

DOI: 10.32347/2076-815x.2021.78.414-425

УДК 69.059

д-р техн. наук, профессор **Осипов А.Ф.**,  
osipov.of@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0002-5463-3976,**Литнарович Е.В.**,  
litnarovych@ukr.net, ORCID: 0000-0002-5541-7888,к.т.н., доцент **Осипов С.А.**,  
seryosip@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0002-5851-3517,доктор философии, ассистент **Осипова А.А.**,  
alicavstranekoshmarov@gmail.com, ORCID: 0000-0001-9027-116X,  
Киевский национальный университет строительства и архитектуры

## МЕТОДЫ ВОЗВЕДЕНИЯ ФУНДАМЕНТОВ НА СЛОЖНОМ РЕЛЬЕФЕ

*Рассматриваются предпосылки и изложены результаты обоснования и разработки рациональных методов возведения фундаментов на сложном рельефе в условиях реконструкции городской застройки методом ее уплотнения и рационализации. Разработанные методы применимы и для условий реставрации памятников архитектуры и их комплексов, а также в целом позволяют обеспечить комплексную защиту прилегающих территорий городской застройки от неблагоприятных факторов строительного производства. Комплексное решение задач повышения эффективности строительных процессов и обеспечения устойчивости склонов при строительстве на них высотных зданий с развитой подземной частью, а также задачи уменьшения влияния опасных оползневых процессов на прилегающие территории и застройку, уменьшения влияния шума и вибрации на объекты культурного наследия и природные комплексы приняты в статье в качестве основных предпосылок обоснования и разработки новых технологий. Обоснование и разработка методов возведения фундаментов на сложном рельефе выполнена на основе полученных авторами результатов статистической обработки фактических данных по уровню производительности устройства буронабивных свай на элементах склонов – откосах, средняя часть и подножие склона.*

*Ключевые слова: метод; возведение; фундаменты; склон; отсыпка; искусственная осыпь; многоярусное подпорное сооружение.*

**Постановка проблемы.** В последнее время в результате развития инфраструктуры крупных городов и расширение их жилищно-коммунального фонда, все чаще под застройку попадают территории, которые еще недавно

считались непригодными для строительства из-за сложности инженерно-геологических условий.

В частности, такими территориями являются оползнеопасные участки, склоны долин рек и склоны, которые образовались в результате эрозионного размыва и расчленение равнинных территорий. Указанные территории, наряду с другими подобными, относятся к территориям со сложным рельефом (рис. 1).



Рис. 1. Пример строительства зданий повышенной этажности на сложном рельефе – природном склоне долины р. Лыбидь, г. Киев

**Анализ последних исследований и публикаций.** Одними из первых работ, положенных в основу формирования исходного эмпирического базиса технологии возведения зданий и сооружений на сложном рельефе, явились работы Н.М. Герсевича [1-2], П.Н. Скородумова [3] и ряда других авторов.

Большой вклад в развитие теоретических и прикладных основ технологии возведения фундаментов в сложных условиях, в том числе на сложном рельефе, внесли работы Б.И. Далматова, С.Н. Сотникова, В.Г. Симагина, Г.П. Полякова, Н.П. Шепелева, М.С. Шумилова, Р.А. Мангушева, А.В. Ершова, А.И. Осокина, Й. Энгеля [4-9] и работы других исследователей.

Отдельные вопросы технологии возведения фундаментов на сложном рельефе и в условиях реконструкции городской застройки рассматривались авторами и ранее [10-14].

В целом можно констатировать, что несмотря на выполненные ранее исследования, касающиеся преимущественно теоретических аспектам рассматриваемой проблемы, прикладные вопросы обоснования и разработки

рациональных методов возведения фундаментов на сложном рельефе в условиях реконструкции городской застройки требуют дальнейшего рассмотрения.

**Актуальность и цель исследования.** Процесс строительства объектов повышенной этажности на сложном рельефе с заглубленной и развитой в плане подземной частью, особенно в условиях плотной городской застройки, отличается значительными объемами и трудоемкостью основных видов строительно-монтажных работ, особенно земляных и свайных работ, он опасен и существенно влияет на санитарно-технические условия и параметры рядом расположенной застройки, изменяет экологическую ситуацию.

Актуальным аспектом рассматриваемой проблемы является также и вопрос обеспечения сохранности рядом расположенных зданий и сооружений, отнесенных к памятникам архитектуры и истории.

Таким образом, данные исследования направлены на решение актуальной отраслевой проблемы – повышение эффективности процесса возведения фундаментов на сложном рельефе на основе обоснования и разработки новых методов выполнения основных ведущих процессов его слагающих.

**Цель статьи** – обоснование рациональных параметров технологии возведения фундаментов на сложном рельефе при строительстве зданий повышенной этажности в плотной городской застройке или вблизи охраняемых зон – памятников архитектуры и природных комплексов.

**Методы исследования.** В основу обоснования оптимальных параметров технологии возведения фундаментов на сложном рельефе положен общетехнический метод – расчетно-аналитические обоснования величины параметров, установленные статистической обработкой фактических выборок.

Характеристики и параметры предлагаемых методов устанавливались средствами организационно-технологического и проектно-технологического моделирования

Техническая и технологическая реализуемость новых методов и технологий подтверждена проектно-конструкторскими проработками в составе выполненных под руководством авторов магистерских аттестационных работ [15-17].

**Основной материал и их результаты.** Проблемы строительства на сложном рельефе могут быть решены не только за счет создания многоуровневых объектов с максимальным развитием по вертикали, но и за счет обоснования рациональных методов их возведения и, в первую очередь, методов возведения фундаментов.

Метод возведения фундаментов, как производственный процесс, включает в себя определенный порядок и режимы выполнения установленного комплекса

процессов различной сложности, основными из которых для фундаментов на склонах являются процессы устройства буронабивных свай больших диаметров и глубины. Как правило это сваи диаметром 820 мм и более, проектной длиной более 25 м (рис.2).

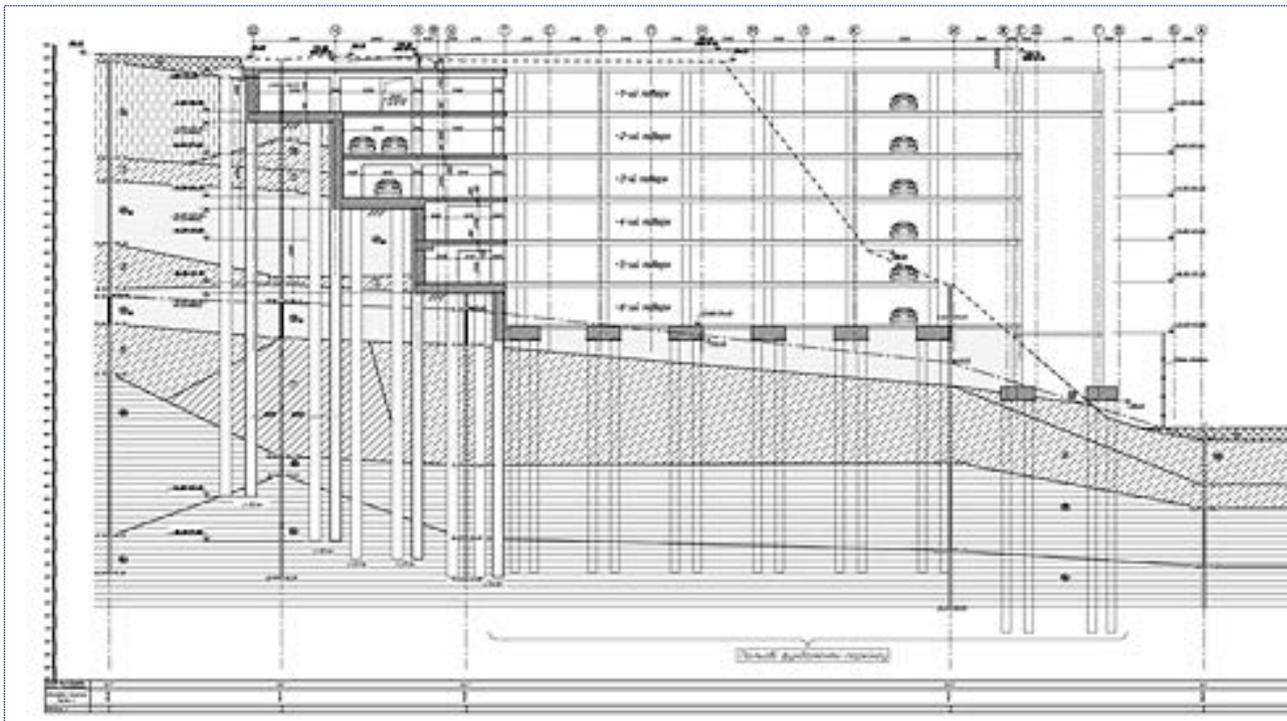


Рис. 2. Посадки здания на геологический разрез крутого склона (левый склон поймы реки Лыбидь, г. Киев)

Влияние условий производства работ на параметры технологии возведения фундаментов на сложном рельефе устанавливалась по динамике величины выработки при устройстве буронабивных свай.

Исследование величин выработки при устройстве буронабивных свай на сложном рельефе выполнено с использованием фактических данных (рис. 3), собранных на объектах-представителях (г. Киев); объем выборки более 1200 свай.

Исследованиями установлено, что весь статистический массив можно разделить на три группы, в зависимости от вида элемента склона, это выработка на *отвершках склона* (первая группа), на *средней его части* (вторая группа) и на *подножии склонов* (третья группа).

Данные статистического исследования можно представить кривой, описывающей зависимость величины среднемесячной выработки при устройстве буронабивных свай от вида элемента склона – *отвершек*, *уступ* (средняя часть склона) или его *подножие* (рис. 4).

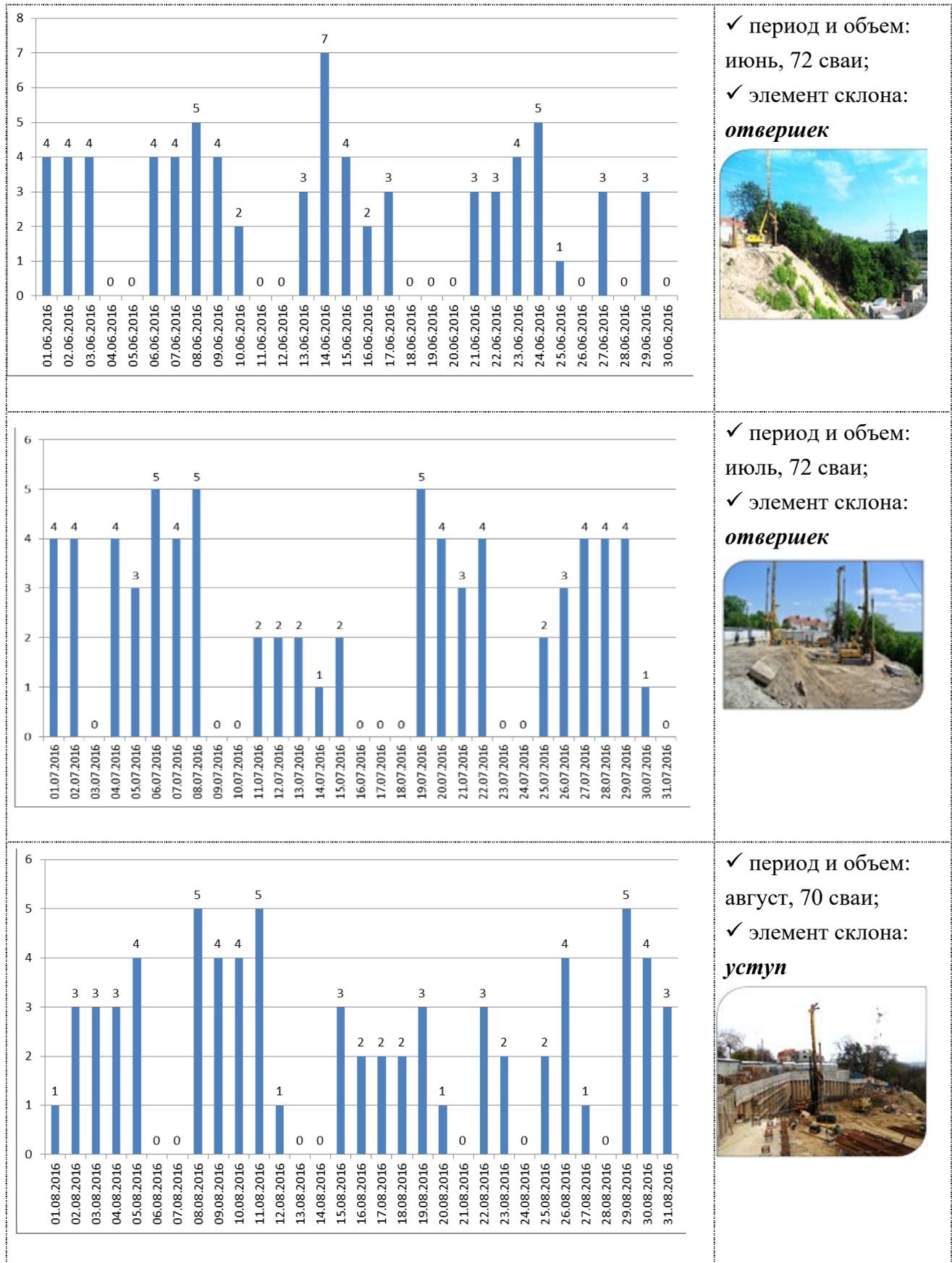


Рис. 3. Сменные выработки при устройстве буронабивных свай на элементах склона, количество свай в смену

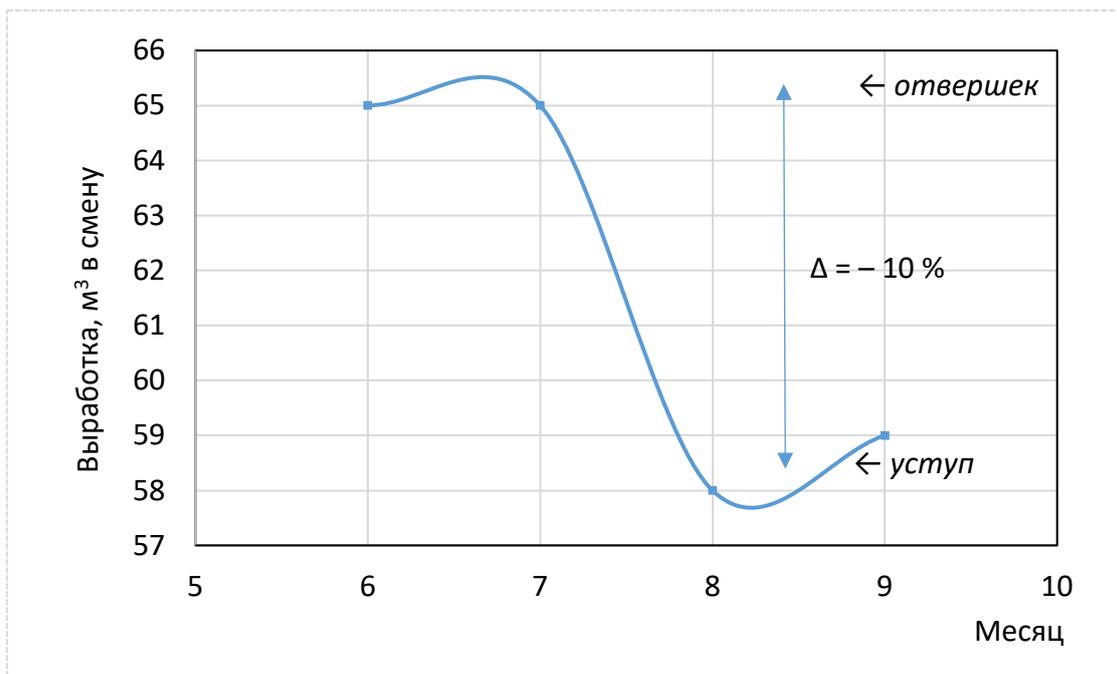


Рис. 4. Величины среднемесячной выработки при устройстве буронабивных свай в зависимости от вида элемента склона (диаметр свай 820 мм, длина 27-35 м)

Среднесменная выработка в июне–июле составляла порядка 65 м<sup>3</sup>, а в августе–сентябре – 58–59 м<sup>3</sup>; общее снижение – 10 %; июнь-июль – работа на откосе склона, а август-сентябрь – на уступе склона (см. совместно рис. 3 и 4). Отмеченной закономерности подчиняется весь массив фактических данных, собранный авторами на объектах-представителях.

Строительно-технологический анализ закономерностей и соответствующих условий строительства позволил установить, что общее снижение выработки при устройстве буронабивных свай наблюдалось вследствие существенного уменьшения геометрических размеров необходимой рабочей зоны с одновременным ее ограничением в плане откосом склона либо устроенными подпорными стенами – работа на уступе склона (рис. 5).

Рис. 5. Устройство буронабивных свай на уступе склона в условиях стесненности рабочей зоны по размерам в плане откосом склона и устроенной подпорной стеной (фотография авторов, г. Киев, 2016 г.)



Для повышения выработки предложен метод устройства буронабивных свай на склонах с уширением площадки уступа отсыпкой искусственной осыпи (рис. 6), позволяющий увеличить выработку на уступах склона на величину сопоставимой с выработкой на его отвёршке.

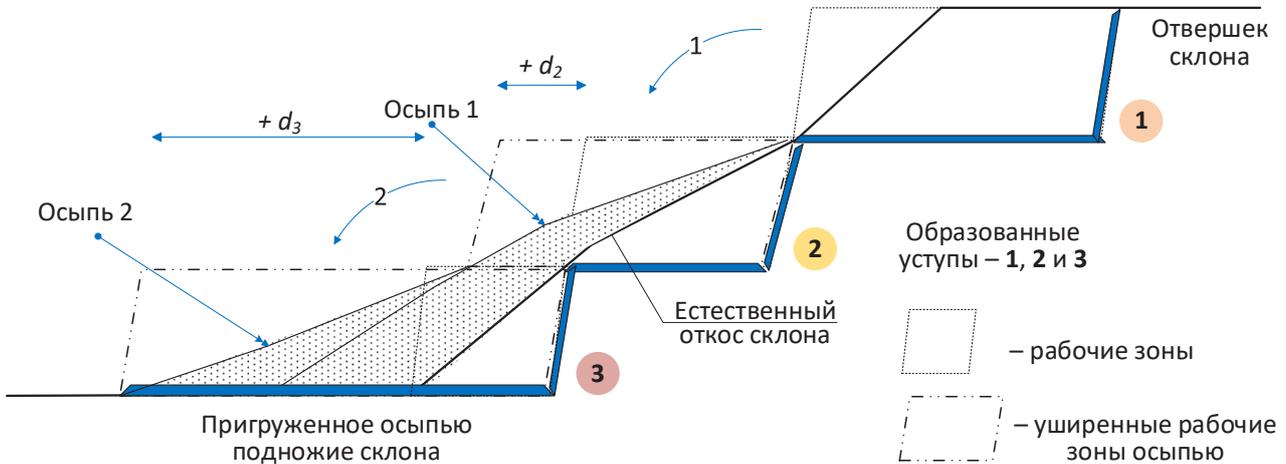
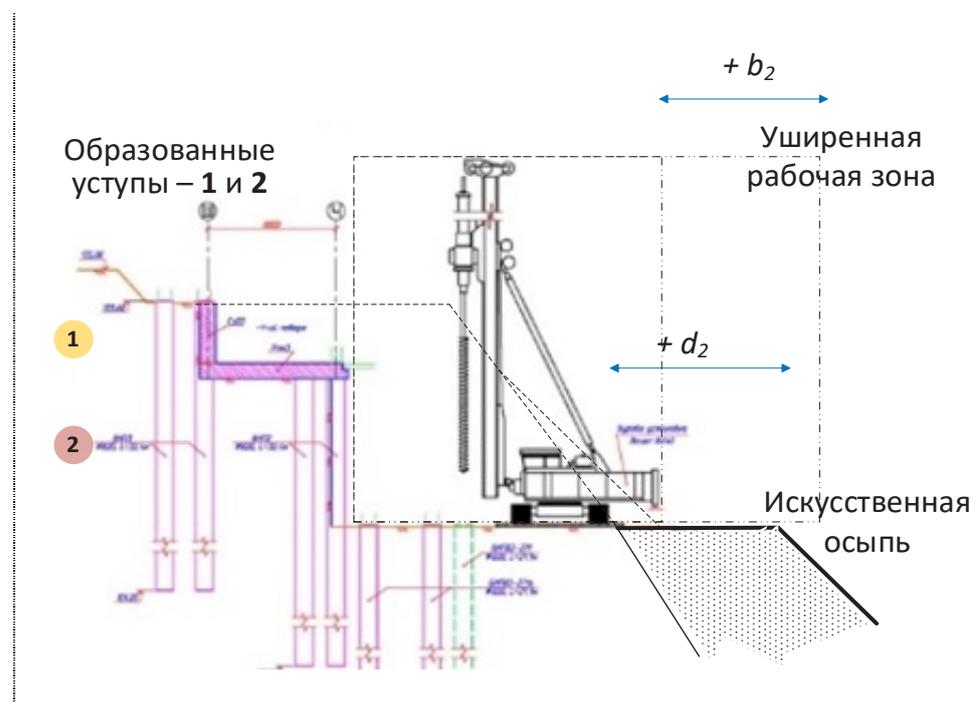


Рис. 6. Схема уширения площадок уступов ( $+d_i$ ) отсыпкой искусственной осыпи (действие 1 и 2) с образования уширенных рабочих зон при возведении фундаментов на склонах

Отсыпка искусственной осыпи позволяет не только увеличить размеры рабочей зоны ( $+b_i$ , см. рис. 7) на уступах склона, приблизив ее размеры практически до нормативных, сопоставимых с размерами рабочей зоны на отвёршке склона, но и повысить в целом устойчивость склона за счет дополнительного пригружения средней части и его подножия, искусственно устраиваемой отсыпкой.

► Рис. 7. Схема организации рабочей зоны на уширенной площадке уступа ( $+d_2$ ) отсыпкой искусственной осыпи при устройстве буронабивных свай на склоне



### Выводы и рекомендации

Предлагаемый метод устройства буронабивных свай на склонах с уширением площадки уступа отсыпкой искусственной осыпи, позволяет повысить технико-экономические показатели комплексного процесса, производительность бурового и бетоноукладочного оборудования, упростить систему внутриплощадочных временных дорог, снизить длительность организационных перерывов на ожидание открытия фронта работ и другие издержки, обусловленные сложностью и стесненностью рабочих зон на узких уступах при строительстве зданий на крутых склонах.

Метод устройства свай на склонах с уширением площадки уступа отсыпкой искусственной осыпи позволяет существенно снизить опасность развития оползневых процессов в процессе производства строительно-монтажных работ на склонах за счет дополнительного пригружения их откосов и подножия искусственной осыпью.

Расширяет область применения предлагаемого метода возможность обеспечения комплексной защиты прилегающих территорий городской застройки, ландшафтов, экосистем от влияния неблагоприятных факторов строительного производства, возможность возведения фундаментов на склонах в сложных погодных условиях, в том числе в условиях отрицательных температур, а также в условиях реставрации памятников архитектуры.

### Список литературы

1. Герсеванов Н.М. Итоги 1-ой Международной конференции по механике грунтов и фундаментов сооружений / "Строительная промышленность" 07.05.1937 г. – М., 1937. – 23 с.
2. Герсеванов Н.М. Принципы конструкций внешних портовых сооружений и методов их возведения. – М., 1944. – 10 с.
3. Скородумов П.Н. Технология возведения и восстановления сооружений. – М. – Л.: изд-во Министерства ком. хоз-ва РСФСР, 1947. – 135 с.
4. Далматов Б.И. Проектирование и устройство фундаментов около существующих зданий / Б.И. Далматов. – Л.: ЛДНТП, 1976. – 32 с.
5. Проектирование и возведение фундаментов вблизи существующих сооружений: опыт строительства в условиях северо-запада СССР / [С.Н. Сотников, В.Г. Симагин, В.П. Вершинин и др.]; под ред. С.Н. Сотникова. – М.: Стройиздат, 1986. – 94 с.
6. Поляков Г.П. Восстановление гражданских зданий на просадочных грунтах: Практика и методы производства работ / Г.П. Поляков, М.П. Коханенко, В.Б. Шевелёв. – М.: Стройиздат, 1990. – 179 с.

7. Шепелев Н.П. Реконструкция городской застройки / Н.П. Шепелев, М.С. Шумилов. – М.: Высш. шк., 2000. – 271 с.
8. Мангушев Р.А. Современные свайные технологии: учебн. пособие / Р.А. Мангушев, А.В. Ершов, А.И. Осокин. – М.: АСВ, 2010. – 240 с.
9. Engel, J. Einführung in den Grund-, Erd- und Dammbau / J. Engel, S. Al-Akel. –FV Leipzig, 2012. – 264 s.
10. Осипов О.Ф. Систематизація факторів, що впливають на існуючі будинки при здійсненні нового будівництва в умовах щільної міської забудови / О.Ф. Осипов // Містобудування та територіальне планування: наук.-техн. збір. – К. : КНУБА, 2009. – Вип. 35. – С. 324–339.
11. Осипов О.Ф. Технологія будівництва в умовах міської забудови. Класифікація будинків і основ за стійкістю до динамічних впливів і зміни напружено-деформованого стану / О.Ф. Осипов // Строительство и техногенная безопасность: сб. науч. трудов. – Симферополь : КАПКС, 2010. – Вып. 30. – С. 70–78.
12. Осипов О.Ф., Літнарівч Є.В. Технологія влаштування буронабивних паль на складному рельєфі / Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин: збірник наукових праць. – Київ: КНУБА, 2019. – Вип. 39, Том 2. – С. 116 – 123.
13. Осипова А.О. Ідеалізації впливу процесів будівництва на об'єкти навколишнього середовища / А.О. Осипова // Сучасні проблеми архітектури та містобудування: Науково-технічний збірник. Вип. 54 // Київ, КНУБА – 2019. – С. 200–212.
14. Осипов С.О., Осипов О.Ф. Фотограмметричне моделювання технологій реставрації пам'яток архітектури // Norwegian Journal of Development of the International Science. 2021. №58-1.
15. Бондарев Б.В. Будівництво торгово-розважального комплексу по вул. Червоноармійській в м. Києві в складних інженерно-геологічних умовах; атестаційна робота магістра / Бондарев Борис Володимирович [дипл. кер. О. Ф. Осипов]. – К. : КНУБА, 2018.
16. Івченко Д.Ю. Будівництво багатофункціонального житлового комплексу "Едельвейс" на складному рельєфі в Печерському р-ні м. Києві; атестаційна робота магістра / Івченко Денис Юрійович [дипл. кер. О.Ф. Осипов]. – К. : КНУБА, 2018.
17. Бойко А.О. Дослідження продуктивності влаштування паль на складному рельєфі при зведенні багатоповерхового будинку; атестаційна робота магістра / Бойко Аліна Олександрівна [дипл. кер. О.Ф. Осипов]. – К. : КНУБА, 2019.

д-р техн. наук, професор **Осипов О.Ф.**,  
**Литнарівич Є.В.**, к. т. н., доцент **Осипов С.О.**,  
доктор філософії, асистент **Осипова А.О.**,  
Київський національний університет будівництва та архітектури

## **МЕТОДИ ЗВЕДЕННЯ ФУНДАМЕНТІВ НА СКЛАДНОМУ РЕЛЬЄФІ**

У статті розглядаються передумови та викладено результати обґрунтування та розробки раціональних методів зведення фундаментів на складному рельєфі в умовах реконструкції міської забудови методом її ущільнення та раціоналізації. Розроблені методи застосовуються і для умов реставрації пам'яток архітектури та їх комплексів, а також загалом дозволяють забезпечити комплексний захист прилеглих територій міської забудови від несприятливих факторів будівельного виробництва. Комплексне вирішення завдань підвищення ефективності будівельних процесів та забезпечення стійкості схилів при будівництві на них висотних будівель з розвиненою підземною частиною, а також завдання зменшення впливу небезпечних зсувних процесів на прилеглі території та забудову, зменшення впливу шуму та вібрації на об'єкти культурної спадщини та природні комплекси, що прийняті у статті як основні передумови обґрунтування та розробки нових технологій. Обґрунтування та розробка методів зведення фундаментів на складному рельєфі виконано на основі одержаних авторами результатів статистичної обробки фактичних даних за рівнем продуктивності бурового обладнання на елементах схилів – відвершок, середня частина та підніжжя схилу.

Ключові слова: метод; зведення; фундаменти; склон; відсипання; штучний осип; багатоярусна підпірна споруда.

Doctor of Technical Sciences, Professor **Osipov Alexander**,  
Engineer **Litnarovych Yevhenii**,  
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor **Osipov Sergey**,  
Doctor of Philosophy, Assistant **Osypova Anastasiia**,  
Kyiv National University of Construction and Architecture

## **METHODS OF CONSTRUCTION OF FOUNDATIONS ON COMPLEX RELIEF**

The article considers the preconditions and presents the results of substantiation and development of rational methods of construction of foundations on a complex

relief in the conditions of reconstruction of urban development by the method of its compaction and rationalization. The developed methods are used for the conditions of restoration of architectural monuments and their complexes, as well as in general allow to provide comprehensive protection of adjacent urban areas from adverse factors of construction production. Comprehensive solution of problems of increasing the efficiency of construction processes and ensuring the stability of slopes in the construction of high-rise buildings with a developed underground part, as well as reducing the impact of dangerous landslides on adjacent areas and buildings, reducing noise and vibration on cultural heritage sites and natural complexes, accepted in the article as the main prerequisites for the justification and development of new technologies. Substantiation and development of methods of construction of foundations on difficult relief is performed on the basis of the results of statistical processing of actual data on the level of productivity of drilling equipment on the elements of slopes - top, middle part and foot of the slope.

Keywords: method; construction; foundations; slope; dumping; artificial talus; multi-storey supporting structure.

#### REFERENCES

1. Gersevanov N.M. Itogi 1-oy Mezhdunarodnoy konferentsii po mekhanike gruntov i fundamentov sooruzheniy / "Stroitel'naya promyshlennost'" 07.05.1937 g. – M., 1937. – 23 s. {in Russian}
2. Gersevanov N.M. Printsipy konstruktsiy vneshnikh portovykh sooruzheniy i metodov iz vozvedeniya. – M., 1944. – 10 s. {in Russian}
3. Skorodumov P.N. Tekhnologiya vozvedeniya i vosstanovleniya sooruzheniy. – M. –L.: izd-vo Ministerstva kom. khoz-va RSFSR, 1947. – 135 s. {in Russian}
4. Dalmatov B.I. Proyektirovaniye i ustroystvo fundamentov okolo sushchestvuyushchikh zdaniy / B. I. Dalmatov. – L.: LDNTP, 1976. – 32 s. {in Russian}
5. Proyektirovaniye i vozvedeniye fundamentov vblizi sushchestvuyushchikh sooruzheniy: opyt stroitel'stva v usloviyakh severo-zapada SSSR / [S. N. Sotnikov, V.G. Simagin, V.P. Vershinin i dr.]; pod red. S. N. Sotnikova. – M.: Stroyizdat, 1986. – 94 s. {in Russian}
6. Polyakov G.P. Vosstanovleniye grazhdanskikh zdaniy na prosadochnykh gruntakh: Praktika i metody proizvodstva rabot / G.P. Polyakov, M.P. Kokhanenko, V. B. Shevelov. – M.: Stroyizdat, 1990. – 179 s. {in Russian}
7. Shepelev N.P. Rekonstruktsiya gorodskoy zastroyki / N. P. Shepelev, M. S. Shumilov. – M.: Vyssh. shk., 2000. – 271 s.

8. Mangushev R.A. Sovremennyye svaynyye tekhnologii: uchebn. posobiye / R.A. Mangushev, A.V. Yershov, A.I. Osokin. – M.: ASV, 2010. – 240 s. {in Russian}

9. Engel, J. Einführung in den Grund-, Erd- und Dammbau / J. Engel, S. Al-Akel. –FV Leipzig, 2012. – 264 s. {in Germany}

10. Osypov A.F. Systematyzatsiya faktoriv, shcho vplyvayut' na isnuyuchi budynky pry zdiysnenni novoho budivnytstva v umovakh shchil'noyi mis'koyi zabudovy / A.F. Osypov // Mistobuduvannya ta terytorial'ne planuvannya: nauk.-tekhn. zbir. – K. : KNUBA, 2009. – Vyp. 35. – S. 324–339. {in Ukrainian}

11. Osypov A.F. Tekhnolohiya budivnytstva v umovakh mis'koyi zabudovy. Klasyfikatsiya budynkiv i osnov za stiykisty do dynamichnykh vplyviv i zminy napruzhenno-deformovanoho stanu / A.F. Osypov // Stroytel'stvo y tekhnohennaya bezopasnost': sb. nauch. trudov. – Symferopol' : KAP–KS, 2010. – Vyp. 30. – S. 70–78. {in Ukrainian}

12. Osypov A.F., Litnarovych YE.V. Tekhnolohiya vlashtuvannya buronabyvnykh pal' na skladnomu rel'yefi / Shlyakhy pidvyschennya efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannya rynkovykh vidnosyn: zbirnyk naukovykh prats'. – Kyiv: KNUBA, 2019. – Vyp. 39, Tom 2. – S. 116 – 123. {in Ukrainian}

13. Osypova A.A. Idealizatsiyi vplyvu protsesiv budivnytstva na ob'yekty navkolyshn'oho seredovyscha / A.A. Osypova // Suchasni problemy arkhitektury ta mistobuduvannya: Naukovo-tekhnichnyy zbirnyk. Vyp. 54 // Kyiv, KNUBA – 2019. – S. 200–212. {in Ukrainian}

14. Osypov S.A., Osypov A.F. Fotogrammetrychne modelyuvannya tekhnolohiy restavratsiyi pam'yatok arkhitektury // Norwegian Journal of Development of the International Science. 2021. №58-1. {in Ukrainian}

15. Bondarev B.V. Budivnytstvo torhovo-rozvezhal'noho kompleksu po vul. Chervonoarmiys'kiy v m. Kyjevi v skladnykh inzhenerno-heolohichnykh umovakh; atestatsiyina robota mahistra / Bondarev Borys Volodymyrovych [dypl. ker. A. F. Osypov]. – K. : KNUBA, 2018. {in Ukrainian}

16. Ivchenko D.YU. Budivnytstvo bahatofunktsional'noho zhytlovoho kompleksu "Edel'veys" na skladnomu rel'yefi v Pechers'komu r-ni m. Kyjevi; atestatsiyina robota mahistra / Ivchenko Denys Yuriyovych [dypl. ker. A. F. Osypov]. – K. : KNUBA, 2018. {in Ukrainian}

17. Boyko A.A. Doslidzhennya produktyvnosti vlashtuvannya pal' na skladnomu rel'yefi pry zvedenni bahatopoverkhovoho budynku; atestatsiyina robota mahistra / Boyko Alyna Aleksandrivna [dypl. ker. O.F. Osypov]. – K. : KNUBA, 2019. {in Ukrainian}