

## Сравнение анкерного и распорного методов крепления ограждающих конструкций котлована при строительстве зданий и сооружений

*С.А. Синенко, А.Р. Халитова*

*Московский государственный строительный университет*

**Аннотация:** В данной статье описаны основные методы крепления ограждающих конструкций котлованов при строительстве зданий и сооружений, приведено сравнение технико-экономических показателей анкерного и распорного методов путем определения технико-экономических показателей.

**Ключевые слова:** котлован, грунтовые анкера, распорная система, ограждающие конструкции котлована, «стена в грунте».

### Введение

С 1970х годов в связи с интенсивным развитием городской инфраструктуры все шире осваивается подземное пространство. Основными факторами, способствующими необходимости освоения подземного пространства, являются нехватка свободных территорий в условиях плотной городской застройки, а также требования развития городской инфраструктуры [1,2].

Вышеописанное требует устройства заглубленных котлованов глубиной до 20-30м с ограждающими конструкциями [3], крепление которых осуществляется с помощью различных методов в зависимости от грунтовых условий, конструктивных и объемно-планировочных решений подземной части зданий, наличия близрасположенных зданий и сооружений и т.д. [4]

Основными конструкциями крепления ограждающих конструкций котлованов в настоящее время, как правило, являются грунтовые инъекционные анкера и распорная система [5].

Распорная система состоит из металлических элементов (распорки, подкосы, стойки), которые связывают ограждающую конструкцию котлована в единую систему.

В глубоких котлованах распорные элементы устанавливаются в несколько ярусов. Для передачи на ограждение котлована значительных сосредоточенных нагрузок от распорных элементов выполняют устройство металлических или железобетонных поясов.

При необходимости устройства распорных элементов при глубине котлована более 20м устраивают временные промежуточные опоры-стойки, которые снижают свободную длину распорок [6].

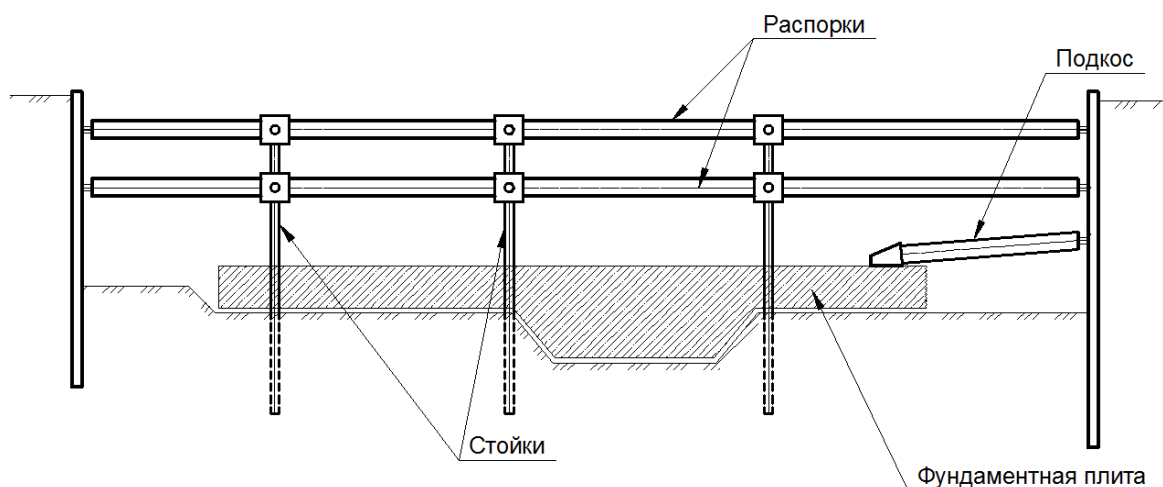


Рис. 1. - Пример крепления ограждающих конструкций котлована с использованием распорной системы

Грунтовые инъекционные анкера представляют собой крепежное устройство, предназначенное для передачи определенных усилий от закрепляемых конструкций в грунтовую толщу [7,8].

Конструкция инъекционного анкера состоит из 3-х основных частей: оголовка, свободной части и заделки – элементов заделки в грунтовой толще и сопряжений тяг с корнями [9].

Оголовок анкера обеспечивает предварительное натяжение, фиксацию усилия натяжения несущих элементов и передачу его на ограждающие конструкции котлована.

Заделка передает растягивающие усилия на грунтовую толщу.

Свободная часть анкера, расположенная между заделкой и оголовком, предназначена для восприятия растягивающих усилий.

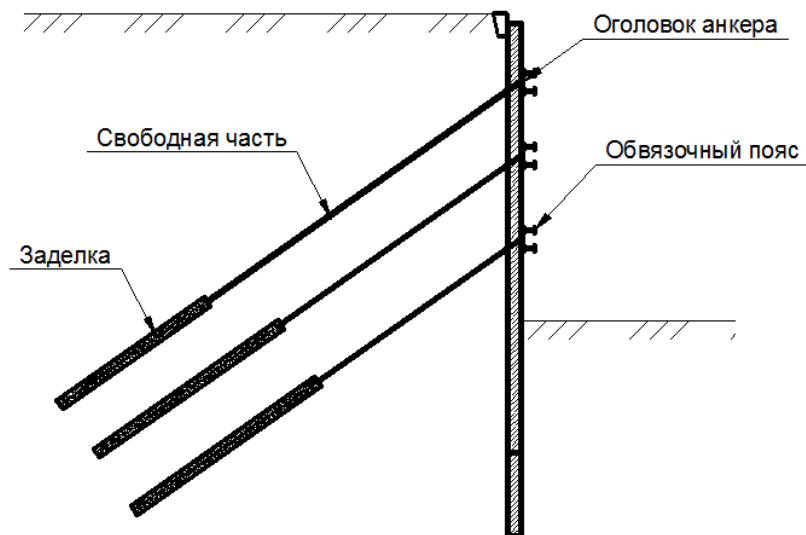


Рисунок 2. Пример крепления ограждающих конструкций котлована  
грунтовыми инъекционными анкерами

Целью работы является сравнение и выявление наиболее технико-экономически выгодного метода крепления ограждающих конструкций котлована.

### Материалы и методы

Данное исследование является результатом выполненной авторами работы, связанной с выбором наиболее эффективного метода крепления ограждающих конструкций котлована на объекте-представителе.

При сравнении рассматриваемых методов в качестве критерия эффективности используется система показателей, которые подразделяются на экономические и производственные.

В числе экономических показателей рассматриваются прямые затраты, в том числе заработная плата рабочих, стоимость материальных ресурсов, эксплуатация машин и механизмов, а также продолжительность строительства.

К производственным показателям причисляются: объем работ, трудоемкость, производительность работ, машиноёмкость, материалоемкость, уровень механизации работ и т.д.

В качестве эталонного объекта для сравнения технико-экономических показателей вышеприведенных методов крепления ограждающих конструкций котлована было выбрано здание Многофункционального комплекса с многоуровневой подземной автостоянкой по адресу: г. Москва, ул. Большая Черемушкинская, д.25.

Рассмотрено крепление ограждающей конструкции котлована здания – «стены в грунте» следующими методами:

- применение распорной системы;
- крепление грунтовыми анкерами.

Для распорной системы крепления ограждающей конструкции котлована глубиной 14м были рассчитаны конструкции из распорок, стоек и двухъярусных продольных подкосов.

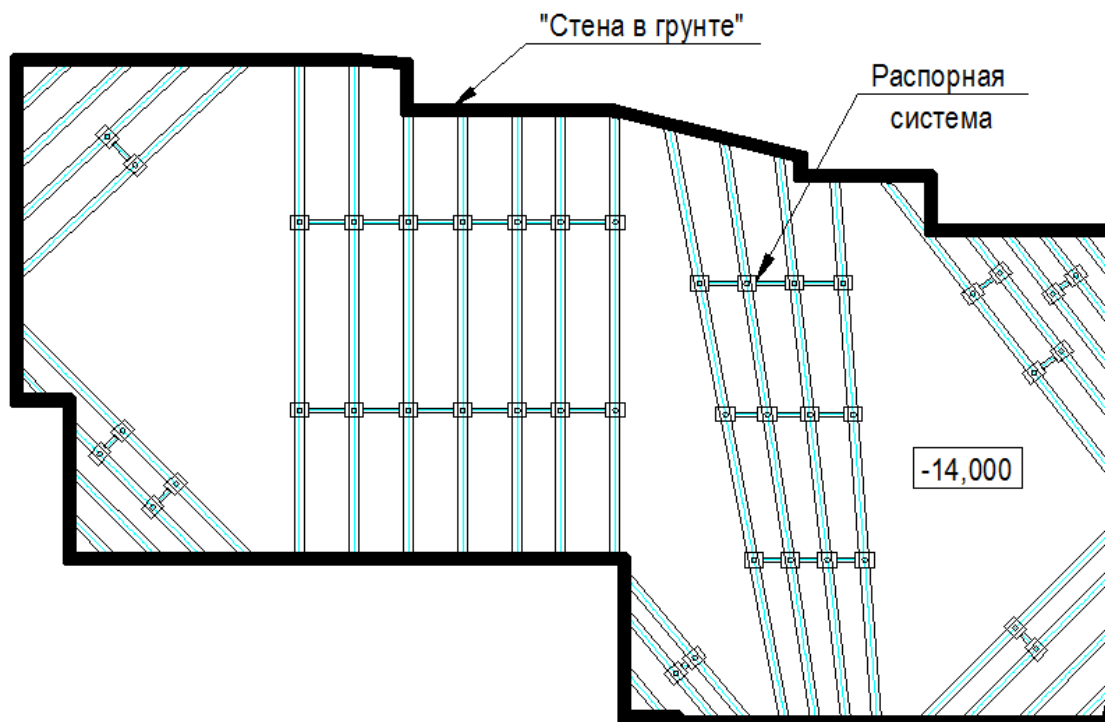


Рис.3. - План котлована с распорным креплением «стены в грунте»

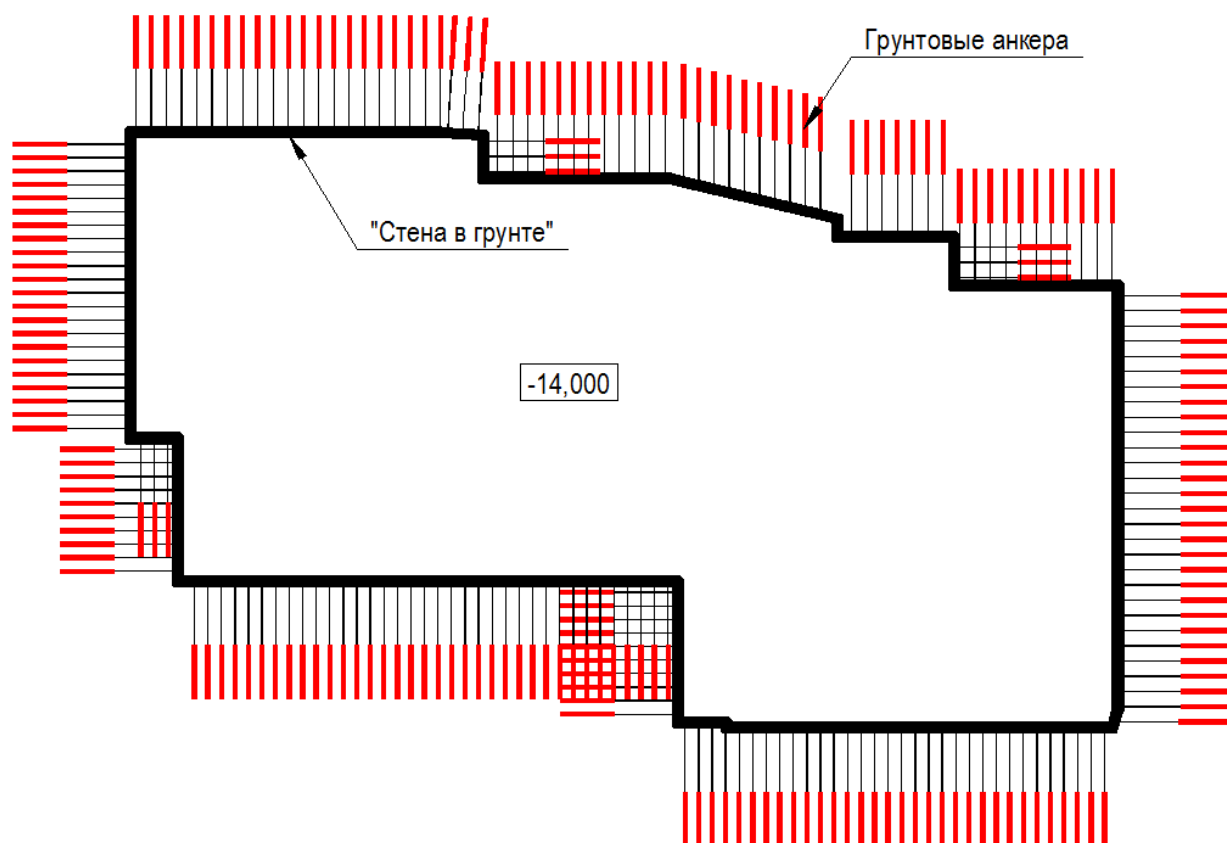


Рис.4. - План котлована с анкерным креплением «стены в грунте»

Для крепления ограждающей конструкции котлована грунтовыми анкерами были рассчитаны предельные грунтовые анкера в грунтах группы I.

По результатам конструктивного расчета на котлован объемом  $89866\text{ м}^3$  при креплении «стены в грунте» приходится:

1. 944т конструкций распорной системы.

В качестве подкосов и распорок применяются стальные трубы  $\text{Ø}1020 \times 10\text{ мм}$ , в качестве стоек – трубы  $\text{Ø}530 \times 10\text{ мм}$ .

2. 461 шт. грунтовых предельных инъекционных анкеров длиной 22м и шагом 1800мм в 2-3 яруса.

Для сравнения технико-экономических показателей была составлена калькуляция по принятым методам крепления «стены в грунте». Сравнение проводится по таким показателям, как затраты труда, машиноёмкость, продолжительность работ, прямые затраты, в стоимость которых входят

затраты на материальные ресурсы, заработная плата рабочих, затраты на эксплуатацию машин и механизмов.

Расчет был произведен в соответствии с ТСН-2001 «Территориальные сметные нормативы для Москвы» по следующим позициям:

- таблица 29-146 «Установка анкеров с длиной анкера 22м»
- таблица 29-143 «Установка стальных продольных связей»

Стоимость материальных ресурсов, не учтенных в расценках ТСН-2001, приняты согласно ТССЦ-2001 «Территориальный сборник сметных цен на материалы, изделия и конструкции, применяемые в строительстве».

При расчете продолжительности ведения работ был принят следующий состав рабочей бригады в количестве 9 человек:

При устройстве грунтовых анкеров:

- машинист автокрана 5 разряда - 1 чел.
- водитель автосамосвала - 1 чел.
- машинист буровой установки 5 разряда - 1 чел.
- оператор растворонасосной установки 4 разряда - 1 чел.
- оператор гидродомкратной установки 4 разряда - 1 чел.
- монтажник 4 разряда - 1 чел.
- монтажник 3 разряда - 1 чел.
- монтажник 2 разряда - 2 чел.

При устройстве распорной системы:

- машинист автокрана 5 разряда - 1 чел.
  - сварщик - 2 чел.
  - водитель бортового автомобиля - 1 чел.
  - водитель тягача седельного - 1 чел.
  - монтажник 4 разряда - 1 чел.
  - монтажник 3 разряда - 1 чел.
  - монтажник 2 разряда - 2 чел.
-

## Результаты

Технико-экономические показатели анкерного и распорного методов крепления «стены в грунте» котлована приведены в таблице №1.

Таблица №1

### Результаты расчета технико-экономических показателей

№ п/п	Показатели	Анкерное крепление	Распорное крепление
1	Затраты труда рабочих, чел.-ч.	11248,42	14726,4
2	Машиноёмкость, маш.-ч.	1097,18	56,64
3	Продолжительность работ, смены	156,2	222,9
5	Заработная плата рабочих, тыс. руб.	182,9	239,45
6	Стоимость материальных ресурсов, тыс. руб.	3752,61	6709,3
7	Эксплуатация машин, тыс.руб.	164,45	42,77
8	Прямые затраты, тыс. руб.	4099,96	6991,56

## Обсуждение

Общие затраты труда рабочих при креплении ограждающих конструкций котлована грунтовыми анкерами составила 11248,42 чел.-ч., что меньше при использовании распорной системы – 14726,4 чел.-ч. Но при этом машиноёмкость работ при устройстве распорной системы в 19 раз меньше, чем при использовании грунтовых анкеров. Это связано с тем, что при устройстве грунтовых анкеров, кроме автомобильного крана, необходимы также буровые, растворонасосные и гидродомкратные установки.

Согласно рис.7, наименее продолжительным по устройству является вариант крепления ограждения котлована грунтовыми анкерами.

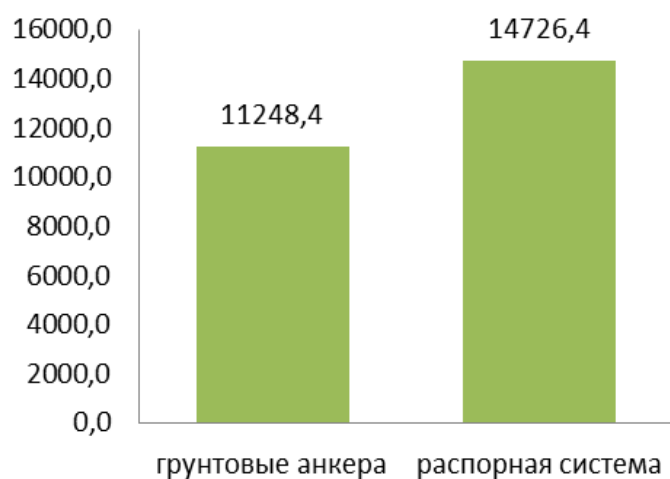


Рис. 5. - Трудоемкость работ, чел.-ч.

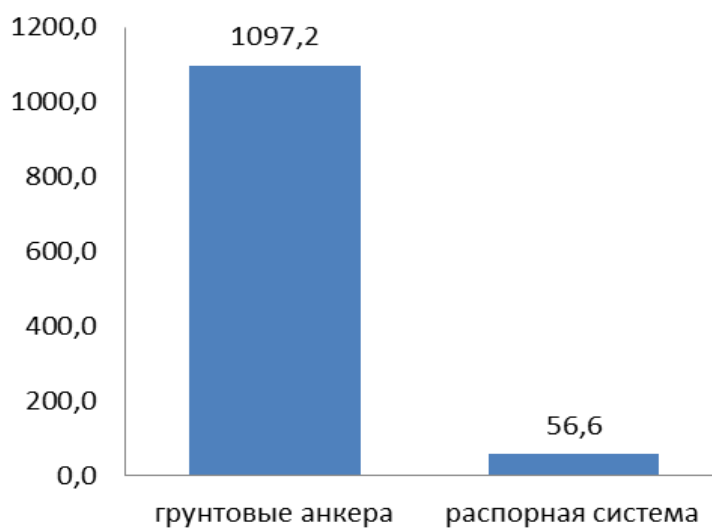


Рис. 6. - Машиноемкость работ, маш.-ч.

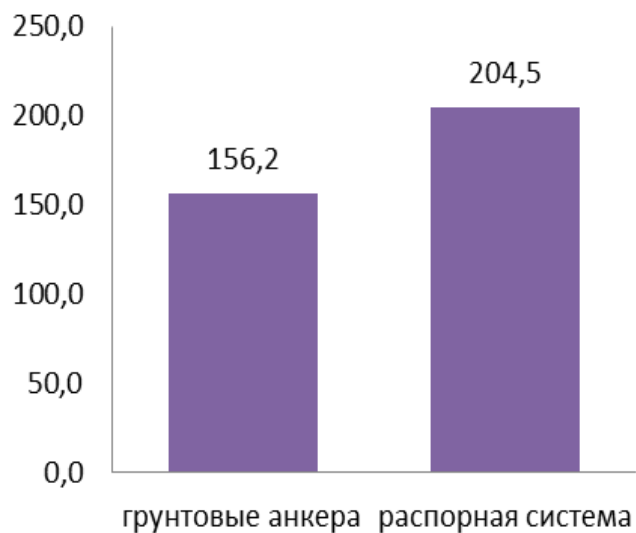


Рис.7. - Продолжительность работ, смены



Показатели прямых затрат, в стоимость которых входят затраты на материальные ресурсы, на эксплуатацию машин и заработную плату рабочих, приведены в уровне цен по состоянию на 1 января 2000 года.

Согласно рис.8, стоимость прямых затрат при креплении «стены в грунте» грунтовыми анкерами значительно меньше.

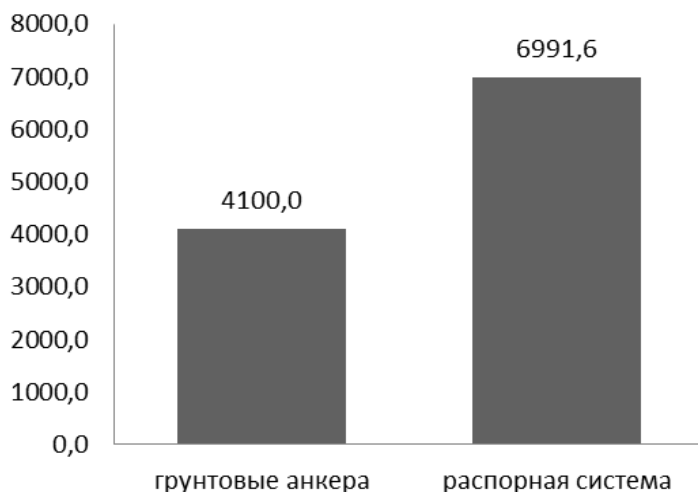


Рис. 8. - Стоимость прямых затрат, тыс. руб.

Структуру прямых затрат при устройстве грунтовых анкеров и распорной системы см. рис. 9 и рис. 10.

В связи с малой машиноемкостью работ при устройстве распорной системы, на эксплуатацию машин приходится в 4 раза меньше затрат, чем при устройстве грунтовых анкеров. Однако при устройстве распорной системы происходит удорожание материалов почти в 2 раза.

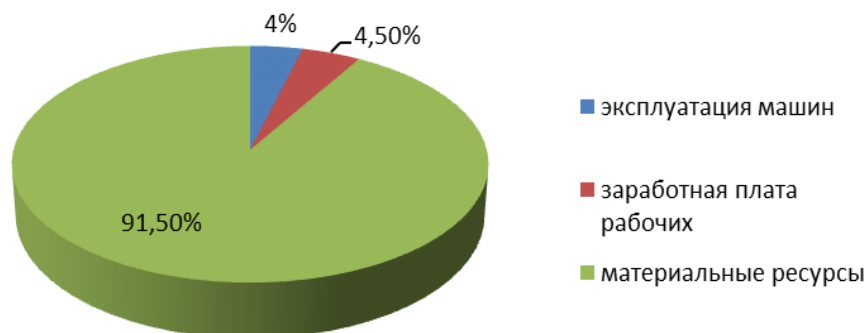


Рис.9. - Структура прямых затрат при устройстве грунтовых анкеров

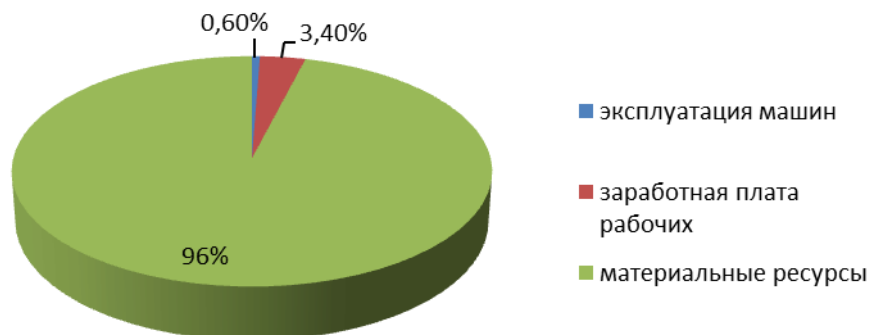


Рис. 10. - Структура прямых затрат при устройстве распорной системы

### Выводы

По результатам показателей сметной стоимости, трудоёмкости, продолжительности выполнения работ, заработной плате рабочих и структуры себестоимости работ на объекте-представителе наиболее экономичным видом крепления ограждающих конструкций котлована является анкерная система крепления.

Строительство зданий и сооружений с глубокими котлованами является одним из важнейших и динамично развиваемых направлений в гражданском и промышленном строительстве [10], поэтому перспективой дальнейших исследований является разработка методики выбора эффективного метода крепления ограждающих конструкций котлованов.

### Литература

1. Акимов Ф. Н., Акимова Э. Ш. Экономическое обоснования выбора крепления стен котлованов глубокого заложения // Экономика строительства и природопользования. 2018. № 2 (67). С. 6-15.

2. Тухарели А.В., Чередниченко Т.Ф., Снегирев Д.П. Прогрессивные строительные технологии в стесненных условиях городских территорий // Инженерный вестник Дона. 2018. №1. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2018/4747](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2018/4747).

3. Аликрицких Е.Г., Казанков А.П., Васильчикова З.Ф. Проектирование ограждающих конструкций глубоких котлованов // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительство. Самарский государственный архитектурно-строительный университет. Самара, 2016. С. 229-231.

4. Кунтше К. Устройство глубоких котлованов и откосов в условиях городской застройки // Развитие городов и геотехническое строительство. Строительство и архитектура. – 2010. – № 2. – С. 2–18.

5. Малинин П.А., Струнин П.В. Опыт строительства глубокого котлована с использованием технологии струйной цементации грунтов // Геотехника. 2013. № 2. С. 4-13.

6. Петрухин В.П., Колыбин И.В., Разводовский Д.Е. Ограждающие конструкции котлованов, методы строительства подземных и заглубленных сооружений // Российская архитектурно-строительная энциклопедия. Абрамчук В. П. и др., RUS, 2008. С. 212-219.

7. Самохвалов М.А., Гейдт А.В., Паронко А.А. Обзор существующих конструкций буроинъекционных анкерных свай // Вестник МГСУ. 2019. Т. 14. № 12. С. 1530-1554.

8. Sabatini P.J., Pass D.G., Bachus R.C. Ground Anchors and Anchored Systems // Geotechnical engineering circular. 1999. No. 4. 281 p.

9. Malinin A., Malinin D. Adhesive strength of reinforcing elements during anchor-pile installation // Soil Mechanics & Foundation Engineering. 2011. Т. 48. № 2. С. 58–61.

10. Колыбин И.В. Подземные сооружения и котлованы в городских условиях – опыт последнего десятилетия // Российская геотехника – шаг в XXI век. Труды юбилейной конференции, посвященной 50-тилетию РОМГГиФ. Российское общество по механике грунтов, геотехнике и фундаментостроению. 2007. С. 114-153.

## References

1. Akimov F. N., Akimova E. SH. *Ekonomika stroitel'stva i prirodnopol'zovaniya*. 2018. № 2 (67). pp. 6-15.
2. Tuhareli A.V., CHerednichenko T.F., Snegirev D.P. *Inzhenernyj vestnik Dona*, 2018. № 1. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2018/4747/](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2018/4747/).
3. Alikrickih E.G., Kazankov A.P., Vasil'chikova Z.F. *Tradicii i innovacii v stroitel'stve i arhitekture*. Stroitel'stvo. Samarskij gosudarstvennyj arhitekturno-stroitel'nyj universitet. Samara, 2016. pp. 229-231.
4. Kuntshe K. *Razvitie gorodov i geotekhnicheskoe stroitel'stvo*. Stroitel'stvo i arkhitektura. 2010. № 2. pp. 2-18.
5. Malinin P.A., Strunin P.V. *Geotekhnika*. 2013. № 2. pp. 4-13.
6. Petruhin V.P., Kolybin I.V., Razvodovskij D.E. *Ograzhdayushchie konstrukcii kotlovanov, metody stroitel'stva podzemnyh i zaglublennyh sooruzhenij [A deep excavation construction experience using the jet grouting technology]*. Rossijskaya arhitekturno-stroitel'naya enciklopediya. Abramchuk V. P. i dr., RUS, 2008. pp. 212-219.
7. Samohvalov M.A., Gejdt A.V., Paronko A.A. *Vestnik MGSU*. 2019. T. 14. № 12. pp. 1530-1554.
8. Sabatini P.J., Pass D.G., Bachus R.C. *Geotechnical engineering circular*. 1999. No. 4. 281 p.
9. Malinin A., Malinin D. *Soil Mechanics & Foundation Engineering*. 2011. T. 48. № 2. pp. 58–61.
10. Kolybin I. V. *Rossijskaya geotekhnika - shag v XXI v. trudy yubilejnoj konferencii, posvyashchennoj 50-letiyu ROMGGiF Rossijskoe obshchestvo po mekhanike gruntov, geotekhnike i fundamentostroeniyu*. 2007. pp. 114-153.