

ТЕХНІЧНИЙ СТАН, РЕКОНСТРУКЦІЯ ТА ВІДНОВЛЕННЯ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД

УДК 624.15

**ТЕХНОЛОГІЯ ВЛАШТУВАННЯ ШПУНТОВОЇ ПІДПІРНОЇ СТІНКИ
ПРИ РЕКОНСТРУКЦІЇ ПІДЗЕМНОЇ ЗАХИСНОЇ СПОРУДИ
ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ РОЗТАШОВАНОЇ НА УКОСІ**

**TECHNOLOGY OF SHEET PILE RETAINING WALL CONSTRUCTION
IN THE RECONSTRUCTION OF AN UNDERGROUND CIVIL DEFENSE
STRUCTURE LOCATED ON A SLOPE**

**Алексієвєць І.І., к.т.н. доцент, ORCID:0000-0002-5784-3119, Алексієвєць
В.І., к.т.н. доцент, ORCID:0000-0002-1274-888X, Іванюк А.М., к.т.н.,
доцент, ORCID:0000-0002-2314-4061 (Національний університет водного
господарства та природокористування, м. Рівне)**

**Aleksiiievets I., candidate of technical sciences associate professor, Aleksiiievets
V., candidate of technical sciences associate professor, Ivaniuk A., candidate of
technical sciences associate professor (National university of water management
and nature resources use, Rivne)**

**Наведено результати технології застосування шпунтових паль в
конструкції підпірної стінки при виконання робіт з реконструкції захисної
споруди цивільного захисту, яка знаходиться на укосі в умовах
ущільненої забудови. Запропоновано технологію влаштування шпунтової
підпірної стінки в умовах складного рельєфу території з великими
укосами.**

**The performing of specific works in modern construction requires the
construction of foundations with increased weight-bearing capacity, deep pits
in the soil, and ensuring the stability of slope walls in the soil.**

**The analysis of literature sources provides complete information about metal
sheet piles and their installation technology used in the construction of
protective structures. Based on this, it is proposed to consider the technology of
installing a retaining wall made of sheet piles on a slope while performing
construction work on the reconstruction of a dual-purpose structure.**

**The main method of immersion of sheet piles, in conditions of dense
construction is the vibration method, pressing the pile into the ground. Larsen's
steel sheet pile GU-33N was used for the construction of the sheet pile retaining
wall. An important advantage of vibratory pile drivers is the ability to perform**

not only effective immersion, but also to remove the sheet pile from the soil under static efforts.

Larsen-type sheet pile locking structures do not deform when pressed in, which makes it possible to reuse it. The use of the indentation method during sheet pile driving is especially relevant in dense urban areas, as it eliminates dangerous vibrations, noise, air pollution, and reduces energy consumption. The use of mobile units based on modern excavators makes it possible not only to sink sheet piles in a saving mode, but also to remove them if necessary and reuse them.

Ключові слова: шпунт, підпірна стінка, укіс, котлован.
sheet pile, retaining wall, slope, pit.

Вступ. Основними тенденціями сучасного будівництва, особливо в великих містах, при дії, як житлових так і громадських будівель, а також в умовах ущільненої забудови є збільшення кількості споруд, під якими використовується підземний простір (глибиною 5 м і глибше). При цьому збільшується кількість об'єктів, на яких проводяться роботи з реконструкції.

Дані види робіт з будівництва вимагають зведення фундаментів з підвищеною несучою здатністю (в основному, пальових), влаштування в ґрунтах глибоких котлованів, забезпечення стійкості стінок (відкосів) глибоких виїмок в ґрунті.

Виконання перерахованих високих вимог тягне за собою відповідальний та обґрунтований вибір для конкретних умов будівництва найбільш ефективних конструктивно-технологічних рішень, для виконання робіт по зведенню огорожуючих стінок котлованів, які будуть мати необхідні показники по стійкості, водонепроникності та несучій здатності.

Конструкції огорожень котлованів виконують: у вигляді бетонних стін в ґрунті, виконаних, в тому числі, методом набивних паль; використання сталевих шпунтів необхідного профілю, які занурюються в ґрунт вібуванням, вдавлюванням або ударним методом.

Генеральним проектувальникам при розробці проектів будівель та споруд, підрядним будівельним організаціям при виконанні проектів організації будівництва та виконання робіт, або виконання технологічних карт необхідно орієнтуватися в методах конструктивно-технологічних рішень сучасних фундаментів з високою несучою здатністю, влаштування глибоких котлованів (виїмок) та методів забезпечення стійкості їх стінок (відкосів).

Пропонується розглянути технологію влаштування підпірної стінки з шпунтових паль на укосі при виконанні будівельних робіт з реконструкції споруди подвійного призначення.

Огляд останніх досліджень. Аналіз літературних джерел [2-4] дає розуміння методів та технології влаштування підпірних стінок, в тому числі на укосах, з використання шпунтів. Автором [4] описуються металеві шпунти або

шпунтові палі у вигляді жолобів з металу, які використовуються для створення протифільтрових завіс або захисних конструкцій, наведено методи утворень шпунтових огорожень з використанням різних видів замкових з'єднань між елементами.

Авторами [1] фіксується, що при використанні тонких підпірних стінок з ребрами жорсткості тиск ґрунту на поверхню стінки зменшується.

Основним методом занурення шпунтових палей, в умовах щільної забудови є вібраційний метод, вдавлювання палі в ґрунт (рис. 1).



Рис. 1. Занурення шпунта вібраційним методом.

Мета роботи полягає в тому, щоб на конкретному об'єкті будівництва в умовах ущільненої забудови та значному укосі запропонувати технологічну схему влаштування підпірної стінки з використанням сталевих шпунтів.

Основний матеріал. Розглядається об'єкт на вул. Шовковична, 39/1 у м. Київ, де на території закладу охорони здоров'я виконуються роботи з реконструкції заглибленої споруди подвійного призначення (захисної споруди), яка розташована на укосі. Інженерно-геологічні вишукування виконувались спеціалізованою лабораторією. Геологічний розріз ділянки на розвідану глибину 10,0 – 14,4 м верхньонеоплейстоценовими делювіальними утвореннями (літологічно представлені лесоподібним супіском, легким та важким суглинками, супіском піщаним), які підстилаються неогеновими бурими глинами, в товщі яких залягає пласт пилюватого, пластичного супіску. З поверхні ці відклади перекриті голоценовим насипним шаром. Геологічна будова представлена наступними елементами:

ГЕ-1 – насипний ґрунт – супісок піщанистий, твердий, потужністю 0,6-2,4 м;

ІГЕ-2 – супісок пилуватий, лесоподібний, потужністю 1,3-1,5 м;
 ІГЕ-3 – суглинок важкий, пилуватий, твердий, потужністю до 0,9 м;
 ІГЕ-4 – суглинок легкий, піщанистий, твердий, потужністю до 1,3 м;
 ІГЕ-5 – супісок піщанистий, твердий, потужністю до 1,1 м;
 ІГЕ-6 – глина легка, пилувата, тверда, потужністю 6,8-8,5 м;
 ІГЕ-7 – супісок пилуватий, пластичний, потужністю 0,5-1,4 м, та знаходиться в шарі ІГЕ-6.

Водовмісними породами є: лінзи і прошарки водонасиченого піску, які є в супіску шару 7, а також сам супісок шару 7.

Розрахунок, проектування та компонування паливових фундаментів з використанням сталених шпунтів виконувався згідно діючих нормативних документів [5-7].

Для виконання робіт з демонтажу/монтажу існуючих конструкцій захисної споруди, яке розташована під землею необхідно викопати котлован глибиною 9,0 м. Для закріплення укосу котловану прийнято рішення використати шпунтову підпірну стінку. У зв'язку з досить великою глибиною котловану шпунтові підпірні стінки влаштовуються в три яруси. Середня горизонтальна відстань між ярусами підпірних стінок становить 2,45 м. Схему влаштування підпірної стінки див. (рис. 2-4).

Для влаштування шпунтової підпірної стінки використано сталевий шпунт Ларсена GU-33N. Занурення – вібраційне.

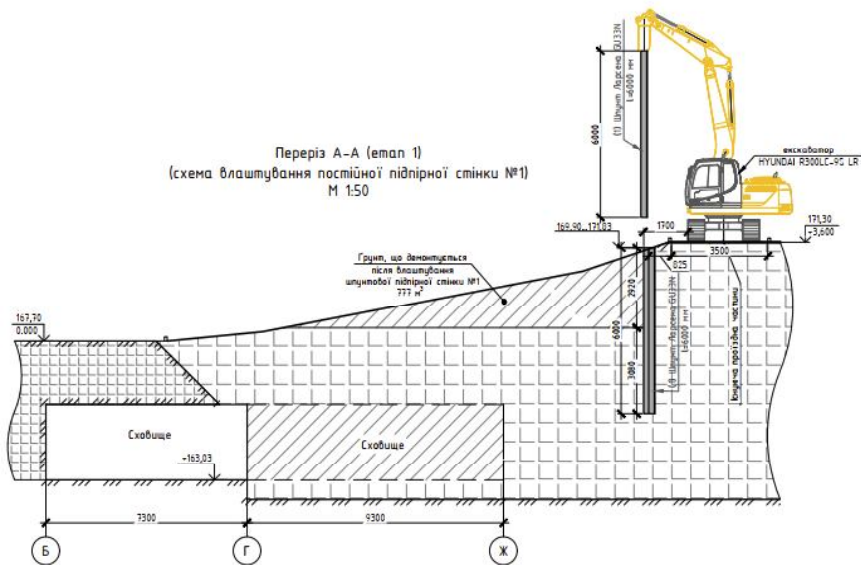


Рис. 2. Влаштування першого ярусу підпірної стінки

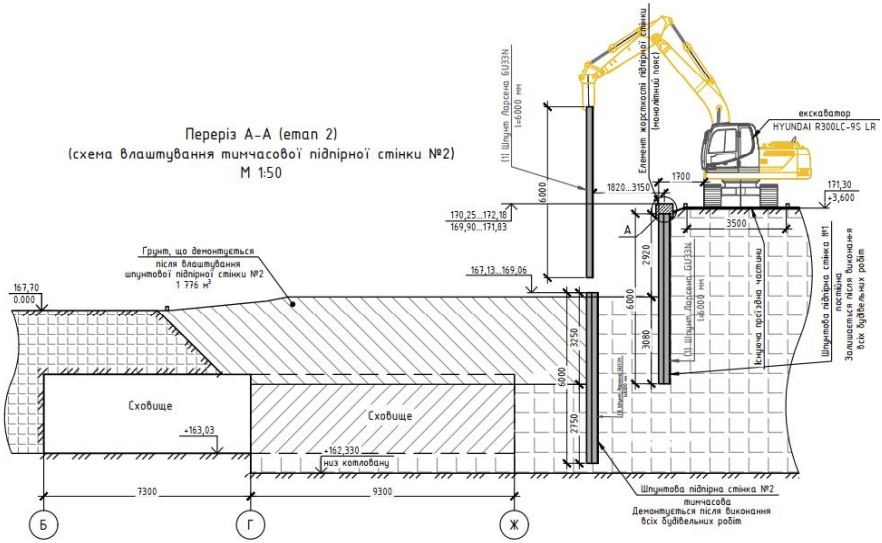


Рис. 3. Влаштування другого ярусу підпірної стінки

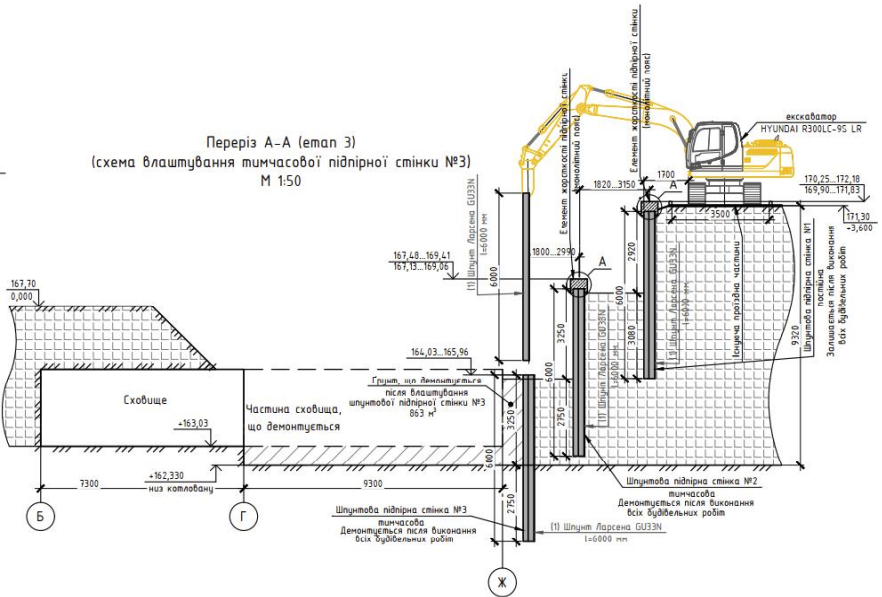


Рис. 4. Влаштування третього ярусу підпірної стінки

Основним способом занурення й вилучення шпунта є вібраційний метод, який характеризується високою продуктивністю й можливістю застосування простого комплексу технічних засобів

Під час занурення в ґрунт шпунта вібраційним методом дає змогу отримати найбільшу продуктивність у разі ощадливого динамічного впливу й використанні простого комплексу машин, що включає віброзанурювач і кран, або екскаватор з додатковим навісним обладнанням. До того ж значна швидкість занурення елементів у ґрунт (залежно від геологічних умов – 0,5...2 м/хв) уможливило зведення до мінімуму сумарного часу динамічного впливу на навколишнє середовище.

Важливою перевагою віброзанурювачів є можливість здійснити за їхньою допомогою не тільки ефективно занурення, а й вилучення з ґрунту шпунта під час статичних зусиль, що трохи перевищують за величиною масу системи, що витягується.

Занурювачі оснащують знімними гідравлічними наголовниками, що уможливають занурення як одиничного, так і зібраного в пакети шпунта з різною формою поперечного перерізу.

Беручи до уваги особливості виконання робіт щодо вібраційного занурення (вилучення) металевго шпунта поблизу будівель і споруд, рекомендується така технологічна послідовність виконання шпунтових робіт:

- доставлений на будівельний майданчик шпунт повинен пройти вхідний контроль на відсутність залишкових деформацій, на геометричну правильність і збереження замків. Після перевірення стану шпунта, усунення дефектів, зняття задирок і напливів в торцях шпунт складають поблизу місця виконання робіт на дерев'яні підкладки, що розташовуються через 2...3 м по довжині шпунта. Для полегшення стропування між рядами й окремими шпунтами в ряду залишають проміжки не менше 10 см;

- шляхом пробних занурень шпунтин із проведенням вимірювання коливань елементів конструкцій поблизу розташованих будівель підбирають такі параметри віброзанурення (частоту й статичний момент маси дебалансів віброзанурювача, час вибігу), які б забезпечили високу швидкість занурення шпунта й допустимий рівень динамічних впливів на навколишні будівлі;

- підготовлені до занурення шпунтини укладають верхнім кінцем на підставку 1,0...1,2 м заввишки, до того ж кінець шпунтини повинен виходити за підставку на довжину не менше ніж на 1 м;

- віброзанурювач переводять в горизонтальне положення, екскаватором піднімають віброзанурювач, заводять наголовник на шпунтину й затискають її;

- піднімають віброзанурювач із закріпленою шпунтиною й переносять до місця занурення;

- опускають шпунтину до рівня ґрунту й умикають електродвигун віброзанурювача;

-після занурення шпунтини до заданої позначки віброзанурювач вимикають, застосовуючи динамічне гальмування електродвигуна, і відкріплюють занурювач від шпунтини;

-занурюють наступну шпунтину в замок зануреної раніше.

Порядок виконання робіт дещо змінюється в разі використання віброзанурювачів із гідроприводом або системою бічного наведення на шпунт. Під час виконання шпунтових робіт не можна допускати «забирання» шпунта, спричинене тим, що знову занурювана шпунтина, внаслідок несправності замкового з'єднання, тягне вниз сусідню, занурену раніше. До того ж виникають підвищені рівні коливання ґрунту, що передаються на будівлю. Для усунення «введення» раніше занурені шпунтини зварюють переривчастим швом, і віброзанурювач зазвичай легко долає додатковий опір у замку занурюваної шпунтини.

У разі недозанурення шпунтини до проектної глибини наступну шпунтину неможливо занурити на необхідну позначку через габаритні розміри деяких видів віброзанурювачів. Щоб усунити цей дефект недозанурену частину шпунтини зрізають на рівні голів шпунта або чергову шпунтову палу, що занурюється, наросчують на величину виступаючої частини недозануреної шпунтини, а далі, після набуття нею проектної глибини, обидві шпунтини зрізають до позначки верху шпунтового ряду.

На заключному етапі виконання земляних робіт з розробки ґрунту виконуються роботи з влаштування котловану під фундаменти добудови захисної споруди (рис. 5).

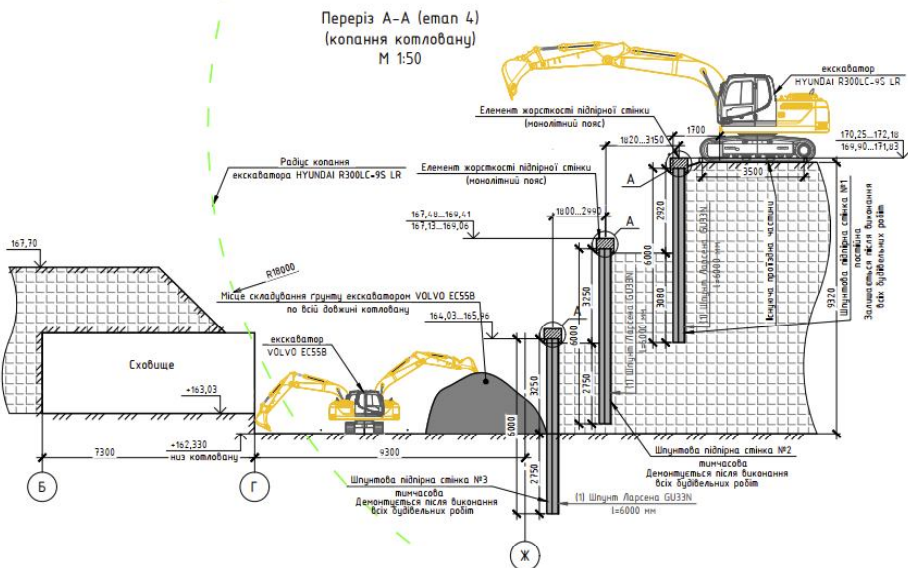


Рис. 5. Влаштування котловану.

Для забезпечення жорсткості шпунтової стінки та сумісної роботи шпунтин по верху шпунтового ряду влаштовується армопояс. Низ армопоясу знаходиться на 150 мм нижче верху шпунтової стінки, що забезпечує жорстке з'єднання шпунтової стінки з армопоясом.

Після планування котловану виконуються роботи передбачені конструктивними рішеннями.

Виконується зворотна засипка котловану до рівня верху підпірної стінки №3. Засипання виконується з пошаровим ущільненням. Демонтується елемент жорсткості (монолітний пояс) підпірної стінки №3 та виймаються всі шпунтини. Засипається котлован до рівня верху підпірної стінки №2. Демонтується елемент жорсткості (монолітний пояс) підпірної стінки №3 та виймаються всі шпунтини. Засипається котлован до рівня верху підпірної стінки №1.

Висновки. Аналіз досвіду будівництва огорожувальних конструкцій і споруд із сталевих шпунтів, а також сталевих трубчастих шпунтів (ТШС), дає підставу до наступних висновків:

1. Споруди із застосуванням шпунтових паль типу Ларсена та ТШС зводять механізованим індустріальним методом із конструкцій заводського виготовлення, занурених у ґрунт, зокрема й методом статичного вдавлювання.
2. Витрати матеріалів, енергетичних ресурсів та вплив на навколишнє середовище виявляється мінімальним порівняно із застосуванням інших будівельних технологій.
3. Конструкції замкових з'єднань шпунтових паль типу Ларсена при застосуванні вдавлювання не деформуються, що дає змогу використовувати їх повторно.
4. Відносна простота конструкцій шпунтових паль типу Ларсена забезпечує високі експлуатаційні показники.
5. Застосування методу вдавлювання під час занурення шпунтових паль особливо актуальне в умовах щільної міської забудови, оскільки дає змогу виключити небезпечні вібрації, шум, загазованість повітря, а також знизити енерговитрати.
6. Використання даного типу шпунтових паль та метод їх занурення, особливо актуально на нестійких укосах, оскільки виключається можливість застосування особливо важких машин для виконання занурення, та забезпечує стійкість укосу в цілому.
7. Застосування мобільних установок на базі сучасних екскаваторів дають змогу не тільки занурювати шпунтові палі в ощадному режимі, а й витягувати їх у разі потреби та повторно використовувати.

1. Хонелія, Н.Н. Взаємодія тонкої підпірної стінки зі зворотною засипкою за наявності ребер жорсткості / Н.Н. Хонелія, І.М. Мироненко, Г.В. Слободяник, Р.Р. Багратіоні // Збірник наукових праць. Серія: галузеве машинобудування, будівництво – Полтава: ПолтНТУ, 2015. – Вып. 2 (44). – С. 98-104.

Khoneliia, N.N. Vzaiemodiia tonkoi pidpirnoi stinky zi zvorotnoiu zasypkoiu za naiavnosti reber zhorstkosti / N.N. Khoneliia, I.M. Myronenko, H.V. Slobodianyuk, R.R. Bahratiioni // Zbirnyk naukovykh prats. Seriia: haluzeve mashynobuduvannia, budivnytstvo – Poltava: PoltNTU, 2015. – Выр. 2 (44). – S. 98-104.

2. Якименко, О.В. Сучасні методи влаштування паль та шпунтових обгороджень: навчальний посібник / О.В. Якименко; Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова. – Харків: ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2020. – 119 с.

Yakymenko, O.V. Suchasni metody vlashtuvannia pal ta shpuntovykh obhorodzen: navchalnyi posibnyk / O.V. Yakymenko; Kharkivskiy natsionalnyi universytet miskoho hospodarstva im. O.M. Beketova. – Kharkiv: KhNUMH im. O.M. Beketova, 2020. – 119 s.

3. Фундаменти, що споруджуються без виймання ґрунту: Монографія / М.Л. Зоценко, Ю.Л. Винников. – Полтава: ПолтНТУ імені Юрія Кондратюка, 2019. – 346 с

Fundamenti, shcho sporudzhuutsia bez vyimannia gruntu: Monohrafiia / M.L. Zotsenko, Yu.L. Vynnykov. – Poltava: PoltNTU imeni Yurii Kondratiuka, 2019. – 346 s

4. Інженерна геологія. Механіка ґрунтів, основи та фундаменти : підручник / М. Л. Зоценко, В. І. Коваленко, А. В. Яковлев, О. О. Петраков. – Полтава : ПНТУ, 2004. – 568 с.: іл., вид. 2-ге, перероб. і доп.

Inzhenerna heolohiia. Mekhanika gruntiv, osnovy ta fundamenti : pidruchnyk / M. L. Zotsenko, V. I. Kovalenko, A. V. Yakovliev, O. O. Petrakov. – Poltava : PNTU, 2004. – 568 s.: il., vyd. 2-he, pererob. i dop.

5. ДБН В.1.1-46:2017. Інженерний захист територій, будівель і споруд від зсувів та обвалів. Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. – Київ: 2017.

DBN V.1.1-46:2017. Inzhenernyi zakhyst terytorii, budivel i sporud vid zsuviv ta obvaliv. Ministerstvo rehionalnoho rozvytku, budivnytstva ta zhytlovo-komunalnoho hospodarstva Ukrainy. – Kyiv: 2017.

6. ДСТУ-Н Б В.2.1-32:2014. Настанова з проектування котлованів для влаштування фундаментів і заглиблених споруд. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2014. – 59 с.

DSTU-N B V.2.1-32:2014. Nastanova z proektivannia kotlovaniv dlia ulashtuvannia fundamentiv i zahlyblyenykh sporud. – Kyiv : Minrehionbud Ukrainy, 2014. – 59 s.

7. ДБН В.1.2-14:2009. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. – 54 с.

DBN V.1.2-14:2009. Zahalni pryntsyupy zabezpechennia nadiinosti ta konstruktyvnoi bezpeky budivel, sporud, budivelnykh konstruksii ta osnov. – Kyiv : Minrehionbud Ukrainy, 2009. – 54 s.