы движения 64, 69
- — озеленения 95
- тротуара 95
- Шаг расположения светильников 190

### Э

- Элементы поперечного профиля 68

### Я

- Яркость 190
- вуалирующей пелены 194
- поверхности 193

8.3. Пропускная способность регулируемых пересечений в одном уровне . . . . .	135
8.4. Канализирование пересечений . . . . .	137
8.5. Кольцевые саморегулируемые пересечения . . . . .	144
8.6. Оценка безопасности движения на пересечениях, городских улиц и дорог . . . . .	149
<b>Глава 9. Городские пересечения с развязкой движения в разных уровнях . . . . .</b>	<b>157</b>
9.1. Классификация пересечений с развязкой движения в разных уровнях . . . . .	157
9.2. Городские неполные пересечения в разных уровнях . . . . .	161
9.3. Полные пересечения в разных уровнях . . . . .	163
9.4. Пропускная способность пересечений с развязкой движения в разных уровнях . . . . .	173
9.5. Оценка безопасности движения на пересечениях в разных уровнях . . . . .	178
9.6. Техничко-экономическая оценка планировочных решений пересечений в разных уровнях . . . . .	182
<b>Глава 10. Инженерное оборудование городских улиц . . . . .</b>	<b>188</b>
10.1. Инженерные сети на городских улицах . . . . .	188
10.2. Освещение городских улиц . . . . .	192
10.3. Озеленение улиц и дорог . . . . .	199
<b>Глава 11. Вертикальная планировка и водоотвод на городских улицах . . . . .</b>	<b>202</b>
11.1. Задачи вертикальной планировки городских территорий . . . . .	202
11.2. Продольные и поперечные уклоны улиц . . . . .	204
11.3. Методы вертикальной планировки улиц . . . . .	206
11.4. Вертикальная планировка улиц с переломами в продольном профиле . . . . .	211
11.5. Вертикальная планировка улиц с малыми продольными уклонами . . . . .	215
11.6. Вертикальная планировка площадей . . . . .	217
11.7. Вертикальная планировка пересечений улиц . . . . .	219
11.8. Вертикальная планировка транспортных развязок . . . . .	224
11.9. Подсчет объемов земляных работ . . . . .	227
11.10. Водоотвод на городских улицах . . . . .	229
Заключение . . . . .	233
Список литературы . . . . .	235
Предметный указатель . . . . .	236

*Учебное издание*

**Лобанов Евгений Михайлович**

**ТРАНСПОРТНАЯ ПЛАНИРОВКА ГОРОДОВ**

Технический редактор *Р. А. Иванова*

Корректор-вычитчик *Н. Е. Рыдзинская*

Корректор *В. А. Спиридонова*

ИБ№4050

Сдано в набор 16.01.89. Подписано в печать 05.12.89. Т-18640.

Формат 60X88<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бум. офсет. №2. Гарнитура литературная.

Офсетная печать. Усл. печ. л. 14,7. Усл. кр.-опт. 14,94. Уч.-изд. л. 16,4.

Тираж 8000 экз. Заказ 1837. Цена 60 коп. Изд. № 1-1-1/8-6 № 4544

Ордена «Знак Почета» издательство «ТРАНСПОРТ», 103064, Москва,

Басманный туп., 6а

Московская типография № 4 Госкомпечати СССР

129041 Москва Б. Переяславская ул., 46