

УДК 624 (075), 711.(075.8)

## НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ОДЕВАЮЩИХ (ПРИЖИМНЫХ) ПОДПОРНЫХ СТЕН ДЛЯ ОЗЕЛЕНЕНИЯ И СОЗДАНИЯ ЛАНДШАФТНЫХ КОМПОЗИЦИЙ НА СЛОЖНОМ РЕЛЬЕФЕ

ГИГИНЕЙШВИЛИ Д.Я.<sup>1\*</sup>, *к.т.н.*,  
ТКАЧЕНКО Т.Н.<sup>2\*</sup>, *к.б.н, доц.*

<sup>1\*</sup> Инженерный центр по компьютерному моделированию конструкций и проектированию конструкций ООО «Прогреси», Проспект Важа-Пшавела 16. этаж 2. 0183, Тбилиси, Грузия, тел.+995 599 18 55 26; + , +995 32 237 10 09, e-mail [Johnigig@gmail.com](mailto:Johnigig@gmail.com), [www.progresi.com.ge](http://www.progresi.com.ge).

<sup>2\*</sup> Кафедра охраны труда и окружающей среды, Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Воздухофлотский проспект, 31, 03680, Киев, Украина, тел. +38 (0442) 41-55-80, e-mail: [knuba@knuba.edu.ua](mailto:knuba@knuba.edu.ua), ORCID ID: 0000-0003-2105-5951

**Аннотация.** *Цель.* Анализ возможностей использования укреплений склонов для озеленения и создания ландшафтных композиций, определение преимущества их использования в существующей среде города и требований к конструкциям подпорных стен для эффективного озеленения. *Методика.* Компьютерное моделирование с применением грунтовых КЭ вычислительного комплекса «ЛИРА САПР 2014». *Результаты.* При недостаточной несущей способности склона, конструкций реконструируемого или капитально ремонтируемого объекта может быть предусмотрено их усиление и обновление по требованию современного города, целесообразность которого следует подтверждать технико-экономическим обоснованием. Очевидно, что выбор оптимального конструктивного решения одевающих (прижимных) подпорных стен возможен только на основе тщательных расчетов с учетом геотехнических условий фундирования и возведения таких сооружений. Сложность таких расчетов и монтажа заключается в том, что необходимо учесть множество разнообразных факторов, а именно: реальное напластование грунтов и последовательность нагружения основания; сложную геометрию участка строительства, уже возведенных (существующих) строений и рельефа; нелинейные свойства грунтов оснований (работают часто за пределами линейной стадии: проскальзывание между пластинами, деформации при больших выдергивающих нагрузках и др.); оценка усилий, возникающих в конструкциях при неравномерных осадках. В полной мере учет приведенных факторов возможен только с использованием численных методов при рассмотрении пространственных задач о взаимодействии одевающих (прижимных) подпорных стен и оснований. *Научная новизна.* Одевающая подпорная стена имеет следующие преимущества: 1. Устройство такой стены возможно для любой конфигурации и высоты рельефа; 2. Расход материалов для устройства такой стены является более рациональным. 3. Для устройства такой стены не требуется большое «мертвое» пространство. 4. Предоставляет специалистам широкие возможности для создания неповторимых архитектурных форм по всей длине рабочего пространства. *Практическая значимость.* Выделено три типа зон сложного рельефа, где возможно эффективное использование одевающих подпорных стен: городская, зона с негативным антропогенным воздействием и промышленная.

**Ключевые слова:** одевающие (прижимные) подпорные стены; сложный рельеф; озеленение; создание ландшафтных композиций; арматурные стержни с винтовым профилем и с муфтой; компьютерное моделирование; последовательность нагружения; напряженно-деформированное состояние; конфигурация и высота рельефа

## CHARACTERISTICS OF DESIGN OF CLOTHING RETAINING WALLS IN COMPLICATED SOIL CONDITIONS

GINESHVILI JONI<sup>1\*</sup>, *Ph. D(Civil engineer), Associate Prof<sup>1\*</sup>*,  
TKACHENKO T. N., *Ph. D. (Biology), Associate Prof.<sup>2\*</sup>*

<sup>1\*</sup> Engineering Centr of Computer Technology for Construction Plaining. LTD “PROGRESF”. Address: 16 Vazha-Pshavela ave., 2 fl. Tbilisi. 0183, Georgia, Tel. +995 599 18 55 26., +995 32 237 10 09. E-mail [Johnigig@gmail.com](mailto:Johnigig@gmail.com). [www.progresi.com.ge](http://www.progresi.com.ge).

<sup>2\*</sup> Labour Safety & Environmental Protection Department, Kyiv National University of Construction and Architecture, Address: 31 Vozdukhoflocki ave., Kyiv, 03680, Ukraine, Tel. +38 044 241 55 80, E-mail [knuba@knuba.edu.ua](mailto:knuba@knuba.edu.ua), ORCID ID: 000-0003-2105-5951.

**Abstract. Purpose.** The analysis of opportunities of use of strengthening of sloping ground for planting and creating of landscape compositions, determination of advantage of their use in the existing environment of the city and requirements to retaining wall structural design for effective planting. **Methodology.** Computer modeling applying soil FE of LIRA SAPR 2014 software. **Results.** In case of insufficient bearing capacity of a sloping ground, for structural design of the retrofitted or completely repaired structures

should be discussed their reinforcing and updating on request of the modern city which expediency should be confirmed by feasibility study. It is obvious that the choice of the effective structural solution of the clamping retaining walls is possible only on the basis of careful calculations taking into account geotechnical conditions of a foundations and construction of such structures. Complexity of such calculations and installation is that it is necessary to consider a set of various factors: real stratification of soil and sequence of loading on the basis; complicated geometry of a construction site, already built (existing) structures and a terrain topography; nonlinear properties of soil bases (work often outside a linear stage: slipping between layers, deformations at the large pulling-out loadings, etc.) ; an assessment of the loads arising in structural design at uneven settlements. Fully the accounting of the given factors is possible only with use of numerical methods by consideration of spatial models for interaction of the clamping retaining wall and the soil bases. **Scientific novelty.** The clamping retaining wall has the following advantages: 1. Construction of such wall possible for any configuration and height of the terrain; 2. The material consumption for construction of such wall is more rational. 3. Construction of such wall doesn't require large space. 4. Allows to experts variety of opportunities for creating unique architectural forms along the length of work space. **Practical importance.** Three types of zones of a complicated terrain are allocated, where possible effective use of the clamping retaining wall: city zone, a zone with negative anthropogenic impact and industrial zone.

**Keywords:** The clamping retaining wall; a complicated terrain topography; planting; creation of landscape compositions; reinforcement rebar with a screw profile and the coupling; computer modeling, sequence of loading; the stress-strain state; a configuration and height of a terrain

## **НОВІ МОЖЛИВОСТІ ОДЯГАЛЬНИХ (ПРИТИСКУВАЛЬНИХ) ПІДПІРНИХ СТИНОК ДЛЯ ОЗЕЛЕНЕННЯ ТА СТВОРЕННЯ ЛАНДШАФТНИХ КОМПОЗИЦІЙ НА СКЛАДНОМУ РЕЛЬЄФІ**

ГІГНЕЙШВІЛІ Д. Я.<sup>1\*</sup>, к.т.н.;  
ТКАЧЕНКО Т.М.<sup>2\*</sup>, к.б.н, доц.

<sup>1\*</sup> Інженерний центр з комп'ютерного моделювання конструкцій і проектування конструкцій ТОВ «Прогресі», Проспект Важа-Пшавела 16, поверх 2. 0183, Тбілісі, Грузія, тел.+995 599 18 55 26; + ., +995 32 237 10 09, e-mail: [Johnigig@gmail.com](mailto:Johnigig@gmail.com). [www.progresi.com.ge](http://www.progresi.com.ge).

<sup>2\*</sup>Кафедра Охорони праці і навколишнього середовища, Київський національний університет будівництва і архітектури, Повітрофлотський проспект, 31, 03680, Київ, Україна, Тел. +38 (0442) 41-55-80, E-Mail: [knuba@knuba.edu.ua](mailto:knuba@knuba.edu.ua), ORCID ID: 0000-0003-2105-5951

**Анотація. Мета.** Аналіз можливостей використання укріплень схилів для озеленення та створення ландшафтних композицій, визначення переваги їх використання в існуючій середовищі міста і вимог до конструкцій підпірних стін для ефективного озеленення. **Методика.** Комп'ютерне моделювання із застосуванням ґрунтових КЕ обчислювального комплексу «ЛІРАСАПР 2014». **Результати.** При недостатній несучій здатності схилу, конструкцій об'єкта, який реконструюється або капітально ремонтується, може бути передбачено їх посилення й оновлення на вимогу сучасного міста, доцільність якого слід підтверджувати техніко-економічним обґрунтуванням. Очевидно, що вибір оптимального конструктивного рішення одягальних (притискувальних) підпірних стінок можливий тільки на основі ретельних розрахунків з урахуванням геотехнічних умов фундування і зведення таких споруд. Складність таких розрахунків та монтажу полягає в тому, що необхідно врахувати безліч різноманітних факторів, а саме: реальне нашарування ґрунтів і послідовність навантаження основи; складну геометрію ділянки будівництва, вже зведених (існуючих) будівель і рельєфу; нелінійні властивості ґрунтів основ (працюють часто за межами лінійної стадії: прослизання між пластами, деформації при великих навантаженнях та ін.); оцінка зусиль, що виникають в конструкціях при нерівномірних опадах. Повною мірою облік наведених факторів можливий тільки з використанням чисельних методів при розгляді просторових задач про взаємодію одягальних (притискувальних) підпірних стін та основ. **Наукова новизна.** Одягальна підпірна стіна має такі переваги: 1. Пристрій такої стіни можливий для будь-якої конфігурації і висоти рельєфу; 2. Витрата матеріалів для пристрою такої стіни є більш раціональним. 3.Для влаштування такої стіни не потрібний великий «мертвий» простір. 4.Надає фахівцям широкі можливості для створення неповторних архітектурних форм по всій довжині робочого простору. **Практична значимість.** Виділено три типи зон складного рельєфу, де можливо ефективне використання одягальних підпірних стін: міська, зона з негативним антропогенним впливом та промислова.

**Ключові слова:** одягальні (притискувальні) підпірні стіни; складний рельєф, озеленення, створення ландшафтних композицій; арматурні стрижні з гвинтовим профілем і з муфтою; комп'ютерне моделювання; послідовність навантаження; напружено-деформаційний стан; конфігурація і висота рельєфу

## Введение

Развитие и расширение городов на территориях, неблагоприятных с точки зрения инженерно-геологических условий, становится все более распространенным явлением. В условиях земельного дефицита, появления новых технологий и повышения спроса на экологичные, безопасные, просторные и отделенные от густонаселенных кварталов участки, проходит активное строительство и освоение сложного рельефа городов в Украине (особенно в Закарпатье и Крыму), Грузии, Балканских странах, Греции и других частях Европы. Вместе с технологиями строительства совершенствуются методы и стили ландшафтного озеленения участков сложного рельефа.

## Цель исследования

*Основная цель исследования* – анализ возможностей использования укреплений склонов для озеленения и создания ландшафтных композиций, определение преимуществ их использования в существующей среде города и требований к конструкциям подпорных стен для эффективного озеленения. Конструкция подпорных стен рассматривается в виде прижимных стен с применением винтовой арматуры и натяжной муфты [1-3].

*Озеленение* включает в себя: элемент благоустройства и ландшафтной организации территории с эффективным освоением склонов с применением одевающих (прижимных) подпорных стен, обеспечивающий формирование среды зеленого образования с активным использованием растительных компонентов, а также поддержание ранее созданной или изначально существующей природной среды на территории ландшафтного образования.

Стационарное озеленение сложного рельефа может быть осуществлено с применением *одевающих (прижимных) подпорных стен* при проектировании новых или реконструкции существующих на склонах (или рядом) зданий и сооружений (застроек), имеющих уклон более 12 градусов.

Нами выделено три типа зон сложного рельефа, где возможно эффективное использование одевающих подпорных стен: городская, зона с негативным антропогенным воздействием и промышленная. В первом случае такое озеленение может предусматриваться при проектировании новых, реконструкции или усилении существующих зданий и сооружений любого назначения, с архитектурно-ландшафтными объектами. Озеленение городов с максимальным озеленением существующих склонов, очень полезно в самых разных отношениях. Помимо своей декоративной ценности, оно играет роль защиты склонов, площадок и территорий отдыха от ветра, шума и

пыли, а также зданий и сооружений уже существующих и строящихся прямо на склоне или рядом с ним. Кроме того, создание одевающих подпорных стен несет экономический эффект, так как позволяет в центральных городских районах при высокой стоимости земли, в короткие сроки создать вертикальные рекреационные зоны без освоения новых территорий. Беседки, стены домов, подпорные стенки всегда будут выглядеть живописно и весело. Следует отметить, что ассортимент растений для озеленения таких стен подбирается в зависимости от эколого-климатических условий регионов. При этом ландшафт может быть максимально приближен к естественному региональному (рис.1

), либо выполнять роль декоративного элемента в любом другом стиле. (рис.2).

К зоне с негативным антропогенным воздействием можно отнести украинское Закарпатье, где в результате массовой бесконтрольной вырубке лесных массивов произошло оголение и ослабление склонов, приведшее к оползням (рис.3,4). Использование предлагаемой технологии одевающих подпорных стен для таких регионов может позволить в относительно короткие сроки восстановить экологический баланс.

Промышленное направление предполагает использование одевающих подпорных стен при рекультивации промышленных отвалов [4,5]. Также возможно дополнительное укрепление склонов породных отвалов по этой технологии, так как даже при качественно проведенной рекультивации, существует огромная вероятность сползания породы со склонов отвала. Особенно это актуально при близком расположении селитебной зоны и при создании рекреационной зоны на породном отвале (рис.5).

## Результаты

При недостаточной несущей способности склона, конструкций реконструируемого или капитально ремонтируемого объекта может быть предусмотрено их усиление и обновление по требованию современного города, целесообразность которого следует подтверждать технико-экономическим обоснованием.



Рис.1. Пример озеленения одевающих (прижимных) подпорных стен (ландшафт приближен к естественному) / Example of planting clamping retaining walls (landscape close to natural).

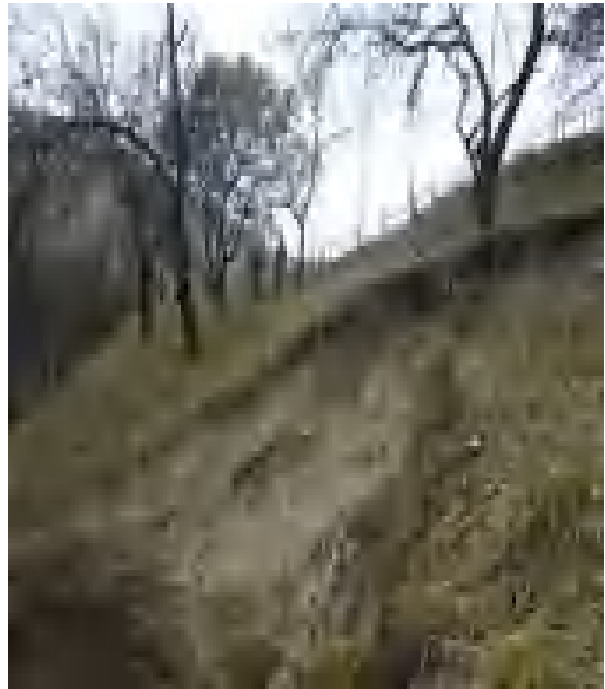


Рис. 3. Оползни в Закарпатье / The landslides in Transcarpathia.



Рис.2. Пример декоративного озеленения одевающих (прижимных) подпорных стен / Example of decorative planting clamping retaining walls.



Рис.4. Ограничение движение транспорта в результате оползней в Закарпатье / Limitation of traffic in the train of landslides in Transcarpathia.



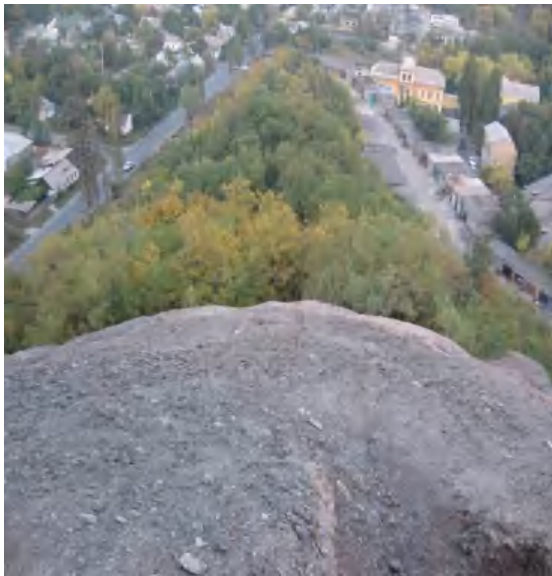


Рис. 5. Отвал Юза в центральной части г.Донецка / Sluipage in the center of Donetsk.

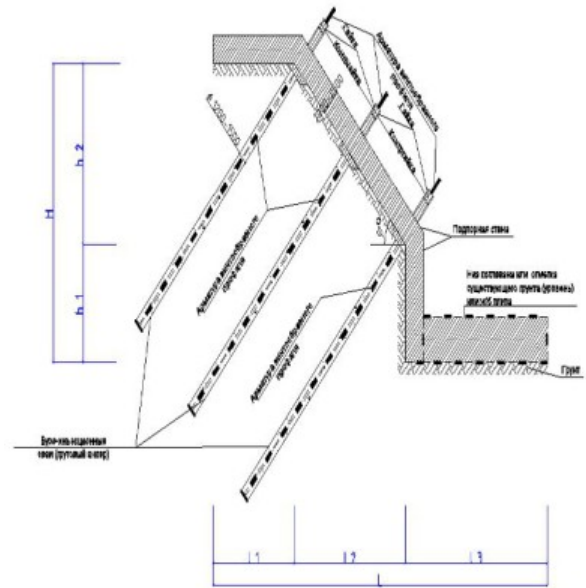


Рис. 7. Поперечный разрез одевающих (прижимных) подпорных стен. Вариант II./ Cross section of clamping retaining walls. Option II.

Типы одевающих подпорных стен по своей геометрии, закреплению и по характеру работы могут быть самые разные. Для примера ниже мы приводим некоторые наиболее приемлемые варианты из них:

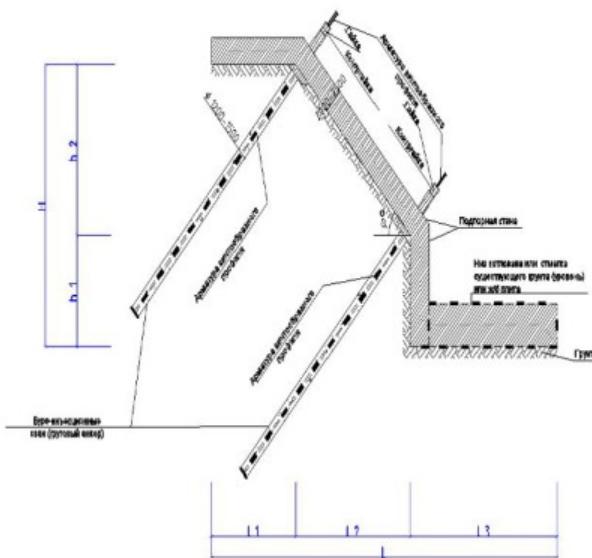


Рис. 6. Поперечный разрез одевающих (прижимных) подпорных стен. Вариант I./ Cross section of clamping retaining walls. Option I.

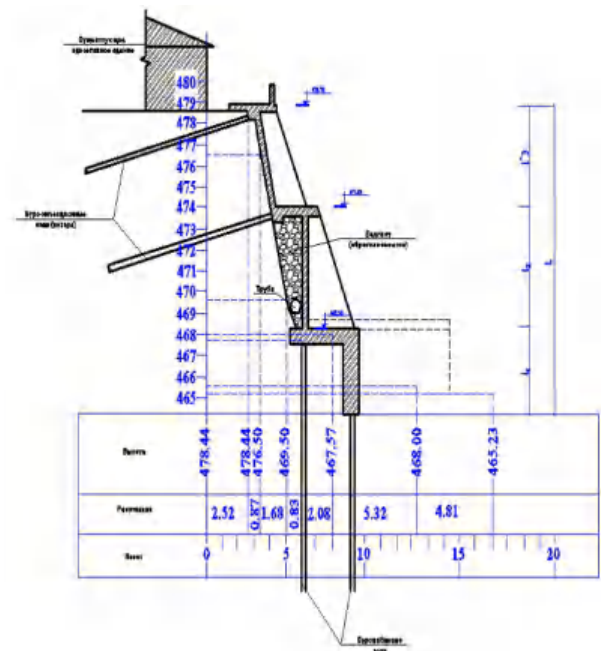


Рис. 8. Поперечный разрез одевающих (прижимных) подпорных стен на свайном фундаменте. Вариант III. / Cross section of clamping retaining walls. Option III.

Работа анкерной конструкции с применением арматуры винтового профиля с муфтой, основана на принципе прижатия к устойчивым грунтам, расположенным ниже поверхности призмы скольжения, которая должна воспринимать

оползневое давление. Поддерживающие сооружения такого типа позволяют решать следующие задачи:

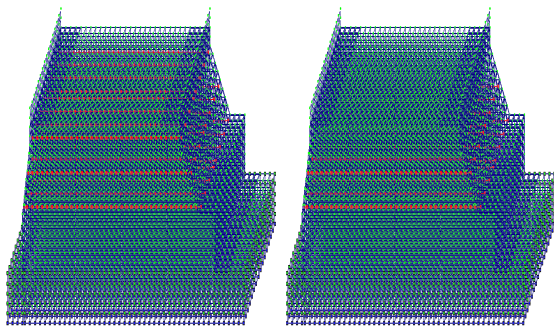
-повышение устойчивости откосов земляных сооружений;

-анкеровка одевающих (перфорированных подпорных) стен подпорных стен и буроинъекционных свай.

-стабилизация оползневого склона;

Компьютерное моделирование с применением грунтовых КЭ вычислительного комплекса «ЛИРА САПР 2014» [3,6-8].

ЭЛЕМЕНТЫ



ЭЛЕМЕНТЫ

Рис.9. Компьютерные модели массива грунта с применением обычных и грунтовых КЭ и с использованием арматуры винтового профиля / Computer model of ground mass using conventional and ground FE and using helical reinforcement profile.

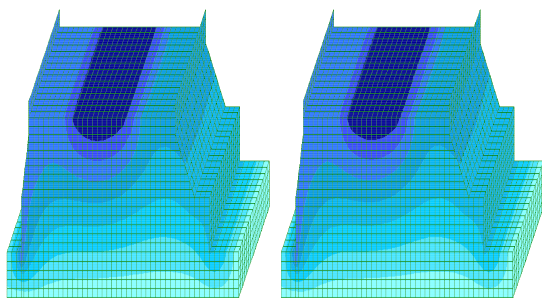


Рис.10. Деформации массива от собственного веса грунта./ Deformation of solid ground under its self weight.

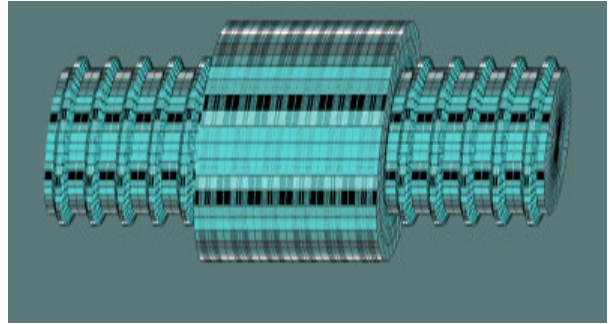


Рис.11. Расчетная модель узла арматурных стержней с винтовым профилем и с муфтой. Благодаря таким муфтам механическим путем создается усиление для стягивания одевающих подпорных стен с грунтом./ Computational model of reinforcement bars system point with a screw profile and coupling. Thanks to such coupling force, the force mechanically is created for tightening the clamping retaining walls with the ground.



Рис.12. Один из примеров применения одевающей подпорной стены: Вид котлована строящегося здания в центре города Тбилиси. (Ул. Атенская №17.) / One example of using of the clamping retaining wall. View of the foundation pit of the building under construction in the center of Tbilisi, Ateni str. № 17.

#### Научная новизна

По сравнению с хорошо известными и традиционными гравитационными стенами, одевающая подпорная стена имеет следующие преимущества: 1. Устройство такой стены возможно для любой конфигурации и высоты рельефа; 2.

Расход материалов для устройства такой стены является более рациональным. 3. Для устройства такой стены не требуется большое «мертвое» пространство. 4. Предоставляет специалистам широкие возможности для создания неповторимых архитектурных форм по всей длине рабочего пространства. Очевидно, что выбор оптимального конструктивного решения одевающих (прижимных) подпорных стен возможен только на основе тщательных расчетов с учетом геотехнических условий фундирования и возведения таких сооружений. Сложность таких расчетов и монтажа заключается в том, что необходимо учесть множество разнообразных факторов, а именно:

- реальное напластование грунтов и последовательность нагружения основания; сложную геометрию участка строительства, уже возведенных (существующих) строений и рельефа;
- нелинейные свойства грунтов оснований (работают часто за пределами линейной стадии: проскальзывание между пластами, деформации при больших выдергивающих нагрузках и др.);
- оценка усилий, возникающих в конструкциях при неравномерных осадках.

В полной мере учет приведенных факторов возможен только с использованием численных методов [4,5] при рассмотрении пространственных задач о взаимодействии и одевающих (прижимных) подпорных стен и оснований.

### Выводы

1. Устройство такой стены возможно для любой конфигурации, уклона и высоты рельефа, а по расходу материалов такая стена является более рациональной;

2. Численный анализ совместной работы конструкций таких стен с применением винтовой арматуры и натяжной муфты позволяет анализировать напряженно-деформированное состояние на разных стадиях ее работы и проектировать оптимальные конструкции по несущей способности.

3. Повышает прочность и устойчивость откосов земляных сооружений;

4. После устройства одевающих (перфорированных подпорных) стен в специально вырезанных в них пространствах (пустотах) высаживаются деревья или кустарники для озеленения;

5. Выделено три типа зон сложного рельефа, где возможно эффективное использование одевающихся подпорных стен: городская, зона с негативным антропогенным воздействием и промышленная.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ / REFERENCES

1. Рекомендации по применению в железобетонных конструкциях эффективных видов стержневой арматуры. - М.: НИИЖБ Госстроя СССР, 1987. - 47с.

Rekomendatsii for use in reinforced concrete structures effective types of reinforcing rods. - М.: NIIZhB USSR State Construction Committee, 1987. - 47p.

2. Авторское свидетельство СССР. №1830405. Стыковое соединение сборных железобетонных элементов./Гигинейшвили Д. Я., Верюжский Ю. В., Гальченко Н. Г., Пузыренко А. Г., Матков Н. Г.; 1990г.

Copyright certificate the USSR. №1830405. Butt joint of precast concrete elements. / Gigineishvili D.Y., Veryuzhsky Y.V., Gal'chenko N.G., Puzyrenko A.G., Matkov N.G.; 1990.

3. Верюжский Ю. В. Применение численно-аналитического метода потенциала к решению контактных задач расчета сцепления арматуры с бетоном. Новые экспериментальные исследования и методы расчета железобетонных конструкций//Верюжский Ю.В., Гигинейшвили Д. Я., Судаков Г. Н. Сб. научн. тр. - М.: НИИЖБ Госстроя СССР, 1989. - 199с.

Veryuzhsky J.V. Application of numerical-analytical method for building solutions to contact problems of calculating the clutch armature with concrete. New experimental research and methods of calculation of reinforced concrete structures // Veryuzhsky J.V., Gigineishvili D.Y., Sudakov G.N. Coll. Scien. tr. - М.: NIIZhB State Construction Committee of the USSR, 1989. - 199p.

4.Ткаченко Т.Н. Альтернативные виды промышленного озеленения/Ткаченко Т.Н., Савенкова С.В. // Науково-технічне та організаційно-економічне сприяття реформ у будівництві і житлово-комунальному господарстві: тез. III міжнар. конф. (12.04-13.04.2012)/ Макіївка, Донбаська національна академія будівництва і архітектури. - 2012. - Ч.І. - С.211-214.

Tkachenko T.N. Alternative types of industrial greenery planting/Tkachenko T.N., Savenkova S.V. // Sci-tech and business perception of reforms in construction and housing: theses. III Intern. Conf. (12.04-13.04.2012) / Makeyevka, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. - 2012. - CH.I. - p.211-214

5.Ткаченко Т.Н. Альтернативные виды промышленного озеленения/Ткаченко Т.Н., Савенкова С.В. //Географические и геоэкологические исследования в Украине и сопредельных территориях. – Симферополь: ДИАЙПИ, 2013. – Т.1. – С.117-121.

Tkachenko T.N. Alternative types of industrial greenery planting/Tkachenko T.N., Savenkova S.V. // Geographic and geoeologic research in Ukraine and adjacent lands. – Simferopol: DIAYPI, 2013. – T.1. – P.117-121.

6. Компьютерные модели конструкций/ Городецкий А.С., Евзеров И. Д.: КИЕВ «ФАКТ», 2007. – 394 с.

Computer models of designs / Gorodetsky AS, Evzerov I. D.: KIEV "facts", 2007. - 394 p.

7. Комп'ютерні технології проектування металевих конструкцій./ М.С. Барабаш, С.В.Козлов, Д.В.Медведенко. – К.: НАУ, 2012. – 572 с.

Комп'ютерні Технології проєктування металевих конструкцій. /Barabash M.S., Kozlov S.V., Medvedenko D.V. - K.: of NAU, 2012. - 572 p.

8. Примеры для расчета и проектирования “ЛИРА 9.6”/Боговис В.Е., Гензерский Ю.В., Гераймович Ю.Д., Куценко Д.В., Куценко А.Н., Медведенко Д.В., Слободян Я.Е., Титок В.П. - К : «ФАКТ», 2008. – 200 с.

Examples for the calculation and design "LIRA 9.6" / Bogovis V.E., Genzersky Y.V., Geraymovich Y.D., Kutsenko D.V., Kutsenko A.N., Medvyedenko D.V., Slobodian YA.E., Titok V.P. – K.; By the "fact", 2008. - 200 p.

*Статья рекомендована к публикации д-ром техн. наук, проф. Волошкиной Е.С (Украина); д-ром техн. наук, проф. Кравцом В.А. (Украина)*

Статья поступила в редколлегию 10.08.2015