

УДК 624.151.5

Гуденко А. М., Главацький К. Ц.

## МЕТОДИ УТВОРЕННЯ УЩІЛЬНЕННЯМ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПОРОЖНИН У ҐРУНТІ ПІД КОРОТКІ БУРОНАБИВНІ ПАЛІ, ТРАПЕЦІЄПОДІБНІ ПАЛІ І ПАЛІ ОБОЛОНКИ

Зважаючи на те, що 90 % територій України представлено складними інженерно-геологічними умовами, а основна частина сприятливих для будівництва територій вже освоєна, будівництво нових споруд доводиться здійснювати на територіях зі складними інженерно-геологічними умовами. Для усунення таких факторів, що ускладнюють інженерно-геологічні умови, як слабкі, макропористі ґрунти в практиці будівництва широко застосовуються різні способи ущільнення ґрунтів. Висока ефективність застосування основ та фундаментів з ущільненням ґрунту досягається за рахунок їхніх раціональних конструкції і технологій зведення. У багатьох регіонах України на них зводять до 40–70 % будинків і споруд. Однак існуюча технологія ущільнення ґрунтів основ найчастіше не може бути використана в умовах щільної міської забудови через динамічні впливи, що негативно відбиваються на існуючих будівлях.

У зв'язку із цим, актуальним напрямком є розробка методів ущільнення ґрунту, що виключають динамічний вплив на оточуючі будівлі, споруди та комунікації [1].

Вивчення і аналіз науково-технічної інформації і, зокрема, винаходів свідчить про різноманітність конструктивних рішень робочого обладнання і робочих органів, спрямованих на забезпечення ефективності утворення ущільненням технологічних порожнин у ґрунті (ТПП). Ця задача вирішується різними способами, наприклад, зменшенням зусилля відриву робочого органа, збільшення тривалості ударного імпульсу, збільшення питомого ударного навантаження, підвищення надійності захватного пристрою, застосування спеціальних і універсальних робочих органів.

При утворенні підземних комунікацій і виїмок промислових будівель і громадських об'єктів велике розповсюдження отримали способи і пристрої для утворення ТПП без екскавації ґрунту шляхом його ущільнення втрамбовуванням, розкочуванням і іншими методами. Машини, що застосовуються для цієї мети, можна розділити за призначенням, конструкцією, способом дії на ґрунт і розміром утвореної ТПП на чотири основні групи.

До першої групи відносяться машини частотно-ударної дії. Їх робочим органом є спеціальне обладнання або сам корпус машини. Ударник створює зворотно-поступальні рухи і наносить удари по робочому органу, забиваючи його в ґрунт. Такі машини виконують проходження свердловин при безтраншейному прокладанні підземних комунікацій під різними наземними спорудами, забивання труб, виготовлення набивних паль. Загальним недоліком машин даної групи є обмежені розміри утворених порожнин.

Другу групу складають машини з робочим органом у вигляді труби з наконечником у вигляді конуса для утворення ТПП проколюванням ґрунту, як під дією статичного осьового зусилля, так і використовуючи віброударні пристрої. Ці машини використовуються для безтраншейного прокладання труб діаметром до 400 мм.

До третьої групи відносяться машини для утворення ТПП методом розкочування ґрунту. Їх робочі органи виготовляють у вигляді котків, встановлених на привідних ексцентрикових валах. Вони виконують ТПП обмежених розмірів.

Четверту групу представляють машини для утворення ТПП і котлованів під фундаменти виштамповуванням чи втрамбовуванням, яке здійснюється неодноразовим скиданням вантажу по напрямній штанзі з висоти 4–8 м [2].

Мета статті – пошук і обґрунтування перспективних напрямків розробки робочого обладнання для занурення паль-оболонки в ґрунт та розробка робочого обладнання для утворення ТПГ статичним способом без динамічних навантажень на ґрунт та палю-оболонку.

Відомий комплект обладнання «ФОРС» для глибинного ущільнення ґрунтів і формування набивних паль складається з пневматичного ударно пристрою, розширювача порожнини і переносного вантажопідіймального пристрою. Обладнання дозволяє ущільнювати ґрунт на всю необхідну глибину. Процес реалізується проходкою вертикальних порожнин у масиві, що ущільнюється з наступним засипанням їх ґрунтом, піском, гравійною сумішшю і т. п. Проходка порожнин здійснюється без виймання ґрунту за рахунок його деформації у радіальному напрямку. Технологія формування набивних паль у ґрунті полягає у проходженні вертикальних порожнин, заповнення їх бетонною сумішшю і повторного проходження порожнини по цій суміші. При цьому суміш втрамбується в масив ґрунту, утворюючи у порожнині оболонку. Центральна порожнина, що залишилась після останньої проходки, заповнюється пластичним бетоном. Як наслідок щільного контакту бокових поверхонь палі з ущільненим ґрунтом вона має високу питому несучу здатність (у 3 рази вищу ніж буро-набивна і в 1,5 рази вищу, ніж забивна паля). Компактність і незначна динамічна дія на ґрунт дозволяє використовувати обладнання поруч з будівлями і навіть в підвальних приміщеннях [3].

Метод проколу представляє собою розробку горизонтальної ТПГ шляхом занурення у ґрунтовий масив конусного наконечника. Цей метод рекомендується застосовувати для прокладання труб діаметром до 350 мм в глинистих ґрунтах. Основними перевагами такого методу є малі габарити прокольних установок і те, що конусний наконечник, формуючи свердловину, витісняє ґрунт в сторони, чим виключає необхідність виймання його з ТПГ. Крім того, завдяки радіальному витисканню ґрунту утворюються стійкі щільні стінки, що є важливою умовою для безперешкодного протягування крізь ТПГ захисного футляра [4].

При утворенні розширення розкочуванням навантаження на ґрунт передають роликами, що перекочуються, спеціальних снарядів. Ці снаряди використовують як змінні робочі органи установок обертального буріння. Розкочувальний розширювач свердловин УРС-1М, дозволяє виконати розширення діаметром 1 200 мм на будь-якій глибині свердловини діаметром 600 мм. Розширювач включає квадратну штангу, що проходить скрізь отвори у буровому ставі, і шарнірну систему з двома парами роликів – що розкочують і прокочують. Шарнірна система має також опорні котки, що переміщуються по напрямних обойми, крізь яку проходить штанга. Для переміщення прокатних роликів застосовані шарнірно зв'язані важелі, що розкриваються при переміщенні бурового ставу вниз під дією осевого зусилля. Обойма має дві пари сухарів, що фіксують її на штанзі під час роботи розширювача, і фіксуючу штангу у буровому ставі при вийманні розширювача із свердловини. Вісь шарнірної системи сумісно з втулкою може подовжньо переміщуватися відносно обойми і штанги. Втулка шляхом затвору з'єднана з буровим ставом.

Розширення втисканням створюють за рахунок запресування ґрунту в стінки свердловини плитами-штампами розширювача. Також використовують оболонки, які при нагнітанні в них цементного розчину під тиском розширюються в об'ємі. Втискання ґрунту в стінки свердловини виконують спеціальними снарядами, обладнаними плитами-штампами.

Недоліком бурів-розширювачів і пантографних розширювачів є циклічність процесу, при якому до 30 % часу займають роботи з опускання та підймання робочих органів [5].

Витрамбовування ТПГ дозволяє штучно підвищити несучу здатність ґрунтів основ. Технологія полягає у тому, що ТПГ під окремо стоячі фундаменти не відкопуються, а витрамбовуються на необхідну глибину (0,5–3,5 м). Ґрунт навколо ТПГ і під її дном при цьому ущільнюється, а його несуча здатність підвищується. Після витрамбовування в ТПГ заливається монолітний бетон або встановлюється збірний фундаментний блок, що має близькі до ТПГ форму і розміри [6].

Як показує практика, використання паль-оболонок дозволяє в 3–4 рази скоротити об'єм земляних робіт у порівнянні зі звичайними стрічковими, стовпчастими і пальовими фундаментами, знизити витрати бетону у 2–2,5 рази, металу в 1–2 рази, витрати праці і кошторисну вартість робіт нульового циклу на 40 %. Використання різноманітних конструкцій фундаментів-оболонок показало, що окрім високої економічної ефективності вони мають велике соціальне значення, яке полягає у підвищенні культури будівельно-монтажних робіт за рахунок їх індустріалізації а також скорочення об'єму ручної праці. Але процес заглиблення фундаментів-оболонок вивчений недостатньо добре з точки зору взаємодії з ґрунтом і ефективного використання обладнання для їх занурення [7].

Статичний гідравлічний ущільнювач стінок ТПГ (рис. 1) представляє собою базову машину 1 із стрілою 2, уздовж якої пересувається ущільнююче обладнання за допомогою канатно-блокового приводу 3 двосторонньої дії. Ущільнююче обладнання складається з рухомої консолі 4, до якої приєднано колону 5, яка має можливість відхилитися за допомогою гідроциліндра 6, шток якого приєднано до стріли. В нижньому кінці колони 5 встановлено основний вал 7 з нерухомо приєднаним гвинтом 8, на який спирається механізм утворення і розширення технологічних порожнин. У склад механізму входить додатковий вал 9, на ньому закріплено секції розпірних плит 10. Розпірні гідроциліндри 11 шарнірно з'єднано з додатковим валом 9 та розпірними плитами 12. Розпірні гідроциліндри 11 та розпірні плити 12 закріплено рівновіддалено один від одного навколо додаткового вала 9. Додатковий вал 9 встановлено рухомо на зовнішній поверхні головного вала 7. Нижньою частиною додатковий вал 9 опирається на гвинт 8, а верхньою частиною – з'єднується з механізмом приводу 13. Колона 5 з'єднана з рухомою консоллю 4 за допомогою фланця 14. Розпірні плити вільними краями притискаються до зовнішніх поверхонь сусідніх плит під дією опору ґрунту, утворюючи замкнений силовий контур ущільнення технологічних порожнин.

Ущільнюючі елементи запропонованого досліджуваного робочого органа мають жорстку конструкцію, що має можливість застосування значних контактних тисків на ґрунт у порівнянні з пристроями з пневматичними пружно-еластичними камерами [8].

Досліджуваний робочий орган ущільнювача стінок ТПГ спочатку вертикально занурюється в ґрунт методом загвинчування конусного шнека-бура 8 та не потребує окремого обладнання для утворення початкової порожнини у ґрунті. Подальше ущільнення ґрунту у бічні сторони і вниз відносно осі початкової порожнини відбувається за рахунок збільшення початкового об'єму ТПГ гідравлічним робочим обладнанням у статичному режимі, що не створює динамічних впливів на існуючі будівлі.

Усі поверхні ущільнюючих елементів 10 робочого органа по своїй конструкції пропонується виконати замкненими, щоб під час взаємодії між собою краї елементів переміщувались по поверхні один одного та унеможливили потрапляння ґрунту в середину робочого органа.

Розпірні плити 12 вільними краями притискаються до зовнішніх поверхонь сусідніх плит під дією опору ґрунту, утворюючи замкнений контур та підвищуючи надійність конструкції. Також створюється замкнений силовий контур у горизонтальній площині ТПГ, який виключає обмеження, пов'язані з масою машини, оскільки при статичному втисканні робочого органа в ґрунт величина вертикального зусилля, прикладеного до робочого органа, обмежена моментом стійкості базової машини.

Шнек-бур 8 може мати змінне ножове обладнання. Також робочий орган може виконувати ущільнення ґрунту за декілька циклів з наступним заглибленням на більшу глибину, тим самим утворюючи ущільнену порожнину, що перевищує по довжині сумарну висоту розпірних плит 12. Таке технологічне рішення забезпечує заданий профіль розширення технологічної порожнини та ущільнення ґрунту. Порівняно з методом проколювання ґрунту, використовуючи комбіновану систему приводу (з використанням поліспаств, лебідок,

гідромеханізмів) досліджуваний робочий орган не створює шуму, що дозволить використовувати його у місцях, де підвищений рівень шуму і вібрації може негативно вплинути на оточуючих людей в умовах щільної міської забудови. Також процес утворення ТПГ може бути циклічний, тобто може бути виконаний за три операції без підймання робочого органа у вихідне положення а саме: загвинчування шнека-бура 8 робочого органа в ґрунт, утворення ТПГ ущільненням, підйом робочого органа у вихідне положення.

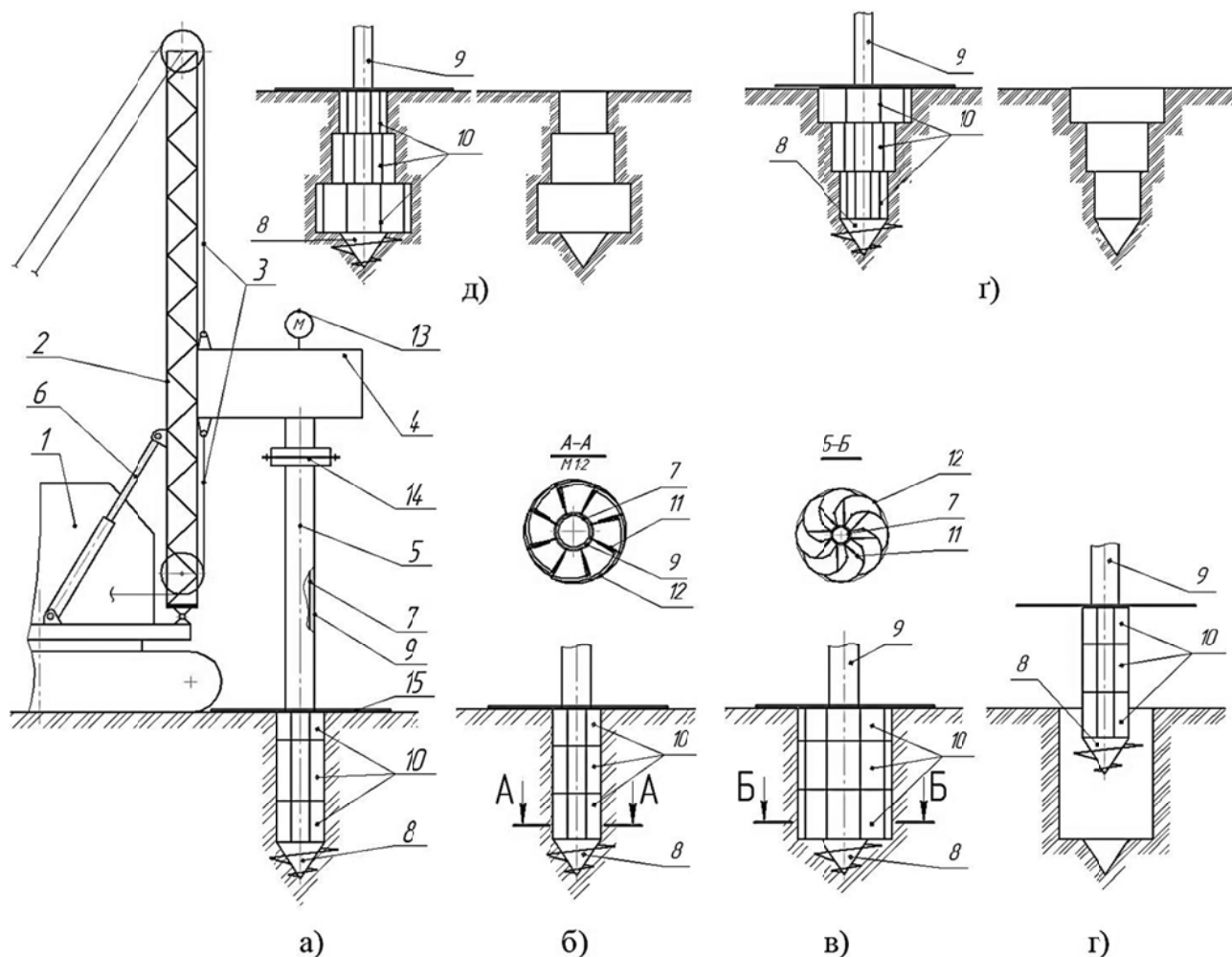


Рис. 1. Досліджуваний статичний гідравлічний ущільнювач стінок ТПГ:

а-д – схеми робочих положень досліджуваного робочого органа статичного гідравлічного ущільнювача стінок ТПГ; 1 – базова машина; 2 – стріла; 3 – канатно-блоковий привід; 4 – рухома консоль; 5 – колона; 6 – гідроциліндр; 7 – основний вал; 8 – конусний шнек-бур; 9 – додатковий вал; 10 – секції розпірних плит; 11 – розпірні гідроциліндри; 12 – розпірні плити; 13 – механізм приводу; 14 – фланець; 15 – плита привантаження

Фізичний смисл запропонованого технічного рішення полягає в утворенні ТПГ статичним методом без динамічних навантажень на прилеглі будівлі, споруди і комунікації з використанням замкненого силового контуру у горизонтальній площині ТПГ.

Очікувана область використання – це будівництво пальових фундаментів (коротких буро-набивних паль, трапецієподібних паль і паль-оболонок) в умовах щільної міської забудови.

Очікуваний позитивний економічний ефект від втілення запропонованого технічного рішення у виробництво можливий за рахунок унікальності статичного робочого обладнання, що дасть змогу утворювати ТПГ ущільненням поруч з існуючими будівлями. Також зменшення

витрат часу за рахунок конструкції робочого органа, що передбачає утворення ТПГ за один цикл. Принцип роботи статичного ущільнювача стінок ТПГ дасть змогу утворювати ТПГ різних форм та розмірів з можливістю підібрати необхідний тип фундаментів для конкретних умов будівництва.

Розробка багатосекційного робочого органа статичного гідравлічного ущільнювача стінок ТПГ дасть можливість створення ТПГ з параметрами форми, що можуть змінюватися.

## ВИСНОВКИ

Створення багатосекційного робочого органа ущільнювача стінок ТПГ вирішить питання будівництва фундаментів поруч з існуючими будівлями і комунікаціями в умовах щільної забудови без динамічних навантажень, збереження цілісності палі-оболонки, підвищення несучої здатності палі-оболонки внаслідок ущільнення ґрунту, що її оточує.

Оскільки в результаті проведеного пошуку авторами не виявлено досліджень, пов'язаних з роботою статичного гідравлічного розширювача стінок ТПГ запропонованого типу, то виникають перспективи подальшої роботи у даному напрямку:

- розробити математичні моделі процесу взаємодії робочих органів для утворення ТПГ у ґрунті і з її використанням визначити зусилля в елементах робочого органа і напруження у ґрунті, що виникають при розширенні піонерної ТПГ;

- розробка експериментальних фізичних моделей робочих органів для утворення ТПГ під різні види коротких фундаментних блоків, а саме: із загостреною підошвою, подовжені для устрою фундаментів з розширеною основою або верхньою частиною, трапецієподібних, конічних, циліндричних, прямокутних, паль-оболонок;

- за допомогою експериментальних моделей робочого обладнання проведення польових досліджень по розробці ТПГ, з метою підтвердження закономірностей процесу утворення ТПГ і порівняння отриманих даних з теоретичними розрахунками;

- розробка практичних рекомендацій щодо вибору параметрів робочих органів і робочого обладнання для утворення ТПГ статичним ущільненням ґрунту.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Лобачева Н. Г. Підсилення основ фундаментів тискама ущільнення: автореферат дис. ... к. т. н.: 05.23.02. / Наталія Геннадіївна Лобачева. – К., 2007. – 20 с.
2. Осипчук В. И. Исследование, разработка и создание оборудования для выштамповывания котлованов: диссертация ... к. т. н.: 05.05.04. / Виктор Иванович Осипчук – Д., 1991. – 277 с.
3. Институт горного дела Сибирского отделения Российской Академии наук [Электронный ресурс] – Усиление фундаментов набивными сваями. Глубинное уплотнение грунтов. – Режим доступа: <http://www.misd.ru/cooperation/commercial/10103>.
4. Олексин В. И. Комбинированный метод разработки горизонтальной скважины при бестраншейной прокладке коммуникаций [Текст] / В.И. Олексин // Вестник ХНАДУ. – 2012. – № 57. – С. 207–213.
5. Манушев Р. А. Современные свайные технологии: учебное пособие [Текст] / Р. А. Манушев, А. В. Ершов, А. И. Осокин. – М. : Изд-во АСВ, 2010. – 240 с.
6. Снарский В. И. Технология строительных процессов: учебное пособие: в 2 ч. Ч. 1. Процессы нулевого цикла [Текст] / В. И. Снарский, М. М. Айгузов. – С. : Саратов. гос. техн. ун-т, 2005. – 129 с.
7. Хмара Л. А. Определение параметров машин для погружения свай и фундаментов-оболочек [Текст] / Л. А. Хмара, В. И. Пантелеенко, И. А. Кулик. – Д. : ООО«ЭНЭМ», 2005. – 142 с.
8. Пат. 19237 Україна, МПК E21B 11/00. Пристрій для утворення розширення в свердловині / Лобачева Н. Г., Шарабарін О. Г., Петраков О. О., Яркін В. В., Сухоруков К. В., Кучеренко О. С.; заявник і патентовласник Донбаська національна академія будівництва та архітектури. – № u200605466; заявл. 19.05.06; опубл. 15.12.06, Бюл. № 12.