

УДК 699.8;624.15;624.13

С.А. Марчук, О.М. Чернухін

ДП "Науково-дослідний інститут будівельного виробництва", м. Київ, Україна

ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ГІДРОІЗОЛЯЦІЇ ПІДЗЕМНИХ СПОРУД ЗА ДОПОМОГОЮ ДРЕНАЖІВ ГЛИБОКОГО ЗАКЛАДАННЯ

Анотація: В статті розкриті особливості влаштування дренажів глибокого закладання з метою забезпечення більш надійної гідроізоляції палевих підірних стін на зсувонебезпечних схилах Черепанової гори у м. Києві.

Ключові слова: ГІДРОІЗОЛЯЦІЯ, ДРЕНАЖ, ПІДПІРНІ СТІНИ, СХИЛИ ГОРИ.

В умовах щільної забудови в підніжжі зсувонебезпечних схилів та за наявності високого рівня ґрунтових вод, коли неможливо виконати гідроізоляцію з зовнішнього боку підземної споруди, гідроізоляцію виконують з середини споруди. В такому випадку виникає небезпека відриву або пошкодження гідроізоляції під тиском ґрунтових вод. Знизити рівень ґрунтових вод дозволяє дренаж, який закладається нижче підшви споруди.

Влаштування дренажу не залежить від стану поверхні споруди і не потребує її ретельної підготовки і очищення, як це необхідно робити при влаштуванні гідроізоляції. Дренаж влаштовується з зовнішнього боку підземної споруди і, за необхідності, може виключатися з роботи за допомогою зсувок, які встановлюються в усті дрени.

Технологія влаштування дренажу глибокого закладання з зовнішнього боку підземної споруди наведена на прикладі влаштування дренажу за палевими підірними стінами ПС-5 та ПС-10, ПС-11, які були побудовані на зсувних схилах Черепанової гори при реконструкції НСК "Олімпійський" в м. Києві.

Територія НСК "Олімпійський" розташована біля підніжжя пі-внично-західного схилу Черепанової гори і частково охоплює надзаплавну терасу р. Либідь. Перепад позначок поверхні землі до підніжжя схилу сягає 58 м. Схили складені зсувними алювіально-делювіальними ґрунтами, які представлені переважно суглинками з коефіцієнтом фільтрації $K_{\phi} = 0,1$ м/добу. Ґрунти підтоплюються потужним водоносним горизонтом та верховодкою.

Об'єднаний водоносний горизонт живиться за рахунок інфільтрації атмосферних опадів, поверхневого стоку та витоків з водонесучих комунікацій. Горизонт — безнапірний, але в місцях розташування на його шляху лінз з водотривких ґрунтів, спостерігається поява місцевого напору до 2 м. Аналіз інженерно-геологічних умов показав, що на схилах гори рівень ґрунтових вод — невитриманий /1/.

При розширенні території стадіону у бік Черепанової гори виникла необхідність в підробці існуючих схилів. Для утримання нових вертикальних відкосів висотою до 6 м були побудовані палеві підірні стіни. Палі перетинали 20 метровий шар слабofільтруючих алювіально-делювіальних ґрунтів і на 2 м занурювалися в водотривкий шар глин. Така перешкода могла викликати підняття рівня ґрунтової води на 1–2 м вище існуючого, який за даними інженерно-геологічних вишукувань розташовувався на 1,5 м вище дна котловану попереду стінки. Підняття рівня ґрунтових вод могло привести не тільки до збільшення нава-

нтажень на підірну стіну, але й до появи на її лицевій поверхні небажаних витоків та замокань на більш високих відмітках.

Одним із способів запобігання підняттю рівнів ґрунтових вод є влаштування дренажів, які необхідно виконувати на глибині нижче майдану зони гостинності, в нашому випадку — на глибині 5 м від верху підірної стінки.

При будівництві звичайних підірних стін дренаж виконується у відкритому котловані. При влаштуванні дренажу за палевою стінкою — такої можливості немає. Траншею для дренажу доводиться відривати після завершення будівництва паль з застосуванням багатоярусного кріплення її стінок, а при високому рівні ґрунтових вод ще і з використанням водовідливу, або водозниження. Розміщення траншеї за палевою стінкою в основі схилу додатково потребує подальшої підробки схилу і його закріплення. Після влаштування дренажу виникає необхідність демонтажу багатоярусного кріплення, яке може заважати притоку ґрунтової води до дренажу. Виконання вказаних робіт потребує значних затрат часу, додаткових допоміжних трудових і матеріальних витрат.

Будівництво палевих підірних стін навколо будівельних котлованів та в якості підземних частин будинків стає все більш поширеним в зв'язку освоєнням підземного простору, будівництвом багатопверхових підземних паркінгів тощо. Тому досвід влаштування дренажів за палевими підірними стінами на такому відповідальному об'єкті, як НСК "Олімпійський", може бути корисним для застосування на інших будівництвах.

В статті наведений приклад влаштування дренажів за палевими підірними стінами, що розташовані впоперек і вздовж схилів: ПС-5 (рис. 1) та ПС-10, ПС-11 (рис. 2).

Згідно з проектом ДП "НДІБВ" конструкція і технологія влаштування дренажів в палевих підірних стінах відрізнялися в залежності від їх напрямку по відношенню до схилу. При розташуванні палевої підірної стіни поперек схилу (ПС-5) дренаж на довжині 280 м виконувався з габіонів, а при розміщенні палевих підірних стін ПС-10 та ПС-11 загальною довжиною 42 м вздовж схилу — з коротких променів.

Конструкція підірних стін в обох випадках була однаковою. Обидві підірні стінки були виконані з двох рядів паль. Відстань між рядами паль складає 2 м. Діаметр буронабивних паль — 1000 мм, крок паль в ряду — 2 м.



Рис. 1. Загальний вигляд палевої підпірної стіни ПС-5, що виконана поперек схилу
1 – палева підпірна стіна ПС-5, 2 – балки, що утримують круті відкоси за палевою стінкою,
3 – Косий капонір, 4 – покриття майдану зони гостинності

Виконані інженерно-геологічні вишукування і гідрометеорологічні спостереження показали, що вода до підпірних стін може потрапити двома шляхами: постійна ґрунтова – зі слабо фільтруючого лесового суглинку та інфільтраційна – під час рясних атмосферних опадів.

З виконаних ДП "НДІБВ" розрахунків слідує:

1. Питомий приток ґрунтової води до підпірної стінки ПС-5, яка розташована поперек схилу, знаходимо за відомою залежністю /2/ :

$$q_5 = K \cdot (H^2 - h^2) / 2 \cdot R, = 0,1 \cdot (7^2 - 2^2) / 2 \cdot 130 = 0,1 \cdot 45 / (2 \cdot 130) = 0,017 \text{ м}^3 / \text{добу} \quad (1),$$

де:

q^5 - питомий приток ґрунтової води до дренажу, м/доб.;

K – коефіцієнт фільтрації суглинків, 0,1 м/доб.;

H – 7 м та $h=2$ м – напори ґрунтової води;

R – радіус кривої депресії ґрунтового потоку за формулою Кусакіна, 130 м.

2. Питомий приток інфільтраційної води q^5 до підпірної стіни ПС – 5 знаходимо з загального притоку Q_p , який знаходимо за /3/:

$$Q_p = w \cdot F \cdot (1-a) / L = 8985,6 \cdot 5600 \cdot 0,36 / 10000 \cdot 280 = 6,47 \text{ м}^3 / \text{добу} \quad (2),$$

де:

w – гранична інтенсивність дощу тривалістю 20 хв. для м. Києва за даними /4/ прийнято: $w = 104 \text{ л/с} = 8985,6 \text{ м}^3 / \text{добу}$ на 1га (10000 м²);

a - коефіцієнт поверхового стоку для паркової зони, 0,64;

L - довжина, 280 м;

$F = L \cdot b$ – водозбірна площа, 280*20=5600 м².

b - ширина водозбіру, м.

$q^5 = Q_p / L = 6,47 / 280 = 0,023 \text{ м}^3 / \text{добу}$.

З розрахунків видно, що найбільший приток води очікується внаслідок інфільтрації, тому було прийнято рішення виконати водозбірну частину дренажу палевої підпірної стіни ПС-5 з габіонів. Воду з



Рис. 2. Палеві підпірні стіни ПС-10 та ПС-11, що влштовані вздовж схилу
1 – крутий схил, 2 – палеві підпірні стіни ПС-10 та ПС-11, 3 – парпет з зовнішнього боку дробини,
4 – покриття майдану зони гостинності

габйонів передбачено відводити за допомогою патрубків, виконаних з дренажної труби Ельпласт – 110, яка обгорталася геотекстилем Тупар-40.

У зв'язку зі значним ухилом поверхні ґрунту у напрямку вздовж підпірних стін ПС-10 та ПС-11 загальною довжиною всього 42 м з коефіцієнтом поверхового стоку $a > 0,95$ очікувати питомий приплив інфільтраційної води в такій же кількості, як до підпірної стіни ПС-5, підстав не було.

Тому в рахунок був використаний приплив лише ґрунтової води, а дренаж в підпірних стінах ПС-10 та ПС-11 виконувати з коротких променів, які протикають стіну біля її підніжжя.

Короткі промені представляють собою дрена довжиною 3 м, яка складається з трубофільтра "Полісток"-160 довжиною 1500 мм та дренажної труби.

У випадку використання коротких променів, які конструктивно вкладалися між палями з кроком 2 м, виникло два питання: водозбірної спроможності променю перехопити ґрунтовий потік та глибини його закладання, яка обумовлена необхідністю недопущення появи витоків ґрунтової вище підніжжя стіни.

Існує декілька методів розрахунку водозбірної спроможності таких променів. Ми використали розрахунок, який запропонований Ю. Пономаренко /4/.

В основу розрахунку водозбірної спроможності короткого променю покладена гіпотеза, що вона буде більшою ніж вертикальної свердловини таких же розмірів.

Приплив до вертикальної свердловини знаходимо за відомою залежністю:

$$Q = k \cdot H \cdot S / \Phi = 0,1 \cdot 1,5 \cdot 1,5 / 3,64 = 0,12 \text{ м}^3/\text{доб.}, \quad (3)$$

де:

K - 0,1 м/доб., коефіцієнт фільтрації лесового ґрунту;

H - 1,5 м, середня глибина рівня ґрунтових вод над променем, м;

S - 1,5 м, потрібний рівень зниження ґрунтової води, м;

Φ – функція опору для стрічкового недосконалого дренажу, яка визначається за формулою:

$$\Phi = (2 \cdot H / 3,14) \cdot \ln H / 3,14 \cdot r_h + r_d) / L_p,$$

де:

r_d - 10 м, радіус впливу короткого променю на зниження рівня ґрунтової води в лесовому суглинку;

r_h - 0,16 м, діаметр фільтра короткого променю;

L_p - 3 м, довжина променю.

$$\Phi = ((2 \cdot 1,5 / 3,14) \cdot \ln (1,5 / 3,14 \cdot 0,16 + 10)) \cdot 1 / 3 = ((0,95 \cdot \ln (1,5 / 3,14 \cdot 0,16) + 10)) \cdot 1 / 3 = (0,95 \cdot 1,09 + 10) \cdot 0,33 = 3,64.$$

Після підстановки даних у формулу 3, отримаємо, що водозбірна спроможність короткого променю такого же розміру, як і вертикальна свердловина, буде $Q = 0,12 \text{ м}^3/\text{доб.}$

Кожна коротка променева дрена перехоплює ґрунтову воду, яка стікає до неї з довжини 2 м поперек схилу, тому приток буде складатися з двох питомих притоків, які надходять до палевої підпірної стінки ПС-5:

$$q_p = q \cdot 2 = 0,017 \cdot 2 = 0,034 \text{ м}^3/\text{доб.}$$

Водозбірна здатність короткої променевої дрена виявляється в $Q/q_p = 0,12 / 0,034 = 3,5$ разів більша за обсягу ґрунтової води, яка може потрапити зовні до підпірних стінок ПС 10 та ПС-11.

При використанні коротких променевих дрена в підпірних стінках виникає також необхідність (у порівнянні з дренажами з габйонів) виконувати розрахунок положення максимальних рівнів кривих депресії суміжних коротких променів біля підпірної стіни, щоб уникнути появи витоків води вище покриття майдану зони гостінності.

Розташування максимального рівня кривої депресії біля витоків води в просторі між суміжними дренами (Z), при кроці променів в 2 м, знаходимо за залежністю /5/:

$$Z^2 = w (L_k - r_d)^2 / k + h^2 = 1,5 \cdot 10^{-3} \cdot (2 - 0,16)^2 / 0,1 + 0,082 = 0,12 + 0,0064 = 0,1264 \text{ м}^2,$$

де:

L_k - прийнятий крок променів вздовж стінки – 2 м;

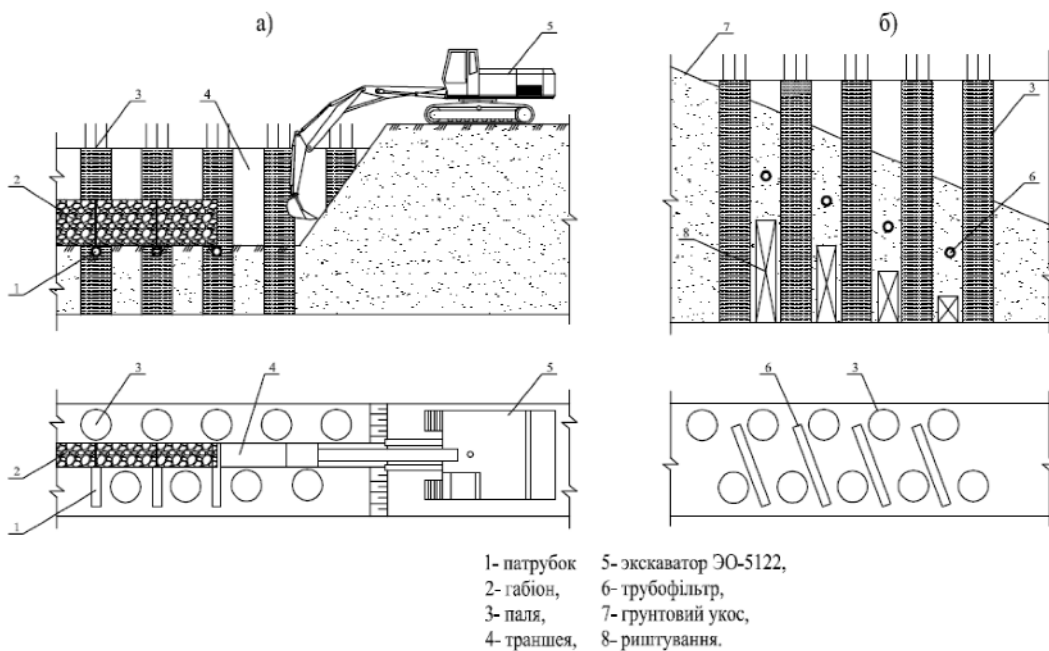


Рис. 3. Схеми влаштування дренажів за палевими підпірними стінами, які розташовані поперек (а) та вздовж (б) схилу

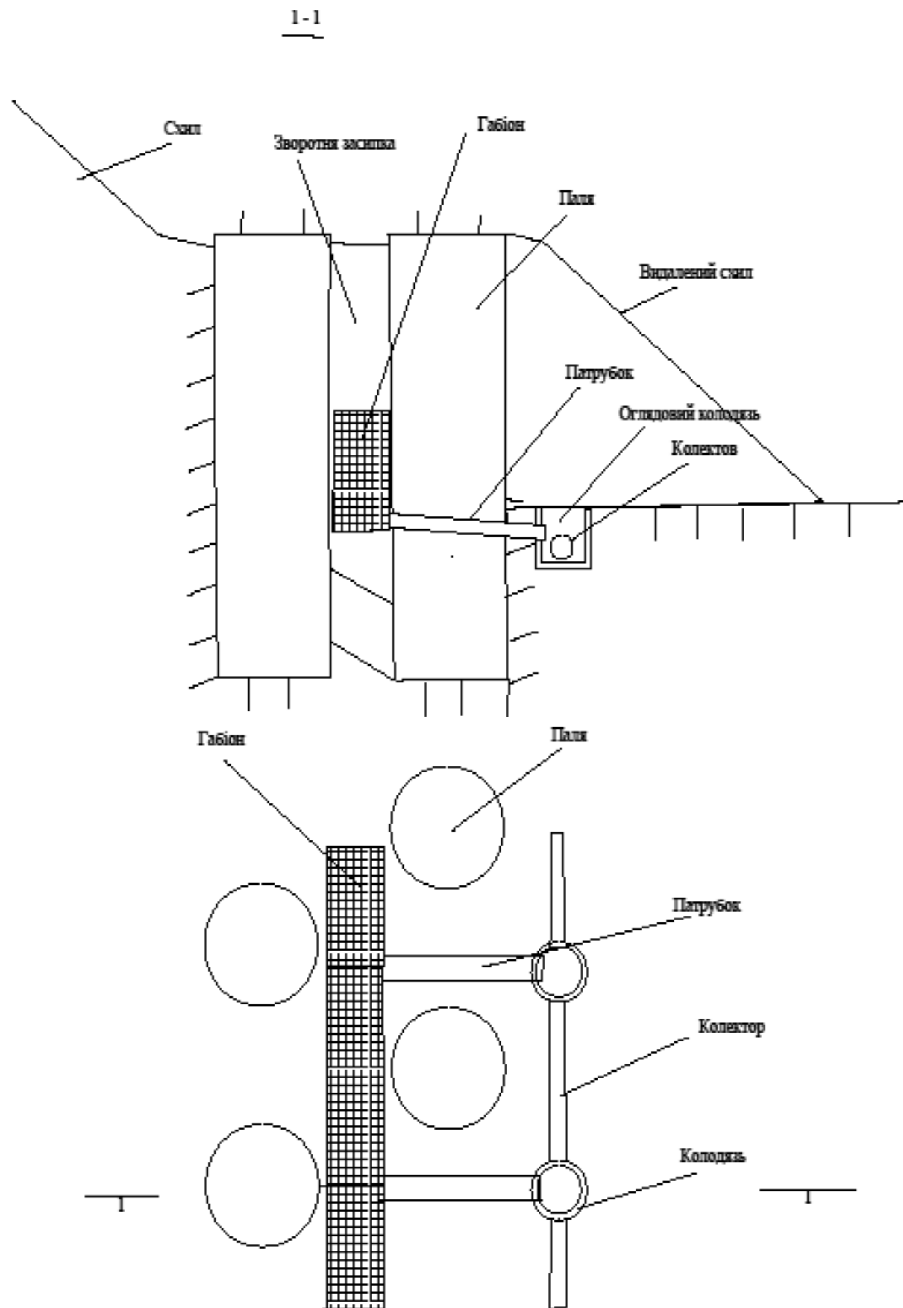


Рис. 4. Схема відводу дренажної води з габіонів в збірничій колектор

r_d – діаметр короткої променевої дрени – 0,16 м;
 k – коефіцієнт фільтрації ґрунту – 0,1 м/доб;
 h – розрахункова висота води в дрени – 0,08 м.
 $Z=0,1264=0,36$ м.

Таким чином, щоб не допустити появи витоків ґрунтової води вище покриття майдану зони гостинності, глибина закладання променів повинна бути на 0,36 м нижче його покриття.

На рисунку 3 зображені схеми влаштування дренажів за палевими підпірними стінами ПС-5 та ПС 10, 11. На рис.3,а зображена конструкція і технологія влаштування дренажу з використанням габіонів, а на рис. 3,б – з коротких променевих дрен.

Габіони за проектом являли собою сітчасті металеві кошики прямокутної форми. Розмір кошика обумовлювався відстанню між палями в ряду (2 м), найменшою шириною ковша екскаватора, що розробляв траншею (в нашому випадку 0,6 м), та вантажопідйо-

вністю крана, що вкладав габіон в траншею. Особливі вимоги до розміру фракцій щебеню в габіоні не висувалися, тому розмір фракцій був прийнятий у межах від 70 до 150 мм. Зазвичай, металеві кошики розміром 2x0,6x0,6 м заповнювалися щебенем безпосередньо в місцях закладання в траншею. Для утворення перехідної контактної зони між щебенем та ґрунтом, кошик перед опусканням в траншею з повздовжніх сторін обгортався геотекстилем "Тупар" SF-40.

Схема відведення ґрунтової води з габіонів за допомогою патрубків зображена на рисунку 4.

Із рисунку 4 слідує, що одним кінцем патрубок притуляється до габіону, а другим вставляється в оглядовий колодязь. З колодязя вода по колектору відводиться до прийомного зумпфу, а з нього скидається у дощову каналізацію.

Патрубки і відвідний колектор з колодязями влаштовувалися у другу чергу будівництва підпірної

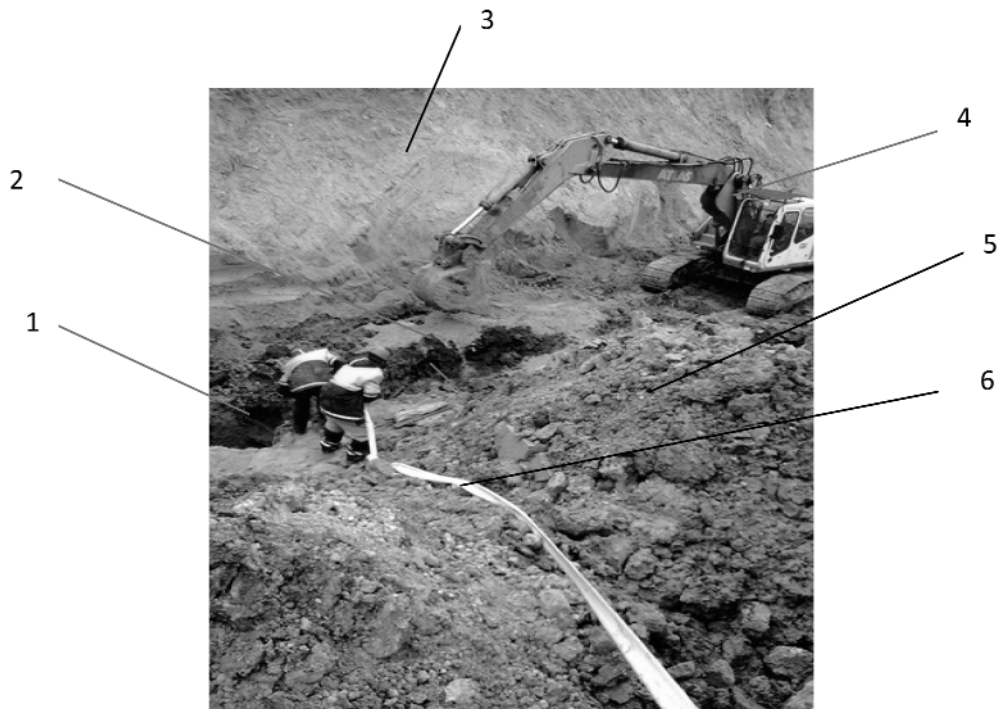


Рис. 5. Розробка траншеї екскаватором "зворотна лопата"

- 1 – траншея; 2 – насип над палами; 3 – крутий схил Черепанової гори; 4 – екскаватор "зворотна лопата";
5 – залишки схилу, який буде розроблятися у другу чергу будівництва пальової стінки;
6 – шланг для відкачки ґрунтової води з дна траншеї

стіни, після того, як вона звільнялася від залишків ґрунту з зовнішнього боку.

Роботи з будівництва дренажу з габіонів виконувалися в наступній послідовності.

Траншея для вкладання габіонів на глибину від 5 до 5,3 м відривалася екскаватором HYUNDAI R1160LC 95-9S з обладнанням "зворотна лопата". Екскаватор пересувався зверху над палевою стінкою таким чином, щоб випуски арматури з паль залишалися у нього проміж треків. Для того, щоб попередити можливість утворення водонепроникної перегородки між габіонами, внаслідок обвалу ґрунту з боків

траншеї, відстань підшови забою екскаватора від торця укладеного габіону обмежувалася 2-2,5 м. При чому, щоб скоротити час вистоювання незаповненої траншеї, і тим самим попередити можливе обрушення ґрунту зі стінок траншеї, подальше просування забою допускалося лише після повного заповнення кошика щебенем. У випадках, коли ґрунт все ж обвалювався, подальше просування забою не дозволялося доки не буде зачищений торець засипаного габіона.

Вага габіона зі щебенем коливалася у межах від 1,0 до 1,4 т., тому для його укладання в траншею можна було використовувати звичайні пересувні крани, у



Рис. 6. Вид на траншею перед вкладанням габіонів.

- 1 – траншея; 2 – залишки ґрунтової води; 3 – забій екскаватора; 4 – залишки насипу ґрунту над палами



Рис. 7. — Утворення свердловини за допомогою ручного буру з подовжувачем
1 — патрубок обгорнутий геотекстилем; 2 — облицювання стіни; 3 — свердловина; 4 — ручний бур

тому числі і автокрани, з відповідною вантажопідйомністю. Виліт стріли не мав суттєвого значення, оскільки кран міг стояти при монтажі впритул до зовнішнього ряду паль.

Габіони вкладалися в траншею торцями один до одного таким чином, щоб стик між ними був розташований в палевому просторі зовнішнього ряду. В це місце після видалення ґрунту з зовнішньої сторони пальної підпірної стінки, тобто в другу чергу будівництва пальної підпірної стінки, буде вставлений патрубок для відводу ґрунтової води з кожного габіону

Ґрунтова вода, яка накопичувалася на дні траншеї, перед вкладанням габіонів видалялася шламовим насосом "ГНОМ" — 10 (Рис. 5)

Відрита траншея перед вкладанням габіону мала вигляд показаний на рисунку 6.

Металеві кошики для габіонів доставлялися на майданчик в готовому стані. На майданчику вони обгорталися геотекстильним матеріалом і заповнювалися щебенем, який завозився автосамоскидами по

мірі необхідності.

Готові габіони автомобільним краном вантажопідйомністю 10 т обережно опускалися на дно відкритої траншеї і вкладалися впритул один до одного.

Покладені габіони засипалися бульдозером ґрунтом зворотної засипки. При технологічних перервах в роботі торець останнього габіону захищався тимчасовим екраном від можливого обвалу ґрунту зі стінки траншеї.

Після об'єднання голів паль ростверком і вивільнення зовнішнього ряду паль від ґрунту (залишків схилу) та після влаштування забірок між палями з залізобетонних панелей, з'являлася можливість влаштування патрубків.

Патрубки представляли собою перфоровані дренажні труби діаметром 110 мм і довжиною 2150 мм, які обгорнуті двома шарами геотекстилю "Тупар" SF-40.

Для влаштування патрубків між суміжними палями зовнішнього ряду пальної підпірної стіни, утворювалася горизонтальна свердловина довжиною



Рис. 8. Променеві дрени перед монтажем в палеву підпірну стіну ПС-10
1 — променева дрена в зборі; 2 — риштування; 3 — зовнішній ряд паль

до 2,5 м. Для вибурювання ґрунту використовували звичайний ручний шнековий бур діаметром 160 мм з подовженою рукояткою (рис. 7).

В свердловину впритул до габіону спочатку вставлявся тимчасовий захисний металевий кожух довжиною 2,5 м і діаметром 130 мм. Потім, за допомогою високонапірного струменю води, ретельно очищалося місце контакту кожуха до габіону. В очищений таким чином кожух вставлявся патрубок, а кожух видалявся. Вставляння кожуха, його видалення і установку патрубка виконувала ланка у складі 4-х робітників. За зміну вдавалося вкласти таким чином до 6 патрубків.

Короткі променеві дрени в підпірні стіни ПС-10 та ПС-11 влаштували за тією ж технологією, що і патрубки в дренажах з габіонів. Різниця полягала лише в тому, що проміль вкладався під кутом (у плані) біля 45 градусів до ліцевої поверхні підпірної стіни, а початок дренажної труби захищався постій-

ною заглушкою від потрапляння ґрунту всередину труби. У зв'язку зі значною крутизною схилу для влаштування патрубків були використані риштування.

Загальний вигляд ділянки з влаштування дренажу з коротких променевих дрен показаний на рисунку 8.

П'ятирічна експлуатація дренажів з використанням габіонів і коротких променевих дрен показала їх надійність.

Переваги влаштування дренажів наведеними способами полягають в наступному:

1. Немає потреби додатково порушувати стан ґрунтів зсувонебезпечних схилів, які утримуються палевими підпірними стінами;

2. Палі підпірних стін використовуються в якості конструкцій, що утримують стінки глибоких траншей на період влаштування дренажів;

3. Влаштування дренажів на глибині виконується дистанційно без доступу робітників в монтажну зону.

Література

1. Ю.С. Слюсаренко, О.В. Шимановський, О.М. Галінський. *Науково технічний супровід реконструкції НСК "Олімпійський" в Києві* — К.: "Сталь", 2013р.;
2. *Защита горных выработок от подземных и поверхностных вод. СНиП 2.06.14-85.* — М.: Стройиздат;
3. *Прогнозы подтопления и расчет дренажных систем на застраиваемых и застроенных территориях (справочное пособие к СНиП 2.06.15-85)* — М., Стройиздат. 1991 г.;
4. Ю.В. Пономаренко, В.Е. Анпилов. *Лучевой дренаж застроенных территорий* — М. "Недра", 1989 г.
5. М.Д. Чертоусов. *"Гидравлика"* — М.: Энергоиздат, 1959 г.

References

1. Yu.S.Slyusarenko, O.V.Shy`manovs`ky`j, O.M.Galins`ky`j. *Naukovo texnich`ny`j suprovod rekonstrukcii NSK "Olimpijs`ky`j" v Ky`yevi* — K.: "Stal", 2013r.;
2. *Zashhy`ta gornyx vyrobotok ot podzemnyx y` poveryxnostnyx vod. SNy`P 2.06.14-85.* — M.:Strojy`zdat;
3. *Prognozy podtoplenu`ya y` raschet drenazhnyx sy`stem na zastray`vaemyx y` zastroennyx terry`tory`yah (spravochnoe posoby`e k SNy`P 2.06.15-85)* — M.,Strojy`zdat. 1991 g.;
4. Yu.V. Ponomarenko, V.E.Anpy`lov. *Luchevoj drenazh zastroennyx terry`tory`j* — M. "Nedra", 1989 g.
5. M.D. Chertousov. *"Gy`dravly`ka"* — M.: Energoy`zdat, 1959 g.

С.А. Марчук, О.М. Чернухин

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ГИДРОИЗОЛЯЦИИ ПОДЗЕМНОЙ СООРУЖЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ ДРЕНАЖА ГЛУБОКОГО ЗАЛОЖЕНИЯ

Аннотация: В статье раскрыты особенности устройства дренажей глубокого заложения с целью обеспечения более надежной гидроизоляции подпорных стен на оползневых склонах Черепановой горы в Киеве.

Ключевые слова: ГИДРОИЗОЛЯЦИЯ, ДРЕНАЖ, ПОДПОРНЫЕ СТЕНЫ, СКЛОНЫ ГОРЫ.

S.A. Marchuk, O.M. Chernuhin

"INCREASING RIENESS OF WATERPROOFING OF UNDERGROUND STRUCTURES WITH DEEP DRAINAGE"

Abstract: The article reveals the features of deep drainage arrangements in order to provide a more reliable waterproofing of the false retaining walls on the landslide slopes of the Cherepanova mountain in Kyiv.

Key words: HYDRO INSULATION, DRAINAGE, SURFACE WALLS, GORE FLOWS.