



УДК 69.055

О. Б. КОНДРАШКИН, канд. техн. наук, доц., зав. кафедрой технологии строительства; **А. А. КОЛЬМ**, магистрант кафедры технологии строительства; **И. Н. ХРЯПЧЕНКОВА**, д-р филос. наук, канд. техн. наук, проф. кафедры технологии строительства; **Т. А. ГАВРИКОВА**, канд. техн. наук, доц. кафедры технологии строительства

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ ПОДЗЕМНЫХ ПАРКОВОК

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603000, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-17-74;
эл. почта: anoskirko@yandex.ru

Ключевые слова: нулевой цикл, открытый способ, top-down, грунтовый массив, подземное строительство.

Приведено описание технологии открытого и полужакрытого методов возведения подземных парковок. На основании анализа применимости данных методов и конкретного примера подземной парковки составлены сравнительная таблица и диаграммы. Полученные результаты свидетельствуют о преимуществах полужакрытого метода подземного строительства при возведении подземных парковок.

Проблемам освоения подземного пространства при планировании и застройке крупных городов в настоящее время уделяется особое внимание. Потребность в свободных площадях для жизнедеятельности городского населения только растет. Дефицит территорий обусловлен высокими темпами автомобилизации и постоянным увеличением числа жителей. Все это требует увеличения масштабов возведения подземных сооружений, например подземных парковок.

За рубежом давно возводят многоэтажные подземные парковочные, офисные и торговые площади, а также элементы транспортной инфраструктуры. Вопрос освоения подземных городских территорий в Российской Федерации также стоит довольно остро. Несмотря на высокую стоимость строительства данных сооружений, это наиболее рациональный метод использования подземного пространства в городской среде. Воздействия сейсмических нагрузок на здания и сооружения, расположенные под землей, значительно меньше, чем на здания, возведенные на поверхности. Воздействия окружающей среды также ниже в несколько раз.

Тем не менее темпы подземного строительства в нашей стране невелики. Это объясняется высокими финансовыми затратами, некомфортностью продолжительного пребывания человека под землей, а также связано со сложными грунтовыми условиями некоторых территорий и влиянием строительства на соседние здания.

Выбор технологии строительства, соответствующей грунтовым и техническим условиям, является одним из самых значимых и непростых вопросов, которые необходимо решить на этапе проектирования объекта. Зачастую применение неправильно подобранной технологии разработки грунта

ведет к необратимым последствиям, способным повлечь за собой аварийные ситуации.

Таким образом, актуальной задачей при строительстве подземных паркингов является выбор оптимальной технологии строительства и обеспечение их надежности на весь срок эксплуатации.

Строительство подземных сооружений в зависимости от гидрогеологических условий и глубины заложения осуществляется различными методами, к основным можно отнести открытый и полужакрытый способы.

Открытый способ основан на отрывке котлована с естественными откосами или шпунтовым ограждением, на дне которого возводят подземное сооружение (рис. 1). По окончании работ котлован засыпают грунтом. Способ применяют при сравнительно небольшой глубине сооружения (до 15 м) и преимущественно в сухих грунтах.

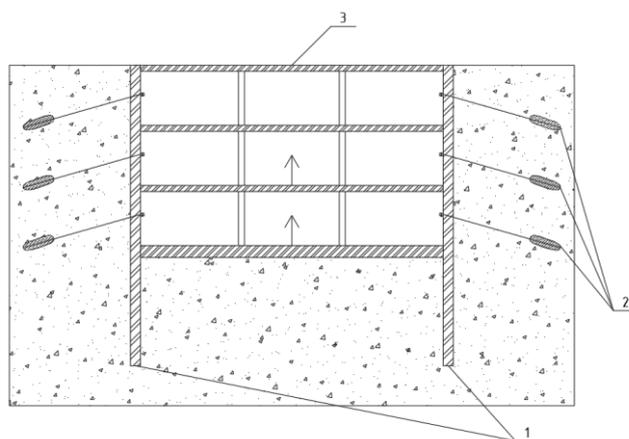


Рис. 1. Открытый метод возведения подземных сооружений: 1 – ограждение котлована, 2 – грунтовые анкера, 3 – возводимая конструкция

При устройстве котлована вертикальная грунтовая стенка земляного сооружения за счет слабой структуры грунта имеет тенденцию к обрушению под действием собственного веса. Для предотвращения этого явления выполняют крепление стенки или устройство грунтового откоса под углом к вертикали. Для предотвращения горизонтальных перемещений ограждений котлованов используются: распорки, раскосы, подкосы, грунтовые анкера.

Открытый способ значительно облегчает условия возведения подземных сооружений, так как могут быть применены высокопроизводительные машины общестроительного типа и крупноразмерные конструкции при неограниченном фронте работ. Недостатками открытого способа строительства подземных сооружений являются: нарушение нормальной жизни города на длительный период; необходимость переноса значительной части инженерных сетей и коммуникаций, попадающих в зону ведения работ; необходимость усиления фундаментов, расположенных вблизи зданий и сооружений, а в некоторых случаях их сноса; устройство временных мостов через котлованы и водоотводы.

Строительство подземных сооружений в стесненных городских условиях рационально вести *полужакрытым способом* по технологии «сверху вниз» (*top-down*), который незначительно влияет на естественное состояние грунтового массива и близко расположенные здания (рис. 2).

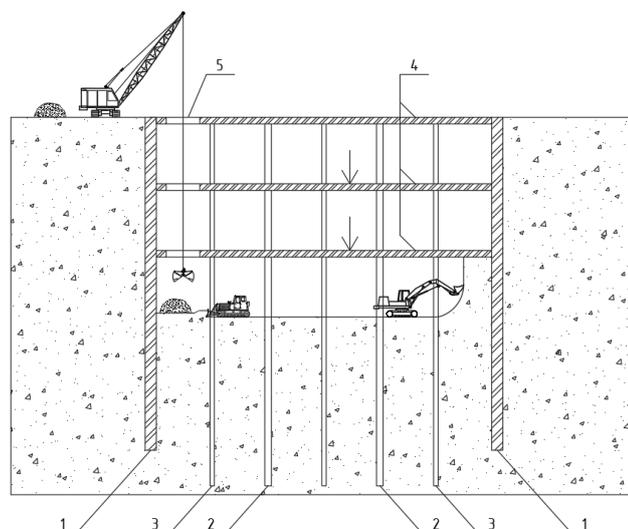


Рис. 2. Технология строительства *TOP-DOWN*: 1 – ограждение котлована; 2 – постоянные опоры; 3 – временные опоры; 4 – перекрытия; 5 – технологическое отверстие в перекрытии

В технологии строительства подземных сооружений полужакрытым способом «сверху-вниз» в качестве распорной системы для ограждения котлована используются междуэтажные перекрытия, что позволяет отказаться от крепления ограждения котлована временными распорными конструкциями или анкерными креплениями и практически исключить осадки существующих зданий и сооружений.

Типовая последовательность строительства нулевого цикла методом *top-down* с опережающим возведением перекрытий:

1. Устройство ограждения котлована (например, «стены в грунте»).
2. Формирование временной опорной системы для подпора плит перекрытий, например, из буронабивных свай. Также в качестве опорной системы могут выполняться вертикальные конструкции по проекту, что увеличивает скорость возведения здания и уменьшает затраты на возведение временных конструкций.
3. Бетонирование плиты перекрытия на нулевой отметке с технологическим проемом для экскавации грунта первого подземного яруса.
4. Выемка грунта первого подземного яруса.
5. Подготовка грунтовой поверхности для формирования перекрытия.
6. Армирование и бетонирование плиты перекрытия между 1 и 2 этажами с технологическим проемом для экскавации грунта второго подземного яруса.
7. Выемка грунта второго подземного яруса.
8. Повторение пунктов 5–7 до достижения проектной глубины выработки и заданного количества подземных уровней.
9. Формирование фундаментной плиты, финишные работы по формированию фундамента.

Как и любая другая технология, *top-down* обладает своими достоинствами и недостатками, которые необходимо рассматривать не изолированно, а только в приложении к конкретному проекту.

К преимуществам метода можно отнести незначительные деформации окружающего грунтового массива, минимальное влияние строительства на



окружающую застройку по сравнению с другими методами разработки котлованов; возможность проведения СМР в стесненных условиях; минимальное время вскрытия поверхности; временная распорная система не требуется, ее роль выполняют плиты перекрытий.

Недостатками полузакрытого способа строительства подземных сооружений являются: необходимость специальной мобильной техники для поярусной разработки грунта; технологическая сложность производства работ нулевого цикла; строительство подземной части выполняется медленнее и, как правило, обходится дороже относительно открытых способов; необходимость разработки технологических проемов в плитах перекрытий для разработки нижележащих уровней подземной части; вероятно необходимость временной опорной системы для плит перекрытий; сложность узлов сопряжения временных и постоянных конструкций для правильного переноса нагрузок после строительства.

На основании вышеизложенной информации составим сравнительную таблицу применимости данных способов подземного строительства, обозначив их основные преимущества и недостатки (табл. 1).

Таблица 1

Достоинства и недостатки основных методов подземного строительства

Метод подземного строительства	Достоинства	Недостатки
Открытый	<ul style="list-style-type: none"> – высокие показатели безопасности труда и качество производственных работ; – высокая производительность труда, низкая себестоимость строительства; – могут быть применены высокопроизводительные машины общестроительного типа и крупноразмерные конструкции при неограниченном фронте работ 	<ul style="list-style-type: none"> – необходимость задействования больших земельных площадей; – зависимость от климатических условий; – потребность в серьезных финансовых затратах на проведение мероприятий по уменьшению вредного влияния открытой разработки грунта на окружающую среду; – нарушение нормальной жизни города на длительный период; – необходимость переноса значительной части инженерных сетей и коммуникаций, попадающих в зону ведения работ
TOP-DOWN	<ul style="list-style-type: none"> – незначительные деформации окружающего грунтового массива, минимальное влияние строительства на окружающую застройку; – возможность проведения СМР в стесненных условиях; – минимальное время вскрытия поверхности; – потенциальная экономия на распорной системе 	<ul style="list-style-type: none"> – требуется специальная мобильная техника для поярусной разработки грунта; – технологическая сложность производства работ нулевого цикла; – сложность узлов сопряжения временных и постоянных конструкций для правильного переноса нагрузок после строительства



Чтобы исключить временную опорную систему для плит перекрытий Юркевич П. Б. разработал конструкцию буровой железобетонной колонны (патент RU №2229557 С1).

Буровая железобетонная колонна включает замоноличенный бетонной смесью арматурный каркас и закладные детали, состоит из верхней опорной и нижней фундаментной частей и выполнена в неизвлекаемой опалубке. Закладные детали буровой колонны размещены в верхней опорной части в уровнях отметок фундаментной плиты и отметок плит перекрытия и выполнены в виде замкнутых контуров с ребрами жесткости, при этом нижняя часть колонны снабжена призабойной камерой и фиксаторами.

В железобетонной колонне арматурный каркас выполнен из стали, а неизвлекаемая опалубка выполнена из трубы круглого или квадратного сечения.

Неизвлекаемая опалубка размещена в верхней опорной части колонны, часть арматурного каркаса, размещенная в нижней фундаментной части колонны, соединена наложением «внахлест» с частью арматурного каркаса, размещенной в верхней опорной части с заделкой элементов арматурного каркаса. При этом эквивалентный наружный диаметр части арматурного каркаса, размещенной в верхней опорной части колонны, равен или меньше внутреннего диаметра неизвлекаемой опалубки, а эквивалентный внутренний диаметр части арматурного каркаса, размещенной в нижней фундаментной части колонны, равен или больше наружного диаметра неизвлекаемой опалубки.

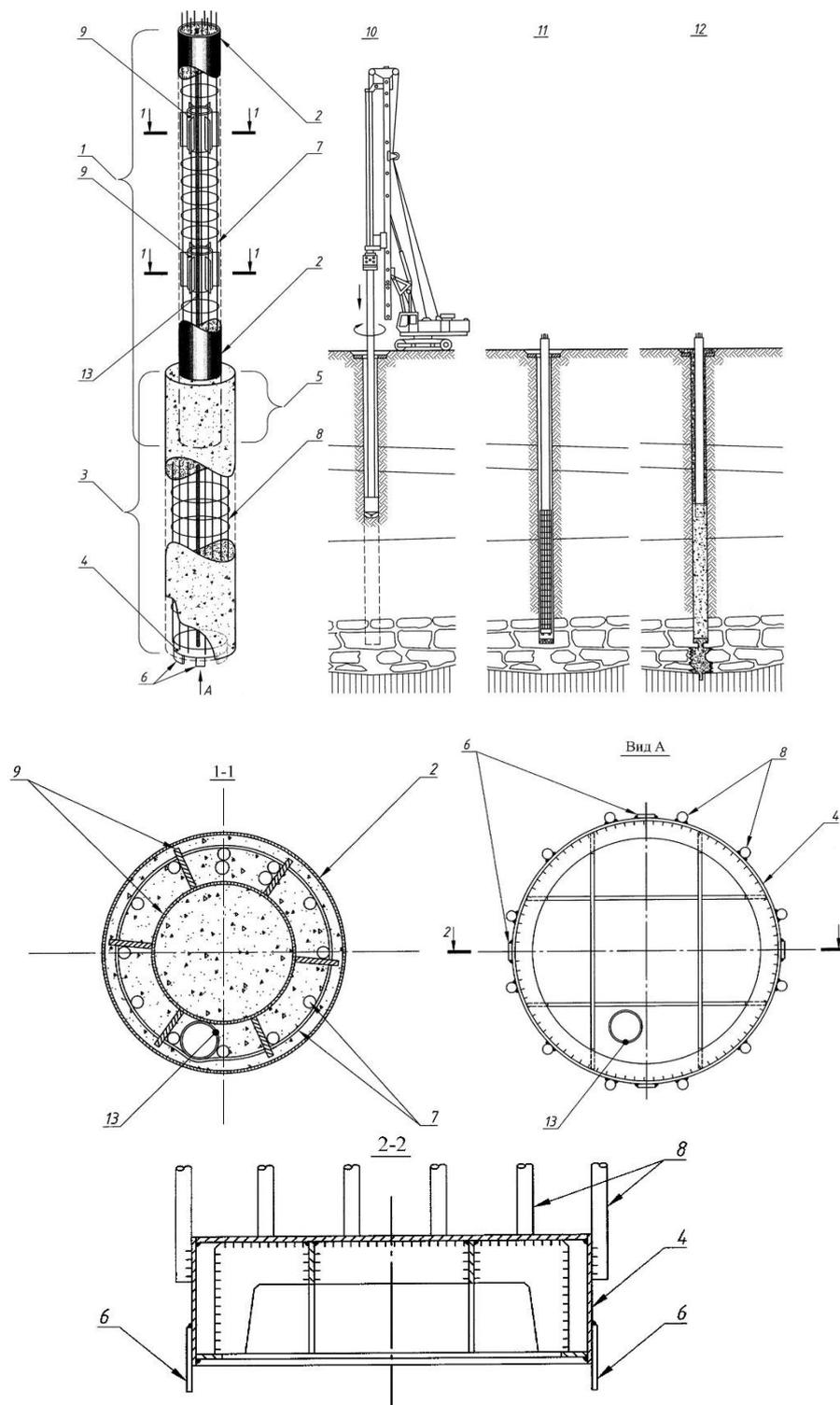


Рис. 3 Конструкция железобетонной буровой колонны: 1 – верхняя опорная часть колонны; 2 – неизвлекаемая опалубка; 3 – нижняя фундаментная часть колонны; 4 – призабойная камера; 5 – заделка; 6 – фиксаторы; 7 – арматурный каркас (верхняя часть); 8 – арматурный каркас (нижняя часть); 9 – закладная деталь с радиальными ребрами; 10 – бурение скважины; 11 – погружение и центрирование арматурного каркаса; 12 – замоноличивание колонны; 13 – технологический трубопровод для выполнения уширения и цементации грунтового основания.

– для полужакрытого метода: устройство стены в грунте; устройство буровых свай-колонн; устройство монолитного перекрытия по грунту; разработка грунта маломобильной техникой; устройство фундаментной плиты.

На основании полученных результатов были построены диаграммы сравнения методов (рис. 6–7).

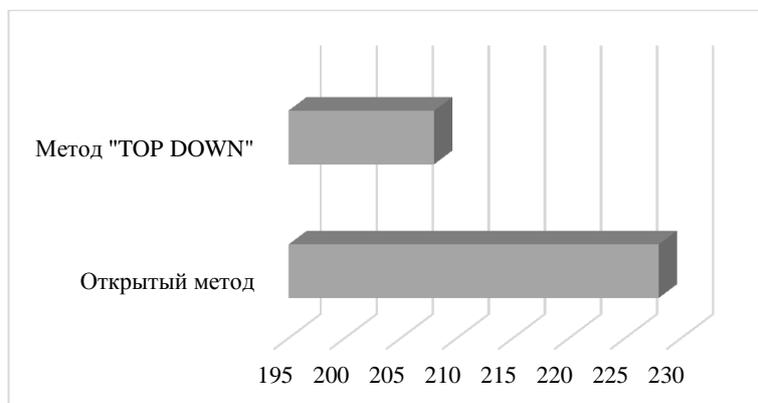


Рис. 6. Диаграмма сравнения метода “top-down” и открытого метода по продолжительности строительства в днях

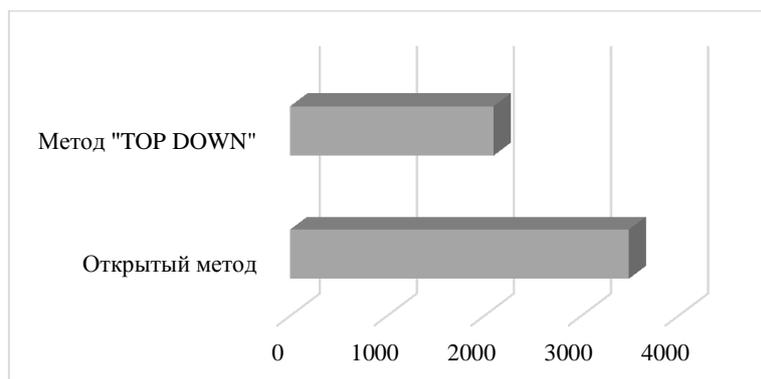


Рис. 7. Диаграмма сравнения метода “top-down” и открытого метода по трудозатратам в чел.-дн.

На основании полученных результатов анализа можно сделать вывод о том, что полужакрытый метод освоения подземного пространства, позволяющий сократить сроки возведения объектов и трудозатраты, является предпочтительным. Значительное сокращение трудозатрат получили при устройстве несущих конструкций методом “top-down” благодаря отсутствию необходимости устройства инвентарной опалубки перекрытий, а также грунтовых анкеров, т. к. диски постоянных перекрытий выполняют распорную функцию. Однако при производстве работ методом “top-down” существует множество факторов, которые усложняют производство работ (например, стесненность, наличие движущейся строительной техники и оборудования в замкнутом пространстве), а без некоторых из них производство работ вовсе невозможно (устройство принудительной вентиляции, системы освещения и т. п.).



БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Довольнов, И. С. Анализ применимости методов подземного строительства гражданских и промышленных зданий / И. С. Довольнов. – Текст : электронный // Архитектура, строительство, транспорт. – 2021. – № 2. – С. 50–57. – DOI: 10.31660/2782-232X-2021-2-50-57.
2. Елякин, Д. С. Технологические особенности возведения заглубленных сооружений в обводненных и затопляемых участках / Д. С. Елякин. – URL: <https://scienceforum.ru/2020/article/2018020069?ysclid=m0m3rxukxl455691898>. – Текст : электронный.
3. Технология возведения подземных сооружений : методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Технология возведения подземных сооружений» для студентов бакалавриата всех форм обучения направления подготовки 08.03.01 Строительство / Министерство образования и науки Российской Федерации, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, Кафедра механики грунтов и геотехники ; составитель А. А. Привалов. – Москва : НИУ МГСУ, 2015. – 70 с. – Текст : непосредственный.
4. Полузакрытый метод подземного строительства «Сверху-Вниз». – URL: <https://merakom.ru/technology/top-down/>. – Текст : электронный.
5. Патент № 2229557 С1 Российская Федерация, МПК E02D 5/38 (2006.01), E02D 5/00 (2006.01), E02D 5/60 (2006.01), E02D 5/66 (2006.01). Буровая железобетонная колонна и способ ее возведения : № 2003116153/03 : заявл. 02.06.2003 : опубл. 27.05.2004 / Юркевич П. Б. – 13с. – Текст : непосредственный.

KONDRASHKIN Oleg Borisovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Construction Technology; KOLM Alena Alexandrovna, undergraduate student; KHRYAPCHENKOVA Irina Nikolaevna, Doctor of Philosophy, Candidate of Technical Sciences, Professor of the Department of Construction Technology; GAVRIKOVA Tatiana Alexandrovna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Construction Technology

IMPROVING ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL SOLUTIONS IN THE CONSTRUCTION OF UNDERGROUND PARKING PARKS

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603000, Russia. Tel.: +7 (831) 430-19-57;
e-mail: anoskirko@yandex.ru

Key words: zero cycle, open method, top-down, soil mass, underground construction.

The article describes the technologies of open and semi-closed methods of constructing underground parking lots. Based on an analysis of the applicability of these methods and a specific example of an underground parking lot, a comparative table and diagrams were compiled. The results obtained indicate the advantages of the semi-closed underground construction method in the construction of underground parking lots.

REFERENCES

1. Dovolnov I. S. Analiz primenimosti metodov podzemnogo stroitelstva grazhdanskikh i promyshlennykh zdaniy [Analysis of the applicability of methods for underground construction



of civil and industrial buildings]. *Arkhitektura, stroitelstvo, transport* [Architecture, construction, transport], 2021. № 2. P. 50–57. – DOI: 10.31660/2782-232X-2021-2-50-57.

2. Elyakin D. S. Tekhnologicheskie osobennosti vozvedeniya zaglublennykh sooruzheniy v obvodnennykh i zatoplyаемykh uchastkakh [Technological features of the construction of buried structures in watered and flooded areas] – URL: <https://scienceforum.ru/2020/article/2018020069?ysclid=m0m3rxukx1455691898>.

3. Tekhnologiya vozvedeniya podzemnykh sooruzheniy [Technology of construction of underground structures]: metodicheskie ukazaniya k prakticheskim zanyatiyam po distsipline «Tekhnologiya vozvedeniya podzemnykh sooruzheniy» / Moskovskiy gos. str. un-t. Moscow: MGSU, 2015 – 70 p.

4. Poluzakrytyy metod podzemnogo stroitelstva «sverkhu-vniz» [Semi-closed method of underground construction “Top-Down”]. *Merakom*. – URL: <https://merakom.ru/technology/top-down/>.

5. Patent № 2229557 C1 Rossiyskaya Federatsiya, MPK E02D 5/38 (2006.01), E02D 5/00 (2006.01), E02D 5/60 (2006.01), E02D 5/66 (2006.01). Burovaya zhelezobetonnyaya kolonna i sposob ee vozvedeniya [Drilling reinforced concrete column and method of its construction] : № 2003116153/03 zayavl. 02.06.2003 : opubl. 27.05.2004 / Yurkevich P. B. – 13.

© **О. Б. Кондрашкин, А. А. Кольм, И. Н. Хряпченкова, Т. А. Гаврикова, 2024**

Получено: 06.05.2024 г.