

Методика вибору комплекту засобів ущільнення ґрунту пазух котлованів і траншей за технічною ознакою

Володимир Басараб¹, Ірина Уманець², Людмила Саушева³

Київський національний університет будівництва і архітектури
31, просп. Повітрофлотський, Київ, Україна, 03037,

¹ basarab.va@knuba.edu.ua, orcid.org/ 0000-0003-2888-7398

² umanets.im@knuba.edu.ua

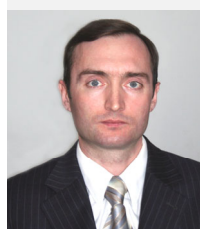
DOI: 10.32347/0475-1132.43.2021.67-78

Анотація. Відомо, що ґрунти в обмеженому просторі ущільнюються спеціалізованими засобами: ручні трамбівки, малогабаритна техніка (віброплити, мінікотки з виносним керуванням тощо) і навісним обладнанням на екскаватори (вібротрамбівки, віброплити, інерційні трамбівки, трамбуючі насадки на гідромолот тощо).

Якісне ущільнення ґрунтів передбачає і уникнення пошкоджень інженерних мереж, будівельних конструкцій, захисних та ізоляційних шарів на конструкціях та окремих споруд. Встановлено, що для кожного ущільнюючого засобу виходячи із його потужності та способу керування є межа певної відстані, де ґрунт ущільнюють з обережністю і обмеженням, яку наживають захисним шаром ґрунту.

Експертна оцінка існуючих практик ущільнення ґрунту при зворотному засипанні в пазухах котлованів показує складність формування оптимального комплекту ущільнюючих засобів із-за великої кількості обставин, які пов'язані з характеристиками ґрунту, геометрією земляної споруди, технічної характеристики самих засобів. В зв'язку з цим розроблена методика формування такого комплекту, яка складається з двох етапів: перший – вибір засобів ущільнення за технічною ознакою, другий – формування оптимального комплекту засобів ущільнення ґрунту із представників першого етапу за економічною ознакою. В даній роботі розглянутий перший етап методики, який в свою чергу потребує послідовне вирішення ряду завдань.

Перше – проектування земляної споруди по принципу закладання мінімально необхідних геометричних параметрів або підготовки вихідних даних за існуючим проектом. Друге – формування масиву даних за принципом збільшення ширини робочого органу засобу на



Володимир Басараб
доцент кафедри
будівельних технологій
к.т.н., доц.



Ірина Уманець
доцент кафедри
будівельних технологій
к.т.н., доц.



Людмила Саушева
інженер

основі аналізу існуючого парку засобів ущільнення ґрунту. Третє – виходячи з принципу раціонального використання ресурсів обмежено кількість засобів у комплекті до 3-х, та поділяємо у вертикальному поперечному перетині пазухи котловану на три типові зони. Четверте – автоматизований вибір засобів ущільнення ґрунту за принципом порівняння ширини робочого органу з шириною типової зони та з врахуванням захисного шару ґрунту.

Ключові слова. Ущільнення ґрунтів при реконструкції будівель та споруд, засоби ущільнення ґрунту; типові зони ущільнення ґрунту для зворотного засипання в обмеженому просторі; інженерний захист і підготовка територій.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Ущільнення ґрунтів, як невід'ємну складову земляних робіт, виконують в новому будівництві, при реконструкції будинків і споруд, виконанні ремонтно-будівельних робіт, проведенні реставрації пам'яток архітектури і технічному переоснащенні виробництва [1]. Невеликий обсяг з ущільнення ґрунтів виконують в особливих умовах. До особливих умов будівництва відносять обмежений простір робочої зони, виконання робіт в важкодоступних місцях, невеликі обсяги робіт, зимові умови тощо. Технологія виконання робіт також накладає обмеження на застосування тих чи інших технологічних рішень [2].

Відомо, що ґрунти в обмежених, незручних і важкодоступних місцях ущільнюють малогабаритними засобами ударного і віброударного типу – ручними трамбівками, вібротрамбівками, віброплитами і віброкотками, навісним обладнанням на стрілу екскаватора тощо. Белоногов Л.Б. вважає, що самими малорозмірними, обмеженими і незручними, з точки зору ущільнення, є пазухи під траншейне прокладання кабелів зв'язку. Також досягти якості ущільнення важко, при ущільненні вузьких і глибоких пазух у стовпів, колон, стін, колодязів, колекторів і трубопроводів [3].

В новому будівництві вибір найбільш ефективних способів і засобів ущільнення здійснюється з умови забезпечення високої якості, росту продуктивності, зниження собівартості і нормативних термінів робіт. Для забезпечення нормативних термінів ґрунтоущільнювальних робіт необхідна повна відповідальність потужностей використаних засобів ущільнення заданим об'ємам робіт при максимальному використанні всіх видів прийнятих механізмів [4].

В умовах реконструкції, обмеженості робочої зони, стисненості будівельної площадки, неможливо використати стандартні високопродуктивні інструменти і механізоване обладнання для ущільнення ґрунту в пазухах котлованів і траншей через обмеження робочих зон й проїздів, які не дають можливість їх геометричним параметрам

вписатися в ці зони [5].

У зв'язку цим виникає необхідність вибору засобів ущільнення в умовах реконструкції, обмеженості робочої зони, стисненості будівельної площадки від характеру реконструкції, об'ємно-планувальних і конструктивних рішень будівель, термінів проведення, методів ущільнення.

АНАЛІЗ ПОПЕРЕДНІХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Основні фундаментальні положення процесу ущільнення ґрунту викладені у роботах вчених Басараба В.А. [7], Батури Г.М. [1], Белоногова Л. Б. [3], Неклюдова М.К. [4], Молодіда О.С., Тернового В.І., Уманець І.М. [2], Хархути М.Я. [6], Янковського Л.В. [5].

Робота відповідає напрямкам розвитку будівельної галузі: Закону України «Про інноваційну діяльність» від 04.07.2002 р. № 40-IV; розпорядження Кабінету міністрів України «Про схвалення Концепції Містобудівного кодексу України» від 18.07.2007 р. № 536-р; розпорядженню Кабінету міністрів України «Про схвалення Стратегії розвитку сфери інноваційної діяльності на період до 2030 року» від 10.07.2019 р. № 526. Наукові дослідження відповідають спрямуванням наукової діяльності кафедри будівельних технологій Київського національного університету будівництва і архітектури за темами «Технологічні основи виконання будівельних робіт та процесів будівельного виробництва» (ДР № 0119U000544) та «Створення алгоритму та електронної бази даних для визначення стандартів часу на виконання будівельних процесів» (ДР № 0121U108931).

МЕТА РОБОТИ

Дослідити технічну можливість використання засобів ущільнення в умовах реконструкції, обмеженості робочої зони, стисненості будівельної площадки та розробити методику вибору комплекту засобів ущільнення від граничних параметрів пазух котлованів і траншей, технічних параметрів

засобів (машин, інструментів, механізованого обладнання).

ОСНОВНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ

Задачі вибору технології ущільнення і оптимізації проектних рішень взаємопов'язані, і в найбільш загальній постановці потребують багатофакторного аналізу з великою кількістю чинників, а саме технологічних, інженерно-геологічних, фізико-механічних, також пов'язаних з об'ємно-планувальними і конструктивними рішеннями будівель. Вирішення задачі оптимізації на основі чисельних методів спричиняє багатократне збільшення вихідної інформації і варіантів розрахунків [3-6].

При вивчанні питання сучасного стану комплексної механізації ґрунтоущільнюючих машин, механізмів та механізованого інструменту і області їх застосування, у тому числі в обмеженому просторі, були порушені декілька питань: визначення параметрів обмеженого простору при зворотному засипанні та ущільненні ґрунту, вибір способів ущільнення та формування комплекту засобів ущільнення [2, 7].

До обмеженого простору віднесено обмежений простір робочої зони будівельних робіт, виконання робіт в важкодоступних місцях, невеликі обсяги робіт, виконання робіт в умовах реконструкції й зимових умовах тощо.

Всебічний аналіз простору, його параметри і характер, в якому без перешкоджання або з можливими обмеженнями виконується будівельний процес, в тому числі з влаштування земляних споруд та зворотнього засипання і ущільнення ґрунту протягом зміни або іншого часового відрізка, наведені у відомих виданнях [8, 9]. Як правило, при виконанні більшої кількості процесів обмеженнями простору - є обмеження вільного руху найчастіше високопродуктивних спеціалізованих великогабаритних машин.

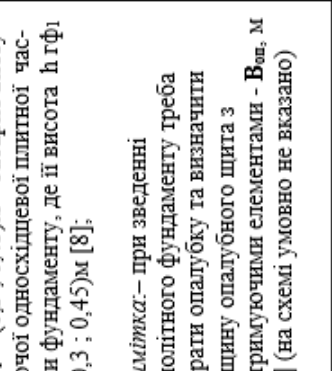
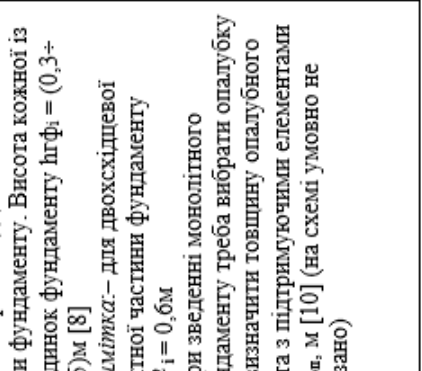
У промисловому та цивільному будівництві тимчасові земляні споруди, які у подальшому підлягають зворотному засипанню ґрунтом та його ущільненню, є геометричними фігурами уставленого виду з пере-

рнутою трапецією у перерізі. Геометричні характеристики фігури у таблиці 1 узагальнені і залежать від конструктивних особливостей будинків та споруд, нормативних вимог до тимчасових земляних споруд, приведені їх граничні числові величини та методика визначення розрахункових параметрів. Таким чином, на підставі характеристик утвореної геометричної фігури визначаємо об'єм ґрунту (на 1 погонний метр тимчасової земляної споруди), необхідний для зворотного засипання. Для ущільнення ґрунту, при умові отримання у подальшому коректних техніко-економічних розрахунків виконання робіт, необхідно попередньо вибрати способи ущільнення, сформувані відповідний комплект ручних, механізованих інструментів, пристроїв та машин та визначити для кожного із них обсяги робіт. Також потрібно поділяти обсяги робіт зворотного засипання на ті, що виконуються вручну та механізовано (в даній статті не розглядаємо).

Формування комплекту ручних, механізованих інструментів, пристроїв та машин для ущільнення ґрунту при зворотному засипанні його у тимчасових земляних спорудах пропонується виконувати автоматизовано перебором та порівнянням геометричних розмірів робочих органів (ущільнюючої п'яти інструменту, площадки механізованого інструменту, вальця машини) та їх технічних та економічних показників. Критерієм для порівняння мають стати геометричні параметри *трапеції*, а саме її ширина по низу: на рівні закладання фундаменту (мінімальна) - C_1 , над плитною частиною фундаменту; по верху - $B_{пв} 1(2)$ і (дивись Табл. 1).

В дослідженнях для ущільнення насипних ґрунтів в обмеженому просторі передбачено використання вібротрамбівки, спеціалізованих малогабаритних віброплит, мінікотків з виносним керуванням, малогабаритних самохідних котків і велика кількість навісного обладнання (вібротрамбівка, віброплита, інерційна трамбівка, трамбувача насадка на гідромолот, ущільнювальне колесо Stehr, траншейна трамбівка)

Табл. 1. Визначення геометричних характеристик тимчасової земляної споруди, яка у подальшому підлягає зворотному засипанню ґрунту та його ущільненню
 Table 1. Determination of the geometric characteristics of the temporary earthen structure, which is subsequently subject to backfilling of the soil and its compaction

Вид тимчасової земляної споруди	Ескіз тимчасової земляної споруди	Обрунтування геометричних характеристик (ГХ) тимчасової земляної споруди	ГХ, що обмежуються нормативними вимогами	ГХ, що визначаються розрахунками
1. Пазухи окремо стоячих котлованів, що утворюються при влаштуванні стовбчастих фундаментів	Ескіз тимчасової земляної споруди 2 Розріз 1-1 а) I вар 	ГХ, що обмежуються конструктивними параметрами будови 3 Hпi = (1,5 ÷ 4,2)м – висота заглибленої частини фундаменту [8]; Гфi = (0,3 ; 0,45)м – габарит виступаючої однохвіщцевої плитної частини фундаменту, де її висота h фпi = (0,3 ; 0,45)м [8]; Примітка: – при зведенні монолітного фундаменту треба вибрати опалубку та визначити товщину опалубочного щита з підтримуючими елементами - Воп, м [10] (на схемі умовно не вказано)	4 Для виду фундаменту: Збірного - C1 ≥ 0.2 м [11]; Монолітного - C1 ≥ 0.2 + Воп м [11] m = (0 ; 0,25 ; 0,5 ; 0,67 ; 0,75 ; 0,85 ; 1,0 ; 1,25) [12], залежить від виду ґрунту та глибини котловану	5 I вар (вертикальні стінки котловану) Впвi = C1 + Гфi II вар (з закладанням стінок котловану) Впвi = C1 + Гфi + a i, де a i = m × Hпi,
1. Пазухи окремо стоячих котлованів, що утворюються при влаштуванні стовбчастих фундаментів	Ескіз тимчасової земляної споруди 2 б) II вар 	ГХ, що обмежуються конструктивними параметрами будови 3 Hпi = (1,5 ÷ 4,2)м – висота заглибленої частини фундаменту [8]; Гфi = (0,9 ; 1,35)м – габарит виступаючої трьоххвіщцевої плитної частини фундаменту. Висота кожної із сходинок фундаменту h фпi = (0,3 ÷ 0,45)м [8] Примітка: – для двоохвіщцевої плитної частини фундаменту Гфi = 0,6м – при зведенні монолітного фундаменту треба вибрати опалубку та визначити товщину опалубочного щита з підтримуючими елементами - Воп, м [10] (на схемі умовно не вказано)	4 Для виду фундаменту: Монолітного - C1 ≥ 0.2 + Воп м [11] m = (0 ; 0,25 ; 0,5 ; 0,67 ; 0,75 ; 0,85 ; 1,0 ; 1,25) [12], залежить від виду ґрунту та глибини котловану	5 I вар (вертикальні стінки котловану) Впвi = C1 + Гфi; II вар (з закладанням стінок котловану) Впвi = C1 + Гфi + a i, де a i = m × Hпi, Примітка: – для двоохвіщцевої плитної частини фундаменту Впвi = C1 + Гфi + a i

продовження

Табл. 1. Визначення геометричних характеристик тимчасової земляної споруди, яка у подальшому підлягає зворотному засипанню ґрунту та його ущільненню
 Table 1. Determination of the geometric characteristics of the temporary earthen structure, which is subsequently subject to backfilling of the soil and its compaction

1 Вид тимчасової земляної споруди	2 Ескіз тимчасової земляної споруди	3 ГХ, що обмежуються конструктивними параметрами будови	4 ГХ, що обмежуються нормативними вимогами	5 ГХ, що визначаються розрахунками
2. Пазухи між стінками котловану та підземної частини будинку, споруди, підпірних стінок тощо		<p>H_{п1} - дорівнює висоті підземної частини будинку, або споруди [9];</p> <p><i>Монолітного -</i> $\Gamma\Phi^{м1} = (0,3 + 1,35)м$ – габарит виступаючої плитної частини фундаменту [9] Висота кожної із сходинок фундаменту $h\Gamma\Phi_i = (0,3 + 0,45)м$ [9].</p> <p><i>Збірного -</i> $\Gamma\Phi^{зб1} = (0,15 + 1,35)м$ – габарит виступаючої плитної частини фундаменту, де h – висота $h\Gamma\Phi_i = (0,28 + 0,58)м$ [9].</p> <p><i>Примітка:</i> – при зведенні монолітного фундаменту треба вибрати опалубку та визначити товщину опалубочного щита з підтримуючими елементами - В_{оп}, м [10] (на схемі умовно не вказано)</p>	<p>Для виду фундаменту: <i>Монолітного -</i> $С1 \geq 0,2 + В_{оп}$ м [11] <i>Збірного -</i> $С1 \geq 0,2$ м [11] $m = (0 ; 0,25 ; 0,5 ; 0,67 ; 0,75 ; 0,85 ; 1,0 ; 1,25)$ [12], залежить від виду ґрунту та глибини котловану</p>	<p>I вар (вертикальні стінки котловану) <i>Монолітного -</i> $Впв1_i = С1 + \Gamma\Phi^{м1}$ <i>Збірного -</i> $Впв1_i = С1 + \Gamma\Phi^{зб1}$ за умови: Впв1_i \geq 0,6 м</p> <p>II вар (з закладанням стінок котловану) <i>Монолітного -</i> $Впв2_i = С1 + \Gamma\Phi^{м1} + a_i$ <i>Збірного -</i> $Впв2_i = С1 + \Gamma\Phi^{зб1} + a_i$ де $a_i = m \times H_{п1}$</p>

на екскаватори, навантажувачі та інші машини для земляних робіт. Ущільнення ґрунту оптимальної вологості при зворотному засипанні його у тимчасових земляних спорудах виконують у наступній послідовності: перший прохід засобу ущільнення здійснюють в зонах навколо конструкцій смугами з перекриванням слідів попередніх ущільнюваних смуг на 5 см. Ширина ущільнювальної смуги визначається шириною робочого органу засобу ущільнення і схемою його руху, а також умовами зниження до мінімуму негативного впливу динамічних і статичних навантажень від засобу ущільнення на підземні конструкції будівель.

Тому при виборі методів ущільнення та комплекту засобів виконання робіт необхідно враховувати такий показник, як *захисний шар ґрунту*.

Для того, щоб уникнути пошкоджень інженерних мереж, будівельних конструкцій, захисних та ізоляційних шарів на конструкціях та окремих споруд, будівельною практикою і цільовими дослідженнями встановлено, що в межах певної відстані від перерахованих місць необхідно ущільнювати ґрунт з обережністю і обмеженням для потужних засобів. Цей шар ґрунту називають захисним шаром.

Товщина захисного ґрунтового шару біля інженерних мереж і будівельних конструкцій в залежності від виду ущільнюючої машини за рекомендацією компанії Дупарас наведена у таблиці 2 [2].

Крім того, у нормативної та технічної літературі є також рекомендації. Наприклад, трамбуєчі машини та трамбуєчі плити, які скидають з висоти, слід використовувати не ближче 2,0 метрів від цих споруд. Більш предметно ущільнення ґрунту при прокладанні інженерних мереж у статті не розглядається.

Для автоматизованого вирішення завдання з вибору способів ущільнення ґрунту та формування комплекту машин, механізмів, інструментів та пристроїв при зворотному засипанні ґрунту в пазах котлованів умовно поділеною зону ущільнення на найбільш характерні зони, виходячи із мо-

жливостей застосування різних за продуктивністю груп засобів ущільнення.

Призначимо три типові зони (Рис. 1). Як правило, кожна зона – це, умовно, призма-тоїд створений горизонтальними площинами та укосами котловану з трапецією у вертикальному перетині. Зона першого типу має найменшу основу шириною до 0,2 м на глибині нижче 1,5 м. Зона другого типу має основу шириною від 0,4 м до 1,0 м на глибині від 0,6 до 1,5 м. Зона третього типу має основу шириною від 1,0 м на глибині вище 0,6 м.

Автоматизований вибір комплекту засобів ущільнення ґрунту в тимчасових пазах котлованів у промисловому та цивільному будівництві представлений у вигляді блок-схеми. Алгоритм описує технології ущільнення ґрунту при зворотному засипанні пазух котлованів і траншей (Рис. 2) засобами ущільнення, наприклад з Табл. 2, для розглянутих видів земляних споруд з геометричними характеристиками (табл. 1). Масиви даних для програми формуються на підставі прийнятих проектних та технологічних рішень.

Блок даних 1 - геометричні характеристики тимчасової земляної споруди: G_f – габарит фундаменту на рівні його закладання, м; h_{gf1} – висота першої сходинки фундаменту, м; H_p – висота (глибина) пазухи котловану, м; C_1 – мінімально можлива відстань від габариту фундаменту до укосу пазухи котловану, м; $V_{оп}$ – товщина опалубного щита з підтримуючими елементами; m – коефіцієнт закладання укосу пазухи котловану; $V_{пв}$ – верхня ширина пазухи котловану, м (Табл. 1).

Блок даних 2 - технологічні характеристики засобів ущільнення ґрунту: V_i – ширина робочого органу, м; $Ш_i$ – товщина шару ґрунту, що ущільнюється, м; $Зш_i$ – захисний шар ґрунту, м; i – порядковий номер ущільнюючого засобу у масиві даних (Табл. 2).

Блок даних 3 – для оптимізації вирішення завдання приймаємо технічні та математичні обмеження (Рис. 1):

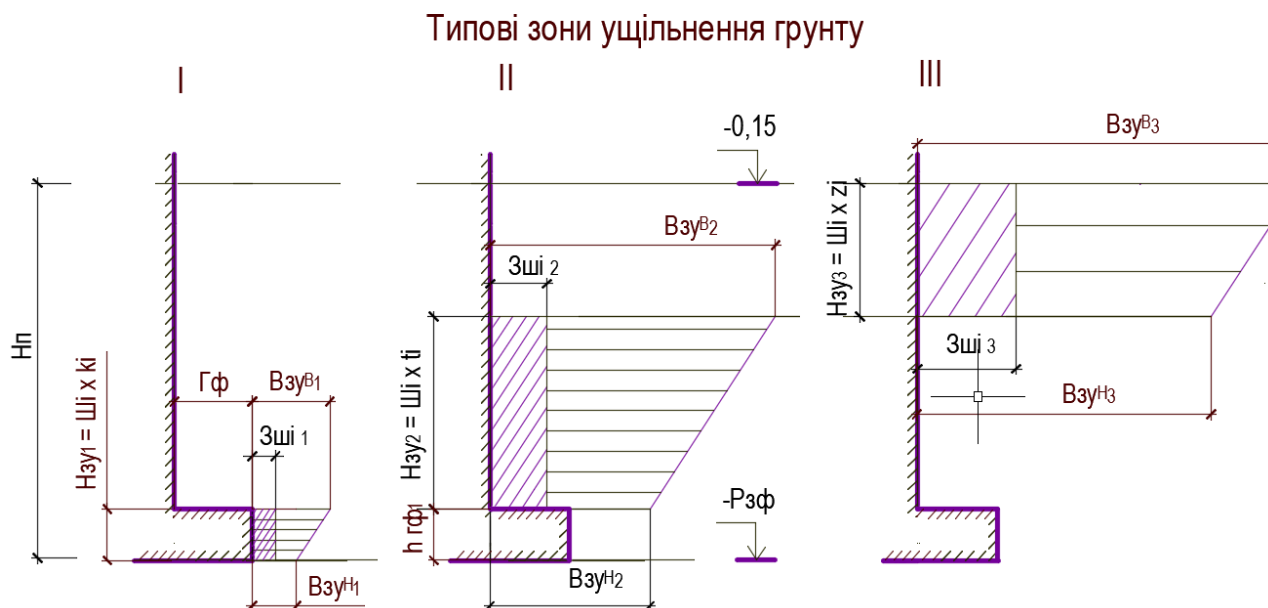


Рис.1 . Типові зони ущільнення ґрунту для зворотного засипання в обмеженому просторі: I, II, III- типові зони ущільнення ґрунту; ЗШ – захисний шар ґрунту.

Fig. 1. Typical zones of soil compaction for backfilling in a limited space: I, II, III - typical zones of soil compaction; ZSh - a protective layer of soil

Табл. 2. Узагальнені технологічні характеристики інструментів, пристроїв та машин для ущільнення ґрунтів у тимчасових земляних спорудах

Table 2. Generalized technological characteristics of tools, devices and machines for soil compaction in temporary earthworks

Група машин, механізму або пристрою, (і)	Найменування ущільнювальної машини, механізму або пристрою, марка,	Вага або навантаження машини (механізму, пристрою) на 1м ² площі, або 1 м п. (при лінійному навантаженні)	Ширина робочого органу, В _і , м	Товщина шару ґрунту, що ущільнюється Ш _і , м	Товщина захисного шару ґрунту, Зш _і , м
1	Трамбівка	70 кг	0,1 ÷ 0,15	0,1	0,25
2	Вібраційна плита	від 50 кг до 600 кг	0,3 ÷ 0,40	0,10 ÷ 0,15	0,10 ÷ 0,40
3	Двовальцевий вібротокот (при лінійному навантаженні)	від 5 кН/м до 20 кН/м	0,15 ÷ 0,20	0,15 ÷ 0,20	0,15 ÷ 0,70

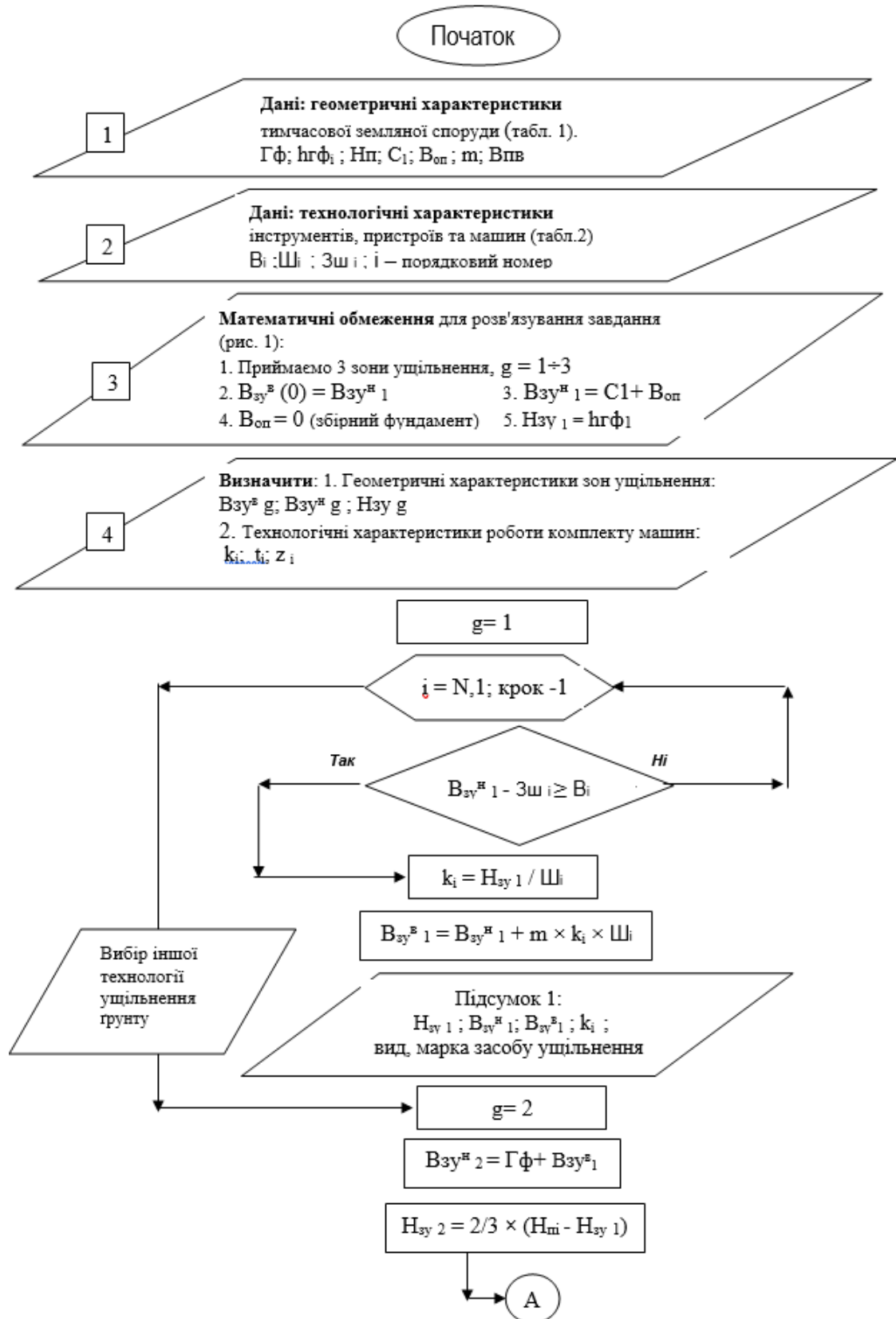


Рис.2. Блок-схема алгоритму вибору комплексу засобів ущільнення ґрунту пазах котлованів і траншей за технічною ознакою (початок)

Fig.2. Block diagram of the algorithm for selecting a set of soil compaction means for the sinuses of ditches and trenches on a technical basis (start drawing)

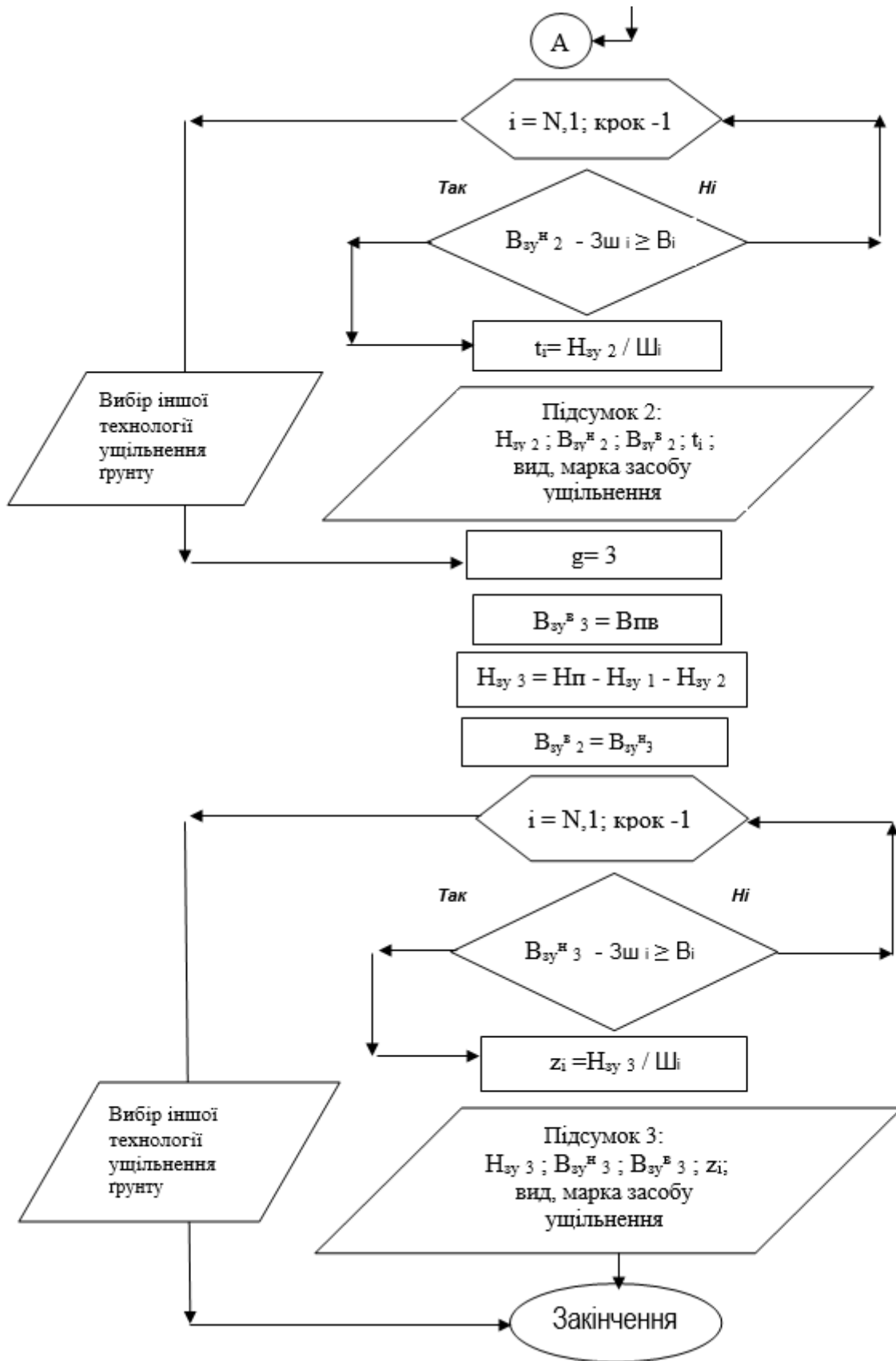


Рис.2. Блок-схема алгоритму вибору комплексу засобів ущільнення ґрунту пазах котлованів і траншей в обмеженому просторі (закінчення)

Fig.2. Block diagram of the algorithm for selecting a set of soil compaction means for the sinuses of ditches and trenches on a technical basis (end of drawing)

1) поділяємо пазуху котловану на 3 зони ущільнення, $g = (1,3)$; 2) приймаємо за першу зону ущільнення пазуху в обмеженнях висоти першої сходинки підшви фундаменту $H_{zu1} = hg\phi_1, m$; 3) приймаємо нижню ширину першої зони ущільнення $V_{zu}^H 1 = C1 + V_{оп}, m$; 4) для збірного фундаменту $V_{оп} = 0$; 5) $V_{zy}^B (0) = V_{zu}^H 1$.

Блок даних 4 – поставлене завдання визначити: 1) геометричні характеристики зон ущільнення, ширину по верху - $V_{zu}^B g, m$; ширину по низу - $V_{zu}^H g, m$; висота - $H_{zu} g, m$; 2) технологічні характеристики роботи комплекту засобів ущільнення, кількість шарів ґрунту, що ущільнюються відповідно у зоні I, II, III - $k_i; t_i; z_i$; 3) навести вид та марку засобу ущільнення.

Вирішення завдання будується на виборі для кожної зі прийнятих зон ущільнення ґрунту в пазусі котловану (Рис. 1) засобу ущільнення з максимальною шириною робочого органу з дотриманням мінімального захисного шару ґрунту для конструкцій фундаменту або підземної частини будинку чи споруди (Табл. 2). Вибір виконується на основі циклу порівнянь визначеної ширини зони ущільнення по низу $V_{zu}^H g$ з шириною робочого органу B_i кожного засобу ущільнення зі масиву даних $i=(N,1)$, починаючи з найбільш «потужного» за вирахуванням відповідного йому захисного шару ґрунту $Z_{ш i}$. Якщо, ширина зони ущільнення більше, або рівна ширині робочого органу засобу ущільнення, то визначаються висота, а потім ширина зони ущільнення по верху $V_{zu}^B g$ та кількість шарів ґрунту, що за технічною характеристикою може ущільнитися відповідний засіб (k_i - зона I; t_i - зона II; z_i - зона III). У випадку відсутності у масиву даних засобу ущільнення ґрунту, що відповідав би умовам порівняння – алгоритм пропонує вибрати для зони ущільнення, що розглядається, інший метод ущільнення ґрунту. Завдання вирішено.

Вибравши таким способом декілька комплектів засобів ущільнення ґрунту переходять до розрахунку техніко-економічних показників для кожного із

розглянутих варіантів комплектів, після чого вибирають найбільш економічний комплект.

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Підготовлені вихідні дані для автоматизованого вибору способів ущільнення ґрунту та формування комплекту машин, механізмів, інструментів та пристроїв при зворотному засипанні ґрунту в пазухах котлованів – це геометричні характеристики тимчасової земляної споруди і технологічні характеристики засобів ущільнення ґрунту.

Встановлено, що для автоматизованого вирішення завдання з вибору комплекту машин, механізмів, інструментів та пристроїв при зворотному засипанні ґрунту в пазухах котлованів умовно поділено зону ущільнення на три типові зони, кожна з яких – це призматокід створений горизонтальними площинами та укосами котловану з трапецією у вертикальному перетині.

Розроблений алгоритм для складання програми з автоматизованого вибору комплекту засобів ущільнення ґрунту в тимчасових пазухах котлованів у промисловому та цивільному будівництві. Масиви даних для програми формуються на основі прийнятих проектних та технологічних рішень.

Вибравши таким способом декілька комплектів засобів ущільнення ґрунту в тимчасових пазухах котлованів у промисловому та цивільному будівництві переходять до розрахунку техніко-економічних показників для кожного із розглянутих варіантів комплектів, після чого вибирають найбільш економічний комплект, що і є перспективою наступних досліджень.

ЛІТЕРАТУРА

REFERENCES

1. Черненко В.К. Технологія будівельного виробництва: Підручник / В.К. Черненко, М.Г. Ярмоленко, Г.М. Батура та ін. // За ред. В.К. Черненка, М.Г. Ярмоленка.- К.: Вища шк., 2002. – 430 с.
2. Терновий В.І. Ущільнення ґрунтів у будівництві: навчальний посібник / В.І. Терновий, І.М. Уманець, Л.С. Саушева; О.С. Молодід. – К.: КНУБА, 2016. – 128 с.
3. Белоногов Л.Б. Современные методы уплотнения грунтов. Выбор и расчет оборудования: учеб.-метод. пособие / Л.Б. Белоногов, Л.В. Янковский. – Пермь: изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – 2012. – 136 с.
4. Неклюдов М.К. Механизация уплотнения грунтов. – 2-е изд. доп. и перер. / М.К. Неклюдов – М.: Стройиздат. – 1985. – 168 с.
5. Уплотнение грунтов обратных засыпок в стесненных условиях строительства. – М.: Стройиздат. – 1981. – 220 с.
6. Хархута Н.Я. Машины для уплотнения грунтов / Н.Я. Хархута. – Л.: «Машиностроение». – 1973. – 176 с.
7. Басараб В.А. Визначення технологічних параметрів процесу ущільнення ґрунту / В.А. Басараб // *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*. К.:КНУБА. – 2020. – № 45. – С. 3-15.
8. Шерешевский И.А. Конструирование промышленных зданий и сооружений. Учеб. пособие для студентов строительных специальностей. – М.: «Архитектура-С». – 2005. – 168 с.
9. Шерешевский И.А. Конструирование гражданских зданий. Учеб. пособие для техникумов. – М.: «Архитектура-С». – 2007. – 176 с.
10. Каталог опалубки PERI DOMINO. Легкая рамная опалубка для жилищного и подземного строительства. – Weisenhorn. – Выпуск 12/2005. – 29 с.
11. ДСТУ-Н Б В.2.1-28:2013. Настанова щодо проведення земляних робіт, улаштування основ та спорудження фундаментів (СНиП 3.02.01-87, MOD). – [Чинний від 2014-01-01]. – К.: Мінрегіон України, 2013. – 98 с.
12. ДБН А.3.2.-2-2009. Охорона праці та промислова безпека у будівництві. – [Чинний від 2013-01-01]. – К.: Мінрегіонбуд України. – 2012. – 94 с.
1. Chernenko V.K., Yarmolenko M.H., Batura H.M. (2002). Tekhnolohiia budivelnoho vyrobnytstva: Pidruchnyk [Technology of construction production: Textbook]. K.: Vyscha shkola, 430. (in Ukrainian)
2. Ternovyi V.I., Umanets I.M., Sausheva L.S., Molodid O.S. (2016). Ushchilnennia gruntiv u budivnytstvi: navchalnyi posibnyk [Soil compaction in construction: a textbook]. K.: KNUBA, 128 (in Ukrainian)
3. Belonogov L.B., Yankovsky L.V. (2012) Sovremennye metody uplotneniya hruntov. Vybory y raschet oborudovaniya: ucheb.-metod. posobyie [Modern methods of soil compaction. Selection and calculation of equipment: textbook.-method. allowance]. - Perm: yzd-vo Perm. nats. yssled. poly-tekhn. un-ta, 136 (in Russian).
4. Neklyudov M.K. (1985). Mekhanyzatsyia uplotnenyia hruntov [Mechanization of soil compaction]. - 2-e yzd. dop. y perer. – M.: Stroyizdat, 168 (in Russian).
5. Uplotnenye hruntov obratnykh zasypok v stesnennykh uslovyakh stroytelstva (1981) [Compaction of backfill soils in cramped construction conditions]. M.: Stroyizdat, 220 (in Russian).
6. Kharhuta N.Ya. (1973). Mashyny dlia uplotnenyia hruntov [Soil compaction machines]. L., Mashynostroeniye. 176 (in Russian).
7. Basarab V.A. (2020). [Determination of technological parameters of the soil compaction process]. *Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn*. K.:KNUBA, 45, 3-15. (in Ukrainian)
8. Shereshevsky I.A. (2005). Konstruyrovanye promyshlennykh zdanyi y sooruzheniy. Ucheb. posobyie dlia studentov stroytelnykh spetsyalnostei [Design of industrial buildings and structures. Proc. allowance for students of construction specialties]. M.: Architecture-S, 168 (in Russian).
9. Shereshevsky I.A. (2007). Konstruyrovanye hrazhdanskykh zdanyi. Ucheb. posobyie dlia tekhnikumov [Construction of civil buildings. Proc. allowance for technical schools]. M.:Architecture-S. 176 (in Russian).
10. Katalog opalubky PERI DOMINO. Lehkaia ramnaia opalubka dlia zhylyshchnoho y podzemnoho stroytelstva (2005) [PERI DOMINO formwork catalog. Light frame formwork for residential and underground

- construction]. Weissenhorn. Issue 12/2005. 29 (in Russian).
11. DSTU-N B B.2.1-28: 2013. (2013). Nastanova shchodo provedennia zemlianykh robit, ulash-tuvannia osnov ta sporudzhennia fundamentiv [Guidelines for earthworks, foundations and construction of foundations] (SNiP 3.02.01-87, MOD). - [Effective from 2014-01-01]. - Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine, 98 (in Ukrainian)
 12. DBN A.3.2.-2-2009. (2012). Okhorona pratsi ta promyslova bezpeka u budivnytstvi [Occupational safety and industrial safety in construction]. - [Effective from 2013-01-01]. - Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine, - 94 (in Ukrainian)

Methods of choosing a set of means for compacting the soils of the sinuses of ditches and trenches on a technical basis

*Vladimir Basarab
Irina Umanets
Lyudmila Sausheva*

Summary. It is known that soils in a limited space are compacted by specialized means: hand rammers, small equipment (vibrating plates, remote control minikots), and attachments for excavators (vibrating rammers, vibrating plates, inertial rammers, ramming nozzles, etc. guides).

High-quality soil compaction also involves avoiding damage to utilities, building structures, protective and insulating layers on structures and individual structures. It is established that for each compactor based on its power and method of control there is a limit of a certain distance where the soil is compacted with care and restriction, which is called the protective layer of soil.

Expert assessment of existing practices of soil compaction during backfilling in the sinuses of ditches shows the difficulty of forming the optimal set of sealing means due to the large number of circumstances related to soil characteristics, geometry of the earth structure, technical characteristics of the means.

In this regard, the method of forming such a set is developed, which consists of two stages: the first - the choice of compaction tools on technical grounds, the second - the formation of the optimal set of soil compaction tools from the first stage on economic grounds. This paper considers the first stage of the methodology, which in turn requires a consistent solution of a number of problems.

The first - the design of the earth structure on the principle of laying the minimum required geometric parameters or preparation of initial data on the existing project. The second - the formation of an array of data on the principle of increasing the width of the working body of the tool based on the analysis of the existing fleet of soil compaction tools.

Third - based on the principle of rational use of resources, limit the number of tools in the set to 3, and divide the vertical cross section of the sinus of the pit into three typical zones. Fourth - automated selection of soil compaction based on the principle of comparing the width of the working body with the width of the typical zone and taking into account the protective layer of soil.

Key words. Soil compaction in the reconstruction of buildings and structures, means of soil compaction; typical areas of soil compaction for backfilling in a limited space; engineering protection and preparation of territories.