

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

Кафедра «Архитектура»

И. Г. МАЛКОВ, Т. С. ТИТКОВА

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ
ПОДЗЕМНЫХ ПРОСТРАНСТВ
В ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВЕ

Учебно-методическое пособие

Гомель 2009

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

Кафедра «Архитектура»

И. Г. МАЛКОВ, Т. С. ТИТКОВА

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ
ПОДЗЕМНЫХ ПРОСТРАНСТВ
В ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВЕ**

Учебно-методическое пособие

Одобрено методической комиссией факультета ПГС

Гомель 2009

УДК 69.035.4 (075.8)

ББК 38.78

М19

Р е ц е н з е н т ы : заведующий кафедрой «Строительное производство», доцент *О. Е. Пантюхов* (УО «БелГУТ»); руководитель архитектурно-конструкторской группы *В. С. Кульбицкий* (ОАО «Гомельпроект»).

Малков, И. Г.

М19 Использование подземных пространств в градостроительстве : учеб.-метод. пособие / И. Г. Малков, Т. С. Титкова ; М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2009. – 46 с.

ISBN 978-985-468-593-9

Изложен обширный опыт использования подземных пространств для транспортного строительства в зарубежной и отечественной практике. Представлена классификация подземных транспортных сооружений, рассмотрены конструктивные решения и приемы формирования архитектуры подземных пространств.

Пособие иллюстрировано, графический материал достаточно полно представляет современную практику создания подземных пространств.

Предназначено для студентов специальности «Архитектура».

УДК 69.035.4 (075.8)

ББК 38.78

ISBN 978-985-468-593-9

© Малков И. Г., Титкова Т. С., 2009

© Оформление. УО «БелГУТ», 2009

ВВЕДЕНИЕ

Проблема использования подземного пространства является одной из актуальных в современном градостроительстве.

В последние годы во всем мире все большее внимание при планировке и застройке крупных городов и городов-мегаполисов уделяется проблемам освоения подземного пространства, а также строительству подземных объектов за пределами городской черты, обеспечивающих нормальное функционирование крупных населенных, в особенности промышленных, центров. Такие проблемы, как дефицит городских территорий, постоянный рост населения городов, скопление на дорогах больших масс транспортных средств, неспособность городской инфраструктуры справиться с постоянно растущими нагрузками и ухудшение экологической обстановки требуют все более активного использования подземного пространства, в том числе для размещения транспортных и инженерных систем, объектов торговли и бытового обслуживания, складов и автостоянок и т. п. Согласно современным исследованиям, в большинстве случаев подземные сооружения, несмотря на значительные затраты при их возведении, являются наиболее оптимальными решениями многих вопросов функционирования города.

Среди многообразных проблем крупнейших городов одной из наиболее важных и актуальных является проблема транспорта.

Перенасыщение городов автомобилями создает настоящий транспортный кризис, парализует движение, нарушает экологическую систему и неблагоприятно отражается на жизни населения. Как следствие, для большинства крупных городов характерны: резкое снижение скорости движения автомобилей; исчерпание пропускной способности уличных проездов и магистралей; нарушение условий безопасности движения; нехватка мест для стоянок автомобилей; ухудшение архитектурно-планировочной структуры; загрязнение воздушного бассейна; повышение уровня шума и вибрации.

С течением времени и при сохраняющихся тенденциях развития, данные проблемы приобретают все большую значимость для городов и требуют их незамедлительного решения.

Важнейшим направлением в решении современных городских проблем является использование подземного пространства для транспортного строительства. Тоннели и станции метрополитена, подземные автостоянки и гаражи, транспортные, пешеходные тоннели – вот далеко не полный перечень подземных сооружений, без которых невозможна жизнь современного крупного города. Наряду с отдельными, не связанными между собой подземными сооружениями возводят крупные подземные транспортные и многофункциональные комплексы, соединенные сетью протяженных тоннелей. Во многих городах предусматривается строительство внеуличных подземных автомагистралей значительной протяженности.

Большинство крупных городов мира в настоящее время последовательно осуществляют программы освоения подземного пространства в исторических центрах города, при этом комплексно решаются проблемы транспорта, коммунального и жилого хозяйства, занятости населения, энергосбережения и т. д. В качестве примеров можно привести подземные кварталы в Монреале и Торонто, совершенную систему автомобильных парковок и гаражей в Париже и Хельсинки, развивающиеся системы организации автомобильного движения в Осло и Бостоне и т. д.

Строительство подземных автодорог, с одной стороны, обуславливает возможность получения дополнительных эффектов в различных сферах жизни города, а с другой – требует высоких капитальных затрат. Поэтому необходимо осуществлять выбор таких вариантов использования пространства недр, которые позволят снизить отрицательное воздействие автотранспорта на окружающую городскую среду и добиться положительных результатов в решении ряда других эколого-экономических проблем.

Для осуществления обоснованного и правильного выбора наиболее эффективных вариантов использования городского подземного пространства для строительства автодорог необходим механизм, позволяющий учитывать огромное количество факторов, оказывающих влияние на процесс строительства и эксплуатации объекта, с учетом современных городских условий.

1 ПОДЗЕМНЫЕ ПРОСТРАНСТВА В ГОРОДСКОЙ СТРУКТУРЕ

Краткий исторический обзор.

Строительство подземных сооружений имеет свою многовековую историю. Еще в глубокой древности широкое распространение получили пещерные жилища и храмы. До наших дней сохранились такие замечательные памятники, как сокровищница Атрея в Греции, скальные подземные храмы в Эллоре и Элефанте в Индии, комплексы Абу-Симбела и Деир Эль Бахри в Египте и даже целые «подземные» города, как, например, Вардзия в Грузии.

Первое свидетельство постройки тоннеля, зафиксированное в исторических документах, относится к 2150 г. до н. э. Это был подводный пешеходный тоннель протяженностью 900 м и размерами в свету 4×3,6 м под рекой Евфрат в Вавилоне, соединявшей царский дворец с храмом Юпитера. На время строительства русло реки шириной 180 м было отведено в сторону и все работы произведены насухо в открытом котловане. Стены и свод тоннеля состояли из кирпичной кладки на битумном вяжущем.

Около 50 г. до н. э. римлянами был пробит тоннель длиной около 5 км для отвода воды из озера Фучино. Согласно историку Плинию, тоннель строился в течение 11 лет, работы велись встречными забоями примерно из 40 шахт.

Около 300 г. н. э. на территории современной Турции был построен тоннель, выполнявший одновременно функции водопровода и подземного судоходного канала.

Между 400 и 1400 гг. историками отмечается почти тысячелетний застой в европейском тоннелестроении. Здесь необходимо отметить, что данный временной перерыв относится, в первую очередь, к строительству объектов общественного (промышленного и гражданского) назначения. Строительство подземных сооружений оборонного и специального назначения не прерывалось практически никогда.

В 1450 году было начато строительство тоннеля на дороге между Ниццей и Генуей. Вскоре работы были приостановлены и возобновлены лишь через 300 лет. Однако в 1794 году строительство было полностью прекращено и над незаконченным тоннелем устроена дорога.

В конце XV в. на территории Московского Кремля было проложено несколько водопроводных тоннелей. В XVI в. в Москве велось активное подземное строительство. В частности, в 1657 году была предпринята попытка строительства подводного тоннеля под р. Москвой. В XVII в. в Пскове и Великом Новгороде было проложено несколько подземных ходов протяженностью до 200 м с деревянным и каменным креплением свода и стен.

В XVII-XIX вв. во Франции было пройдено несколько судоходных тоннелей:

в 1679-1681 гг. на участке Лангедокского канала, соединявшего р. Гаронна со Средиземным морем, тоннель длиной 164 м, высотой 8,2 м и шириной 6,7 м, пересекающий возвышенность Мальпас к северу от Пиренеев;

в 1784-1838 гг. в разделительном бьефе канала Нивернэ между реками Сана и Луара были построены три судоходных тоннеля общей протяженностью около 1500 м и шириной 7 м;

в 1802-1809 гг. на Сен-Кантенском канале между реками Уаза и Шельда были пройдены два тоннеля: Рикеваль, длиной 5670 м, и Тронкуа, длиной 1098 м. Ширина этих тоннелей – 8 м.

В общей сложности, к началу XIX в. во Франции были построены около 40 судоходных тоннелей.

Не отставала от Франции и ее историческая соперница – Англия: в период с 1766 по 1769 годы на канале, соединяющем каменноугольные копи с Манчестером, были пройдены пять судоходных тоннелей, самый протяженный из которых имел длину 2632 м. Всего за тот же период времени, что и во Франции, в Англии были построены около 60 судоходных тоннелей.

В США первый судоходный тоннель длиной 137 м был построен в 1818-1821 годах на Шюйкильском канале.

Вторую четверть XIX в. можно считать началом эпохи промышленного тоннелестроения. Наряду с судоходными активно возводились железнодорожные тоннели. Первый из них был проложен в 1826-1830 гг. в Англии, длина его составляет 1190 м. В то же время во Франции был построен железнодорожный тоннель на линии Роанн-Андрезье.

Интересно вспомнить о забытой идее Леонардо да Винчи, который еще в XVI столетии предложил устраивать различные улицы для пешеходов и экипажей с тем, чтобы «обслуживающее движение» и «движение сеньоров» осуществлялось в разных уровнях. Только через четыре столетия эти принципы были нами по достоинству оценены и стали претворяться в жизнь.

Значительным стимулом для активного освоения подземного пространства быстрорастущих крупных городов явилось строительство метрополитенов. Первые городские подземные железные дороги, как известно, были построены в Лондоне (1863 г.), Будапеште (1896 г.), Париже (1900 г.) и других городах Западной Европы США. После успешного создания первых городских внеуличных подземных железных дорог появилось стремление упорядочить таким же образом и движение быстро развивающегося индивидуального, общественного и грузового автомобильного транспорта.

Активное использование подземных пространств с начала XX века.

В начале XX столетия оригинальные предложения по многоуровневой организации движения в городах были выдвинуты во Франции, Италии, Англии и других странах. Например, в 1910 г. видный французский инженер-архитектор Эжен Энар в проекте «Улицы будущего» предлагал организовать движение пассажирского и грузового транспорта в разных уровнях (рисунок 1.1). Для такой дифференциации под проезжей частью узких улиц, плотно застроенных большими зданиями типа доходных домов, Эжен Энар рекомендовал устраивать подземные рельсовые узкоколейные пути для специальных вагонеток. Кроме того, он предлагал устраивать под землей стоянки для легковых автомобилей.

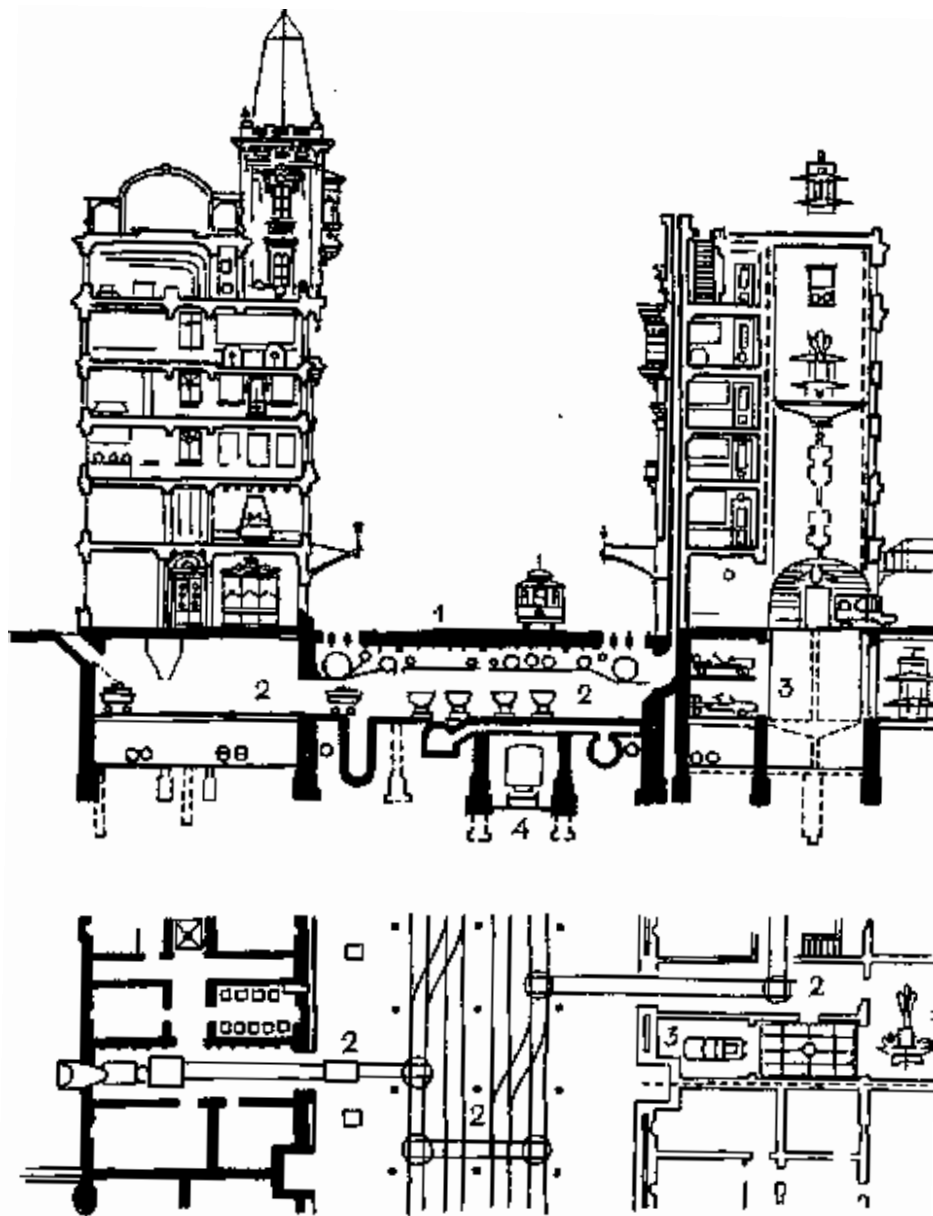


Рисунок 1.1 – «Улицы будущего» Эжена Энара (Франция, 1910 г.). Разрез и фрагмент плана:
1 – проезжая часть; 2 – подземный уровень движения коммунального и грузового транспорта; 3 – подземные гаражи;
4 – тоннель метрополитена; 5 – подземные стоянки индивидуальных летательных аппаратов

Особенно остро встала транспортная проблема в конце XIX – начале XX в. в связи с бурным ростом городов. Многие специалисты-градостроители видели выход из этого положения в ускоренном развитии внеуличного рельсового, преимущественно подземного, транспорта.

Огромное влияние на развитие идей пространственного градостроительства, а следовательно, и на использование подземного пространства городов оказали новаторские проекты Ле Корбюзье, разработанные

в конце 20-х – начале 30-х гг. Ле Корбюзье впервые в мировой градостроительной теории и практике доказал необходимость четкого функционального зонирования всего города не только в плане, но и в профиле, со строгим разделением путей пешеходов и транспорта, с созданием многоуровневых общественно-транспортных центров. В проекте «Лучезарного города» Ле Корбюзье предлагал пять уровней движения. К сожалению, пророческие идеи этого крупнейшего архитектора современности, намного опередившие возможности своего времени, практического воплощения при его жизни почти не получили.

Стремительное, превосходящее все ожидания развитие моторизации дало новый толчок для размещения городов под землей.

В 1941 г. в Сан-Франциско был построен первый подземный гараж общественного пользования и началось массовое строительство подземных переходов, вначале под железными дорогами, а затем и в важнейших узлах пересечения шоссе дорог и под главными городскими улицами.

В 1955 г. в Вене был открыт первый в Европе подземный пешеходный переход, который не только обеспечил пространственное разделение пешеходного и автомобильного движения, но и приобрел определенное общественное значение. «Опернпассаж» со своими магазинами, рестораном и кафе, четкой системой информации стал хрестоматийным примером для решений подземного пешеходного перехода в крупном городе (рисунок 1.2).

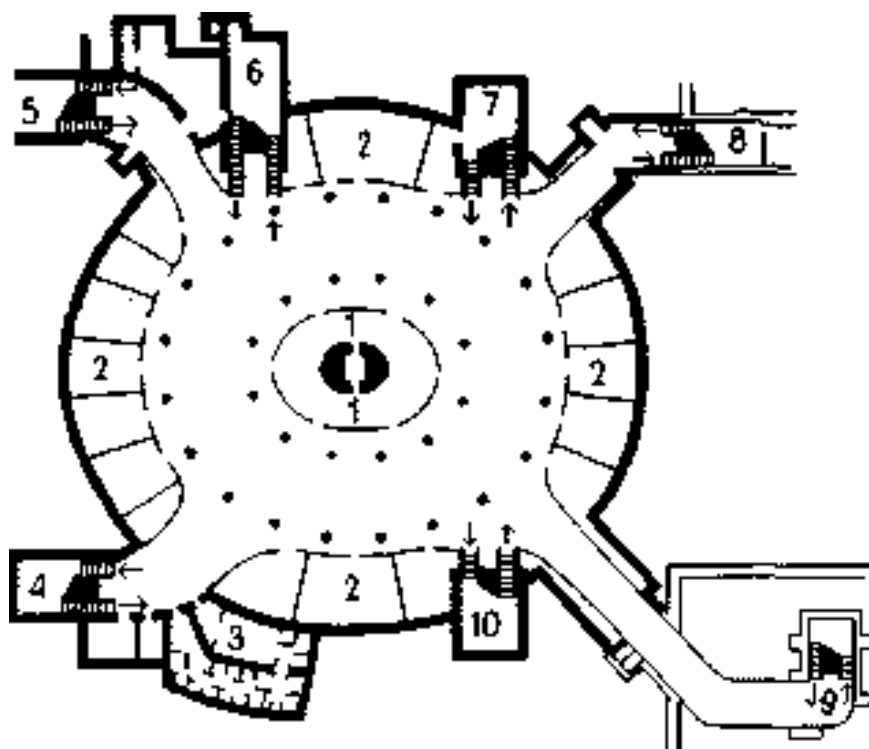


Рисунок 1.2 – Подземные пространства Венской оперы (г. Вена, Австрия):

1 – кафе; 2 – магазины; 3 – общественные туалеты; 4 – выход к Опере; 5-10 – прочие выходы, оборудованные эскалаторами

Противоречия между задачами сохранения и развития центральных районов городов и процессами моторизации не могут быть разрешены каким-либо «перераспределением». Внутренние районы городов в большинстве своем хранят богатейшие исторические традиции. Свободных территорий внутри этих районов, естественно, нет, и новые потребности могут быть удовлетворены только за счет какой-нибудь традиционной функции.

Стоимость земельных участков в центральных районах крупных городов непрерывно возрастает. Растущая цена участков одновременно означает и то, что стоимость наземных многоэтажных гаражей (зданий-стоянок) будет становиться еще выше, что найдет свое выражение и в плате за стоянку. Растущие затраты из-за стоимости земельных участков вместе с тем делают неопределенной и саму перспективу развития системы таких сооружений.

Проблема стоянок по-разному проявляется в городах с так называемой сплошной застройкой, как, например, в Будапеште, Вене или Париже, и в городах с жилой застройкой коттеджного типа, как, например, в Лондоне. В первых – потребности в дневных и ночных стоянках наслаиваются друг на друга, в последних – ночная стоянка решается относительно легко на участках мест жительства, дневные же стоянки

концентрируются на внутренней территории центра города. Первый общественный подземный гараж, как уже отмечалось, был построен в 1941 г. в Сан-Франциско. Из-за Второй мировой войны эксперимент был продолжен лишь во второй половине 50-х годов; серия подземных гаражей появилась в Париже как часть крупномасштабного, научно обоснованного проекта.

В 1957 г. было сдано в эксплуатацию первое здание гаража-стоянки общественного пользования на 975 мест на Марше Сент-Оноре. Первая проба свидетельствует об осторожности: у здания в семь этажей только один был заглублен под землю, а шесть были возведены над землей. Следующее такое здание на Аллее Инвалидов было построено уже с семью этажами под землей и четырьмя над землей вместимостью в 1320 мест, сдали его в эксплуатацию в 1964 г. Третье, которое было построено в 1965 г. на углу Елисейских полей, и улицы Георга V, было уже полностью подземным. На шести этажах могло разместиться 1300 автомобилей (рисунок 1.3).

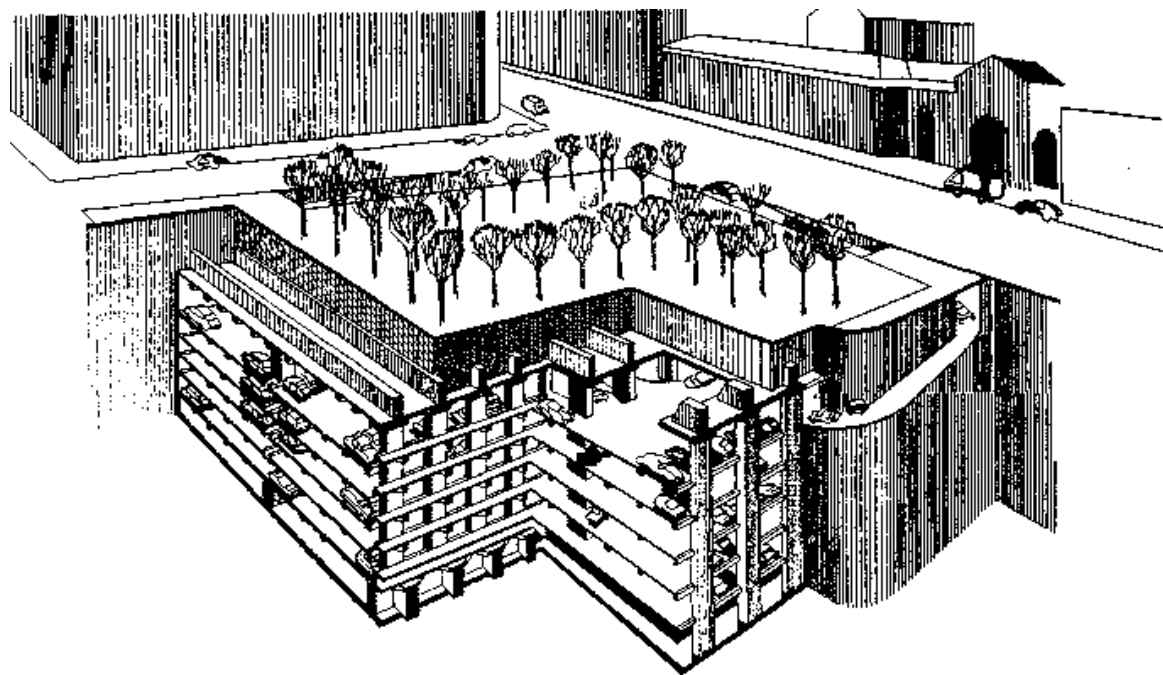


Рисунок 1.3 – Шестиэтажный подземный гараж. Париж, площадь Монсо

Подземные гаражи, в основном размещаемые под площадями, распространены теперь во множестве городов мира, и сегодня уже едва ли возможно учесть все вновь построенные объекты. Новейшие типы гаражей были сооружены в Вене во второй половине 70-х годов. Их строительство до такой степени было связано с метрополитеном, что они возникали как бы «в тени» многочисленных перекрытий городского движения из-за строительства метро.

Построенный около Государственной оперы подземный гараж «Кертнерштрассе» на 5 этажах способен принять 530 легковых автомобилей (рисунок 1.4). Особые преимущества его расположения заключаются в том, что он непосредственно примыкает к пешеходной зоне центра города, к Государственной опере и вместе с этим обслуживает также и служебный транспорт центра города, насыщенного конторами, банками, магазинами. Непосредственно к опере подвели подземный пешеходный тоннель, следовательно, публика, пользующаяся гаражом, без выхода на улицу может попасть в театр. Для обслуживания автовладельцев определенное количество мест получили также отделение банка и страховое агентство.

Создание другой разновидности заглубленных гаражей в 1 – 3 этажа, строящихся одновременно с метро или конструктивно связанных с ними, было осуществлено в Брюсселе. Строительство открытым способом и особенности продольных профилей метро очень часто связаны с созданием так называемых «мертвых зон» над тоннелями метро, которые могут быть использованы для самых различных целей (рисунок 1.5).

В Брюсселе сознательно были созданы пространства над линиями метро с таким расчетом, чтобы они использовались не произвольно, а по заранее определенному назначению, главным образом для устройства в них подземных гаражей. Характерной их особенностью является то, что наряду с поперечным сечением, равным ширине тоннелей метрополитена, их длина достигает многих сотен метров и располагаются они не под площадями, а в основном под главными городскими магистралями. Несомненное преимущество таких заглубленных гаражей в том, что из-за совместного с метро строительства они существенно дешевле, чем

отдельно расположенные подземные гаражи при «точечной» застройке под площадями. Главный недостаток гаражей брюссельского типа заключается в их ограниченных габаритах по ширине.

Из этого недостатка следует другой: для того чтобы выйти из вытянутого в длину гаражного комплекса или дойти до него, требуется проделать под землей путь пешком длиной 300-400 м. Если эти гаражи оценить с точки зрения приближения к центру города, то упомянутые недостатки представляются существенными.

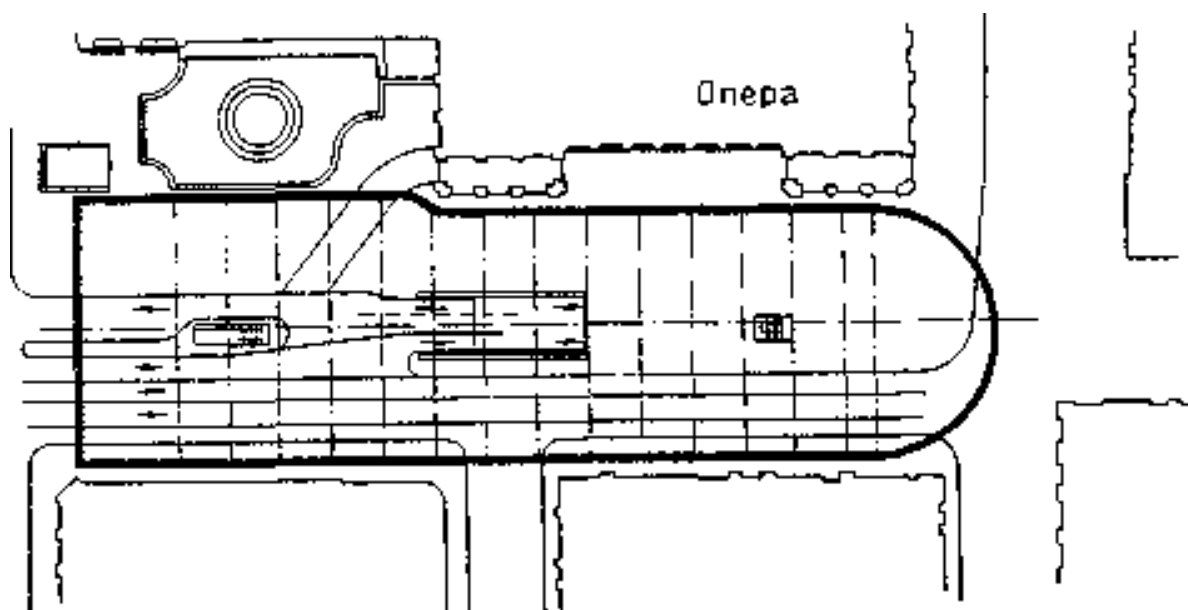


Рисунок 1.4 – Венский подземный гараж

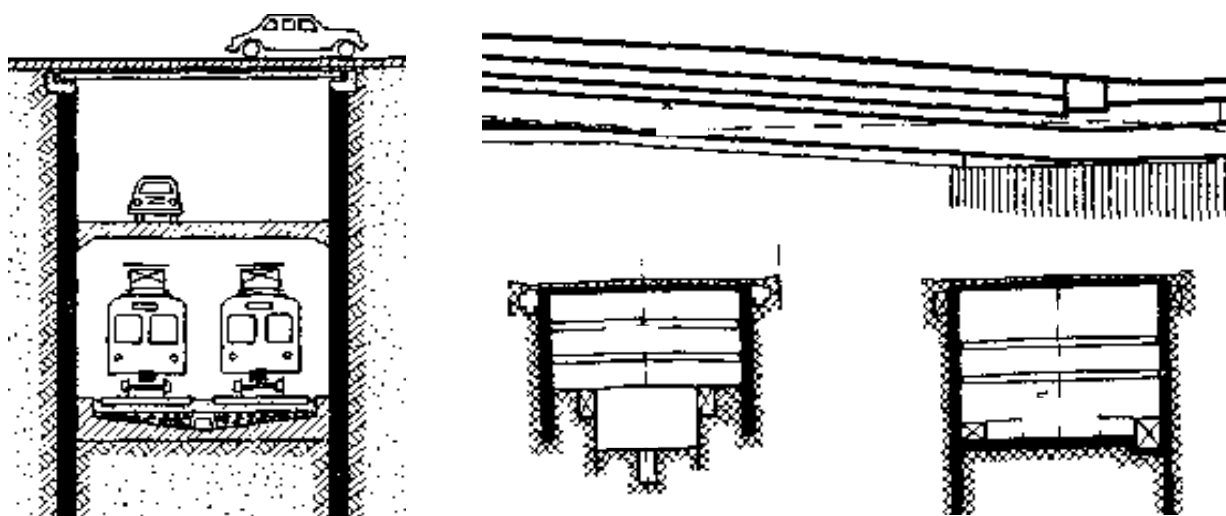


Рисунок 1.5 – Схема образования «мертвого» пространства при строительстве метрополитена открытым способом

Гаражами общественного пользования не исчерпывается все многообразие перспективных типов подземных стоянок. Все больше учреждений строят подземные стоянки на территории промышленных предприятий, под административными и другими зданиями.

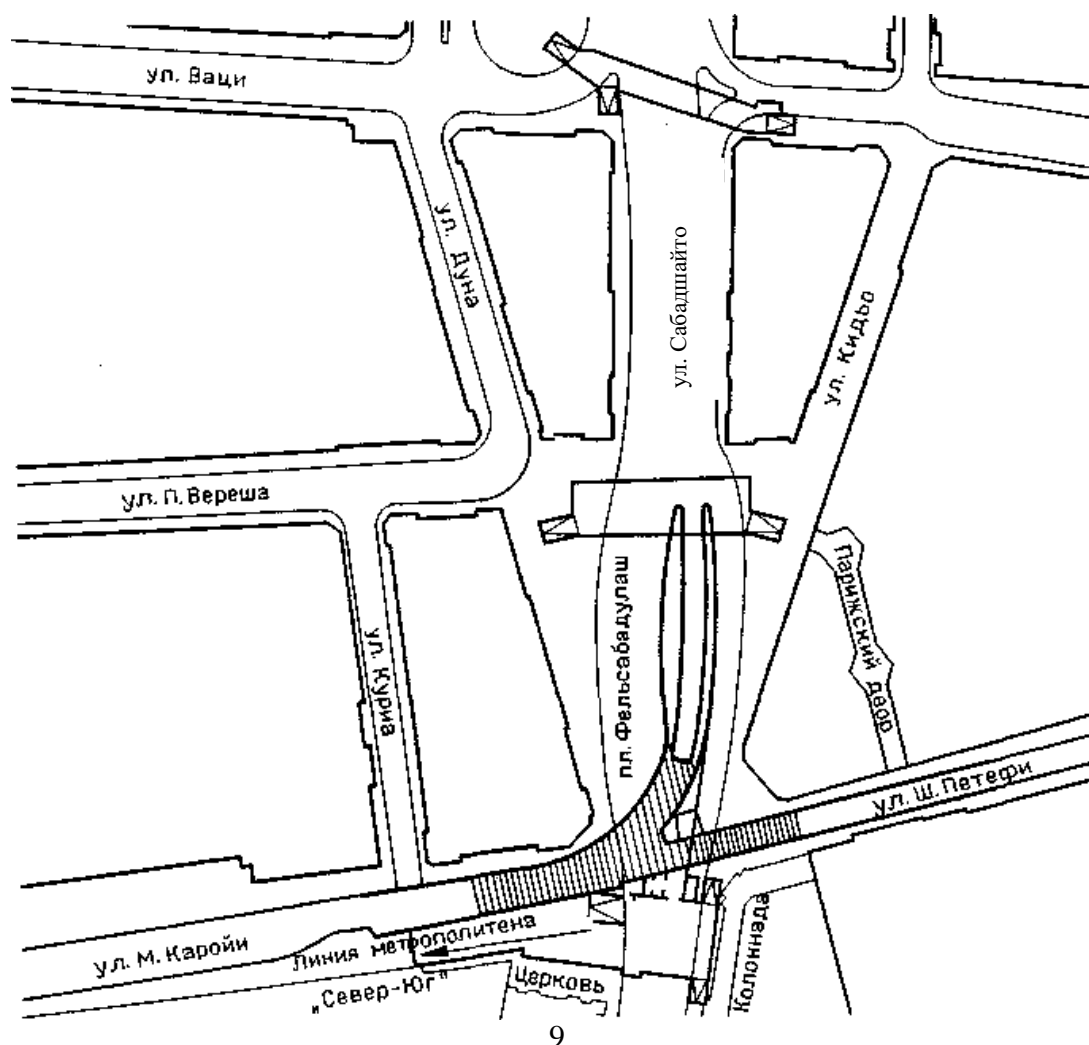
У жилых домов уже в большинстве европейских стран в установленном порядке автостоянки строят главным образом в уровне первых этажей, а во многих случаях и под землей. Крупные учреждения обслуживания населения, такие, как гостиницы, торговые центры, универмаги, киноконцертные залы и другие объекты массового тяготения, не могут успешно эксплуатироваться без «своих» стоянок, которые во многих плотно застроенных районах городов, бедных свободными территориями, все чаще размещаются под землей.

Размещение под землей элементов городской улично-дорожной сети также следует рассматривать как одно из следствий моторизации. Развитие уличного движения в городах является, как известно, самотормозящим процессом: рост движения приводит к переполнению магистралей, а затем и к хроническим заторам. Источники и причины заторов в движении следует выявлять прежде всего на перекрестках.

В связи с увеличением числа используемых автомобилей народнохозяйственные потери, связанные с дорожными заторами, при уровне автомобилизации порядка 300 – 500 автомобилей на 1000 жителей достигают таких размеров, что строительство пересечений дорог в разных уровнях становится экономически обоснованным. Если развитие парка легковых автомобилей будет расти и дальше, то, видимо, и массовое строительство пересечений улиц и дорог в разных уровнях станет «самоокупающимся».

Полную непрерывность потока движения можно обеспечить только в том случае, если пересекающиеся улицы и дороги будут проходить в разных уровнях. При проектировании пересечений в различных уровнях с устройством традиционного путепровода необходимо учитывать два критерия: предполагаемые уровни транспортного шума и степень ожидаемого изменения облика города. При этом следует помнить, что увеличение уровня транспортного шума на улицах и дорогах крайне неприятно действует на жителей, особенно при устройстве эстакад на не слишком широких и плотно застроенных перекрестках, так как источник шума перемещается с уровня проезжей части на уровень верхних этажей. Путепровод отрицательно влияет и на облик города, особенно если он прокладывается по застроенной территории, закрывает важные для города панорамы и перспективы и размещается вблизи памятников истории, культуры или искусства. Устройство транспортных тоннелей устраняет все эти недостатки. Известно, что степень загрязнения воздуха является максимальной на перекрестках, где из-за частых остановок транспорта перед светофорами выбросы выхлопных газов увеличены. При устройстве транспортных пересечений в разных уровнях степень загрязнения воздуха значительно снижается благодаря искусственной вентиляции, отведению выхлопных газов из транспортных тоннелей на большем расстоянии и на соответствующей высоте.

В Будапеште первое транспортное пересечение в центре города было построено в 1976 г. (рисунок 1.6). Это пересечение, решенное в форме латинской буквы V, обеспечивает свободное движение в трех направлениях.



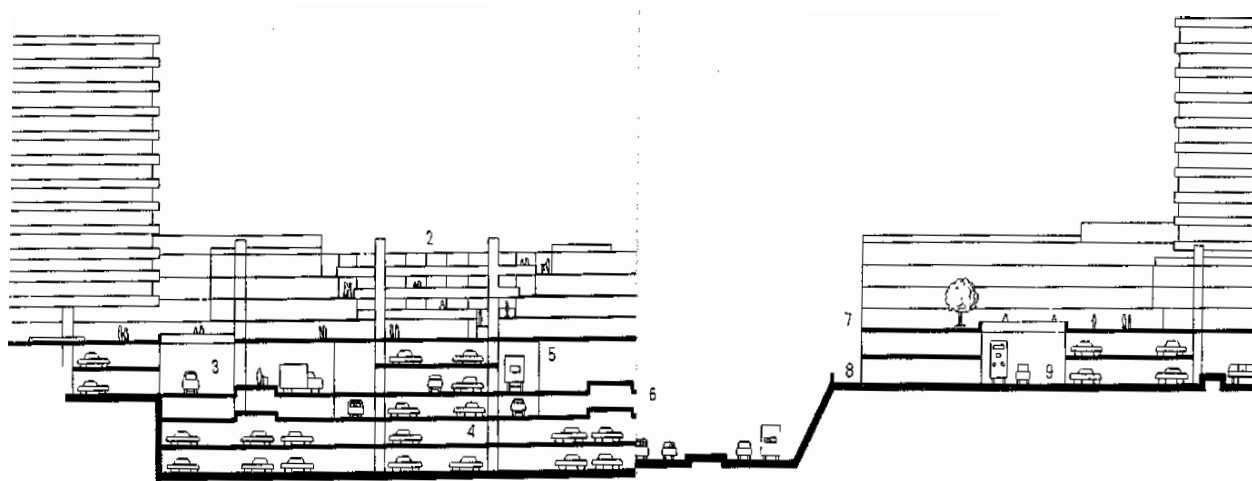
Уже во всех крупных городах мира, от Хельсинки до Парижа, эксплуатируются или строятся транспортные тоннели. При этом строительство городских транспортных тоннелей все чаще не ограничивается одним коротким по длине пересечением с улицей автомобильной или железной дорог.

Расположенные под землей предприятия или торговые центры во многих городах создают подъездные дороги для снабжения товарами и материалами. Во многих случаях, главным образом для объезда загруженных магистралей, беспрепятственного снабжения универмагов, складов и учреждений, расположенных в наземных зданиях, оправдано устройство «вспомогательных» транспортных тоннелей служебного типа.

На рисунке 1.7 показан один из вариантов проекта реконструкции самого загруженного в мире центра – в Лондоне.

Размещение под землей отдельных участков важнейших транспортных магистралей, пересекающих город или его часть, преследует цель разгрузить улично-дорожную сеть города и повысить скорости движения. Наряду с этим возрастает степень защиты окружающей среды, уменьшаются шумовая нагрузка и загрязнение воздуха.

В зависимости от дальности и цели поездки при свободно выбираемом типе дороги возникает возможность движения по городу с более высокой скоростью, без неоправданных остановок у светофоров, что связано со значительной экономией времени, затрачиваемого на поездку, и расхода



топлива.

Рисунок 1.6 – Транспортные пересечения тоннельного типа, г. Будапешт

1 – жилой дом; 2 – магазины; 3 – местный проезд; 4 – стоянка; 5 – грузовая платформа; 6 – главная дорога; 7 – главный уровень пешеходного движения (прежний уровень поверхности земли); 8 – новый уровень поверхности земли; 9 – улица районного значения

Большую роль в жизнедеятельности крупного города играет железнодорожный транспорт. Территория, занятая железной дорогой, мешает росту города, а уже застроенная территория, в свою очередь, тормозит развитие самой железной дороги. Многие десятилетия назад отведенные под железные дороги территории рассчитывались на значительно меньшее по сравнению с сегодняшним движение.

Равновесие между развитием городов и железной дорогой может быть достигнуто с помощью следующих мероприятий:

- отдельные участки железных дорог, осуществляющих перевозки пассажиров, соответствующие станции (при условии устройства их под землей) целесообразно размещать в узловых пунктах города, в зоне концентрации остановочных пунктов городского общественного транспорта;
- в зонах, примыкающих к городским железнодорожным станциям, имеют преимущественное право на размещение только объекты, связанные с организацией пассажирского движения;
- сооружения, предназначенные для эксплуатации железных дорог (депо, ремонтные мастерские, склады, конторы, энергетическое оборудование и т. д.), а также грузовые станции, товарные склады, сортировочные станции целесообразно перебазировать за город;
- освобождающиеся после переноса железной дороги территории можно предоставить для целей городского развития.

Приведенные выше основные принципы организации связей крупного города и железной дороги рассчитаны на далекую перспективу и связаны с выделением огромных средств. Кроме того, существующие сооружения требуют также периодических, порой весьма значительных оздоровительных мероприятий.

Поэтому не может быть и речи о каких-то быстрых, радикальных и универсальных решениях. Первым шагом, возможно, следует считать приостановление дальнейшего территориального расширения железной дороги.

Только после этого может последовать постепенное вытеснение на загородные территории грузового движения и складских устройств.

Размещение отдельных участков железных дорог под землей уже начали многие крупные города, одновременно приступили к крупномасштабному освобождению наземных городских территорий от железных дорог. Эти меры предусматривают прежде всего тесную связь между железнодорожным пассажирским сообщением и городским общественным транспортом, организацию компактных пересадочных узлов в соответствии с интересами тех пассажиров, которые, участвуя в маятниковом движении, значительную часть своего времени вынуждены проводить в тех или иных поездках.

Одна из наиболее эффективных акций по реконструкции и удлинению подземной пригородной железной дороги с созданием подземного железнодорожного диаметра была осуществлена в Мюнхене.

В результате создания тоннельного железнодорожного диаметра между Главным и Восточным вокзалами, была создана единая пригородная сеть города, вместе с этим к данной сети был подключен и центр города. Пятикилометровый подземный железнодорожный диаметр пересекается с линией метро «Север – Юг» (Мариенплац), где создана крупная подземная пересадочная станция. Наиболее значительное сооружение этого диаметра Штакус включает в себя подземную железнодорожную станцию «Карлсплац» – пятиэтажное подземное сооружение, которое кроме станции пригородной железной дороги имеет этаж, полностью отведенный для пешеходов, и магазины; два подземных этажа отданы под гаражи и склады магазинов.

Подземный рельсовый транспорт очень быстро развивается и в Японии. Это, в первую очередь, распространяется на городские участки железных дорог.

Станция длиной 320 м размещается на глубине 44,8 м и при помощи подземной пересадочной связи соединяется с IV линией метрополитена (рисунок 1.8).

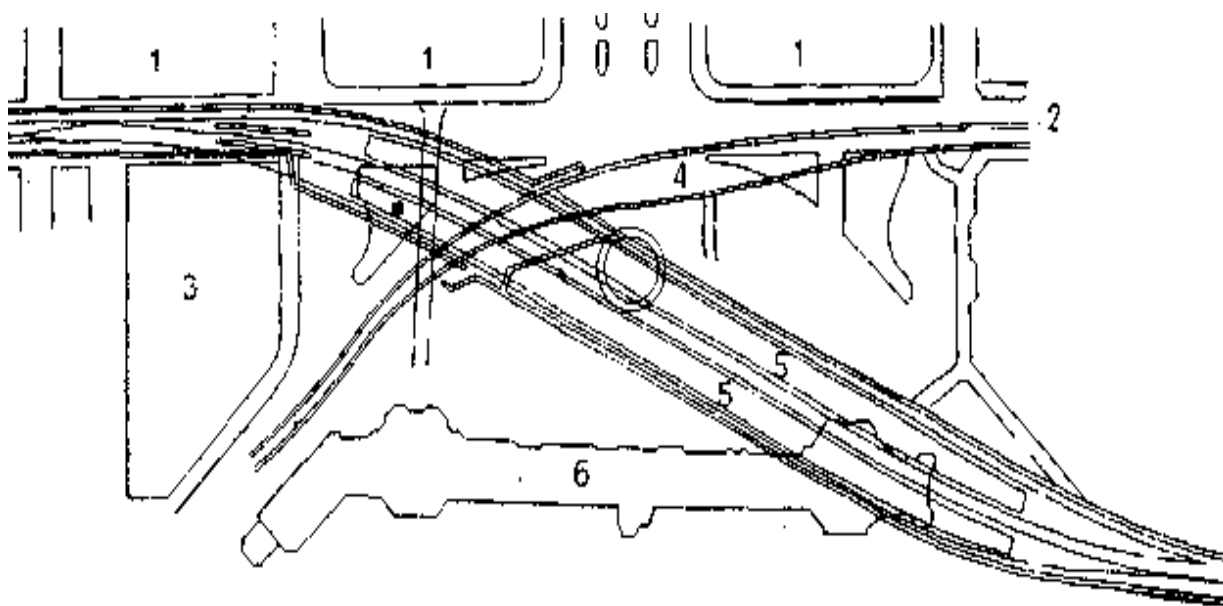


Рисунок 1.8 – Пересечение метрополитена и железной дороги в Хийода-Ку, г. Токио:
1 – административное здание; 2 – IV линия метро к Токио; 3 – почтамт; 4 – станция метрополитена;
5 – подземная железнодорожная станция; 6 – железнодорожный вокзал

Подземный комплекс, объединяющий обе станции, кроме пешеходных площадей включает в себя и железнодорожные служебные помещения; транспортные его функции дополняются подземными автостоянками и торговыми предприятиями.

Пересекающие город подземные скоростные трассы способны более удовлетворительно переводить на городские магистральные улицы движение с внегородских автомобильных дорог. Несмотря на то, что строительство таких трасс требует громадных капитальных затрат, их эффективность представляется неоспоримой.

Значительную роль не только в безопасном и практически непрерывном, без потерь времени на ожидания у светофоров пешеходном движении играют подземные переходы. Они также способствуют организации непрерывного потока дорожного движения.

В последние десятилетия в мире непрерывно возрастают масштабы подземного строительства и использования подземного пространства для различных производственных и хозяйственных целей (таблица 1.1).

Таблица 1.1 – Объемы подземного строительства в некоторых странах

В млн м³

Годы	Страны				
	Япония	США	Италия	Франция	Швеция
1960–1970	90	40	40	30	20
1970–1980	300	180	60	50	30
<i>Примечание</i> – Выработка горнодобывающей промышленности не учитывается					

В России в настоящее время метрополитены эксплуатируются и строятся в семи городах – Москве, Санкт-Петербурге, Нижнем Новгороде, Новосибирске, Екатеринбурге, Самаре и Казани. Проектируются и строятся метрополитены в Омске, Челябинске, Уфе и Красноярске. Общая сеть построенных линий метрополитенов по стране – более 400 км.

В Санкт-Петербурге в 1996 г. впервые в России построена подземная двухъярусная станция «Спортивная».

На Байкало-Амурской железнодорожной магистрали в сложных климатических, топографических и инженерно-геологических условиях завершено строительство в декабре 2001 г. Северо-Муйский тоннель длиной 15,3 км – самый длинный тоннель на сети железных дорог России.

Большое строительство тоннелей осуществляется сейчас в районе Сочи, где сооружается объездная магистраль вокруг города и скоростная дорога к туристическому центру «Красная поляна».

Транспортная инфраструктура Москвы обогатилась рядом больших городских тоннелей, проложенных в местах пересечения наиболее крупных магистралей и предназначенных для развязки транспортных потоков в разных уровнях.

К числу таких объектов относится Кутузовская транспортная развязка в районе Кутузовского проспекта и Клевской улицей. Она представляет собой оригинальную инженерную систему, состоящую из 6 тоннелей общей длиной 3045 м и большой развязки под пл. Гагарина – автодорожного 8-полосного тоннеля длиной 800 м с выездами на магистрали города. В общий комплекс этого сооружения входят: железнодорожный тоннель длиной 920 м с пересадочным узлом и двухъярусные подземные автостоянки на 640 автомобилей.

Крупнейшими подземными автодорожными магистралями на Третьем кольце, оптимально решающими транспортные, экологические и архитектурно-исторические проблемы, являются построенные тоннели в районе Лефортово. Одновременно со строительством на Третьем транспортном кольце ведется строительство таких сооружений на хордовых магистралях. Так, на Волоколамском шоссе под каналом им. Москвы построен автодорожный тоннель протяженностью 409 м на пять полос движения автотранспорта, в том числе одна полоса для троллейбуса; 160 м этого тоннеля располагаются непосредственно под тоннелем.

Большое строительство тоннелей ведется под природно-охранном комплексом «Серебряноборское лесничество». Проектировщики предлагают решение, не имеющее аналогов в мировой практике тоннелестроения: объединить в одном тоннеле в разных уровнях автомобильный транспорт и метрополитен.

В ближайшее время в Москве предстоят масштабные работы на объектах четвертого транспортного кольца, где намечены два крупных тоннеля для пропуска смешанного движения под природоохранными комплексами, освоение подземного пространства под площадями Павелецкого, Белорусского и Киевского вокзалов.

В Беларуси опыт использования подземного пространства представлен в основном строительством подземных переходов, линий метрополитена и общественно-торгового центра с паркингом в Минске (рисунок 1.9).

Строительство подземного общественно-торгового центра в Минске не только изменило планировочное решение площади, но и примыкающих к ней кварталов, транспортной схемы, насыщение прилегающих улиц паркингами и автостоянками. Что касается застройки, расположенной по периметру площади, то ее масштаб был укрупнен, но возведение новых надземных зданий не предусматривается. Реконструкция изменила функциональное назначение площади, из административно-вузовской она превратилась в общественную с круглосуточным функционированием различных объектов обслуживания.

Комплексный подход к освоению подземного пространства городов наблюдается в большинстве промышленно развитых стран мира. Необходимость в таком подходе связана с потребностью решения многочисленных градостроительных проблем современных больших городов, экономичностью подземных сооружений по сравнению с наземными, техническими или производственными задачами и т.д.

Таким образом, можно констатировать, что человечество имеет многовековой опыт использования подземного пространства для различных целей; наиболее широкой номенклатурой подземных сооружений

2 КЛАССИФИКАЦИЯ ПОДЗЕМНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Объекты, размещаемые в подземном (или полуподземном) пространстве города, классифицируют по ряду признаков: назначению и характеру использования; объемно-планировочной схеме; количеству подземных ярусов и глубине заложения от поверхности земли; единовременной вместимости или пропускной способности; взаимосвязи с другими зданиями; месту расположения в городе.

В зависимости от *назначения и характера использования* целесообразно выделить следующие группы и виды подземных или полуподземных сооружений, помещений и устройств:

- инженерно-транспортные сооружения – пешеходные и транспортные тоннели, перегонные тоннели и станции метрополитена, скоростного трамвая и городских участков железных дорог, автостоянки и гаражи, тоннели и станции движущихся тротуаров, конвейеров и другого перспективного непрерывного транспорта, отдельные помещения и устройства вокзалов;

- предприятия торговли и общественного питания – торговые залы и подсобно-вспомогательные помещения кафе-буфетов, столовых, закусочных и ресторанов, торговые киоски, магазины, отдельные помещения или секции универсальных магазинов, торговых центров и рынков;

- зрелищные, административные и спортивные здания и сооружения – кинотеатры обычные и залы хроники, выставочные и танцевальные залы, бильярдные, отдельные помещения театров и цирков, залы заседаний и конференц-залы, книгохранилища, архивы, «запасники» музеев, стрелковые тир, залы игр и аттракционов, плавательные бассейны;

- объекты коммунально-бытового обслуживания и связи – приемные пункты, ателье и мастерские бытового обслуживания, парикмахерские, бани и бассейны, прачечные, почтовые отделения, сберегательные кассы, автоматические телефонные станции;

- объекты складского хозяйства – продуктовые и промтоварные склады, овощехранилища, холодильники, ломбарды, различного рода резервуары для жидкостей и газов, склады горюче-смазочных и других материалов;

- объекты промышленного назначения и энергетики – отдельные лаборатории, цехи и производства (особенно те, в которых необходима защита от пыли, вибрации, перемены температур и других внешних воздействий), тепловые и гидроэлектростанции, промышленные котельные, промышленные склады и хранилища;

- объекты инженерного оборудования – трубопроводы водоснабжения, канализации, теплоснабжения, газоснабжения (вплоть до молокопроводов молочных заводов или керосинопроводов в аэропортах), водостоки и ливнестоки, кабели различного назначения, мусоропроводы, общие коллекторы подземных сетей, электротяговые подстанции, хозяйственно-бытовые устройства – вентиляционные и калориферные камеры, бойлерные и котельные, газо-регуляторные пункты и газораздаточные станции, станции перекачки сточных вод, трансформаторные подстанции, очистные и водозаборные сооружения.

Среди многочисленных городских подземных сооружений значительное место занимают транспортные сооружения, отличающиеся по назначению, планировочной схеме, месту расположения в городе, глубине заложения и способу строительства (рисунок 2.1). Кроме того, подземные транспортные сооружения могут отличаться по форме и размерам поперечного сечения, видам материала и конструктивным особенностям, условиям проветривания, освещения и т. п.

В соответствии с планировочной схемой различают протяженные подземные сооружения – *тоннели*, длина которых во много раз превышает размеры поперечного сечения, и *подземные сооружения ограниченной длины*. Тоннели в зависимости от назначения могут быть транспортными: *автодорожными, железнодорожными, для метрополитена, скоростного трамвая, специальных видов транспорта* (поезда монорельсовой дороги, поезда на магнитной или воздушной подушке, средства пневмотранспорта и т. п.), а также *пешеходными или совмещенными* для движения различных видов транспорта и пешеходов. Например, по разным отсекам одного тоннеля могут перемещаться автомобили, поезда метрополитена, поезда городской железной дороги и пешеходы.

Подземные транспортные сооружения ограниченной длины могут быть предназначены для хранения транспортных средств (*автостоянки и гаражи*), размещения *станций метрополитена*, скоростного трамвая или городской железной дороги, устройства пересадочных узлов и пересечений подземных автомагистралей,

отдельных помещений вокзалов или аэропортов, для создания *пешеходных уровней* и *многоярусных транспортных комплексов* (рисунок 2.2).

Подземные транспортные сооружения могут располагаться под застроенной (рисунок 2.3, *а– в*) и незастроенной (рисунок 2.3, *г–е*) городской территорией. В первом случае подземные сооружения могут быть изолированными от поверхностных зданий и сооружений, а также встроенными или пристроенными. Встроенными называют подземные сооружения, совмещенные с подвальными этажами зданий, а пристроенными — сооружения, расположенные рядом со зданиями и соединенные с ними подземными проездами и переходами. Существуют также встроенно-пристроенные подземные сооружения.

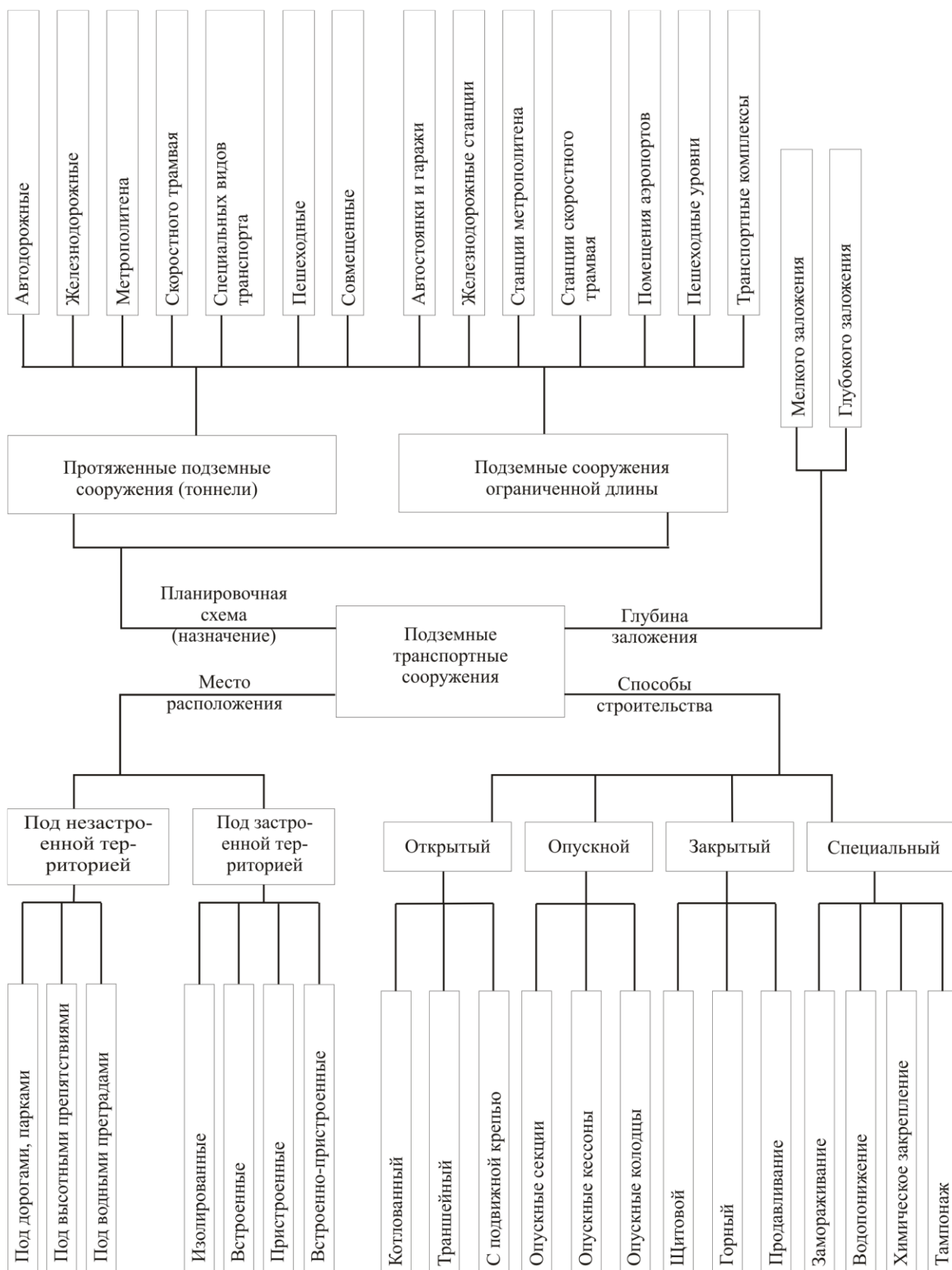


Рисунок 2.1 – Классификация подземных транспортных сооружений

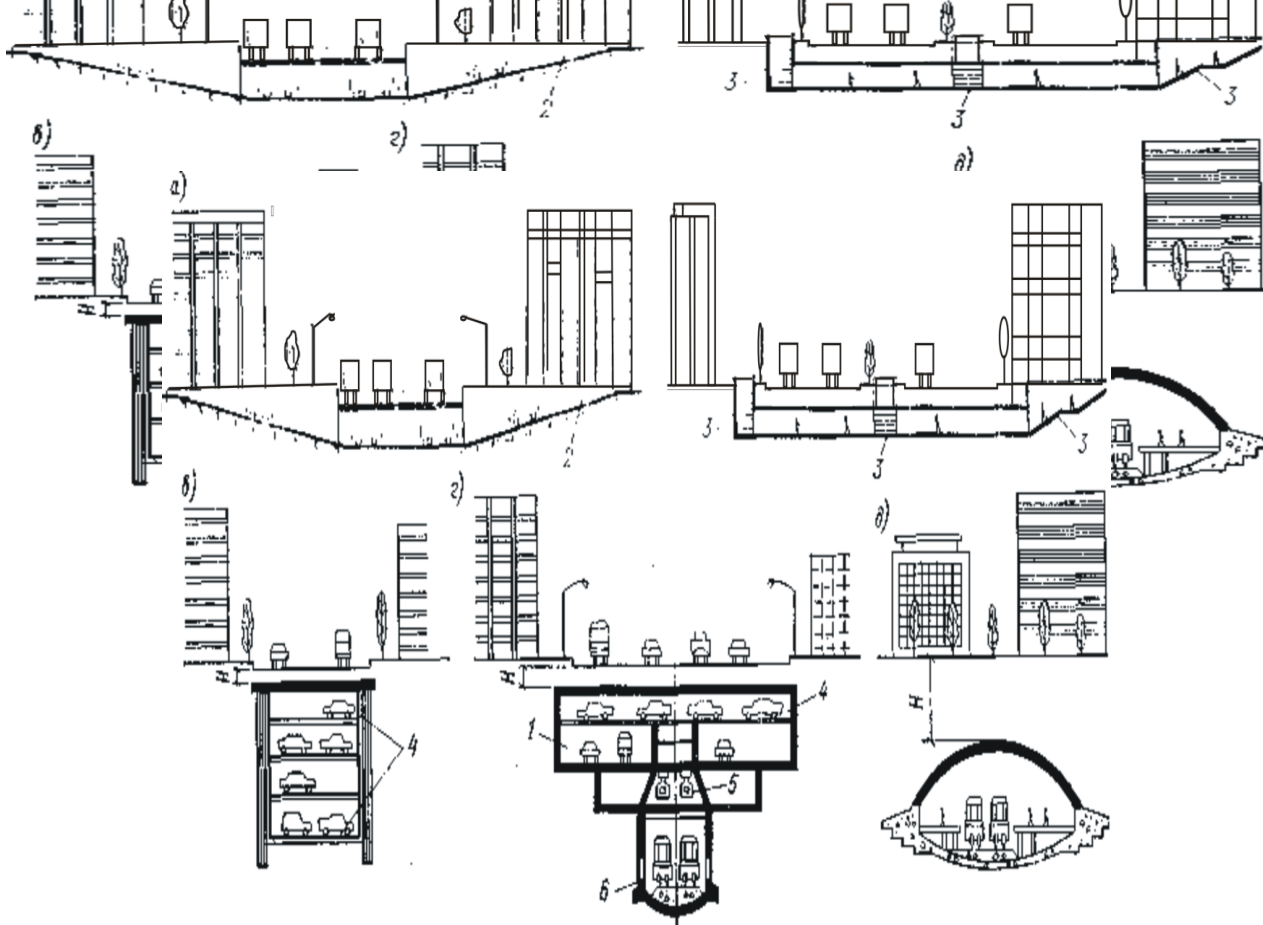


Рисунок 2.2 – Схемы городских подземных сооружений:
a – автотранспортный тоннель; *б* – пешеходный тоннель; *в* – гараж-стоянка; *г* – многоярусный транспортный комплекс;
д – станция метрополитена; *1* – тоннель; *2* – рампа; *3* – лестничные сходы; *4* – стоянка; *5* – монорельсовая дорога;
б – тоннель метрополитена

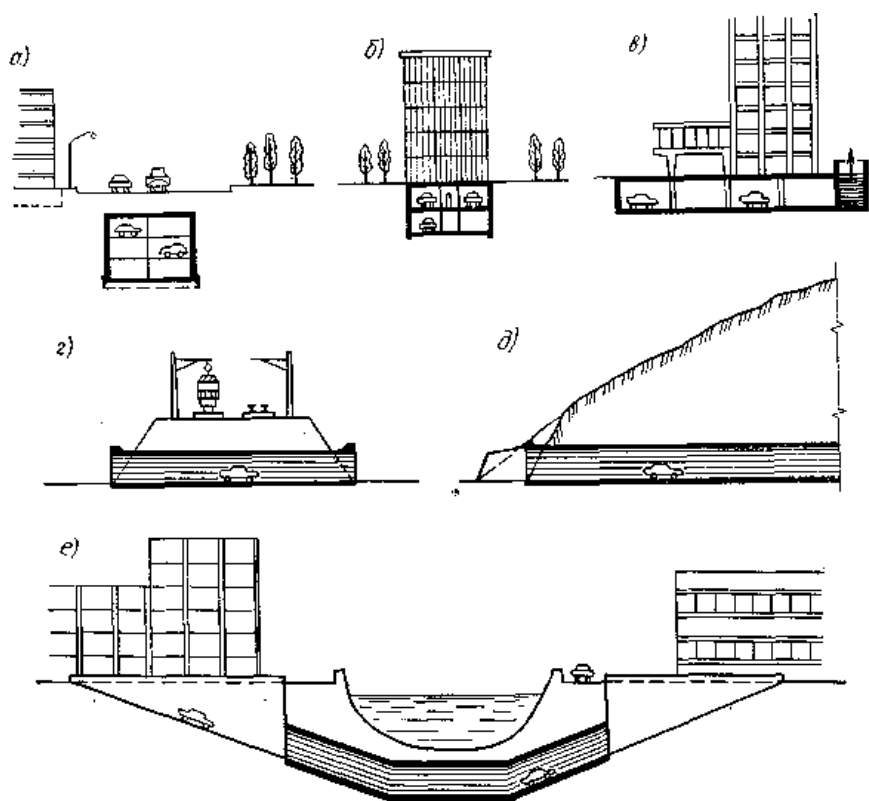


Рисунок 2.3 – Подземные сооружения под застроенной (*a, б, в*) и незастроенной (*г, д, е*) территориями:
a – изолированное; *б* – встроенное; *в* – встроенно-пристроенное; *г* – под искусственным препятствием;
д – под естественным высотным препятствием; *е* – под водной преградой

При расположении подземных сооружений на свободных от застройки участках городской территории их размещают под внеуличными скоростными автомагистралями или железными дорогами, под скверами или парками, а также под различными естественными или искусственными препятствиями.

В большинстве крупных городов имеются различные водотоки и водоемы: реки, каналы, озера, водохранилища и т. п. Для постоянной транспортной связи между берегами сооружают не только мосты, но и *подводные тоннели*. Под водными препятствиями могут располагаться также и другие транспортные сооружения: автостоянки, гаражи, многоярусные комплексы.

Объемно-планировочные решения подземных и полуподземных сооружений во многом предопределяются глубиной их заложения от поверхности земли. В связи с этим известны:

- сооружения глубокого заложения (на отметках ниже -10, -15 м от уровня поверхности земли), строительство которых обычно осуществляется закрытыми тоннельными способами (без вскрытия поверхности). Сооружения глубокого заложения рассчитываются обычно на значительное горное давление;

- сооружения мелкого заложения (на отметках выше -10, -15 м от уровня земли), возводимые с полным или частичным вскрытием поверхности, а также закрытым способом;

- замкнутые сооружения, образованные перекрытиями большой площади и лишенные естественного света и проветривания. К такого рода полуподземным сооружениям относятся объекты, расположенные на поверхности земли или частично заглубленные.

По инженерно-конструктивным решениям, оборудованию и технико-экономическим показателям полуподземные и подземные сооружения мелкого заложения значительно отличаются от объектов обычного наземного строительства. Специфические особенности полуподземных и подземных сооружений определяются не только их объемно-планировочными и конструктивными схемами, но и условиями производства работ (с уровня поверхности земли или закрытыми горными способами). Принимаемые решения должны соответствовать конкретным гидрогеологическим условиям, учитывать месторасположение и характер подземных сетей и основания других объектов. Особенно сложным является строительство подземных сооружений глубокого заложения, несущие конструкции которых должны быть рассчитаны на значительное горное давление.

Строительство подземных сооружений в современных условиях все более превращается в механизированный процесс сборки и монтажа из элементов индустриального изготовления. Применение сборного железобетона открывает новые возможности для ускорения строительства. Примером высокой степени индустриализации и механизации горно-проходческих работ может служить строительство метрополитенов, осуществляемое при мелком заложении из сборных балочно-стоечных и плитных элементов, а при глубоком заложении из чугунных и железобетонных тубингов.

В отдельных видах подземных сооружений оправдано сочетание монолитного и сборного железобетона. Применение предварительно-напряженного железобетона намного повышает устойчивость конструкций от опасности возникновения трещин, а водонепроницаемость их значительно ниже, чем монолитных конструкций.

В последнее время используются новые средства механизации строительно-монтажных и горнопроходческих работ. Так, при строительстве тоннелей метрополитенов или коллекторов большого сечения закрытым способом применяются специальные щитовые комплексы, которые позволяют механизировать все производственные процессы, обеспечивают безопасность работ и высокое качество сооружений с минимальными затратами. Успешно развивается строительство подземных сооружений при помощи метода опускаемых колодцев с постепенным их погружением, методом «стена в грунте», в минимальной степени стесняющим уличное движение, и др.

Проектирование новых подземных сооружений в городах должно осуществляться во взаимосвязи с существующими инженерными сетями. Известно, что в отдельных городских узлах запутанная система магистральных инженерных сетей может привести в отчаяние даже самого квалифицированного проектировщика. При строительстве крупных подземных сооружений в сложившихся районах города производство работ часто осложняется не только многочисленными инженерными сетями, но и фундаментами других капитальных зданий и сооружений. Нередко возникает необходимость искусственного водопонижения и надежной гидроизоляции вплоть до замораживания или химического закрепления грунтов.

С определенными техническими трудностями связаны вопросы инженерного оборудования и эксплуатации подземных сооружений, которые практически всегда нуждаются в постоянном искусственном освещении, надежной и непрерывной приточно-вытяжной вентиляции, специальной акустической защите от шума, защите от подземных вод, особых способах отопления или даже кондиционирования воздуха. При этом, например, в подземных переходах требуется решение комплекса сложных инженерных задач: обеспечение необходимого подпора воздуха, исключающего возможность затекания отработанных газов в подземные помещения, охлаждение (летом) или подогрев (зимой) подаваемого воздуха, его увлажнение, а в необходимых случаях и ионизация, снижение шума от вентиляционных устройств, особый расчет скорости

подаваемого воздуха, исключая сквозняки и опасность поднимания пыли. Все это заметно удорожает стоимость строительства и эксплуатации.

3 ПОДЗЕМНЫЕ АВТОТРАНСПОРТНЫЕ ТОННЕЛИ И АВТОМАГИСТРАЛИ

На отдельных участках городских улиц и дорог для обеспечения высокой расчетной скорости движения, увеличения пропускной способности, для сохранения капитальной застройки, при крутом рельефе или при желании создать пешеходную зону целесообразно устраивать транспортные тоннели. При этом повышается безопасность уличного движения, значительно сокращается уровень транспортного шума и степень загрязнения воздуха выхлопными газами автомобилей. К тому же транспортные тоннели почти не имеют элементов, находящихся выше уровня проезжей части, и лишь незначительно нарушают традиционный и привычный для горожан городской пейзаж.

Городские автотранспортные тоннели служат для пропуска всех видов городского наземного пассажирского транспорта. Они предназначены:

- для обеспечения движения транспорта в разных уровнях на пересечениях, примыканиях и разветвлениях автомагистралей;
- увеличения пропускной способности участков магистралей;
- обеспечения подъезда к подземным гаражам и автостоянкам, торговым центрам, вокзалам, аэропортам и т.д.

Необходимость строительства автотранспортных тоннелей обычно возникает при реконструкции существующих и создании новых скоростных дорог и магистралей. Скорость автотранспорта и пропускная способность транспортных коммуникаций ограничиваются перекрестком с пересечением транспортных потоков в одном уровне. Создание транспортной развязки в разных уровнях устраняет задержки транспорта на перекрестке, способствует повышению скорости, обеспечению безопасности движения, увеличению пропускной способности перекрестка.

Транспортные тоннели в городах классифицируются по ряду признаков: по назначению, протяженности, конфигурации в плане, организации движения и конструктивной схеме, глубине заложения, месту расположения в городской застройке.

По назначению различают тоннели, предназначенные для смешанного (автомобильного и рельсового) или только автомобильного движения. В зарубежной практике встречаются тоннели, рассчитанные только на легковые автомобили.

По протяженности транспортные тоннели подразделяются на короткие, с длиной тоннельной перекрытой части до 300 м, и протяженные (более 300 м), нуждающиеся в принудительно-вытяжной вентиляции.

В соответствии с конфигурацией в плане различают прямолинейные, криволинейные, разветвляющиеся и взаимно пересекающиеся (в разных уровнях) тоннели; слияние транспортных потоков или их пересечения в одном уровне в транспортных тоннелях не допускается.

По организации движения известны тоннели для одностороннего и двухстороннего движения (во встречных направлениях), а по конструктивной схеме — однопролетные, двухпролетные и многопролетные тоннели; количество полос движения по условиям безопасности в тоннеле должно быть не менее двух.

В зависимости от глубины заложения известны тоннели мелкого заложения (глубиной до 10-15 м), разрабатываемые обычно со вскрытием поверхности, и тоннели глубокого заложения (глубиной более 10-15 м), разрабатываемые закрытыми горными способами.

По месту расположения в городе различают тоннели обычного типа, проложенные под улицами, проездами, застройкой и площадями, а также горные и подводные.

Транспортные тоннели могут быть решены в виде отдельных сооружений, входящих в состав развитых в плане и профиле пересечений городских улиц и дорог в нескольких уровнях или быть элементами многоуровневых общественно-транспортных и других комплексов различного назначения.

Различные планировочные решения автотранспортных тоннелей отличаются направлением тоннеля, его очертанием в плане, характером развязки транспортных потоков и т.д. Выбор планировочной схемы зависит от конфигурации имеющихся свободных территорий в месте развязки, топографии пересекающихся и примыкающих улиц, характера городской застройки, инженерно-геологических условий, наличия и месторасположения подземных коммуникаций.

Автотранспортные тоннели для развязки движения в разных уровнях сооружают на прямых и косых пересечениях, У- и Т-образных примыканиях, а также на разветвлениях (рисунок 3.1).

Целесообразность устройства транспортного тоннеля во многом определяется сравнением эстакадного или путепроводного вариантов. При этом должны быть учтены рельеф участка, характер окружающей застройки, гидрогеологические условия и подземные инженерные сети, стоимость перекладки которых в ряде случаев достигает половины стоимости строительства самого тоннеля.

Одним из наиболее важных условий является рельеф. Участки трассы, пересекающие вершину холма, для смягчения уклонов и сокращения длины рампов следует прокладывать в тоннелях.

В градостроительном отношении при плотной застройке тоннели, как правило, предпочтительнее эстакад, так как не загромождают пространство городских улиц и площадей. По стоимости и срокам строительства, особенно с учетом перекладки подземных коммуникаций, устройством искусственного водопонижения и надежной гидроизоляции, транспортные тоннели на 30-50% дороже транспортных эстакад. В силу приведенных обстоятельств транспортные тоннели целесообразно устраивать преимущественно в сложившихся районах и центральных зонах существующих городов.

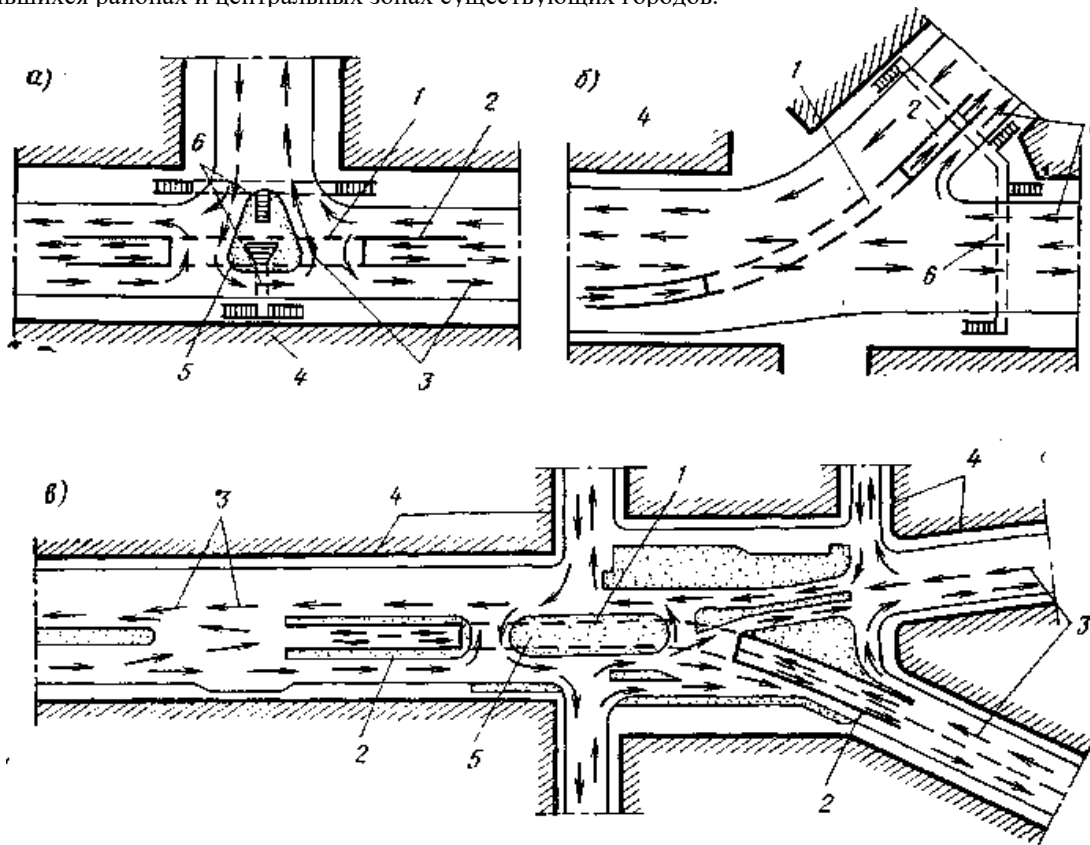


Рисунок 3.1 – Схема транспортного тоннеля на Т-образном (а), У-образном (б) примыканиях и на развилке (в) магистралей:

1 – закрытая часть тоннеля; 2 – рамповые участки; 3 – направление движения транспорта; 4 – застройка; 5 – островок; 6 – подземные пешеходные переходы

Планировочные схемы транспортных тоннелей существенно усложняются в связи с наличием в пределах узла трамвайных путей, линий железной дороги, а также при увеличении числа примыкающих улиц и магистралей, особенно если они разной категории, ширины и пропускной способности. При создании тоннеля коренным образом изменяются условия движения транспорта, причем организация движения в данном районе может осуществляться по разным схемам.

Разрабатывая планировочные решения транспортных тоннелей, учитывают и изменение условий пешеходного движения, стремясь обеспечить пешеходам удобные переходы через пересекаемые магистрали, подходы к остановкам общественного транспорта и к зданиям.

Обычно полную развязку с непрерывным движением по ней основных и всех поворачивающих потоков устраивают на пересечении скоростных дорог с другими скоростными дорогами или магистралями непрерывного движения при наличии достаточно свободной от застройки территории. В условиях плотной городской застройки устраивают развязки в двух, трех и более уровнях с обеспечением непрерывного движения транспорта по главному направлению. При этом движение по второстепенному и левоповоротным направлениям может быть также непрерывным, с принудительным регулированием или саморегулируемым. Тоннельные развязки по трассе автомагистрали рекомендуется устраивать не чаще чем через 1,5-2 км, чтобы не ухудшать продольный профиль и транспортно-эксплуатационные качества магистрали. При этом полная развязка движения чаще всего может быть обеспечена только в пределах нескольких узлов.

При сооружении автотранспортного тоннеля на прямом пересечении двух автомагистралей его стремятся заложить в большинстве случаев по направлению более широкой магистрали. Это дает возможность

оставить места для боковых проездов рядом с тоннелем и упрощает возможность поворотов с пересекаемой магистрали. Иногда тоннели располагают по направлению менее широкой магистрали, оставляя главную, более напряженную магистраль свободной для скоростного движения. Если тоннель размещается на прямом пересечении двух магистралей одинаковой ширины, его лучше закладывать по направлению менее напряженной магистрали, чтобы не нарушать продольный профиль и условия движения по основной магистрали.

Автотранспортные тоннели стараются располагать на прямолинейной в плане трассе. Это мотивируется условиями безопасности дорожного движения, видимости в тоннеле, трассировки, строительства и эксплуатации. Криволинейные в плане тоннели могут проектироваться на съездах с основных магистралей, на У-образных примыканиях, на развилках автомагистралей и при необходимости обхода фундаментов зданий и сооружений, существующих тоннелей, коммуникаций и других подземных объектов.

В некоторых случаях на крупных площадях, примыканиях, пересечениях и разветвлениях трёх и более магистралей устраивают несколько изолированных или взаимосвязанных автотранспортных тоннелей, пересекающихся в двух уровнях.

Для пропуска движения в двух и более уровнях могут устраиваться многоярусные транспортные тоннели.

Минимальный радиус кривых в автотранспортных тоннелях составляет 400-600 м, максимальный продольный уклон – 40 %. Для обеспечения нормального отвода воды тоннели проектируются с двухскатным продольным профилем.

Если градостроительными условиями предусматривается движение в тоннеле пешеходов, то при проектировании необходимо предусмотреть тротуары для пешеходного движения шириной не менее 3 м, отделённые от проезжей части ограждением. Если пешеходное движение в тоннеле не предусмотрено, необходимо устройство служебного тротуара шириной 0,75 м.

Форма поперечного сечения автотранспортных тоннелей определяется глубиной заложения, величиной и характером распределения внешних нагрузок и инженерно-геологическими условиями. Транспортные тоннели мелкого заложения обыкновенно проектируют с прямоугольным поперечным сечением. В некоторых случаях возможно строительство транспортных тоннелей коробового или кругового очертания.

Автотранспортные тоннели для улучшения планировочной структуры улично-дорожной сети, сохранения застройки, создания «безавтомобильных» зон, так же как и подъездные тоннели, могут иметь различные планировочные схемы в зависимости от конкретных градостроительных условий (рисунок 3.2).

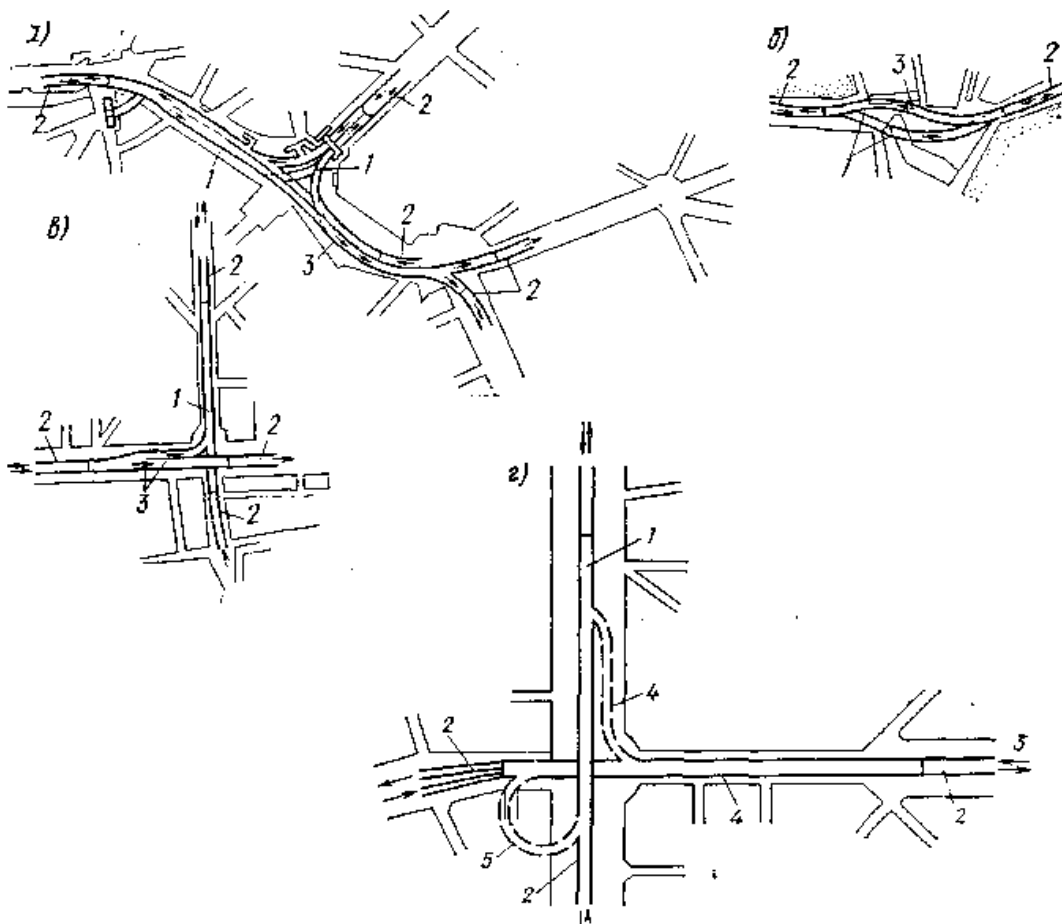


Рисунок 3.2 – Планировочные схемы разветвляющихся (а, б) и пересекающихся в плане (в, г) транспортных тоннелей:
1 – закрытая часть тоннеля; 2 – открытые рампы; 3 – направление движения транспорта; 4 – закрытая прямая рампа;
5 – закрытая спиральная рампа

Строительство автотранспортных тоннелей способствует защите городской среды от шума. В большинстве крупных городов уровень шума значительно превышает значения, допускаемые санитарными нормами, причём более 90 % шума, в пределах развязок в одном уровне, создают наземные транспортные средства.

Во многих тоннелях применяют архитектурно-акустическую защиту, уменьшающую, а нередко, и полностью исключаящую проникновение шума на городскую территорию. Для этого применяются звуко рассеивающие ограждения, подвесные потолки, стеновые панели. В качестве звукоизолирующих материалов используются: керамзит; капроновая, минеральная и шлаковата; пористые бетонные и керамические плиты; стеклоблоки; звукоизолирующий кирпич. Одним из последних достижений в этой области является применение многофункциональных облицовочных панелей из сталекерамики.

Для преодоления водных и горных преград также рекомендуется сооружать автотранспортные тоннели. Известны многие города, где осуществлено строительство протяженных подводных (Амстердам, Роттердам, Гавана, Антверпен, Лондон, Марсель, Монреаль, Нью-Йорк) и горных тоннелей (Братислава, Будапешт, Прага, Гавр, Лион, Зальцбург, Рио-де-Жанейро, Женева, Тбилиси). Протяженность отдельных современных городских автотранспортных тоннелей колеблется от 15-20 м до 2,5-4 км.

Подводные автотранспортные тоннели являются весьма перспективными. За рубежом уже сооружено около 300 тоннелей под реками, каналами, морскими заливами и другими водными преградами.

Растущее внимание к строительству подводных тоннелей вызывается тем, что по сравнению с обычными мостовыми переходами они в ряде случаев имеют определенные преимущества. При неблагоприятных гидрогеологических условиях, осложняющих возведение мостовых опор, при низких берегах, непомерно увеличивающих протяженность подходов к мостам с высокими пролетами, при необходимости сохранить характер исторически сложившейся городской застройки или неповторимость ландшафта, наконец, для обеспечения условий судоходства или использования реки, например, для устройства причалов, спортивных сооружений и пляжей, подводные тоннели являются весьма перспективными.

В ряде случаев строительство подводных транспортных тоннелей в городах является вынужденным. Например, в Санкт-Петербурге для сообщения с Канонерским островом, который отделен Морским каналом от города, устройство мостового перехода оказалось по существу невозможным. Это объяснялось тем, что мост, который должен был пройти над главной артерией торгового порта – Морским каналом, нельзя было проектировать разводным, так как суда идут по каналу практически непрерывно. Если поднять мост на высоту, достаточную для прохода под ним крупных сухогрузов, для устройства съездов с допустимыми уклонами потребуются очень длинные рампы.

При выборе вариантов сооружения учитывают архитектурно-планировочные особенности в районе пересечения, характер и интенсивность транспортных потоков, топографические и инженерно-геологические условия, гидрологический режим водотока и условия судоходства, а также экономические соображения. Однако независимо от местных условий можно отметить некоторые преимущества и недостатки тоннельных переходов по сравнению с мостовыми. Основные преимущества подводных тоннелей заключаются в том, что они:

- не нарушают бытового режима водотока;
- не препятствуют судоходству;
- обеспечивают защиту транспортных средств от неблагоприятных атмосферных воздействий;
- в минимальной степени нарушают архитектурный ансамбль города.

Строительство подводных тоннелей может оказаться целесообразным, если водное препятствие уже пересекают многочисленные и близко расположенные один от другого мосты, пропускная способность которых исчерпана. В этом случае рядом с мостами сооружают подводные тоннели-дублиеры. Подводные тоннели могут сооружаться и взамен старых мостов, не отвечающих современным требованиям. Подводные тоннели оказываются предпочтительнее мостов при пересечении водной преграды в районе порта, где происходят маневры судов, погрузочно-разгрузочные операции, располагаются причалы и т. п. Подводные тоннели потребуются строить в городах и по трассе подземных автомагистралей глубокого заложения. При этом сравнительно легко сопрягать подводный и береговые участки, в то время как при создании мостового перехода условия трассирования подземных автомагистралей значительно усложняются.

При сравнении вариантов мостового и тоннельного пересечения водного препятствия учитывают и экономические показатели. При этом определяют расчетный срок окупаемости сооружения с учетом строительных и эксплуатационных затрат

Во многих случаях стоимость строительства моста оказывается ниже стоимости строительства подводного тоннеля. Однако эта разница в стоимости существенна при небольших пролетах моста (до 120-150

м), а при увеличении их до 200-300 м и более стоимости 1 м длины моста и тоннеля выравниваются. Кроме того, надо учитывать, что в последнее время достигнут значительный прогресс в области сооружения подводных тоннелей. В частности, применение индустриального способа опускных секций позволяет значительно сократить сроки и снизить стоимость строительства подводных тоннелей.

В зависимости от расположения относительно дна водотока различают *подводные тоннели, целиком заглубленные в грунтовой массив*, тоннели на *дамбах* или *отдельных опорах* и «*плавающие*» тоннели, заанкеренные тросовыми оттяжками в русловое ложе (рисунок 3.3).

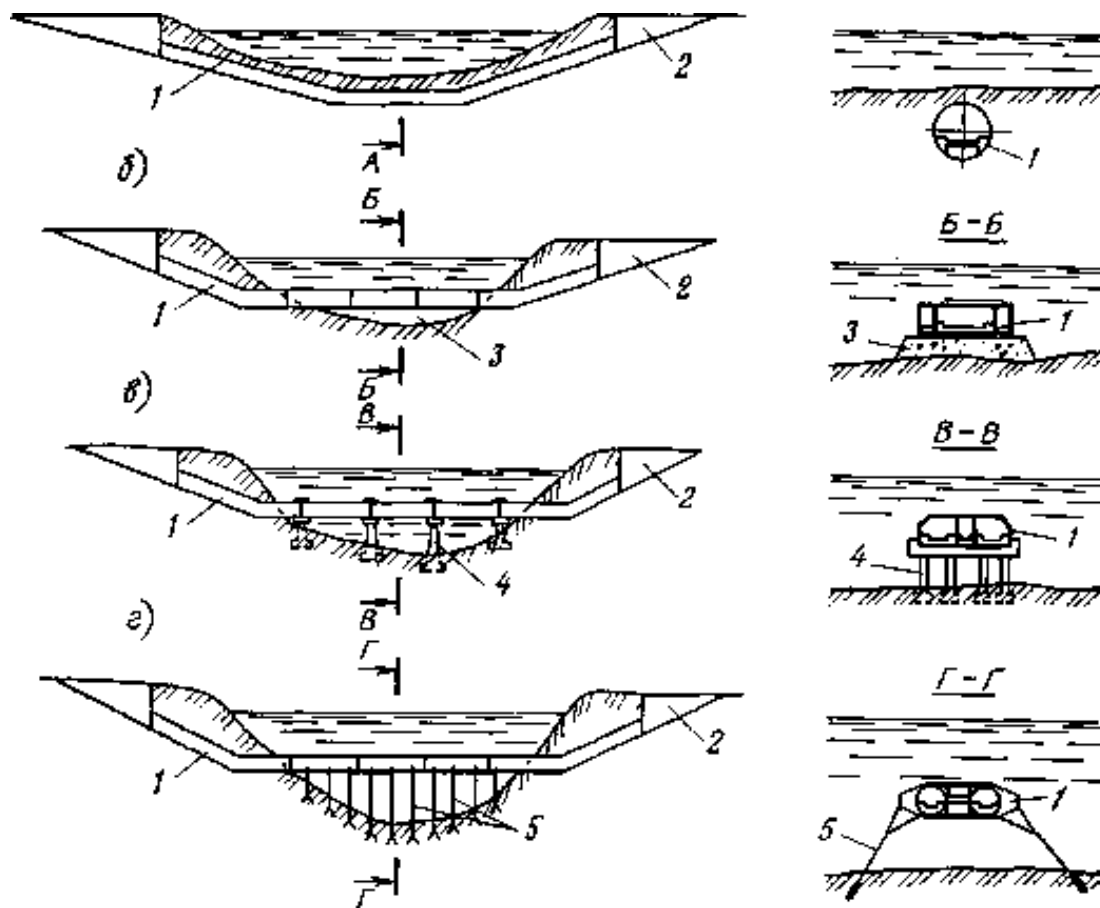


Рисунок 3.3 – Виды подводных тоннелей:
 а – заглубленный в дно; б – на дамбе; в – на опорах (тоннель-мост); г – «плавающий»;
 1 – закрытая часть тоннеля; 2 – рампы; 3 – дамба; 4 – опоры; 5 – тросовые оттяжки

Подводные тоннели на дамбах, тоннели-мосты и «плавающие» тоннели, могут оказаться эффективными при пересечении глубоких водных преград, при этом значительно сокращается длина тоннельного перехода, улучшаются эксплуатационные показатели трассы.

Несмотря на сложности устройства подводных тоннелей в ряде случаев они имеют технико-экономические преимущества.

В центральных районах крупных городов и городов-мегаполисов нередко создают протяжённые автотранспортные тоннели, дублирующие основные автомагистрали и обеспечивающие развязку движения в разных уровнях на нескольких узлах. Длина таких тоннелей может составлять не один километр. Для въезда и выезда автомобилей и остановок общественного транспорта предусматриваются промежуточные рампы.

Развитая сеть подземных автомагистралей способна практически полностью обеспечить транзитный пропуск транспортных потоков через центральные районы города. Трасса магистральных тоннелей должна быть увязана с расположением существующих и проектируемых крупных подземных комплексов, гаражей, автостоянок, авто- и железнодорожных вокзалов и других объектов городской инфраструктуры.

Сопоставление вариантов наземных и подземных автомагистралей свидетельствует о ряде преимуществ подземных решений. Подземные автомагистрали требуют отвода территории только в местах въездов и выездов на поверхность земли, а также над вентиляционными шахтами, эскалаторными тоннелями и другими

вспомогательными сооружениями, что примерно в 4-5 раз меньше, чем при прокладке наземных магистралей. Трассирование подземных магистралей в отличие от наземных можно производить вне зависимости от условий городской застройки, обеспечивая минимальную длину линий, соединяющих отдельные городские районы. К преимуществу подземных автомагистралей следует отнести также возможность создания сравнительно простых развязок движения в разных уровнях, что в большинстве случаев вызывает затруднения на поверхности земли. Развязки в узлах пересечения или примыкания подземных автомагистралей занимают вдвое меньшую площадь, чем развязки по трассе наземных магистралей.

Сеть автотранспортных тоннелей глубокого заложения обеспечивает удобства населению города и повышает условия безопасности движения. При этом происходит полное разделение автомобильных и пешеходных потоков, освобождаются городские территории. Выделяемые автомобилями вредные газы удаляются за счет искусственной вентиляции и не загрязняют окружающую атмосферу в районе тоннеля. За счет создания подземных магистралей становится более доступной, свободной и удобной наземная сеть автомагистралей, что также способствует упорядочению автомобильного и пешеходного движения. Преимущества подземных автомагистралей перед наземными возрастают в связи с дальнейшим повышением стоимости городских земель и интенсивным развитием техники тоннелестроения.

При благоприятных инженерно-геологических и градостроительных условиях строительство подземных автомагистралей в центральных районах города может оказаться весьма эффективным. Создание подземных автомагистралей представляется целесообразным на определенном этапе развития городского подземного хозяйства при наличии развитой системы подземных сооружений: многоярусных гаражей и комплексов, пешеходных уровней, сети метрополитена, транспортных и пешеходных тоннелей и т. п. В этом случае подземные автомагистрали, связывающие эти сооружения, являются важным и органичным элементом подземной транспортной системы города. Однако необходимо учитывать, что строительство городских подземных автомагистралей представляет собой сложную проблему и требует больших капиталовложений. Крупные масштабы схем подземных магистралей, значительные размеры их поперечных сечений и др. исключают экстраполяцию традиционных решений, принимаемых при строительстве других подземных сооружений. В связи с этим может оказаться целесообразным как с технической, так и с экономической точки зрения создание подземных автомагистралей только для легковых автомобилей. За счет существенного уменьшения размеров поперечного сечения магистральных тоннелей снижается стоимость и упрощаются условия их строительства и эксплуатации.

Подземные автомагистрали могут дублировать сеть наземных магистралей, а, в отдельных случаях, могут располагаться независимо от поверхностных трасс (рисунок 3.4).

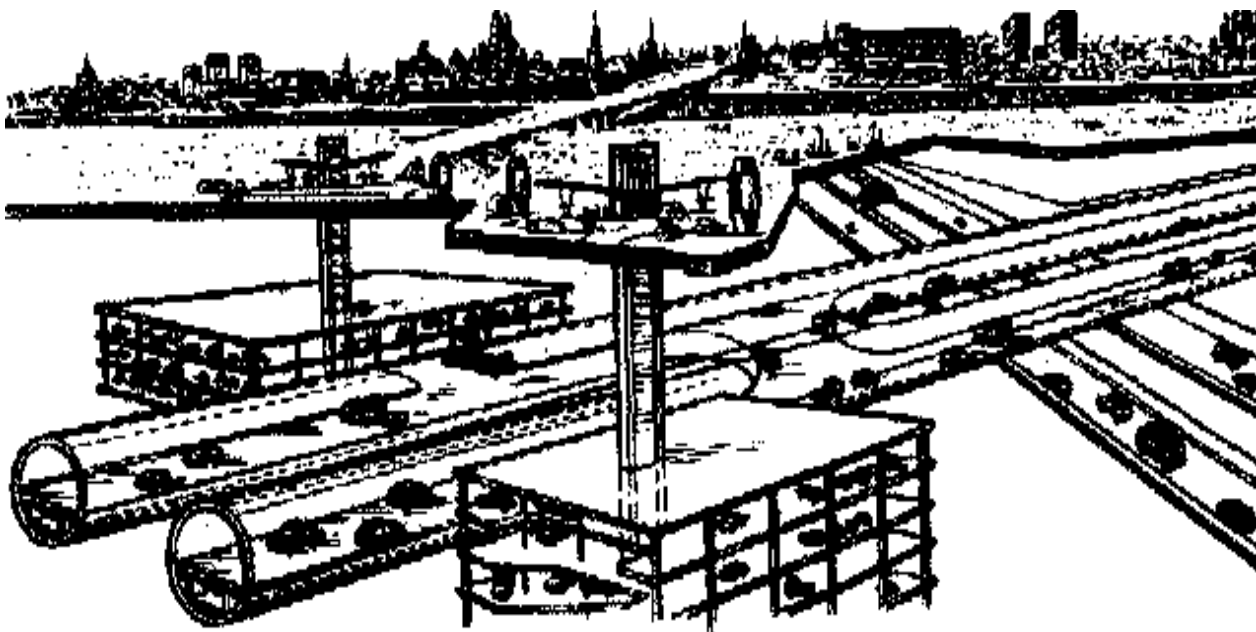


Рисунок 3.4 – Подземная автомагистраль (проект)

В зависимости от градостроительных и инженерно-геологических условий подземные автомагистрали могут быть:

- *мелкого заложения*. Применяются в малоэтажных и периферийных городских районах. Имеют простые и короткие въезды и выезды на поверхность. Строительство таких автомагистралей в центральных

районах города осложняется условиями трассирования, требует переустройства подземных коммуникаций, нарушает нормальные условия движения пешеходов и транспорта на период строительства;

- *глубокого заложения*. Применяются в центральных районах крупных городов. Характеризуются свободой в выборе трассы, независимостью от подземных коммуникаций, минимальными нарушениями условий дорожного движения по существующим магистралям, возможностью размещения по трассе автомагистралей и подземных стоянок требуемой ёмкости.

Глубина заложения подземных автомагистралей определяется условиями расположения в однородных устойчивых неводоносных грунтах и осуществляется ниже подземных коммуникаций, коллекторных тоннелей и метрополитенов, обычно залегающих на глубине не более 30 – 40 м.

Подземные автомагистрали располагают, по возможности, на прямолинейном участке. Криволинейные участки используются для приближения магистралей к важным городским объектам, где предусматриваются въезды и выезды, а также в местах ответвлений к существующим подземным сооружениям.

Форма поперечного сечения магистральных тоннелей зависит от способа проходки и инженерно-геологических условий.

При глубоком заложении обычно применяется круговая форма поперечного сечения, целесообразная по условиям статической работы конструкций и позволяющая разместить за границей проезда отсеки для пропуска инженерных коммуникаций и вентиляционные каналы.

В общем комплексе подземных автомагистралей глубокого заложения сооружают шахтные стволы, в составе которых используются вертикальные или крутонаклонные выработки диаметром от 4 до 10 м и глубиной 10- 80 м. На стадии строительства и эксплуатации магистрали шахтные стволы используются: в качестве разведочных выработок в процессе инженерно-геологических изысканий; для ориентировки подземных выработок при проведении геодезическо-маркшейдерских работ; для создания дополнительных забоев по трассе протяжённого тоннеля; для вентиляции и в качестве несущих конструкций лестничных сходов, лифтов, инженерных коммуникаций в период эксплуатации. Поперечное сечение шахтных стволов может быть круговым, прямоугольным, многоугольным или овоидальным. Размеры поперечного сечения шахтных стволов определяются их назначением.

Строительство подземных автомагистралей может решить ряд проблем, характерных для крупных и крупнейших городов:

- улучшение качества городской среды и её благоустройство;
- повышение архитектурно-художественной ценности отдельных районов;
- сохранение природной среды на особо охраняемых территориях; а также социальные задачи;
- экономия времени для проезда в центр города и обратно;
- сокращение транспортных потоков через центр, повышение безопасности движения;
- снижение транспортных нагрузок на городские автомагистрали;
- сокращение транспортных «пробок».

4 ПЕШЕХОДНЫЕ ТОННЕЛИ И ПЕРЕХОДЫ

Организация системы удобных и безопасных пешеходных путей в городах все более превращается из, казалось бы, узкой технической задачи в важнейшую архитектурно-градостроительную проблему. Ее решение зависит от многих обстоятельств и по-разному осуществляется в городах, отличающихся по своему народнохозяйственному профилю, численности населения, занимаемой территории, характеру и композиции застройки, рельефу, природно-климатическим и другим условиям. Однако, несмотря на все эти различия, есть и определенные общие принципы развития системы пешеходных путей.

Для пешеходов во многих городах постепенно формируется специальная система наиболее удобных и коротких путей, проложенных вблизи зданий и пунктов массового тяготения, окруженных зеленью.

Создание просторных пешеходных зон, пешеходных улиц, дорожек и аллей, а также устройство внеуличных рельсовых и автомобильных скоростных дорог полностью не исключает необходимость пересечения пешеходами всех городских улиц, дорог и проездов. Сокращение транспортных потоков до уровня, гарантирующего свободу движения пешеходов по поверхности при светофорном или ином регулировании, возможно не во всех городских узлах. Только в исключительных случаях все движение транспорта (включая лево- и правоповоротное) может быть перенесено в тоннели или на эстакады. Поэтому во многих важных узлах существующих и новых городов, а также на создаваемых магистралях непрерывного движения и скоростных дорогах возможно появление определенных пунктов пересечения их пешеходами. Чаще всего в этих пунктах целесообразным является сооружение пешеходных тоннелей различных типов.

Пересечение путей транспорта и пешеходов в одном уровне нежелательно около отдельных объектов массового посещения (например, у крупнейших промышленных предприятий и учреждений, больших вокзалов, стадионов и выставок, торговых центров, рынков, универсальных магазинов и других учреждений).

В этих случаях потоки транспорта и потоки пешеходов могут создавать значительные взаимные помехи. Поэтому при разработке генерального плана или проекта детальной планировки на основе обследований должны быть предварительно определены те магистрали и узловые пункты города, в которых возникает необходимость организации движения пешеходов и транспорта в различных уровнях. Только при условии их разделения могут быть исключены заторы уличного движения и несчастные случаи, а транспортное и пешеходное движение осуществляться непрерывно.

Пешеходные тоннели и переходы в городах сооружают:

- на магистралях с непрерывным движением транспорта;
- на перекрестках, примыканиях или развилках улиц и дорог, на крупных площадях, где интенсивные транспортные потоки затрудняют свободное и безопасное движение пешеходов в одном уровне с транспортом;

- в местах наибольшего тяготения пешеходных потоков (около станций метрополитена, железнодорожных, авто-, аэровокзалов, торговых центров, зрелищных предприятий, стадионов, парков и т.д.);

- в составе крупных транспортных развязок;

- при пересечении в черте города наземных линий железных дорог, метрополитена или скоростного трамвая;

- при пересечении высотных или контурных препятствий.

Пешеходные переходы классифицируются по ряду признаков: по отношению к потокам транспорта и к поверхности земли; планировочной схеме; количеству ярусов и глубине заложения; функциональной и композиционной взаимосвязи с городской застройкой; оборудованию учреждениями обслуживания; устройствам для перемещения пешеходов по вертикали.

По отношению к потокам движения городского транспорта и к поверхности земли пешеходные переходы подразделяются на уличные, трассированные в уровне проезжей части, и внеуличные, расположенные под уровнем проезжей части или над ней. В зависимости от расположения относительно поверхности земли внеуличные переходы могут быть наземными, надземными и подземными.

По планировочной схеме различают внеуличные переходы следующих типов:

- линейные (коридорные), однопролетные или двухпролетные, простейшего типа;

- сооружения, решаемые по развитым планировочным схемам, в том числе и изогнутые в плане;

- зальные (многопролетные);

- сооружения комбинированных типов, решаемые по относительно сложным схемам.

Подземные и полуподземные внеуличные переходы могут быть запроектированы в одном, двух или нескольких ярусах, как полностью изолированных перекрытиями, так и объединенных общим открытым пространством. Конструктивное и объемно-планировочное решение подземного перехода во многом предопределяет глубина его заложения. В связи с этим известны:

- подземные сооружения глубокого заложения, строительство которых осуществляется закрытыми тоннельными методами (без вскрытия поверхности); такие сооружения рассчитываются обычно на значительное горное давление от вышележащих пород;

- подземные сооружения мелкого заложения, строительство которых ведется со вскрытием поверхности;

- замкнутые сооружения, образованные перекрытиями большой площади, лишенные естественного света и проветривания, а также сооружения, частично заглубленные, например, на перепадах рельефа.

В зависимости от функциональной и композиционной взаимосвязи с городской застройкой различают:

- внеуличные переходы, решенные в виде отдельных сооружений;

- переходы, решенные в комплексе с другими транспортными зданиями и сооружениями (пересечениями улиц и дорог в разных уровнях, входами в метро, вокзалами различного назначения и др.);

- переходы, являющиеся составным элементом общественных, административных, жилых и прочих зданий и их комплексов.

По оборудованию учреждениями обслуживания известны:

- переходы, предназначенные только для «транзитного» пешеходного движения;

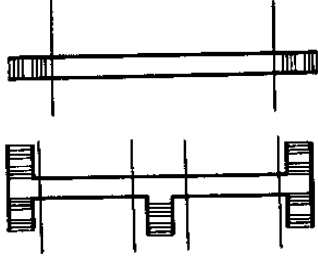
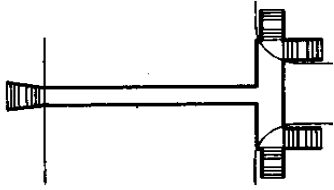
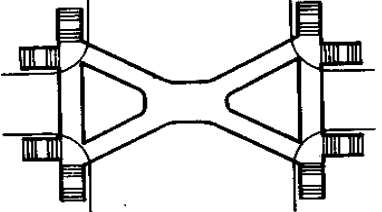
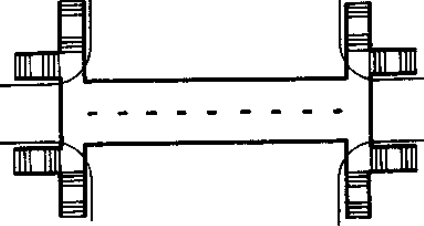
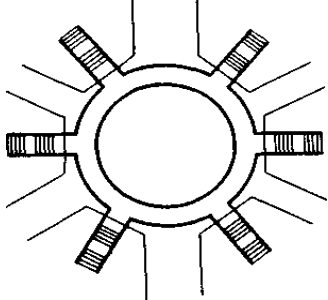
- переходы с отдельными учреждениями и устройствами попутного обслуживания (телефоны-автоматы, газетные и книжные киоски, театральные билетные кассы и пр.);

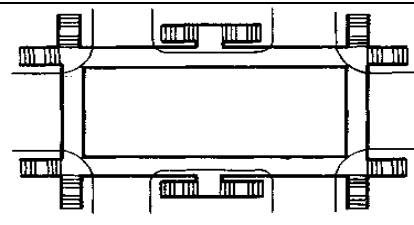
- переходы с развитым составом учреждений попутного обслуживания (торговля, бытовое обслуживание, общественное питание).

В зависимости от используемых устройств и механизмов для перемещения пешеходов по вертикали различают переходы с лестничными и пандусными сходами, а также переходы, оборудованные различными типами эскалаторов или ленточными подъемниками непрерывного действия.

Следует считать, что степень заботы об удобствах и безопасности пешеходного движения является одним из главных критериев градостроительной культуры любого проекта. В связи с этим необходимо от выборочного проектирования и строительства отдельных внеуличных переходов перейти к разработке в генеральных планах проектов развития взаимосвязанных пешеходных путей и других транспортных сооружений, типы которых во многом видоизменяют традиционную городскую среду, придают застройке новый характер и новый масштаб (таблица 4.1).

Таблица 4.1 – Основные типы тоннельных переходов

Схемы	Переходы	Область применения
	<p>Переход линейного типа</p> <p>Переход линейного типа с промежуточными выходами</p>	<p>Преимущественно на перегонах магистралей, у остановок общественного транспорта</p>
	<p>Переход «У»-образного (или «Т»-образного) типа</p>	<p>На перекрестках «У»-образного типа, а также для подходов к отдельным зданиям</p>
	<p>Переход «Х»-образного типа</p>	<p>На перекрестках магистралей</p>
	<p>Переход «Н»-образного типа</p>	<p>На перекрестках магистралей при преобладающих потоках пешеходов в прямом направлении</p>
	<p>Переход кольцевого типа (с центральным распределительным залом или без него)</p>	<p>На сложных перекрестках и площадях с большим числом вливающих улиц</p>

	<p>Переход периметрального типа (учреждения обслуживания могут быть встроены в нишах)</p>	<p>На сложных перекрестках и площадях с большим числом вливающих улиц</p>
---	---	---

Пешеходные тоннели получают широкое распространение и сооружаются не только под городскими скоростными автомобильными дорогами, магистральными улицами непрерывного движения и путями скоростного рельсового транспорта, но и во многих узловых пунктах больших и крупных городов.

Пешеходные тоннели в городах сооружают:

- по трассе скоростных дорог и магистралей непрерывного движения;
- на улицах и дорогах с регулируемым движением транспорта при интенсивности пешеходного движения через проезжую часть более 3000 чел. в 1 ч и при ее ширине более 14 м;
- на улицах и дорогах с нерегулируемым движением транспорта при интенсивности автомобильного движения более 600 автомобилей в 1 ч (при наличии разделительной полосы более 1000 автомобилей в 1 ч) в обоих направлениях и одновременной интенсивности пешеходного движения через проезжую часть более 1500 чел. в 1 ч;
- на перекрестках, примыканиях или развилках улиц и дорог, на крупных площадях, где интенсивные транспортные потоки затрудняют свободное и безопасное движение пешеходов в одном уровне с транспортом;
- в местах наибольшего тяготения пешеходных потоков: вблизи станций метрополитена, железнодорожных, авто- и аэровокзалов, стадионов, парков, торговых центров, зрелищных предприятий и т. п.;
- в составе крупных транспортных развязок в разных уровнях;
- при пересечении линий городских железных дорог, наземных линий метрополитена или скоростного трамвая, (на станциях и перегонах) ;
- при пересечении высотных и контурных препятствий (холмов, возвышенностей, насыпей, дамб, рек, каналов, озер, водохранилищ и т. п.).

В относительно удачных решениях тоннельных переходов заметно стремление к обеспечению их функциональной взаимосвязи с наземными и подземными остановками массового городского и внешнего транспорта, с крупными автостоянками и гаражами, подходными коридорами станций метро, железнодорожных и иных вокзалов (рисунок 4.1).

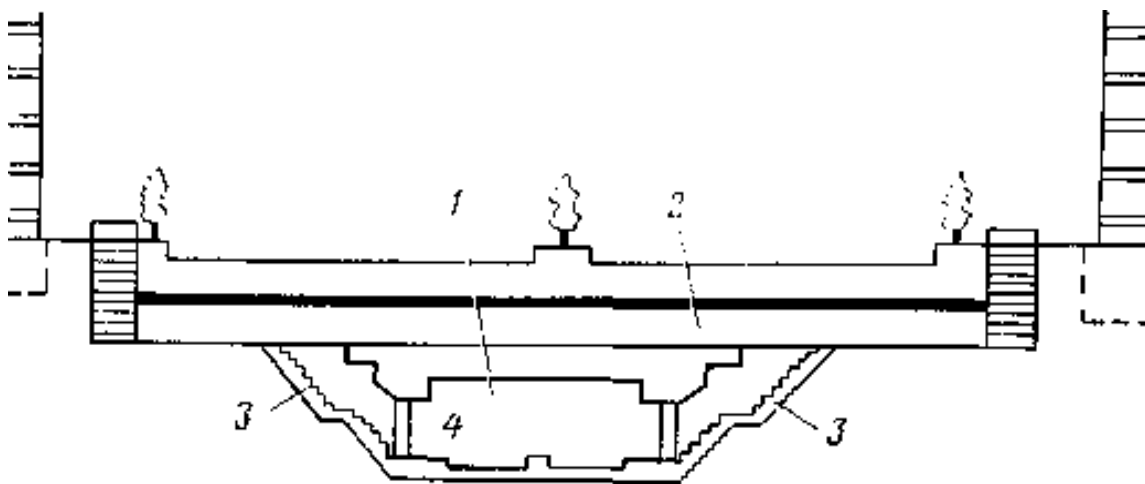
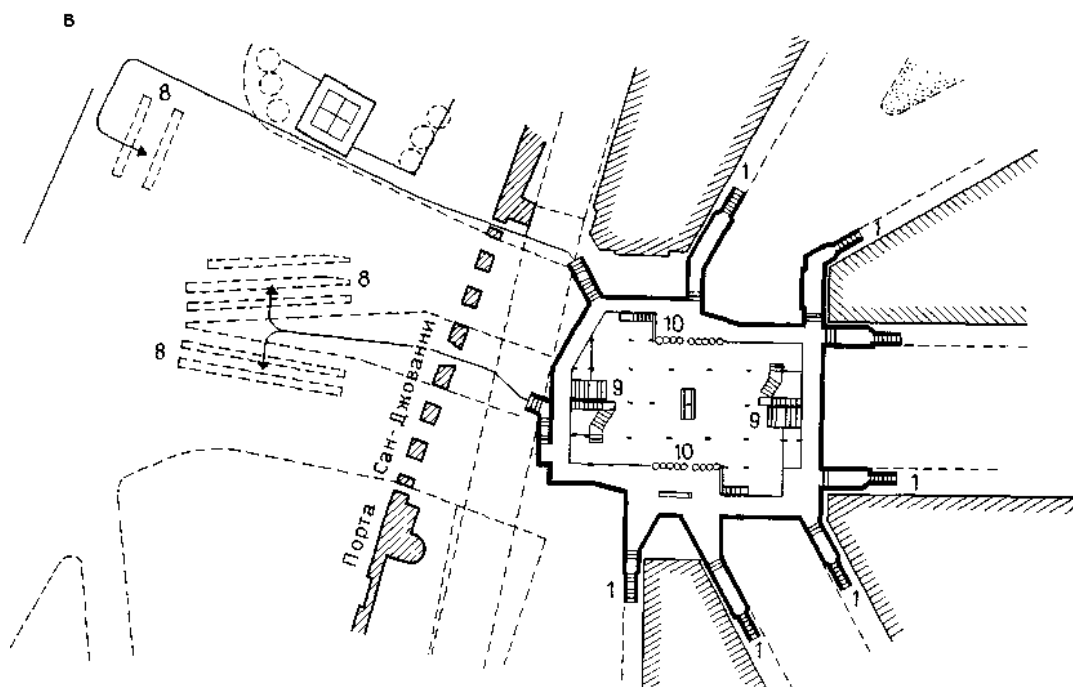
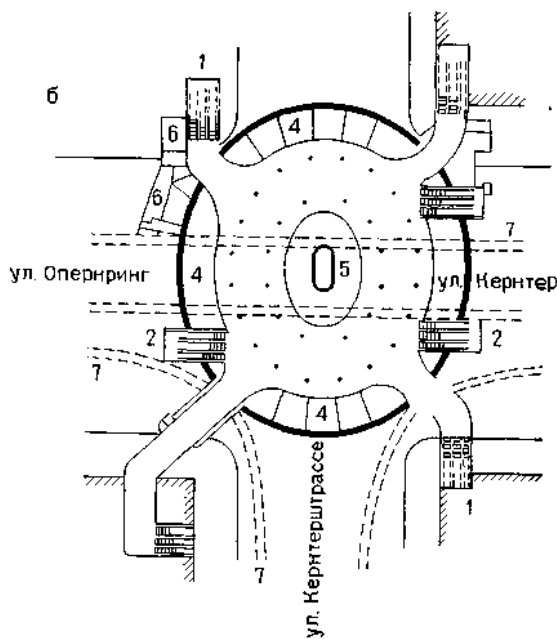
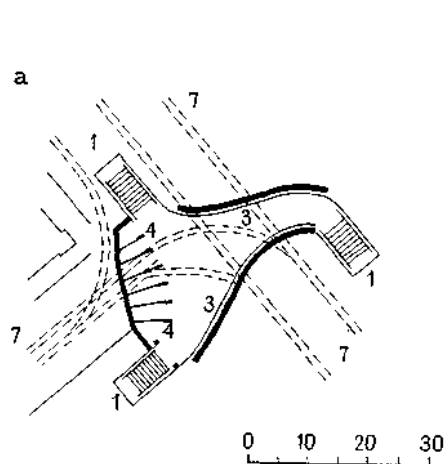


Рисунок 4.1 – Связь пешеходного тоннеля с транспортным:
1 – транспортный тоннель; 2 – пешеходный тоннель; 3 – сходы в транспортный тоннель;
4 – места остановки общественного транспорта в тоннеле

В центральных районах города в местах постоянного интенсивного потока пешеходов вблизи остановок и пересадочных узлов в подземном уровне нередко располагаются различные предприятия торговли, общественного питания и коммунально-бытовых услуг.

При разработке генеральных планов и проектов детальной планировки должны решаться не только отдельные, изолированные друг от друга инженерно-транспортные сооружения, но и вся их система, тесно увязанная с общей объемно-планировочной и транспортной структурой города или его района.

В ряде городов использование подземного пространства является практически единственным средством решения транспортных проблем в наиболее напряженных узлах. Например, на площади Н. Бэлческу в Бухаресте, расположенной на одном из важнейших для города пересечений – бульвара Магеру и бульвара 1948 г. с бульваром Республики, создан пространственно развитый ансамбль новых объектов. В него входят



24-этажная гостиница «Интерконтиненталь» с бюро путешествий, ресторанами, кафе, залом приема, бассейном и очень крупный комплекс новых театральные зданий. Подземное пространство площади используется не только для технических целей, но и для устрой

ства подземного двухъярусного гаража-стоянки на 950 машиномест и просторного подземного восьмигранного в плане зала-конкурса, оборудованного учреждениями попутного обслуживания.

Примеры перспективного развития архитектуры подземных переходов можно встретить в Вене и Риме (рисунок 4.2). В ряде узлов в состав комплексов подземных сооружений входят двухъярусные пересадочные наземные и подземные станции трамвая, многочисленные предприятия торговли и даже кафе, пересадочные станции трамвая и метро, а также автотранспортные тоннели. Во всех этих комплексах пешеходные тоннели и залы являются неотъемлемыми элементами.

Рисунок 4. 2 – Схемы планов тоннельных переходов в зарубежной практике:
a – переход Т-образного типа, переменной ширины, с криволинейными в плане ограждающими стенами под ул. Беллария в Вене (Австрия);
b – развитый в плане эллипсоидальный переход зального типа, совмещенный с комплексом учреждений обслуживания под пл. Оперы в Вене; *в* – подземный переход-вход на станцию метро «Порта Сан-Джованни» в Риме (Италия);
1 – лестницы и эскалаторы на тротуарах; *2* – лестницы и эскалаторы, ведущие к островным платформам трамваев; *3* – витрины; *4* – торговые киоски и магазины; *5* – кафе; *6* – туалетные; *7* – трамвайные пути; *8* – автобусная станция; *9* – эскалаторы и лестницы станции метро; *10* – контрольные пункты и кассы метро

5 ПОДЗЕМНЫЕ АВТОСТОЯНКИ И ГАРАЖИ

В сложных градостроительных ситуациях, особенно в условиях реконструкции и выборочного строительства, расчетное количество автомобилей в определенной части крупнейшего или крупного города не всегда удается разместить на поверхности. В таких случаях, исходя из необходимости экономии городской территории, сохранения сложившегося характера застройки, а также охраны

окружающей среды от шума двигателей и выхлопных газов автомобилей, все чаще используется подземное пространство для размещения гаражей и автостоянок.

Городские гаражи и автостоянки отличаются по ряду признаков:

- по характеру и продолжительности хранения машин (постоянное или временное);
- по количеству ярусов (одноярусные или многоярусные);
- по средствам перемещения автомобилей по вертикали (рамповые, лифтовые);
- по архитектурно-планировочному решению (отдельно стоящие и встроенные).

Наиболее распространенными для хранения автомобилей являются следующие основные виды сооружений и устройств:

- открытые стоянки на проезжей части улиц или площадей и на специальных участках, изолированных от транзитного движения;
- отдельно стоящие многоярусные (открытые или закрытые) наземные стоянки и гаражи с самоходным передвижением автомобилей по рампам;
- полуподземные или подземные одноярусные и многоярусные стоянки и гаражи;
- отдельно стоящие многоярусные (открытые или закрытые) наземные стоянки и гаражи с механическими подъемниками различных систем;
- встроенные стоянки и гаражи, решенные в комплексе с жилыми, административными, общественными и другими зданиями;
- стоянки и гаражи комбинированных типов.

Хранение автомобилей у тротуаров, даже кратковременное, затрудняет подъезд прибывающего транспорта, посадку и высадку пассажиров, а на отдельных узких улицах может периодически приводить к так называемым «транспортным пробкам». Например, при хранении 6-8 автомобилей на 1 км магистральной улицы (примерно через каждые 120-150 м) полностью исключается одна полоса движения. Поэтому даже временное хранение автомобилей на проезжей части магистральных улиц должно быть ограничено.

Свободные участки, пригодные для устройства стоянок и гаражей в жилых зонах являются большим дефицитом. Это ощущается не только в исторически сложившихся и плотно застроенных районах крупнейших городов, но и в районах новой многоэтажной застройки.

Еще более сложной является проблема развития сети автомобильных стоянок. Особую остроту проблема хранения автомобилей приобретает в центральной, наиболее плотно застроенной части крупных городов, в которой, как правило, бывают сосредоточены основные торговые учреждения (универсальные и специализированные магазины, торговые центры, крытые рынки), кафе и рестораны, гостиницы, зрелищные учреждения (кинотеатры, театры).

В центральной части крупного или крупнейшего города, которая занимает обычно не более 2-3% его территории, может быть сконцентрировано до 30% всего объема уличного движения. Для устройства открытых стоянок в центральных зонах многих городов требуются участки, измеряемые десятками гектаров. Таких свободных территорий в центрах естественно нет. В этих сложных условиях для непрерывного развития сети стоянок и гаражей все большее значение приобретает использование подземного пространства.

Гаражи-стоянки с частичным использованием подземного пространства.

Исходя из необходимости максимальной экономии дефицитных городских земель, целесообразно стремиться к тому, чтобы проектируемые автостоянки и гаражи, особенно в центре города, были многоярусными и многоместными. Известно, что при размещении автомобилей в двух ярусах требуется примерно 15 м² на одно машино-место, при трех ярусах – 10 м², при четырех – 8 м², при восьми – 4-5 м² и т. д. Не случайно в настоящее время широкое распространение получило массовое строительство многоэтажных и многоместных гаражей и стоянок с рампами, полурампами, наклонными полами и лифтами.

За рубежом, например, заметна тенденция к созданию, преимущественно в узловых пунктах крупнейших городов, все более крупных по вместимости сооружений, решенных в одном или нескольких подземных уровнях и включающих в свой объем заправочные пункты, посты технического обслуживания, магазины запасных частей и другие устройства. При этом диапазон колебаний таких важных показателей, как площадь застройки или строительный объем, приходящиеся на одно машино-место, может быть значительным. Эти показатели зависят от гидрогеологии, этажности соответствующих сооружений, характера их взаимосвязи с поверхностью, способов расстановки автомобилей, степени оборудования и др.

В зарубежной практике нередко используются наземно-подземные гаражи. Например, в Будапеште, на площади Мартинелли с многоэтажным административным зданием объединен надземно-подземный гараж рампового типа на 400 мест (рисунок 5.1). Гараж имеет восемь наземных и два подземных яруса и построен в очень затесненном месте. В состав гаража входят встроенная автозаправочная и полуподземная станции обслуживания, рассчитанные, главным образом, на обслуживание «городских» автомобилей, въезжающих на стоянку, а также транзитных машин. Для ведомственных автомобилей выделен специальный подземный этаж с самостоятельным въездом и выездом.

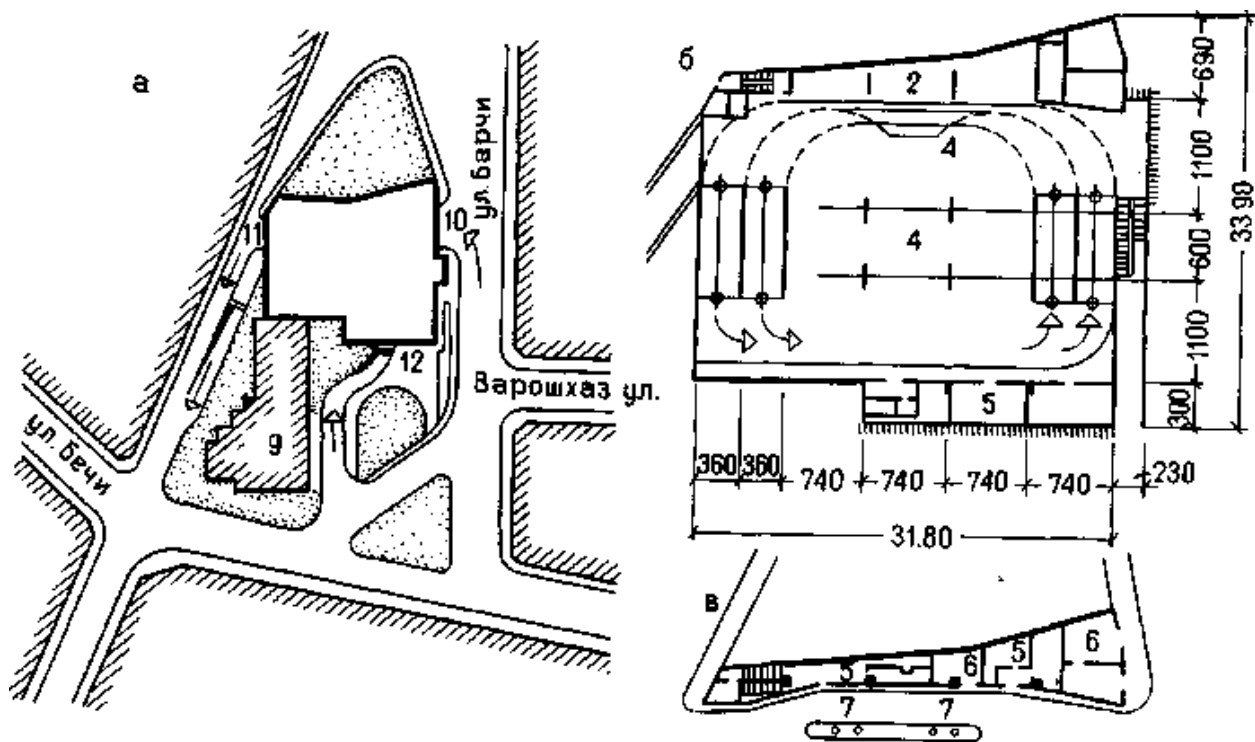


Рисунок 5.1 - Многоэтажный гараж рампового типа на 800 машино-мест с подземными и полуподземным этажами на площади Мартинелли в центральной части Будапешта:

а – схема плана участка; *б, в* – планы надземного и подземного этажей:

- 1 – стоянки для автомобилей; 2 – стоянки для мотоциклов; 3 – касса, контроль; 4 – посты технического осмотра и обслуживания; 5 – помещения персонала; 6 – мастерские; 7 – автозаправочные колонки; 8 – магазин запасных частей; 9 – административное здание; 10 – въезд автомобилей; 11 – выезд автомобилей; 12 – стоянки ведомственных автомобилей

Подземные и полуподземные гаражи-стоянки, решенные как самостоятельные сооружения.

Во многих случаях, особенно в условиях реконструкции и выборочного строительства, расчетное количество автомобилей в определенной части города или у отдельных зданий не удастся разместить на поверхности даже при условии строительства многоэтажных сооружений. Исходя из необходимости экономии городской территории или сохранения сложившегося характера застройки для определенной части автомобилей могут предусматриваться подземные или полуподземные гаражи и стоянки. При этом значительно сокращаются санитарные разрывы до жилых и общественных зданий. Размеры разрывов в этом случае исчисляются не от наружных стен, а от мест выделений вредных выбросов и источников шума, т. е. от въездов в гаражи и вентиляционных шахт.

Верхний ярус (покрытие) подземных или полуподземных автостоянок может использоваться для озеленения или открытого хранения машин. Например, по этому принципу, в жилом районе «Сите-Модель» в Брюсселе наряду с многочисленными открытыми автостоянками на 830 мест сооружен одноярусный подземный гараж на 180 автомобилей и 80 мотоциклов. Этот гараж соединен подземными переходами непосредственно с лифтовыми холлами трех больших многоэтажных жилых зданий. Въезд в гараж отнесен от входов в жилые дома на 20-25 м. В этом же районе сооружена отдельно стоящая бензозаправочная и станция технического обслуживания.

В современной зарубежной практике кровли гаражей используются для устройства игровых спортивных площадок (Стокгольм, Мюнхен), теннисных кортов (Лондон, Стокгольм, Лос-Анджелес) и даже открытых декоративных бассейнов или бассейнов для плавания (Детройт, Чикаго, Лос-Анджелес).

Въездные и выездные ramпы подземных гаражей нередко вписываются в исторически сложившуюся капитальную застройку, например, на площади Амгоф в Вене или на Макс-Иозефплац в Мюнхене (рисунок 5.2).

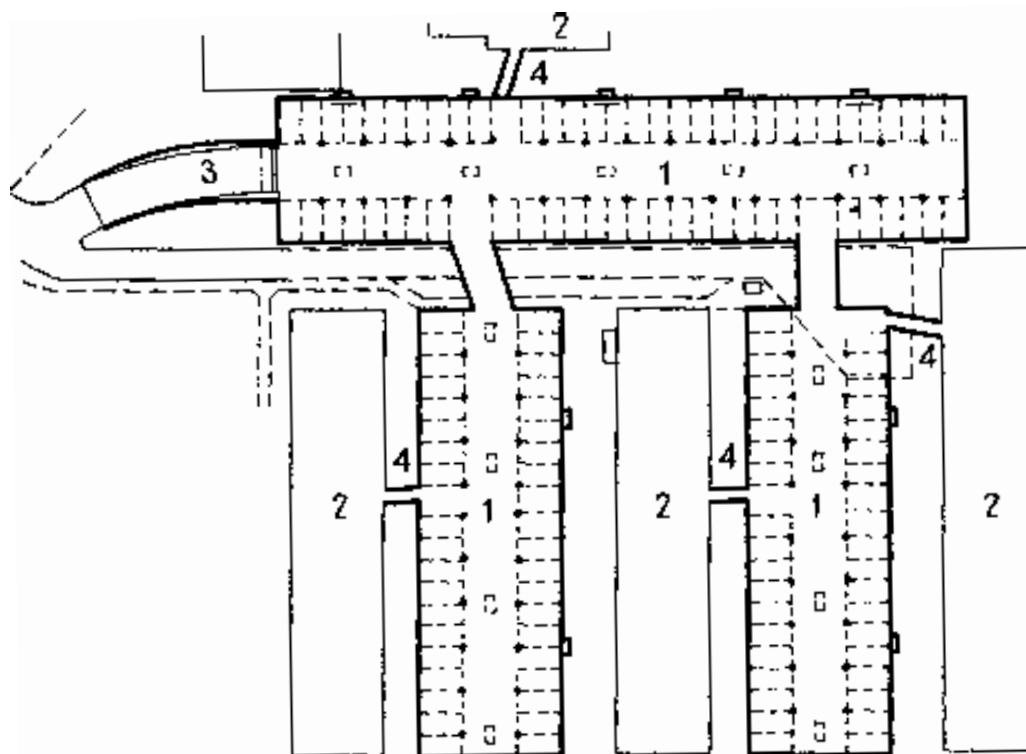


Рисунок 5.2 - Подземный гараж в районе Мерзенбройхер Вег в Дюссельдорфе (ФРГ):
 1 – подземные гаражи; 2 – многоквартирные жилые дома; 3 – рампы для трех подземных гаражей;
 4 – переходы, соединяющие жилые дома со входами в гараж

Даже в наиболее сложных условиях, например в кварталах средневековой застройки, где нет даже минимальных разрывов, изыскиваются возможности устройства подземных гаражей. Для этого центральная часть такого квартала освобождается от каких-либо строений и заглубляется на 1-2 м по отношению к окружающим улицам и связывается с ними одной-двумя короткими рампами. Над этим двором, предназначенным для хранения автомобилей, устраивается перекрытие, изолирующее гараж от застройки. На перекрытии предусматриваются элементы озеленения и малых форм, устраиваются детские площадки для игр. Вытяжка отработанных газов осуществляется по специальным каналам выше кровель близрасположенных зданий.

Подземные гаражи могут быть расположены под незастроенными участками и городскими площадями. В Мюнхене под Макс-Иозеплац сооружен двухъярусный подземный гараж, рассчитанный на 437 машиномест и занимающий почти все пространство площади. Хорошо видна композиционно-функциональная взаимосвязь гаража со станцией метрополитена. Гараж, станция метро и подземный переход решены здесь как элементы одного комплекса. Вся поверхность площади вымощена по рисунку каменными плитами и полностью освобождена от автостоянок. Въезды и выезды осуществляются по круглым в плане рампам, удаленным от монумента, установленного в центре площади.

Хорошие возможности для строительства подземных и полуподземных гаражей имеются при перепадах рельефа местности. В простейших случаях гаражи могут устраиваться на нескольких площадках-террасах, как это осуществлено в районе Мор-бюскоген в Стокгольме. В этом случае стоимость строительства полуподземных гаражей может быть снижена на 20-30% по сравнению с наземными гаражами рампового типа за счет исключения внутренних проездов и рамп.

Несмотря на более высокую стоимость строительства (примерно в 1,5 раза по сравнению с многоэтажными наземными рампо-выми гаражами) подземные гаражи имеют ряд преимуществ. Главное из них заключается в том, что экономится очень дорогая городская территория.

Не менее важным преимуществом подземных гаражей является возможность строительства их в тех местах города, где по градостроительным условиям недопустимо возведение каких-либо наземных сооружений (например, в центре площади, под газоном или проездом). Эти преимущества были учтены при сооружении подземных гаражей в Париже под площадью Инвалидов, под улицей Георга V, бульваром Осман, у Биржи, у вокзала Мен-Монпарнас и др.

Большой интерес представляют многоярусные подземные гаражи, построенные в центре Парижа под сравнительно узкими улицами. Например, на улице Георга V построен подземный гараж на 1200 автомо-

билей (рисунок 5.3). Прямоугольное в плане сооружение шириной 14, длиной 332 и глубиной 15 м решено в шести подземных уровнях и имеет по торцам две шахты (северную и южную) со спиральными рампами для въезда и выезда автомобилей. Из-за относительно малой ширины гаража, ограниченной габаритами улицы, движение автомобилей в каждом уровне организовано только в одном направлении, а установка их на стоянку предусмотрена с обеих сторон проезда, имеющего ширину 3,5 м под углом 60° к продольной оси гаража.

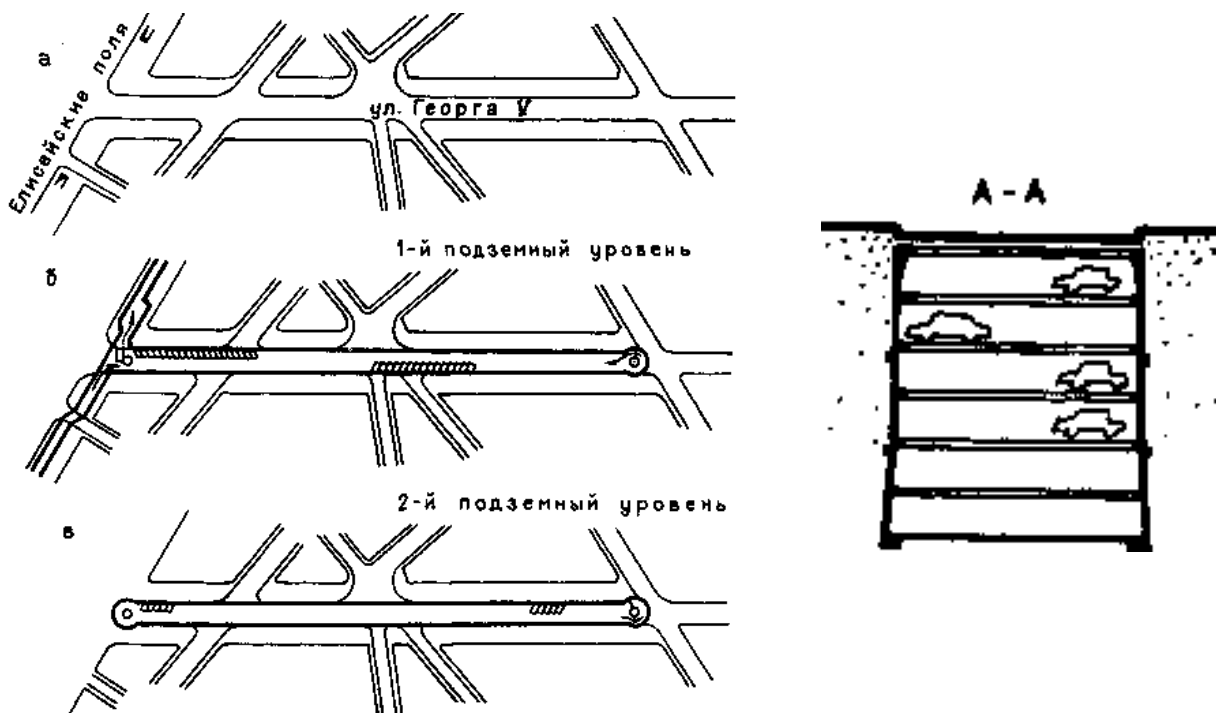


Рисунок 5.3 - Подземный шестиярусный гараж на 1200 машино-мест в Париже:
а - схема плана; б - план первого подземного этажа; в - план типового этажа; г - поперечный разрез

Въезд и выезд автомобилей осуществляется через северную шахту, выходящую на Елисейские поля. Шаг винтовой ramпы этой шахты равен высоте двух этажей; следовательно, автомобили при въезде попадают на второй, четвертый или шестой подземные уровни, а выезжают — через пятый, третий и первый этажи. Южная шахта, расположенная под улицей Шардон, имеет шаг винтовой ramпы, равный одному этажу и предназначена только для переезда с одного уровня на другой. Подземный гараж-стоянка оборудован тремя пассажирскими лифтами и пятью лестницами, которые равномерно распределены по всей длине сооружения. Все конструкции подземного гаража выполнены из монолитного железобетона.

Встроенные и пристроенные подземные и полуподземные гаражи.

К числу подземных и полуподземных гаражей можно отнести сооружения, расположенные под жилыми домами, административными и другими зданиями или под примыкающими к ним участками.

Подземные встроенные гаражи почти не требуют выделения специальных участков. При сооружении въездных и выездных ramп, удаленных на 10—20 м от торцов домов, они практически не нарушают нормальной жизни жилых кварталов, являются очень удобными для владельцев, особенно при устройстве лестниц и лифтов, непосредственно связывающих места хранения автомобилей со всеми этажами. Сооружения такого рода становятся все более распространенными. Например, в Риме, где потребность в автостоянках особенно высока, многие новые жилые здания, построенные взамен снесенных, имеют подземный этаж для хранения автомобилей, который иногда выходит за пределы здания и простирается под его внутренним двором. В Италии предлагают ввести это условие в качестве обязательного требования к любой новой застройке.

В современной зарубежной практике устройство многоярусных подземных гаражей, расположенных под жилыми домами и под примыкающими к ним участками, становится обычным явлением. Определенный интерес в этом отношении представляет опыт французских архитекторов и инженеров (рисунок 5.4), которые разработали серию проектов жилых домов на проспекте В. Гюго и бульваре Мюрата в Париже.

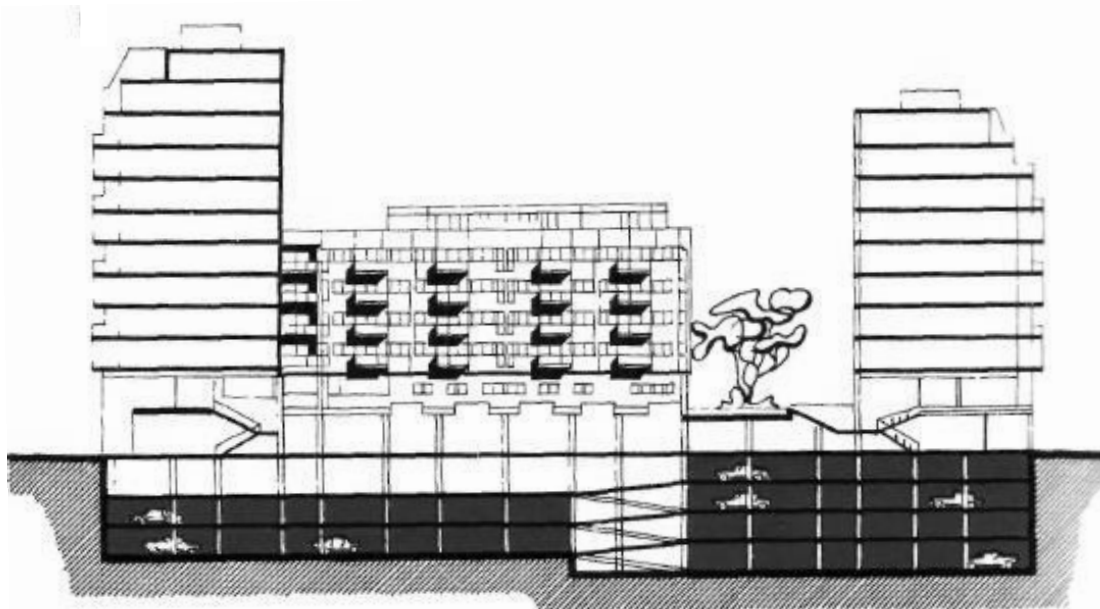


Рисунок 5. 4 - Подземные гаражи и стоянки, расположенные под жилыми и общественными зданиями в Париже

Уровни автомобилизации современных зарубежных городов столь велики, что для устройства сети гаражей и автостоянок в центральных районах приходится выделять значительные площади. При этом оказывается, что само развитие центров деловой активности и административных зданий неотделимо от решения проблемы хранения автомобилей. Это положение может быть проиллюстрировано примерами из градостроительной практики Швеции, страны с одним из наиболее высоких уровней автомобилизации в Европе.

В центральной части Стокгольма расположение основных общественных зданий взаимосвязано не только со станциями трех линий метрополитена и автомагистралями непрерывного движения, опоясывающими плотно застроенные кварталы центра, но и с развитой системой гаражей и автостоянок. Часть этих сооружений является наземно-подземными (рисунок 5.5).

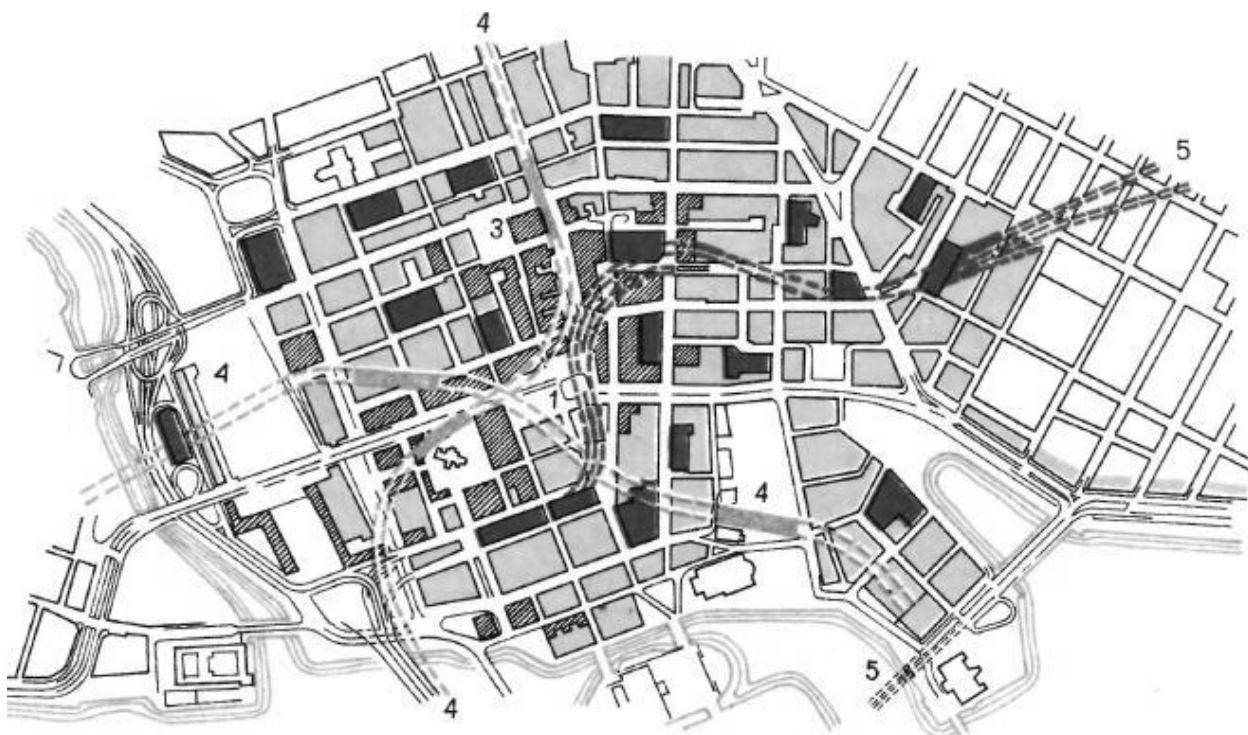


Рисунок 5. 5 – Гаражи и стоянки в центральной части Стокгольма. План, 1962 г.:

1 – площадь Сергеевская; 2 – площадь Ступеplan; 3 – улица Кунгса-тан; 4 – линии метро; 5 – автотранспортные тоннели

При переустроенной жилой застройке предпочтение отдается подземным гаражам, занимающим иногда все пространство между новыми жилыми домами.

Для обеспечения пешеходной доступности объектов массового посещения в центральной части города предусматривается и постепенно осуществляются программы стадийного развития автостоянок и гаражей с учетом обеспечения приемлемых радиусов пешеходной доступности.

При разработке любых архитектурно-градостроительных проектов, особенно проектов центров крупнейших городов, значительное внимание градостроителей, архитекторов и инженеров уделяется не только проблеме беспрепятственного уличного движения, но и проблеме долговременного и кратковременного хранения автомобилей. При этом в относительно удачных градостроительных проектах последовательно проводится идея стадийного развития заранее запланированной общегородской сети гаражей и автостоянок различных типов с определением расчетной вместимости, этажности, габаритов, места расположения отдельных сооружений и намечаются основные этапы их осуществления.

Учитывая перспективы дальнейшего роста автомобильного парка, градостроители в своих расчетах вынуждены отказываться от массового хранения автомобилей на проезжей части улиц и площадей, а также на изолированных от транзитного движения специальных участках в одном ярусе. Многоместные открытые автостоянки традиционного типа предусматриваются в сооружениях, располагаемых вне городской черты.

Практически во всех странах, отличающихся высоким уровнем автомобилизации, градостроители ориентируются на многоярусные и многоместные подземные и полуподземные гаражи и стоянки автомобилей, предельно приближенные к пунктам массового тяготения. Исходя из местных возможностей, характера застройки, рельефа, гидрогеологии, строительной базы определяются перспективные типы отдельно расположенных или встроенных гаражей и автостоянок. В некоторых городах преимущественно проектируются отдельно стоящие наземные многоярусные сооружения рампового типа. В таких гаражостоянках нередко используются один-два подземных яруса.

В центральных зонах многих городов особое внимание уделяется сооружению подземных, в том числе и многоярусных гаражей и автостоянок. В верхнем ярусе таких сооружений часто устраиваются автозаправочные посты технического обслуживания и текущего ремонта, которые нередко рассчитаны не только на машины, пользующиеся стоянкой, но и на «транзитные» автомобили. Максимальная вместимость подземных гаражей-стоянок составляет 1200-2000 машино-мест, а число ярусов достигает 6-8. В ряде случаев, например на рельефе, предусматриваются въезды в подземные гаражи не только «сверху» — с поверхности, но и «снизу» — из подземных участков городских автомагистралей.

В заключение можно отметить, что возможности использования подземного пространства в конкретных градостроительных условиях во многом связаны с назначением тех или иных объектов; в ряде городов использование подземного пространства является практически единственным средством решения транспортных проблем в наиболее напряженных узлах; строительство подземных транспортных сооружений может решить ряд проблем, характерных для крупных и крупнейших городов: улучшение качества городской среды и её благоустройство; повышение архитектурно-художественной ценности отдельных районов; сохранение природной среды на особо охраняемых территориях.

6 КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ И ПРИЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ АРХИТЕКТУРЫ ПОДЗЕМНЫХ ПРОСТРАНСТВ

Постоянные несущие конструкции подземных сооружений предназначены для восприятия всех действующих нагрузок, а также для защиты сооружения от подземных вод. Материалы, из которых возводят подземные конструкции, должны обладать повышенной прочностью, водонепроницаемостью, неветриваемостью, морозостойкостью, огнестойкостью и стойкостью к химической и электрохимической агрессии. В связи со сложностью реконструкции подземных сооружений срок их службы должен быть больше, чем наземных, а следовательно, материалы для изготовления таких конструкций должны быть более долговечными.

Основные требования к конструктивным решениям подземных комплексов, выбору способа организации строительных работ и устройства гидроизоляции:

- выбор типов конструкций определяется характером конструктивного решения основного пешеходно-транспортного сооружения;
- максимально возможное использование конструкций заводского изготовления единого каталога, предназначенного для устройства различных типов подземных сооружений;
- применение разнообразных, прогрессивных конструктивных приемов, обеспечивающих максимальную надежность, долговечность сооружений и экономичность общего решения (в зарубежной и отечественной практике имеются разнообразные примеры конструктивных решений подземных комплексов: металлический каркас, бетонированный, монолитный железобетон с применением металлической опалубки, монолитный

железобетон с наружными подпорными стенами, сборные железобетонные рамы и т.д.; в перекрытии под рельсовыми видами транспорта предусматривается звукоизоляция: засыпка грунтом на 50 см, укладка рельсов на резиновые профили или пробковые прокладки и др.);

- выбор приемов гидроизоляции должен обеспечивать надежность в каждом конкретном случае функционирования объекта и экономичность решения (применение окрасочной и оклеечной битумной, штукатурной, цементной, асфальтовой, литой асфальтовой, пластмассовой, металлической и др. гидроизоляции);

- для производства строительных работ в конкретных гидрогеологических условиях должен быть обоснован выбор того или иного способа ведения работ, обеспечивающего даже в слабых грунтах с высоким уровнем стояния грунтовых вод эффективность строительства. В практике наиболее распространены приемы: «стена в грунте», "опускной колодец", кессонирование и др., а также способ двойных диафрагм (Япония), "миланское метро", продавливание, металлический набрызг бетона" и др.

Конструкции автотранспортных тоннелей.

Автотранспортные тоннели мелкого заложения имеют различные конструкции в пределах закрытой тоннельной части и на открытых рамповых участках. Конструкции тоннелей на закрытом участке устраивают обычно в виде одно- и двухпролетной замкнутой рамы из сборного или монолитного железобетона, а также комбинированной сборно-монолитной конструкции.

При котлованном способе работ конструкции автотранспортных тоннелей возводят преимущественно из сборного железобетона. В практике отечественного тоннелестроения широко применяют типовые унифицированные конструкции городских автотранспортных тоннелей, отдельные элементы которых имеют одинаковые форму и наружные размеры. Использование их в различных инженерно-геологических условиях, при разной глубине заложения тоннеля и неодинаковых нагрузках на конструкцию достигается соответствующим армированием блоков.

Если автотранспортные тоннели располагаются на криволинейных участках трассы, проходят вблизи зданий или непосредственно под их фундаментами и размеры поперечного сечения тоннелей изменяются по длине, сборные железобетонные конструкции могут оказаться неприемлемыми. В этих случаях применяют конструкции из монолитного железобетона или комбинированные сборно-монолитные, которые легко приспособляются к различным градостроительным и инженерно-геологическим условиям. Однопролетные тоннели из монолитного железобетона, сооружаемые котлованным способом, представляют собой замкнутую раму, состоящую из лотка, стен и перекрытий (рисунок 6.1, а).

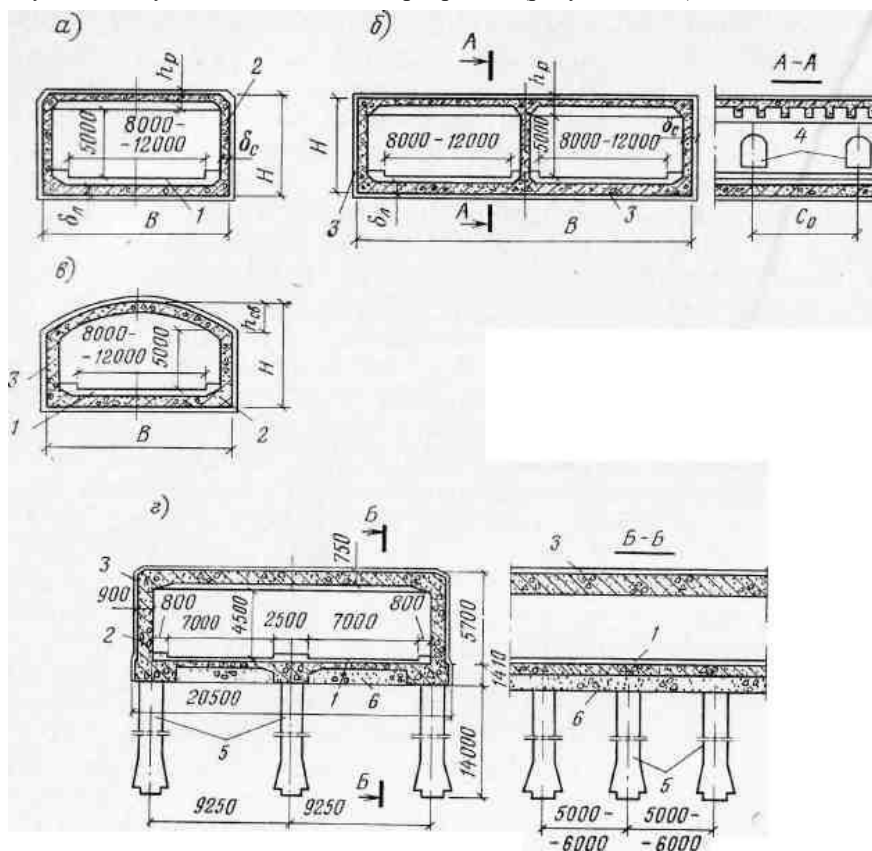


Рисунок 6.1 – Конструкции автотранспортных тоннелей из монолитного железобетона

(при котлованном способе работ):

1 – проезжая часть; 2 – обделка; 3 – гидроизоляция; 4 – проемы; 5 – буровые сваи; 6 – песчаная отсыпка

Толщина стен b_c изменяется от 0,3 до 0,5, лотка b_n от 0,4 до 0,8, а ребристого перекрытия (h_p) от 0,6 до 1 м и более. Сопряжение стен с лотком и перекрытием устраивают при помощи вутов, обеспечивая необходимую жесткость узлов. Стены и лоток чаще всего делают плоскими, а перекрытие в зависимости от пролета – плоским или ребристым.

Конструкции четырех- и шестиполосных автотранспортных тоннелей выполняют в виде двухпролетной железобетонной рамы со средней разделительной стенкой (рисунок 6.1, б). Крупнопролетные конструкции из монолитного железобетона могут быть выполнены со сводчатым перекрытием (рисунок 6.1, в).

Прямоугольные конструкции из монолитного железобетона характеризуются повышенной жесткостью углов и работают как статически неопределимые рамные системы замкнутого контура. Это обуславливает некоторое снижение усилий в элементах конструкции по сравнению со сборными железобетонными конструкциями. Вместе с тем такие конструкции чувствительны к осадкам основания, поэтому их следует применять при наличии плотных и твердых грунтов.

В слабых или просадочных грунтах монолитные конструкции опирают на свайные фундаменты (рисунок 6.1, г). В ряде случаев оказывается целесообразным устройство комбинированных конструкций, состоящих частично из монолитных и сборных элементов. Как пример, можно привести комбинированную конструкцию автотранспортного тоннеля, построенного котлованным способом на пересечении Варшавского и Каширского шоссе в Москве (рисунок 6.2). Стены тоннеля выполнены из плоских железобетонных панелей, жестко заделанных при помощи выпусков арматуры в плоские фундаментные блоки. По верху стен устроена монолитная железобетонная обвязка, на которую опираются сборные блоки перекрытия длиной 14 м. В средней части установлены железобетонные колонны сечением 70×70 см с шагом 8,3 м, опирающиеся на фундаментные блоки стаканного типа. В местах опирания на колонны блоков перекрытия вдоль тоннеля устроен скрытый ригель из монолитного железобетона. Для этого по торцам блоков перекрытия и в верхней части колонн предусмотрены выпуски арматуры. Лотковая часть тоннеля выполнена в виде системы балочных распорок прямоугольного сечения размеры 35×35 см.

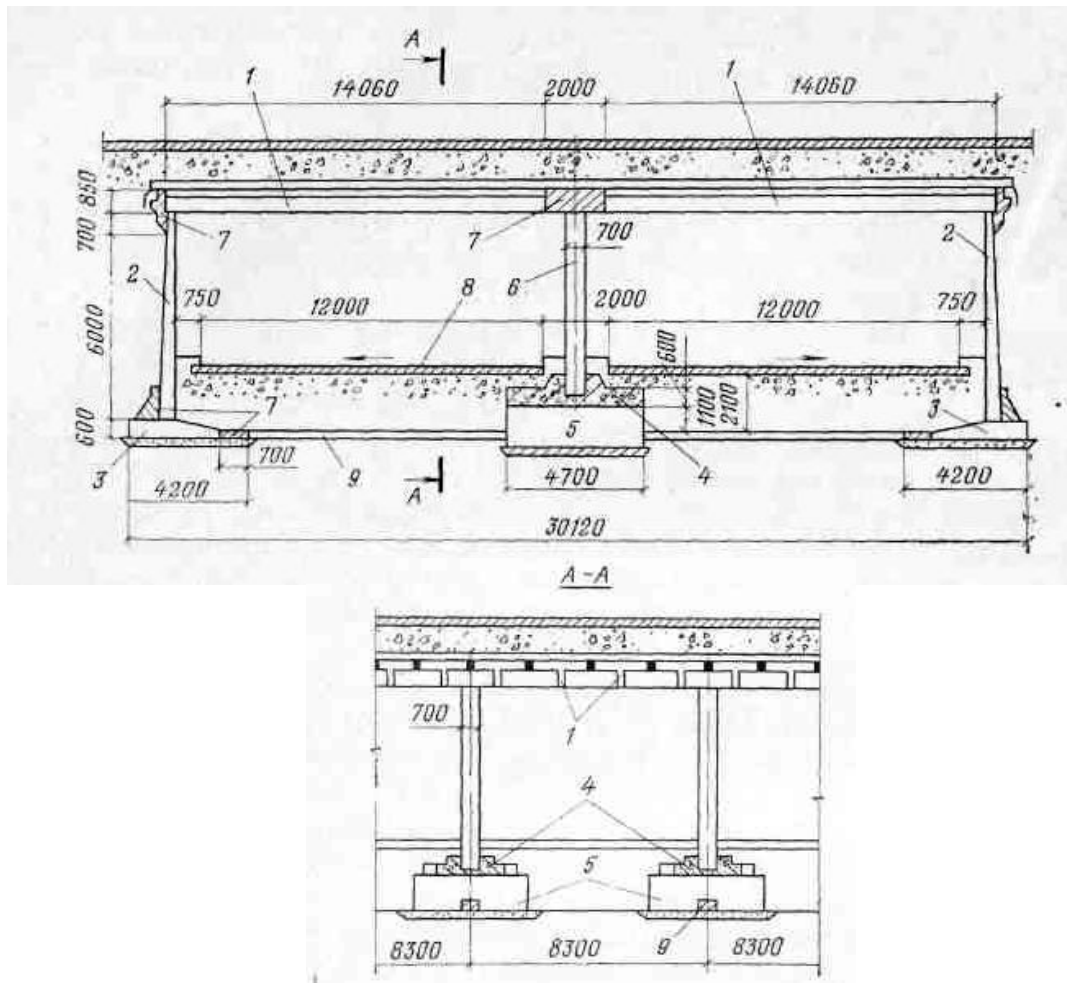


Рисунок 6.2 – Пример конструкции автотранспортного тоннеля:

1 – блок перекрытия; 2 – стеновой блок; 3 – фундаментный блок; 4 – подколеник; 5 – опорный блок
6 – колонна; 7 – монолитный прогон; 8 – проезжая часть; 9 – балочные распорки

Конструкции пешеходных тоннелей. Подземные пешеходные переходы состоят из закрытой (тоннельной) части и открытых лестничных, пандусных или эскалаторных входов и выходов. Конструкции пешеходных тоннелей во многом аналогичны конструкциям автотранспортных тоннелей, однако имеют свои особенности. Разработаны типовые сборные железобетонные конструкции однопролетных и двухпролетных систем. Однопролетные конструкции шириной 4-6 м собирают из трех типов блоков: лоткового, двух стеновых и блока перекрытия (рисунок 6.3).

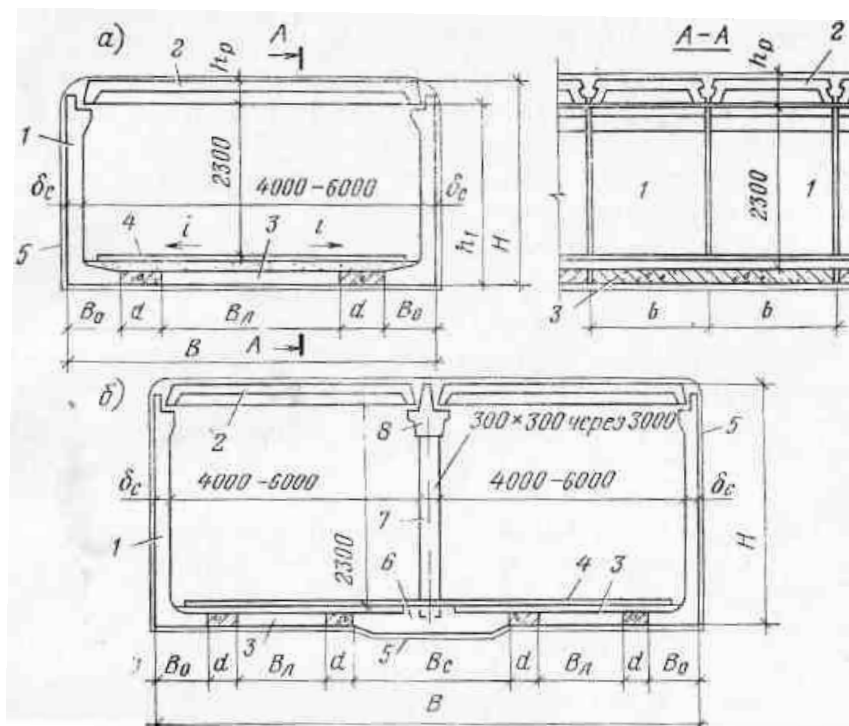


Рисунок 6.3 – Конструкции однопролетного (а) и двухпролетного (б) пешеходных тоннелей из сборных железобетонных элементов:

1 – стеновой блок ; 2 – блок перекрытия; 3 – лотковый блок; 4 – покрытие пола; 5 – гидроизоляция; 6 – подколеник; 7 – колонна; 8 – прогон

Конструкции тоннелей из цельных секций имеют преимущества по сравнению с конструкциями тоннелей, выполненными из блоков. Секции характеризуются повышенной трещиностойкостью и водонепроницаемостью; применение их позволяет сократить расход бетонной смеси и арматурной стали, упрощает устройство гидроизоляции и обеспечивает снижение трудоемкости строительно-монтажных работ.

Наряду со сборными применяют монолитные и комбинированные сборно-монолитные конструкции пешеходных тоннелей, аналогичные конструкциям автотранспортных тоннелей и отличающиеся в основном размерами поперечного сечения.

Конструкции пешеходных тоннелей могут быть выполнены и из стальных элементов. Так, при строительстве тоннелей в открытых котлованах со шпунтовым ограждением стальной шпунт используют в качестве постоянной конструкции стен и опирают на него готовые элементы двускатного профиля и сводчатого поперечного сечения, изготовленные из литой стали. Стыки между блоками перекрытия и шпунтом сваривают. Такие конструкции пролетом до 12-16 м могут быть быстро и легко смонтированы, поскольку масса блоков перекрытия не превышает 1 т.

При строительстве пешеходных тоннелей под насыпями используют конструкции замкнутого сводчатого очертания из гофрированных высокопрочных стальных звеньев (рисунок 6.4). Собранные из отдельных листов звенья тоннеля пролетом 4-8 м и высотой 2,5-5,5 м соединяют между собой внахлестку при помощи сварки или на болтах. Такие конструкции устанавливают непосредственно на грунт или на заранее устроенный бетонный или железобетонный фундамент, закрепляя их анкерными болтами. В некоторых случаях для придания конструкции тоннеля повышенной продольной жесткости устраивают сплошные рандбалки из монолитного или сборного железобетона. Их располагают вдоль оси тоннеля на разной высоте и соединяют со звеньями обделки на болтах. Конструкции из гофрированного металла с

противокоррозионным покрытием характеризуются высокой прочностью и долговечностью, не требуют создания специальной гидроизоляции.

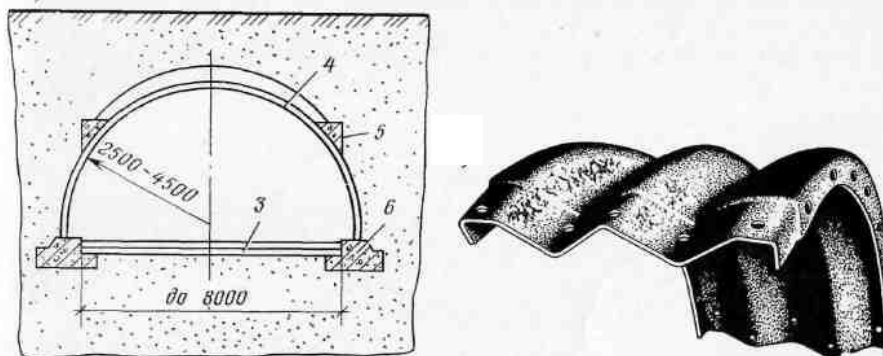


Рисунок 6. 4— Конструкции пешеходных тоннелей из стальных элементов:
1 – элементы перекрытия ; 2 – стальной шпунт; 3 – лоток; 4 – гофрированные звенья;
5 – рандбалки; 6 – фундамент

Конструкции подземных автостоянок, гаражей и комплексов многоцелевого назначения проектируют в соответствии с их объемно-планировочными схемами, учитывая при этом инженерно-геологические условия и технологию производства работ. При строительстве таких сооружений открытым способом подземные конструкции выполняют в виде одно- или многоярусных, одно- или многопролетных рамных систем. Их возводят из монолитного или сборного железобетона, а также комбинированными сборно-монолитными. В отдельных случаях возможно применение стальных и сталежелезобетонных элементов.

Подземные автостоянки и гаражи линейного типа шириной до 15-18 м проектируют, как правило, однопролетными без промежуточных опор-стоек. Конструкции их состоят из лотковой части, фундаментов, наружных стен, верхнего и междуярусных перекрытий (рисунок 6. 5, а).

Подземные гаражи и комплексы зального типа шириной более 18-25 м выполняют двух- или многопролетными. В этом случае несущие конструкции помимо лотков, фундаментов и стен включают и *каркасно-ригельную систему*, состоящую из одного или нескольких рядов колонн, на которые опираются продольные прогоны-ригели, а по ним укладывают блоки перекрытия (рисунок 6. 5, б).

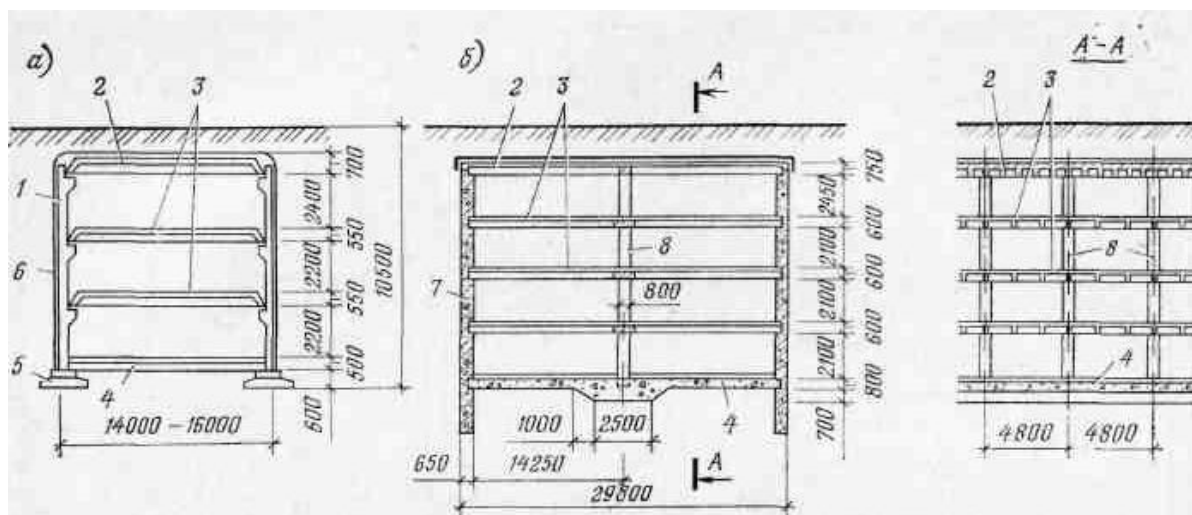


Рисунок 6. 5 – Конструкции подземных гаражей:
а – однопролетная; б – двухпролетная; 1 – стеновой блок; 2 – верхнее перекрытие; 3 – междуярусное перекрытие; 4 – лоток;
5 – фундамент; 6 – гидроизоляция; 7 – траншейная стена; 8 – колонны

При проектировании несущей каркасно-ригельной системы гаража важно установить оптимальное расстояние между колоннами. Расстояния между осями колонн вдоль полосы стоянок принимают кратными ширине одного стояночного места, которая в зависимости от схемы расстановки и типа автомобилей составляет 2-2,5 м. Шаг колонн в поперечном направлении обычно назначают с учетом длины стояночного

места и ширины проезда. При строительстве встроенных и пристроенных подземных автостоянок и гаражей шаг колонн должен быть увязан с шагом колонн наземных зданий и сооружений.

Обычно сетку колонн в подземных автостоянках и гаражах принимают 6×6, 9×6 м и реже 18×6 м. При этом используют унифицированные сборные элементы фундаментов, стен, перекрытий, колонн и прогонов. Размеры несущих элементов рамных конструкций подземных сооружений прямоугольной в плане формы зависят от габаритов внутренних помещений и назначаются так же, как при проектировании конструкций автотранспортных и пешеходных тоннелей, а также зданий и сооружений в промышленном и гражданском строительстве. В зависимости от свойств грунтов устраивают различные типы фундаментов из монолитного или сборного железобетона: ленточные, столбчатые, плитные или свайные из забивных или буровых свай.

Перекрытия подземных гаражей и комплексов чаще всего выполняют из монолитного или сборного железобетона. Конструкции перекрытия аналогичны применяемым при строительстве автотранспортных и пешеходных тоннелей. В основном используют ребристые, реже безбалочные перекрытия из монолитного или сборного железобетона, причем в подземных гаражах и комплексах кругового очертания в плане блоки перекрытия выполняют трапециевидной формы, опирая их на кольцевые ригели и колонны. Если пролеты перекрытия превышают 12-15 м, используют предварительно напряженные железобетонные блоки, а при пролетах более 25-30 м может оказаться целесообразным применение железобетонных или металлических ферм, а также сводчатого перекрытия.

Рампы, лестничные, пандусные и эскалаторные сходы. Въездные и выездные участки городских автотранспортных тоннелей, подземных автомагистралей, подводных тоннелей, автостоянок, гаражей и комплексов, сопрягающие закрытую подземную часть с наземными магистралями, выполняют в виде открытых выемок. В тех случаях, когда территория над подземным сооружением достаточно свободна, возможно устройство открытых выемок с естественными откосами, покрытыми в летнее время травяным газоном.

В большинстве случаев городские подземные транспортные сооружения располагаются на густозастроенной территории, в связи с чем на рамповых участках требуется устройство несущей ограждающей конструкции. Она представляет собой жесткую незамкнутую сверху раму прямоугольного профиля и переменной высоты. Стены ramпы могут закреплять откосы выемки на всю высоту или только в нижней их части с устройством в верхней части естественных откосов.

В зависимости от градостроительных и инженерно-геологических условий встречаются различные конструкции рам из монолитного или сборного железобетона, а также комбинированные сборно-монолитные. Применение монолитного железобетона в ряде случаев может оказаться более целесообразным, чем сборного, что связано с необходимостью непрерывного изменения высоты стен ramпы.

Тоннели в течение всего срока их службы должны удовлетворять требованиям бесперебойности и безопасности движения транспортных средств, экономичности и наименьшей трудоемкости содержания строительных конструкций и постоянных устройств, обеспечения здоровья и безопасных условий труда обслуживающего персонала, а также требованиям охраны окружающей среды.

Основные технические решения, принимаемые при проектировании тоннелей (расположение их в плане и профиле, определение целесообразности строительства двухпутного или двух однопутных железнодорожных тоннелей или количества автодорожных тоннелей для размещения требуемого числа полос движения, тип и форма поперечного сечения обделки, способы ее защиты от грунтовых вод и др.), должны обосновываться путем сравнения технико-экономических показателей вариантов с учетом приведенных затрат на строительство и эксплуатацию сооружения.

Принимаемые технические решения, конструкции и материалы должны обеспечивать срок службы тоннельных обделок не менее 100 лет. Межремонтные сроки строительных конструкций постоянных устройств должны составлять не менее 50 лет.

Тоннели должны быть защищены от неорганизованного проникновения в них подземных и поверхностных вод и иметь водоотводные, а при необходимости и дренажные устройства. Уровень защиты тоннелей от подземных вод должен обеспечивать отсутствие капеза со свода (перекрытия), стекание воды по стенам и исключать образование наледей.

Архитектурные решения. Одним из наиболее важных аспектов использования подземного пространства является архитектурное решение внутреннего оформления помещений, в которых предполагается постоянное присутствие людей. Отсутствие дневного света и природных звуков, специфичное оформление выводных коммуникаций, сам факт нахождения под землей (в особенности – длительного) увеличивают утомление и вредно сказываются на организме человека. У лиц, длительно находящихся в условиях подземного пространства, отмечают: пониженное содержание в организме красящего пигмента меланина, что вызывает общую бледность кожи и волос, покраснение глаз; угасший взгляд, замкнутость и оцепенелость. В связи с этим подземные помещения должны быть более комфортабельными, чем соответствующие помещения на поверхности земли. С целью создания комфортной среды пребывания используются соответствующий дизайн помещений, специальные системы освещения и кондиционирования. Совместное использование этих

факторов позволяет избегать возникновения агорафобии и клаустрофобии у некоторых людей, длительное время находящихся в замкнутом пространстве подземного помещения. Специалистами в области архитектуры подземного пространства отмечается положительное влияние дизайна помещений на самочувствие и настроение людей за счёт эффективной организации подземного пространства, психологически обоснованного подбора цветов, освещения и акустики, создания впечатления связи с внешним миром.

Подземные сооружения нового поколения создаются с оригинальными конструктивными и объёмно-планировочными решениями, с новыми системами теле- и видеоконтроля, пожаротушения и безопасности находящихся в них людей.

Например, выразительность архитектурных решений станций Юбилейной линии лондонского метрополитена была достигнута за счёт оригинальных объёмно-планировочных и конструктивных решений. Полы станций были выполнены из полированных плит искусственного гранита тёмно-серого цвета. Освещение и окраска элементов конструкций и стен, совместно с современной формой железобетонных колонн и отделкой стен яркой облицовочной плиткой, стали основными элементами архитектуры и дизайна станций.

В Германии в последние годы разработаны оригинальные архитектурно-планировочные решения, согласно которым подземные сооружения общественного назначения являются естественным продолжением наземной архитектуры и позволяют создавать новые функциональные объёмы в подземном пространстве при оптимальном размещении подземных объектов. В подземном культурном комплексе у кафедрального собора Кёльна разместились два музея, концертный зал и подземная автостоянка. На обширной территории за Романо-германским музеем и соборным подворьем устроен широкий спуск к р. Рейн. Тщательно продуманное расположение наземных и подземных сооружений, включая железнодорожную станцию, здания старой части города и спуск к Рейнскому саду, с учётом топографических условий местности, позволили зрительно скрыть значительную часть архитектурных объёмов и подчеркнуть наиболее ценные объекты. Пятиярусная подземная автостоянка, размещённая вдоль набережной, является дополнительной защитой помещений подземных музеев и концертного зала.

При разработке архитектурного решения станций на линии «Метеор» парижского метрополитена была принята общая концепция оформления, согласно которой было обязательным не только учитывать специфику каждой станции, но и её органическую связь с городской застройкой, с оформлением вокруг наземных вестибюлей и входов, учитывая культурные традиции Франции.

Таким образом, правильное архитектурное и конструктивное решение подземных помещений, особенно предполагающих постоянное или длительное присутствие человека, позволит повысить эмоционально-психологический комфорт и безопасность находящихся в них людей.

При выборе способа производства работ всё чаще предпочтение отдаётся наиболее экологичным способам строительства. К ним можно отнести:

- строительство стволов бурением;
- способы бестраншейной прокладки инженерных коммуникаций;
- способ «стена в грунте»;
- новоавстрийский тоннельный метод (НАТМ);
- опережающий экран;
- щитовой и механизированный способы проходки, в том числе с пригрузом забоя.

Экологически безопасные технологии строительства и эксплуатации подземных объектов позволяют достичь нового уровня освоения подземного пространства за счёт:

- более широкого использования подземного пространства, как среды обитания человека;
- расширения областей применения щитовой и механизированной проходки и НАТМ;
- творческого использования подземного пространства, строительства подземных сооружений нового поколения и развития подземных инфраструктур с учётом требований экологии;
- применения современных подходов к проектированию подземных сооружений, базирующихся на таких дисциплинах, как подземная архитектура, строительная геотехнология, геоника и пр.

7 СОВРЕМЕННЫЙ ЭТАП ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ В КРУПНЫХ ГОРОДАХ БЕЛАРУСИ

Развитие современного белорусского города невозможно без совершенствования его транспортной системы. Состояние транспортной инфраструктуры населённых мест Республики Беларусь, особенно областных центров и крупных промышленных городов, можно охарактеризовать как предкризисное. Существующая сеть городских улиц и дорог не в состоянии воспринять увеличивающийся поток транспортных средств. Кроме того, быстро растущий уровень автомобилизации ведёт не только к перегрузке улиц, но и к усугублению экологической ситуации, к ухудшению здоровья людей.

Интенсивное освоение подземных предопределяет возможность эффективного использования городской территории, улучшения состояния внешней среды, сохранения архитектурно-пространственной целостности исторически сложившихся зон города, а также решения комплекса многих других, в том числе социально-экономических задач.

Примером рационального использования подземного пространства является строительство единственного в своем роде общественно-торгового центра с паркингом на площади Независимости в г. Минске.

Градостроительный ансамбль площади Независимости (площади Ленина) в Минске начал складываться в 30-е годы XX века. По проекту архитектора Иосифа Лангбарда главная площадь страны – символ нового социалистического города – размещалась перед Домом правительства. Композиция ее строго симметрична и раскрыта в сторону Привокзальной площади. Основной размер задан шириной курдонера Дома правительства - 100 метров. В генплане Минска 1932-1936 годов закреплено ее назначение как главной площади нового административного центра белорусской столицы.

Однако этому проекту не суждено было осуществиться. Уже в послевоенных генпланах главная роль отведена Центральной (Октябрьской) площади, а площади Ленина – роль дублера при проведении парадов и демонстраций и составной части ансамбля трех основных площадей столицы: Ленина, Центральной, Победы.

Планировочное решение пл. Ленина, осуществленное в 1964 году по проекту архитектора Виктора Аникина, – прямоугольник размером 400×160 метров с организацией кольцевого движения транспорта. На площади размещалась автостоянка на 300 автомобилей и партерный сквер (рисунок 7.1).

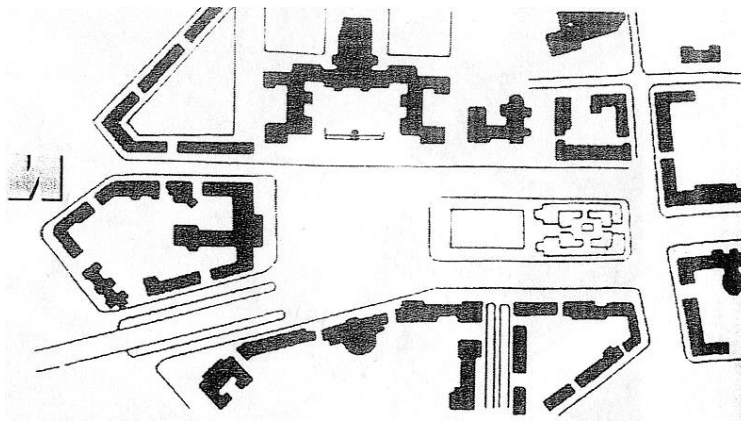


Рисунок 7.1 – Планировочное решение площади Ленина, 1964 г. (архитектор – В. С. Аникин)

В 1975 году после многолетнего вариантного проектирования ЦК КПБ и Совмином был одобрен проект детальной планировки площади (архитекторы С. Ботковский, Л. Гельфанд, М. Гаухфельд, Ю. Кустов).

Дальнейшая застройка в 70-80-е годы прошлого столетия практически не учитывала размеры площади и велась отдельными зданиями. Архитектура их фасадов сознательно лаконична и подчинена главному зданию - Дому правительства. Планировочное решение площади сохранялось из-за недостатка средств на крупную реконструкцию.

После приобретения Беларусью независимости и переименования площади в 1994 году был проведен архитектурный конкурс на благоустройство и придание этому градостроительному ансамблю нового идеологического звучания. Однако в связи с тем, что в большинстве проектов предлагалась реконструкция планировочного решения и застройки площади, что не предусматривалось условиями конкурса, победители определены не были, равно как и будущее этого важного и ответственного места в центре белорусской столицы. В 2000 году по инициативе руководства города был объявлен конкурс уже на комплексную реконструкцию площади Независимости. По его результатам было сформулировано градостроительное задание и создан объединенный авторский коллектив из участников конкурса под руководством главного архитектора города. В 2001 году этим коллективом (архит. М. Гаухфельд, А. Колонтай, Я. Линевиц, А. Чадович) был разработан детальный эскизный проект (концепция) реконструкции площади и прилегающих кварталов. Он и был принят за основу для дальнейших работ.

Проект реконструкции предлагал не только изменение планировочного решения площади, но и примыкающих к ней кварталов, транспортной схемы, насыщение прилегающих улиц паркингами и автостоянками. Что касается застройки, расположенной по периметру площади, то ее масштаб был укрупнен, но возведение новых надземных зданий не предусматривалось. Реконструкция изменила функциональное назначение площади, из административно-вузовской она превратилась в общественную с круглосуточным функционированием различных объектов обслуживания.

В подземном пространстве площади было запроектировано размещение крупнейшего в городе общественно-торгового центра и паркинга на 500 автомобилей. Появление столь мощных объектов на данной территории уравновесило существующий перекося в развитии центра города и системы обслуживания в северо-восточном направлении и создало предпосылки для его развития в юго-западном направлении. Проектом были запланированы также благоустройство площади и прилегающих улиц с образованием новых парковых территорий, реставрация и восстановление памятников истории и архитектуры, реконструкция инженерного и энергетического обеспечения центра города.

Площадь получила и мощный мотив монументального звучания, центральным фрагментом которого стал крупномасштабный архитектурно-скульптурный ансамбль, отражающий тему государственной символики независимой Беларуси. Минск в итоге приобрел не только интересный архитектурный ансамбль, но и современный функциональный городской центр европейского уровня.

Концепция реконструкции неоднократно обсуждалась специалистами и общественностью, была одобрена руководством страны, утверждена градостроительным советом Министерства архитектуры и строительства.

Все работы разделили на три очереди, в каждую из которых были включены до 10 объектов. Начало первой – при параллельном проектировании и строительстве – было положено в 2002 году.

Строительство подземного центра было завершено в 2007 году. В его составе – четырехэтажный паркинг на 500 легковых автомобилей с въездом и выездом на улицу Советскую, которая стала тупиковым проездом от площади Мясникова до площади Независимости.

С каждого уровня паркинга посетители попадают на один из трех уровней подземной пешеходной улицы, связывающей паркинг, три пешеходных перехода и все подземные объекты торговли и обслуживания. Под землей можно пройти от почтамта и гостиницы "Минск" к педуниверситету, БГУ, остановкам общественного транспорта, а через станцию метро – и на Привокзальную площадь (рисунок 7. 2).

Композиция подземного центра строится вдоль продольной оси площади. Основная пешеходная улица имеет несколько коммуникационных узлов на пересечении с пешеходными переходами, освещаемыми через остекленные купола. Кровлю над пешеходной улицей разрезают световые фонари, освещающие три подземных уровня. На верхнем и среднем размещаются предприятия торговли, обслуживания и общественного питания, на нижнем – досугово-развлекательный комплекс, еще ниже – технический этаж. Общая площадь предполагаемых к сдаче в аренду помещений — до 25 000 м².

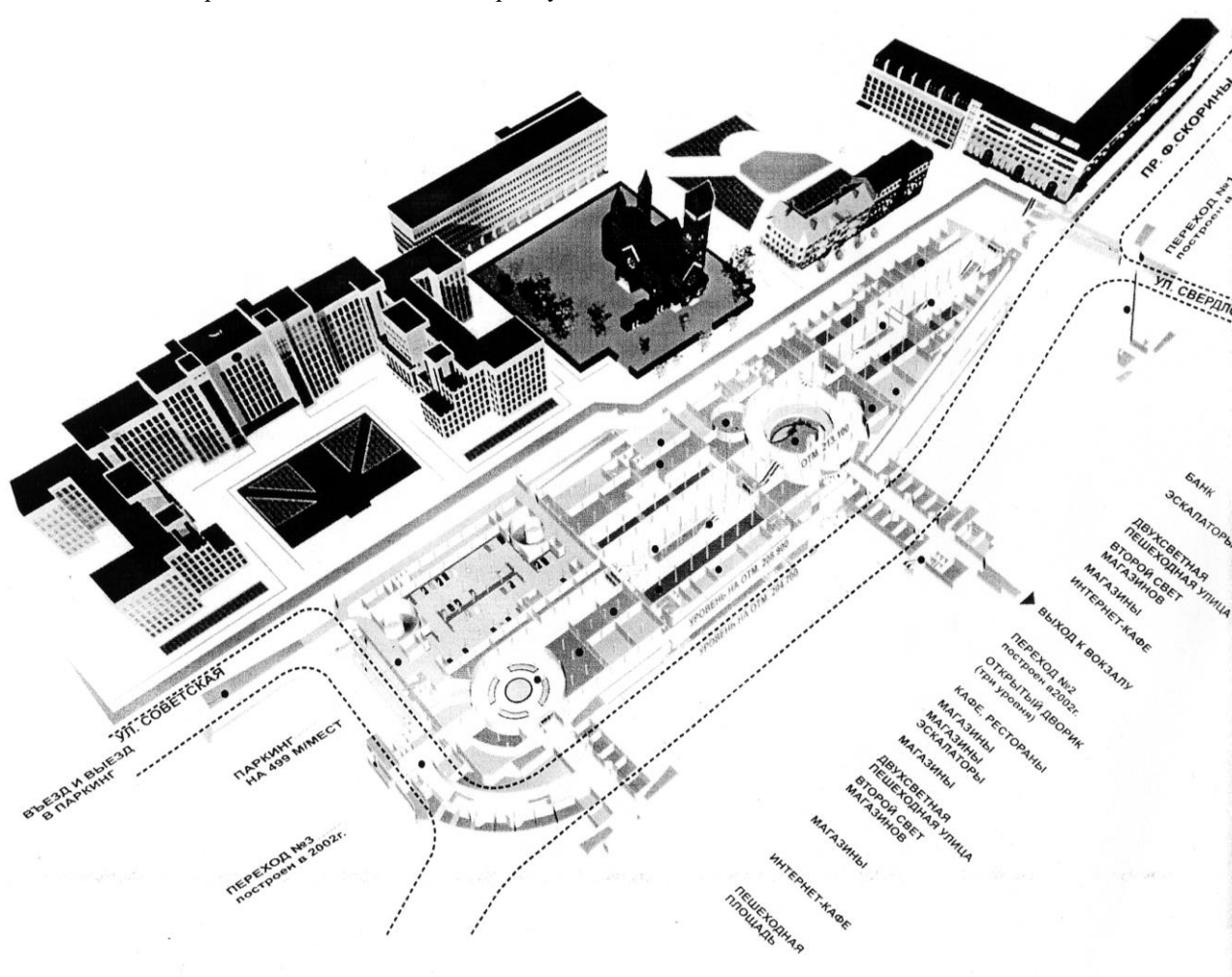


Рисунок 7. 2 – Схема расположения объектов обслуживания в общественно-торговом центре

Несмотря на то, что подобные подземные сооружения есть во многих городах мира, для Беларуси это уникальное строительство. Отсутствие опыта и нормативной базы потребовало (при параллельном проектировании и строительстве) больших усилий на получение необходимых исходных данных, согласований и разрешений.

Сооружение подземных объектов — одна из технически сложных и трудоемких отраслей современного строительства, в которой наиболее остро стоят требования взаимного соответствия конструкций и технологических решений. При проектировании подземного комплекса с паркингом в г. Минске особое внимание было уделено соблюдению этих требований.

Конструкция паркинга подземного общественно-торгового центра (блок №1) представляет собой пространственное четырехъярусное сооружение прямоугольной формы в плане, с размерами в плане 91,3×78 м, с высотами ярусов: верхнего – 4м, всех последующих – 3,0м. Сетка колонн в местах установки автомобилей 5,5×6,0 м, в проездах - 7,5×6,0 м.

Безбалочные монолитные железобетонные перекрытия представляют собой сплошные плиты, опертые непосредственно на колонны со скрытыми капителями. Устройство скрытых капителей вызвано конструктивными соображениями с тем, чтобы создать достаточную жесткость в месте сопряжения железобетонной плиты с колонной, обеспечить прочность плиты на продавливание по периметру колонны и капители.

Подземные сооружения, возводимые открытым способом, работают, как правило, в режиме заданных нагрузок и отличаются более простой и определенной расчетной схемой. Схема в данном случае выбрана таким образом, чтобы она в наибольшей степени соответствовала реальным условиям статической работы, отражая конструктивные особенности, материал конструкций, инженерно-геологические условия, а также способ производства работ.

Современные методы расчета позволяют использовать пространственную расчетную схему, хотя трудоемкость таких расчетов существенно возрастает. Значительные сложности, потребовавшие большого объема выполнения компьютерных расчетов, были связаны с выполнением конструкции этого уникального сооружения в монолитном железобетоне, чему нет аналогов в практике строительства подземных сооружений в Беларуси.

Расчетная схема паркинга принята в виде плиты на упругом основании с вышерасположенными стенами и перекрытиями. Фундаментная плита моделировалась трех- и четырехугольными плитными конечными элементами на упругом основании, а стены и перекрытия - трех- и четырехугольными конечными элементами оболочки.

Конструкции подземного паркинга рассчитывались, помимо эксплуатационных нагрузок от проходящего над ним транспорта, на вес слоев грунта и дорожной одежды, на горизонтальное давление земли (от собственного веса и от веса временной нагрузки на призме обрушения), а также на собственный вес элементов конструкции. Учитывались и другие нагрузки и воздействия: тормозные силы, поперечные удары колес подвижной нагрузки, колебания температуры, усадка бетона и другие. В целом по нагрузкам должны рассматриваться возможные, наиболее невыгодные, сочетания.

При расчетах конструкций паркинга выделялись основные и особые сочетания нагрузок. В основные сочетания входили: постоянные нагрузки (вертикальные, а также горизонтальные от давления грунта), временные вертикальные нагрузки и давление грунта на призме обрушения. В особые сочетания включались наряду с другими нагрузками строительные нагрузки. Возможная изменчивость всех нагрузок и воздействий учтена при расчетах коэффициентами надежности, или коэффициентами безопасности.

Возведение подземных сооружений – одна из технически сложных и трудоемких отраслей современного строительства, требующая относительно высоких материальных и финансовых затрат. Учитывая сжатые по сравнению с нормативными сроки строительства, было решено применить конструктивное решение бескапитальных монолитных железобетонных перекрытий и покрытий, что позволило упростить производство работ, но усложнило решение узлов сопряжения колонн с дисками перекрытий и покрытия. Такое конструктивное решение несколько повысило расход стали на 1 м³ бетона, но в конечном счете привело к существенному снижению стоимости строительства.

Принятый при строительстве открытый способ с углубленным котлованом позволил почти все технологические операции выполнять непосредственно с земли с последующей обратной засыпкой готового сооружения. Это позволило исключить специфические трудоемкие процессы, присущие подземному строительству закрытым способом.

Говоря о характере и степени развития подземной урбанистики на ближайший период и перспективу, нельзя не отметить значительную стоимость подземных сооружений, которая нередко в 1,5-2 раза превышает стоимость аналогичных наземных зданий. Тем не менее, с учетом сравнительной комплексной оценки городских территорий и застройки строительство подземных сооружений, помещений и устройств может быть экономически оправдано.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Главной целью создания и использования подземного пространства в городах является обеспечение оптимальных условий для труда, быта, отдыха и передвижения городского населения с одновременным увеличением незастроенных озелененных пространств «на поверхности», с формированием здоровой, удобной и эстетически привлекательной городской среды.

Проблема создания и использования подземного пространства в крупнейших, крупных и больших городах в настоящее время приобретает все большую актуальность в связи с ощутимым дефицитом свободных территорий, стремлением к упорядочению всех видов культурно-бытового обслуживания, ускоренным развитием массового и индивидуального транспорта, необходимостью повышения художественно-эстетических и санитарно-гигиенических качеств застройки.

Проблема использования подземного пространства возникает во всех зонах крупного или крупнейшего города, но наибольшее значение она приобретает в центральной, наиболее плотно застроенной и посещаемой части, а также в отдельных общественно-транспортных комплексах массового тяготения. В таких условиях могут быть использованы полностью подземные и полуподземные сооружения (частично заглубленные, расположенные на перепадах рельефа), а также устройства, образованные вышележащими перекрытиями большой площади и в силу этого лишенные естественного освещения и проветривания.

Особенно целесообразным является использование подземного пространства для транспортных, подсобно-вспомогательных и технических сооружений, помещений и устройств, эксплуатация которых не связана с длительным пребыванием в них посетителей и персонала.

Одна из важных градостроительных проблем – обеспечение безопасности движения населения. Сокращение транспортных потоков до уровня, гарантирующего свободу движения пешеходов по поверхности, не всегда возможно. Только в исключительных случаях осуществим полный перенос движения транспорта в тоннели или на эстакады. Поэтому в наиболее важных узлах существующих и новых городов, а также на магистралях непрерывного движения и скоростных дорогах широкие масштабы получило строительство пешеходных тоннелей. В последние годы многие пешеходные тоннели решаются не изолированно, а во взаимосвязи с другими транспортными сооружениями и устройствами (транспортные пересечения, остановки общественного транспорта, станции метро, вокзалы), а также с поверхностной застройкой и объектами массового посещения. Следовательно, использование подземного пространства является не только одним из основных путей упорядочения движения пешеходов и транспорта в городах, но и способствует формированию единой, взаимосвязанной транспортной сети, объединяющей сооружения магистрального и внутригородского сообщения.

На пространственную организацию подземных сооружений почти не оказывает влияния рельеф; кроме того, благодаря созданию подземных пешеходных и транспортных путей могут быть обеспечены наиболее удобные условия движения по самым коротким направлениям, с минимальной высотой перемещений по вертикали.

Активное использование подземного пространства города связано с необходимостью детальных инженерно-геологических изысканий, с картированием городских территорий и выявлением наиболее благоприятных по гидрогеологическим условиям участков и зон.

Строительство и эксплуатация подземных сооружений связано обычно с определенными техническими трудностями. Конструкции нередко должны быть рассчитаны на значительное горное давление. Производство работ почти всегда осложняется существующими коммуникациями и фундаментами зданий; в ряде случаев возникает необходимость искусственного водопонижения и надежной гидроизоляции, вплоть до замораживания или химического закрепления грунтов. Подземные сооружения нуждаются в искусственном освещении, непрерывной приточно-вытяжной вентиляции, особых способах отопления или кондиционирования воздуха, а также канализации.

Одной из специфических задач, возникающих при создании городской подземной среды, является необходимость преодоления средствами архитектуры и соответствующего оборудования ощущения «подземности».

При решении любых специфических задач пространственной организации подземных сооружений – от выбора конструктивных схем до решения систем инженерного оборудования – следует развивать единый архитектурно-композиционный замысел создаваемых устройств.

Главное условие планомерного и все более широкого использования подземного пространства — это его органичная, функциональная и архитектурно-композиционная взаимосвязь с поверхностной планировкой и застройкой, а также между различными типами подземных сооружений, их цельное и взаимосогласованное решение с учетом последующих этапов развития.

В заключение необходимо отметить, что подземное строительство – это область, где успех может быть обеспечен только прочным союзом архитектора, конструктора и геотехника, а выбор конструкции и

технологии устройства подземных сооружений должен основываться на тщательном расчетном всестороннем анализе геотехнической ситуации на месте предполагаемого строительства.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 **Алексашина, В. В.** Влияние промышленного транспорта на экологию города / В. В. Алексашина // Промышленное и гражданское строительство. – 2007. – № 10. – С. 23-24.
- 2 **Ананич, А.** Прибежище для автомобиля / А. Ананич // Мастерская. – 2007. – № 9. – С. 34-37.
- 3 **Борисик, И.** Транспортные проблемы белорусских городов / Борисик, И. // Архитектура и строительство. – 2007. – № 4. – С. 38-41.
- 4 **Власов, С. Н.** Тоннелестроение в начале века – опыт и высокие технологии для новых тоннелей / С. Н. Власов // Транспортное строительство. – 2006. – № 7. – С. 26-30.
- 5 **Голубев, Г. Е.** Использование подземного пространства в жилой застройке / Г. Е. Голубев. – М. : Стройиздат, 1979. – 23 с.
- 6 **Голубев, Г. Е.** Подземная урбанистика: (Градостроительные особенности развития систем подземных сооружений) / Г. Е. Голубев. – М. : Стройиздат, 1979. – 231 с.
- 7 **Земельман, А. М.** ОАО «Метрогипротранс» и его роль в формировании транспортной инфраструктуры Москвы / А. М. Земельман // Транспортное строительство. – 2007. – № 1. – С. 14-18.
- 8 **Келемен, Я.** Город под землей / Я. Келемен. – М. : Стройиздат, 1986
- 9 **Конюхов, Д. С.** Использование подземного пространства. Учеб. пособие для вузов. – М. : Архитектура-С, 2004. – 296 с.
- 10 **Лазарев, А.** И все-таки подземные города / А. Лазарев // Япония сегодня. – 2007. – № 12. – С. 11-12.
- 11 **Лебедев, О. К.** Транспорт городских центров / О. К. Лебедев. – М. : Стройиздат, 1985. – 356 с.
- 12 **Маковский, Л. В.** Городские подземные транспортные сооружения: Учеб. пособие для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Стройиздат, 1985. – 439 с.
- 13 **Михайлова, Е. В.** Архитектурное освоение подземного пространства города / Е. В. Михайлова // Промышленное и гражданское строительство. – 2007. – № 1. – С. 40-41.
- 14 **Мостепанов, Ю. Б.** Вентиляция при строительстве подземных сооружений / Ю. Б. Мостепанов. – М. : Стройиздат, 1988. – 124 с.
- 15 **Новаковский, М. В.** Транспорт и проектирование центра города / М. В. Новаковский. – М. : Стройиздат, 1983. – 298 с.
- 16 **ПЗ-01 к СНБ 3.03.02-97** Проектирование сетей городского пассажирского транспорта. - Мн.: Министерство архитектуры и строительства РБ, 2002. – 67 с.
- 17 **Подземное пространство и его освоение** / П. Ф. Швецов, А. Ф. Зильберборд, М. М. Папернов. – М. : Наука, 1992. – 196 с.
- 18 **Рекомендации** по проектированию комплексов торгово-бытового обслуживания при подземных пешеходных зонах. Авторы, составители Рекомендаций: кандидат архитектуры И.П.Васильева - руководитель темы (раздел 1-8); инженер-экономист З.Н. Красник-Рудин (раздел 9); архитектор Л.А.Бажанова (графика), техник В.В.Вейдеман. – М,1991. – 78 с.
- 19 **Романов, О.С.** Подземный город – миф или возможность? / О. С. Романов, В. М. Улицкий // Реконструкция городов и геотехническое строительство. – 2000. – № 2. – С. 34-36.
- 20 **Сегединов, П. П.** Многоярусный город / П. П. Сегединов. – М. : Стройиздат, 1989. – 198 с.
- 21 **Сергачев, С.** Подземные пространства в архитектуре Китая / Сергачев С., Мин Гуо Сяо // Архитектура и строительство. – 2007. – № 3. – С. 42-45.
- 22 **СНБ 5.03.01-02.** Бетонные и железобетонные конструкции. Строительные нормы Республики Беларусь. – Мн.: Министерство архитектуры и строительства РБ. – 2003, 139 с.
- 23 **Тетиор, О. Н.** Проектирование и строительство / О. Н. Тетиор. – М. : Наука, 1990. – 113 с.
- 24 **Шварцман, В. Л.** Задачи подземного транспортного строительства в мегаполисах и опыт их решения в Московском регионе / В. Л. Шварцман, В. Е. Меркин // Транспортное строительство. – 2007. – № 3. – С. 3-7.
- 25 **Шилин А. П.** Освоение подземного пространства / А. П. Шилин. – М, 2005.
- 26 **Штерн, Г. Я.** Северо-Западные тоннели в Москве – воплощение новых инженерных идей / Г. Я. Штерн // Транспортное строительство. – 2007. – № 1. – С. 24-27.
- 27 **Desing** Considerations for an Earth- Integrated Education Center in the Israeli Desert // Tunnelling and Underground Space Technology. – 1987. – № 1.
- 28 **Burnaby** Gamatkhna // Architectura and Urbanism. – 1986. – № 4.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
1 Подземные пространства в городской структуре.....	4
2 Классификация подземных транспортных сооружений.....	14
3 Подземные автотранспортные тоннели и магистрали.....	18
4 Пешеходные тоннели и переходы.....	24
5 Подземные автостоянки и гаражи.....	29
6 Конструктивные решения и приемы формирования архитектуры подземных пространств.....	34
7 Современный этап проектирования подземных сооружений в крупных городах Беларуси.....	40
Заключение.....	45
Список использованных источников.....	46

Учебное издание

МАЛКОВ Игорь Георгиевич
ТИТКОВА Татьяна Сергеевна

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ПРОСТРАНСТВ
В ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВЕ**
Учебно-методическое пособие

Редактор М. П. Дежко
Технический редактор В. Н. Кучерова

Подписано в печать 17.07.2009 г. Формат 60x84 $\frac{1}{8}$.
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать на ризографе.
Усл. печ. л. 5,58. Уч.-изд. л. 5,60. Тираж 95 экз.
Зак. № 2090. Изд. № 24.

Издатель и полиграфическое исполнение
Белорусский государственный университет транспорта:
ЛИ № 02330/0133394 от 19. 07. 2004 г.
ЛП № 02330/0148780 от 30. 04. 2004 г.
246653, г. Гомель, ул. Кирова, 34