

УДК 69+ 624.154

**ДОСВІД ЗАКРІПЛЕННЯ ЗСУВНОГО СХИЛУ І РІШЕННЯ  
МІСТОБУДІВНИХ ЗАВДАНЬ**

**ОПЫТ ЗАКРЕПЛЕНИЯ ОПОЛЗНЕВОГО ОТКОСА И РЕШЕНИЯ  
ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫХ ЗАДАЧ**

**THE LANDSLIDE SLOPE CONSOLIDATION EXPERIENCE AND  
URBAN PLANNING PROBLEMS SOLVING**

**Ігнатів С.В.**, кандидат технічних наук, доцент ORCID 0000-0002-5747-291X (ТДВ «Глера Ро», м. Мінськ,)

**Игнатов С.В.**, кандидат техн. наук, доцент ORCID 0000-0002-5747-291X (ОДО «Глера Ро», г. Минск,)

**Ihnatov S.V.**, PhD of science, associate professor ORCID 0000-0002-5747-291X (ODO "Glera Ro", Minsk,)

Стаття присвячена практичному досвіду зміцнення зсувних схилів і вирішенню комплексних містобудівних питань щодо збереження сформованої історичної забудови XIV-XX ст. в центральній частині міста Могильова. Так в процесі експлуатації крутого схилу, що має перепад по висоті більш ніж 27 метрів і розташованого між площею Орджонікідзе та вул. Велика Громадянська, складеного з поверхні насипними фільтруючими ґрунтами, що підстиляються глинистими водоупорами, почали проявлятися перші ознаки зсувних процесів. Рішення щодо посилення схилу повинно було гармонійно вписатися в існуючу територію. Таким рішенням стало будівництво багатомаршевої сходи, і утримання схилу вздовж сходових маршів монолітними залізобетонними підпірними стінами з паль. Результати об'ємного розрахунку системи «підпірна стіна - сходовий спуск - основа» були підтверджені випробуваннями паль вертикальним навантаженням і геодезичним моніторингом за горизонтальними і вертикальними переміщеннями монолітних підпірних стін, що свідчить про можливість подальшої безпечної експлуатації зведеної споруди.

Статья посвящена практическому опыту укрепления оползневых склонов и решения комплексных градостроительных вопросов по сохранению сложившейся исторической застройки XIV-XX вв. в центральной части города Могилева. Так в процессе эксплуатации крутого склона, имеющего перепад по высоте более чем 27 метров и

расположенного между площадью Орджоникидзе и ул. Большая Гражданская, сложенного с поверхности насыпными фильтрующими грунтами, подстилаемые глинистыми водоупорами, начали проявляться первые признаки оползневых процессов. Решение по усилению откоса должно было гармонично вписаться в существующую территорию. Таким решением стало строительство многомаршевой лестницы, где удержание склона вдоль лестничных маршей осуществляется монолитными железобетонными подпорными стенами на свайном основании. Результаты объемного расчета системы «подпорная стена – лестничный спуск – основание» были подтверждены опытными испытаниями буронабивных свай вертикальной вдавливающей нагрузкой и геодезическим мониторингом за горизонтальными и вертикальными перемещениями монолитных подпорных стен, что свидетельствует о возможности дальнейшей безопасной эксплуатации возведенного сооружения.

The article describes the landslide slopes strengthening practical experience, the complex urban issues solution of the existing historic building of the XIV-XX centuries in the Central part of the city of Mogilev. The difference in the slope marks is more than 27.0 meters in height, and its length did not provide stability. Surface filtering sandy soils, which include construction waste, have a capacity of up to 14.7 meters. The first signs of landslide processes began to show during the steep slope maintenance.

The slope strengthening had to fit into the existing site harmoniously. The retaining walls combined with a staircase descent erection become the problem decision. This construction was intended to solve the following main tasks: strengthening of the landslide slope, preservation of the historical relief of the old town and the organization of the descent into the Park from Ordzhonikidze square. The project provides the multi-marsh reinforced concrete staircase device in order to ensure the stability of the slope and the implementation of a smooth descent. The slope retention along the staircases and near the observation platforms was carried out by monolithic reinforced concrete retaining walls on a pile foundation. Bored piles cut weak bulk soils and they are rigidly connected with monolithic reinforced concrete grillages.

The retaining walls stability, forces determination, reinforcement selection calculation was performed by the software complex "MicroFE 2013". The bored piles field on vertical pressing load testing, the retaining walls horizontal and vertical movements were provided in order to control of design prerequisites, ensuring the safety of construction and installation works and operation of the staircase itself. It was found that piles precipitation does not exceed 1.0 cm, which is less than the permissible value of 1.6 cm. This result indicates the adequacy of the bearing capacity of piles for vertical load. The

**observation of horizontal deformations of retaining walls is continuing nowadays.**

**Thus, design, construction and installation works scientific and technical support allowed to choose solutions, which ensure the stability of the landslide slope, and to develop economic and safe solutions. The field testing confirmed the correctness of the theoretical assumptions and computational models.**

**Ключові слова:**

Грунт, основа, паля, стіна, армування, деформації, прогноз, схил, спуск.

Грунт, основание, свая, стена, армирование, деформации, прогноз, откос, спуск.

Ground, basement, pile, wall, reinforcement, deformation, forecast, slope, descent

**Постановка задачі.** В сучасних умовах щільної міської забудови перед експлуатуючими організаціями і міськими властями стоїть комплексний питання по збереженню раніше існуючої історичної забудови, запобігання їй деградації і руйнування. Часто міські влади для рішення питань по укріпленню фундаментів і зупинки небезпечних геологічних процесів вдаються до допомоги проектних і наукових організацій. Однією з таких складних геотехнічних завдань, виявилася задача по укріпленню оползневих схилів, розташованих між площею Орджонікідзе і вул. Велика Гражданська в м. Могилеве. Даний ділянка належить до центральної частини міста Могилева, в межах регульованої забудови охороняемого ландшафту і охоронної зони історико-культурних цінностей археологічних об'єктів – історичний центр м. Могилева (XIV-XX вв.), а також охоронної зони культурного шару давньої території Никольської церкви (XVI-XVIII вв.).

**Аналіз існуючого положення і визначення завдань.** В процесі експлуатації крутого схилу, бровкою примикаючого до сильнонавантаженого транспортом площі Орджонікідзе, і складеного з поверхні насипними фільтруючими ґрунтами, підстилаєми глинистими водоупорами, почали проявлятися перші ознаки оползневих процесів. Виникла задача по виконанню посилення відкоса, розташованого між вулицею Велика Гражданська і площею Орджонікідзе.

**Інженерно-геологічні умови.** В геологічному строєнні схилу беруть участь наступні відкладення:

- штучні утворення (thIV) представлені насипними ґрунтами, залягаючими з поверхні і складаються з піску різнозернистого, супесей і суглинків забруднених, битого цегли і іншого будівельного і побутового мусору до 30%, з включенням органічних речовин, відкритої потужністю 0,3- 14,7 метра – ИГЭ1;

- моренні (gIIsz) відкладення сожського горизонту, представлені супісью червоно-бурої кольору твердої, напівтвердої, пластичної

консистенции с частичным включением гравия, гальки, и прослоек песка общей вскрытой мощностью 0.6-12.9 – ИГЭ2 и ИГЭ3;

- флювиогляциальные (fIId-sz) отложения днепровско-сожского горизонта, представленные влажным мелким песком желтого, серого цвета с прослоями песка среднего, вскрытой мощностью 0.8-10.5 – ИГЭ4.

В результате инженерно-гидрогеологических наблюдений, установлено, что на контакте со связными глинистыми грунтами в составе насыпных грунтов (ИГЭ-1) и в песках мелких флювиогляциальных (ИГЭ-4) во влажные периоды года появляется верховодка, а также имеет место более интенсивное развитие вод спорадического распространения в тонких прослойках и линзах влажного песка в толще моренных супесей и суглинков в теле откоса.

Факторами обусловившими возникновение оползневых процессов явились: резкое падение кровли коренных моренных и флювиогляциальных отложений; большая мощность насыпных грунтов, невыдержанная в плане, по глубине и составу; и развитие верховодки в толще насыпных грунтов на контакте со связными глинистыми грунтами.

**Технические предложения по усилению оползневого склона.** В результате анализа существующих инженерно-геологических условий, имеющейся технологической базы в городе, было установлено, что удержание склона возможно было осуществить устройством различного рода подпорных стен, т.к. рельеф участка – сложный, с перепадом отметок от 179.100 в наивысшей точке до 151.500 у подножия склона (27,6м). В связи с тем, что закрепляемый участок находится в пределах исторической застройки, генеральной проектной организацией – ведущей проектной организацией Могилевской области ОАО "Институт "Могилевгражданпроект", при нашем научном сопровождении, было предложено подпорные стенки сопроводить многомаршевой монолитной железобетонной лестницей, объемно-планировочное решение которой организованы по принципу симметрии относительно центральной оси, которая гармонично вписывалась в существующую застройку (рис.1).

Таким образом, строительство многомаршевой лестницы, состоящей из 22 лестничных маршей, предназначено было решить следующие основные задачи: укрепление оползневого склона, сохранение исторического рельефа территории старого города и организацию спуска в парк на улицу Большая Гражданская с площади Орджоникидзе.

Начинается лестничный спуск с прямого марша, а затем марши лестницы симметрично от центральной оси расходятся влево и вправо (от лестничной площадки, повторяя рельеф к разгрузочным смотровым площадкам. От площадок с ротондами лестничный спуск (опять же по рельефу) возвращается к центральной оси. Такая система повторяется три раза в наиболее выраженной части склона, а затем лестница с параллельными центральной оси маршами спускается к ул. Большая Гражданская. На

промежуточных площадках (отм. +172.500, 165.900, 159.300) по центральной оси лестницы под каскадным фонтаном устраиваются гrotы для отдыха.



Рис. 1. Архитектурная концепция проектируемого усиления склона (с сайта г. Могилева)

Удержание склона вдоль лестничных маршей осуществляется монолитными железобетонными подпорными стенами на свайном основании (рис.2, 3). Высота удерживаемого склона в верхней части лестничного спуска (по осям К, Ж, Д) составляет 4,350- 5,81 м, на средних участках высота удерживаемого грунта равняется 4,210-1,630 м (оси и, Е, Г). Толщина подпорных стен принята 400мм, армирование – две сетки из арматуры класса S500.

Буронабивные сваи, изготавливаемые диаметром 426, 530 и 630 мм, жестко соединены с монолитными железобетонными ростверками, а максимальная мощность прорезаемых слабых насыпных грунтов составляет 11,6 метра. Основанием свайных фундаментов являются супесь моренная средней прочности (ИГЭ-2); супесь моренная прочная (ИГЭ-3); песок мелкий средней прочности (ИГЭ-4). Сваи заземляются в несущем слое на глубины от 3 метров и более.

**Расчеты строительных конструкций.** Для проверки устойчивости проектируемых подпорных стен многомаршевой методом конечных элементов с использованием вычислительного программного комплекса «MicroFE 2013» был выполнен объемный расчет, по результатам которого была проверена достаточность устойчивости склона, определены перемещения, усилия в элементах, и подбор арматуры в конструкциях.

Было установлено, что максимальное расчетное значение горизонтальных деформаций вдоль оси У имеется в узле 7697 и составляет 69,79 мм, минимальное – в узле 17, равное 3,82мм. Максимальное значение вертикальных перемещений выявлено в конце сваи №72 (узел 21), равное 28,6789 мм.

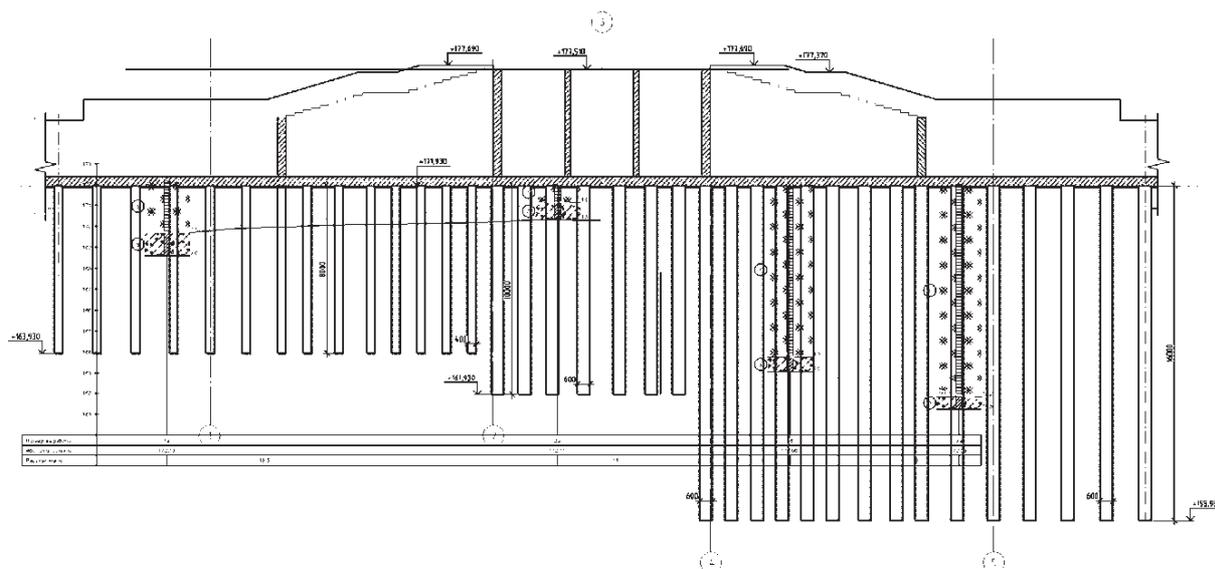


Рис. 2. Расчетная схема расположения подпорной стены, свай по оси К

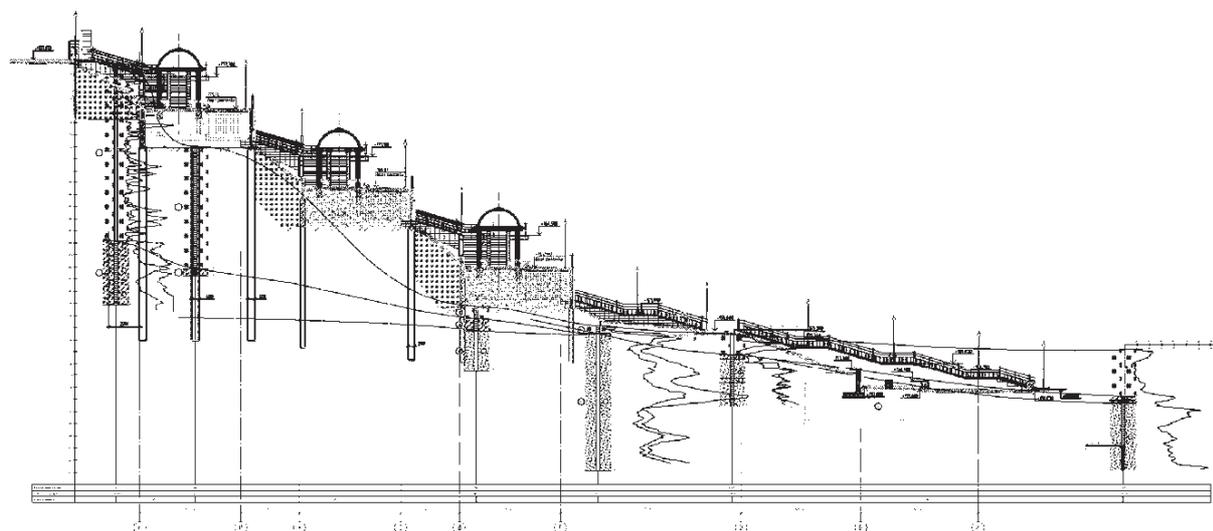


Рис. 3. Инженерно-геологический разрез с нанесенными контурами сооружения лестничного спуска по его длине

**Полевые испытания при строительстве объекта.** Для контроля расчетных предпосылок, обеспечения безопасности производства строительно-монтажных работ и эксплуатации самого лестничного спуска было предусмотрено следующие элементы геотехнического мониторинга: опытное испытание буронабивных свай вертикальной вдавливающей нагрузкой и геодезический мониторинг за горизонтальными и вертикальными перемещениями монолитных подпорных стен.



Рис. 4. Общий вид склона после устройства основных бетонных работ

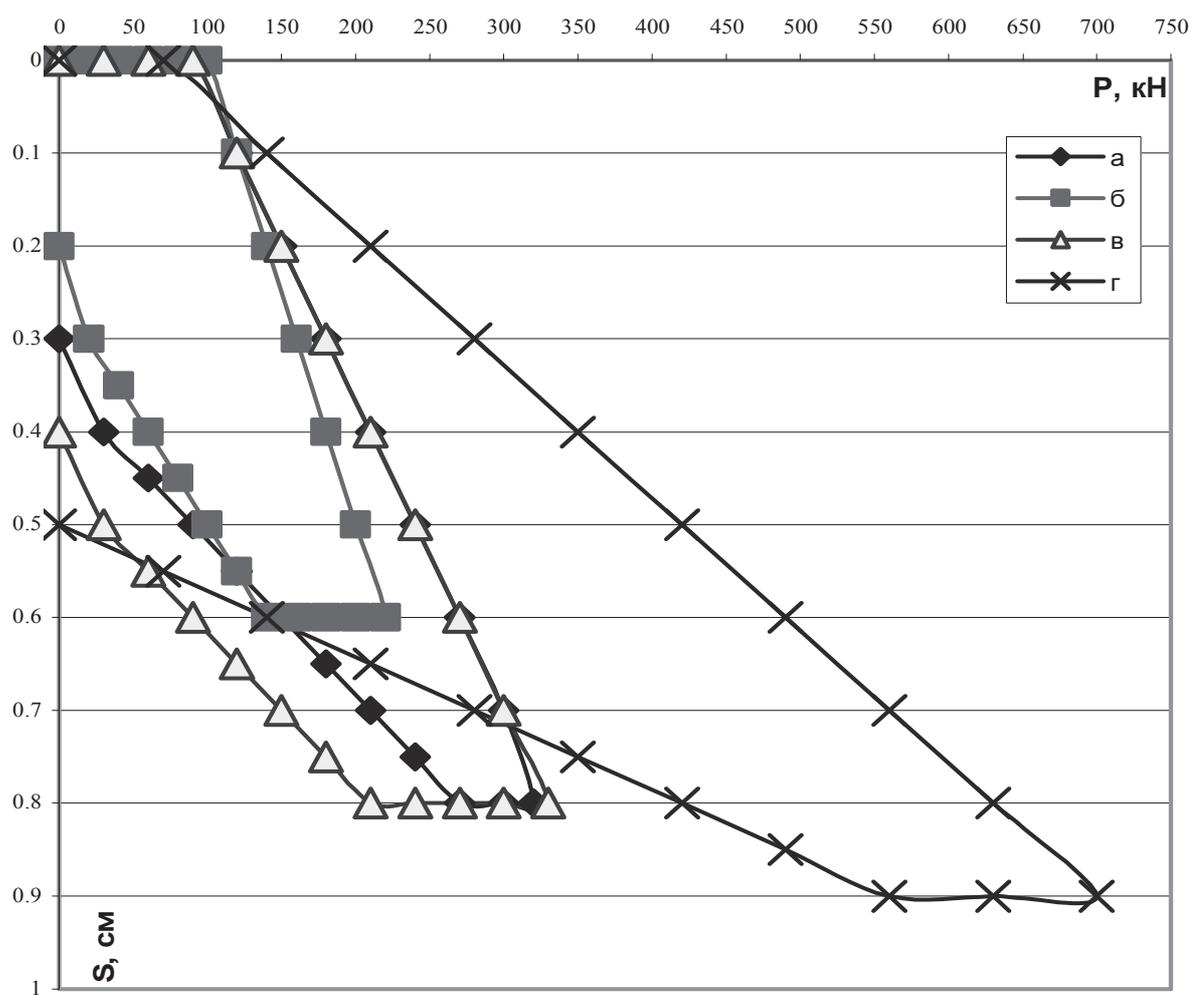


Рис. 5. Результаты полевых статических испытаний свай (а– свая №1 в осях Е-Ж на отм.+165.33; б–свая №2 по оси Ж на отм.+165.33, в–свая №3 по оси К на отм.+171.93, г– свая №4 в осях И-К на отм.+171.93)

В результате испытания свай (рис. 5) было установлено, что их осадки не превышают 1,0 см, что менее допустимого значения, равного 1,6 см, а также менее полученного расчетного значения осадки, равного 28.6789 мм. Основываясь на важности объекта для г. Могилева на сегодняшний день продолжается наблюдение за горизонтальными деформации подпорных стен.

**Выводы.** Таким образом комплексное научно-техническое сопровождение разработки проектных решений и выполнения строительно-монтажных работ по обеспечению устойчивости оползневого склона позволило разработать экономические и безопасные решения, которые достаточно быстро были реализованы, а опытные полевые исследования подтвердили правильность принятых теоретических допущений и расчетных моделей.

1. Основания, фундаменты и подземные сооружения: Справочник проектировщика / М. Е. Горбунов-Пасадов [и др.]: под. общ. ред. Е. А. Сорочана, Ю. Г. Трофиминкова – М.: Стройиздат, 1985 – 479 с.

2. ТКП 45-5.01-235-2011 Основания и фундаменты зданий и сооружений. Геотехническая реконструкция. Правила проведения – Мн.: М-во архитектуры и строительства, 2011. – 120 с.

3. СТБ 2242-2011 Грунты. Методы полевых испытаний сваями. – Мн.: М-во архитектуры и стр-ва, 2011. – 37 с.

1. Osnovaniya, fundamenty i podzemnye sooruzheniya: Spravochnik proektirovshchka / M.E. Gorbunov-Posadov [i dr]: pod. Obshchey redakciey E.A. Sorochana, Yu. G. Trofimenkova – M.: Stroyiadat, 1985 – 479 s.

2. ТКР 45-5.01-235-2011 Osnovaniya, fundament zdaniy Ii sooruzheniy. Geotechnicheskaya rekonstrukciya. Pravila provedenia. – Mн.: M-vo arhitektury istroitelstva, 2011. – 120 s.

3. STB 2242-2011 “Grunty. Metody polevykh ispytaniy svajami”. – Mн.: M-vo arhitektury istroitelstva, 2011. – 37 s.