

Оглавление

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ | 5 |
| ВВЕДЕНИЕ | 6 |
| 1. РАЗВИТИЕ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА..... | 7 |
| 1.1. Ресурсный подход | 7 |
| 1.2. Директивный подход | 8 |
| 1.3. Градостроительный подход..... | 8 |
| 1.4. Комплексный системный подход | 9 |
| 2. КЛАССИФИКАЦИЯ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ..... | 10 |
| 2.1. Классификация подземных сооружений по социально-функциональному назначению..... | 10 |
| 2.2. Классификации подземных сооружений по пространственно-планировочным характеристикам..... | 11 |
| 2.3. Комплексные классификации подземных сооружений..... | 15 |
| 3. ОБЪЕМНО-ПЛАНИРОВОЧНЫЕ РЕШЕНИЯ И КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ ПРОМЫШЛЕННОГО И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ | 17 |
| 3.1. Подземные многоярусные комплексы | 17 |
| 3.2. Подземные гаражи и автостоянки | 17 |
| 3.3. Пешеходные тоннели..... | 18 |
| 3.4. Анализ объемно-планировочных решений подземных сооружений промышленного и энергетического назначения | 18 |
| 4. ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ / ПРОЕКТА № 1 | 19 |
| 5. ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ / ПРОЕКТА № 2 | 30 |
| Библиографический список..... | 43 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ | 44 |

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Внешние силы — приложенные к рассматриваемому объекту силы, вызываемые действием других тел.

Внутренние силы — силы связи между отдельными физическими частицами вещества.

Массив горных пород — область в верхней части земной коры, в которой производятся горные работы и осуществляется подземное строительство.

Обделка — строительная конструкция, которая возводится вокруг горной выработки при строительстве подземного сооружения (различные тоннели, машинные залы гидростанций, газовые и нефтехранилища, станции метро и т.п.).

Подземное пространство — пространство под дневной поверхностью, используемое для расширения среды обитания горожан, реализации приоритетов эколого-экономического благополучия и устойчивого развития, создания условий жизнедеятельности людей в экстремальных обстоятельствах.

Подземные сооружения — сооружения (объекты) промышленного, сельскохозяйственного, культурного, оборонного, коммунального и другого назначения, создаваемые под земной поверхностью, в массивах горных пород.

Тоннель — сооружение для пропуска транспортных средств, пешеходов, воды, прокладки инженерных коммуникаций и др.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время освоение подземного пространства российских городов, в частности Москвы, является актуальной задачей и вошло в активную стадию. При этом нужно понимать, что для эффективного строительства подземных сооружений необходим комплексный подход. Освоение подземного пространства является не только сложнейшей задачей в области проектирования и строительства, но и решает ряд социально-экономических проблем крупных городов.

При проектировании и строительстве подземных сооружений в обязательном порядке проводятся инженерно-геологические изыскания (ИГИ). В результате полученных данных необходимо произвести комплексное исследование результатов. Основываясь также на данных ИГИ в дальнейшем будет производиться расчет в специализированных программных комплексах, таких как PLAXIS, MIDAS, ZSoil и т.д.

Необходимо брать во внимание то, что успех при освоении подземного пространства напрямую связан со знанием особенностей вмещающего массива и его взаимодействием с сооружением. Для достижения данных задач важно повышать качество при проектировании и строительстве, например по возможности проектировать объекты в трехмерной постановке (если такая задача целесообразна и поможет в дальнейшем при проектировании).

1. РАЗВИТИЕ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА

Практически все подземные сооружения на территориях мегаполисов относятся, независимо от функционального назначения, к особо опасным и технически сложным объектам.

Сложность отдельных задач и проблемы в целом, возникающие при строительстве подземных сооружений, привели за последние десятилетия к интенсивному развитию строительных технологий.

Понятие «освоение подземного пространства» отражает не только строительную деятельность под землей, но и является достаточно емким. При таком строительстве важно эффективно использовать подземное пространство и вписывать окружающую инфраструктуру города.

С экономической точки зрения подземное пространство используется при разработке и добыче полезных ископаемых. Также освоение подземного пространства производится для энергетического, транспортного, водохозяйственного, производственного, научного, складского и другого назначения. Использование природных пустот и полостей, заброшенных выработок и выведенных из эксплуатации подземных сооружений относят к освоению подземного пространства.

Может возникнуть множество проблем при освоении подземного пространства, которые не всегда связаны с геологией или проектированием. Например, могут возникнуть сложности экологического, экономического, гидрологического порядка. Успешное решение вышеперечисленных негативных моментов на всех этапах проектирования позволит качественно выполнить объект строительства и ввести его в эксплуатацию. Выбор стратегии определяется конкретным подходом к освоению подземного пространства.

1.1. Ресурсный подход

К большому сожалению, такой природный ресурс, как подземное пространство, — не возобновляемый. Поэтому необходимо выполнять строгий учет, определенные требования и правила. При соблюдении требований в подземных участках пространства могут быть размещены сооружения различного назначения.

Характеристиками подземного пространства могут быть:

- глубина заложения объекта;
- объем объекта;
- форма объекта;
- свойства вмещающего массива;
- территория, на которой располагается объект;
- устойчивость;
- возможность доступа в объект с поверхности земли;
- климатические условия.

При учете характеристик объекта строительства и территории его расположения освоение подземного пространства — зачастую более легкая задача, нежели строительство надземных сооружений. Такие сооружения дольше служат и нет необходимости учитывать топографическую поверхность земли и связанные с этим сложности, которые могут возникнуть при надземном строительстве.

По мнению М.М. Папернова, А.Ф. Зильберборда, П.Ф. Швецова, Н. Саари и других, потребность в ресурсе подземного пространства зависит от следующих факторов:

- добычи полезных ископаемых;
- использования подземного пространства в градостроительных и религиозных целях;

- использования подземного пространства для сооружения хранилищ отходов вредных производств и радиоактивных отходов, а также складов различного назначения, в частности для сохранения продуктов питания;
- защиты населения в особый период;
- поиска относительного комфорта в экстремальных температурных условиях.

При освоении природных ресурсов зачастую приходится сталкиваться и с дополнительными ограничениями — наличием горного давления и риском сдвижения грунтового массива при создании искусственных выработок. Также могут возникнуть высокие затраты на освоение подземного пространства, что приведет к нерентабельности объекта строительства.

По мнению ряда ученых, повторное использование подземного пространства получило широкое распространение именно вследствие ресурсного подхода. Наиболее перспективным и целесообразным принято считать отработанные выработки подземных шахт и некоторые пещеры для размещения объектов различного назначения.

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод, что ресурсный подход может охватывать все сферы подземного пространства. Он может быть всецело использован в интересах человека.

1.2. Директивный подход

Иными соображениями приходится руководствоваться, если использование подземного пространства, в частности определение места располагаемого в нем объекта и технология возведения объекта, диктуется необходимостью. В данном случае подход к освоению подземного пространства можно назвать директивным.

При таком подходе необходимо руководствоваться не градостроительными или социально-экономическими факторами, а определяться инженерно-геологическими, технологическими, технико-экономическими или стратегическими соображениями. Например, может возникнуть необходимость размещения технологических производств в связи со спецификой технологических процессов или с необходимостью обеспечения экологической безопасности (хранилища вредных отходов).

1.3. Градостроительный подход

Градостроительный подход также используется при освоении подземного пространства и учитывает взаимосвязь планирования и развития наземных территорий с планированием подземного пространства.

Градостроительный подход позволяет решать следующие задачи:

- создание предпосылок для рационального использования городских территорий путем освобождения дневной поверхности от различных инженерно-технических сооружений и одно-временного увеличения свободных незастроенных, озелененных и обводненных пространств;
- радикальное улучшение транспортного обслуживания населения со значительным повышением скоростей сообщения путем устройства подземных транспортных коммуникаций, создание компактных многоуровневых пересадочных узлов;
- размещение в подземном пространстве технических и подсобно-вспомогательных помещений, в том числе мест для хранения и обслуживания различных видов транспорта;
- оздоровление городской среды за счет многократного снижения уличного шума и загрязнения воздуха выхлопными газами автомобилей, повышение безопасности уличного движения.

Градостроительный подход обычно реализуется при планировании подземного строительства больших городов и мегаполисов, дальнейшее развитие которых в связи с нехваткой наземных территорий определяется освоением подземного пространства.

1.4. Комплексный системный подход

Все вышеперечисленные подходы не могут по отдельности учитывать многообразие видов подземных сооружений и требований к их размещению. При освоении подземного пространства крупных городов, таких как Москва, нельзя решать узкоотраслевые задачи, необходимо решать проблемы нормального функционирования и развития города.

Рассмотренные подходы к использованию подземного пространства в определенной степени условны. Несмотря на это, каждый подход нацелен на достижение вполне конкретных целей и содержит рекомендации, указывающие пути для их достижения.

На рис. 1 представлен пример освоения подземного пространства.

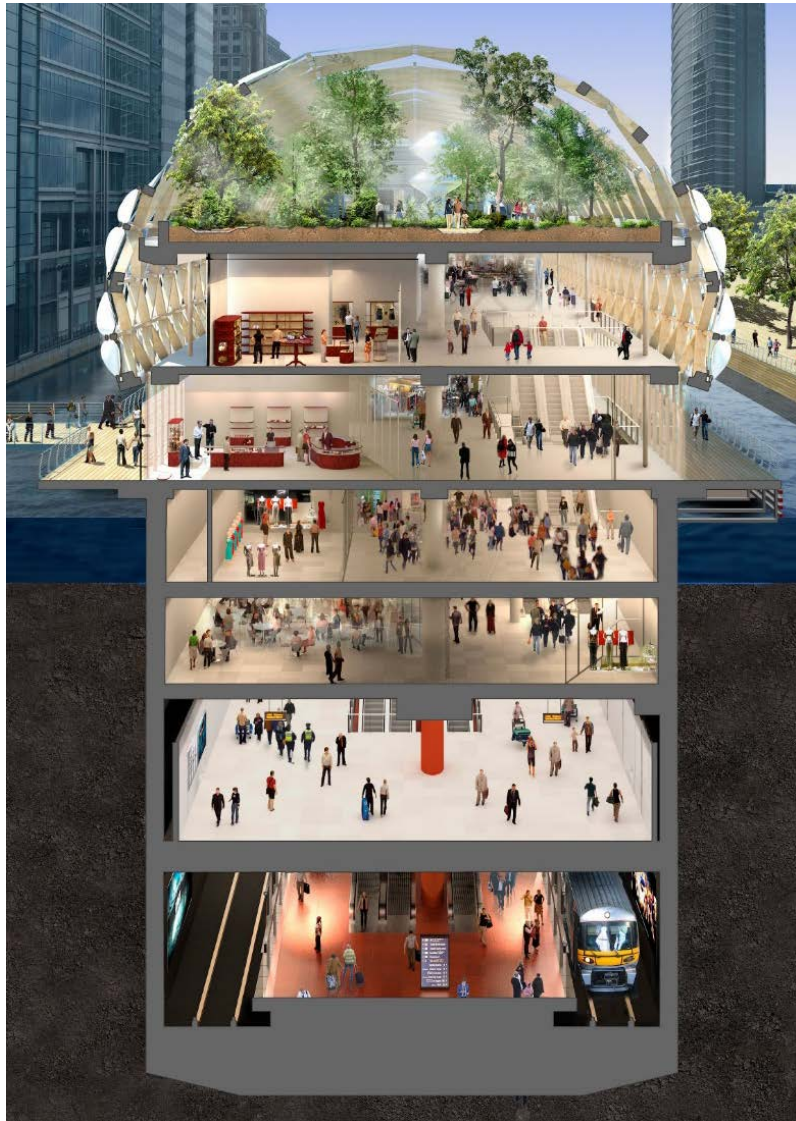


Рис. 1. Пример освоения подземного пространства

2. КЛАССИФИКАЦИЯ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Для правильного освоения подземного пространства необходимо понимать классификацию подземных сооружений. Классификация содержит не только терминологию, но также в ней сформулированы типологии объектов.

Классификация конструкций позволяет:

1) основываясь на признаках, дать краткое и понятное описание объекта без дополнительных разъяснений;

2) собрать объекты в группы и классы для дальнейшего группового анализа;

3) добавить новые объекты в уже созданные типологии.

В настоящее время есть множество классификационных систем, но все их можно разделить на три группы:

1) по социально-функциональному назначению;

2) по особенностям пространственного планирования;

3) сложной системы классификаций.

2.1. Классификация подземных сооружений по социально-функциональному назначению

К подземным сооружениям с социально-функциональным назначением могут относиться такие объекты, как транспортные, промышленные, энергетические, хранилища, общественные, инженерные или специального и научного назначения.

Также существует и другой принцип классификации сооружений, где все объекты разделены на четыре группы. Все эти группы подразделяются по функциональным признакам:

1) объекты подземные для хозяйственного назначения;

2) объекты подземные для социального назначения;

3) объекты подземные для экологического назначения;

4) объекты подземные для оборонного назначения.

Наиболее понятная классификация была предложена В.М. Мостковым¹, в которой подземные сооружения разделены по функциональному назначению. Были отмечены четыре типа сооружений — тоннель, шахта, камера и сооружения котлованного типа. Для каждого типа подробно выделены наименования и назначения объектов.

При определении функционального назначения подземного сооружения важную роль играет длительность пребывания людей под землей. Для определения продолжительности данного показателя можно воспользоваться «Руководством по составлению схем комплексного использования подземного пространства крупных и крупнейших городов»². В данной работе подземные объекты классифицируются по длительности пребывания людей под землей следующим образом:

1) от нескольких минут до часа — объекты кратковременного пребывания;

2) от полутора до трех часов — объекты со средней продолжительностью пребывания;

3) более трех часов — объекты длительного пребывания.

¹ Мостков В.М. Строительство подземных сооружений большого сечения / В.М. Мостков. Москва : Госгортехиздат, 1963. 308 с.

² Руководство по составлению схем комплексного использования подземного пространства крупных и крупнейших городов / ЦНИИП градостроительства. Москва : Стройиздат, 1978. URL: (stroyinf.ru) (дата обращения: 23.08.2022).

2.2. Классификации подземных сооружений по пространственно-планировочным характеристикам

Если обратиться к зарубежным источникам, то большое внимание уделяется именно использованию подземного пространства естественного или искусственного образования в практических целях. Данные образования зачастую возникают в горном массиве и классифицируются по характеру образования. В отечественной литературе такой классификации нет, поэтому часто используют классификацию, данную Р. Стерлингом и Дж. Кармоди³.

В этой классификации описываются тип выработки (например трещины, горные выработки), характер образования (естественное или искусственное) и ориентация в пространстве (вертикальные наклонные и т.д.).

Пещеры и каверны, которые относят к полостям естественного происхождения, соединены коридорами. Самой большой пещерой в настоящее время считается пещера Sarawak на Северном Борнео. Ее ширина — 396 м, длина — 700 м, минимальная высота — 70 м. Естественные полости могут быть использованы в различных целях, начиная от хозяйственных, заканчивая стратегическими.

Разберем, что же относится к полостям искусственного происхождения. К таким полостям относятся подземные горные выработки. Особое внимание необходимо уделять добыче подземных ископаемых, а точнее, повторному использованию подземного пространства. После окончания разработки образуются пустые полости, которые могут быть использованы в качестве стоянок, складских помещений или как стратегический объект.

Подземные объекты, спроектированные и сооруженные в соответствии с потребностями человека, подразделяют на следующие виды:

- тоннели — горизонтальные или наклонные подземные сооружения, длина которых во много раз превышает размеры поперечного сечения;
- камеры — преимущественно горизонтальные горные выработки, крупные во всех трех направлениях;
- шахты — вертикальные горные выработки.

По пространственно-планировочным решениям объекты подземного строительства можно разделить на такие, как:

- плоскостные — все подземные сооружения расположены в одной плоскости на определенном участке. Наиболее ярко в качестве примера можно выделить микрорайон Северное Чертаново в Москве. Вся инфраструктура (жилые дома, магазины, торговые центры и т.д.) имеет одноуровневую подземную часть и соединена между собой подземными переходами и автостоянками;
- линейные — характерны для транспортных и инженерных сетей;
- точечные — к ним можно отнести, например, подземные автостоянки под жилыми домами или многофункциональные подземные комплексы (ТРК «Охотный ряд» в Москве). Они обслуживают отдельные части здания или участки территории.

Следующая классификация является более ограниченной, но имеет немаловажный смысл — это глубина заложения объекта.

³ Sterling R.L. Underground Space Design. Part 1: Overview of Subsurface Space Utilization. Part 2: Design for People in Underground Facilities / R.L. Sterling, J. Carmody. New York : Wiley, 1993. 340 p. ISBN 978-0-471-28548-9.

Российскими учеными (Л.В. Маковский, М.С. Рудяк и др.) была предложена классификация подземных объектов по глубине заложения и способу строительства:

- мелкого заложения — имеют глубину заложения от 10 до 15 м от дневной поверхности или $H < (2\div 3)V$, где V — наименьший размер поперечного сечения выработки. Такие объекты сооружаются открытым способом — со вскрытием дневной поверхности;
- глубокого заложения — имеют глубину заложения более 10–15 м от дневной поверхности или $H > (2\div 3)V$. Данные объекты обычно сооружаются закрытым способом — без вскрытия дневной поверхности.

В зависимости от глубины заложения объекта, от его размеров и формы принимаются различные решения по размещению его в пространстве.

При выборе формы поперечного сечения очень важно учитывать особенности района строительства, инженерно-геологические условия площадки, глубину заложения проектируемого сооружения и способ ведения работ.

На рис. 2 показаны различные формы поперечного сечения тоннелей.

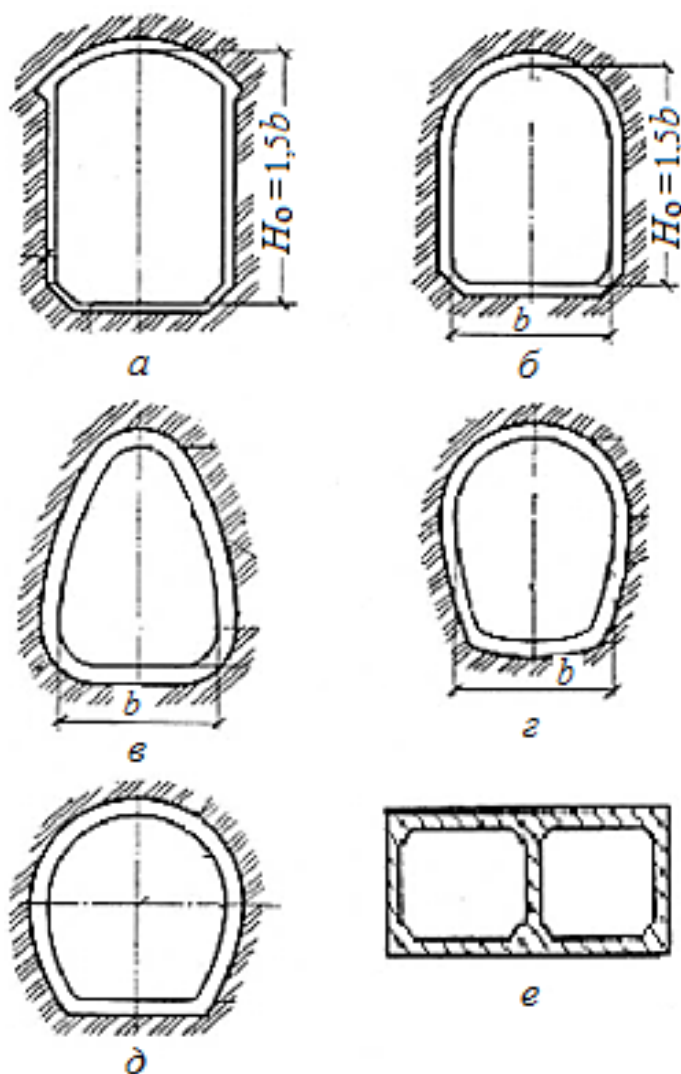


Рис. 2. Типовые формы поперечных сечений тоннелей (СП 102.13330.2012⁴):
a — корытообразное с пологим сводом; *б* — корытообразное с полуциркульным сводом;
в — корытообразное с уширенным основанием; *г* — подковообразное;
д — круговое с уширенным основанием; *е* — прямоугольное

⁴ СП 102.13330.2012 Туннели гидротехнические : свод правил. URL: [Докипедия \(dokipedia.ru\)](http://dokipedia.ru) (дата обращения: 30.08.2022).

Выбор формы поперечного сечения определяется исходя из функционального назначения тоннеля:

- при проектировании и строительстве тоннелей мелкого заложения и коллекторов используют прямоугольное сечение;
- в случае если тоннель необходимо запроектировать в сложных инженерно-геологических условиях или соорудить механизированным способом, то используют круговое сечение.

Сводчатое сечение может иметь различные формы и применяться в следующих случаях:

- тоннель необходимо запроектировать в прочных скальных грунтах с незначительным горным давлением — используют корытообразное с пологим сводом;
- для тоннелей в скальных породах средней крепости с небольшим вертикальным боковым горным давлением или при отсутствии его — используют корытообразное с полуциркульным сводом;
- свод малого радиуса и с криволинейными стенками, при большом вертикальном и небольшом боковом горном давлении — используют коробовое с уширенным основанием;
- в слабых породах при большом вертикальном и горизонтальном горном давлении и при давлении горных пород снизу применяют подковообразную форму поперечного сечения.

По сравнению с тоннелями камерные выработки имеют большие размеры. Могут быть использованы по функциональному назначению в качестве различных хранилищ, складов, машинных залов подземных сооружений энергетики, насосных станций и т.д.

В.М. Мостков⁵ выделял следующие формы поперечного сечения камерных выработок:

корытообразная:

- с вертикальными стенками и пологим сводом (форма А) — применяется в плотных и прочных скальных породах, с отсутствием горного давления;
- с вертикальными стенками и подъемистым сводом (форма Б) — используется в породах с небольшим горным давлением;
- с наклонными стенками и пологим или подъемистым сводом (форма В) — используется в породах с небольшим горным давлением при несовпадении углов напластования;

коробовая:

- подковообразная (форма Г) — может применяться при большом давлении подземных вод и при строительстве в породах с вертикальным и боковым горным давлением;
- овоидальная (форма Д) — применима, если вертикальное горное давление значительно больше бокового;

эллиптическая: овальная с горизонтальной (форма Е) и вертикальной (форма Ж) большой осью — используется при неглубоком залегании выработки в породе;

полуциркульная (форма З) и *круглая* (форма И) — в случаях, если давление породы несимметрично или при большом горном давлении и наружном гидростатическом давлении;

несимметричная (форма К) — применяется при одностороннем горном давлении.

В табл. 1 приведено соотношение основных геометрических параметров для данных форм.

⁵ Подземные гидротехнические сооружения : учебник / [В.М. Мостков и др.] ; под ред. В.М. Мосткова. Москва : Высшая школа, 1986. 464 с.

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

e-Univers.ru