

## ВПЛИВ ПОВТОРНОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ДЕФОРМАТИВНІСТЬ ОСНОВ ВДАВЛЕНИХ ПАЛЬ

М. Л. Зоценко, В. Л. Сєдін, К. М. Бікус

*В даній роботі розглянуті результати вдавлювання призматичних залізобетонних паль в алювіальні ґрунти заплавних відкладів. Різниця в зусиллі вдавлювання паль у межах будівельного майданчика зафіксована більше ніж у три рази. Досліджено фактор впливу повторного навантаження на деформативність основ вдавлених паль, шляхом проведення контрольних статичних випробувань частини паль з відділенням їх від ростверку, після тривалого "відпочинку". Доведено, що повторне навантаження паль привело до певного вирівнювання їх несучої здатності (осідань), бо різниця у значеннях несучої здатності після випробувань не перевищила 20 %, і сприяло доуцільненню ґрунту основи під вістрям палі. Запропоновано для рішення таких геотехнічних задач застосовувати технологію попереднього контрольованого навантаження паль.*

**Ключові слова:** вдавлені палі, статичні випробування, несуча здатність, "відпочинок" паль, цикли навантаження.

## ВЛИЯНИЕ ПОВТОРНОГО НАГРУЖЕНИЯ НА ДЕФОРМАТИВНОСТЬ ОСНОВАНИЙ ВДАВЛИВАЕМЫХ СВАЙ

Н. Л. Зоценко, В. Л. Сєдін, Е. М. Бікус

*В данной работе рассмотрены результаты вдавливания призматических железобетонных свай в аллювиальные ґрунты заплавных отложений. Разница в усилии вдавливания свай в границах строительной площадки зафиксирована более чем в три раза. Исследован фактор влияния повторного нагружения на деформативность оснований вдавливаемых свай, путем проведения контрольных статических испытаний части свай с отделением их от ростверка, после длительного "отдыха". Доказано, что повторное нагружение свай привело к выравниванию их несущей способности (осадок), поскольку разница в значениях несущей способности свай после испытаний не превысила 20 %, и способствовало доуплотнению ґрунта основания под острием сваи. Предложено для решения таких геотехнических задач применять технологию предварительного контролируемого нагружения свай.*

**Ключевые слова:** вдавливаемые сваи, статические испытания, несущая способность, "отдых" свай, циклы нагружения.

## REPEATED LOADING EFFECT ON FOUNDATION DEFORMATION UNDER JACKED PILES

M. Zotcenko, V. Siedin, K. Bikus

*Results of prismatic reinforced concrete piles jacking into alluvial soils are examined. Threefold difference of pile driving force within a site was registered. Control static tests with repeated loading of some piles disconnected from the grillage were conducted after standstill of piles. It was demonstrated that repeated loading equalized pile bearing capacity and pile settlement because of additional soil compression under ends of piles and pile bearing capacity variation was registered within 20 % range. A controlled technological preloading of piles is proposed for similar geotechnical conditions.*

**Keywords:** jacked piles, static tests, bearing capacity, "rest" of the piles, cycles of loading.

### Вступ

**Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими практичними завданнями.** В сучасних умовах геотехнічного будівництва на перший план виходить проблема економічного і ефективного застосування різних типів пальових фундаментів, за умови забезпечення надійності будівель і споруд протягом всього строку експлуатації. Тому, головним завданням геотехніків сьогодні є використання максимального потенціалу ґрунтової основи, для передачі на нього максимально допустимих навантажень, а також зменшення осідань та їх різниці у межах однієї будівлі.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Вдавлювання є одним з надійних, простих і екологічно чистих способів занурення паль, який дозволяє виконувати роботи не тільки для нового будівництва, а й при реконструкції існуючих будівель, при цьому безперервно контролювати опір палі зануренню, і як наслідок її несучу здатність. Аналіз матеріалів [2, 5, 6] поряд з багатьма перевагами вдавнених паль вказує на наявність недоліків пов'язаних з тим, що при їх проектуванні необхідно знати фактичну несучу здатність паль і майбутню деформативність їх основ. Ці вихідні геотехнічні параметри значною мірою залежать від можливого випирання раніше вже влаштованих сусідніх паль [3, 9]. Такий ефект знижує несучу здатність паль і підвищує деформативність їх основ при наступній роботі паль у складі фундаменту.

Заслугує також подальшого дослідження пропозиція проф. В.І. Крутова стосовно того, що "попереднє привантаження фундаментів навантаженням, яке дорівнює 0,7-0,9 від розрахункового, повністю забезпечує їх несучу здатність, що відповідає проектному навантаженню при наступних осіданнях їх в 3-4 рази менших за допустимі" [7]. Професор Н. Brandl встановив, що під час першого навантаження залежність осідання від навантаження для окремих паль однієї і тієї ж конструкції значно різняться. Повторне ж їх навантаження приводить до певного вирівнювання осідань цих паль [11].

Також, відомий факт зростання несучої здатності, вдавнених у глинисті ґрунти, паль в часі після тривалого "відпочинку" (до 21 %) [6].

**Виділення нерозв'язаних раніше частин загальної проблеми, яким присвячується стаття.** Поряд з розвитком техніки і застосуванням нових технологій [1, 8] застосування вдавнених паль продовжує супроводжуватись колом невирішених питань, пов'язаних з недосконалістю визначення їх несучої здатності та вивченістю взаємодії таких паль з ґрунтом основи [5, 6]. Існує потреба у достовірності визначення несучої здатності паль, підвищенні рівня надійності пальної основи, зниженні нерівномірних осідань основ палових фундаментів, вдосконаленні технології і застосуванні методів зниження деформативності основи за рахунок доущільнення ґрунту під вістря палі. Вищевикладене підтверджує важливість і гостроту вирішення даної проблеми.

**Метою роботи** є дослідження фактору впливу повторного навантаження на деформативність основ вдавнених паль, при випробуванні їх статичним вдавлювальним навантаженнями після тривалого "відпочинку".

### Основний матеріал і результати дослідження

Згідно з аналізом інженерно-геологічних і гідрогеологічних умов об'єкту досліджень встановлено, що в геоморфологічному відношенні майданчик будівництва розміщений у заболоченій частині правобережної першої надзаплавної тераси р. Ворскла та її припливів.

Мікрорельєф ділянки нерівний, мілкобугристий – спланований підсипкою привізного ґрунту потужністю до 1,5 м – техногенний. Ділянка характеризується неоднорідністю ґрунтового масиву як за площею, так і за глибиною (різниця в потужності шарів ґрунтів; наявність прошарків, лінз і т.ін. У її геологічній будові під сучасним насипним ґрунтом ІГЕ-1а залягає товща порід болотно-заплавного утворення (ІГЕ-2 – ІГЕ-5), що підстиляється четвертинними піщаними алювіальними породами руслової фракції – ІГЕ-6. Підшва алювію на глибині близько 20 м від денної поверхні лежить на покрівлі глауконітових глин Харківської світи палеогену. Інженерно-геологічний розріз приведено на рис. 1.

ІГЕ-1 – насипні ґрунти – суглинок і пісок в суміші з будівельним сміттям – незлежані, неоднорідні, сипкі ( $R_0=0,064$  МПа,  $W=0,19$ ,  $\gamma^II=15,00$  кН/м<sup>3</sup>); ІГЕ-2 – супіски шаруваті, синювато-сірі, озалізнені, опісанені, слабкозамулені, низькопористі, текучі ( $\gamma^II=18,10$  кН/м<sup>3</sup>,  $c=0,007$  МПа,  $\varphi=23^\circ$ ,  $E=6,5$  МПа); ІГЕ-3 – піски пилюваті зеленувато-сірі, кварцові, неоднорідні, з лінзами суглинків і супісків, водонасичені, середньої щільності складення ( $\gamma^II=18,81$  кН/м<sup>3</sup>,  $c=0,001$  МПа,  $\varphi=23^\circ$ ,  $E=8,5$  МПа); ІГЕ-4 – суглинки шаруваті темно-сірі, замулені, низькопористі, з лінзочками супісків, м'якопластичні ( $\gamma^II=18,55$  кН/м<sup>3</sup>,  $c=0,016$  МПа,  $\varphi=22^\circ$ ,  $E=9,0$  МПа); ІГЕ-5 – глини тонкошарові сірувато-коричневі, слабкозоторфовані, високопористі, м'якопластичні ( $\gamma^II=18,59$  кН/м<sup>3</sup>,  $c=0,021$  МПа,  $\varphi=17^\circ$ ,  $E=10,0$  МПа); ІГЕ-6 – піски мілкі сірі, кварцові, однорідні, водонасичені, середньої щільності складення ( $\gamma=19,67$  кН/м<sup>3</sup>,  $c=0,003$  МПа,  $\varphi=34^\circ$ ,  $E=31,0$  МПа).

Територія до зведення даного будинку була раніше забудована. Насипні ґрунти ІГЕ-1а мають достатньо різноманітний склад, включаючи бут, метал, скло, деревину, уламки цегли і бетону – до 30 % по об'єму. Вони нерівномірні, переважно пухкі. Класифікуються як

"небудівельні ґрунти". Ґрунти ПЕ-2 – ПЕ5 представляють собою породи болотного комплексу, утворюючі поверхневі накопичення існуючого тут раніше (до забудови) низької, частково заболоченої рівнини. Ці ґрунти частково замулені та заторфовані, вони мають неоднорідний склад і низькі несучі якості.

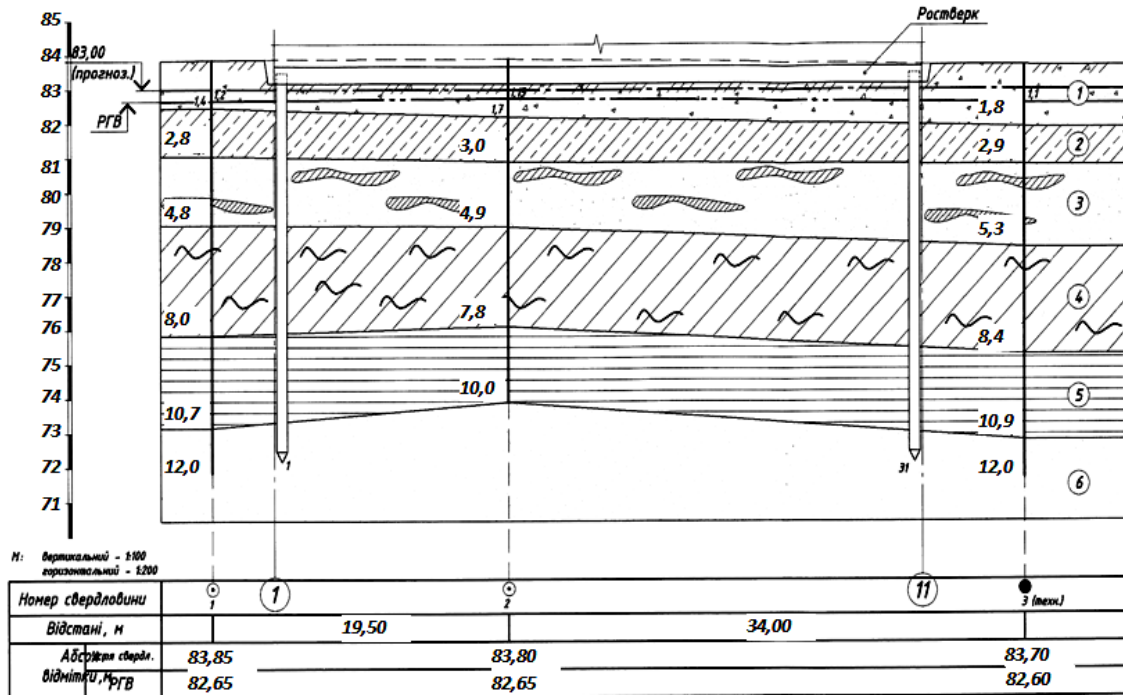


Рисунок 1 – Інженерно-геологічний переріз у межах ділянки будівництва

Ґрунтові води виявлені на рівні близько 1 м, або 82,65 м в абсолютних позначках. Територія класифікується як підтоплена за природними причинами. При сезонних коливаннях можливий короткочасний підйом рівня ґрунтових вод. Нормативна глибина сезонного промерзання ґрунтів – 1 м.

При будівництві чотирьохповерхового адміністративного будинку з цегляними стінами у м. Полтаві були запроєктовані фундаменти з паль С110.30, які об'єднані залізобетонними стрічковими ростверками. В процесі будівництва адміністративної будівлі усі палі були занурені у ґрунти агрегатом для вдавлювання паль до відмітки 72,15 м у вересні 2013 року. Палі практично доведено до шару ПЕ-6 – піски кварцові, мілкі, однорідні, водонасичені, середньої щільності. План пального поля наведено на рис. 2.

При виконанні пального поля було виявлено, що зусилля вдавнення паль різняться в межах від 360 до 1 200 кН, що підтверджує дослідження [11], при яких під час першого навантаження залежність осідання від навантаження для окремих паль однієї і тієї ж конструкції значно різнилася. Фактично процес вдавнення паль можна вважати першим циклом "навантаження – розвантаження" паль.

Тому, було прийнято рішення випробувати палі, зусилля вдавнення для яких мали максимальну розбіжність. З пального поля, в якості дослідних, було обрано три палі, зокрема ДП-1 зусилля вдавнення для якої було 360 кН, ДП-2 – 570 кН і ДП-3 – 1200 кН, положення яких наведено на рис. 2.

Подальші випробування трьох залізобетонних призматичних паль на дію вертикального навантаження стиснення, в складі пального фундаменту відбулись після тривалого "відпочинку" (200 діб) під навантаженням від збудованих поверхів будівлі, що реконструюється, які було проведено в 2014 р. Необхідно зазначити, що термін відпочинку палі 200 діб, значно перевищує вимоги програми випробувань паль.

Відповідно до програми польових випробувань ґрунтів палями для створення вертикального стискуючого навантаження було використано існуючі залізобетонні ростверки, які завантажені на час випробувань поверхами будівлі (на період випробування дослідних паль були збудовані 2 поверхи, і 1/3 частина третього поверху). Для цього дослідні палі, які були призначені для випробувань, відкопувалися на глибину до 1 м, відділялися від ростверку шляхом видалення їх частини зверху для встановлення гідравлічного домкрату. Після від'єднання

паль відбулось їх розвантаження. Таким чином, період від часу будівництва та тривалого "відпочинку" (200 діб) до від'єднання паль від ростверку можна вважати другим циклом "навантаження – розвантаження" паль.

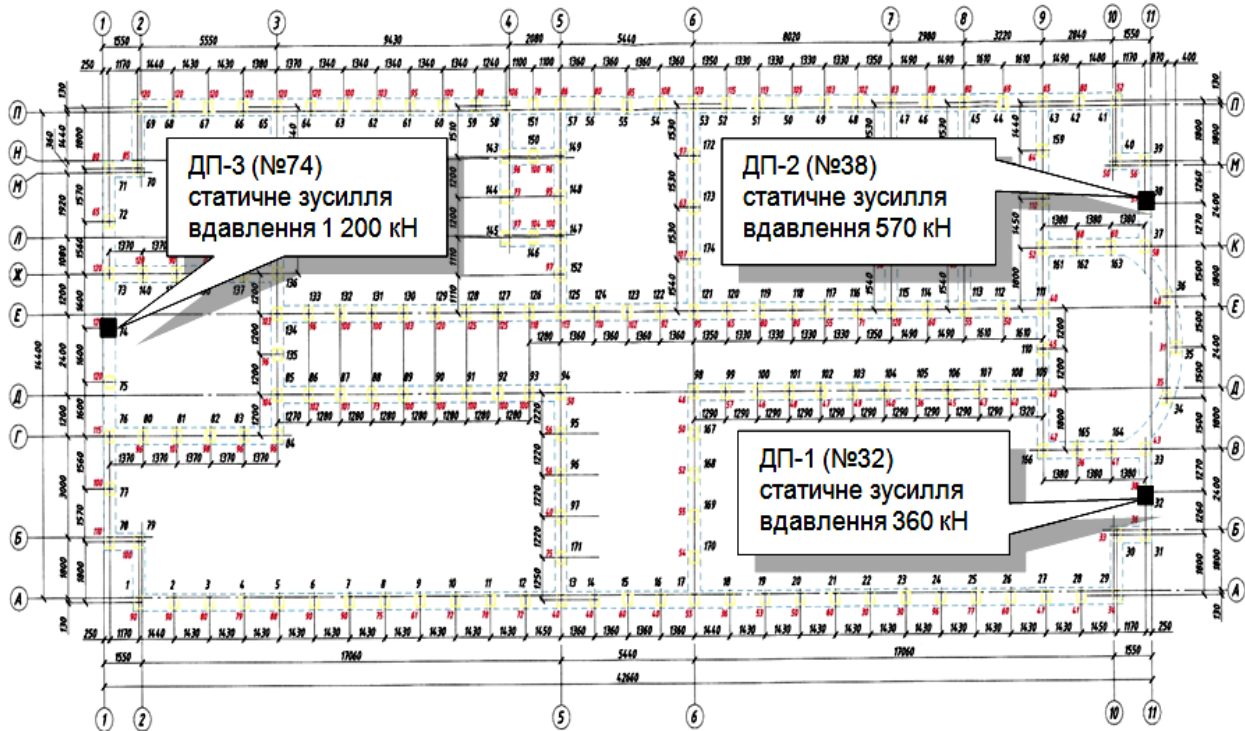


Рисунок 2 – План пального поля із позначенням дослідних паль ДП-1 (№35), ДП-2 (№38), ДП-3 (№74)

Випробування полягали у прикладенні до паль навантаження ступенями і спостереженні за їх осіданням, відповідно до ДСТУ Б В.2.1-27:2010. Навантаження палі здійснювалось ступенями по 46,2 кН за допомогою гідравлічного домкрату ДГ-100. Тиск у домкраті створювали за допомогою насосної станції НС-600 (максимальний тиск 60,0 МПа). На насосній станції встановлено зразковий манометр на 60 МПа з ціною поділки 1,0 МПа.

Кожну ступінь навантаження витримували до умовної стабілізації деформації (осідання палі), за яку прийнято її прирощення у 0,1 мм за дві години спостережень. При виконанні цієї основної умови ДСТУ Б В.2.1-27:2010, до палі прикладали наступну ступінь навантаження. Осідання палі фіксували двома прогиномірами конструкції Аістова з ціною поділки 0,01 мм, встановленими на реперній системі з сталюого прокату. Навантаження палі припиняли при перевищенні деформації у 20,0 мм. Після цього проводили розвантаження палі.

За вказаною методикою було випробувано три призматичні палі, положення яких наведено на рис. 2. Таким чином, проведені 2014 р випробування можна вважати третім циклом "навантаження – розвантаження" цих паль.

За даними журналу статичного випробування ґрунтів дослідними палями були побудовані графіки залежності осідання від навантаження  $S=f(P)$ , параметри якого приведені на рис. 3.

### Результати дослідження

За результатами випробування було виявлено, що на дослідну палю ДП-1 прикладене навантаження 739 кН, середнє осідання голови палі від максимального навантаження склало 2,104 см. З аналізу графіку (рис. 3) видно, що після розвантаження палі відбувся її підйом на 0,43 см, що показано на графіку пунктирною лінією.

На дослідну палю ДП-2 прикладене навантаження 877 кН, середнє осідання палі склало 2,046 см. Після розвантаження палі відбувся підйом палі 0,35 см.

На дослідну палю ДП-3 прикладене навантаження 924 кН, середнє осідання палі склало 0,349 см. Після розвантаження палі відбувся підйом палі 0,33 см.

Під час "відпочинку", під навантаженням від збудованих поверхів будівлі палі фактично були навантажені до величини, що склала не більше половини їх несучої здатності, проте цього

навантаження було достатньо, щоб покращити характеристики ґрунтової основи під вістрям паль. Ґрунтова основа під вістрям паль, могла мати дефекти пов'язані з можливим випинанням раніше вже влаштованих сусідніх паль, при виконанні пального поля (в 2013 р.). Зазвичай, ефект випинання знижує несучу здатність паль і підвищує деформативність їх основ при наступній роботі у складі фундаменту, але, в нашому випадку, другий та третій цикли "навантаження – розвантаження" паль сприяли зменшенню деформативності за рахунок доущільнення ґрунту пальнової основи, і як наслідок, зменшенню осідань паль. Аналіз проведеного випробування паль статичним навантаженням вдавлювання, підтверджує ефект доущільнення ґрунту під вістрям палі.

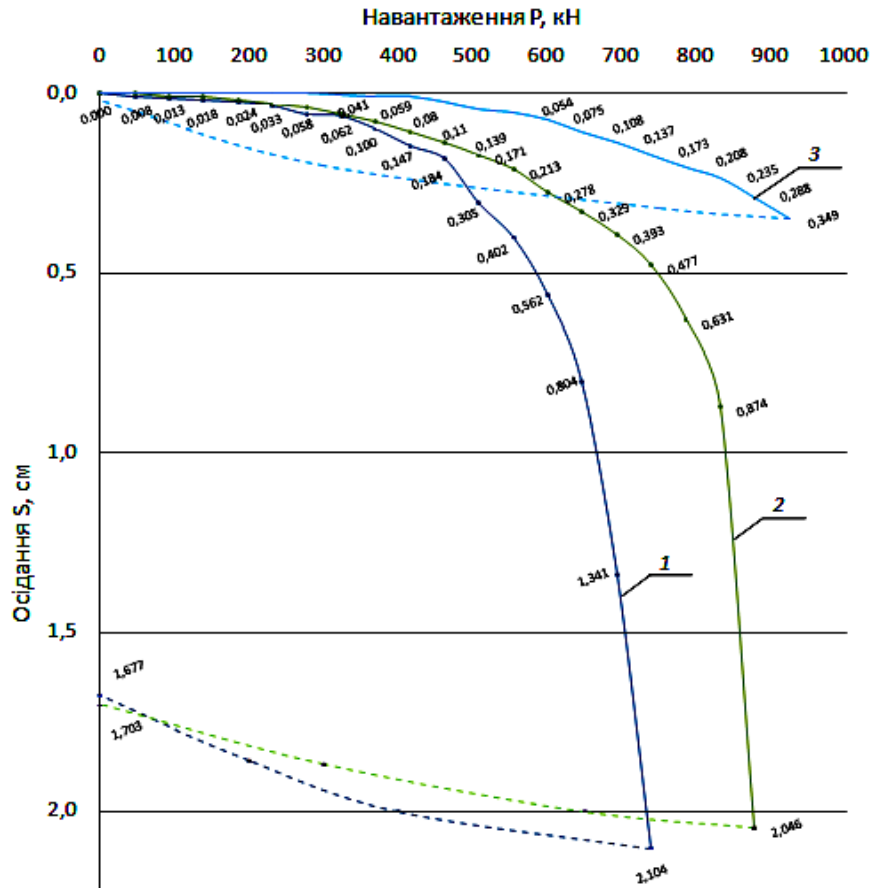


Рисунок 3 – Графіки залежності осідання  $S$  від навантаження  $P$ : 1 – ДП-1; 2 – ДП-2; 3 – ДП-3

Дослідженнями [10] також доведено, що деформативність ґрунтів при повторних навантаженнях паль суттєво знижується за рахунок доущільнення ґрунту пальнової основи, що сприяє зменшенню осідань паль, і як наслідок, підвищенню рівня надійності пальнової основи майбутньої будівлі.

Також підтверджено факт впливу фактора часу на зростання несучої здатності паль. За результатами статичних випробувань розрахункове навантаження на палі, які вдавнено до відмітки вістря 72,15 м, складає  $N=606-770$  кН в залежності від глибини занурення їх у ПЕ-6. Відповідно до проекту, погонне навантаження на ростверк зовнішньої стіни складає  $N_{II}=371,66$  кН, внутрішньої –  $N_{II}=447,11$  кН. При цьому фактичне навантаження на палю зовнішньої стіни буде  $P_{\phi}=531,53$  кН, а внутрішньої –  $P_{\phi}=576,77$  кН, що менше, встановлених значенням розрахункових навантажень на палю. Таким чином, за період "відпочинку" палі набули необхідної несучої здатності і зараз забезпечують необхідні експлуатаційні якості основ і фундаментів будівлі, тобто відпала необхідність в підсиленні частини будівлі.

Відповідно до рекомендацій ДБН В.2.1-10-2009 окреме значення опору палі вертикальному навантаженню визначимо при осіданні палі  $\Delta=2,0$  см, тобто для ДП-1  $F_u=728,0$  кН, а розрахункове навантаження на палю складає  $N=728/1,2=606,7$  кН. Для ДП-2  $F_u=870,0$  кН, а розрахункове навантаження на палю складає  $N=870/1,2=725,0$  кН. Для ДП-3  $F_u=924,0$  кН, а розрахункове навантаження на палю складає  $N=924/1,2=770,0$  кН.

Зусилля вдавлювання для дослідних паль (при випробуванні) змінилося для ДП-1 від 360 кН до 739 кН, для ДП-2 від 570 кН до 877 кН, для ДП-3 від 1 200 кН до 924 кН.

Тобто, загальне зусилля вдавнення в межах майданчика змінилося в межах від 360-1200 кН до 739-924 кН, а різниця між зусиллям вдавнення паль, які мали максимальну розбіжність, зменшилася від 840 кН до 185 кН.

Деформаційні переміщення паль, зусилля вдавнення яких при влаштуванні були максимально меншими (ДП-1 і ДП-2) стали близькими (зусилля навантаження – 2,104 і 2,046 см; зусилля розвантаження – 0,43 і 0,35 см (рис. 3)).

Деформаційні переміщення ДП-3, зусилля вдавнення якої при влаштуванні було максимальним в межах цього пального поля, значно відрізняється (зусилля навантаження при випробуванні – 0,349 см), проте зусилля розвантаження всіх трьох дослідних паль практично однакові, що помітно на графіку (рис. 3) практично однаковим нахилом лінії розвантаження. Також, одним із варіантів поясненні такої розбіжності в деформаційних переміщеннях дослідних паль між ДП-1, 2 і ДП-3 може бути закон "відпочинку" паль, який свідчить, що несуча здатність паль після "відпочинку" в глинистих ґрунтах збільшується, а в піщаних, іноді зменшується. З аналізу інженерно-геологічного перерізу (рис. 1) можна припустити, що ДП-3 була частково занурена вістрям у пісок ІГЕ-6, в той час як палі ДП-1 і ДП-2 зупинилися у глинах ІГЕ-5. Таке припущення може пояснити отриману розбіжність у несучій здатності дослідних паль.

Цикли навантаження, розвантаження і повторного навантаження необхідно повторювати до тих пір, доки криві "навантаження – осідання" для всіх паль будуть паралельними в робочому діапазоні навантажень. Досвід [11] показує, що в більшості випадків достатньо декілька циклів "навантаження – розвантаження" паль, щоб покращити характеристики ґрунту їх основ і вирівняти осідання паль.

Таким чином, попереднє навантаження фундаментів, зокрема паль (за термінологією проф. В. І. Крутова [7] і проф. Н. Brandl [11]), яке представляє собою декілька почергових процесів передачі на занурену палю статичного вертикального навантаження і зняття навантаження; процес "навантаження – розвантаження" відбувається після "відпочинку" паль, до моменту передачі на палю розрахункового навантаження від будівлі, позитивно впливає на зменшення нерівномірності осідань паль в межах будівельного майданчика. Також попереднє навантаження паль за рахунок технології виконання, практично є випробуванням паль статичним вдавлювальним навантаженням, що сприяє надійному визначенню і контролю несучої здатності кожної палі.

Контрольоване виконання таких циклів навантаження, як в проведених випробуваннях, для всіх паль, надасть можливість досягти рівномірного деформування всієї споруди і підвищити рівень надійності основи пального фундаменту, зокрема для потреб висотного будівництва.

### Висновки

- Аналіз результатів випробувань вдавнених паль доводить, що залежність несучої здатності для однакових паль в межах будівельного майданчика неоднакова, зусилля вдавнення паль при виконанні пального поля (в 2013 р.) було від 360 до 1 200 кН. Повторне ж навантаження паль недобудованою будівлею в процесі її будівництва (тривалістю 200 діб) привело до певного вирівнювання несучої здатності (осідань цих паль), бо зусилля вдавлювання при випробуванні (в 2014 р.) вже було в межах 739 – 924 кН.
- Таким чином повторне навантаження привело до зменшення значень (різняться на 20 %), а до цього значення зусиль вдавнення різнилися майже в три рази, тобто повторне навантаження сприяє вирівнюванню осідань основ і зменшенню внутрішніх напружень в конструкції, що є важливим завданням геотехнічного будівництва.
- Проектування основ і фундаментів висотних будівель, в порівнянні з проектуванням звичайних будівель і споруд, має перешкоди, викликані збільшенням сумарного навантаження на основу, питомого навантаження на фундаменти і нерівномірності цих навантажень. Всі ці фактори призводять до збільшення осідань будівель, в тому числі нерівномірних, в той час як в зв'язку з ростом висоти (поверховості) чуттєвість конструкцій будівель та їх інженерних систем до нерівномірних осідань зростає. Для рішення таких складних геотехнічних задач, на сьогодні можна застосовувати метод попереднього контрольованого навантаження паль. Дана технологія добре зарекомендувала себе в багатьох країнах, є актуальною для будівельної галузі України і потребує вдосконалення для можливості застосування цього метода в нашій країні, зокрема для висотного будівництва.

## Використана література

1. Гайдо А. Н. Исследование влияния технологических параметров вдавливания свай на несущую способность грунтов / А. Н. Гайдо, Я. В. Иванов, Я. В. Ильин // Геотехника: международный журнал. – № 5/6. – 2013. – С. 64-73.
2. Головки С. И. Экспериментальное определение несущей способности задавливаемых свай и осадок свайных фундаментов / С. И. Головки // Строительство, материаловедение, машиностроение: сб. научн. трудов. – Вып. 69. – Днепропетровск: ПГАСА, 2013. – С. 132-136.
3. Зоценко М. Л. Напружено-деформований стан основ фундаментів, які споруджують без виймання ґрунту: Автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.23.02. / М. Л. Зоценко. – К.: НДІБК, 1994. – 44 с.
4. Пономарев А. Б. Исследование фактора увеличения несущей способности свай во времени / А. Б. Пономарев, А. В. Захаров, М. А. Безгодов // Галузеве машинобудування, будівництво: зб. наук. праць. – Вип. 3(38). Том. 2. – Полтава, ПолтНТУ, 2013. – С. 288-300.
5. Карпюк И. А. Особенности взаимодействия свай, погруженных вдавливанием, с грунтом основания: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.02. / И. А. Карпюк. – Одесса, 2004. – 19 с.
6. Корнієнко М. В. Про підвищення несучої здатності вдавлених паль в глинистих ґрунтах в часі / М. В. Корнієнко, О. Б. Пресняков // Будівельні конструкції: міжвід. наук.-технічн. зб. наук. праць / ДП НДІБК. – Вип. 75. – Книга 2. – К: ДП НДІБК, 2011. – С. 331-337.
7. Крутов В. И. Упрочнение оснований фундаментов в вытрамбованных котлованах путем их предварительной пригрузки / В. И. Крутов, Н. Т. Танатаров // Основания, фундаменты и механика грунтов, 1990. – № 6. – С. 11-13.
8. Мангушев Р. А. Современные свайные технологии: Учебное пособие / Р. А. Мангушев, А. В. Ершов, А. И. Осокин. – М.: Изд-во АСВ, 2010. – 240 с.
9. Митинский В. М. Использование существующего свайного поля при новом освоении площадки / В. М. Митинский // Галузеве машинобудування, будівництво: зб. наук. праць. – Вип. 4(34). Том. 2. – Полтава, ПолтНТУ, 2012. – С. 161-164.
10. Седин В. Л. О влиянии повторных нагружений набивных свай в пробитых скважинах на деформативность их оснований / В. Л. Седин, Ю. Л. Винников, Е. М. Бикус // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического ун-та: стр-во и архитектура. – №3. – Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2014. – С. 110-118. – ISSN 2224-9826.
11. Brandl H. Cyclic preloading of piles to minimize (differential) settlements of high-rise buildings / H. Brandl // Slovak, 2005. – Slovak University of Technology, 2006. – P. 1-12.

**Зоценко Микола Леонідович** – д.т.н., професор, завідувач кафедри видобування нафти і газу та геотехніки Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка.

**Сєдін Володимир Леонідович** – д.т.н., професор, завідувач кафедри основ і фундаментів, ДВНЗ "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури", Дніпропетровськ.

**Бікус Катерина Михайлівна** – м.н.с., аспірант ДВНЗ "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури", Дніпропетровськ.

**Зоценко Николай Леонидович** – д.т.н., профессор, заведующий кафедрой добычи нефти и газа и геотехники, Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка, Полтава.

**Седин Владимир Леонидович** – д.т.н., профессор, заведующий кафедрой.

**Бикус Екатерина Михайловна** – м.н.с., аспирант ГВУЗ "Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры", Днепропетровск.

**Zotcenko Nikolaj** – Dr. Sc. (Tech.), Professor, Head of Department, Department of Oil and Gas Industry and Geotechnique, Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University, Poltava.

**Siedin Vladimir** – Dr. Sc. (Tech.), Professor, Head of Department.

**Bikus Katarina** – Junior Researcher, Post-Graduate Student Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, Dnepropetrovsk.