

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

Кафедра «Изыскания и проектирование дорог»

В. А. ВЕРБИЛО, С. С. КОЖЕДУБ

**ГОРОДСКИЕ ПУТИ СООБЩЕНИЯ
И ИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ
С ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГОЙ**

Гомель 2013

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

Кафедра «Изыскания и проектирование дорог»

В. А. ВЕРБИЛО, С. С. КОЖЕДУБ

ГОРОДСКИЕ ПУТИ СООБЩЕНИЯ И ИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГОЙ

*Одобрено методическими комиссиями строительного и заочного факультетов
в качестве учебно-методического пособия
для студентов специальности
«Строительство железных дорог, путь и путевое хозяйство»*

Гомель 2013

УДК 625.712 (075.8)
ББК 39.12
В31

Р е ц е н з е н т – главный инженер ПКП «Гомельдорпроект» КПРСУП
«Гомельоблдорстрой» *А. А. Сухарков*

Вербило, В. А.

В31 Городские пути сообщения и их взаимодействие с железной дорогой :
учеб.-метод. пособие для студентов специальности «Строительство
железных дорог, путь и путевое хозяйство» дневной и заочной форм
обучения / В. А. Вербило, С. С. Кожедуб ; М-во образования Респ.
Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2013. – 97 с.
ISBN 978-985-554-305-4

Приведены классификация и описание планировочных схем городской
улично-дорожной сети, улиц, дорог, площадей, транспортных развязок в разных
уровнях и пересечений с водными преградами. Дана характеристика всех видов
городского пассажирского транспорта. Изложены основы взаимодействия линий
городских железных дорог и метрополитена.

Предназначено для студентов специальности «Строительство железных
дорог, путь и путевое хозяйство» дневной и заочной форм обучения.

УДК 625.712 (075.8)
ББК 39.12

ISBN 978-985-554-305-4

© Вербило В.А., Кожедуб С.С., 2013
© Оформление. УО «БелГУТ», 2013

О Г Л А В Л Е Н И Е

Введение	3
1 Схемы сетей городского транспорта	4
2 Городские улицы.	7
3 Городские скоростные дороги.	13
4 Городские площади.	18
5 Автомобильные стоянки и парковки.	23
6 Транспортные пересечения в разных уровнях.	28
7 Пересечения с водными преградами.	37
8 Городской пассажирский транспорт.	53
9 Взаимодействие линий железных дорог и метрополитена. Станции пересадки.	82
.	
Список использованной литературы.	97

ВВЕДЕНИЕ

Темпы роста населения в городах (особенно крупных) в настоящее время вдвое превышают темпы роста населения на планете в целом. По данным ООН городское население в начале XIX в. составляло всего 3 % от всего населения планеты, в начале XX в. – 13 %, а в наши дни в наиболее развитых странах оно превысило уже 80 % в США, 85 % в Бразилии и 89 % в Германии.

Объем транспортной работы в крупных городах увеличивается значительно быстрее, чем растет их население. Так, в городе с населением 1 млн человек объем работы пассажирского транспорта в 40–50 раз больше, чем в городе с населением в 100 тыс. жителей.

В крупных городах многих стран наряду с применением традиционных видов внутригородского и пригородного транспорта (городских железных дорог, метрополитенов, троллейбусов, автобусов, легковых автомобилей) для перевозки пассажиров используются относительно новые средства сообщения (линии скоростного подземного трамвая, монорельсовые дороги, вертолеты, экипажи на воздушной подушке и др.), обеспечивающие быструю и удобную связь центров с пригородами, аэропортами и местами массового отдыха населения.

В решении проблемы сокращения времени на ежедневные поездки городского населения наметились две основные тенденции: насыщение городов индивидуальным легковым транспортом, дальнейшее развитие системы массового общественного транспорта. В большинстве случаев более прогрессивной является вторая тенденция, которая предполагает совершенствование режимов взаимодействия различных видов пассажирского транспорта и, в первую очередь, железной дороги и метрополитена, на базе которых создается сеть скоростных пригородно-городских сообщений.

Важнейшей задачей при этом является определение принципов размещения в местах соприкосновения линий метрополитена и железной дороги пересадочных станций (особенно в пригородной зоне в местах зарождения и погашения массовых пассажиропотоков), позволяющих пассажирам осуществлять пересадки с минимальными затратами времени.

1 СХЕМЫ СЕТЕЙ ГОРОДСКОГО ТРАНСПОРТА

Расположение трасс улиц, размещение перекрестков, площадей, транспортных развязок и мостов определяется главным образом системой планировки населенных мест. Планировка любого города в значительной степени определяется структурой его улично-дорожной сети, которая является одним из определяющих его элементов.

Конфигурация улично-дорожной сети зависит от периода возникновения города, социальных, экономических и экологических условий его развития, размещения на его территории жилых массивов, промышленных предприятий, крупных деловых центров, торговых комплексов, узлов внешнего транспорта, спортивных сооружений, мест массового отдыха, характера застройки, климата, топографии, наличия в городе крупных водных артерий, зеленых массивов и пр.

При планировке новых городов исходят из двух основных принципов: обеспечения кратчайших связей основных зон города между собой и с объектами, расположенными за его границами; создания наибольших удобств для населения при минимальных затратах времени на передвижения.

Решение проблемы сокращения времени на ежедневные поездки городского населения может быть достигнуто только при условии рационального построения в городе сети улиц и дорог.

Влияние большого количества факторов на формирование улично-дорожной сети предопределяет многообразие её планировочных схем. Планировочная схема сети улиц и дорог города может иметь любое очертание, но очень важно, чтобы построение её было достаточно четким и по возможности простым.

Ни один город не имеет геометрически абсолютно правильной планировки улично-дорожной сети. Однако можно выделить основные исторически определившиеся по транспортному значению, условно

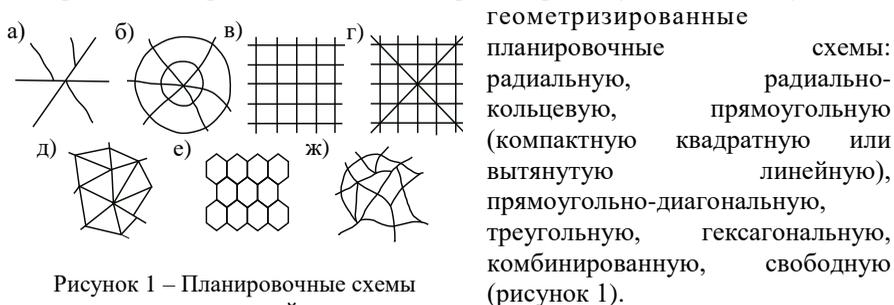


Рисунок 1 – Планировочные схемы улично-дорожной сети:

- a* – радиальная; *б* – радиально-кольцевая;
- в* – прямоугольная; *г* – прямоугольно-диагональная;
- д* – треугольная; *е* – гексагональная; *ж* – комбинированная

Радиальная схема характерна для небольших старых городов с незначительными транспортными потоками, возникших на

пересечении шоссе́йных дорог, связывающих его с внешним миром. Эта схема обеспечивает удобную наикратчайшую связь центра города с его периферийными районами, однако затрудняет связи между самими этими районами и значительно перегружает центральную часть города транзитными транспортными потоками. Эта структурная схема сохранилась еще в старых районах Астрахани, Иваново, Нижнего Новгорода.

Радиально-кольцевая схема является дальнейшим развитием предыдущей схемы, на радиальные направления которой накладываются кольцевые магистрали, обеспечивающие связи отдельных районов города между собой в обход центра, что значительно снижает его перегрузку. Число и расположение кольцевых магистралей зависят от размеров города и характера транспортных потоков. Наиболее характерным примером такой схемы является исторически сложившаяся улично-дорожная сеть Москвы, которая насчитывает более двадцати радиальных и трех кольцевых магистралей. Следует отметить, что радиально-кольцевая схема не предусматривает обязательного наличия полностью замкнутых колец. Так, например, в городах, расположенных на берегах крупных водных преград, используются радиально-полукольцевые схемы. Такую схему имеют, например, отдельные районы Киева, прилегающие к Днепру.

Прямоугольная схема присуща в основном относительно молодым городам, строящимся и развивающимся по заранее разработанным генеральным планам. Достоинства такой схемы состоят в надежности, возможности более равномерного распределения транспортных потоков по параллельным магистралям, высокой пропускной способности и отсутствии ярко выраженного центрального транспортного узла. Основным недостатком являются значительные трудности сообщения между районами города, расположенными на диагонально противоположных направлениях. В качестве примеров могут служить прямоугольные схемы Алматы, Бишкека, Екатеринбурга, Краснодара, Николаева, Одессы, Перми, Ростова-на-Дону, центральных частей Санкт-Петербурга и Нью-Йорка. В компактных городах, имеющих одинаковые размеры территории по длине и ширине, схему уличной сети называют прямоугольно-квадратной. Схему таких городов, как Волгоград, вытянутый на несколько десятков километров вдоль реки, называют прямоугольно-линейной.

Прямоугольно-диагональная схема ликвидирует основной недостаток прямоугольной схемы. В ней в дополнение к параллельным и перпендикулярным магистралям включаются диагональные улицы, обеспечивающие прямую связь между диагонально расположенными пунктами города. Серьезным недостатком этой схемы является образование в местах пересечений диагональных магистралей с улицами прямоугольной сети сложных дорожных узлов и остроугольных кварталов, неудобных как для жилой застройки, так и для организации движения транспорта. По

прямоугольно-диагональной схеме организована сеть улиц Минска, Харькова, Детройта.

Треугольная схема планировки улиц характерна для отдельных районов старых городов, строившихся стихийно, без разработки генеральных планов. При этой схеме улицы пересекаются под острыми углами, что усложняет организацию дорожного движения и затрудняет застройку прилегающих кварталов. Такая схема использована в старых районах Санкт-Петербурга, Лондона, Парижа.

Гексагональная схема применима в отдельных (чаще спальных) районах крупных городов. По форме эта сеть напоминает пчелиные соты. Изломы трассы улицы, расположенные на относительно небольших расстояниях друг от друга, не позволяют автомобилю развить достаточно высокую скорость, что способствует повышению безопасности движения и снижает уровень шума в пределах жилых кварталов. По такой схеме запроектирована сеть улиц нового жилого массива Оболонь в Киеве.

Комбинированная (или смешанная) схема представляет собой сочетание различных выше описанных схем. Такая схема используется во многих крупных городах, где в новых районах применена прямоугольная схема, а в старых – радиально-кольцевая. Это решение позволяет значительно повысить пропускную способность сети улиц, улучшить взаимосвязь периферийных районов, уменьшить загрузку центрального ядра города транспортными потоками.

Свободная схема довольно часто встречается в древних азиатских и средневековых европейских городах, расположенных в сложных топографических и геоморфологических условиях, и не содержит явно выраженных элементов описанных выше схем.

Перечисленные геометрические схемы в чистом виде в современных крупных городах встречаются довольно редко. Поэтому для каждого вновь строящегося или расширяющегося города или отдельного его района выбор наиболее рациональной планировочной схемы магистральной улично-дорожной сети должен производиться только на основе технико-экономических расчетов.

Для оценки качества улично-дорожной сети города чаще всего используются плотность и коэффициент непрямолинейности.

Плотность сети уличных путей сообщения, км/км², определяется отношением суммарной протяженности магистральных улиц и дорог в пределах города или отдельно взятого его района (ΣL , км) к обслуживаемой ими площади города или района (F , км²):

$$K_{пл} = \Sigma L / F. \quad (1)$$

Плотность является одним из важнейших показателей, характеризующих рациональность запроектированной сети города и определяющих

эффективность ее использования. Плотность улично-дорожной сети в каждом конкретном случае зависит от многих факторов, главным из которых является климат, рельеф местности, характер и приемы размещения жилой застройки, промышленных и коммунальных предприятий.

Принятые нормы проектирования СНБ 3.01.04-02 «Градостроительство, планировка и застройка населенных пунктов» устанавливают среднюю плотность магистральной улично-дорожной сети от 1,5 до 2,5 км/км² застроенной территории в зависимости от планировочной структуры отдельных районов города. В центральных районах плотность может быть увеличена до 3,5–4,0 км/км², а в лесопарковых зонах уменьшена до 0,5–1,0 км/км².

Коэффициент непрямолинейности характеризует удобство транспортных связей по улично-дорожной сети города и определяется отношением суммы фактических расстояний между основными функционально-планировочными элементами города ($\Sigma l_{\text{ф}}$, км) к сумме расстояний между этими же элементами по воздушной линии ($\Sigma l_{\text{в}}$, км):

$$K_{\text{непр}} = \Sigma l_{\text{ф}} / l_{\text{в}}. \quad (2)$$

Описанные выше схемы планировки улично-дорожной сети имеют следующие коэффициенты непрямолинейности: радиально-кольцевая – 1,05–1,1; прямоугольно-диагональная и треугольная – 1,1–1,2; комбинированная – 1,1–1,4; прямоугольная и квадратная – 1,3–1,4; радиальная – 1,4–1,8.

Рекомендуется проектировать магистральные улицы и дороги города со степенью непрямолинейности от 1,1 до 1,2. При более высоких ее значениях может потребоваться уплотнение сети, спрямление отдельных ее участков, введение новых диагональных направлений и т.п.

Одним из важнейших элементов планировочной структуры любого населенного пункта являются городские улицы, дороги и площади.

2 ГОРОДСКИЕ УЛИЦЫ

Улицей называется часть территории города или другого населенного пункта, предназначенная для движения пешеходов и всех видов городского транспорта, сбора с окружающей территории и отвода поверхностных вод, выпадающих в виде дождя и образующихся при таянии снега, прокладки подземных инженерных сетей, посадки зеленых насаждений и размещения наземного оборудования.

Потребность в классификации сети городских путей сообщения обусловлена необходимостью разделения на территории города движения всех видов наземного транспорта на однородные потоки в соответствии с

функциональным назначением каждой улицы или дороги, положением их в общегородской улично-дорожной сети, перспективной интенсивностью движения по ней транспорта и пешеходов, характера застройки.

В таблице 4.1 ТКП 45-3.03-227–2010 приведена классификация, принятая в нормах проектирования улиц и городских дорог в Республике Беларусь [16].

Формирование улично-дорожной сети, отнесение каждой из улиц или дорог к соответствующей категории выполняется в генеральном плане развития города, комплексных схемах развития его транспортной системы и принимается за основу для всех последующих стадий проектирования.

Магистральные улицы (рисунок 2) непрерывного движения, общегородского и районного значения предназначены для интенсивного движения всех видов транспорта, обеспечения связей между основными жилыми и промышленными районами города, выхода в пригородную зону и на загородные автомобильные дороги общего пользования. В крупных городах из числа магистральных улиц общегородского значения могут выделяться улицы-проспекты, на которых сосредоточены общественные здания и линии городского пассажирского транспорта. На проспектах в пределах центральной и средней зон города запрещается движение грузовых автомобилей и ограничивается стоянка легковых автомобилей.



Рисунок 2 – Вид на общегородскую магистраль

Улицы производственных и коммунально-складских зон (рисунок 3) предназначены в основном для перевозки промышленных и строительных грузов в пределах промышленного района и обеспечения выхода на загородные дороги.

Жилые улицы (рисунок 4) предназначены в основном для обеспечения пешеходной связи в пределах микрорайона и организации местных транспортных связей без постоянного пропуска массового общественного транспорта.



Рисунок 3 – Общий вид улицы производственной зоны



Рисунок 4 – Общий вид жилой улицы

Проезды (рисунок 5) представляют собой улицы (иногда тупиковые), обслуживающие хозяйственные перевозки, обеспечивающие подъезд к зданиям, сооружениям и другим объектам легкового, пожарного и санитарного транспорта внутри кварталов микрорайона.



Рисунок 5 – Общий вид проезда

Помимо приведенных категорий улиц в отдельную категорию можно выделить часто встречающиеся в городах, расположенных на берегах рек, заливов, проливов, **улицы-набережные** (рисунок 6), используемые для односторонней застройки жилыми и общественными зданиями, обслуживания пассажирских судов, прогулок населения в городских парках и лесопарках, на водных стадионах. На набережных-улицах с застройкой городских кварталов устраивается проезжая часть и пешеходные тротуары, которые могут отделяться друг от друга зелеными насаждениями. Ширина проезжей части назначается в зависимости от перспективной интенсивности транспортных потоков, а ширина тротуаров колеблется в пределах 3–5 м. На набережных для обслуживания городских и пригородных маршрутов предусматривается устройство сходов-причалов для пассажирских судов и лодочных пристаней. Прогулочные набережные в городских парках отдыха чаще всего устраиваются в зоне, непосредственно прилегающей к урезу воды. Поперечный профиль таких набережных может быть двухъярусным. В нижнем ярусе устраивается обычно подпорная стенка или небольшой высоты откос, вдоль которых укладывается пешеходная дорожка. В фасаде подпорной стенки верхнего яруса через определенные промежутки устраиваются ниши, оборудуемые скамьями для отдыха посетителей парка. Набережные для водного спорта устраиваются на отдельных участках

водоемов, отводимых под стадионы. На таких набережных устраиваются трибуны для зрителей и лестницы, обеспечивающие спуск к воде участников спортивных мероприятий.



Рисунок 6 – Улица-набережная

Кроме набережных, в районах новой застройки города иногда создают **прогулочные улицы** (рисунок 7), предназначенные для движения только пешеходов. Они связывают жилые массивы по кратчайшему расстоянию с пунктами массового посещения.

Значительную часть улично-дорожной сети составляют **городские дороги**, к которым относятся участки сети с преобладающим движением транзитного и грузового автомобильного транспорта, прокладываемые, как правило, в изоляции от селитебных территорий, общественных центров и зон массового отдыха. Они предназначаются главным образом для пропуска с высокими скоростями больших однородных транспортных потоков. Разновидностью городских дорог являются **парковые дороги** (рисунок 8), прокладываемые на территориях парков, садов, скверов и предназначенные для пропуска одиночных транспортных средств служебного назначения и внутривпаркового пассажирского микротранспорта.



Рисунок 7 – Прогулочная улица



Рисунок 8 – Участок парковой дороги

3 ГОРОДСКИЕ СКОРОСТНЫЕ ДОРОГИ

Существующая улично-дорожная сеть при плотной застройке городов жилыми, административными и общественными зданиями уже не может обеспечить возможность использования динамических качеств современных автомобилей, способных развивать скорость 100–150 км/ч. Из-за частых остановок у светофоров возникают продолжительные задержки и заторы движения (рисунок 9). Для решения этих проблем необходим целый комплекс градостроительных, технических и чисто административных мер: совершенствование транспортных средств, увеличение количества единиц транспорта на маршрутах, введение прогрессивных способов регулирования движением, расширение улично-дорожной сети и т.п. Однако все эти мероприятия, как правило, не дают ожидаемого эффекта.



Рисунок 9 – Автомобильная пробка на улице

Наиболее действенным средством повышения скорости движения транспорта в крупных и особенно крупнейших городах является создание в них дополнительно к уже существующей улично-дорожной сети еще и специальной сети скоростных магистралей, полностью изолированной от основных городских дорог и улиц. Эти магистрали прокладываются, как правило, в обход селитебных районов, по границам промышленных зон, вдоль полос отвода железнодорожных путей.

В зависимости от конкретных местных условий городские скоростные дороги могут устраиваться в верхнем уровне (на насыпи или на эстакаде), в нижнем уровне (в выемке или в тоннеле) или в одном уровне с поверхностью земли.

Устройство скоростной дороги на насыпи или в выемке с откосами требует значительной ширины улицы, а в подпорных стенках – повышенной стоимости сооружения (рисунок 10). При строительстве дороги в тоннеле (рисунок 11) лучше используется уличное пространство по трассе скоростной магистрали, однако резко увеличивается стоимость строительства из-за сложности выполнения проходческих работ и необходимости перекладки городских подземных коммуникаций.



Рисунок 10 – Городская скоростная дорога в выемке



Рисунок 11 – Городская скоростная дорога в тоннеле

Поэтому в условиях плотной городской застройки приоритетным является строительство скоростной дороги на эстакаде (рисунок 12), так как движение на эстакадах практически изолировано от застройки, подэстакадное пространство может использоваться под гаражи и автостоянки, проще решаются вопросы развязки движения в разных уровнях на пересечениях с городскими магистралями.



Рисунок 12 – Городская скоростная дорога на эстакаде

Городские скоростные магистрали представляют собой комплекс сложных дорожно-транспортных сооружений, требующих значительных капитальных вложений. Кроме того, строительство скоростных дорог связано также с проблемами сбережения ценной исторической застройки, переносом коммуникационных сетей, охраной окружающей среды. Учитывая это обстоятельство, необходимо изыскивать возможность использования для прокладки скоростной дороги особенностей местного рельефа (террас, высотных перепадов, осушенных русел староречий и т.п.).

М.С. Фишельсон приводит пример использования для прокладки скоростной магистрали оврага, совпадающего с направлением основных транспортных потоков города [17]. Русло оврага предварительно спрямляется, откосы соответствующим образом обрабатываются. Проезжая часть скоростной дороги размещается по дну оврага и связывается трассируемыми в откосах съездами с «собирающими» городскими магистралями, расположенными по обоим берегам оврага в уровне земли (рисунок 13). Естественная выемка в овраге создает благоприятные условия для устройства на важнейших пересечениях с городскими улицами путепроводов и снижает стоимость их строительства.

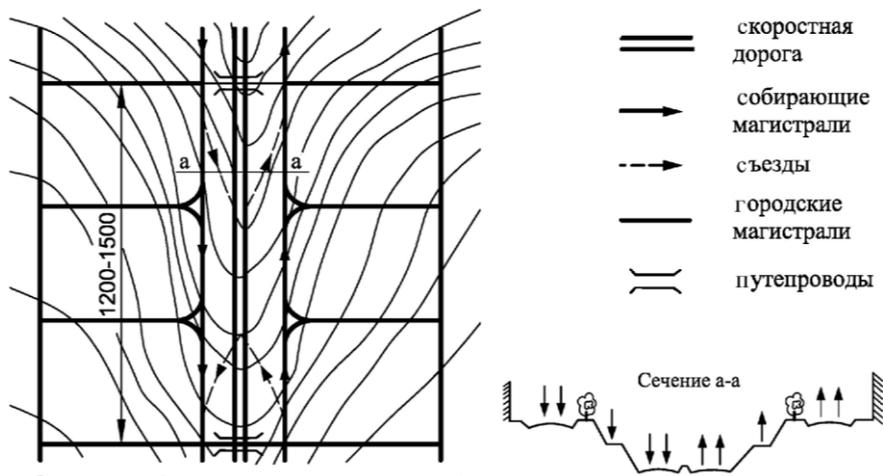


Рисунок 13 – Использование оврага для прокладки скоростной дороги

Простейшим решением является прокладка скоростной дороги по поверхности земли в одном уровне с городскими улицами. В этом случае должна быть обеспечена надежная изоляция ее от местного движения, велосипедистов и пешеходов хорошо развитыми зелеными разделительными полосами или специальными ограждениями. Пересечения скоростной

дороги с остальными городскими магистралями устраиваются только в разных уровнях, а въезд на нее и съезд совмещаются с основными узлами пересечений на расстоянии, не реже чем 1000–1500 м.

Очень удобны для прокладки скоростных дорог набережные, особенно в городах, вытянутых в длину вдоль водных бассейнов. Набережные имеют одностороннюю застройку и редкие пересечения с остальной улично-дорожной сетью. Трассирование скоростных автомагистралей по береговым линиям получило в последние годы очень большое распространение в городах Японии.

Мировой градостроительной практике известны примеры прокладки трассы скоростной дороги через проемы, оставленные в зданиях на уровне верхних этажей. Примером такого решения является скоростная магистраль Ханшин в городе Осака (Япония), проходящая на уровне пятого – седьмого этажей сквозь шестнадцатизэтажное офисное здание (рисунок 14). В 2011 г. в Москве рассматривался вопрос о возможности строительства скоростной дороги, проходящей по крышам малоэтажных домов – штрассенхауса (от немецких слов «дорога» и «дом»). В самих домах предполагается размещать парковки, а под дорогой между домами – высоковольтные линии электропередачи и другие коммуникации. Автором этой идеи является немецкий ученый Роланд Липп. Предположительная стоимость строительства этой магистрали составляет 3,5 миллиарда евро.

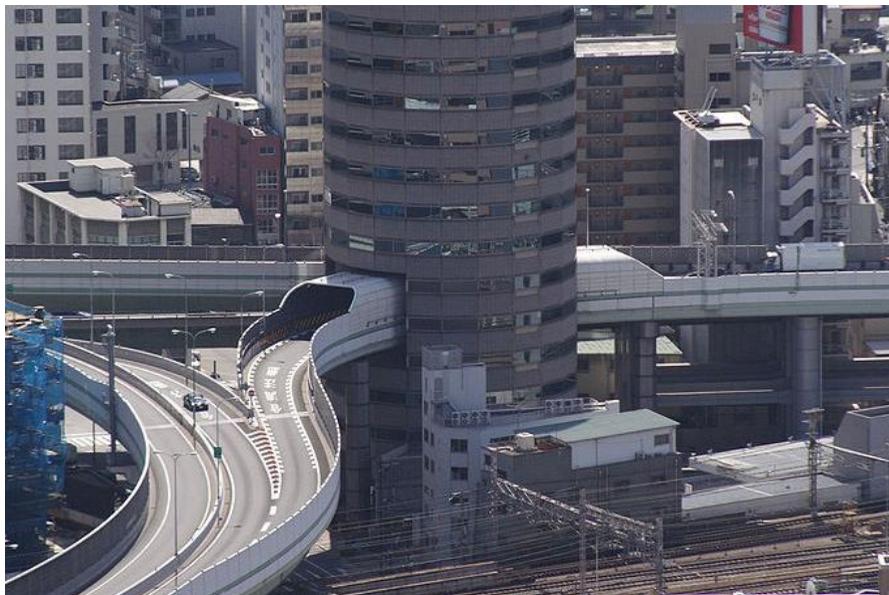


Рисунок 14 – Скоростная магистраль, проходящая сквозь офисное здание

Наибольший опыт строительства скоростных магистралей накоплен в городах США (Нью-Йорке, Лос-Анджелесе, Чикаго, Вашингтоне, Бостоне). Построены городские скоростные дороги в Западной Европе (Берлин, Вена, Брюссель, Париж) и в России (Москва, Санкт-Петербург). В последнее десятилетие первенство по темпам строительства скоростных дорог удерживает Япония, в которой первая скоростная дорога сдана в эксплуатацию в 1963 г., а уже в 2005 г. протяженность скоростных дорог в Японии составила 8730 км, из них только в столичном Токийском регионе 253 км.

Размещение в зоне скоростных дорог сетей и сооружений, не предназначенных для обслуживания непосредственно этих дорог, не разрешается.

4 ГОРОДСКИЕ ПЛОЩАДИ

Одним из важнейших планировочных элементов города являются площади, основное назначение которых заключается в организации движения транспорта и пешеходов, в размещении на них остановок общественного транспорта и автомобильных стоянок.

В зависимости от своего функционального назначения площади в городах подразделяются на несколько типов: главные, привокзальные, площади перед общественными зданиями, предзаводские, транспортные и предмостные*.

* Приведенная классификация достаточно условная, так как во многих городах, например, на главной площади одновременно могут размещаться театр и крупный

торговый, спортивный или развлекательный центр, а привокзальные, рыночные и предместные площади зачастую являются и площадями транспортных развязок в одном или в разных уровнях.

Главные площади (рисунок 15) располагаются в общегородских центрах и предназначаются в первую очередь для проведения массовых мероприятий (военных парадов, митингов, демонстраций, манифестаций, народных гуляний и т.п.). На них, как правило, размещаются наиболее значимые административные здания. Главная площадь должна быть доступна для передвижения одновременно больших масс населения. Пропуск транспортных потоков по ней должен быть ограничен, а во время проведения мероприятий площадь вообще закрывается для движения транспорта. При необходимости, на таких площадях или в непосредственной близости от них устраиваются остановки городского пассажирского транспорта и стоянки легковых автомобилей.

Привокзальные площади (рисунок 16) устраиваются у комплексов городского и внешнего транспорта (железнодорожного, автомобильного, речного, морского, воздушного). На них осуществляется пересадка пассажиров с одного вида транспорта на другой, размещаются остановочные пункты городского пассажирского транспорта и стоянки легковых автомобилей. Поэтому планировка и размеры привокзальных площадей должны обеспечивать выход на них как можно большего количества маршрутов массового пассажирского транспорта.



Рисунок 15 – Площадь Независимости в Минске (Беларусь)



Рисунок 16 – Привокзальная площадь в Красноярске (Россия)

Площади перед общественными зданиями и сооружениями (театрами, крупными торговыми и выставочными центрами, парками, стадионами, рынками) предназначены для подхода и подъезда посетителей, размещения остановочных пунктов массового пассажирского транспорта (рисунок 17). На этих площадях должно быть обеспечено отделение транспортных потоков от пешеходных и потоков транзитного транспорта от местного. Кроме того, на площадях у театров, торговых центров и спортивных сооружений должны предусматриваться специальные площадки для накапливания посетителей перед началом, например, спектакля или футбольного матча и места для транспортных средств, предназначенных для эвакуации людей после окончания мероприятия.



Рисунок 17 – Площадь перед Минск-ареной

Предзаводские площади (рисунок 18) устраивают для обеспечения удобных подходов и подъездов к проходным предприятиям и размещения остановочных пунктов общественного транспорта. Размеры предзаводских площадей зависят от размеров самих предприятий и количества работающих на них.

Транспортные площади создают на пересечениях между собой магистральных улиц. Они предназначены для разделения потоков транспорта по основным магистралям города и размещения дорожных развязок в одном и в разных уровнях. Формы транспортных площадей разнообразны. Условием рациональной организации движения транспортных потоков в наибольшей степени отвечает круглая форма с устройством в центре площади направляющего островка, вокруг которого осуществляется кольцевое движение (рисунок 19).



Рисунок 18 – Площадь перед тракторным заводом в Минске

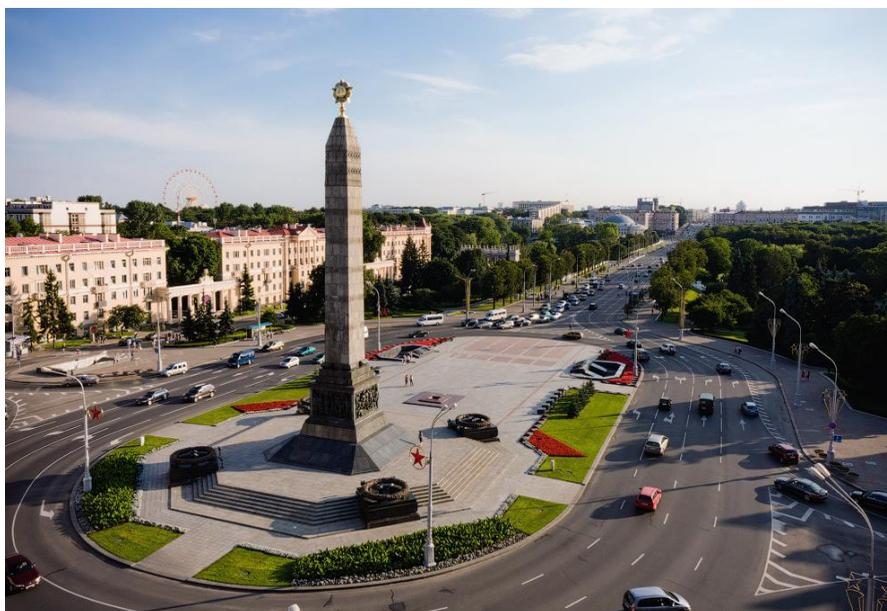


Рисунок 19 – Общий вид площади с кольцевым движением в Минске

Размеры городских площадей зависят от наличия свободной территории, планировочной сети примыкающих к площади улиц, характера и функционального назначения окружающей застройки, рельефа местности. Например, главные площади занимают значительные городские территории (от 1–1,2 га в малых городах до 3–4 га – в крупных). Имеются отдельные примеры главных городских площадей значительно больших размеров: в Харькове – 12, Самаре – 17, Варшаве – 21, Пекине – 44, г. Палмас (Бразилия) – 57 (рисунок 20), г. Далянь (Китай) – 110 га.



Рисунок 20 – Площадь Дуз Жирасойс в Палмасе (Бразилия)

Предместные площади устраиваются для организации движения транспорта на подходах к мостам через городские водные акватории. Как правило, предместные площади сооружают возле несудоходных рек, когда проезжая часть моста находится почти на одном уровне с проезжей частью пересекающих его улиц. В этом случае подход к мосту решается в виде простого перекрестка (рисунок 21, а), а при наличии свободных территорий на подходах может устраиваться расширение перекрестка (рисунок 21, б) или организуется правильное кольцевое движение (рисунок 21, в). В случае, если река судоходная и высокий мост позволяет перекрыть не только реку, но и набережную, устраивается пересечение в двух уровнях с отнесенными левыми поворотами (рисунок 21, г) или с тоннелем по набережной и

поворотными потоками по типу обжатого «клеверного листа» (рисунок 21, д).

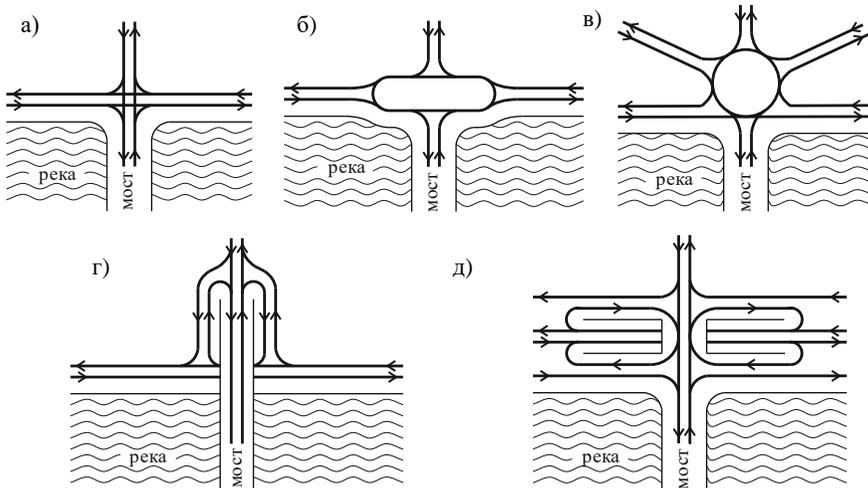


Рисунок 21 – Схемы организации движения транспорта на предмостных площадях:

а – по типу простого перекрестка с регулируемым движением; *б* – с расширением набережной на подходах к мосту; *в* – с кольцевым саморегулируемым движением; *г* – в двух уровнях с отнесенными поворотами; *д* – в двух уровнях с тоннелем по набережной и поворотными потоками по типу обжатого «клеверного листа»

Конфигурация городских площадей зависит в первую очередь от числа улиц, образующих ее. По этому признаку они могут быть круглыми, квадратными, прямоугольными и многоугольными со сложной конфигурацией. С точки зрения рельефа площади могут быть относительно ровными, выпуклыми или вогнутыми с продольным уклоном в пределах 10–30 ‰, поперечным – 10–20 ‰. Дорожное покрытие на площадях может быть сплошным или устраиваться только в зонах организованного движения транспорта и пешеходов.

5 АВТОМОБИЛЬНЫЕ СТОЯНКИ И ПАРКОВКИ

Наблюдаемое в последние годы увеличение числа автомобилей в городах вызывает необходимость выделения на территории города специальных площадей для автомобильных стоянок.

Количество автомобилей, оставляемых ежедневно для стоянки в центральных районах крупных и особенно крупнейших городов, доходит до многих сотен тысяч единиц. Вдоль тротуаров выстраиваются

многокилометровые вереницы автомобилей. Иногда улица, рассчитанная на двух-трехполосное движение, превращается в однополосную из-за того, что вдоль одного, а то и вдоль обоих тротуаров сплошной лентой в течение дня стоят припаркованные «временно» автомобили. Встречным автомобилям приходится дожидаться для въезда в нужную улицу освобождения своей полосы, что резко снижает её пропускную способность, затрудняет, а иногда и совсем парализует движение на соседних магистралях общегородского и районного значения, создавая угрозу безопасности движения. Особенно ощутимы эти трудности в центральных, густо застроенных районах.

По характеру используемой территории различают временные и постоянные автомобильные стоянки, а по сроку хранения автомобилей – кратковременного и длительного хранения. К временным относятся стоянки, размещаемые на территориях, предназначенных в будущем для использования в других целях. Их проектируют только открытыми, в одном уровне с прилегающей территорией.

В проектах планировки новых городов и реконструкции уже существующих места для парковки автомобилей должны предусматриваться вне улично-дорожной сети на обособленных площадках у жилых и общественных зданий, учреждений, торговых центров, театров, концертных и выставочных залов, гостиниц, ресторанов, спортивных объектов, зон отдыха, на предзаводских и привокзальных площадях, у аэропортов и других объектов. Потребная площадь для таких стоянок определяется с учетом специфики работы каждого из названных объектов, наличия свободной территории и числа ожидаемых автомобилей на стоянке.

Считается, что один расчетный легковой автомобиль занимает 20 м^2 при однорядной установке и 25 м^2 – при многорядной. В качестве расчетного принимается тип автомобиля, наиболее распространенный среди возможных пользователей стоянки. Эти стоянки должны иметь твердое покрытие с уклоном не более 10 % в направлении продольных осей устанавливаемых автомобилей и не более 40 % – в направлении, перпендикулярном этим осям. Однако полностью решить проблему парковки автомобилей в крупных городах только за счет таких стоянок в последние годы не удастся. Поэтому для временного размещения легковых автомобилей приходится использовать городскую улично-дорожную сеть.

На магистральных улицах непрерывного движения и общегородского значения автостоянки следует размещать вдоль боковых проездов, для остальных категорий улиц и проездов стоянки могут примыкать к проезжей части. При этом размещение стоянок допускается: на проезжей части с устройством дополнительных полос шириной 3 м; на боковых разделительных полосах между проезжей частью и тротуаром; в карманах

(уширениях проезжей части) глубиной от 2,5 до 5,5 м в зависимости от принятой схемы расстановки транспортных средств (рисунок 22).

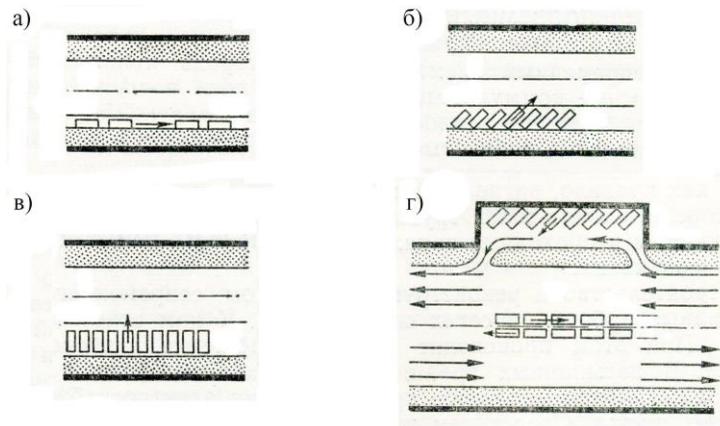


Рисунок 22 – Варианты организации автомобильных стоянок на улицах:
a – вдоль тротуара; *б* – вдоль улицы с установкой автомобилей под углом к оси улицы; *в* – вдоль тротуара с установкой автомобилей поперек стоянки; *г* – по оси улицы с установкой автомобилей вдоль улицы и на специальной площадке, отделенной полосой зеленых насаждений

Простейшим видом организации кратковременной стоянки является установка автомобилей вдоль тротуара или оси улицы, под углом $30\text{--}60^\circ$ к ним, перпендикулярно к линии борта или оси улицы. Установка автомобилей перпендикулярно к тротуару и особенно под углом к нему предпочтительнее, так как расположение их вдоль тротуара требует значительно больших площадей для подъезда и маневрирования.

Часто автомобильные стоянки устраиваются на городских площадях. В этом случае они размещаются в одном уровне с проезжей частью площади и ограничиваются только линиями разметки или временными переносными знаками-тумбами, устанавливаемыми в зависимости от количества автомобилей, которое требуется разместить на этой стоянке именно в данное время.

В развивающихся городах вблизи крупных торговых или деловых центров, построенных на свободных площадях, часто создаются автостоянки вместимостью на несколько десятков тысяч автомобилей одновременно (рисунок 23).

Однако потребные территории для автостоянок при расположении их в уровне земли в условиях плотной застройки современных крупных городов изыскать практически невозможно. Поэтому в существующих городах в последние годы или устраиваются паркинги на крышах крупных общественных зданий (рисунок 24), или строятся многоэтажные наземные и

подземные здания – «силосы» (рисунки 25, 26), в которых автомобили доставляются на нужный этаж лифтами-подъемниками и там направляются в специальные камеры хранения. Такие капитальные автоматизированные парковки дают ощутимую экономию занимаемых городских площадей. Так, например, в 2004 г. в Дрездене построена шестиэтажная парковка высотой 14,5 м и площадью 36,5×17,4 м, в которой размещаются 192 машино-места.

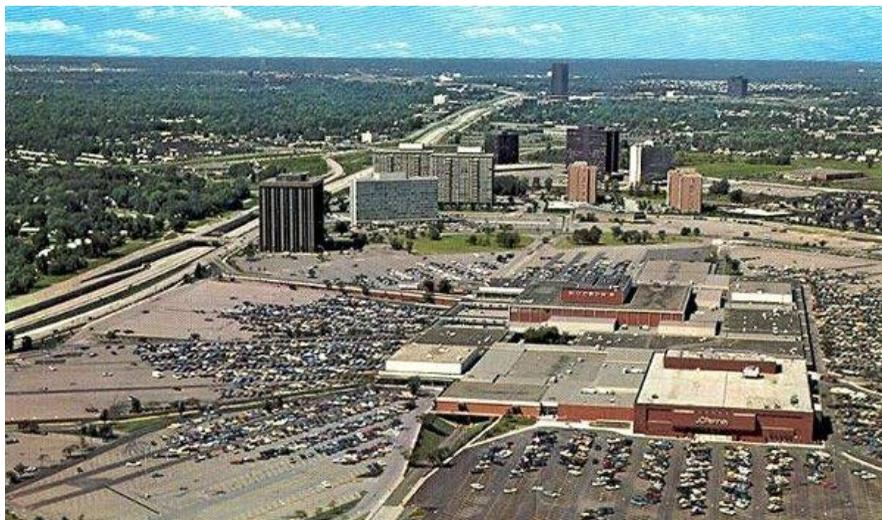


Рисунок 23 – Автомобильная стоянка у торгового центра



Рисунок 24 – Автомобильная стоянка на крыше здания



Рисунок 25 – Автомобильная башня-парковка в Германии (вид сверху)



Рисунок 26 – Многоуровневая парковка во Владивостоке (Россия)

Преимущество капитальных парковок подобного типа заключается в экологичности, высвобождении жизненных пространств в плотно застроенных исторических центрах крупных городов, хорошей шумоизоляции, а также в высокой степени безопасности. Однако строительство их требует немалых затрат и технологически сложно, особенно в городах, где это связано с необходимостью перекладки существующих коммуникационных систем.

6 ТРАНСПОРТНЫЕ ПЕРЕСЕЧЕНИЯ В РАЗНЫХ УРОВНЯХ

В местах пересечения городских магистралей в одном уровне движение транспорта усложняется, что приводит к снижению скорости движения транспортных средств, уменьшению пропускной способности пересечения, возникновению конфликтных ситуаций и даже дорожно-транспортных происшествий.

При большой интенсивности транспортных потоков и исчерпаниии простых мероприятий по повышению пропускной способности пересечения (перераспределение потоков транспорта по другим магистралям города, совершенствование способов организации движения, расширение перекрестка и др.) выходом из создавшегося положения служит строительство транспортной развязки в разных уровнях.

Абсолютные размеры движения, устанавливающие необходимость устройства развязки в разных уровнях, не определены. Согласно современным нормативным документам [16] пересечения и примыкания в разных уровнях устраиваются на улицах непрерывного движения, а также на улицах других категорий в случаях, когда не обеспечивается требуемая пропускная способность узла в одном уровне.

По мнению Ю.С. Ланцберга [6] и Р.В. Горбанева [7], экономически обоснованным показателем необходимости устройства пересечения в разных уровнях можно считать суммарную интенсивность транспортных потоков, проходящих через пересечение, в размере 5–6 тысяч приведенных единиц в час.

Устройство пересечения в разных уровнях может быть также целесообразным в случаях, обусловленных местными градостроительными условиями (рельеф местности, пересечение водоемов, оврагов, наземных линий метрополитена, железной дороги, скоростного трамвая и т. д.), а также по условиям возможного воздействия на окружающую среду при превышении допустимых концентраций загрязняющих веществ и парниковых газов в выбросах транспортными средствами.

Главными преимуществами разделения уровней пересекающихся городских путей сообщения являются обеспечение непрерывности движения во всех прямых и некоторых поворотных направлениях; значительное уменьшение непроизводительных затрат времени на поездки и задержек транспорта на пересечении; резкое повышение пропускной способности узла, скорости и безопасности движения; уменьшение затрат, связанных с перерасходом горючего, износом экипажей, загазованностью окружающего воздуха.

Ниже приводятся примеры наиболее характерных типов развязок в разных уровнях в зависимости от начертания в плане и числа уровней движения транспорта.

Пересечение в двух уровнях типа «прокол» (рисунок 27, *а*) обеспечивает непрерывность движения только для сквозных транспортных потоков и совершенно исключает в пределах пересечения левые повороты. Требуется устройство только одного, причем небольшого по длине, искусственного сооружения и минимальных размеров площади пересечения, что очень важно в условиях плотной городской застройки. Является самым простым типом пересечения в разных уровнях и поэтому находит довольно широкое применение при пересечении магистральных улиц непрерывного движения с улицами и дорогами, не требующими развязки движения, и с городскими линиями железной дороги, метрополитена и скоростного трамвая.

Пересечение в двух уровнях с отнесенными левыми поворотами (рисунок 27, *б*) обеспечивает непрерывность движения обоих пересекающихся и всех правоповоротных потоков транспорта. Отнесенные левые повороты организуются только на второстепенном направлении путем перестроения за путепроводом или тоннелем с последующим поворотом на перегоне на 270° . Этот тип пересечения может быть принят только в том случае, если левоповоротные потоки относительно невелики, а на второстепенном направлении имеется возможность устройства дополнительных полос для полного разворота. Существенным недостатком развязки такого типа является снижение безопасности движения, скорости и пропускной способности при перестроении левоповоротных потоков и пересечении ими сквозных прямых потоков на второстепенном направлении.

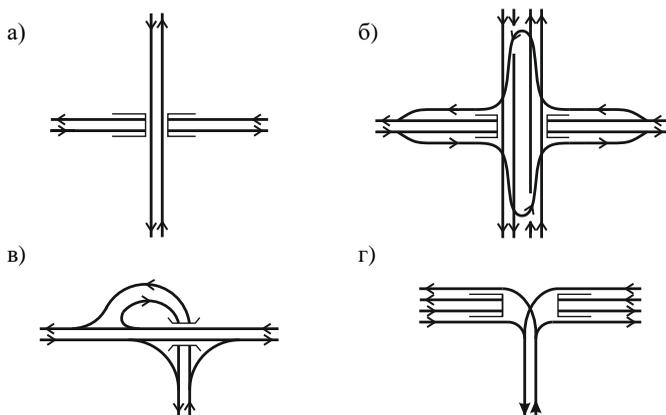


Рисунок 27 – Схемы пересечений в двух уровнях:

- а* – типа «прокол»;
- б* – с отнесенными левыми поворотами;
- в* – типа «труба»;
- г* – Т-образное с устройством тоннеля для одного из направлений

Пересечение в двух уровнях типа «труба» (рисунок 27, в) устраивается при примыкании одной городской магистрали к другой на Т-образных или Y-образных перекрестках и предусматривает непрерывность движения по основному и примыкающему направлениям. Такое пересечение имеет простую конфигурацию, требует относительно небольшой площади для размещения, сравнительно несложное в строительстве и эксплуатации и поэтому довольно часто применяется в городских условиях при наличии свободной территории. В зависимости от размеров левоповоротного движения, размещения окружающей застройки и рельефа местности возможны различные планировочные решения пересечений этого типа. В частности, левоповоротные съезды могут располагаться слева от путепровода, справа от него, с одной стороны от главной магистрали или с другой.

Т-образное пересечение в двух уровнях с устройством тоннеля для одного из направлений (рисунок 27, г) устраивается в условиях плотной городской застройки, когда расположить на перекрестке пересечение типа «труба» не представляется возможным. На этом пересечении прямой транспортный поток основной магистрали пропускается непрерывно по тоннелю, правоповоротные потоки совершаются также непрерывно по боковым проездам в уровне земли, а левые повороты пропускаются над тоннелем поочередно, то есть регулируются между собой.

Пересечение в двух уровнях кольцевого типа с двумя путепроводами (рисунок 28, а) может применяться в городских условиях при наличии в транспортном узле отчетливо выраженного главного направления, которому требуется создать приоритетные условия для пропуска прямых потоков. Движение потоков пересекающего направления и всех поворотных потоков организуется по кольцу. Чаще всего такой тип развязки движения применяют при пересечении магистралей общегородского и районного значения. Недостатком этого пересечения является то, что основной поток второстепенной улицы, вынужденный двигаться по кольцу, совершает лишний пробег, и на кольце происходит смешение не только поворачивающих потоков между собой, но и поворотных потоков с основным потоком второстепенного направления.

Пересечение в двух уровнях с кольцевым регулируемым движением на второстепенном направлении (рисунок 28, б) является одним из способов, обеспечивающих полную развязку движения непосредственно в границах перекрестка. Пересечение имеет одно искусственное сооружение (тоннель или путепровод), через которое обеспечивается непрерывное движение прямых потоков по главной магистрали. Для прямых потоков второстепенного направления на поверхности устраивается центральный островок с проездом посередине. Левоповоротные потоки движутся по кольцу и регулируются с потоками второстепенного направления. Диаметр кольца определяется интенсивностью движения. Правоповоротные потоки

пропускаются непрерывно по дополнительной полосе кольцевых проездов. Пересечения такого типа требуют увеличения площади перекрестка до размеров, необходимых для организации кольцевого движения. В зависимости от местных условий они могут иметь различные очертания в плане. Основным недостатком таких пересечений является ограниченная пропускная способность кольцевой развязки, а неоспоримое преимущество заключается в возможности переустройства их в пересечения в трех уровнях с сохранением в уровне земли право- и левоповоротного движения.

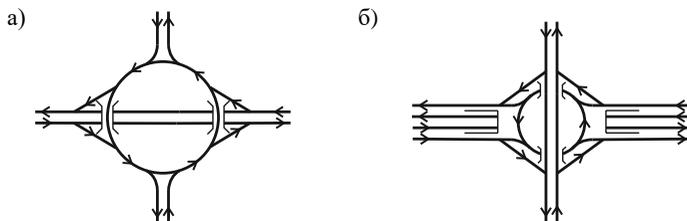


Рисунок 28 – Схемы пересечений в двух уровнях с распределительным кольцом:

a – с двумя путепроводами; *б* – с регулируемым движением на второстепенном направлении

Пересечение в двух уровнях по типу «двойная петля» (рисунок 29) целесообразно устраивать при скрещении городской магистрали, требующей обеспечения большой пропускной способности, с улицей второстепенного значения. На этом пересечении пропуск сквозных потоков, следующих по основной магистрали в обоих направлениях, организуется по прямой под путепроводами, а на второстепенной улице – по путепроводам одностороннего движения. Левые и правые повороты осуществляются также в верхнем уровне по путепроводам. Такая развязка движения на пересечении требует значительной свободной территории для размещения петель и путепроводов, не обеспечивает достаточно полной безопасности движения, усложняет ориентировку водителей транспортных средств, поэтому в городских условиях используется редко.

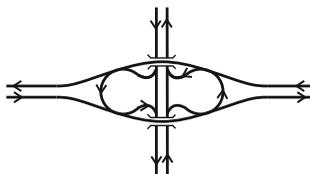


Рисунок 29 – Схема пересечения в двух уровнях типа «двойная петля»

Пересечение в двух уровнях типа полный «клеверный лист» (рисунок 30, *a*) обеспечивает непрерывность движения потоков транспорта

по всем направлениям при пересечении между собой двух равнозначных по своему транспортному значению городских магистралей. В центре пресечения устраивается путепровод (тоннель или эстакада), а пересекающиеся магистрали соединяются между собой восемью съездами. Правые повороты проходят по четырем обособленным проездам, а левоповоротное движение осуществляется поворотом вправо на кольцевой съезд после проезда через искусственное сооружение. Съезды, служащие для левоповоротных потоков, напоминают листья клевера, отсюда и происходит название. Эта схема развязки очень экономична, так как требует строительства только одного искусственного сооружения относительно небольшой длины. Недостатки ее обусловлены потребностью в значительной территории, необходимой для ее сооружения (9–10 га); увеличением перепробегов транспортных средств, совершающих левоповоротное движение; трудностью ориентировки водителей при левых поворотах. Поэтому пересечение такого типа в условиях острого дефицита свободных территорий в густо застроенных современных городах используется, как правило, только в слабозаселенных периферийных районах.

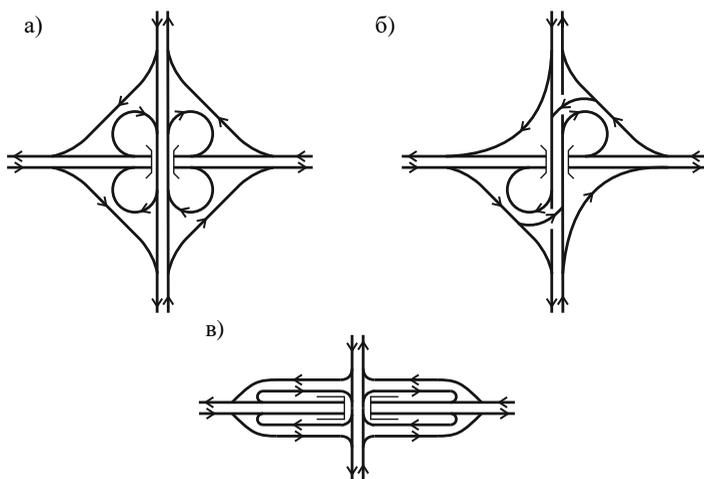


Рисунок 30 – Схемы пересечений в двух уровнях типа «клеверный лист»:
a – полный; *б* – неполный; *в* – обжатый

Пересечение в двух уровнях типа неполный «клеверный лист» (рисунок 30, б) отличается от полного клеверного листа уменьшенным количеством съездов для организации левоповоротного движения. Планировочные схемы такого пересечения определяются категорией пересекающихся улиц, размерами движения и особенно интенсивностью

поворотных потоков, характером окружающей застройки и наличием свободной территории для размещения развязки. Комбинации планировочных решений в зависимости от этих условий могут быть достаточно разнообразными. Применяют такое пересечение, как правило, когда отдельные поворотные потоки имеют сравнительно невысокую интенсивность движения и поэтому проектировать для них самостоятельные съезды экономически нецелесообразно. Кроме того, неполный лист клевера может использоваться и в том случае, если рядом с пересекаемой улицей находится железнодорожная линия, водоем или еще какое-нибудь препятствие.

Пересечение в двух уровнях типа обжатый «клеверный лист» (рисунок 30, в) имеет схему организации движения транспорта, аналогичную схеме полного клеверного листа, и применяется в городских условиях в тех случаях, когда требуется обеспечить непрерывность движения по обоим пересекающимся направлениям. Отличие состоит лишь в том, что из-за плотности городской застройки право- и левоповоротные съезды на этом пересечении вытягиваются вдоль пандусов искусственного сооружения. Достоинством обжатого клеверного листа, который также называют сплюснутым, является обеспечение развязки движения по всем направлениям при относительно небольшой занимаемой площади (2,5–3,5 га), что в условиях плотной городской застройки имеет очень существенное значение. К недостаткам следует отнести потребность в большой дополнительной ширине (более 30 м) для разворотов вокруг пандуса и малые радиусы кривых в плане на съездах (15–20 м), из-за чего разворачивающиеся автомобили вынуждены снижать скорость до 15–20 км/ч.

Пересечение в двух уровнях «полуклеверного» типа (рисунок 31, а) по своему начертанию сходно с пересечением типа «труба». Здесь левоповоротные потоки пропускаются каждый по своему собственному съезду без встречных передвижений и смешения с другими поворачивающимися потоками, что обеспечивает более высокий уровень безопасности движения транспорта. Движение транспортных потоков по основной магистрали осуществляется непрерывно под путепроводом, но перед путепроводом основной прямой поток смешивается с левоповоротными. При этом, левоповоротные потоки перегружают участок магистрали сквозного направления перед путепроводом и осуществляются с перепробегом. Развязка имеет простую конфигурацию, является легкой для ориентации водителей, но занимает несколько большую территорию по сравнению с пересечением по типу «трубы».

Пересечение в двух уровнях типа «крест» с пятью путепроводами (рисунок 32, б) разработано в США с целью уменьшения перепробега автомобилей при совершении ими левых поворотов. Центральный

путепровод, расположенный на оси пересечения магистралей, предназначен для двустороннего движения, а четыре остальных – для одностороннего. Достоинством этого пересечения является то, что все повороты идут прямо, без отклонений, при этом, длина пути каждого левого поворота на 500–600 м короче, чем в классическом «клеверном листе». Основной недостаток «креста» заключается в том, что устройство такого пересечения требует значительных капитальных вложений, связанных со строительством четырех дополнительных путепроводов, поэтому сооружение его считается целесообразным только на пересечениях двух главных городских магистралей с очень интенсивными транспортными потоками.

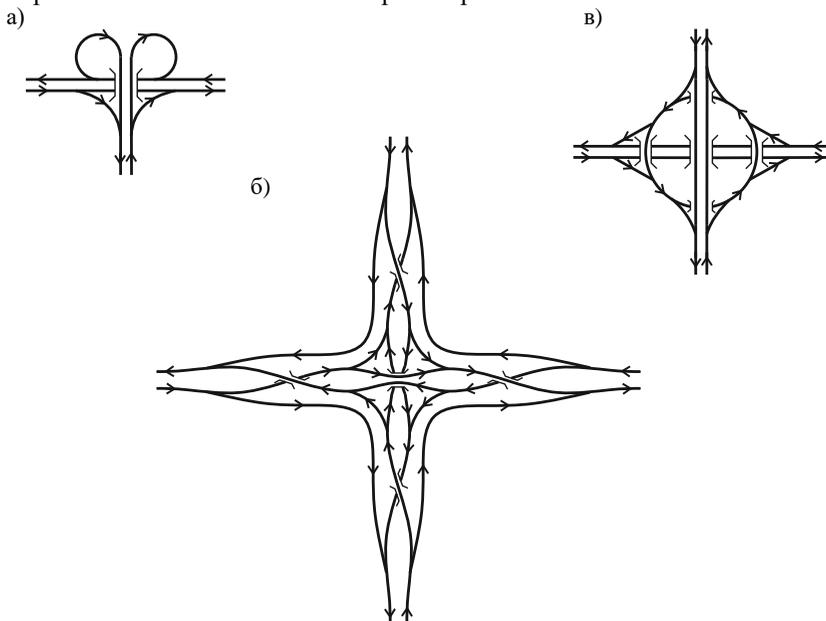


Рисунок 31 – Схемы пересечений в двух уровнях:
 а – «полуклеверного» типа; б – типа «крест» с пятью путепроводами; в – с пятью путепроводами по типу «распределительного кольца»

Пересечение в двух уровнях с пятью путепроводами по типу «распределительного кольца» (рисунок 31, в) предусматривает пропуск прямых пересекающихся потоков через центральный путепровод, расположенный на оси пересечения магистралей, а движение поворотных потоков осуществляется по кольцу. Такой тип пересечения целесообразен при значительных прямых и особенно левоповоротных потоках. Распределительное кольцо имеет довольно простую конфигурацию и на нем легко ориентируются водители. В то же время устройство пересечения

такого типа требует сооружения пяти путепроводов – одного центрального для двустороннего движения и четырех для одностороннего движения. Размещение дополнительных путепроводов связано с необходимостью увеличения диаметра кольца, а следовательно, и расширения занимаемой им городской территории. Пересечения распределительного кольца с магистралями осуществляются таким образом, что кольцо поочередно проходит то в тоннеле, то на путепроводе, то есть по всей длине кольца происходит чередование спусков и подъемов. В результате этого продольный профиль трассы, проложенной по кольцу, получается довольно сложным. Кроме того, левоповоротные потоки, движущиеся по кольцу, совершают на нем значительный перепробег. В силу перечисленных недостатков такой тип пересечения в городских условиях применяется крайне редко.

Пересечение в трех уровнях с левоповоротным тоннелем для одного из направлений (рисунок 32, а) устраивается в том случае, когда интенсивность движения транспорта на одном из левых поворотов значительно превосходит остальные левые повороты (более 1500 приведенных единиц в час) и по этому направлению требуется обеспечить высокую скорость. Такое пересечение обеспечивает пропуск одного из прямых потоков в основном тоннеле, а пересекающего прямого и обоих правоповоротных потоков – в уровне земли. Главный левоповоротный поток пропускается в дополнительном дуговом тоннеле, расположенном под основным. Пропуск остальных левоповоротных потоков осуществляется по типу обжатого «клеверного листа». Особенностью этого пересечения является необходимость устройства больших радиусов закруглений (250 м и более), обеспечивающих скорость движения автомобилей не менее 80 км/ч. Вместо левоповоротного тоннеля в пересечениях такого типа может устраиваться левоповоротная эстакада.

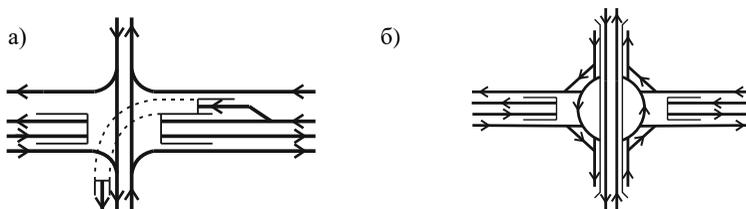


Рисунок 32 – Схемы пересечений в трех уровнях:

а – с левоповоротным тоннелем для одного из направлений; б – с кольцевым движением на левоповоротных направлениях

Пересечение в трех уровнях с кольцевым движением на левоповоротных направлениях (рисунок 32, б) устраивают, как правило, при пересечении двух равнозначных по интенсивности городских

магистралей непрерывного движения. Прямые потоки одного из пересекающихся направлений пропускаются непрерывно по тоннелю, а другого – по путепроводу (эстакаде). Правоповоротные потоки организуются по обособленным проездам в крайнем ряду кольцевой площади, расположенной в уровне земли между тоннелем и путепроводом (эстакадой). Левоповоротное движение осуществляется непрерывно по кольцевой проезжей части с выходом на нужное направление. В случае увеличения объемов левоповоротных потоков в середине кольца может устраиваться проезд, а левоповоротное движение регулируется светофором.

Здесь приведена лишь небольшая часть наиболее характерных схем транспортных пересечений в двух и трех уровнях. Этот перечень может быть дополнен комбинированными схемами, в которых для различных направлений применяются элементы пересечений перечисленных типов. В последние годы в некоторых крупнейших городах мира устраиваются транспортные развязки в четырех и более уровнях, соединяющие в себе несколько разных типов, описанных выше.

Пересечения в четырех и более уровнях устраивают в узлах сложной конфигурации при схождении в них более четырех городских магистралей. Чаще всего это пересечение городских улиц со скоростными транзитными автострадами, проходящими через город. Такие развязки сложны в строительстве, занимают большие территории и имеют очень высокую стоимость. Пример пересечения в четырех уровнях приведен на рисунке 33.



Рисунок 33 – Транспортная развязка имени судьи Гарри Преджерсона в Лос-Анджелесе (США) – гигантский 4-уровневый перекресток на пересечении двух межштатовых автомагистралей

Особое место среди развязок в разных уровнях занимают предмостные пересечения. Специфика таких пересечений обусловлена тем, что они находятся одновременно на набережной и на улице, ведущей к мосту, и развивать их территориально можно только в одном, береговом направлении.

Предмостное пересечение в двух уровнях с отнесенными левыми поворотами (см. рисунок 21, з) обеспечивает непрерывность движения во всех направлениях с пропуском транспортных средств, следующих по набережным, через береговые пролеты. Основные недостатки пересечения такого типа заключаются в наличии отнесенных левых поворотов, малых радиусов закруглений на поворотных направлениях и сравнительно небольших межпетлевых участков.

Предмостное пересечение в двух уровнях с тоннелем по набережной и поворотными потоками по типу обжатого «клеверного листа» (см.

рисунок 21, д) устраивается при отсутствии у моста береговых пролетов и обеспечивает непрерывность движения во всех направлениях. Недостатком этого пересечения является необходимость снижения скорости движения транспорта при совершении левых поворотов из-за малых радиусов кривых в плане и коротких участков сплетения.

Предмостное пересечение в трех уровнях (рисунок 34) обеспечивает свободное и беспрепятственное движение потоков транспорта по главным направлениям: «береговых» – по тоннелю, проложенному вдоль набережной, «мостовых» – по проезжей части моста. Правые повороты производятся в уровне поверхности земли по обособленным береговым проездам, левоповоротное движение осуществляется также в уровне земли между тоннелем и мостом и регулируется между собой.

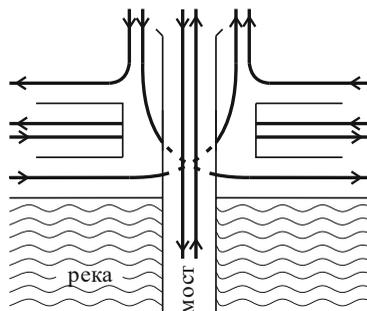


Рисунок 34 – Предмостное пересечение в трех уровнях

7 ПЕРЕСЕЧЕНИЯ С ВОДНЫМИ ПРЕГРАДАМИ

Пересечение городскими магистралями и рельсовыми путями сообщения водных преград (ручьев, рек, озер, каналов, морских заливов или проливов) может осуществляться с помощью тоннелей и мостов.

Тоннель глубокого заложения под водным препятствием – очень сложное и дорогостоящее сооружение и поэтому в городских условиях применяется крайне редко и только в тех случаях, когда строительство моста по каким-либо причинам невозможно. По своему назначению магистральные городские тоннели могут быть автомобильные, железнодорожные, метрополитенные и совмещенные для пропуска нескольких видов городского пассажирского транспорта.

В большинстве случаев основным способом пересечения городскими путями сообщения водных акваторий являются мосты. **Мост** состоит из пролетного строения и опор, передающих давление пролетных строений на грунт. По пролетным строениям, перекрывающим пространство между опорами, прокладываются пути для движения транспорта и пешеходов. Выбор места расположения и конструкции моста определяется видом естественного препятствия, его глубиной, скоростью течения воды, условиями судоходства, грунтово-почвенными условиями, а также транспортными требованиями. Ширина моста определяется его назначением и интенсивностью движения по нему транспортных средств.

Расположение моста в плане и профиле должно быть строго увязано с планировкой прилегающих к мосту улиц, перекрестков и площадей, а его архитектурный облик должен гармонично сочетаться с окружающей застройкой.

Мост, пересекающий большую реку, целесообразнее располагать на прямом участке и перпендикулярно направлению струй течения воды в главном русле, так как расположение моста под косым углом или на кривой значительно усложняет и удорожает его строительство. Однако история мостостроения знает немало случаев строительства косоугольных мостов, обусловленных местными условиями. Например, в Москве Большой Каменный мост имеет косину 8° , Новоарбатский – 27° , а Краснохолмский – 35° .

Мост, пересекающий небольшую речку, полностью подчиняется условиям организации движения транспорта и может быть в плане косым или криволинейным.

По своему назначению мосты в городах подразделяются на городские, автодорожные, железнодорожные, метрополитенные, совмещенные, пешеходные, мосты-каналы и мосты-плотины.

Мост городской – мост, расположенный в городской черте и предназначенный для движения всех видов наземного городского транспорта, а также пешеходов. Этот мост, как правило, шире всех других мостов.

Мост автодорожный – мост на городской магистрали, пересекающей водное препятствие, который служит для пропуска только автомобильного транспорта. Ширина проезжей части такого моста зависит от числа и ширины выходящих на него улиц и количества движущихся по ним транспортных единиц.

Мост железнодорожный – мост, по которому проложена однопутная или двухпутная железнодорожная линия. Из-за больших нагрузок от железнодорожного подвижного состава такой мост имеет значительно большую строительную высоту пролетных строений, чем автодорожный, но его ширина намного меньше, чем у последнего.

Мост-метро – мост, предназначенный для пропуска по нему только линий метрополитена.

Мост совмещенный – мост с несколькими проезжими частями, рассчитанными на одновременный пропуск нескольких видов транспорта (например, автомобильного и железнодорожного, автомобильного и метрополитена) и расположенными в одном или разных уровнях. Полосы для проезда автомобилей, при этом, могут располагаться либо по одну сторону от полотна железной дороги, как, например, на мосту через Волгу в Астрахани, либо по обе стороны от полотна метрополитена, как на мосту через Днепр в Киеве (рисунок 35). Возможно также ярусное расположение проезжих частей по высоте. По такому принципу сооружен двухъярусный

мост через реку Москва при пересечении Комсомольским проспектом Фрунзенского радиуса метрополитена. На этом мосту по верхнему ярусу пропускается автомобильное движение, а по нижнему проходит линия метро. На мосту, соединяющему Манхеттен с кварталами Нью-Джерси в США, в верхнем ярусе (над улицами и городской застройкой) расположено восемь полос для автомобилей и два тротуара для пешеходов, а в нижнем ярусе проложены четыре железнодорожные пути.



Рисунок 35 – Совмещенный мост через Днепр в Киеве (Украина)

Мост пешеходный – мост, предназначенный для движения по нему только пешеходов. Устраивается на пересечениях с реками, каналами, а также как декоративное сооружение через пруды в городских парках и зонах отдыха. Пешеходные мосты через судоходные реки могут иметь довольно высокие опоры и большие пролеты, определяемые судоходными габаритами, а ширина их зависит от интенсивности пешеходного движения. Своеобразное решение конструкции пешеходного моста найдено в Лондоне (рисунок 36). Уникальность его состоит в том, что мост при необходимости может сворачиваться и разворачиваться, благодаря гидравлическим насосам, находящимся в перилах моста. Еще более необычны пешеходные мосты, которые возводят в течение нескольких столетий в Индии. Жители одного из населенных пунктов этой страны более 500 лет назад научились возводить специальные приспособления, направляющие корни каучуконосного кактуса в нужную им сторону. Это позволило вырастить большое количество мостов из корней более трех тысяч метров в длину (рисунок 37). Естественная конструкция таких мостов устойчива к частым в этой местности наводнениям и выдерживает вес более пятидесяти человек.



Рисунок 36 – Пешеходный мост в Лондоне (Англия)



Рисунок 37 – Мост из корней дерева в Индии

Мост-канал – мостовое сооружение, предназначенное для пропуска судоходного или несудоходного канала над каким-либо естественным или искусственным препятствием (дорогой, водотоком и т. п.). Примером моста-канала является Магдебургский мост в Германии длиной в 1000 м, соединяющий два крупнейших судоходных канала (рисунок 38, *а*). Второе место в Европе по длине после Магдебургского занимает шестипролетный мост над рекой Везер в немецком городе Минден, по которому протекает Среднегерманский канал (рисунок 38, *б*). Общая длина этого моста-канала 370 м, ширина 24 м, глубина 3 м, высота над рекой около 12 м, а над сушей около 10 м.

Мост-плотина – сочетание земляных насыпей-дамб, служащих для пропуска по ним транспортных средств.

По конструкциям, конструктивным материалам и расчетным схемам мосты делятся на балочные, рамные, арочные и висячие.

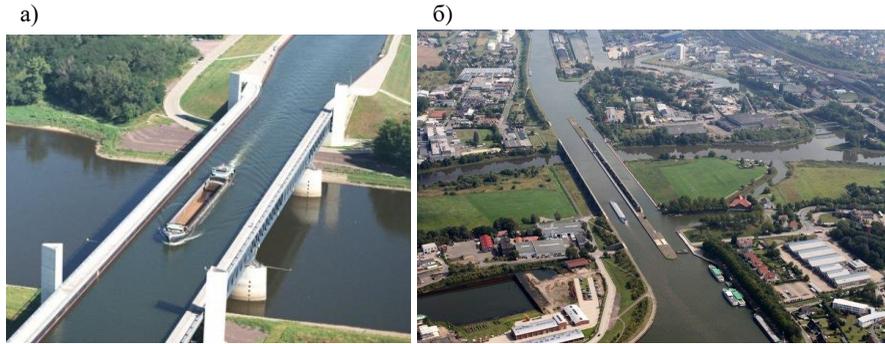


Рисунок 38 – Мосты-каналы в Германии:
а – Магдебургский; б – над рекой Везер

Балочный мост (рисунок 39) – мост, у которого пролетное строение выполнено в виде балок (ферм), опирающихся на две или более опоры. Пролетное строение моста под действием вертикальных нагрузок от движущегося по нему транспорта работает на изгиб. По статической схеме балочные мосты могут быть разрезные, неразрезные и консольные с подвесной балкой или без нее. Разрезные пролетные строения вызывают толчки у проезжающих автомобилей в местах расположения деформационных швов над промежуточными опорами. Непрерывность конструкции пролетного строения неразрезных мостов обеспечивает более плавный проезд по ним транспортных средств. Кроме того, эти мосты более экономичны по расходу материалов, наиболее удобны в эксплуатации, могут иметь более тонкие промежуточные опоры. Среди балочных мостов следует выделить наиболее распространенные в настоящее время сталежелезобетонные мосты, у которых стальные балки пролетных строений скреплены между собой болтами и дополнительно сварены. Основными преимуществами таких мостов являются жесткость конструкции, устойчивость и долговечность.

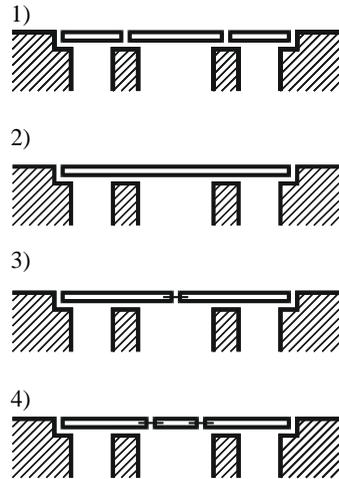


Рисунок 39 – Разновидности балочных мостов:
1 – разрезной; 2 – неразрезной;
3 – консольный; 4 – консольный с подвесным пролетом

Однако их строительство занимает много времени и требует значительных денежных затрат. Примером сталежелезобетонных мостов в России является Новоарбатский мост через Москву-реку длиной 494 м (рисунок 40, а). Кроме сталежелезобетонных мостов сооружаются цельносварные мосты, несущая конструкция пролетных строений которых имеет сварные монтажные стыки. Первым в мире таким сооружением является мост имени Патона через реку Днепр в Киеве (Украина), общая длина которого составляет 1543 м (рисунок 40, б). Пролетные строения его состоят из 264 сваренных между собой однотипных блоков длиной 29 м каждый.

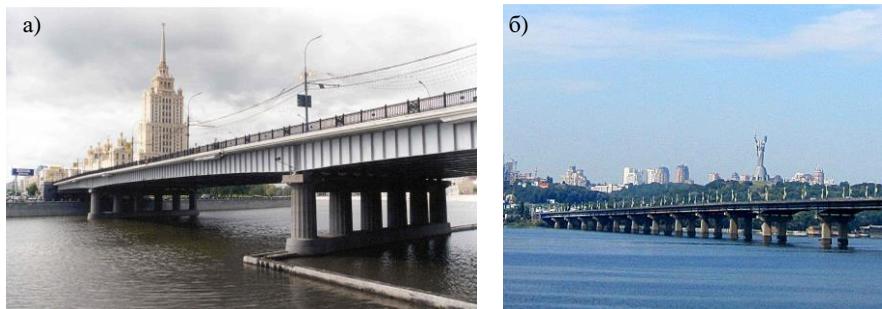


Рисунок 40 –Примеры балочных мостов:
а – Новоарбатский в Москве; б – Патона в Киеве

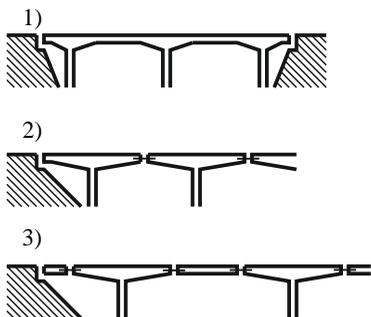


Рисунок 41 –Разновидности рамных мостов:

- 1 – неразрезной; 2 – консольный;
- 3 – рамно-подвесной

Рамный мост (рисунок 41) – мост, в котором пролетные строения и верх опор жестко связаны между собой в монолитную конструкцию, представляющую собой раму, что улучшает условия работы пролетного строения и моста в целом. Рамные мосты имеют меньшую по сравнению с балочными строительную высоту. Разновидностями этих мостов являются рамно-балочный, рамно-консольный, рамно-подвесной, рамно-шарнирный. Опорой этих мостов служат Т-образные рамы, которые у рамно-консольных систем сопрягаются между собой

непосредственно с помощью шарниров, допускающих продольные перемещения сопрягающих концов ригеля, а у рамно-подвесных на концы ригелей опираются подвесные балки. Соединив концы ригелей Т-образных рам после сооружения не шарнирно, а жестко, можно превращать рамно-консольный мост в рамно-неразрезной.

Арочный мост (рисунок 42) – мост, основной несущей конструкцией пролетного строения которого служит деревянная, стальная или железобетонная арка, представляющая собой криволинейный стержень, концы которого упираются в опоры и не могут перемещаться в горизонтальном направлении. Различают арочные мосты с одно-, двух-, трехпролетными арками (сводами). Формы арок достаточно разнообразны: полукруглые, параболические, гиперболические, эллипсовидные. В арочной конструкции опорные реакции действуют на опоры моста наклонно, передавая на них не только вертикальную нагрузку, но и горизонтальное давление – распор, стремящийся раздвинуть опоры. Поскольку это давление погашается только опорами, последние должны быть более развиты, что повышает строительную стоимость моста. Арочные конструкции обладают качествами, позволяющими перекрывать большие пролеты. В качестве примера арочных мостов можно привести мост Харбор-Бридж в Сиднее (Австралия) общей длиной 1149 м и длиной центрального пролета 503 м (рисунок 43).

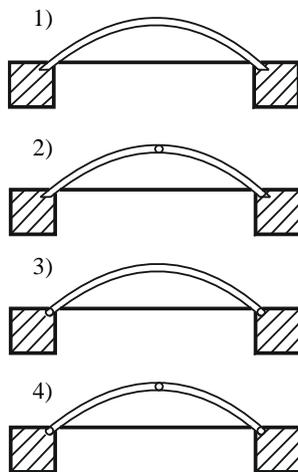


Рисунок 42 – Схемы арочных мостов:
 1 – бесшарнирная; 2 – одношарнирная; 3 – двухшарнирная; 4 – трехшарнирная



Рисунок 43 – Мост Харбор-Бридж в Сиднее (Австралия)

Висячий мост (рисунок 44) – мост, по своей рабочей схеме сходный с арочным, но главными несущими элементами в нем

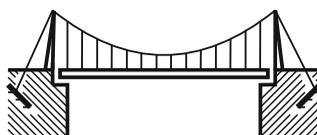


Рисунок 44 – Висячий мост

служат растянутые высокопрочные стальные кабели или цепи, поддерживающие с помощью подвесок балку жесткости и передающие усилие на один или два жестких или качающихся пилона. Пилоны представляют собой упругие опоры в виде башен-стоек или порталов, расположенных с обеих или с одной стороны пролета. Одним из самых длинных висячих мостов в мире является Босфорский мост в Стамбуле (Турция), представленный на рисунке 45. Общая длина этого моста составляет 1560 м, длина основного пролета 1074 м, высота опор над водой 165 м.



Рисунок 45 – Босфорский мост в Стамбуле (Турция)

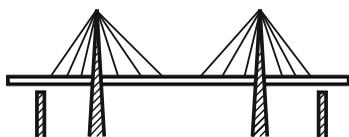


Рисунок 46 – Вантовый мост

Разновидностью висячих мостов являются вантовые мосты. **Вантовый мост** (рисунок 46) – мост, пролетное строение которого состоит из балки жесткости и поддерживающих ее растянутых гибких прямолинейных стержней – вант, соединенных непосредственно с пилонами.

Примером вантовых мостов может служить Большой Обуховский мост в Санкт-Петербурге, построенный в 2004 г. (рисунок 47). Это один из самых больших мостов России. Общая длина его составляет 2824 м, а длина основного пролета – 382 м. Под мостом могут беспрепятственно проходить суда с высотой до 30 м над уровнем воды. Рекордные пролеты вантовых мостов: среди однопролетных систем – мост длиной 407 м через реку

Волга (Россия), среди двухпролетных – мост «Нормандия» длиной 856 м через реку Сена (Франция).



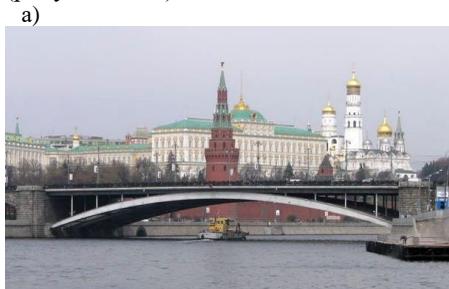
Рисунок 47 – Большой Обуховский мост в Санкт-Петербурге

По материалу, из которого устраиваются пролетные строения, мосты бывают деревянные, каменные, металлические и железобетонные.

Мост деревянный – мост с деревянным пролетным строением. Прimitивным таким мостом сотни лет тому назад служило перекинутое через ручей бревно. Первые деревянные мосты как монументальные инженерные сооружения появились уже в эпоху Древнего Рима. Это объясняется тем, что в то время во многих странах дерево было наиболее доступным материалом, обладающим многими положительными качествами. Оно имеет малый объемный вес, небольшую по сравнению с другими материалами плотность, легко обрабатывается режущими инструментами. Изготовление конструкций из дерева не требует использования сложного оборудования, а устройство сопряжения отдельных частей достаточно просто. Деревянные мосты экономичны, конструктивно не очень сложны и могут быть либо балочными, либо арочными. Существенными недостатками деревянных мостов являются: изменение физико-механических свойств дерева под воздействием климата, неустойчивость древесины перед влиянием гнили, подверженность возгоранию. Перечисленные недостатки в совокупности с малой длиной пролетов и относительно небольшим сроком службы привели к тому, что до наших дней в крупных городах сохранилось немного деревянных мостов. Самый длинный деревянный мост в современной Европе под названием

«Хвост дракона» находится в городке Ронниербург в Германии. Он используется только для пешеходов. Длина его составляет 240 м, а высота 25 м.

Мост каменный – мост с пролетным строением из природного камня, бетонных блоков, кирпича и других искусственных камней, обладающих достаточной прочностью. Главным несущим элементом каменных мостов служит свод (или арка), поэтому большинство из них – арочные с массивными опорами. Недостатками каменных мостов являются потребность в повышенной прочности в основаниях грунтов из-за большого собственного веса; сложность и трудоемкость постройки, так как кладка моста требует длительного времени и не допускает широкого применения механизации; малая длина пролета. Поэтому в современных условиях каменные мосты не строят. В то же время эти мосты, благодаря своей массивности, мало чувствительны к воздействию временной нагрузки, не требуют усиления с ее увеличением и могут служить долго без значительных ремонтных работ. Много каменных мостов периода XVIII–XIX вв. служат и по сей день в парках, лесопарках, зонах отдыха старых городов, являясь их исторической достопримечательностью. Это, например, Большой Каменный мост в Москве (рисунок 48, а), знаменитый шестнадцатиаарочный мост Карла через реку Влтаву в Праге (рисунок 48, б) и, наконец, однопролетный мост Риальто с открытыми арочными галереями (рисунок 48, в), называемый визитной карточкой Венеции.



в)



Рисунок 48 – Примеры каменных мостов:

а – Большой Каменный мост в Москве; б – мост Карла через реку Влтаву в Праге (Чехия);
в – однопролетный мост Риальто в Венеции (Италия)

Мост металлический (стальной) – мост с пролетным строением полностью из металла или стали с железобетонной плитой проезжей части, не включенной в его работу. Такие мосты чаще всего делают арочными, висячими, балочно-неразрезной или разрезной системы, а опоры могут быть железобетонными или металлическими, за исключением их фундаментов. Строительство металлических мостов производится быстрыми темпами, так как имеется возможность одновременно возводить опоры на месте строительства будущего моста и выполнять работы по сборке отдельных его элементов в заводских условиях с последующей перевозкой и быстрой сборкой на месте производства работ. Постройка этих мостов не зависит от времени года и допускает наиболее широкую индустриализацию и механизацию производственного процесса. Недостатками металлических мостов являются потребность в большом количестве высококачественной стали, коррозия металла под воздействием влаги, большая чувствительность пролетных строений к проходу подвижных нагрузок по сравнению с массивными каменными и железобетонными мостами и меньший по сравнению с ними срок службы. Первый металлический мост был построен в Колбрукдейле (Великобритания) на реке Северн в 1779 г. (рисунок 49). Высота его пролета составляла 30 м. Первым мостом из литой стали был однопролетный арочный мост Александра в Париже, построенный в 1900 г. и рассчитанный в основном для пешеходного движения. Ширина его проезжей части составляла 40 м, половина которой была отведена под два тротуара.



Рисунок 49 – Первый металлический мост в Колбрукдейле (Великобритания)

Мост железобетонный – мост с пролетным строением из железобетона. Наибольшее распространение получили железобетонные мосты с предварительно напряженной арматурой в виде пучков канатов, тросов, отдельных стержней и монолитными или сборными пролетными строениями. По статическим схемам и условиям работы они могут быть балочными, рамными и арочными. Железобетонные мосты обладают повышенной жесткостью и монолитностью, что дает возможность создавать конструкции, требующие относительно малого расхода материалов. Возможность широкого использования при строительстве таких мостов местных строительных материалов (песка, гравия, щебня) уменьшает транспортные расходы по доставке их к месту производства работ, а соответственно, и общую стоимость строительства моста. При возведении железобетонных мостов возможно широкое применение промышленных методов производства строительных работ и механизации их, а использование сборных конструкций значительно сокращает сроки строительства. Применение армированных бетонных арок требует меньшего расхода бетона и позволяет перекрывать значительные пролеты. Ярким примером тому может служить железобетонный Нусельский мост через речушку Ботич в Праге (Чехия) высотой 43 м, шириной 26 м с пролетом 150 м (рисунок 50). Это совмещенный мост, с шестиполосным шоссе для автомобилей и тоннелем внутри моста, где проходит линия метрополитена и имеется большой пешеходный участок.



Рисунок 50 – Железобетонный Нусельский мост в Праге

По условиям судоходства различают мосты наплавные, разводные, низководные и высоководные.

Мост наплавной – мост, имеющий плавучие опоры в виде понтонов, лодок, барж или плашкоутов (плоскодонных самоходных беспалубных судов), на которые укладывается пролетное строение. Эти мосты располагаются, как правило, на наиболее узких прямолинейных участках реки при наличии удобных подходов и спусков на мост. При необходимости пересечения широких и многоводных рек наплавные мосты могут применяться в тех случаях, когда устройство моста на постоянных опорах требует очень больших капитальных вложений и когда по объективным причинам требуется всемерно сократить сроки строительства. Первый наплавной мост на Руси был построен через реку Днепр в Киеве еще в 1115 г. Достоинствами наплавных мостов являются: возможность их наведения независимо от глубины водоема, рельефа его дна и свойств грунта, а также более легкая и быстрая, чем постоянных мостов, сборка. Наряду с этими положительными качествами мостам такого типа присущи довольно существенные недостатки, которые ограничивают их применение. В частности, это большая подвижность и малая гибкость; изменение отметок проезжей части из-за колебаний уровня воды; необходимость отводить понтоны в безопасные места в период весеннего половодья и ледохода; эпизодические срывы и разрушения плавучих опор под напором льда и ветра. Сложность и продолжительность процесса разводки пролетов для пропуска судов на судоходных реках создают затруднения движению как водного, так и городского транспорта.

Из-за перечисленных недостатков применение наплавных мостов в городских условиях сейчас рассматривается как временная мера. Однако в наши дни в США успешно эксплуатируется самый длинный в мире наплавной мост Лейк-Вашингтон, построенный в 40-х годах XX в. и соединяющий Сиэтл и Медину (рисунок 51). Общая его длина составляет 3839 м, а длина понтонной части 2291 м. С каждой стороны моста есть приподнятые над водой участки для прохода небольших судов, а в середине имеется разводной пролет для пропуска больших судов и снижения давления воды на мост во время шторма.



Рисунок 51 – Наплавной мост Лейк-Вашингтон (США)

Мост разводной – мост, пролетное строение которого или часть его может перемещаться (поворачиваться, подниматься, раскрываться), освобождая проход для пропуска судов. Такие мосты обычно устраивают в случаях, когда невозможно или экономически нецелесообразно строить постоянный высокий мост, подняв отметку моста и подходов к нему на уровень, достаточный для пропуска под ним судов. Раскрывающиеся пролеты располагаются, как правило, в середине реки и, вращаясь вокруг горизонтальных осей, поднимаются под углом кверху. Поворотные пролеты располагаются обычно у одного из берегов и, вращаясь вокруг вертикальных осей, поворачиваются в сторону. В 2001 г. в Северной Англии построен совершенно уникальный в своем роде поворотный мост через реку Тайн, который соединяет Гэйт-схэд и Ньюкасл (рисунок 52). Мост состоит из двух стальных дуг-арок, одна из которых поднята на 50 м над водой и является опорой, а другая лежит между берегами в горизонтальном положении и является пролетным строением, используемым для движения пешеходов и велосипедистов. В обычном положении под мостом могут проходить небольшие суда, а для прохода больших судов нижняя арка поднимается над водой и обе арки одновременно поворачиваются на 40° по вертикали, образуя под мостом свободное пространство высотой 25 м.

Представителями разводных мостов являются практически все мосты через реку Неву в Санкт-Петербурге. Наиболее известен среди них Дворцовый длиной 250 м и шириной проезжей части 22 м. Самым большим разводным мостом в мире является мост Эразма в голландском Роттердаме, соединяющий центральную часть города с морским портом. Мост имеет единственную опору необычной формы в виде пилона, высота и угол наклона которого четко увязаны с длиной разводного полотна моста, составляющего 284 м (рисунок 53). Общая длина всего моста 802 м. Необычное решение найдено в Нидерландах при строительстве подъемно-разводного автомобильного моста Слауэрхофа. Это мост на подвижной ферме с пилоном-противовесом. Квадратная платформа моста размерами 15×15 м поднимается при пропуске судов практически вертикально (рисунок

54). Классическим примером чисто подъемного моста может служить автомобильно-пешеходный мост Гюстава Флобера на реке Секе в городе Руане (Франция). Это самый высокий подъемный мост в Европе. Общая его высота 91 м, высота подъема ездового полотна 55 м. Длина моста составляет 670 м, из которых 116 м приходится на подъемную часть (рисунок 55). Особенностью этого моста является то, что его проезжая часть разделена по направлениям движения и каждое полотно имеет собственную подъемную секцию.

Основным недостатком разводных мостов является неизбежность перерывов в движении транспорта по мосту при разведении пролетов.

Мост низководный – мост низкого уровня, затопляемый при проходе высоких вод, и поэтому под ним не предусматривается пропуск судов.



Рисунок 52 – Поворотный мост через реку Тайн (Англия)



Рисунок 53 – Мост Эразма в голландском Роттердаме (Голландия)



Рисунок 54 – Подъемно-разводной автомобильный мост Слауэрхоф (Нидерланды)



Рисунок 55 – Подъемный автомобильно-пешеходный мост Гюстава Флобера на реке Сесе (Франция)

Мост высоководный – мост высокого уровня, пролетное строение которого не затопляется при любых уровнях воды и находится над рекой на отметке, обеспечивающей постоянный пропуск высоких (паводковых) вод. Для пропуска судов и ледохода такой мост имеет чаще один, реже два судоводных пролета, обеспечивающих требуемый подмостовой габарит, т. е. расстояние от судоводного уровня воды в реке до низа пролетного строения.

8 ГОРОДСКОЙ ПАССАЖИРСКИЙ ТРАНСПОРТ

Автобус – безрельсовое механическое транспортное средство для перевозки пассажиров, приводимое в движение автономным источником энергии, производимой из топлива, хранящегося непосредственно на борту самого автобуса (нефть, бензин, твердое или дизельное топливо).

В качестве городского транспорта автобус начал использоваться с 1903 г. в Англии (Лондон), а с 1907 г. и в России (Архангельск). В последующие годы автобус получил довольно широкое распространение практически во всех крупных и крупнейших городах мира, а во многих малых и даже средних городах он является зачастую единственным видом пассажирского транспорта.

В большинстве своем автобусы выполняют функции вспомогательного, подвозящего транспортного средства к более мощным видам транспорта (линиям железных дорог, метрополитена, аэропортам и т. д.).

Считается целесообразным применять автобусы на направлениях с потоками 6–9 тысяч пассажиров в час. Средняя скорость движения автобусов на внутригородских линиях с частыми остановками, как правило, не превышает 18 км/ч, а пропускная способность при движении в общем потоке может достигать не более 50 единиц в час.

Во многих городах параллельно обычным автобусным маршрутам вводятся радиальные и диаметральные экспрессные маршруты в центральных и окраинных районах. Скорость автобусов на таких маршрутах, благодаря уменьшению числа остановок, примерно в 1,5 раза выше, чем на обычных.

Заслуживает также внимания организация специальных скоростных маршрутов, по которым автобус следует вообще без промежуточных остановок между конечными пунктами. Скорость движения, реализуемая на таких линиях, достигает 40–45 км/ч, а пропускная способность составляет 60 единиц в час при движении автобуса в общем потоке с другими видами транспорта и 150 единиц в час при выделении ему специальной полосы.

Экспрессные и скоростные маршруты, действующие параллельно обычным автобусным маршрутам, позволяют не только повысить скорость сообщения, но и улучшить условия перевозки основной массы пассажиров на маршруте, высвободить значительное число автобусов, следующих со всеми остановками, осуществлять перевозку больших масс пассажиров меньшим количеством автобусов. При этом, однако, требуется хорошо налаженная связь в работе скоростных автобусов с другими видами транспорта, работающими на параллельных маршрутах, чтобы не наблюдалось переполнения одних и значительной недогрузки других средств сообщения.

В некоторых городах при достаточно большом пассажиропотоке на рассматриваемом автобусном маршруте и значительной интенсивности движения автобусного транспорта по основной магистрали для пропуска автобусов сооружаются самостоятельные пути, отделенные соответствующим образом от основной проезжей части. По этому пути можно пропускать до 400 автобусов в течение часа со скоростью 60 км/ч. Первые такие дороги были сданы в эксплуатацию в США (в 1969 г. в Вашингтоне и в 1973 г. в Лос-Анджелесе). Несколько дорог подобного типа построено в Японии, Франции и Италии.

Вместимость современных автобусов (общее число мест для сидящих и стоящих пассажиров) в зависимости от марки автобуса колеблется в больших пределах от 40 до 90 пассажиров в одиночных до 120–160 в сочлененных. Провозная способность автобусных линий в этих случаях составляет соответственно от 8000 до 14500 пассажиров в час в одном направлении. В Дрездене (Германия) создан сочлененный автобус, вмещающий 256 пассажиров (рисунок 56), длина которого составляет 32,2 м. По утверждению разработчиков этой модели, автобус имеет такую же маневренность, что и обычный 12-метровый автобус.



Рисунок 56 – Самый длинный в мире сочлененный автобус в Дрездене (Германия)

Автобусный транспорт является наиболее распространенным средством городского пассажирского транспорта и имеет, как правило, наибольшую протяженность сети благодаря целому ряду достоинств. В частности, автобус имеет наименьшие по сравнению с троллейбусом и трамваем первоначальные затраты на сооружение эксплуатационной и ремонтной базы и организацию транспортных маршрутов, так как в большинстве

случаев использует для передвижения уже сложившуюся сеть улиц и дорог и хорошо приспособлен к современному дорожному покрытию. Кроме того, автобус обеспечивает хорошую маневренность, так как не зависит от внешнего источника энергии и может использоваться на недостаточно широких и извилистых улицах старых городов.

Основным недостатком автобусного транспорта является высокий уровень шума и загрязнения воздушного бассейна городов выхлопными газами, образующимися при работе двигателя во время движения и, особенно, при разгоне и торможении.

Троллейбус – безрельсовое механическое транспортное средство с электрическим приводом, получающее энергию от внешнего источника питания через двухпроводную контактную сеть.

Первый опытный образец троллейбуса был создан в пригороде Берлина в 1882 г. Затем троллейбусные линии появились в Англии и Чехии. Первая в России троллейбусная линия сдана в эксплуатацию в 1933 г. в Москве, а в Беларуси в 1952 г. в Минске. В настоящее время в мире насчитывается более 400 городов с троллейбусным движением. В Бостоне (США), Куробе и Тотееме (Япония) кроме обычного уличного троллейбуса действует система подземного скоростного троллейбуса.

Троллейбусы обслуживают в основном внутригородские направления с пассажиропотоками такой же мощности, как и автобусные. Реже сооружают вылетные линии за пределы городской черты. Но в регионах со сложным рельефом местности троллейбусные линии с успехом заменяют автобусы на маршрутах. Примером тому может служить самая длинная в мире троллейбусная линия (96 км), связывающая Симферополь с курортами южного берега Крыма – Алуштой и Ялтой (рисунок 57).



Рисунок 57 – Пригородный троллейбус на подъезде к Ялте (Крым)

При расстоянии между остановками 400–500 м средняя скорость сообщения троллейбуса составляет 18–20 км/ч, а предельная пропускная способность линии 80 единиц в час. Вместимость салона в зависимости от длины троллейбуса колеблется в пределах 50–80 пассажиров у одиночного (см. рисунок 57) и 120–160 у сочлененного (рисунок 58), а провозная способность до 13 и 80 тыс. пас./ч соответственно.



Рисунок 58 – Сочлененный троллейбус в Киеве (Украина)

Для увеличения провозной способности в некоторых городах Европы еще в 1938 г. начали использовать двухэтажные троллейбусы. Однако такие троллейбусы довольно тяжелы, а управление ими значительно затруднено,

особенно в зимнее время при снегопадах и образовании наледей. Кроме того, высота такого троллейбуса ограничивается высотой подвески контактного провода, рассчитанной на обычный троллейбус, а низкие потолки салонов создают неудобства пассажирам.

По основным эксплуатационным показателям (себестоимости перевозок, скорости, провозной способности) троллейбус немногим отличается от автобуса и, в то же время, имеет по сравнению с последним ряд технических и эксплуатационных преимуществ. В частности, это отсутствие у троллейбуса потребности в остродефицитном и дорогом жидком топливе, более низкий уровень шума и загрязнения атмосферного воздуха, легкость пуска и торможения, обеспечивающие более быстрое преодоление относительно крутых и затяжных подъемов при меньшей затрате энергии.

Однако в силу некоторых специфических особенностей (ограниченная маневренность из-за привязки к контактной сети; более высокие первоначальные затраты, обусловленные потребностью в более сложной эксплуатационной и ремонтной базе; необходимость в устройстве, по условиям токосяема, дорог с усовершенствованным покрытием) к началу XXI века во многих странах, в том числе в Австрии, Германии, Испании, Италии, США, Франции, сохранились лишь единичные троллейбусные системы, да и то в большинстве своем в тех городах, в которых не имеется возможности заменить их на автобус из-за сложности местного рельефа. В Австрии, Бельгии и Финляндии от этого вида транспорта отказались вообще.

Трамвай – старейший вид рельсового городского пассажирского транспорта, с общим с другими видами уличного транспорта или обособленным полотном.

Первые в мире трамвайные линии появились в 1852 г. в Нью-Йорке и в 1853 г. в Париже. Первый трамвай в Российской империи начал эксплуатироваться с 1892 г. в Киеве, а на территории нынешней Беларуси – в 1898 г. в Витебске.

В настоящее время трамвайное сообщение функционирует более чем в 300 городах мира. Самым "трамвайным" государством считается Германия, где 52 города имеют трамвай, а самым "трамвайным" городом является Мельбурн (Австралия), в котором протяженность трамвайных линий составляет более 250 км.

На линиях обыкновенного трамвая эксплуатируются как одновагонные, так и 2–3 (реже 4) вагонные поезда, вместимость которых колеблется в пределах от 75 до 250 пассажиров. Пропускная способность линий достигает 70 поездов в час, а провозная – 6–12 тысяч человек в час. Скорость сообщения на маршрутах 15–18 км/ч.

Экспрессный трамвай отличается от обыкновенного меньшим числом остановок на маршруте, за счет чего скорость увеличивается до 25–30 км/ч, а провозная способность до 10–20 тысяч пассажиров в час при условии

использования 2–4 вагонных поездов.

Основные преимущества трамвая:

- самая низкая среди рельсовых видов транспорта стоимость строительства 1 км пути;
- отсутствие загрязнения городской воздушной среды вредными выбросами;
- большой срок службы подвижного состава;
- простота управления трамваем;
- возможность, в случае необходимости, использования для своего движения существующих железнодорожных путей.

Однако целый ряд существенных недостатков трамвайного транспорта (самые высокие среди уличных видов транспорта первоначальные затраты, зависимость от внешнего источника энергии, низкая маневренность из-за привязки к рельсовому пути и контактному проводу, задержки уличного безрельсового транспорта и скопление пассажиров на середине проезжей части, усложнение регулирования движения транспорта на перекрестках с трамвайными узлами, загромождение трамвайными путями городских магистралей, повышенный шум от движения вагонов, возможность непредвиденных перерывов в работе из-за обрыва контактной сети и перебоев в обеспечении электроэнергией), усугубляющих трудности в работе наземного транспорта современного города, вынуждают к поискам новых форм в использовании трамвая для внутригородских и пригородных пассажирских перевозок.

Специалисты ряда стран, указывая на отмеченные выше недостатки, считают целесообразным отказаться от использования трамвая, предлагая ликвидировать трамвайные линии в городах, как в свое время они были ликвидированы в Париже (в 1937 г.) и Лондоне (в 1952 г.). Большинство же ученых и специалистов-транспортников, считая такую меру недостаточно обоснованной, отмечают, что ликвидация трамвайных линий без экономически оправданной замены их более мощным транспортным средством вызовет еще большую загрузку и без того перегруженных городских дорог и улиц. В подтверждение этому с 1992 г. ведется восстановление трамвайных линий в Париже, с 2000 г. в Лондоне, а за последние 10–15 лет трамвай появился впервые или возродился в современном качестве еще более чем в 30 городах мира.

Это стало возможным благодаря целому комплексу мероприятий, позволяющих в сложившихся условиях свести к минимуму присущие трамвайному транспорту недостатки. Такими мероприятиями являются: снятие трамвайных путей с центральных магистралей и площадей города и перенос их на параллельные дублирующие направления или в периферийные районы; создание сети линий скоростного трамвая, проходящих в тоннелях мелкого заложения или на эстакадах в наиболее загруженных и плотно застроенных центральных районах и на обособленном полотне на окраинах

города (рисунок 59) с устройством развязок в разных уровнях с другими видами уличного транспорта. Скоростной трамвай так же, как и скоростной автобус, имеет только начальную и конечную остановки. На линиях скоростного трамвая, как правило, используется тот же подвижной состав, что и на обычных и экспрессных линиях. Но иногда, из-за особенностей планировки посадочных платформ на подземных станциях, применяются и вагоны с двухсторонним расположением дверей.

Полностью освобождая центральную часть города от рельсовых путей, линии скоростного трамвая обеспечивают в то же время удобную и, главное, быструю связь центра с периферийными районами, а конечные пункты этих линий зачастую используются как пункты пересадки на метрополитен, пригородные железные дороги и другие виды транспорта.

Достоинства скоростного трамвая заключаются еще и в том, что при относительно низкой себестоимости пассажирских перевозок он обладает самой высокой из всех уличных средств сообщения провозной способностью (до 30 тысяч пассажиров в час при использовании двух 8-осных вагонов общей вместимостью 500 пассажиров), обеспечивает высокие скорости передвижения (25–30 км/ч в черте города и 35–40 км/ч на вылетных линиях), имеет относительно малый коэффициент использования полезной площади улиц.



Рисунок 59 – Трамвай на обособленном полотне на окраинах города

Скоростные трамвайные линии широко распространены в городах США, Англии, Австралии, Бельгии, Германии. Отдельные участки скоростного трамвая имеются в Киеве и Кривом Роге (Украина), Волгограде, Пскове, Саратове, Старом Осколе (Россия).

В курортных городах некоторых стран трамваи вместимостью всего 30–50 пассажиров используются в качестве экскурсионного прогулочного

транспорта (рисунок 60).



Рисунок 60 – Лиссабонский трамвай (Португалия)

Монорельс – это разновидность внеуличного рельсового транспорта, особенностью которого является движение вагонов с пневматическими шинами по железобетонной балке или рельсу, закрепленным на высоких опорах. Различают монорельсовые системы подвесные и навесные. В подвесной системе (рисунок 61) вагон подвешен к двум ходовым тележкам, движущимся внутри полой коробчатой рельс-балки, имеющей внизу продольную прорезь. В навесной системе (рисунок 62) вагон перемещается ходовыми колесами по верху путевой балки, охватывая ее с двух сторон направляющими колесами.



Рисунок 61 – Подвесная монорельсовая дорога в Вуппертале (Германия)



Рисунок 62 – Навесная монорельсовая дорога в Москве (Россия)

Поезда городских монорельсовых дорог состоят, как правило, из одного-двух вагонов, а в Токио (Япония) и Сан-Паулу (Бразилия) есть и шестивагонные составы. Вместимость поездов колеблется в пределах от 80 до 500 человек, а провозная способность достигает 20–30 пассажиров в час при скорости сообщения 30–50 км/ч.

Монорельс в качестве пригородно-городского пассажирского транспорта используется для связи деловых центров мегаполисов с городами-спутниками и спальными районами в пригороде, крупных жилых массивов в городе с удаленными промышленными зонами, аэропортами и зонами массового отдыха; в качестве внутреннего транспорта в больших торговых

центрах, зоопарках, выставочных комплексах, занимающих значительные по длине территории.

Как свидетельствует история, первый прототип монорельса появился в далеком 1820 г. и представлял собой «дорогу на столбах». По верхнему продольному брусу этой дороги катились вагоны, которые тянули лошади. Через пять лет монорельс был продемонстрирован в Англии, а в 1899 г. действующая модель электро-монорельса в Гатчине (Россия), двигавшаяся по легкой решетчатой эстакаде длиной 200 м., уже развивала скорость 15 км/ч. Первой, официально сданной в эксплуатацию монорельсовой дорогой считается линия длиной 14,4 км, построенная в немецком городе Вуппертале в 1901 г., которая после модернизации успешно работает и в наши дни, перевозя ежедневно до 50 тысяч пассажиров.

В настоящее время монорельсовые дороги, выполняющие функции общественного пассажирского транспорта, имеются в городах Германии, Франции, Англии, Италии, Австралии, Бразилии, России. Протяженность большинства из них небольшая и колеблется в пределах от 1,5 км в Сиэтле (США) до 13,5 км в Чунцине (Китай). Самыми протяженными являются монорельсовые дороги в японском городе Осака (23,8 км) и в американском Диснейленде (23,6 км).

Безусловными преимуществами монорельсовых дорог являются небольшая площадь, занимаемая опорами эстакады монорельса; отсутствие пересечений с другими видами наземного городского транспорта; возможность расположения станций посадки и высадки пассажиров внутри кварталов и даже зданий; достаточно высокая провозная способность. Кроме того, сравнительные расчеты, выполненные в ПромтрансНИИпроекте России, показали, что стоимость строительства линий монорельсовых дорог более чем в 1,5 раза ниже, а эксплуатационные расходы в расчете на один пассажиро-километр и на одного перевезенного пассажира почти в 2 раза меньше, чем у метрополитена мелкого заложения.

Вместе с тем, монорельсовые дороги имеют целый ряд существенных недостатков, из-за которых они не получили пока повсеместного применения. В частности, это громоздкость и сложность конструкции стрелки, на перевод которой затрачивается значительное время (до 30 с.); наличие качки и потенциальной опасности падения вагона с большой высоты, особенно у подвесных систем; сложность обслуживания пути и подвижного состава; высокая вероятность покрытия несущей балки льдом и снегом в сложных метеоусловиях; повышенный уровень шумового и вибрационного воздействия на прилегающую жилую застройку.

Транспорт на воздушной подушке – это бесколесный транспорт, опирающийся на воздушную подушку, создаваемую специальными вентиляторами между полотном дороги и днищем экипажа и служащую как

бы тонкой смазкой между опорной поверхностью рельса и ходовой частью вагона.

Первый в мире поезд на воздушной подушке Аэротрейн, вмещавший шесть человек, был построен в 1964 г. во Франции и испытан на открытом участке длиной около 7 км под Парижем. Этот поезд «парил» на высоте 15 мм над полотном дороги со скоростью 200 км/ч. Усовершенствованные модели этого поезда развивали уже скорость 345 км/ч (1967 г.) и 422 км/ч (1969 г.), а в марте 1974 г. «Аэротрейн-180 HV» установил рекорд скорости для наземных транспортных средств – 430,4 км/ч. Опытные поезда этого вида были построены позднее в Германии, Японии, США и других странах. Так, например, в 1979 г. в Гамбурге (Германия) был создан поезд вместимостью 68 пассажиров, двигающийся со скоростью 75 км/ч по линии протяженностью 908 м. В штате Миннесота (США) был сконструирован экипаж на воздушной подушке, способный развивать скорость от 30 до 110 км/ч и предназначенный специально для внутригородских пассажирских сообщений.

Основным достоинством этого вида транспорта является то, что его подвижной состав не входит в соприкосновение с полотном дороги, то есть не подвергается трению, замедляющему его движение. Это дает возможность развивать достаточно высокую для наземного транспорта скорость (свыше 400 км/ч). Однако такую скорость можно развивать только при значительных расстояниях между остановочными пунктами, что неприемлемо в городских условиях. Кроме того, используемые для движения этого поезда различные системы пропеллерных и реактивных приводов создают большой шум, недопустимый для городских кварталов с плотной жилой застройкой.

Транспорт на магнитной подвеске представляет собой поезд из одного или нескольких вагонов, который движется по специальному пути, имеющему форму желоба, зависая над полотном дороги на 10–15 мм под действием сил взаимного отталкивания магнитов, расположенных на пути и под днищем вагона. Трасса этого вида транспорта в зависимости от местных условий может прокладываться на земле, в тоннеле и на эстакаде. Состав поезда – от 2 до 8 вагонов вместимостью до 120 пассажиров. Провозная способность – около 30 тыс. пассажиров в час, скорость движения на маршруте – от 40 до 110 км/ч.

Работы по созданию поездов на магнитной подвеске ведутся уже более 40 лет в Германии, Англии, Японии, Франции, США. Первые испытания опытного образца экипажа на магнитном подвешивании были проведены в г. Эрпогене (Германия) в 1972 г., а первой действующей городской линией считается линия между аэропортом и железнодорожным вокзалом в г. Бирмингеме (Англия), сданная в эксплуатацию в 1984 г. В Японии успешно

функционируют линия небольшого протяжения к аэропорту Ханеда в Токио и девятикилометровая линия, обслуживающая территорию, прилегающую к выставке Экспо-2005 и университету префектуры Айти. В 2004 г. введена в строй самая дорогая в мире по стоимости строительства (10 млрд юаней) линия длиной 30 км, соединившая сеть метрополитена г. Шанхая (Китай) с международным аэропортом Пудун. Проекты поездов на магнитной подвеске разрабатывались в разное время в Москве, Санкт-Петербурге, Ростове-на-Дону, Киеве, Днепропетровске.

Достоинствами поездов на магнитном подвешивании являются самая высокая скорость из всех видов городского пассажирского транспорта; более низкие эксплуатационные затраты благодаря почти полному отсутствию трения деталей; достаточно низкое потребление электроэнергии; низкий уровень шума при движении.

Основной недостаток этого вида транспорта заключается в высокой стоимости постройки одного километра линии, примерно равной стоимости 1 км тоннеля метрополитена глубокого заложения, и в больших затратах энергии на преодоление сопротивления мощных воздушных потоков, возникающих между поездом и полотном дороги. Кроме того, создаваемое электромагнитом магнитное поле не совсем безвредно как для обслуживающих поезд работников, так и для пассажиров и окрестных жителей.

Канатные подвесные дороги применяются в городах с сильно пересеченным рельефом для связи с труднодоступными жилыми районами, зонами отдыха, горными курортами, спортивными комплексами и местными достопримечательностями.

На первых канатных дорогах, появившихся еще в XIV в., человек, находясь в подвешенной к канату плетеной корзине, двигался по канату, перебирая руками. Позже, уже в XVI–XVII вв., появились канатные дороги, которые приводились в движение животными. На современных канатных дорогах используются либо один канат, перемещающийся вместе с подвешенными к нему креслами на одного–двух человек, либо два каната – подвижный тяговый и неподвижный несущий, к которому подвешена кабина вместимостью 10–40 пассажиров. Передвижение тягового и натяжение несущего канатов осуществляются электрическими двигателями, размещенными на конечных станциях прямолинейной трассы дороги. Скорость движения на этих дорогах от 1,5 до 5 м/с, провозная способность колеблется в пределах от 120 до 900 человек в час в зависимости от количества вагонов и их вместимости.

В настоящее время в мире функционирует более 20 тысяч пассажирских канатных дорог, более половины из которых находятся в Австрии, Франции,

США и Италии. Такие дороги имеются в городах России (Сочи, Пенза), Украины (Одесса, Харьков, Мисхор, Ялта), Казахстана (Алматы), Грузии (Махинджаури), Израиля (Масад) и других стран.

Самой первой в мире горной канатной дорогой считается дорога, построенная в 1934 г. во французском Гренобле, каждая улица которого, как писал Стендаль, заканчивается горой (рисунок 63). Самая быстрая в мире канатная дорога открыта 1997 г. в городе Гейтинг (Малайзия). Скорость движения кабин на этой дороге – 6 м/с (21,6 км/ч). Самая длинная в мире канатная дорога протяженностью 3456 м вступила в строй в 2001 г. в бразильской столице Рио-де-Жанейро, по некоторым кварталам которой с ее холмами и узкими улицами не ходит никакой общественный транспорт (рисунок 64).



Рисунок 63 – Первая в мире городская канатная дорога в Гренобле (Франция) после реконструкции



Рисунок 64 – Канатная дорога в Рио-де-Жанейро (Бразилия)

Фуникулер – это транспортное средство, представляющее собой рельсовый путь, по которому с помощью каната, скользящего по специальным рамкам, расположенным между рельсами, передвигаются вагоны (рисунок 65).



Рисунок 65 – Фуникулер во Владивостоке (Россия)

Фуникулер может иметь один вагон, попеременно поднимающийся и спускающийся по одному пути, или два вагона, движущихся по двум разным путям и прикрепленных к разным концам каната на верхней и нижней станциях. На этих станциях размещены двигатели, тянущие канаты. Фуникулеры чаще всего используются на трассах относительно небольшого протяжения (200–600 м) с очень крутым естественным уклоном местности (от 700 до 120 ‰). Провозная способность этого вида транспорта не превышает 600 пас/ч, а скорость передвижения колеблется в пределах от 9 до 15 км/ч. В отличие от канатных дорог трасса фуникулера может быть криволинейной.

Впервые фуникулер как вид пассажирского транспорта был построен в 1854 г. в Генуе (Италия) и Зоммеринге (Австрия). В 1902 г. он был открыт в Одессе, а в 1905 г. в Киеве и Тбилиси. В настоящее время он функционирует в городах многих стран (Франция, Германия, Турция, Испания, Израиль, Россия, Казахстан, Грузия и др.).

Эскалатор – подъемно-транспортная конструкция в виде наклонённой на 30–45 ° к горизонту лестницы с движущимися ступенями, используемая для перемещения пассажиров с одного уровня на другой при максимальной высоте подъема до 65 м. Ступени шириной от 60 до 100 см прикреплены к двум тяговым цепям, приводимым в движение асинхронным электродвигателем. Эскалаторы оборудуются надежными механическими тормозами, которые принудительно срабатывают при отключении электроснабжения и обеспечивают плавную остановку движущейся ленты (рисунок 66).



Рисунок 66 – Эскалатор на станции метрополитена

Самый первый в мире эскалатор появился в 1894 г. в Нью-Йорке и использовался в качестве аттракциона для туристов. В наши дни эскалаторы используются во многих городах мира на пересадочных станциях метрополитена, в крупных торговых и деловых центрах, многоуровневых транспортных комплексах (аэропортах, вокзалах), подземных переходах и в качестве альтернативы фуникулерам – в районах городов со сложным рельефом.

Скорость движения эскалаторов колеблется в пределах от 1,8 до 3,3 км/ч, что соответствует провозной способности каждой ленты от 5–6 до 10 тыс. пассажиров в час.

Эскалатор является удобным и надежным видом вспомогательного пассажирского транспорта, освобождающим своих пассажиров от необходимости ожидания транспортного средства в месте посадки, и от затруднительного подъема по лестничным маршам и обладающим большей производительностью, чем лифт и фуникулер.

Однако эскалатор в большинстве своем дороже и требует большего пространства для установки, чем фуникулер или лифт. Кроме того, в отличие от последнего, эскалатор имеет более низкую скорость перемещения и необходимость осуществления пересадки пассажиров на каждом промежуточном этаже в многоуровневых комплексах.

Движущийся тротуар или пассажирский конвейер – вспомогательный (подвозящий) вид городского пассажирского транспорта, представляющий собой непрерывно движущуюся бесступенчатую дорожку, позволяющую

облегчить и ускорить передвижение пешеходов в местах их массового скопления: в крупных многоуровневых деловых и торговых центрах (рисунок 67), аэропортах, речных и морских портах, вокзалах, подземных пешеходных переходах, зонах массового отдыха горожан; на территориях ярмарочных, выставочных, музейных и курортных комплексов, занимающих значительные по протяженности площади; на загруженных пешеходами прогулочных улицах, бульварах, набережных, пересадочных станциях метрополитена (рисунок 68); у крупных спортивных сооружений.

Различают движущиеся тротуары двух, принципиально различных, типов: ленточные с бесконечным резиновым полотном, как у транспортера, и звеньевые (пластинчатые) – как у горизонтального эскалатора. В зависимости от конструкции ширина ленты тротуара может быть 60, 80, 100, 120 см, провозная способность ленты колеблется в пределах от 6–20 тыс. пассажиров в час при скорости движения от 1,8–3,6 км/ч в тихоходных системах до 21,6 км/ч в скоростных. Угол наклона полотна тротуара не превышает 10–15°.

Прототип современного движущегося тротуара впервые демонстрировался еще в 1893 г. на всемирной выставке в Чикаго (США). Он представлял собой крытый навесом пассажирский конвейер длиной 730 м с установленными на нем скамейками, доставлявший приплывших на катерах посетителей от причалов к входу на выставку (рисунок 69). Первый движущийся тротуар из ныне действующих был сдан в эксплуатацию на крупном пересадочном узле Шатле в Париже в 1964 г. В настоящее время движущиеся тротуары используются во многих городах США, Франции, Англии, Японии, Австрии, Финляндии, России.



Рисунок 67 – Тихоходный пассажирский конвейер в торговом центре



Рисунок 68 – Скоростной пассажирский конвейер в метрополитене



Рисунок 69 – Движущийся тротуар на выставке в Чикаго (США)

К несомненным достоинствам движущихся тротуаров следует отнести абсолютную безопасность движения, минимум шума и вредного воздействия на окружающую среду, отсутствие необходимости в ожидании транспортного средства, более высокую, чем у эскалатора, экономичность.

Недостатками этого вида транспорта являются очень высокие затраты на устройство, содержание и техническое обслуживание; большие потери на трение; потребность в надежной защите от воздействия атмосферных осадков; ограниченность протяженности.

Вертолет как средство городского пассажирского транспорта (рисунок 70) используется для связи пунктов образования пассажиропотоков в городе (крупные деловые и торговые центры, вокзалы, гостиничные комплексы) с пригородными жилыми массивами и аэропортами, удаленными на значительные расстояния от центральных его районов.



Рисунок 70 – Пассажирские вертолеты над Москвой

Вертолеты отличаются большими по сравнению с другими видами городского транспорта скоростями передвижения (170–240 км/ч), высокой маневренностью, относительно малой стоимостью постоянных устройств, отсутствием потребности в площади городских улиц. Вертолет может совершать взлет и посадку по вертикали практически в любом месте, где есть ровная площадка, не на много большая, чем занимает сам вертолет (газоны, скверы, площади, широкие магистрали, крыши домов, палубы кораблей). Кроме того, вертолет способен зависать в воздухе, что дает возможность в экстремальных ситуациях забирать или высаживать пассажиров вообще без посадки, используя специальные подъемно-транспортные механизмы. Вертолетные площадки могут сооружаться как в уровне земли, так и на специальных платформах, приподнятых над землей или водой (в заливах, на реках, озерах), на мостах, дамбах, пирсах, на палубах круизных лайнеров, на крышах административных и жилых зданий (рисунок 71). Вертолетные трассы могут проходить над автомагистралями,

площадями, лесопарковыми зонами, водоемами, набережными, железнодорожными путями.



Рисунок 71 – Модернизация дома с устройством вертолетной площадки на крыше в Минске

Для перевозки пассажиров вертолеты используются во многих крупнейших городах США, Англии, Франции, Бельгии, Индии. Только в одном Нью-Йорке на крышах домов оборудовано около 140 вертолетных площадок. Представляет интерес опыт эксплуатации вертолетов в Чикаго, Лос-Анджелесе, Лондоне. В 1960 г. была открыта вертолетная линия между аэропортами Внуково и Шереметьево в Москве. Успешно эксплуатируются вертолеты и в ряде курортных городов Украины (Сочи, Ялте, Симферополе).

К недостаткам пассажирских вертолетов, препятствующим широкому применению их в настоящее время, следует отнести прежде всего малую вместимость экипажей (от 3 до 50 пассажиров), а следовательно, и низкую провозную способность (до 500 пас/ч); высокую себестоимость перевозок (примерно в 15 раз выше, чем на трамвае, и в 10 раз выше, чем на автобусе); наличие во время полета вибрации и тряски, не всегда комфортных и безопасных для пассажиров; трудности, связанные с размещением вертолетных площадок в условиях исторически сложившейся плотной городской застройки, и наконец, достаточно высокая стоимость самого вертолета (от 650 тыс. до 6,5 млн долларов), сложность двигательных установок и систем управления.

Дирижабль представляет собой летательный аппарат легче воздуха, состоящий из большого баллона, наполненного газом, и гондолы, в которой

располагаются пассажиры (рисунок 72). Он характеризуется как самый спокойный и экономичный вид транспорта, так как энергия химического топлива расходуется только для передвижения в воздухе, а подъемная сила создается водородом, гелием или выхлопными газами тягового двигателя.



Рисунок 72 –Дирижабль над Парижем

Мысли о необходимости возрождения для пассажирских перевозок в городах некогда забытого дирижабля высказывались и высказываются специалистами в разное время и в разных странах. В тридцатые и сороковые годы XX в. дирижабли показали самую высокую регулярность и безопасность в пассажирских сообщениях. Теоретические исследования, проведенные членами Географического общества Санкт-Петербурга [9], показали, что средняя стоимость одного пассажира-километра при перевозке на одинаковое расстояние электропоездом в 5 раз, а автобусом в 15 раз выше, чем дирижаблем. При этом дирижабль имеет среднюю скорость на маршруте в 3,3 раза большую, чем электропоезд, и в 4 раза большую, чем автобус, и занимает в 3–4 раза меньше времени на перевозку пассажиров. Кроме того, дирижабль может взлетать при скорости ветра до 25 м/с, садиться при ветре до 35 м/с.

Дирижабль современных конструкций избавлен от неисправностей и отказов двигателей и систем управления, не требует специально оборудованных взлетно-посадочных площадок, обладает практически неограниченной продолжительностью полета без посадки (16–24 ч) и значительной вместимостью (до 200 пассажиров), его провозная

способность, надежность, безопасность, экономичность выше, чем у вертолета, но меньшая по сравнению с вертолетами скорость (128 км/ч).

Главными недостатками дирижаблей являются низкая маневренность из-за высокого аэродинамического сопротивления при полете, сложность приземления, потребность в ангарах больших размеров и сложность хранения и обслуживания на земле.

Речные суда как пассажирский транспорт используются в городах, стоящих на берегах крупных водоемов как естественных (реки, озера), так и искусственных (каналы, водохранилища) для доставки населения в летний период к местам массового отдыха в пригородах, к пансионатам, лечебно-оздоровительным учреждениям, водным стадионам, а также для прогулок и экскурсий.

Достаточно широко используется речной пассажирский транспорт в городах Польши (Варшаве, Гданьске, Гдыне, Сопоте, Щецине и др.). Целая сеть регулярных пассажирских водных маршрутов действует в Лондоне, Париже, Нью-Йорке (рисунок 73), Бостоне, Торонто, Балтиморе, Окленде и других городах США.



Рисунок 73 – «Водная маршрутка» в Нью-Йорке

В островной Венеции суда, перевозящие большое число пассажиров по определенным маршрутам (их там называют «водными автобусами»), являются единственным видом массового городского общественного транспорта. В России первые «речные трамвайчики» появились в самом начале XX в. в Санкт-Петербурге, Нижнем Новгороде, Киеве, а в 1923 г. и в Москве (рисунок 74).

В столице Голландии Амстердаме, имеющем большое количество каналов, специально для туристов ввели в эксплуатацию автобус-амфибию, который по воде движется как речное судно, а выйдя на сушу, движется по городским магистралям как обычный автобус (рисунок 75, а и б).



Рисунок 74 – Ракета на Москве-реке



Рисунок 75 – Автобус-амфибия в Амстердаме (Голландия)

Достоинствами речного транспорта является относительно низкая себестоимость перевозок, а основными недостатками – сезонность и невысокая скорость на маршруте (20–30 км/ч). И хотя водный пассажирский транспорт существует не одну тысячу лет, в городских пассажирских перевозках он имеет сравнительно небольшой удельный вес.

Легковой автомобильный транспорт является в настоящее время главной составляющей уличного движения во многих современных крупных городах мира и предназначен для перевозки пассажиров как внутри самого города, так и в пригородно-городском сообщении. Областью его применения

является перевозка жителей города на направлениях с малыми пассажиропотоками и на линиях, не обсуживаемых другими видами транспорта, а также при необходимости срочной доставки к месту назначения или совершения поездки в ночное время, когда никакой другой общественный транспорт не работает.

Парк легковых автомобилей состоит из автомобилей индивидуального пользования (частных), ведомственных, т. е. принадлежащих различного рода организациям и учреждениям, таксомоторов и прокатных автомобилей. Вместимость легковых автомобилей колеблется от 4 до 7 человек, включая водителя, а среднее наполнение их – от 1,5 до 2 пассажиров. В последние годы в городах получили распространение маршрутные такси, являющиеся своеобразным промежуточным звеном между легковым и массовым общественным транспортом.

Процесс интенсивной автомобилизации городов начался еще в 20-х годах прошлого столетия в США, а в настоящее время достиг небывалых размеров. Так, по состоянию на январь 2010 г., на 1000 жителей приходится: в Гибралтаре 744 легковых автомобиля, в Монако – 740, в Люксембурге – 680, в Италии – 566, во Франции – 565, в Японии – 543, в Германии – 519. По данным ассоциации автопроизводителей Европы, Беларусь является самой обеспеченной автомобилями страной СНГ (261 автомобиль на 1000 жителей). Самый автомобилизированный город мира – Лос-Анджелес. В нем на 1,8 млн больше автомобилей, чем лицензированных водителей. Такой резкий скачок числа легковых автомобилей вызвал массу трудноразрешимых проблем в городах, в большей своей части не рассчитанных на современные транспортные потоки (рисунок 76).



Рисунок 76 – Транспортные потоки на магистралях Москвы

Легковой автомобильный транспорт имеет неоспоримые преимущества по сравнению с массовым общественным транспортом. Он обладает высокими динамическими показателями, позволяющими развивать большую скорость; обеспечивает возможность беспересадочной поездки практически по любому маршруту «от двери до двери» с достаточно высоким уровнем комфорта.

Однако, с другой стороны, этот вид транспорта имеет ряд существенных недостатков, которые делают его малоэффективным для массовых пассажирских перевозок. Это, в частности, высокая стоимость сооружения одного километра пути; большое загромождение улиц, перекрестков и площадей едущими и стоящими в пробках автомобилями; высокая себестоимость перевозок; повышенный уровень шума и загрязнения воздушного бассейна города выхлопными газами; повышенная опасность движения. По данным ООН, ежегодно в дорожно-транспортных происшествиях в мире погибает 1,2 млн человек, а 50 млн человек получают физические повреждения. При этом 70 % автомобильных аварий происходит в городах. Провозная способность легковых автомобилей (для трехметровой полосы движения) в 4–5 раз меньше одиночных автобусов и троллейбусов и примерно в 10 раз меньше сочленённых троллейбусов и трамваев. Из-за малой вместимости солон на одного человека, едущего в автомобиле, требуется в 10–12 раз больше площади улицы, чем при перевозках автобусом или троллейбусом [9]. Перенасыщенность городских магистралей легковыми автомобилями приводит к снижению их скорости до 4–5 км/ч, а в отдельных случаях и к полному параличу движения на магистрали.

Кроме того, более широкому использованию легковых автомобилей для ежедневных поездок в городах многих стран препятствует недостаточный уровень развития сети гаражей и парковок для длительного хранения машин в радиусе пешеходной доступности от места жительства владельцев, а также транспортных стоянок у объектов массового посещения и станций технического обслуживания.

Электромобиль – это безрельсовое транспортное средство, приводимое в движение одним или несколькими электрическими двигателями.

Первый в мире электромобиль был сконструирован еще в начале восьмидесятых годов XIX в. в Англии и Франции и появился на свет раньше автомобиля с двигателем внутреннего сгорания. В России первый электромобиль появился в 1899 г. В настоящее время их выпущено уже более 200 тысяч в Польше и около 60 тысяч в США. Мировой рекорд по производству электромобилей принадлежит Китаю.

Электромобиль выгодно отличается от традиционного автомобиля тем, что он примерно втрое долговечнее, потребляет сравнительно недорогую энергию, легко управляется, имеет низкую пожаро- и взрывоопасность при аварии, его коэффициент полезного действия в 2–4 раза выше, чем у двигателя внутреннего сгорания. Кроме того, электромобиль прост в техобслуживании, работает почти бесшумно, не загрязняет окружающую среду и может подзаряжаться от бытовой электрической сети, то есть от обычной розетки (рисунок 77).



Рисунок 77 – Подзарядка электромобиля на улице Парижа

Широкому использованию электромобилей в городских пассажирских перевозках препятствует ряд серьезных недостатков, в том числе: значительно большие, чем на заправку топливом затраты времени на подзарядку аккумуляторов; малый запас хода после одной подзарядки (в среднем не более 100 км); малая удельная энергоемкость и небольшой срок службы аккумуляторных батарей; невысокая средняя скорость движения (20–80 км/ч); высокая стоимость (около 10 тыс. евро).

Метрополитен представляет собой массовый внеуличный рельсовый электрический транспорт, линии которого могут прокладываться под землей, на эстакадах и в уровне земли на обособленном полотне (рисунок 78).

Как правило, линии метро прокладываются вдоль наиболее загруженных улиц, а станции располагаются в непосредственной близости от важнейших пунктов скопления потоков пассажиров (крупные промышленные предприятия, деловые, торговые, культурные и спортивные центры, вокзалы, парки и т. д.), на пересечениях с важнейшими городскими магистралями и с железнодорожными линиями.



Рисунок 78 – Наземная линия метрополитена в Мехико (Мексика)

Первая в мире линия метрополитена была сдана в эксплуатацию в 1863 г. в Лондоне. Это была, по сути, подземная железная дорога протяженностью 3,6 км на паровой тяге. В 1890 г. она была электрифицирована. По данным международного Союза общественного транспорта, в настоящее время метрополитеном располагают уже более 165 городов в 30 странах мира. Крупнейшими являются метрополитены: Нью-Йоркский – по количеству станций (около 500), Шанхайский и Лондонский – по общей протяженности линий (437 и 408 км соответственно), Токийский и Московский – по размерам осваиваемого пассажиропотока (более 9 и 8 млн пассажиров в сутки соответственно). В некоторых из этих городов метрополитен играет ведущую роль в перевозке пассажиров. Так, например, в Москве метрополитеном перевозится 56 % общего объема перевозок городским транспортом.

Принято считать, что линии метрополитена целесообразно строить лишь для обслуживания мощных и устоявшихся пассажиропотоков (25–30 тыс. пас/ч в одном направлении) в городах, население которых превышает 1 млн человек. Однако линии метрополитена, хотя и относительно небольшого протяжения, имеются и в некоторых городах, значительно меньше населенных. Например, в швейцарском г. Лозанна с населением около 140 тыс. жителей имеется линия метро протяженностью всего лишь 14 км, во французском г. Ренн (около 220 тыс. жителей) – 9 км, в итальянском г.

Перуджа (160 тыс. жителей) – 3,2 км, в израильском г. Хайфа (около 270 тыс. жителей) – 2 км.

Вместимость поезда метрополитена в зависимости от числа вагонов в нем (4–8) составляет от 700 до 1500 пассажиров. Провозная способность линий при эксплуатации на них 8-вагонных поездов достигает 60 тыс. пассажиров в час в одном направлении, а на особо загруженных линиях – 75. При средней скорости сообщения 45 км/ч обеспечивается пропускная способность 42 пары поездов в час. Самые загруженные линии метрополитена Москвы пропускают в пиковые часы до 50 поездов в час в одном направлении.

Метрополитен является наиболее совершенным средством городского транспорта, отвлекающим на себя массовые пассажиропотоки, обеспечивающим строгое соблюдение точности и регулярности движения, быструю и относительно дешевую перевозку пассажиров при полной изоляции от уличного движения и практически не оказывающим вредного влияния на окружающую среду. Современный подвижной состав метрополитена имеет высокие динамические качества, позволяющие развивать максимальную скорость на маршруте до 100 км/ч.

Основными недостатками метрополитена являются самая высокая по сравнению со всеми остальными видами городского пассажирского транспорта стоимость прокладки путей и сооружения станций под землей (приблизительно 50 млн долларов на линиях мелкого заложения и 70–80 млн долларов – глубокого заложения); потребность в отводе дорогостоящих городских земель для прокладки наземных участков; ухудшение архитектурного облика города и повышение уровня шума при эстакадном способе прокладки линий.

С увеличением размеров города, появлением новых жилых массивов в периферийных районах и городов – спутников метрополитен, строившийся первоначально как чисто внутригородской вид сообщения, становится пригородно-городским видом пассажирского транспорта. Радиусы метро продлеваются за городскую черту на расстояние до 25–30 км, образуя так называемые вылетные линии. Большинство станций на этих линиях – наземного типа.

Вылетные линии метрополитена устраиваются чаще всего в секторах между радиально сходящимися к городу линиями железных дорог. Это дает возможность населению пригородных зон, не обслуживаемых пригородными железными дорогами, попадать в центр города без пересадок, с меньшей затратой времени на поездку. Кроме того, иногда появляется необходимость в прокладке таких линий параллельно железнодорожной линии (на расстоянии 1–2 км от последней). Такой вариант считается целесообразным, если пропускной способности пригородного участка недостаточно, а для

прокладки дополнительных железнодорожных путей требуется значительно больше капитальных вложений, чем для сооружения вылетной наземной линии метрополитена. От некоторых из вылетных линий устраиваются "вилочные" ответвления к железной дороге и к крупным населенным пунктам в пригородах.

Система вылетных линий метрополитена обеспечивает ускоренную доставку пассажиров в центр города, сокращает число пересадок, снимает на себя часть пассажиропотока с пригородных железнодорожных участков, уменьшая тем самым загрузку центральных пассажирских станций и городского транспорта. Опыт эксплуатации вылетных линий метрополитена подтверждает, что несмотря на ряд недостатков (неприспособленность вагонов метрополитена к эксплуатации вне тоннеля, особенно в суровых зимних условиях; несоответствие вместимости вагонов существующим и перспективным пассажиропотокам, а также приспособленность внутренней их планировки к условиям длительного пребывания пассажиров в поезде), этот вид пригородно-городских связей является перспективным.

Стремление повысить скорости сообщения и тем самым ускорить доставку пассажиров из центров городов в пригородную жилую или промышленную зону вызвало необходимость сооружения специальных экспрессных пригородно-городских линий метро. Так, в Нью-Йорке на большинстве линий организовано зонное движение поездов-экспрессов, которые на конечных участках следуют со всеми остановками, а на средних – только у части остановочных платформ.

В последние годы в некоторых городах начали строить линии так называемого легкого метрополитена. Поезда метро на этих линиях состоят из 2–4 вагонов, каждый из которых представляет собой две сочлененные секции со сквозным проходом. Как правило, линии такого метро располагаются преимущественно на поверхности земли или на эстакадах, а на пересадочных узлах и транспортных развязках иногда имеют тоннельные участки небольшого протяжения. Линии легкого метрополитена чаще всего являются подводящими к аэропортам или станциям обычного метрополитена (например, Бутовская линия легкого метро в Москве, открытая в 2003 г.).

Железная дорога во многих крупных и особенно крупнейших городах мира используется населением для поездок между объектами, находящимися внутри планировочных границ города. Ею выполняется от 5 до 13 % общего объема перевозок пассажиров в этих городах.

Первая городская железная дорога на конной тяге (конка) появилась в Нью-Йорке в 1853 г. Конка двигалась со скоростью 8–10 км /ч, вмещала до 40 пассажиров. Во второй половине XIX в. в Лондоне была проложена первая железнодорожная линия, на которой использовалась уже паровая

тяга. Современные городские железные дороги в большинстве своем электрифицированы. Количество вагонов в электропоезде может быть от 4 до 12. Вместимость 12-вагонного состава достигает 2000 человек. Пропускная способность этих железнодорожных линий зависит от интервалов движения поездов, определяемых системой блокировки и расстоянием между остановочными пунктами, и может достигать 10–12 поездов в час при пропуске их по тем же путям, по которым следуют дальние пассажирские и грузовые поезда, и 20–30 поездов в час при пропуске по специально выделенным путям. Скорость сообщения на линиях городских железных дорог составляет 40–45 км/ч.

Во многих городах имеются глубокие радиальные вводы железнодорожных линий, проходящих по городской территории на значительном протяжении (Нью-Йорк, Лондон, Москва, Владивосток, Волгоград). Большое значение для внутригородских пассажирских перевозок имеет железнодорожный транспорт Берлина, Брюсселя, Вены, Мурманска, Ростова-на-Дону, Харькова и других городов. Система глубоких вводов Парижа обеспечивает пригородно-городские пассажирские перевозки в радиусе 20 км от центра города. Развитая сеть железнодорожных линий, используемая только для внутригородских пассажирских перевозок, создана в Токио.

В феврале 2011 года введены в строй городские железнодорожные линии в столице Республики Беларусь, которые также обслуживают ближайшие пригороды Минска (рисунок 79).

Особенно эффективны для перевозок пассажиров проходящие через центр города диаметры. Требуя незначительной по ширине территории проезжей части улицы, железнодорожные диаметры обеспечивают наибольшую провозную способность (40–60 тыс. человек в час в одну сторону, против 0,5–1,5 тысячи человек на легковых автомобилях). Наличие в городе диаметральных соединений разгружает головные железнодорожные вокзалы за счет рассредоточения посадки и высадки пассажиров по многочисленным периферийным остановочным пунктам в городе и облегчает переустройство тупиковых пассажирских станций в сквозные. Кроме того, использование диаметров улучшает обслуживание пригородных зон, сокращает затраты времени на поездку и сводит к минимуму число пересадок для пассажиров, следующих с окраины в центр города. В Москве, например, для городских перевозок используется Курско-Октябрьский диаметр, который соединяет Курское направление со Смоленским и Рижским.

Кроме диаметров в некоторых крупнейших городах для пассажирских перевозок используются кольца окружных железных дорог. Так, например,

планируется, что в 2015 г. Московская кольцевая железная дорога будет перевозить до 700 тысяч пассажиров ежедневно.



Рисунок 79 – Городская железная дорога в Минске

Размещение на радиальных, диаметральных и кольцевых железнодорожных линиях достаточного количества остановочных пунктов в местах пересечения с городскими магистралями, по которым проходят маршруты массового пассажирского транспорта, дает возможность эффективно использовать эти линии как внутри города, так и в пригородном сообщении.

9 ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЛИНИЙ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ И МЕТРОПОЛИТЕНА. СТАНЦИИ ПЕРЕСАДКИ

В условиях роста городов и увеличения в них численности населения в качестве одной из основных выдвигается проблема создания высокоэффективной транспортной системы, находящейся в динамическом равновесии с постоянно развивающейся системой «город – пригород».

Особенно остро проблема транспорта стоит в крупнейших городах. В ее решении наметились две основные тенденции: насыщение городов индивидуальным легковым транспортом и совершенствование системы массового общественного транспорта. В большинстве случаев более

прогрессивной является вторая тенденция, которая предполагает комплексное развитие различных видов транспорта в целях улучшения транспортного обслуживания населения.

Изучение возможностей существенного улучшения показателей функционирования пассажирской транспортной системы крупнейшего города указывает на острую необходимость совершенствования режимов взаимодействия различных видов транспорта и в первую очередь железной дороги и метрополитена, на базе которых создается сеть скоростных пригородно-городских сообщений.

Важнейшей задачей при этом является определение принципов размещения в местах соприкосновения линий метрополитена и железной дороги пересадочных станций, позволяющих пассажирам осуществлять пересадки с минимальными затратами времени.

Особенно важно создание пересадочных станций в пригородной зоне в местах зарождения и погашения массовых пассажиропотоков.

Мировая градостроительная практика имеет некоторый опыт сооружения метрополитенно-железнодорожных станций пересадки на городской периферии. Однако при существующих размерах пригородно-городских пассажирских перевозок и значительном их увеличении в перспективе этого явно недостаточно. Поэтому в генеральных планах развития крупнейших городов предусматривается расширение сети таких пересадочных станций.

Структура транспортной сети города зависит от характера плана города и перспектив его развития, размещения основных пунктов образования и погашения пассажиропотоков, мощности имеющихся транспортных средств и размещения их по городской территории.

Анализ практики организации пунктов взаимодействия различных видов пассажирского транспорта в городах показал, что количество их, размещение и планировка зависят от многих факторов, основными среди которых являются социально-экономические и градостроительные.

Социально-экономические факторы определяют общую стратегию в развитии города и его транспортной системы, а градостроительные влияют на конкретное размещение пунктов взаимодействия на городской транспортной сети, величину их пассажирооборота, организацию связей с другими планировочными районами города.

Действительно, увеличение населения в городах и повышение его материального и культурного уровня обуславливают увеличение транспортной подвижности; интенсивная застройка новых жилых районов, создание новых промышленных комплексов, освоение новых зон отдыха существенно изменяют характер расселения и структуру пассажиропотоков. Это, в свою очередь, требует расширения системы транспортных связей мест жительства с местами приложения труда, объектами культурно-бытового

назначения и местами массового отдыха, увеличения числа пунктов взаимодействия пригородного и городского пассажирского транспорта.

Немаловажное значение имеет и то, насколько сложилась городская планировка и транспортная сеть города. Ведь если для развивающегося города, где еще только планируется создание сети метрополитена, возможно более-менее широкое варьирование направлением трасс метро с устройством в дальнейшем станций пересадки на железную дорогу, то для городов с уже сложившейся планировочной структурой и развитой сетью метрополитена возможностей для сооружения таких станций гораздо меньше. Приходится ориентироваться в большинстве случаев на уже существующие линии метро, а устройство специальных ответвлений для выхода к железнодорожному участку зачастую сопряжено с большими трудностями и требует значительных денежных затрат не только на прокладку трассы и сооружение пересадочного комплекса, но и на возможный снос существующих строений, перепланировку транспортных подъездов и пешеходных подходов к этим пунктам, некоторые изменения в организации работы наземного транспорта и т. д.

Кроме социально-экономических и градостроительных факторов возможность сооружения пунктов взаимодействия в том или ином районе города определяется и такими факторами, как рельеф местности и геологическая структура почвы конкретного района, диктующими условия прокладки трассы метрополитена, глубину заложения тоннелей и тип станции. Правильная оценка естественных условий необходима в конечном счете не только для определения стоимости строительства, но и для повышения уровня надежности системы, т. е. для обеспечения безопасной и бесперебойной работы взаимодействующих элементов на протяжении всего срока их службы.

Связь метрополитена и железной дороги может быть организована *по пригородно-метрополитенной системе*, целью которой является создание единой беспересадочной сети пригородно-городского пассажирского транспорта на базе объединения движения на существующих линиях метрополитена с движением на пригородных железнодорожных участках.

Эта система предусматривает возможность непосредственного выхода подвижного состава метрополитена на железнодорожные пути в пригородах (Лондон, Токио, Нью-Йорк) и пропуск пригородных электропоездов через центр города по подземным линиям метро (Копенгаген, Барселона, Буэнос-Айрес, Монреаль).

Имеется ряд предложений и проектных разработок по организации пригородно-городского пассажирского движения с использованием существующих тоннелей метрополитена и участков железных дорог в Московском и Санкт-Петербургском узлах. В свое время был составлен проект увязки линий метро с пригородными железными дорогами в

Харькове. Однако из-за некоторых нерешенных вопросов, касающихся габарита подвижного состава, внутренней компоновки вагонов, системы токосъема, отопления и вентиляции, сложностей в согласовании графиков движения поездов и др., организация пригородно-городских связей по такой системе в городах с уже сложившейся сетью железных дорог и метрополитена затруднительна и поэтому не нашла пока применения в городах СНГ.

Помимо пригородно-метрополитенной системы координация работы железной дороги с метрополитеном может быть осуществлена *путем подвода линий метрополитена к пригородным железным дорогам с устройством в пунктах стыка пересадочных станций.*

Подобное решение нашло применение в Токио, Париже, Нью-Йорке, Лондоне, Берлине и других городах за рубежом. Примером такой организации связи метрополитена с железными дорогами на постсоветском пространстве могут служить объединенные пересадочные станции Выхино в Москве, Купчино в Санкт-Петербурге и Святошино в Киеве. Кроме того, имеется целый ряд пересадочных узлов в пригородах, когда станция метрополитена располагается на некотором расстоянии от станции железной дороги. В перспективе намечается расширить число пунктов взаимодействия железной дороги и метрополитена на базе железнодорожных остановочных пунктов в пригородах Москвы и Санкт-Петербурга, имеющих наиболее развитую сеть метрополитена и большое число подходящих к городу электрифицированных железнодорожных линий. Многие из этих остановочных пунктов планируется в дальнейшем превратить в комплексные пересадочные узлы путем подвода к ним, кроме линий метрополитена, маршрутов трамвая, автобуса и легкового автотранспорта.

Размещение станций пересадки на городской транспортной сети должно учитывать, в первую очередь, каждодневную потребность городского и пригородного населения в перевозках и необходимость организации быстрой и удобной доставки пассажиров к основным селитебным и промышленным районам города, местам массового отдыха, вокзалам внешнего транспорта и остановочным пунктам общественного городского транспорта. К станциям пересадки должны быть устроены подходы для населения и подъезды для общественного и индивидуального пассажирского транспорта, а сами станции должны иметь соответствующее архитектурное оформление и хорошо вписываться в окружающую застройку.

Тип станции пересадки определяется рядом факторов, главным из которых является взаимное расположение линий железных дорог и метрополитена в плане и в уровнях. В зависимости от этого фактора различают станции пересадки совмещенного и несомещенного типов.

Совмещенные – это такие станции пересадки, когда остановочный пункт железной дороги совмещен с наземной станцией метрополитена на одной площадке и в одном уровне (рисунок 80).

По расположению прямо-отправочных путей метрополитена и железнодорожного остановочного пункта пересадочные станции этого типа могут быть разделены на станции с объемлющими путями метрополитена или железной дороги и с односторонним расположением железнодорожных путей относительно путей метрополитена.

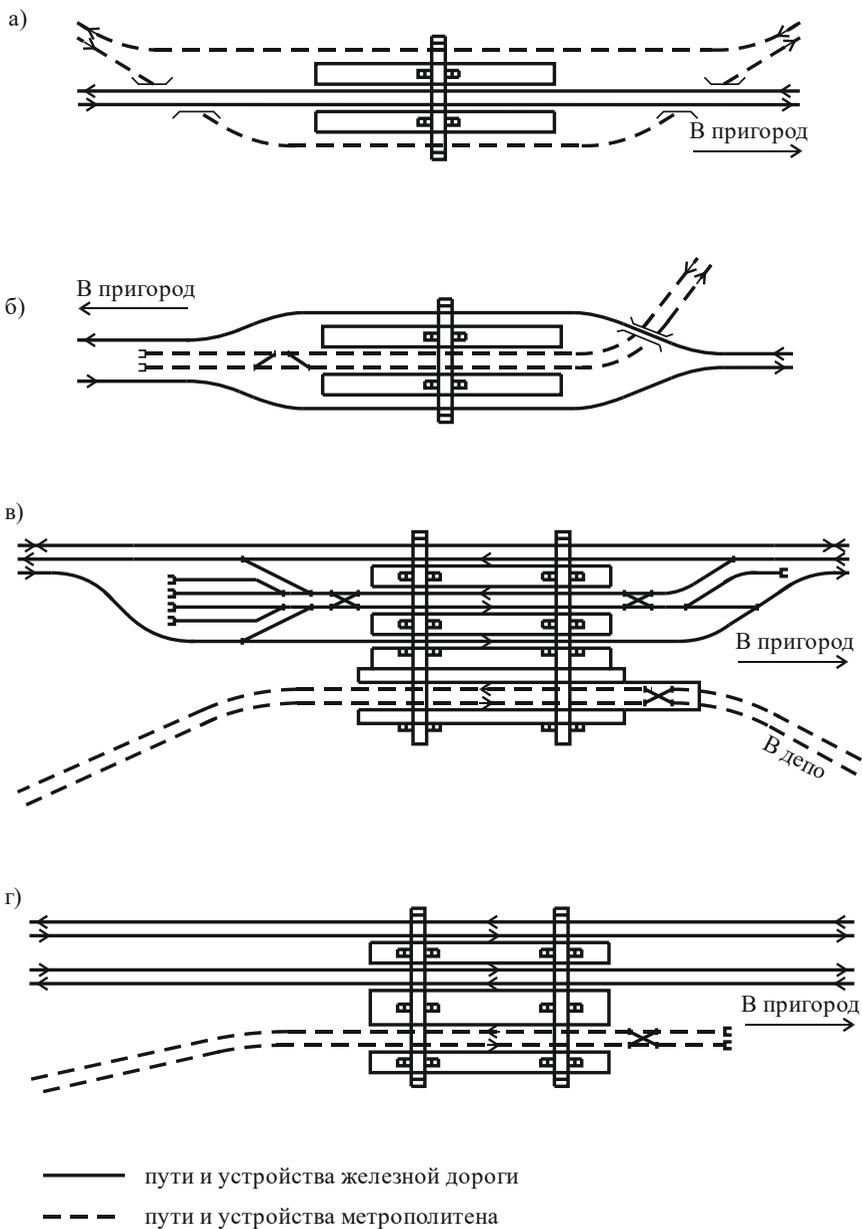


Рисунок 80 – Схемы станций пересадки совмещенного типа:
 а, б – принципиальные схемы; в, г – эксплуатируемые станции

Совмещенные станции с объемлющими путями (см. рисунок 80 *а, б*) обеспечивают наиболее быструю и удобную пересадку из вагона пригородного электропоезда в вагон метрополитена через объединенную платформу. В этом случае пассажир затрачивает на пересадку 0,5–1,0 мин, расходуя в случае необходимости дополнительно время только на приобретение билета в железнодорожных кассах или на размен денег в кассе метрополитена.

Однако сооружение пересадочных станций такого типа требует больших капитальных затрат на устройство путепроводных развязок для пересекающихся линий и значительно ухудшает возможности развития железнодорожного остановочного пункта в будущем. Поэтому в практике строительства совмещенных пересадочных станций распространение получили станции с односторонним расположением путей метрополитена с использованием для пересадки пассажиров пешеходных тоннелей между платформами (например, станция Купчино в Санкт-Петербурге, рисунок 80, *в*) или пешеходных тоннелей для пассажиров одного направления и объединенной платформы для пассажиров другого направления (например, станция Выхино в Москве, рисунок 80, *з*). Для увеличения пропускной способности пересадочных устройств на таких станциях устраивается по два пешеходных тоннеля, имеющих выходы на все посадочные платформы и к остановкам городского наземного транспорта. Затраты времени на пересадку на этих станциях – 0,5–2,5 мин.

Несовмещенные станции пересадки предполагают наличие обособленных станций железной дороги и метрополитена, расположенных раздельно в плане и в уровнях. Пассажиру при пересадке на таких станциях приходится преодолевать систему эскалаторов, лестниц, пешеходных тоннелей и мостиков, а иногда и открытые наземные пространства (городские улицы и площади), затрачивая при этом на пересадку от 5 до 12 мин. Наиболее характерными примерами здесь могут служить почти все железнодорожные вокзалы например, Москвы, Санкт-Петербурга и Киева и периферийные станции пересадки Москвы: Фили, Электровзаводская, Рижская, Войковская и другие. К числу достоинств станций пересадки несомещенного типа следует отнести возможность осуществления четкой специализации пассажирских платформ по посадке и высадке пассажиров и лучшие по сравнению со станциями совмещенного типа условия для дальнейшего развития устройств железной дороги и метрополитена на станции.

В тех случаях, когда линии железной дороги и метрополитена пересекаются в разных уровнях и угол пересечения прямой или близкий к прямому, обычно проектируются станции **башенного** типа (рисунок 81).

На таких станциях пассажиры, прибывшие по железной дороге, спускаются по переходу к поездам метрополитена. Примерами станций башенного типа могут служить станции Текстильщики в Москве и Святошино в Киеве.

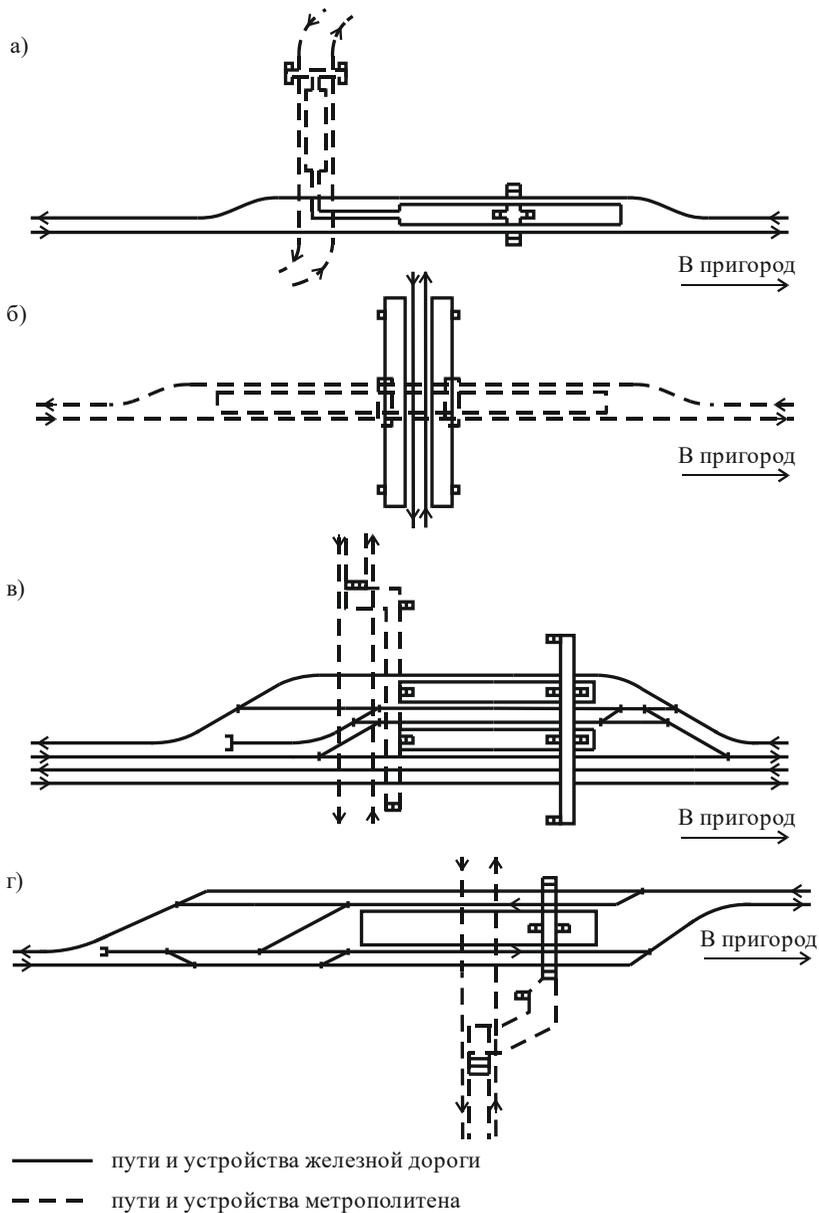


Рисунок 81 – Схемы станций пересадки башенного типа:
 а, б – принципиальные схемы; в, г – эксплуатируемые станции

Процесс пересадки на этих станциях занимает 3–4 мин. Существенным достоинством станции башенного типа является то, что на ее сооружение почти не требуется выделять дополнительно дорогостоящие городские земельные участки.

На пересадочных станциях как совмещенного, так и несовмещенного типов часто предусматривается укладка зонных путей для оборота на них части пригородных электропоездов (см. рисунки 80, в и 81, в, з). Это позволяет не только улучшить условия обслуживания пассажиров, тяготеющих к этой станции, но и значительно разгрузить головные железнодорожные участки и головные пассажирские станции, тем самым отдалить срок вложения капитальных затрат на их развитие. Зонные пути отстоя следует располагать со стороны, противоположной приему конечных пригородных поездов.

Как видно из вышеприведенного описания принципиальных схем станций пересадки, от принятого к проектированию и эксплуатации типа станции во многом зависит время, затрачиваемое пассажирами на пересадку. Это время в общем виде можно выразить формулой

$$T_{\text{пер}} = t_{\text{вых}}^{\text{ж.д.}} + t_{\text{пл}}^{\text{ж.д.}} + t_{\text{прох}} + t_{\text{пл}}^{\text{м}} + t_{\text{ож}}^{\text{м}}, \quad (3)$$

где $t_{\text{вых}}^{\text{ж.д.}}$ – время, затрачиваемое пассажирами на выход из вагона пригородного электропоезда;

$t_{\text{пл}}^{\text{ж.д.}}$, $t_{\text{пл}}^{\text{м}}$ – время на проход по платформам соответственно железной дороги и метрополитена;

$t_{\text{прох}}$ – время на проход от платформы железной дороги до платформы метрополитена;

$t_{\text{ож}}^{\text{м}}$ – время на ожидание поезда метрополитена и посадку в вагон.

Первое и последнее слагаемые в выражении (3) не зависят от варианта организации станций пересадки, присутствуют в равной мере при любом способе пересадки ($t_{\text{пл}}^{\text{ж.д.}}$ зависит от числа вагонов в поезде и конструктивных особенностей подвижного состава, а $t_{\text{ож}}^{\text{м}}$ – от интервала движения поездов метро в определенные периоды суток).

Затраты времени на проход по платформе зависят от длины и ширины платформы, плотности потока пассажиров, от количества выходов с платформы и их размещения по ее длине, от наличия на платформе

различных обустройств. Наименьшее значение величина $t_{\text{тс}}^*$ имеет при пересадке на станциях с объединенной платформой, на станциях с выходом в центре платформы или с несколькими выходами, равномерно расположенными по длине платформы. Наибольшего значения это время достигает при наличии одного выхода в торце платформы на тупиковых вокзалах.

Время на проход от платформы станции железной дороги до платформы станции метрополитена зависит от величины удаленности платформ друг от друга и наличия на пути следования пассажира различного рода сопротивлений: спусков, подъемов, тоннелей, коридоров, пешеходных мостиков и открытых пространств.

Затраты времени на проход между платформами определяются по формуле

$$t_{\text{прох}} = \frac{L}{v_{\text{ср}}}, \quad (4)$$

где L – расстояние между платформами железной дороги и метрополитена;

$v_{\text{ср}}$ – средняя скорость передвижения пассажира.

Очевидно, что $t_{\text{прох}}$ стремится к минимуму при L , стремящемся к нулю.

Это достигается при сооружении станций пересадки совмещенного типа, у которых платформы расположены на одной площадке. Однако на практике такое решение не всегда удается осуществить.

Хронометражные наблюдения, произведенные на головных железнодорожных вокзалах и периферийных станциях пересадки Москвы, Санкт-Петербурга и Киева, позволили сделать следующие основные выводы:

- затраты времени на пересадку составляют в среднем 25 % от общего времени на всю поездку (при общей продолжительности поездки 60 мин);
- затраты времени на пересадку на головных вокзалах в 2–3 раза больше по сравнению со временем пересадки на периферийных станциях;
- основным элементом при определении затрат времени на пересадки является $t_{\text{прох}}$, составляющее от 30 до 75 % от общей суммы времени, затрачиваемого пассажирами на пересадку;

*Примеры значений $t_{\text{пл}}$ приведены здесь только для железнодорожной составляющей.

- на периферийных станциях наименьшее количество времени на пересадку затрачивается на станциях совмещенного типа;
- на головных вокзалах значительны потери времени из-за неорганизованности пассажиропотоков внутри здания вокзала и на посадочных платформах (наличие узких мест, встречных потоков и т. п.);
- затраты времени на пересадки должны учитываться при выборе варианта размещения пунктов взаимодействия железной дороги и метро.

Месторасположение станции пересадки на транспортной сети города существенно влияет на затраты времени на всю поездку, поэтому очень важно из массы возможных вариантов выбрать оптимальный по всем показателям.

Особенность задачи выбора мест размещения пересадочных пунктов состоит в том, что сеть железных дорог в пределах крупнейших городов практически уже сложилась и поэтому направление трасс головных участков и размещение на них остановочных пунктов можно считать заданным. Сеть же метрополитена находится в стадии развития. В связи с этим логичнее рассматривать примыкание линий метрополитена к остановочным пунктам железной дороги, а не линий железных дорог к станциям метрополитена.

Конечной целью задачи является определение оптимального числа и месторасположения пунктов пересадки с точки зрения сокращения населением затрат времени на ежедневные поездки и обеспечения минимума приведенных расходов.

Решение задачи определения месторасположения станции пересадки по затрате пассажиро-часов на всю поездку из пригорода в город дает возможность выявить вариант, наиболее полно удовлетворяющий требованию сокращения затрат времени пригородными пассажирами на ежедневные поездки. Однако это отнюдь не означает, что этот вариант является оптимальным, так как в данном случае не учтены условия прокладки трассы метрополитена, капитальные затраты на ее сооружение, эксплуатационные расходы и, наконец, не учтена густота заселения в районе предполагаемой прокладки метрополитена и железнодорожного остановочного пункта. Иными словами, вариант, оказавшийся выгодным по критерию минимума затрат времени на поездку, в то же время может потребовать значительных эксплуатационных расходов и капитальных вложений. Поэтому при отыскании оптимального варианта должны сравниваться и капитальные затраты, и эксплуатационные расходы по каждому из рассматриваемых вариантов.

Капитальные затраты представляют собой сумму затрат на прокладку линии метрополитена от последней имеющейся станции метро до остановочного пункта железной дороги, на сооружение в пункте пересадки соответствующих устройств метрополитена (тоннельные переходы,

эскалаторы, станции и пр.), железной дороги (пути, платформы, билетные кассы, павильоны или навесы для пассажиров, различные указатели, освещение и т. д.), а в случае необходимости, и городского транспорта (привокзальная площадь, остановки общественного пассажирского транспорта, стоянки для личных автомобилей и т. п.), а также капитальные вложения в подвижной состав.

Эксплуатационные расходы включают в себя затраты на содержание в пунктах пересадки постоянных устройств и расходы, связанные с пробегом подвозящего пассажирского транспорта и проездом пассажиров к пункту пересадки.

Установление числа станций пересадки и месторасположения их на уже существующей транспортной сети города дает оптимальное решение только на текущий момент функционирования системы взаимодействующих линий железной дороги и метрополитена при сложившейся структуре города. Это не позволяет в полной мере учесть изменения, происходящие с течением времени в таком гигантском организме, каким является крупнейший город. Использование статической модели взаимодействия линий метрополитена и пригородных железных дорог при разработке генеральных планов развития крупнейших городов на перспективу (обычно этот период равен 25–30 годам) может привести к тому, что принятое решение, будучи оптимальным на данный фиксированный момент времени, может оказаться далеко не оптимальным уже через 10–15 лет и не даст той экономии затрат, на которую мы рассчитывали, принимая именно это решение. Поэтому статическую модель следует рассматривать как промежуточный этап, позволяющий проанализировать существующее положение, вывести закономерности для изучения поведения системы в динамике и проверки точности прогнозов, заложенных в перспективные расчеты.

Процесс развития городского и пригородного пассажирского транспорта – это не просто количественный рост, а всестороннее развитие во времени и в пространстве всех элементов транспортной системы города, происходящее под влиянием многочисленных взаимосвязанных факторов. Изменение хотя бы одного из них в одной из подсистем (пригородные железные дороги, метрополитен, наземный транспорт) обязательно вызовет изменение в ту или иную сторону всей системы в целом. Так, например, при сооружении станций пересадки с железной дороги на метрополитен на подходах к городу происходит перераспределение пассажиропотоков на всех видах транспорта, участвующих в перевозке пассажиров, сокращается загрузка головных вокзалов и привокзальных площадей, сокращается потребность в единицах наземного транспорта в центральных районах города, увеличивается пропускная способность городских магистралей на подходах к привокзальной площади и т. д. Поэтому можно сколько угодно рассчитывать варианты развития каждого из рассматриваемых элементов в

отдельности и находить среди них оптимальные, но не иметь в итоге оптимального варианта функционирования всей системы «пригородные железные дороги – метрополитен» в целом.

Основная задача заключается в данном случае в правильном решении вопроса о том, как с учетом далекой перспективы развития города и его транспортной сети развивать элементы взаимодействующего комплекса, где размещать станции пересадки в некоторый момент времени – или в строгом соответствии с изолированными потребностями железной дороги и метрополитена или взаимоувязанно, т. е. таким образом, чтобы в какой-то момент времени иметь общий для обоих взаимодействующих видов транспорта резерв пропускной способности. В качестве основных критериев оптимальности взаимодействия при решении задачи следует принимать минимальные затраты времени на поездку и минимальные расходы на сооружение и эксплуатацию станций пересадки.

Рост материального и культурного уровня трудящихся, строительство новых и расширение существующих промышленных предприятий, рост населения города и развитие его пригородной зоны вызывают значительное увеличение объема пригородных перевозок. Это, в свою очередь, оказывает существенное влияние на техническое оснащение транспортных устройств, обслуживающих пассажирские перевозки в районе крупных городов. В связи с этим большое значение имеет правильное определение объемов предстоящих перевозок не только на ближайшие годы, но и на далекую перспективу на основе анализа статистических данных о размерах потоков пассажиров за предыдущие десятилетия.

Рост пассажиропотоков вызывает на определенном этапе необходимость усиления мощностей пассажирских устройств, от рационального сочетания которых во многом зависит нормальный режим работы транспортной системы города. При разработке реконструктивных мероприятий очень важно выбрать оптимальный для данного города вариант, обеспечивающий сочетание интересов развития как железнодорожного и городского транспорта, так и всего города в целом, отвечающий условию максимального удовлетворения потребностей населения в перевозках и требующий минимальных затрат народнохозяйственных средств.

Реконструктивные мероприятия по усилению пропускной способности делятся на проводимые на головной станции и проводимые на участках. В число этих мероприятий входят укладка дополнительных перронных путей и дублирующего главного пути, развитие горловин и сооружение дополнительных платформ на головной станции; укладка дополнительных главных путей на участках; сооружение посадочных платформ и укладка дополнительных зонных путей на остановочных пунктах и зонных станциях.

Реконструкция головной станции в условиях сложившейся городской застройки обычно связана со значительными капитальными затратами, так

как станционная площадка оказывается зажатой существующей застройкой. Невозможность увеличения пропускной способности станции в таких случаях вынуждает ограничивать, а зачастую и вообще прекращать прием дальних поездов в период интенсивного прибытия пригородных поездов (с 6 до 9 ч), что значительно ухудшает условия обслуживания дальних пассажиров, лишая их возможности прибытия в город в наиболее удобное утреннее время. В связи с этим появляется необходимость в выносе пригородного движения или части его на одну из станций, расположенную на подходе к головной. Однако последнее мероприятие, с одной стороны, разгрузит головную станцию, а с другой – ухудшит условия обслуживания пригородных пассажиров, которые будут вынуждены добираться в центр города на наземном транспорте.

Проблема может быть решена, если к месту предполагаемого выноса пригородного движения подвести линию метрополитена и построить там станцию пересадки. В этом случае появится возможность оборачивать на этой станции часть пригородных поездов, не доводя их до центра города, что значительно сократит потребность усиления путевого развития головной станции и головного участка.

Успешное решение в динамике задачи оптимизации развития системы взаимодействующих линий пригородных железных дорог и метрополитена позволит более точно и объективно прогнозировать для крупнейших городов перспективные потребности в устройствах транспорта и их рациональную загрузку, получая в итоге значительную экономию средств.

Выбор оптимального варианта размещения станций пересадки метрополитен – железная дорога на городской транспортной сети должен производиться не только с точки зрения создания возможности для пассажиров выбирать путь следования, гарантирующий минимальные затраты времени на поездку, но и с учетом влияния целого ряда эффектов, вызываемых изменениями, происходящими со всей транспортной системой при внесении изменения в функциональное состояние хотя бы одного из составляющих ее элементов (в частности, при сооружении станций пересадки с метрополитена на линии пригородных железных дорог). Назовем эти эффекты «косвенными», так как действие их может сказаться не сразу после введения в эксплуатацию пункта взаимодействия, а с течением некоторого периода времени и не непосредственно через сооружение станции пересадки, а через другие элементы системы взаимодействующих видов транспорта.

В связи с тем, что эти эффекты не получили до сих пор количественной оценки, правильность выбора решения во многом зависит от квалификации проектировщика и его субъективного отношения к тому или иному параметру. Недоучет косвенных эффектов при решении вопросов перспективного развития транспорта в генеральных планах городов может привести к

принятию неоптимального решения, а в ряде случаев открывает доступ неэффективным решениям вообще, что влечет за собой значительные потери народнохозяйственных средств.

При выборе оптимального варианта взаимодействия железной дороги и метрополитена необходимо рассматривать следующие косвенные эффекты:

1 Социальный эффект, достигаемый улучшением условий расселения и качества обслуживания, увеличением свободного времени за счет сокращения продолжительности поездки и т. п. Значение этого эффекта велико в настоящее время, но еще большую роль он будет играть в будущем, при дальнейшем улучшении условий жизни людей, повышении их материального благосостояния и культурного уровня. Сокращение времени на каждодневные поездки в значительной мере снижает «транспортную усталость» и повышает производительность труда работников.

В крупнейших городах в настоящее время пересадки в большинстве случаев производятся на конечных железнодорожных станциях в центральных районах. Это приводит к массовому скоплению пассажиров на головных тупиковых вокзалах и излишней загрузке средств подвозящего транспорта. Нарушается ритмичность работы городского транспорта на привокзальных площадях и на примыкающих к ним магистральных, так как 90–95 % прибывающих пассажиров пользуются для дальнейших передвижений по городу городским транспортом. Отвлечение части пригородных железнодорожных пассажиров на периферийной станции пересадки на метрополитен приведет к сокращению среднего времени ожидания развозящего городского транспорта на привокзальной площади не только пассажирами направления, на котором сооружена станция пересадки, но и пассажирами, прибывающими на этот вокзал с других подходов, а также городскими пассажирами, пользующимися наземным транспортом в районе головного вокзала.

2 Организационный эффект, обеспечивающий экономию вкладываемых средств за счет совершенствования работ взаимодействующих элементов системы (более рациональное распределение работы по перевозке пассажиров между отдельными видами транспорта, улучшение использования технических средств и подвижного состава, изменение структуры штата обслуживающих работников и др.). Сооружение периферийной станции пересадки уменьшает поток пассажиров, прибывающих на головной вокзал в пригородных поездах, сокращает объем пассажиропотока не только на привокзальной площади, но и в самом здании вокзала, что позволяет отдалить затраты на развитие вокзала и расширение площадей основных его помещений. Это особенно важно при решении вопросов реконструкции существующих и строительства новых зданий вокзалов.

3 Эффект развития, учитывающий создание резервов пропускной способности линий пригородных железных дорог и метрополитена, возможность перераспределения затрат на развитие каждого из взаимодействующих видов транспорта и экономию, получаемую за счет отдаления капитальных вложений в реконструкцию каждого элемента транспортной системы, то есть сбережение средств от ликвидации необходимости усиления головных участков железных дорог, увеличения мощности пересадочных устройств на головных вокзалах (входов в метро, тоннельных переходов, лент эскалаторов), расширения площади вокзальных помещений, реконструкции при вокзальных площадей и прилегающих городских магистралей и т. п.

Как отмечалось выше, сооружение станции пересадки на городской периферии приводит к сокращению пассажиропотока, поступающего на головной вокзал. Для перевозки оставшейся части пассажиров на участке между головным вокзалом и пунктом пересадки потребуется меньшее число пригородных поездов. Это даст возможность не доводить все пригородные электропоезда до головного вокзала, а оборачивать часть из них на зонных пересадочных станциях, сокращая тем самым потребность в путевом развитии основной станции, что особенно важно в современных условиях, когда развитие головных пассажирских станций в условиях плотной городской застройки связано с большими материальными затратами, а порой и вообще невозможно.

4 Эффект резервных возможностей работы системы в особых ситуациях, заключающийся в повышении надежности работы системы при эксплуатации ее не только в нормальных условиях, но и в случае наступления непредвиденных событий. Наличие периферийных станций пересадки в особый период позволит не скапливать большие массы людей для эвакуации в районе головных вокзалов, расположенных в самом ядре города, а накапливать их постепенно на станциях пересадки, рассредоточенных в разных районах города; оборачивать часть пригородных поездов на станции пересадки, не доводя их до головной станции, что особенно важно в случае выхода из строя железнодорожного участка между станцией пересадки и головным вокзалом.

Одной из характерных особенностей транспортной системы города является отсутствие общепринятого понятия отказа. В большинстве возникающих ситуаций система в состоянии удовлетворить требованиям в случае отказа одного или нескольких ее элементов. Это объясняется избыточностью структуры транспортной системы, важнейшие элементы которой (например, скоростные магистрали) или имеют очень высокую надежность работы, или их мощности частично зарезервированы. Однако случайные отклонения отдельных параметров системы могут привести к существенному ухудшению качества обслуживания пассажиров, а значит, и эффективности

функционирования самой системы. Следовательно, необходимость учета этих отклонений и происходящих при этом потерь времени очевидна.

В утренние часы пик на головные железнодорожные вокзалы крупнейших городов прибывает до 20–25 % суточного пассажиропотока. Большие потоки пригородных пассажиров, пересеживающихся на вокзале на метрополитен, значительно затрудняют его работу. В эти часы вестибюли метро, тоннельные переходы, эскалаторы и посадочные платформы работают с нагрузкой, зачастую близкой к критической, что значительно ухудшает условия обслуживания как пересеживающихся пассажиров, так и пассажиров, следующих через данную станцию метрополитена транзитом. Сооружение периферийных станций пересадки ликвидирует перегрузки центральных пересадочных узлов и создает возможность более равномерно распределять нагрузку по всей длине линии метро, повышая надежность его работы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Автомобильные дороги Беларуси. Энциклопедия / коллектив авторов ; под общ. ред. А. В. Минина. – Мн. : БелЭн, 2002. – 672 с.
- 2 **Аксенов, И. Я.** Единая транспортная система : учеб. для вузов / И. Я. Аксенов. – М. : Высш. шк., 1991. – 383 с.
- 3 **Бакутис, В. Э.** Городские улицы, дороги и транспорт / В. Э. Бакутис, Е. В. Овечников. – М. : Высш. шк., 1971. – 262 с.
- 4 **Голубев И. Р.** Окружающая среда и транспорт / И. Р. Голубев, Ю. В. Новиков. – М. : Транспорт, 1987. – 205 с.
- 5 **Горбанев, Р. В.** Городской транспорт : учеб. для вузов / Р. В. Горбанев. – М. : Стройиздат, 1990. – 215 с.
- 6 **Ланцберг, Ю. С.** Городские площади, улицы и дороги : учеб. пособие для вузов / Ю. С. Ланцберг. – М. : Стройиздат, 1983. – 216 с.
- 7 **Лобанов, Е. М.** Транспортная планировка городов : учеб. пособие для вузов / Е. М. Лобанов. – М. : Транспорт, 1990. – 240 с.
- 8 Основы взаимодействия железных дорог с другими видами транспорта / коллектив авторов ; под общ. ред. В. В. Повороженко. – М. : Транспорт, 1986. – 215 с.
- 9 **Правдин, Н. В.** Пересадочные станции (железная дорога – метрополитен). Ч. I / Н. В. Правдин, В. Я. Негрей, В. А. Вербилло. – Гомель : БелИИЖТ, 1980. – 27 с.
- 10 **Правдин, Н. В.** Пересадочные станции (железная дорога – метрополитен). Ч. II / Н. В. Правдин, В. Я. Негрей, В. А. Вербилло. – Гомель : БелИИЖТ, 1980. – 42 с.
- 11 **Самойлов, Д. С.** Городской транспорт : учеб. для вузов / Д. С. Самойлов. – М. : Стройиздат, 1983. – 384 с.
- 12 **СНБ 3.01.04-02.** Градостроительство, планировка и застройка населенных пунктов. – Взамен СНиП 2.07.01-89 ; введ. 2003-07-01. – Мн. : Минстройархитектуры Респ. Беларусь, 2003. – 63 с.
- 13 **СНиП 2.05.09-90.** Трамвайные и троллейбусные линии. – Введ. 1991-01-01. – М. : ЦИТП Госстроя СССР, 1990. – 68 с.
- 14 **ТКП 45-3.01-116-2008.** Градостроительство. Населенные пункты. Нормы проектирования. – Введ. 2008-11-28. – Мн. : Минстройархитектуры Респ. Беларусь, 2009. – 64 с.
- 15 **ТКП 45-2.04-154-2009.** Защита от шума. Строительные нормы проектирования. – Введ. 2010-01-01. – Мн. : Минстройархитектуры Респ. Беларусь, 2010. – 48 с.
- 16 **ТКП 45-3.03-227-2010.** Улицы населенных пунктов. Строительные нормы проектирования. – Введ. 2011-07-01. – Мн. : Минстройархитектуры Респ. Беларусь, 2011. – 52 с.
- 17 **Фишельсон, М. С.** Городские пути сообщения : учеб. пособие для вузов / М. С. Фишельсон. – М. : Высш. шк., 1980. – 296 с.
- 18 **Ярошевич, В. П.** Транспорт. Общий курс : учеб. пособие для вузов / В. П. Ярошевич, М. И. Шкурин. – Гомель : БелГУТ, 2001. – 387 с.