



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.

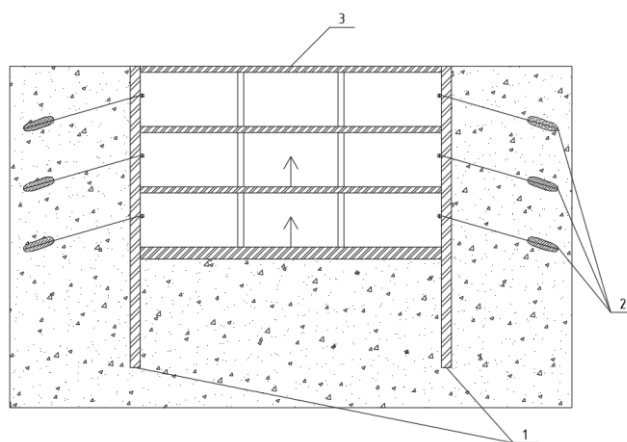


Рис. 1. Открытый метод возведения подземных сооружений: 1 – ограждение котлована, 2 – грунтовые анкера, 3 – возводимая конструкция

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 *полузакрытым способом* по технологии «сверху вниз» (*top-down*), который незначительно влияет на естественное состояние грунтового массива и близко расположенные здания (рис. 2).

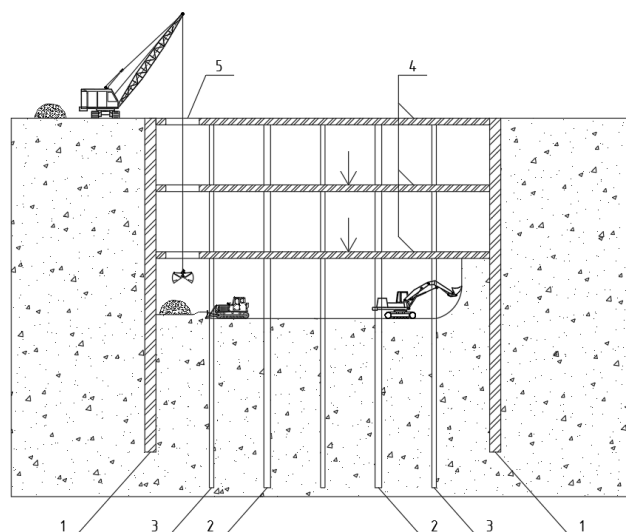


Рис. 2. Технология строительства *TOP-DOWN*: 1 – ограждение котлована; 2 – постоянные опоры; 3 – временные опоры; 4 – перекрытия; 5 – технологическое отверстие в перекрытии

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



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.

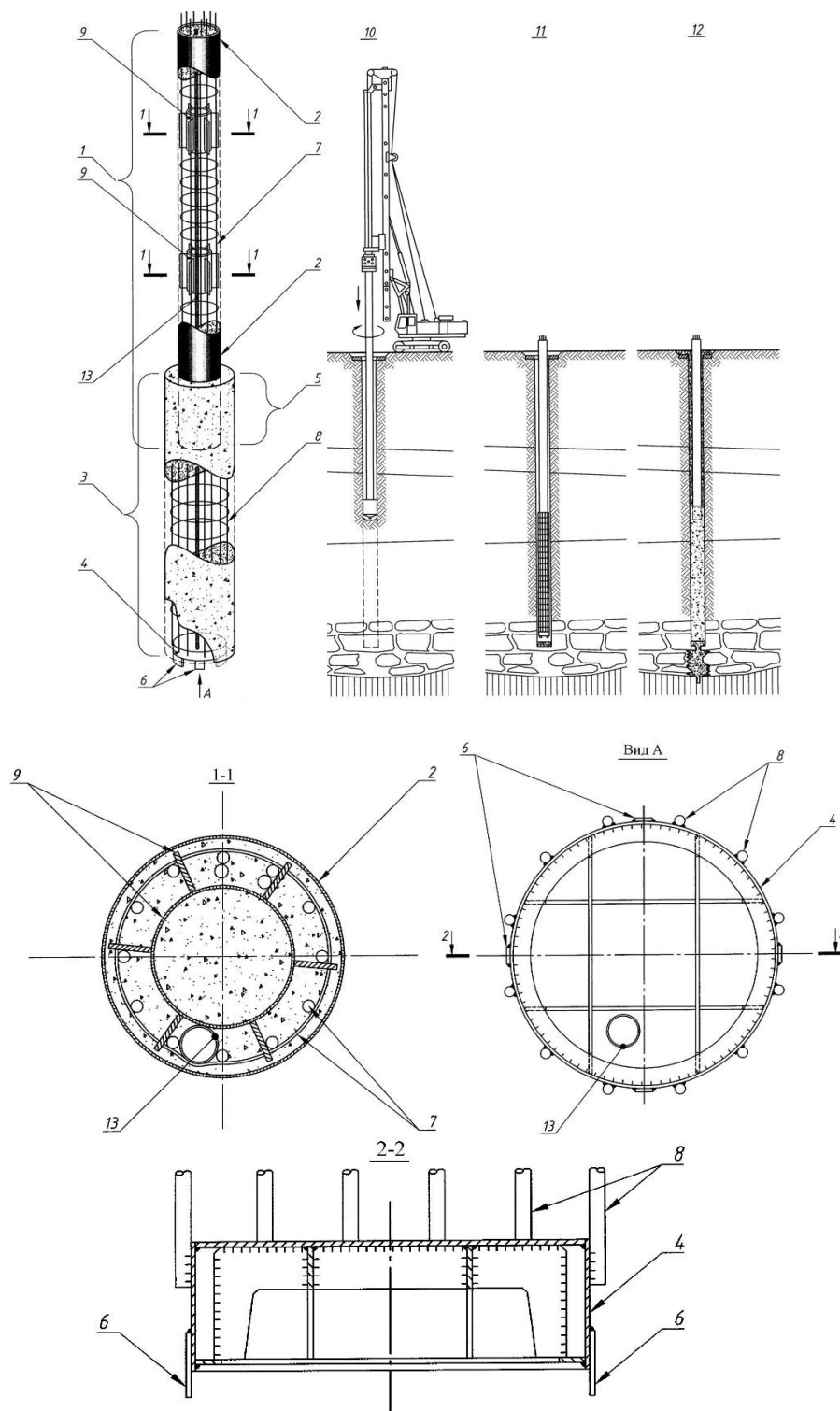


Рис. 3 Конструкция железобетонной буровой колонны: 1 – верхняя опорная часть колонны; 2 – неизвлекаемая опалубка; 3 – нижняя фундаментная часть колонны; 4 – призабойная камера; 5 – заделка; 6 – фиксаторы; 7 – арматурный каркас (верхняя часть); 8 – арматурный каркас (нижняя часть); 9 – закладная деталь 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.



Сравним открытый и полузакрытый методы возведения подземных парковок по продолжительности строительства и трудозатратам на конкретном примере (рис. 4–5).

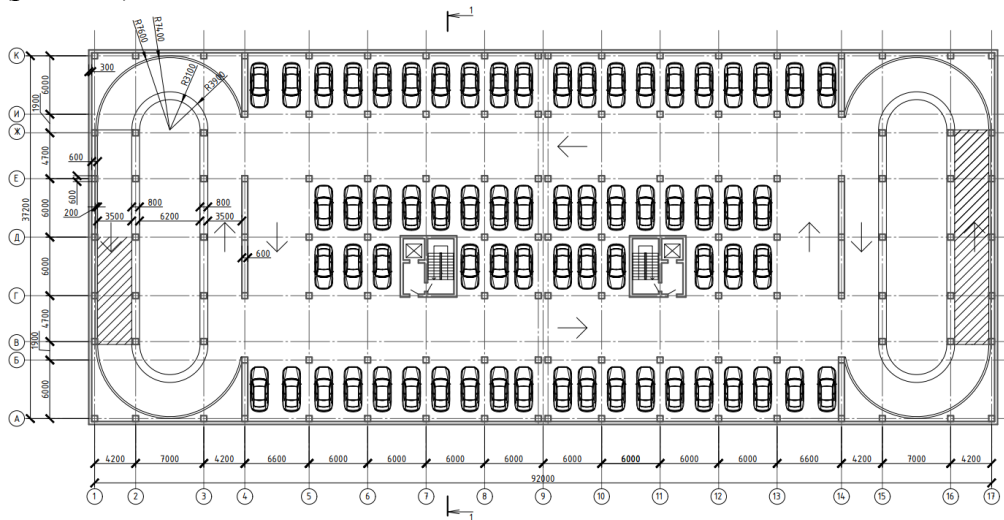


Рис. 4. План типового этажа автостоянки на отм. +3,000

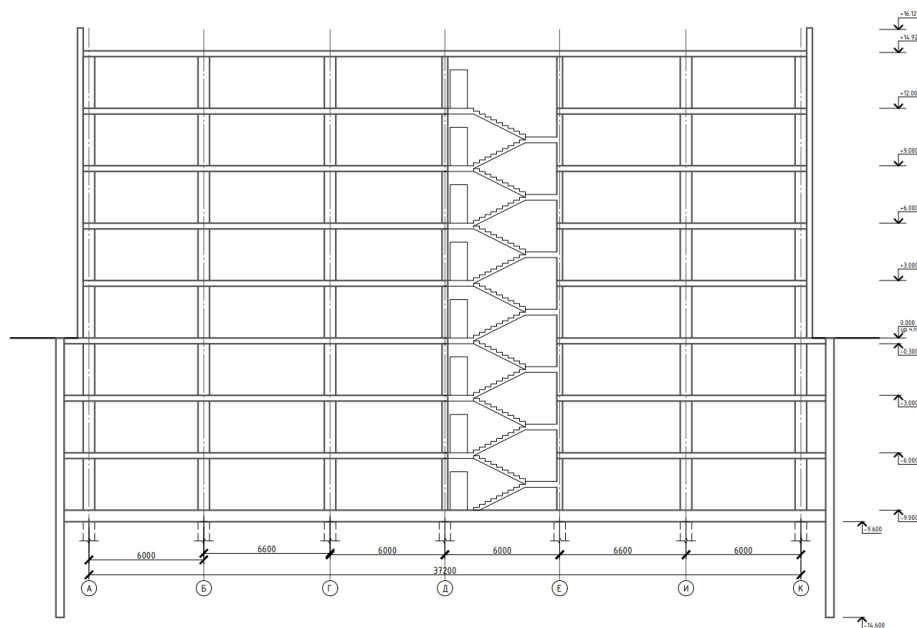


Рис. 5. Разрез 1-1

Для сравнения продолжительности строительства нулевого цикла и трудозатрат автопарковки были посчитаны объемы работ, калькуляция трудозатрат и продолжительность строительства на следующие виды работ:

– для открытого метода: устройство стены в грунте; устройство буровых свай; разработка котлована и устройство грунтовых анкеров; устройство фундаментной плиты; возведение монолитных несущих конструкций (колонны, стены, перекрытие).

– 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).

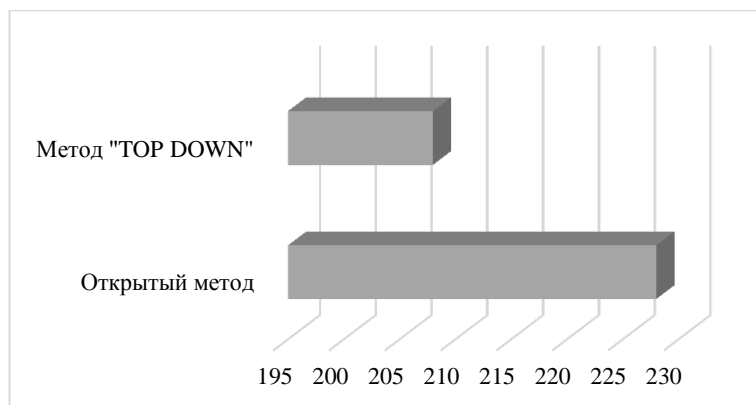


Рис. 6. Диаграмма сравнения метода “*top-down*” и открытого метода по продолжительности строительства в днях

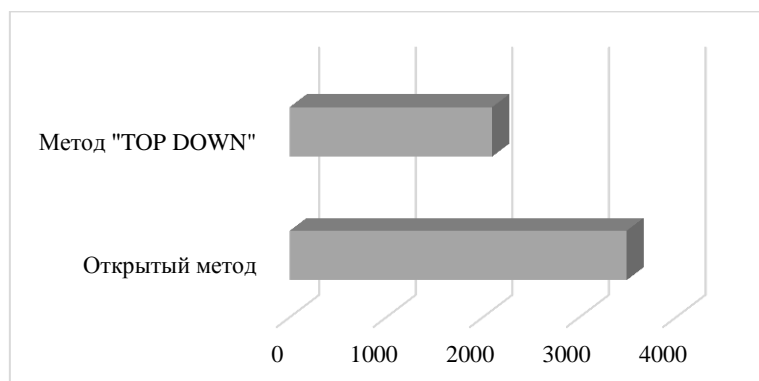


Рис. 7. Диаграмма сравнения метода “*top-down*” и открытого метода по трудозатратам в чел.-дн.

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 zatoplyaemykh 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.