



ГАЛІНСЬКИЙ ОЛЕКСАНДР МИХАЙЛОВИЧ

Кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, директор Державного підприємства "Державний науково-дослідний інститут будівельного виробництва", дійсний член Академії будівництва України, член Міжнародного товариства з механіки ґрунтів і геотехнічного будівництва.

Основні напрямки наукової діяльності: технічне та механічне будівництво підземних споруд в складних інженерно-геологічних умовах; обстеження цивільних та промислових будинків; проектування огорожувальних стінок, які будуються способом стіна в ґрунті.

Автор понад 60 наукових праць.

E-mail: vistavca@ndibv.kiev.ua

УДК 624.138

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ВЛАШТУВАННЯ ГОРИЗОНТАЛЬНИХ ПРОТИФІЛЬТРАЦІЙНИХ ЕКРАНІВ ПІД СПОРУДОЮ НА ОСНОВІ МЕТОДУ ГОРИЗОНТАЛЬНО-НАПРАВЛЕНОГО БУРІННЯ

Ключевые слова: горизонтальний екран, буріння, протифільтраційні матеріали, технологічні параметри.

У Науково-дослідному інституті будівельного виробництва (Україна, Київ) ведуться дослідження технології влаштування горизонтальних протифільтраційних екранів (ГПЕ) під існуючими спорудами.

Технологія влаштування ГПЕ базується на технології утворення горизонтальних свердловин методом горизонтально-направленого буріння.

Між двома паралельними горизонтальними свердловинами, в яких для запобігання обвалення затягнуті обмежувачі захваток, спеціальним робочим органом влаштовується ГПЕ з матеріалу що твердне.

Для визначення технологічних параметрів зведення ГПЕ в інституті проведено дослідження на спеціалізованому стенді.

Аналізуючи процес утворення порожнини для ГПЕ потрібно відзначити, що основною є взаємодія робочого органу і ґрунтового середовища, а процес «різання» ґрунту проходить в замкненому просторі, тобто безвідвальним способом.

У порожнину, яка утворюється за робочим органом, для запобігання її обваленню через форсунки робочого органу безперервно під тиском подається глиноцементний протифільтраційний розчин що твердне.

Технологічні дослідження виконувалися з використанням методу планування експерименту, в якому як функції відгуку прийняті: питомий опір переміщенню робочого органу (ножа) в піску, об'єм розчину, який заповнює порожнину і щільність протифільтраційного екрану через 24 години, після його виготовлення.

Як чинники, що впливають на функції відгуку, були прийняті: вертикальний тиск на екран, щільність піску, тиск подачі і щільність протифільтраційного розчину.

На підставі цих досліджень, було встановлено, що питомий опір, який необхідно враховувати для розрахунку тягового зусилля переміщення робочого органу в пісках складає $9,1 \text{ кг/см}^2$.

Дослідженнями встановлено, що на цілісність ГПЕ переважно впливає тиск нагнітання розчину в порожнину, який не може перевищувати вертикальний тиск на екран.

В результаті проведених досліджень доведена можливість створення горизонтального протифільтраційного екрану на базі технології горизонтально направлено буріння і визначені технологічні параметри процесу для проектування влаштування екрану в природних умовах.

В Научно-исследовательском институте строительного производства (Украина, Киев) ведутся исследования технологии возведения горизонтальных противофильтрационных экранов (ГПЭ) под существующими сооружениями.

Технология возведения ГПЭ базируется на технологии устройства горизонтальных скважин методом горизонтально-направленного бурения.

Между двумя параллельными горизонтальными скважинами, в которых для предотвращения обрушения затянуты ограничители захваток, специальным рабочим органом устраивается ГПЭ из твердеющего материала.

Для определения технологических параметров возведения ГПЭ в институте проведены исследования на специализированном стенде.

Анализируя процесс образования полости для ГПЭ нужно отметить, что основным является взаимодействие рабочего органа и ґрунтовой среды, а процесс «резания» ґрунта проходит в замкнутом пространстве, то есть безотвальным способом.

В полость, которая образуется за рабочим органом, для предотвращения ее обрушения через форсунки рабочего органа непрерывно под давлением подается глиноцементный твердеющий противофильтрационный раствор.

Технологические исследования выполнялись с использованием метода планирования эксперимента, в котором в качестве функций отклика приняты: удельное сопротивление перемещению рабочего органа (ножа) в песке, объем раствора, который заполняет полость и плотность

противофльтраційного екрана через 24 часа, после его изготовления.

В качестве факторов, влияющих на функции отклика, были приняты: вертикальное давление на экран, плотность песка, давление подачи и плотность противофльтрационного раствора.

На основании этих исследований, было установлено, что удельное сопротивление, которое необходимо учитывать для расчета тягового усилия перемещения рабочего органа в песках составляет $9,1 \text{ кг/см}^2$.

Исследованиями установлено, что на целостность ППЭ преимущественно влияет давление нагнетания раствора в полость, которое не может превышать вертикального давления на экран.

В результате проведенных исследований доказана возможность создания горизонтального противофльтрационного экрана на базе технологии горизонтально направленного бурения и определены технологические параметры процесса для проектирования устройства экрана в естественных условиях.

Research of technology of construction of horizontal impervious screen (GIS) under the existing structures is carried out in the Scientific and Research Institute of Building Production (Ukraine, Kyiv).

GIS building technology is based on the technology of the construction of horizontal wells using horizontal directional drilling.

A special working device arranges GIS made of the hardening material between two parallel horizontal wells. Limiters of grips in the wells are tightened to prevent the collapse.

To determine the technology parameters of GIS construction we conducted research on a specialized stand.

Analyzing the process of cavity formation for the GIS we should note that the main is the interaction between working device and soil ground. The process of soil "cutting" runs in a confined space, that is, in moldboard less way.

To prevent the collapse of the cavity formed behind the working device clay and cement hardening anti-filtration solution is continuously feeding under pressure through its nozzles.

Technological researches were performed using the experimental method of experiment planning. As response functions we accepted: the resistivity for the working device (cutter) in the sand, the volume of solution which fills the cavity and the density of impervious screen within 24 hours after its construction.

As factors influencing the response functions we considered: the vertical pressure on the screen, the density of sand, supply pressure and density of impervious solution.

Based on this research, it was found that the resistivity, necessary to take into account for the traction calculation of the working device movement in the sands is 55.4 kg/cm^2 .

Research established that the integrity of the GIS is mainly affected by the pumping pressure of the solution in the cavity, which may not exceed the vertical pressure on the screen.

The research demonstrates the possibility of creating a horizontal impervious screen based on the technology of horizontal directional drilling and defines the technological parameters for the screen construction under natural conditions.

Існує значна кількість постійних сховищ з токсичними або радіоактивними відходами, до яких пред'являються підвищені вимоги по їх безпеці в цілому і герметичності гідроізоляції зокрема. Не дивлячись на посилену гідроізоляцію підземної частини таких сховищ під впливом як внутрішніх, так і зовнішніх факторів нерідко відбувається пошкодження гідроізоляції і виникнення фільтраційного потоку, що забруднює навколишній

грунт і підземні води.

Порушена гідроізоляція, як правило, відновленню не підлягає із-за безпеки порушити саме сховище під час ремонтно-відновлювальних робіт. Переміщення ж відходів в інше сховище пов'язане з безпекою ще більше забруднити навколишнє середовище під час їх транспортування і вантажно-розвантажувальних робіт.

Локалізація фільтраційного потоку, що утворився під сховищем забрудненої води, можлива шляхом влаштування додаткової гідроізоляції. При водотривкому шарі ґрунту, розташованому під сховищем на глибині до 30 м і значній площі сховища, економічно виправданим може бути облаштування по периметру сховища досконалої протифільтраційної діафрагми, виконаної, наприклад, способом "стіна в ґрунті" [1].

Якщо ж водоупор знаходиться на більшій глибині або взагалі відсутній, виникає необхідність в його штучному створенні шляхом влаштування, наприклад, горизонтальної протифільтраційної екрану (ГПЕ) (рис.1).

Відомо, що проходка окремих не зв'язаних між собою горизонтальних свердловин в ґрунтах без скельних вкраплень не представляє особливих утруднень і освоєна спеціалізованими будівельними організаціями, які займаються проколами, що використовуються для прокладки інженерних комунікацій під різними перепонами [2].

При цьому заздалегідь відривають піонерні котловани для опускання в них бурових установок або пристроїв, що проколюють ґрунт. Витрати на розробку котлованів і їх облаштування досягають 30-40% від вартості робіт з влаштування самих свердловин. Будівництво піонерних котлованів особливо складно виконувати у водонасичених ґрунтах, коли доводиться удаватися до водозниження, а також в обмежених умовах міської забудови, коли необхідно обладнати шпунтове огороження, і, в більшості випадків, водозниження.

В останні роки на озброєнні будівельників у всьому світі, і в Україні зокрема, широко застосовуються бурові комплекси, які здійснюють проходку горизонтальних свердловин з денної поверхні методом горизонтально-направленого буріння (ГНБ).

Керований буровий інструмент забурюється під кутом приблизно 15° до горизонту, потім на певній глибині приймає горизонтальне положення, і при подальшій проходці здатен огинати різні перешкоди, у тому числі і підземну частину споруди. Дистанційне управління такою проходкою може здійснюватися на глибині до 15 м. При цьому відхилення свердловини складає не більше 5% від заданого напрямку. Довжина таких свердловин, що виконуються методом ГНБ, може досягати 1,5 км, а максимальний діаметр після розширення більш ніж 1 м. Тягове зусилля установок ГНБ досягає 150т.

Для утримання стінок направляючих свердловин від обвалення застосовують глинистий розчин, аналогічний тому, який використовується при будівництві споруд способом "стіна в ґрунті". Це технологічно зближує обидва способи і дозволяє застосовувати їх в складних інженерно-геологічних та гідрогеологічних умовах.

У НДІ будівельного виробництва вже багато років розробляється і упроваджується технологія облаш-

Дивись рисунок 1 на стр. 3 обкладенки

тування вертикальних стін і протифільтраційних діафрагм способом "стіна в ґрунті" довкола споруд, у тому числі і облаштування вертикальних «стін в ґрунті» між заздалегідь пробуреними вертикальними свердловинами. Можливість створення горизонтальних свердловин методом ГНБ дозволило обґрунтувати нову технологію влаштування аналогічного екрану (діафрагми) під спорудою, в горизонтальній площині або площині автентичній підшві споруди (рис.2).

Технологія влаштування екрану під спорудою, включає буріння направляючих горизонтальних свердловин методом ГНБ, розробку ґрунту між свердловинами ґрунторозробним робочим органом і заповнення горизонтальної порожнини, що утворилася, протифільтраційним матеріалом [3].

Відповідно до технології, що пропонується, порожнина для екрану утворюється ґрунторозробним пристроєм при тиску на нього конструкції споруди (сховища) і ґрунту. Процес цей вивчений недостатньо, хоча влаштування порожнини визначається, в основному, можливістю підібрати відповідний тяговий механізм.

Процес розробки ґрунту плоским робочим органом у вигляді пасивного ножа найбільш близький за своєю природою до горизонтального проколу ґрунту трубою із наконечником. Зусилля що виникають при цьому, як відомо, складаються з лобового опору проколу та опору, що виникає від тертя по бічній поверхні пристрою що проколює, причому останнє суттєво збільшується з його довжиною.

З опублікованих у вітчизняній і закордонній літературі даних, що відносяться до проколів, що виконуються в ґрунті при прокладенні інженерних комунікацій, витікає, що найбільші зусилля виникають в сухих піщаних ґрунтах. Лобовий опір переміщенню, що виникає при цьому, за літературними даними змінюється в широких межах від 0,5 до 20 МПа.

У Науково-дослідному інституті будівельного виробництва багато років проводяться дослідження технологічних параметрів облаштування горизонтальних екранів під спорудами. Ці дослідження спрямовані на вивчення впливу вертикального тиску на зусилля переміщення робочого органу в пісках; оцінку впливу вертикального тиску на формування горизонтального екрану з матеріалу що твердне або полімерної плівки; підбір складу тампонажних матеріалів що тверднуть для забезпечення суцільності та протифільтраційної надійності горизонтального екрану; вивчення і оцінка способів подання протифільтраційних матеріалів в горизонтальну порожнину, створену ґрунторозробним робо-

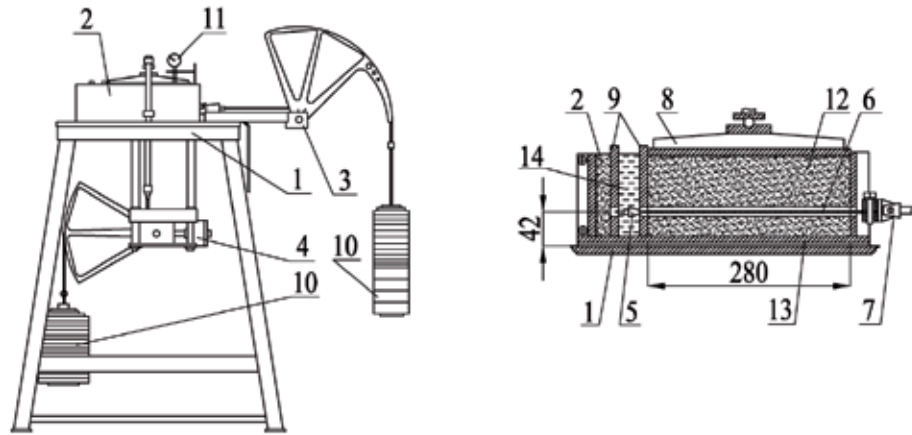


Рис.3. Схема зсувного приладу ПСГ-2М в комплекті з приставкою:

а - загальний вигляд; б - приставка до зсувного приладу; 1 - прилад ПСГ-2М; 2 - приставка; 3 - важільна система горизонтального переміщення ножа; 4 - важільна система моделювання вертикального навантаження; 5 - ніж (ґрунторозробний робочий орган); 6 - тяговий трос; 7 - вузол кріплення троса; 8 - рухлива кришка лотка; 9 - перегородка знімна; 10 - противага; 11 - індикатор годинного типу; 12 - ґрунт; 13 - лоток; 14 - глинистий розчин

чим органом і так далі.

Для вивчення можливості утворення екрану в умовах дії вертикального навантаження спочатку в інституті була створена спеціальна приставка до серійного приладу ПСГ-2М (рис.3, 4)

Прилад ПСГ-2М призначений для випробування ґрунтів на зрушення. Важільна система цього приладу забезпечувала вертикальне навантаження на ґрунт, укладений в лоток приставки, до 0,17 МПа, і горизонтальне зусилля, необхідне для переміщення ножів, які створюють порожнину в ґрунті, до 3 кН.

Аналізуючи процес влаштування ГПЭ на приставці, відмічено, що взаємодія робочого органу і ґрунтового середовища проходить в замкнутому просторі, практично безвіддально з ущільненням ґрунту навколо робочого органу;

Дослідженнями встановлено, що питомий опір переміщення робочого органу з кутом різання від 11 до 25° зростає з підвищенням міри щільності піску від 0,24 до 0,6, а при більшій щільності практично залишалося постійним, а максимальна величина питомого опору переміщенню в пісках робочого органу з радіальним заточуванням, при вертикальному тиску 1 кг/см² складає 55,4 кг/см² (рис.5).

При проведенні досліджень в якості протифільтраційного матеріалу (ПФМ) випробовувалися глино-цементно-піщані розчини щільністю 1,48 г/см³ з умовною водовіддачею 14-24,5 см та безпіщані цементно-зольні розчини щільністю 1,72-1.87 г/см³ з умовною водовіддачею 19,5-19,8 см.

Встановлено, що з технологічної точки зору вживання безпіщаних розчинів виявилось складнішим і менш надійнішим в частині утворення суцільного екрану чим вживання глино-цементно-піщаних розчинів.

Якщо створення суцільного горизонтального екрану з глино-цементно-піщаних розчинів при вертикальному тиску на пісок 0,09 МПа можливо при швидкостях

Дивись рисунки 2, 4 на стр. 3 обкладенки

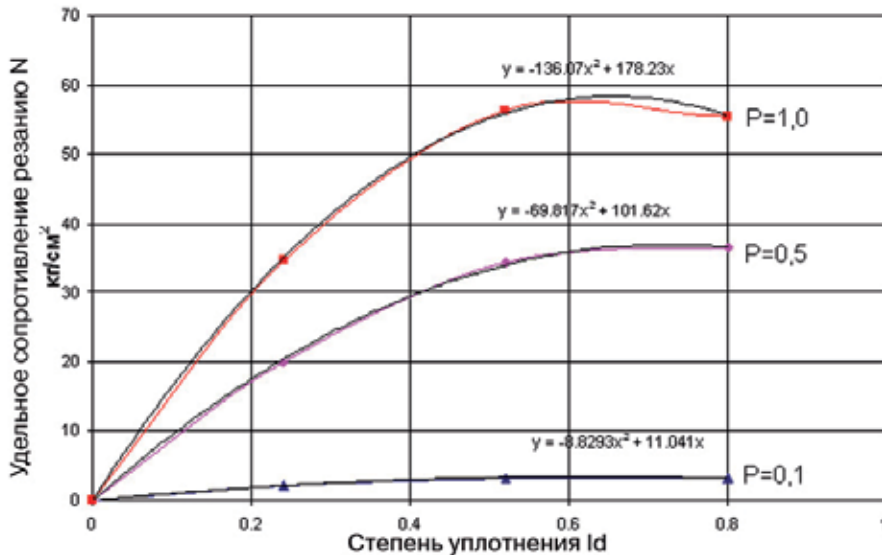


Рис.5. Графіки залежності питомих опорів різанню ножів з радіальним заточуванням від міри ущільнення піску в приставці до сдвигового приладу ПСГ - 2М при вертикальному тиску:
 1- P=0,1 кг/см²; 2- P=0,5 кг/см²; 3- P=1,0 кг/см²

переміщення робочого органу 6-9 см/хв, то створення екрану з безпіщаних розчинів можливо лише при значному збільшенні швидкості переміщення робочого органу до 20 см/хв (рис.6). При цьому особливий вплив на можливість створення екрану з безпіщаного матеріалу створює його водовіддача [4].

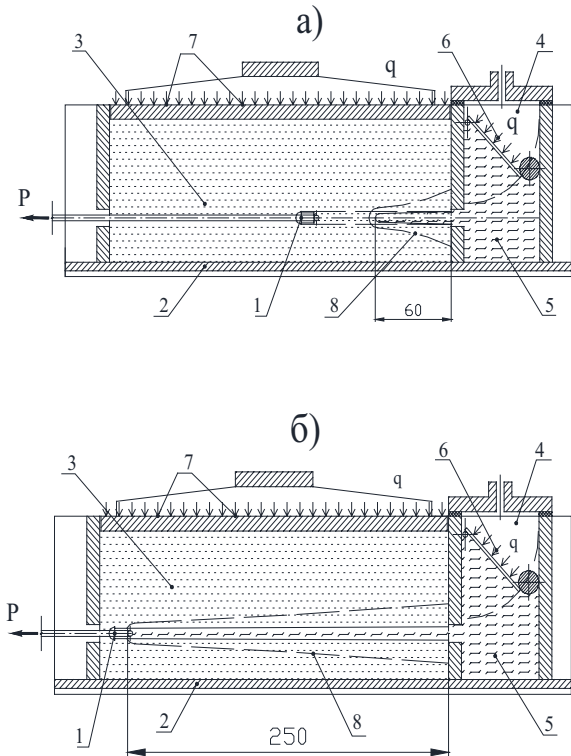


Рис.6. Схеми заповнення пор піску ПФМ по мірі утворення порожнини
 а) ПФМ щільністю 1,72 г/см³, швидкість 6 см/хв;
 б) ПФМ щільністю 1,75 г/см³, швидкість 20 см/хв;
 1 - ніж; 2 - вантажний відсік; 3 - сухий пісок; 4 - малий відсік;
 5 - ПФМ; 6 - додатковий тиск; 7 - вертикальне навантаження;
 8 - границя вологого піску.

Також слід зазначити, що безперервне подання ПФМ слідом за ножем через гирло порожнини, що утворилася за ним, у разі технологічних зупинок виявлялося неможливим, внаслідок схлопвання розчину або обвалення порожнини.

Дослідження на приставці до зсувного приладу ПСГ-2М дозволили принципово підтвердити можливість створення горизонтального екрану під впливом вертикального тиску, встановлено технологічні параметри процесів утворення і заповнення порожнини тампонажним матеріалом (питомий опір переміщення робочого органу, швидкість його переміщення, параметри розчину і так далі), що дозволило намітити задачі подальших досліджень на

великомасштабному лабораторному стенді та визначити його конструктивно-технологічні параметри

Технологія влаштування горизонтального протифільтраційного екрану під спорудою з використанням методу ГНБ для проходки горизонтальних свердловин передбачає після утворення свердловин затягування в них спеціальних обмежувачів, що забезпечують стійкість свердловин, напрямок переміщення ґрунторозробного робочого органу та об'єднання окремих горизонтальних смуг екрану між собою [3].

Тому основними елементами стенду для моделювання технології облаштування ГПЭ є: бункер для ґрунту (піску); кришка з прогумованим днищем (пневопригруз) з можливістю нагнітання в неї компресором повітря, для моделювання надмірного вертикального тиску на ґрунт та екран; труби з перегородкою і горизонтальними прорізами (обмежувачі), що моделюють горизонтальні свердловини з обмежувачами; гідравлічна система подання ПФМ; привід переміщення робочого органу; робочий орган з радіальною формою різального елемента; порожниста тяга для з'єднання робочих органів з приводом (рис.7).

З урахуванням того, що на приставці було відмічена неефективність подання ПФМ в горизонтальну порожнину з боку її гирла, для стенду були створені робочі органи з форсунками для подання ПФМ безпосередньо за робочий орган по мірі його переміщення.

У дослідженнях, що проводяться, горизонтальний екран створювався усередині бункера стенду, який був заздалегідь заповнений піском. Екран складався з трьох паралельних смуг, що утворюються між обмежувачами робочими органами з форсунками, через які в порожнину за робочим органом подавався розчин ПФМ.

Зусилля, необхідні для переміщення робочого органу і створення екрану, вимірювалися тензометричною вимірювальною системою марки СІИТ- 3.

Технологічні дослідження проводилися з викори-

Дивись рисунок 7 на стр. 3 обкладенки

станням методу планування експериментів по 15 - ти точковому симетричному плану В3 [5].

Умови створення смуг екрану на стенді при технологічних дослідженнях задавалися трьома чинниками, за які були прийняті: вертикальний тиск на екран з межами варіювання 0,04-1,0 атм. (X_1), який створювався вагою піску, що заповнював бункер, і пневмопригрузом, тиск подання ПФМ що твердне з межами варіювання 0,7 - 1атм. (X_2) та щільність ПФМ що твердне з межами варіювання 1,2-1,35 г/см³(X_3), що подається в робочий орган.

Функціональні залежності впливу чинників оцінювалися трьома основними функціями відгуку: питомим опором переміщенню робочого органу в піску (тягове зусилля TU), об'ємом розчину, який заповнює порожнину (витратою розчину RR) і щільністю протифільтраційного екрану PE через 24 години після його виготовлення.

В результаті проведених експериментів отримані математичні моделі впливу чинників на функції відгуків:

- тягового зусилля - $TU=38.229+40.5x_1+6.7x_2+29.929x_1^2+7.25x_1x_2-8.071x_2^2-4x_2x_3$;
- витрати розчину - $RR=5.214+0.664x_1^2+1.19x_2-0.95x_3-0.313x_1x_2-1.036x_2^2+0.762x_2x_3$;
- щільності екрану - $PE=1.64+0.05x_1+0.02x_2+0.044x_3-0.024x_3^2-0.029x_1x_3+0.031x_2x_3+0.036x_{12}$

Математичні моделі показали, що на тягове зусилля найбільше впливає вертикальний тиск на екран (чинник X_1), на витрату розчину - тиск подачі розчину (чинник X_2), а на щільність екрану - щільність протифільтраційного розчину (чинник X_3).

Дослідження показали, що при зміні в межах варіювання вертикального тиску тягове зусилля змінювалося від 84 до 260 кг, що при напірній площі робочого органу в 28,76см² відповідало максимальному питомому опору переміщенню робочого органу 9,1кг/см² (рис.8). В технологічних експериментах також встановлено, що на щільність екрану впливає переважно тиск нагнітання (подачі) розчину в ґрунтову порожнину, яке при величині 0,85 атм. не повинно перевищувати вертикальний тиск створюваний на екран.

Кількість розчину, необхідного, для створення екрану, збільшується з підвищенням тиску його подачі, а збільшення щільності розчину зменшує його кількість, необхідної для створення рівномірної, суцільної смуги ГПЕ, тобто щільність екрану (якість екрану) визначається вмістом твердої фази в розчині що твердне. Зразки смуг екрану представлені на рис. 9.

Метод планування експерименту був застосований і при підборі складу ПФМ що твердне. У цьому експерименті був застосований простіший план у вигляді напіврепліки від повного факторного експерименту 23-1. Підбір складу розчину що твердне визначався співвідношеннями вхідних в нього компонентів, а саме: бентонітового порошку, цементу, піску і води.

Вибрані для планування експерименту чинники — витрати бентонітового глинопорошку, цементу і води, відповідали основним вимогам, що пред'являються до змінних величин. Чинники є керованими, кількісними, сумісними і некорельованими між собою. За функції відгуку при підборі складу розчину були прийняті: міцність при стискуванні, міцність на розтягування при вигині, вологість по масі і коефіцієнт фільтрації.

Експериментами по підбору складу розчину що твердне було встановлено, що найменша водопроникність екрану досягалася при таких співвідношеннях компонентів: бентонітової глини - 106 г/л, цементу – 141 г/л, води-792 г/л і піску - 307 г/л.

Комплексними дослідженнями на стенді підтверджена можливість створення ГПЕ на базі технології горизонтально направлено буріння та визначені технологічні параметри процесу для проектування влаштування екрану в натурних умовах. Технологічні параметри, отримані на стенді, послужили підставою для розробки технологічної карти для влаштування горизонтально-протифільтраційного екрану під спорудами з використанням технології горизонтально-направлено буріння.

Технологічна карта розроблена для влаштування штучного ГПЕ розміром 100 х 50м, завтовшки 15 см під існуючими спорудами і сховищами токсичних відходів на глибині до 5 м від рівня денної поверхні в ґрунтах I...III групи, у тому числі водонасичених. Карта не поширюється на влаштування екрану в пливунних супісках (коефіцієнт текучості $I_l > 1$), рихлих пісках (коефіцієнт пористості $e > 0,7$) і в ґрунтах із скельними включеннями.

Провідною машиною для технології влаштування горизонтального протифільтраційного екрану прийнята бурова установка горизонтально-направлено буріння свердловин з наступними параметрами: діаметр піонерного буріння свердловини – не менше 100 мм; максимальне розширення свердловини - не менше 700 мм; тягове зусилля - не менше 27 т; довжина свердловини - не менше 100 м.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Технология и механизация строительства противофильтрационных завес и монолитных несущих стен способом "стена в грунте", РСН 316. - К, НИИСП Госстроя УССР, 1989. -48с.
2. Руководство по проходке горизонтальных скважин при бестраншейной прокладке инженерных коммуникаций //ЦНИИОМПИ Госстроя СССР. - М.: Стройиздат, 1982.-82 с.
3. Спосіб улаштування екрану під споруду, //Деклараційний патент на винахід № 35065 А від 15.03.2001, бюл.№2.
4. О.М.Чернухін, О.М.Галінський, І.О.Мандзюк Дослідження процесу укладки тампонажних матеріалів у порожнину для створення горизонтального екрану під споруду. Нові технології в будівництві, Київ, 2002, №1(3), С.44-49.
5. Адлер Ю.П. и др. Планирование экспериментов при поиске оптимальных условий. - М.: Наука, 1971.-284с.

РИСУНКИ ДО СТАТТІ О.М. ГАЛІНСЬКОГО «ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ВЛАШТУВАННЯ ГОРИЗОНТАЛЬНИХ ПРОТИФІЛЬТРАЦІЙНИХ ЕКРАНІВ ПІД СПОРУДОЮ НА ОСНОВІ МЕТОДУ ГОРИЗОНТАЛЬНО-НАПРАВЛЕНОГО БУРІННЯ»

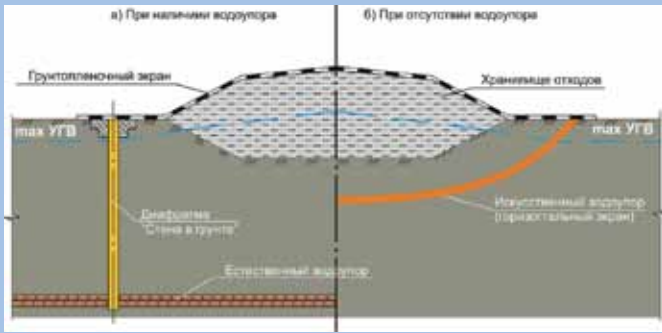


Рис. 1. Схема захисту підземних вод від забруднень.

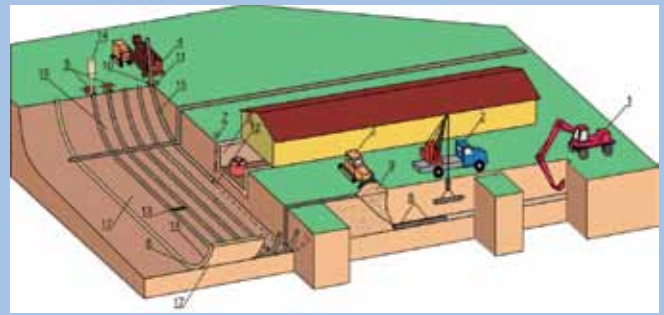


Рис. 2. Влаштування протифільтраційного екрану під спорудою:

1 - екскаватор, 2 - автокран, 3 - бульдозер, 4 - установка горизонтально-спрямованого буріння, 5 - лебідка, 6 - сховище, 7 - система локації, 8 - дренажна труба, 9 - щебінь для дренажу, 10 - бурова штанга, 11 - приямок для бентонітового розчину, 12 - бурова головка, 13 - ґрунтороз-робний робочий орган, 14 - протифільтраційний матеріал, 15 - горизонтальна свердловина, 16 - цілик ґрунту, 17 - протифільтраційний екран.



Рис. 4. Загальний вигляд зсувного приставу ПСГ-2М в комплекті з приставкою.

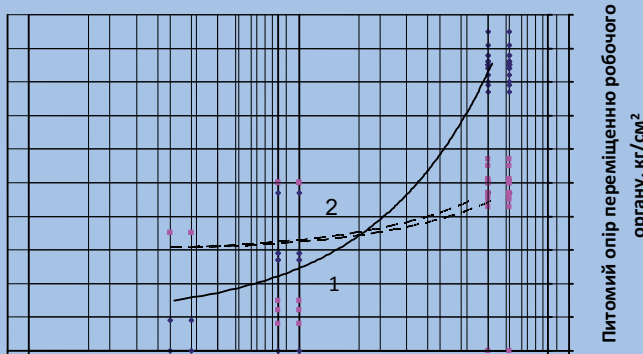
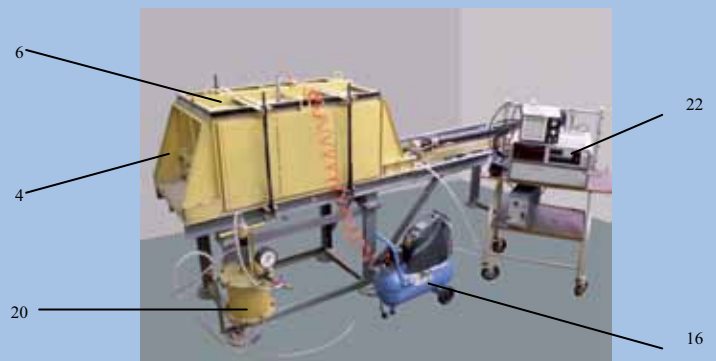


Рис. 8. Графіки залежності питомого опору переміщенню робочого органу (1) і витрати розчину (2) від вертикального тиску.

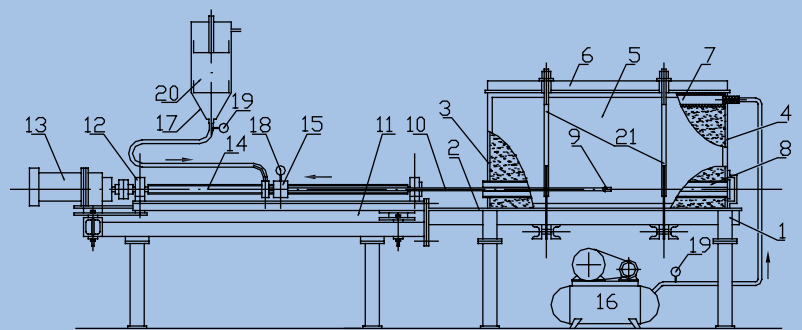


Рис. 7. Стенд моделювання технології влаштування горизонтального екрану:

1 - стіл з опорою; 2 - опора приводу; 3 - передній борт бункера; 4 - задній борт; 5 - поздовжній борт; 6 - притисна кришка; 7 - прогумоване днище; 8 - обмежувач; 9 - робочий орган; 10 - тягові трубки; 11 - рама; 12 - привід переміщення робочого органу; 13 - мотор-редуктор; 14 - гвинт; 15 - каретка; 16 - компресор; 17 - гідравлічна система подання ПФМ; 18 - гідравлічний датчик; 19 - манометр; 20 - місткість для ПФМ; 21 - відкидна тяга; 22 - вимірювальна система.

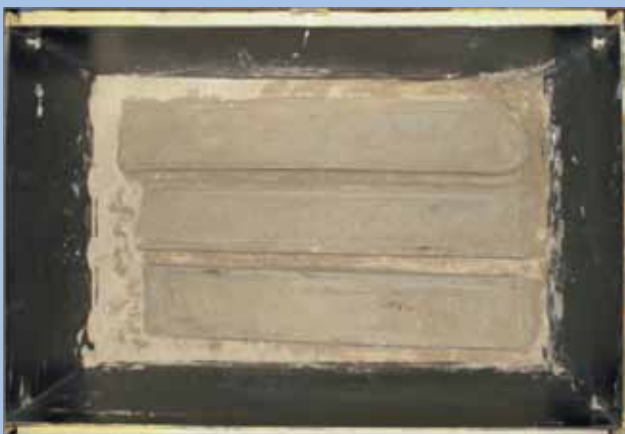


Рис. 9. Смуги екрану отримані при вертикальному навантаженні $P = 0,06 \text{ кг/см}^2$.