

Возведение гражданских зданий по полужакрытой технологии

В.В. Сук

*Национальный исследовательский университет
Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ)*

Аннотация: Подземное строительство приобретает возрастающую актуальность при отсутствии свободного места на строительной площадке в условиях плотной городской застройки. Геологические условия места, на котором планируется возводить объект, делают задачу возведения подземной части здания очень непростой. Тем не менее, имеющиеся строительные технологии позволяют производить подземные работы с учетом влияющих факторов. Наличие и разнообразие способов выполнения технологических процессов мотивирует строительные организации использовать сложные технологии разработки грунта. От каких факторов зависит принятие решения по применению полужакрытой технологии – вопрос этой статьи.

Ключевые слова: Полужакрытая (дегельная) технология, стесненные условия, деформация оснований, экономическая эффективность, «стена в грунте».

При строительстве подземных и заглубленных зданий и сооружений в стесненных городских условиях все чаще выбор принимается в пользу полужакрытого («top down») способа производства работ, так как технология «top down» способна сократить до минимума деформации ограждающих конструкций за счет монтажа распорных перекрытий.

В ходе выполнения строительно-монтажных работ данным методом, часто применяют так называемую «стену в грунте». Данная конструкция способна принимать вертикальные нагрузки от массы подземных перекрытий, одновременно защищая от грунтовых вод.

Все более широкое применение данный способ строительства находит во всем мире благодаря малому сроку окупаемости инвестиционных вложений, так как очевидным преимуществом способа «top down» является возможность одновременного выполнения подземных и надземных работ, что в свою очередь ведет к сокращению сроков строительства объекта.

Теоретическими источниками, раскрывающими основы устройства подземного пространства при возведении зданий и сооружений, являются

работы: Пономарева А.Б. [1], Chang-Yu Ou [2], Бадьина Г.М., Сычева С.А. [3], Улицкого В.М., Шашкина А.Г., Шашкина К.Г. [4] и др..

Проблемам устройства подземного пространства зданий и сооружений в стесненных городских и сложных инженерно-геологических условиях посвящены работы авторов: Конюхова Д.С., Пономарева А.Б., Афанасьева А.А., Юркевича П.Б., Шишкина В.Я., Шашкина А.Г., Осокина А.И., Татарина С.В., Катценбаха Р., Дунаевского Р.А., Муляра Д.Л., Дьяченко К.О. [5], Никифоровой Н.С., Ильичева В.А., Семенюк-Ситникова В.В., Шулятьева О.А., Мангушева Р.А., Кобылина И.В., Петрухина В.П., Мозгачевой О.А., Улицкого В.М., Алексеева С.И., Васенина В.А., Коновалова П.А., Burland J.B., Standing J.R., Jardine F.M., Moormann Ch., Moormann H.R. [6], Goel, R.K., Singh B., Zhao J. [7], Чередниченко Т.Ф., Тухарели В.Д., Снегирева Д.П. [8], Zhou Y., Zhao J [9].

Юркевич П.Б. классифицировал основные способы возведения подземных сооружений:

- «top down» «сверху-вниз» или полузакрытые методы строительства подземных частей здания и заглубленных сооружений:

- semi top-down – метод строительства с разработкой котлована под защитой постоянных монолитных ж.б. перекрытий с обширными временными монтажными проемами;

- top & down – комбинированный метод строительства «вверх и вниз»;

- top-down – метод строительства с разработкой котлована под защитой постоянных монолитных ж.б. перекрытий с ограниченными временными монтажным проемами [5].

Однако, на сегодняшний день, нет единой трактовки этих методов. В разных источниках определения методов интерпретируются по-разному, либо часть из них отсутствует вовсе, но все же существуют определенные сходства.

Автор данной статьи, при проведении анализа факторов, руководствуется следующим составом работ, характеризующим полузакрытый (дегельный) метод:

1. Устройство конструкции крепления стенок котлована. Наиболее предпочтительным типом ограждающей конструкции является «стена в грунте», благодаря ее способности не пропускать грунтовые воды в котлован.

2. Устройство свайного основания с уровня земли или из пионерного котлована. Чаще всего применяются сваи-колонны, которые выполняют функцию постоянных опор перекрытий подземной части здания. Также сваи могут использоваться и как временные опоры.

3. Бетонирование плит перекрытий, которые выполняют роль распорных конструкций. Работы по бетонированию плит ведутся по мере удаления грунта малогабаритной техникой через технологические отверстия выполненного ранее перекрытия. Параллельно можно вести работы в надземной части здания.

4. Устройство фундаментной плиты и возведение постоянных несущих конструкций.

5. Демонтаж временных опорных и распорных конструкций.

6. В плитах бетонируются технологические отверстия.

С целью систематизации определений (понимания) факторов, ниже приведены формулировки, под которые подпадают изложенные условия выполнения работ, используемые авторами научных публикаций при описании полузакрытой технологии.

1. Стесненные условия – это фактор, содержащий перечень условий, регламентированных в следующих нормативных документах:

- Методике определения стоимости строительной продукции на территории РФ (МДС 81-36.2004), Приложение №1, п.2;

- ТСН-2001.3. «Общие положения по применению норм и расценок на строительные работы»;

- Постановлении Правительства Москвы «Об утверждении правил производства земляных и строительных работ, прокладки и переустройства инженерных сетей и коммуникаций в г. Москве». № 603 от «08» августа 2000 г., ст. 2.47 [7].

В публикации Кисилева А.А., Гусаковой Е.А., Беляева А.В. [10] наиболее полно и обосновано перечислены критерии стесненности, которые, в данной статье, также включают в себя понятия:

- плотная городская застройка;

- необходимость эксплуатации объектов, расположенных в непосредственной близости от пятна застройки;

- невозможность расположения на строительной площадке всего комплекса строительной инфраструктуры, предусмотренной технологией производства работ (бытовые и инженерные сооружения, машины и механизмы);

- необходимость разработки технических и технологических мероприятий, направленных на защиту экологической среды объекта и существующей застройки, в том числе культурно-исторического наследия и памятников архитектуры;

- ограниченность площадей, выделенных под застройку.

2. Деформации оснований существующих зданий и сооружений – это фактор, регламентированный п.2.35, СП22.13330.2010 «Основания зданий и сооружений» и включающий в себя:

- осадки;
 - просадки;
 - подъемы и осадки;
 - оседания;
-

- горизонтальные перемещения;
- провалы.

В большинстве проанализированных публикаций, речь идет об осадках близлежащих зданий и сооружений. Но, по мнению автора, следует использовать понятие «деформации оснований», так как оно вбирает в себя полный перечень изменений структуры оснований в процессе его разработки, которые должны учитываться при принятии решения в пользу полужакрытой технологии.

3. Экономическая целесообразность (эффективность) – это соотношение полученных результатов производства - продукции и услуг, и затрат труда и средств производства. Указанный фактор включает в себя факторы, использованные авторами публикаций, приведенные в таблице №2: снижение трудозатрат, снижение себестоимости (стоимости работ), экономия времени, необходимость одновременного возведения подземной и надземной частей здания или сооружения.

4. Технология «стена в грунте» - метод возведения подземных или заглублённых сооружений, фундаментов, ограждений котлованов, подпорных стен, а также противодиффузионных завес с использованием при разработке грунта тиксотропного глинистого раствора.

Факторы 5 и 6 (табл.2): комфортность пребывания в подземных помещениях и большая глубина котлована – являются субъективными показателями и не имеют в публикациях авторов количественных показателей, а геометрические характеристики котлована (его глубина) учитываются в п.2 «деформации оснований», так как при расчетах деформаций приводятся необходимые технические данные.

В результате анализа электронных научных библиотек: elibrary.ru, rsl.ru, scopus.com, wdl.org, dissercat.com, cyberleninka.ru, book.ru и других источников было отобрано и проработано 19 источников, в которых есть

данные по полузакрытой технологии возведения зданий и сооружений, они сведены в таблицу № 1.

Таблица № 1

Перечень источников информации

| № п/п | Данные об источнике информации |
|-------|---|
| 1 | строй-россия.рф URL: строй-россия.рф/статьи/5341 (дата обращения: 28.05.2019). |
| 2 | Язев Я.Е., Петренева О.В. Россия «Освоение подземного пространства под реконструируемым зданием. Анализ публикаций и патентные исследования» // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. 2017. №2. С. 330-343. |
| 3 | Серова Е.А., Чунюк Д.Ю. Проблемы выбора технологии при строительстве подземных и заглубленных сооружений // Вестник МГСУ. 2009. №3. С. 211-215. |
| 4 | Шаленный В.Т. Развитие технологии подземного многоэтажного каркасного строительства по методу «сверху-вниз» со сталебетонными сваями-колоннами усовершенствованной конструкции // Строительство и техногенная безопасность. 2018. №12(64). С. 57-63. |
| 5 | Зерцалов М.Г., Казаченко С.А., Конюхов Д.С. Основания и фундаменты, подземные сооружения. Механика грунтов // Вестник МГСУ. 2014. №6. С. 77-86. |
| 6 | Ербахаев В.О. Методы возведения подземных зданий и сооружений. Поярусный способ // Вестник ИрГТУ. Строительство и архитектура. 2014. №7. С. 64-70. |
| 7 | Ланько С.В. Влияние грунтоцементных конструкций на деформируемость ограждений котлованов в условиях городской застройки.: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.02. СПб., 2013. 22 с. |
| 8 | Бурлаченко А.В., Ахмедов А.М., Бунин Д.В. Совершенствование технологии строительства многоэтажной подземной части здания // Инженерный вестник Дона, 2017, №4 URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4y2017/4385 . |
| 9 | Осокин А.И. Денисова О.О., Шахтарина Т.Н. Технологическое обеспечение подземного строительства в городских условиях застройки // Жилищное строительство. 2014. №3. С. 16-24. |

Продолжение Таблицы № 1

| № п/п | Данные об источнике информации |
|-------|--|
| 10 | Нгуен Фам Куанг Ту Выбор и обоснование рациональных планировочных и технических решений по строительству метрополитена в г. Ханое: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.11. М., 2005. 265 с. |
| 11 | Бадьин Г.М., Сычев С.А. Современные технологии строительства и реконструкции зданий. СПб.: БХВ-Петербург, 2013. 288 с. |
| 12 | Смоленков В.Ю. Метод top-down: впервые в Санкт-Петербурге // АРДИС. 2008. № 4(40). URL: d-c.spb.ru/archiv/40/18.html. |
| 13 | integross.net URL: http://integross.net/stroitelstvo-metodom-top-down (дата обращения: 28.05.2019). |
| 14 | geostroy.ru URL: http://www.geostroy.ru/building/building-and-assembly (дата обращения: 28.05.2019). |
| 15 | Зерцалов М.Г., Конюхов Д.С. Применение высоких технологий при освоении подземного пространства городов // Вестник МГСУ. 2010. №4. С. 37-43. |
| 16 | Терешин М.Ю. scienceforum.ru URL: scienceforum.ru/2013/article/2013006363 (дата обращения: 31.05.2019). |
| 17 | Лебедев И.О., Кириллов А.И., Чугунов А.С. Технология «top down» - современное технологическое решение в строительстве // Вестник Студенческого научного общества. 2018. №2. С. 142-144. |
| 18 | Руководство по комплексному освоению подземного пространства крупных городов. textarchive.ru URL: textarchive.ru/c-1048328-r5.html (дата обращения: 27.05.2019). |
| 19 | Сопегин Г.В. Сурсанов Д.Н. Перспектива применения технологии строительства методом «top-down» в условиях города Перми // Вестник ПНИПУ. Прикладная экология. Урбанистика. 2016. №1. С. 147-157. |

Исходя из факторов, на которые ссылаются авторы указанных в таблице №1 публикаций, возможно провести их классификацию, объединение и ранжирование в соответствии с определениями, приведенными выше и произвести расчет количественных показателей.

Расчет количественных показателей:

1. % упоминания фактора = количество упоминаний в источниках / количество рассмотренных источников (19 публикаций);

2. Удельный вес фактора = количество упоминания в источниках влияния фактора/сумму упоминания всех факторов (62 раза).

Ниже приведена Таблица №2 «Ранг, наименование и удельный вес фактора с количеством источников, в которых он упоминается».

Таблица №2

Ранг, наименование и удельный вес фактора с количеством источников, в которых он упоминается

| № (ранг) фактора | Наименование фактора | Перечень источников из табл. 1, в которых имеются указания на фактор | Общее количество источников, в которых указывается фактор | %, упоминания фактора | Удельный вес фактора |
|------------------|---|--|---|-----------------------|----------------------|
| 1 | Стесненные условия | 1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19 | 17 | 90 | 0,27 |
| 2 | Деформации оснований существующих зданий и сооружений | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 18, 19 | 17 | 90 | 0,27 |
| 3 | Экономическая целесообразность | 1, 2, 3, 4, 6, 8, 9, 11, 12, 15, 16, 17, 18, 19 | 14 | 74 | 0,23 |
| 4 | Применение технологии «стена в грунте» | 1, 2, 4, 8, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 19 | 11 | 58 | 0,18 |
| 5 | Комфортность пребывания в подземных помещениях | 6, 16 | 2 | 11 | 0,03 |
| 6 | Большая глубина котлована | 15 | 1 | 6 | 0,02 |
| | | | 62 | | 1 |

Исходя из сделанного анализа факторов, оказывающих влияние на принятие решения в пользу применения полужакрытой технологии возведения гражданских зданий, упомянутых в научно-технических источниках и публикациях, произведено их определение и ранжирование. Можно выделить 4 основных (табл.2) с удельным весом более 0,1:

- стесненные условия выполнения работ;
- необходимость минимизации деформационных процессов оснований и зданий;
- экономическая эффективность (целесообразность);
- необходимость выполнения технологии «стена в грунте».

Данные факторы, при их наличии, являются достаточными для принятия решения в пользу применения полужакрытой технологии.

Два фактора №5 и №6 (табл.1) с удельным весом ниже 0,1: комфортность пребывания (с показателем 0,03) в подземных помещениях и большая глубина котлована (с показателем 0,02), можно отнести к второстепенным или мало влияющим на принятие решения и во внимание не принимать.

Литература

1. Пономорев А.Б. Реконструкция подземного пространства. М.: Ассоциация строительных вузов, 2006. 232 с.
2. Chang-Yu, O., 2006. Deep Excavation: Theory and Practice. London: Taylor & Francis Group, pp: 529.
3. Бадьин Г.М., Сычев С.А. Современные технологии строительства и реконструкции зданий. СПб.: БХВ-Петербург, 2013. 288 с.
4. Улицкий В.М., Шашкин А.Г., Шашкин К.Г. Гид по геотехнике (путеводитель по основаниям, фундаментам и подземным сооружениям). СПб.: ПИ «Геореконструкция», 2010. 208 с.
5. Язев Я.Е., Петренева О.В. Россия «Освоение подземного пространства под реконструируемым зданием. Анализ публикаций и патентные исследования» // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. 2017. №2. С. 330-343.

6. Ланько С.В. Влияние грунтоцементных конструкций на деформируемость ограждений котлованов в условиях городской застройки: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.02. СПб., 2013. 22 с.

7. Goel, R.K., Bh. Singh and Ji. Zhao, 2012. Underground Infrastructures: planning, Design and Construction. Butterworth-Heinemann Elsevier, pp: 335.

8. Чередниченко Т.Ф., Тухарели В.Д., Снегирева Д.П. Направленность современного строительства – застройка городов в стесненных условиях // Инженерный вестник Дона, 2018, №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2018/4743.

9. Zhou Y., Zhao J. Advances and Challenges in Underground Space Use in Singapore. Geotechnical Engineering Journal of the SEAGS & AGSSEA, 47, 2016. pp. 85-95.

10. Кисилев А.А., Гусакова Е.А., Беляев А.В. Понятие стесненности в нормативных базах строительного производства // Вестник МГСУ. 2011. №8. С. 427-429.

References

1. Ponomarev A.B. Rekonstrukciya podzemnogo prostranstva [Reconstruction of underground space]. M.: Associaciya stroitel'ny`x vuzov, 2006. 232 p.

2. Chang-Yu, O., 2006. Deep Excavation: Theory and Practice. London: Taylor & Francis Group, pp: 529.

3. Bad'in G.M., Sychev S.A. Sovremennye tehnologii stroitel'stva i rekonstrukcii zdaniy [Modern technologies of construction and reconstruction of buildings]. SPb.: BHV-Peterburg, 2013. 288 p.

4. Uliczkij V.M., Shashkin A.G., Shashkin K.G. gid po geotexnike (putevoditel` po osnovaniyam, fundamentam i podzemny`m sooruzheniyam)



[GEO-Guide (a guide to the grounds, the foundations and underground constructions)]. SPb.: PI «Georekonstrukciya», 2010. 208 p.

5. Jazev Ja.E., Petreneva O.V. Rossiya Sovremennye tehnologii v stroitel'stve. Teorija i praktika. 2017. №2. pp. 330-343.

6. Lan'ko S.V. Vlijanie gruntocementnyh konstrukcij na deformiruemost' ograzhdenij kotlovanov v uslovijah gorodskoj zastrojki [Effect of deformation structures gruntocementnyh fencings in conditions of city building]: avtoref. dis. ... kand. tehn. nauk: 05.23.02. SPb., 2013. 22 p.

7. Goel, R.K., Bh. Singh and Ji. Zhao, 2012. Underground Infrstructures: planning, Design and Construction. Butterworth-Heinemann Elsevier, pp: 335.

8. Cherednichenko T.F., Tuhareli V.D., Snegireva D.P. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2018, №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2018/4743.

9. Zhou Y., Zhao J. Advances and Challenges in Underground Space Use in Singapore. Geotechnical Engineering Journal of the SEAGS & AGSSEA, 47, 2016. pp. 85-95.

10. Kisilev A.A., Gusakova E.A., Beljaev A.V. Vestnik MGSU. 2011. №8. pp. 427-429.