

УДК 624.13;725

*О.М. Галінський, к.т.н.; О.М. Чернухін, к.т.н.;
С.А. Марчук; В.М. Хоменко, НДІБВ, Київ*

ОСОБЛИВОСТІ ТИМЧАСОВОЇ ОГОРОЖІ БУДІВЕЛЬНОГО КОТЛОВАНУ "ХОЛОДНОЇ ЗОНИ" НСК "ОЛІМПІЙСЬКИЙ" У КИЄВІ

АНОТАЦІЯ

В статті розглянуті особливості конструкції, технологія та механізми, які застосовувалися при влаштуванні шпунтової огорожі будівельного котловану "холодної зони" при реконструкції НСК "Олімпійський".

Розглянуто недоліки конструкції та технології влаштування огорожі котловану та запропоновано способи їх вирішення в рамках наукового супроводу.

Показано необхідність додаткового розрахунку дощатої заборки з урахуванням тиску на неї перезволоженого ґрунту.

Запропоновано розрахунок максимально допустимої висоти отвору між стояками підпірної

стінки, в межах якої слід починати укладання дощок заборки.

Ключові слова: НСК "Олімпійський", "холодна зона", котлован, тимчасова огорожа, стояк, дощата заборка, розрахунок.

Під час реконструкції НСК "Олімпійський" до Євро-2012 на його території проводилося будівництво підземних споруд різного призначення, у тому числі підземної споруди, що розташована навколо стадіону для розташування технічних приміщень. Ця споруда мала назву "холодна зона" (надалі ХЗ).

Для будівництва "холодної зони" було розроблено будівельний котлован шириною 15,7-19,9 м, глибиною від 5 до 6 м. Цей котлован дугоподібно охоплював трибуни стадіону з боку Черепанової гори (Рис. 1). За даними інженерно-геологічних вишукувань інституту "КиївГео" ґрунти, що були в котловані ХЗ, представлені супісками та дрібнозернистими пісками.

Складність ситуації полягала в тому, що котлован розроблювався частково на відстані 1-2 м від фундаментів пілонів трибуни верхнього ярусу (рис. 2). З боку Черепанової гори на бермі шири-

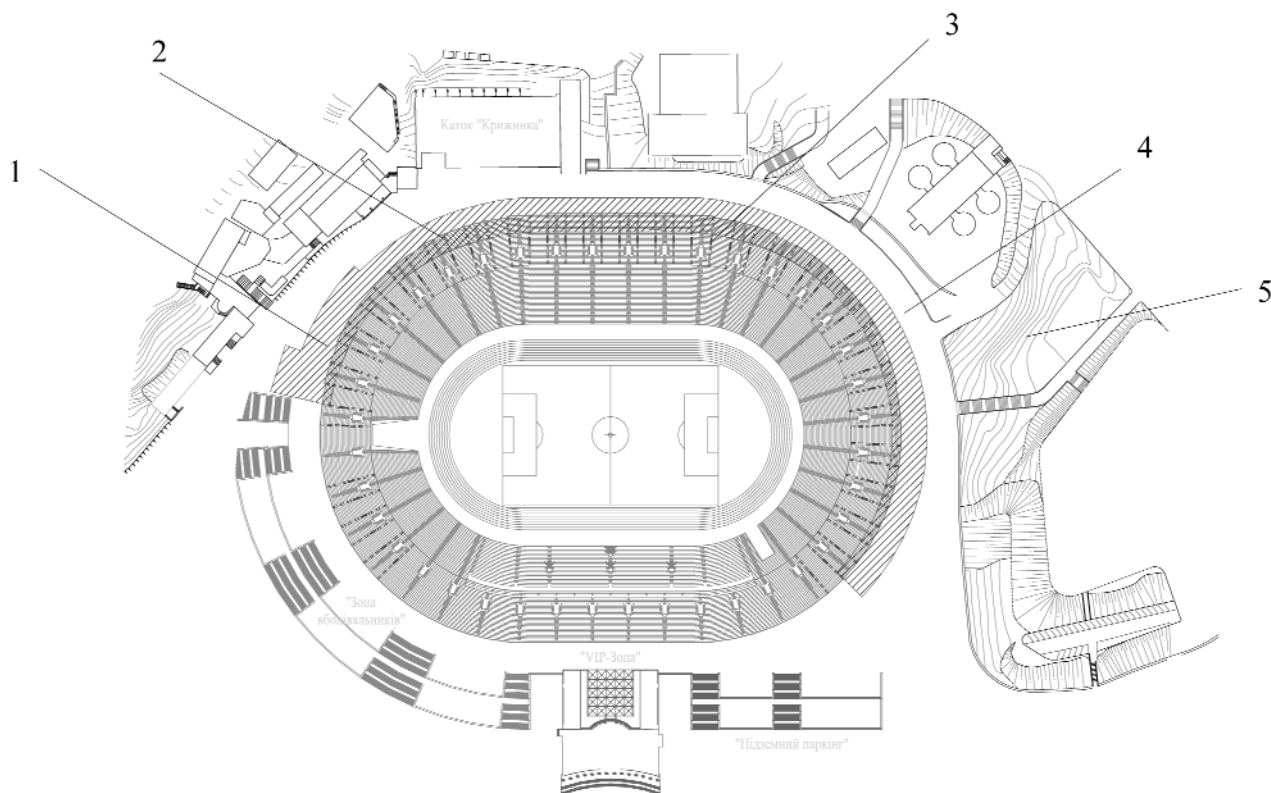


Рис. 1. План розташування котловану "холодної зони" на території НСК "Олімпійський":

1 — котлован "холодної зони"; 2 — трибуна верхнього ярусу; 3 — пілон трибуни верхнього ярусу, 4 — об'їзна дорога, 5 — схили Черепанової гори

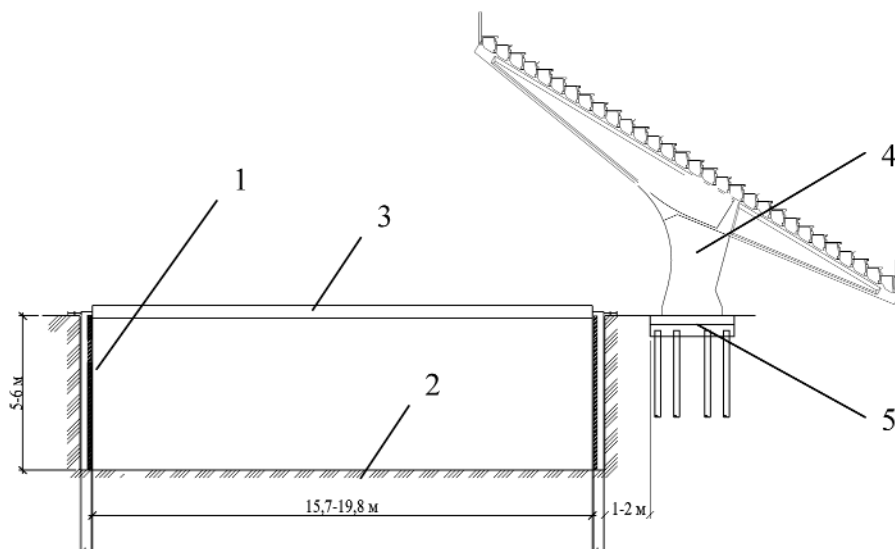


Рис. 2. Розташування котловану "холодної зони" відносно пілонів трибуни верхнього ярусу:
1 – огорожа котловану, 2 – дно котловану, 3 – розпірка, 4 – пілон, 5 – фундамент пілону

ною близько 5 м до котловану примикала єдина об'їзна дорога для проїзду будівельної техніки. Головна небезпека, яку необхідно було уникнути при влаштуванні котловану ХЗ, полягала в тому, щоб не допустити найменшого зміщення фундаментів пілонів трибуни верхнього ярусу.

Існує велика кількість сучасних способів огорожі будівельних котлованів, які використовуються в умовах щільної забудови, таких, як підпірні стіни з паль, стіни, що виконуються способом "стіна в ґрунті" та інші. Але при дуже стислих термінах, що були відведені для влаштування огорожі котловану ХЗ, перевагу було надано конструкціям, що складаються з металевих стояків з дерев'яною забіркою. Головною перевагою цих конструкцій є простота виконання та можливість прийняття проектних навантажень відразу після завершення будівельних робіт та порівняно невисока вартість.

Загальна довжина тимчасових огорож котлованів, що були виконані при реконструкції НСК "Олімпійський", та утримуючих підпірних стін зсувних схилів Черепанової гори склала близько 2,75 км, з яких близько 1 км припало на огорожу котловану "холодної зони".

За проектом інституту "Київоргбуд" тимчасова огорожа котловану ХЗ являла собою підпірну стінку, що складалася з металевих стояків, дерев'яної забірки та металевого обв'язувального пояса (рис. 3).

Стояки і обв'язувальний пояс були запроектовані із металевих двотаврів № 36М, а забірка з сос-

нових дощок товщиною 50 мм.

У зв'язку з тим, що котлован являв собою дугоподібну в плані форму, крок стояків з боку пілонів був прийнятий 1,0 м, а з боку Черепанової гори — 1,2 м.

Стійкість стінки забезпечувалася зануренням стояків нижче дна котловану на 4-6 м та розпірками з сталевих труб $\varnothing 630$, які встановлювалися на рівні майбутнього перекриття споруди ХЗ у створі з пілонами через 10 м.

Роботи з влаштування огорожі котловану ХЗ виконувала фірма "Паля". Розміщення котловану ХЗ під нависаючими трибунами верхнього ярусу не дозволяло застосувати вилогоабаритну техніку, тому буріння свердловин для встановлення в них стояків виконувалося малогабаритними пересувними верстатами марок РБУ-2М та DESTA-900. Висота цих верстатів не перевищувала 4 м, а бурова колона складалася з окремих шнеків довжиною до 1,5 м (рис. 4). Всього було задіяно 6 бурових установок. Одна бурова установка виконувала 8-10 свердловин за робочу зміну. Стояки занурювались в свердловину поступово з окремих елементів довжиною 2,5-5 м (рис. 5). До встановлених у свердловини стояків з зовнішнього боку котловану приварювався обв'язувальний пояс з двох двотаврів. По мірі розробки котловану між стояками встановлювалася дощата забірка.

У процесі наукового супроводу влаштування котловану ХЗ та його огорожі співробітниками НДІБВ виконано розрахунок підпірної стіни, яким встановлено недостатню несучу здатність



Рис. 3. Елементи огорожі котловану ХЗ:

1-стояк з двотавру №36М, 2-забірка з дощок товщиною 50 мм.,
3-розпірка з металевої труби $\varnothing$ 630 мм, 4-обв'язувальний пояс з двох двотаврів №36М

обв'язувального поясу. Було рекомендовано зменшити крок розпірних конструкцій до 10 м, а обв'язувальний пояс запропоновано влаштувати з внутрішнього боку котловану.

В складі наукового супроводу було розроблено технологічну карту, у відповідності з якою ґрунт повинен розроблятися горизонтальними шарами висотою 1-1,5 м. Причому розробка наступного шару

ґрунту дозволялася тільки після вкладання забірки за полиці стояків у межах попереднього шару.

Під час буріння шнекові секції бурових установок РБУ-2М та DESTA-900 з'єднувалися шарнірно через втулку, внаслідок чого певна кількість свердловин і відповідно стояків ще на етапі будівництва виконувалась з видимим відхиленням в бік котловану на величину 15-30 см. Це мог-



Рис. 4. Буріння свердловини та дістання шнекової колони зі свердловини:

1 — шнекова колона 2 — бурова установка РБУ-2М, 3 — стріла крана,
4 — пілон трибуни верхнього ярусу

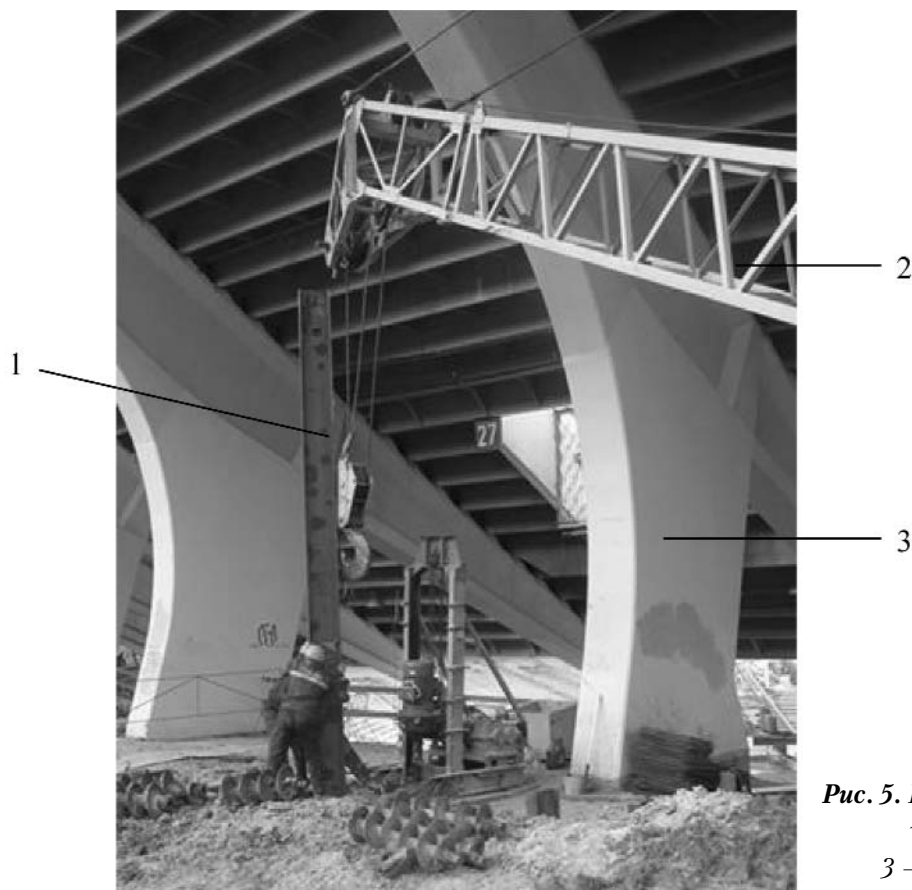


Рис. 5. Встановлення стояка в свердловину:
1 – стояк, 2 – стріла крана,
3 – пілон трибун верхнього ярусу

ло створювати певні перешкоди при опусканні в свердловину стояків. Тому було запропоновано використання жорсткого різьбового з'єднання між шнеками бурової колони.

Внаслідок атмосферних опадів спостерігалось перезволоження ґрунту за підпірною стіною, внаслідок чого деякі дошки нижнього ряду забірки не витримали навантажень. У цих місцях спостерігалось їх випадіння з вивалом ґрунту (рис. 6).

У зв'язку з цим було виконано повірочний розрахунок дощатої забірки, при якому прийнято, що:

- дошка забірки розташована на рівні дна котловану на глибині $h=6$ м, де на неї діє максимальне навантаження;
- дошки забірки виконані висотою $b=40$ см, товщиною $t=50$ мм з сосни з нормальним допустимим напруженням $[\sigma]=100$ кг/см²;
- при мінімальному за проектом кроці стояків $L=1$ м розрахункову довжину дощок забірки приймаємо $l=0,9$ м;
- ґрунт – пісок пилюватий середньої щільності, у якого: $\gamma = 17,9$ кН/м³, $\varphi = 27^\circ$, $C=0$ кПа, $e=0,65$, у водонасиченому стані з урахуванням зважуючої дії води питома вага склала $\gamma=20$ кН/м³.

Значення бічного тиску ґрунту на дошку знаходимо за формулою, наведеною в [1]:

$$\sigma = \left[h \cdot \gamma \cdot \lambda - C \cdot \left(\frac{1 - \lambda}{\tan \varphi} \right) \right] \cdot \gamma_f, \quad (1)$$

де

h – глибина котловану, м,

γ – питома вага ґрунту, кН/м³,

φ – кут внутрішнього тертя, град,

λ – коефіцієнт бічного тиску, який залежить

від φ , що дорівнює 0,38,

C – зчеплення, кПа,

γ_f – коефіцієнт надійності за навантаженням, що дорівнює 1,1.

Після підстановки в формулу прийнятих значень отримаємо $\sigma = 82,8$ кН/м².

Знаходимо момент опору дошки з формули:

$$W_u = \frac{b \cdot t^2}{6} = \frac{0,4 \cdot 0,05^2}{6} = 0,00017 \text{ м}^3 \quad (2)$$

Лінійне рівномірно розподілене навантаження від ґрунту на дошку буде $q = \sigma \cdot b = 82,8 \cdot 0,4 = 33,1$ кН/м,

Максимальний згинальний момент, що виникає посередині дошки:

$$M_{\max} = \frac{q \cdot l^2}{8} = \frac{33,1 \cdot 0,9^2}{8} = 3,35 \text{ кН} \cdot \text{м} \quad (3)$$



Рис. 6. Замокання та випадіння дощок забірки з вивалом ґрунту:
1 – місця замкання дощок забірки, 2 – випирання ґрунту

Міцність перерізу дошки за нормальним напруженням:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W_u} = \frac{3,35}{0,00017} = 19706 \text{ кН} / \text{м}^3 =$$

$$= 197,1 \text{ кг} / \text{см}^2 > [\sigma] = 100 \text{ кг} / \text{см}^2. \quad (4)$$

$\sigma_{\max} > [\sigma]$, тобто умова не виконується. Прийняті в проєкті розміри дошки забірки не відповідають фактичним навантаженням.

Для вищезгаданих ґрунтових умов побудовано графік (рис. 7) залежності товщини дощок забірки від кроку стояків L та глибини їх розташування h за формулою $t = 0,03 \cdot l \cdot \sqrt{h}$. З графіка виходить, що товщина дошки повинна бути не меншою 75 мм.

Щоб внести визначеність у вибір гранично-допустимої висоти ділянки стінки, в межах якої

ґрунт ще буде стійкий від вивалу, нами пропонується скористатися залежностями, що описують зусилля, що виникають при висмикуванні фундаментів ліній повітряних електропередач, наведених в посібнику (2), та рекомендаціями (3).

При цьому згідно з (3) простір між стояками пропонуємо рахувати, як коротку траншею з відношенням довжини та глибини $L/H \leq 2$. Масив ґрунту між стояками пропонується рахувати у формі напівциліндра радіусом $r=L/2$, який сповзає по поверхні ковзання, що нахилена до горизонту під кутом Θ (Рис. 8). Для ґрунтів зі зчепленням кут Θ за-

лежить від кута внутрішнього тертя та відношення L/H , а для ґрунтів, що не мають зчеплення, кут Θ не перевищує кута внутрішнього тертя.

Згідно з (2) приймаємо, що зсувне навантаження відповідає навантаженню при висмикуванні $F_{\text{виш}} = F_n$, а розрахунковий опір вивалу ґрунту – розрахунковому опору висмикування $R_{\text{виш}} = R_{bf}$.

В стані граничної рівноваги стійкість не обводненого ґрунтового масиву між стояками забезпечується за умови:

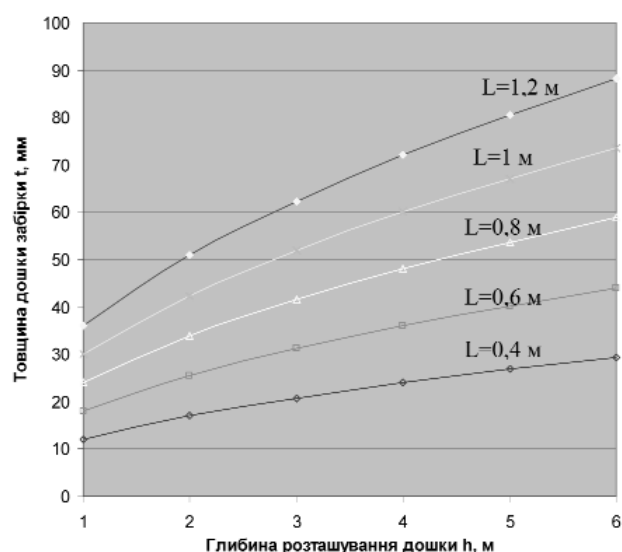


Рис. 7. Графік залежності товщини дощок забірки від кроку стояків та глибини її розташування, коли ґрунт знаходиться в водонасиченому стані

$$F_{\text{вип}} \leq R_{\text{вип}} * \Sigma A, \quad (5)$$

де

$R_{\text{вип}}$ — розрахунковий опір вивалу ґрунту за сипки, що приймається для дрібнозернистих пісків при ступені вологості $Sr < 0,8$ на глибині більше 2 м, що дорівнює 80 кПа, а пілуватих 60 кПа.

ΣA — площа бічної поверхні нижньої частини масиву ґрунту, що випирається, з основою у вигляді поверхні ковзання,

Розрахункове зсувне навантаження пропонується визначити за формулою:

$$F_{\text{вип.}} = (\gamma * V + \Sigma A * C_0) / \gamma_n, \quad (6)$$

де

γ — питома вага ґрунту, яка в нашому випадку дорівнює 17,9 кН/м³;

V — об'єм ґрунту, м³, який випирається;

C_0 — розрахункове значення питомого зчеплення, кПа,

γ_n — коефіцієнт надійності по ґрунту, що приймається 0,9.

У граничному стані повинна виконуватись залежність :

$$(\gamma * V + \Sigma A * C_0) / \gamma_n \leq R_{\text{вип}} * \Sigma A \quad (7)$$

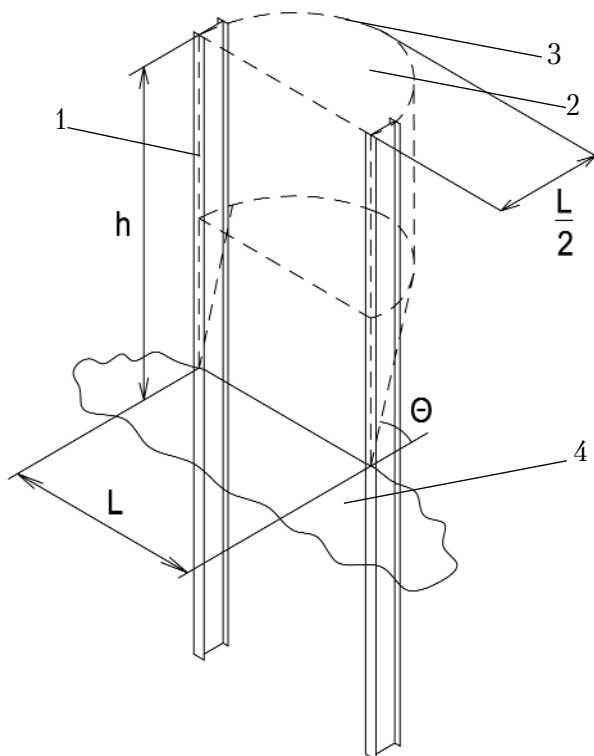


Рис. 8. Схема утворення розвантажувального склепіння між стояками:

1 — стояк, 2 — масив ґрунту, 3 — контур розвантажувального склепіння, 4 — дно котловану

Якщо в ґрунтах відсутнє зчеплення, формула (7) має вигляд:

$$\gamma * V / \gamma_n < R_{\text{вип}} * \Sigma A \quad (8)$$

У нашому випадку при $L=1$ м та $\Theta=\varphi=27^\circ$ методом підбору знаходимо значення h , при якому виконується рівняння (4), тобто необхідну висоту ділянки, у межах якої слід починати вкладання дощок забірки. У нашому випадку $h=1,6$ м.

Існуючими рекомендаціями ДБН А.3.2-2-2009 (4) пропонується висоту ділянки, у межах якої необхідно починати вкладання дощок забірки, обмежувати: для піщаних ґрунтів — 1 м, для супіщаних — 1,2 м і для глинистих 1,5 м., але ця рекомендація не враховує фізико-механічні властивості ґрунтів в залежності від їх вологості та зчеплення та особливості напружено-деформованого стану ґрунтового масиву при утворенні розвантажувального склепіння між стояками. Наведений вище розрахунок дозволяє це врахувати.

Висновки

1 Дерев'яно-металева огорожа котловану "холодної зони" підтвердила свою ефективність. Науковий супровід технології влаштування тимчасової огорожі показав, що стійкість огорожі значною мірою обумовлюється точністю встановлення стояків в проектне положення, яке не завжди вдається виконати при бурінні свердловин шнеками, що шарнірно з'єднуються між собою,

2 Виконані розрахунки дощок збірки огорожі котловану "холодної зони" показали, що їх несуча здатність у випадку тиску на них водонасиченого ґрунту виявилася недостатньою, тому їх слід розраховувати на можливість перезволоження ґрунтів атмосферними опадами,

3 Урахування утворення в ґрунті між стояками розвантажувального склепіння дозволяє обчислювати максимально допустиму висоту отвору між стояками, в межах якої слід починати вкладання дощок забірки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Е.А. Сорочан, Ю.Г. Трофименков. *Справочник проектировщика. Основания, фундаменты и подземные сооружения*, Москва, Стройиздат, 1985.

2. *Пособие по проектированию оснований зданий и сооружений (к СНиП 2.02.01-83)*, Москва, 1986.

3. *Рекомендации по возведению заглубленных со-*

оружений и конструкций методом "стена в грунте", НИИСП, 1973.

4. ДБН А.3.2-2-2009 "Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення". Мінрегіонбуд України, Київ, 2012.

АННОТАЦІЯ

В статье рассмотрены особенности конструкции, технология и механизмы, которые применялись при устройстве шпунтового ограждения строительного котлована "холодной зоны" при реконструкции НСК "Олимпийский".

Рассмотрены недостатки конструкции и технологии устройства ограждения котлована и предложены способы их решения в рамках научного сопровождения.

Показана необходимость дополнительного расчета дощатой забирки с учетом давления на нее переувлажненного грунта.

Предложен расчет максимально допустимой высоты проема между стойками подпорной стенки, в пределах которой следует начинать укладку досок забирки.

Ключевые слова: НСК "Олимпийский", "холодная зона", котлован, временное ограждение, стоек, дощатая забирка, расчет.

ANOTATION

In the article considered structural features, technology and mechanisms that have been used during arrangement of sheet piling construction of "cold zone" ditch during reconstruction NSK "Olympic".

Considered the design and technology disadvantages of arrangement ditch inclosure and proposed solutions within scientific support.

The necessity of additional calculation boarded insertion with the pressure on her water-logged soil shown.

Proposed a calculation of maximum allowable height of the aperture between the posts of retaining wall within which should to start laying boarded insertion.

Keywords: NSK "Olympic", "cold zone", ditch, temporary inclosure, post, boarded insertion, calculation.

УДК 624. 046. 2

*П.М. Кір'язєв, к.т.н., доцент, ДонДТУ;
М.С. Барабаш, к.т.н., доцент;
М.А. Ромашкіна, НАУ, Київ*

СПОСІБ ЧИСЕЛЬНОГО МОДЕЛЮВАННЯ КОНСТРУКЦІЙ ВИСОТНОЇ СПОРУДИ В НЕЛІНІЙНІЙ ПОСТАНОВЦІ

АНОТАЦІЯ

У статті розглядається модель вежі вітроенергетичної установки (ВЕУ), створеної за допомоги ПК "ЛІРА-САПР", яка має фізично і геометрично нелінійні елементи і яка розрахована з урахуванням схеми зведення та порядку навантаження. Мета теоретичних досліджень полягає у встановленні впливу процесу зведення та порядку навантаження на напружено-деформований стан елементів конструкції ВЕУ.

Ключові слова: моделювання, процес зведення, вітроенергетична установка

Актуальність теми. Сучасні програмні комплекси, що використовуються у будівництві, дозволяють розрахувати та запроектувати споруди будь-якої складності [1]. Процес проектування значно відрізняється від традиційного, тому що при проектуванні складних, нетипових будівель та споруд необхідно враховувати сумісну роботу усіх конструктивних елементів між собою та сумісну роботу наземної частини будівлі з ґрунтовою основою. При лінійному традиційному розрахунку неможливо врахувати реальну роботу конструктивних елементів. Єдина вимога тут — співвідношення жорсткостей у запроектованій конструкції має бути таким, як у вихідних даних при визначенні зусиль. При проведенні розрахунку з врахуванням нелінійних властивостей елементів можливо змоделювати реальну роботу усієї будівлі або споруди, в тому числі провести аналіз надійності.

Нижче наведені деякі результати дослідження напружено-деформованого (НДС) стану системи, яка має і фізично, і геометрично нелінійні елементи.

Об'єкт дослідження. У представленій роботі розглядається модель вежі вітроенергетичної установки (ВЕУ), створеної за допомоги ПК "ЛІРА-САПР" [2], для якої визначалося критичне навантаження при розрахунку в нелінійній постановці