

На правах рукопису

СНІСАРЕНКО
Володимир Іванович

Снісаренко

НАУКОВІ ОСНОВИ ТА МЕТОДИ ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ
БУДІВНИЦТВА ЗАГЛИБЛЕНИХ В ҐРУНТ СПОРУД І КОНСТРУКЦІЙ

05.23.08 - Технологія і організація промислового
та цивільного будівництва

05.23.02 - Основи і фундаменти

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора технічних наук

Київ - 1994



Робота виконана в Науково-дослідному інституті
будівельного виробництва Міністерства у справах
будівництва і архітектури України.

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор В. І. ТОРКАТІК

доктор технічних наук, професор А. І. БІЛЕЦЬ

доктор технічних наук, професор А. В. МІШИН

Провідна організація – трест Укрпромспецбуд державної
будівельної корпорації Укрбуд

Захист відбудеться "8" 06 1994 р.
о 17 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради
Д 01.18.01 при Київському державному технічному універ-
ситеті будівництва та архітектури за адресою: 252037,
Київ-37, Повітрофлотський проспект, 31

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці
університету.

Автореферат розісланий "3" 05 1994 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради,
канд. економ. наук, доцент

В. М. ЮГОРЕЛИЦЬВ

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність проблеми. Збільшення масштабів освоєння підземного простору – об'єктивна закономірність розвитку людської цивілізації. Вона диктується рядом таких чинників, з якими все більше доводиться рахуватися суспільству. В багатьох населених пунктах, особливо великих містах, все гостріше постає проблема місцях сільськогосподарських та промислових територій. Це змушує вести будівництво в глибину, а також інтенсивно освоювати складні в інженерно-геологічному відношенні території.

З другого боку, освоєння підземного простору веде до скорочення витрат суспільно-корисного часу та транспортних і енергетичних ресурсів. Особливості ряду промислових і комунальних технологій також потребують створення підземних приміщень для матеріальних сховищ та комунікацій. Велика потреба в сховищах для вахисту людей та екологічно небезпечного устаткування, в інших захисних об'єктах. Зростання навантажень також потребує все більш глибоких підвалин будинків та споруд.

За останні десятиріччя досягнуто значного прогресу в галузі заглибленого будівництва. З'явилися такі високоєфективні технології, як "стіна в ґрунті", бурові ексцідіє анкерування, вакуумне водозниження та інші. Їх освоєння дало певний поштовх для розвитку заглибленого судівництва. Разом з тим цей вид будівництва залишається складним, недостатньо освоєним, величезно трудомістким та енергомістким інженерним завданням. Залишаються великі резерви для підвищення ефективності та якості технології "стіни в ґрунті". Головні з них: підвищення ефективності методу, розширення галузі його застосування, збільшення функціональних можливостей, більш гнучке поєднання з технологіями осушування котлованів, підвищення екологічної безпеки будівництва. Все це вимагає більш системного підходу до розвитку технологій заглибленого будівництва, особливо в складних інженерно-геологічних умовах. Позаяк багато елементів технології заглибленого будівництва не набули аналітичного та експериментального апарату для надійної якісної та кількісної оцінки всіх параметрів, необхідно провести теоретичні дослідження з широкого кола питань заглибленого будівництва, удосконалити експериментальні та лабораторні методи. В зв'язку з вищезазначеним кожна констатує, що проведенні глибоких теоретичних та експериментальних досліджень з широкого кола питань заглибленого будівництва є нагальною проблемою сьогодення.

Мета та завдання дослідження. Мета виконаної роботи полягає в підвищенні економічної та екологічної ефективності будівництва заглиблених в ґрунт споруд і конструкцій, а також в зниженні його матеріало- та енергомісткості за рахунок розробки та впровадження наукових основ існуючих та новостворених технологій.

Для досягнення поставленої мети потрібно було вирішити такі головні завдання:

провести дослідження стійкості стінок різних по формі виробок, заповнених прохідницьким розчином, в піщаних та глинястих ґрунтах з врахуванням гідродинамічного впливу на ґрунт фільтрату розчину і розвитку цього процесу з часом;

розробити методи управління властивостями прохідницьких розчинів і принципи їх проектування з врахуванням багатофункціональної ролі при зведенні заглиблених споруд та конструкцій;

провести дослідження та розробити розчини, що самодеструктується біологічним вляхом, для технології глибоких дренажів та головні принципи цієї технології;

розробити принципи ефективного осушення котлованів, які захищені недосконалими стінами в ґрунті та дослідити головні параметри фільтраційного потоку води в осушувальній котлован з отриманням їх аналітичних виразів;

розробити технологічні принципи захисту від деформації дна котлована споруди, яка зводиться, і підвалим поблизу розташованих будівель, а також ефективні варіанти такого захисту;

створити математичні моделі витрат ресурсів для різних технологічних процесів заглибленого будівництва, розробити методику визначення їх техніко-економічних показників;

опрацювати нові способи інженерного застосування одержаних результатів досліджень, здійснити їх виробничу перевірку та визначити ефективність.

Методи дослідження. В дисертаційній роботі широко використовувались аналіз та узагальнення інформації про досвід заглибленого будівництва, особиста участь дисертанта в проектуванні та будівництві об'єктів, натурні спостереження технологічних процесів та дослідні роботи.

Теоретичні та експериментальні дослідження з проблеми стійкості стінок виробок, заповнених прохідницьким розчином, містять методи механіки ґрунтів, основ та фундаментів, гідраліки і гідромеханіки,

фізико-хімічної механіки дисперсних систем, теорії пластичності, теорії та практики промислового буріння.

Дослідження з питань проектування прохідницьких розчинів спиралюся на теорії розрахунків і експлуатації будівельних машин. При розробці рецептур і визначенні показників властивостей прохідницьких та інших розчинів застосовувались лабораторні дослідження дисперсних систем стандартними методами і за спеціально розробленими методиками, в яких використовувались створені дисертантом оригінальні фільтраційні прилади та установки.

При дослідженні основних параметрів осушення котлованів використані методи теоретичної гідромеханіки в поєднанні з експериментальною перевіркою отриманих результатів на плоских та просторових моделях за методом БГДА.

Розробка принципів захисту від деформацій дна котлованів здійснювалась з використанням методів системного аналізу в поєднанні з евристичним пошуком оригінальних конструктивно-технологічних рішень.

При складанні методики розрахунку техніко-економічних показників використовувались загально-економічні методи в поєднанні з розробкою конкретних моделей на основі даних натурних спостережень і нормативної бази.

Наукова новизна роботи полягає в обґрунтуванні та розробці наукових принципів системного управління технологіями будівництва заглиблених в ґрунт споруд та конструкцій, метов якого є підвищення ефективності та якості цього виду будівництва. Вперше розроблені такі найважливіші елементи розглянутої системи технологій: розрахунки стійкості траншей в техногенічному розчині з врахуванням фізико-хімічних властивостей ґрунту та впливу на призму зрушення фільтраційного потоку і способів прогнозування зміни показників стійкості стінок траншей під впливом цього потоку з плином часу; методи проектування технологічних розчинів з врахуванням їх багатофункціональної ролі в технологічному циклі; принципи будівництва глибоких дренажів та розчини для цих цілей; розрахунки оптимальних варіантів осушення котлованів у водоносних пластах необмеженої потужності; принципи захисту підвалин заглиблених споруд від фільтраційних деформацій; розрахунки специфічних для заглибленого будівництва техніко-економічних показників.

На захист виносяться такі результати дослідження:

- наукові основи управління технологіями будівництва заглиблених в ґрунт споруд та конструкцій, яке здійснюється з метов підвищення їх ефективності, надійності та екологічності;
- сукупність методів розрахунків стійкості стінок глибоких

виробок, заповнених технологічними розчинами, з урахуванням фізико-хімічних властивостей ґрунтів і розчинів, динаміки фільтрації із виробки в навколишній ґрунт;

- принципи та розрахунковий апарат проектування технологічних розчинів для технології "стіна в ґрунті";

- принципи технології будівництва глибоких дренажів з використанням розчинів, що самодеструкуються біологічним шляхом;

- методи розрахунків оптимальних варіантів осушення котлованів у водоносних пластах необмеженої потужності;

- технологічні принципи, конкретні способи виконання і методи розрахунків захисних заходів, що запобігають деформації котлованів і підвалин поблизу розташованих будинків та споруд;

- методика розрахунку техніко-економічних показників заглибленого будівництва, що містить систему аналітичних моделей витрат ресурсів з основних видів робіт.

Практичне значення дослідження полягає в тому, що розроблені методи розрахунків та знайдені нові технологічні принципи дозволяють, минаючи етап варіантного порівняння, проектувати ефективні та надійні конструктивно-технологічні рішення як для окремих технологічних процесів і конструкцій, так і для споруд в цілому. При цьому можуть порівнюватись економічна ефективність, енергомісткість, технічна надійність, екологічна безпека технологій. Такий погляд дозволяє швидко будувати заглиблені споруди в найскладніших умовах, досягаючи при цьому значного економічного та соціального ефекту.

Деякі результати дисертаційного дослідження знайшли відображення в республіканських будівельних нормах по будівництву методом "стіна в ґрунті" РБН 316-88 та РБН 272-90. Розроблені та видані "Методичні рекомендації по розрахунку конструктивно-технологічних рішень заглиблених споруд, що будуються методом "стіна в ґрунті" в водоносних пластах необмеженої потужності". На допомогу проектувальникам цих споруд за участю дисертанта складено практичний посібник до РБН 272-90 у вигляді альбому найбільш перспективних конструктивно-технологічних рішень.

Розробки дисертації знайшли втілення в багатьох проектах, включаючи конкурсний проект, що посів призове місце в Міжнародному конкурсі по перетворенню об'єкту "Укриття" Чорнобильської АЕС в екологічно безпечну систему. Загальний економічний ефект від впровадження в виробництво розробок та досліджень склав біля 4,1 млн.крб. в цінах 1984 р.

Апробація роботи. Основні дослідження, виконані в дисертації, та окремі їх результати доповідались на трьох республіканських науково-практичних семінарах та конференціях / 1985, 1986, 1987 р.р./, на Міжнародній науково-технічній конференції з проблем нових конструктивно-технологічних рішень в будівництві в м.Толбухін /Болгарія, 1990 р./, на Міжнародній конференції з проблем перетворення об'єкта "Укриття" Чорнобильської АЕС в екологічно безпечну систему в м.Києві /1993 р./, на секції НТР Міністерства у справах будівництва та архітектури України /1993 р./ та інших.

Публікації. За темою дисертації опубліковано 43 роботи, в їх числі 23 авторських свідоцтва на винаходи.

Структура та об'єм дисертації. Дисертація складається із вступу, семи глав, загальних висновків, списку літератури та додатків, усього 443 сторінок. В тому числі 84 сторінок малюнків і окремих таблиць, 36 сторінок списку літератури із 375 найменувань, 4 сторінок додатків.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі розглянуті питання актуальності досліджуваної проблеми, окреслена галузь і основні напрямки досліджень. Зроблені уточнення термінів: "заглиблена споруда, заглиблена конструкція". Акцентовано увагу на тому, що під часто вживаними термінами "підземне приміщення", "підземна споруда", "підземна конструкція" частіш за все розуміють такі об'єкти, які розташовані нижче денної поверхні, незалежно від того, яким способом вони побудовані: відкритим чи закритим /гірничим/. Під терміном "заглиблена в ґрунт споруда, конструкція" спеціалісти частіш за все розуміють той випадок, коли споруда чи конструкція зводяться у відкритому котловані, з денної поверхні, а знаходяться в ґрунті повністю або частково. Саме в такому тлумаченні терміни вживаються в нашій роботі. В тексті дисертації використовуються такі скорочення:

ПФЗ - протифільтраційна завіса;

МШО - шар ґрунту підвищеного фільтраційного опору;

БДР - розчин, що самодеструктується біологічним шляхом.

В главі I проаналізовано наявний досвід заглибленого будівництва, обґрунтовані напрямки вдосконалення технологій будівництва заглиблених в ґрунт споруд і конструкцій.

В розвиток теорії та практики заглибленого будівництва великий внесок зробили вітчизняні та іноземні вчені та спеціалісти:

М.Ю.Аослев, С.К.Абрамов, А.І.Байцур, В.П.Болотов, М.С.Болотских, М.М.Веригін, Л.М.Ворооков, А.М.Галінський, Т.А.Гарибіна, А.І.Ганічев, М.І.Глотов, Б.М.Зархін, Л.І.Іванов, В.А.Івахнюк, В.І.Клімов, В.Е.Коваль, В.Е.Коваль, К.А.Логінов, Т.Лоренц, М.С.Метельк, М.І.Никитенко, П.С.Непорожній, В.М.Новицький, М.В.Писанко, Е.М.Перлей, В.Ф.Ряк, З.Регеле, Ю.О.Соболевський, К.С.Сілін, М.І.Смородінов, П.П.Сорокін, В.І.Феклін, Н.В.Феоктістова, Б.С.Федоров, Ч.Федер, О.Л.Філахтов, І.Е.Франке, М.Ф.Хасін, В.Б.Хейфец, Г.Н.Цай, О.М.Чернухін, В.М.Шейнблом, В.М.Шестаков, М.Г.Янкулін та інші. Над розробкою методів системного пошуку ефективних рішень по організації, технології та механізації будівництва працювали такі вчені, як С.С.Атаєв, В.С.Балицький, М.С.Будніков, С.М.Булгаков, Ю.І.Беляков, О.О.Гусаков, Є.Є.Канторер, О.М.Лізіньський, М.П.Педан, В.І.Рибальський, С.О.Ушацький, Р.І.Фоков та інші.

В технологічному циклі зведення заглиблених в ґрунт споруд можна виділити три основних і один допоміжний процес. Перші три включають: зведення огороджуючих конструкцій, екскавацію ґрунту з порожнини споруди та влаштування димуша. Допоміжний процес забезпечує успішне виконання основних робіт і включає заходи по осушенню котлована та захисту підвала від деформацій фільтраційним потоком. Відомі методи будівництва заглиблених споруд перш за все відрізняються тим, що позначені технологічні процеси реалізуються в різній послідовності, з використанням при цьому значної кількості технологічних заходів та конструктивних рішень. Внаслідок цього підвищення ефективності технологій будівництва заглиблених споруд становить собою комплексне завдання, яке слід вирішувати на основі системного підходу, тобто як за рахунок створення та удосконалення окремих конструкцій та елементів технології /задача мікрорівня/, так і шляхом більш раціонального їх поєднання в часі та в просторі з метою досягнення максимального ефекту /задача макрорівня/.

В цілому техніка будівництва заглиблених споруд найбільш швидко вдосконалюється в трьох основних напрямках: по-перше, збільшуться розміри споруд в плані та їх глибина; по-друге, ведеться інтенсивний пошук резервів скорочення питомої матеріаломісткості споруд; по-третє, активно розробляються способи найбільш ефективного і надійного будівництва в складних інженерно-геологічних умовах.

По сукупності конструктивно-технологічних рішень виділяють чотири основні методи зведення заглиблених споруд: у відкритому котловані /із шпунтовим чи іншим видом огороження або без нього/, опускний колодезь, кесон, "стіна в ґрунті". Досвід використання

"стіна в ґрунті" свідчать про великі потенційні можливості цієї технології. Вона дозволяє в порівнянні з іншими технологіями в 1,5-2 рази зменшити вартість робіт, трудомісткість, витрати металу та цементу, скоротити строки будівництва. Найбільш ефективним методом "стіна в ґрунті" виступає в складних інженерно-геологічних умовах, при високому рівні ґрунтових вод та при зведенні споруд, що мають великі площі та значний об'єм. Як правило, він єдино можливий в умовах реконструкції, при влаштуванні заглибоких споруд і конструкцій в безпосередній близькості від існуючих буданків та споруд або серед них. Його слід також застосовувати, коли непрацездатними динамічними навантаженнями, деформації підвалив. Метод "стіна в ґрунті", як ні один інший спосіб, гнучко і ефективно поєднується з різними технологіями активного осушення котлованів, захисту їх дна від фільтраційних деформацій. Конструктивні можливості методу значно посилені розробленою в останні роки технологією буріння реакційного анкерування підірних конструкцій. Серед сучасних технологій заглибокого будівництва, об'єднаних під загальною назвою "стіна в ґрунті", розроблені й з успіхом використовуються: технологія ПЗЗ, монолітних огороджувачів та протифільтраційних конструкцій, "збірні стіни в ґрунті".

Аналіз свідчить, що функціональні можливості цієї технології можуть бути значно покреслені та розширені як за рахунок розробки на ідейній основі "стіни в ґрунті" нових технологій, так і за рахунок більш тісного поєднання її елементів з елементами інших технологій.

Головними проблемами, які потрібно вирішувати в рамках технологій, що склалися, виступають: підвищення їх надійності та якості, скорочення витрат матеріальних та енергетичних ресурсів, збереження вимог по охороні навколишнього середовища. В зв'язку з цим необхідно розв'язати комплекс питань, обумовлених забезпеченням стійкості стінок різних по формі виробок, що заповнені прохідницьким розчином, та прогнозуванням показників зміни стійкості з плином часу. Важливо також розробити методи управління властивостями прохідницьких розчинів і способи проектування рецептурного складу з врахуванням їх багатфункціональної ролі в технологічному процесі.

Практика заглибокого будівництва вимагає влаштування не тільки протифільтраційних та огороджувачів конструкцій, але також і дренажних конструкцій глибокого закладання з великою водозахватною спроможністю. Згідно до гіпотези, висунутої в дисертації, такі конструкції можуть бути зведені устаткуванням методу "стіна в ґрунті" з використанням для утримання стінок траншей БДР. Розробка таких розчинів

практично рівнозначна створенню нової, вельми перспективної технології зеглибленого будівництва.

Технологія зведення огороджуваних конструкцій методом "стіна в ґрунт" дозволяє ефективно поєднувати методи пасивного і активного осушення котлованів. Разом з тим розрахунковий апарат для вибору оптимальних енергозберігаючих варіантів відсутній, і його необхідно створити на основі аналізу гідромеханічних характеристик фільтраційного потоку, спрямованого в котлован.

Шляхом поєднання протифільтраційних та дренажних конструкцій можна захистити основи від фільтраційних деформацій, скоротити витрати енергоресурсів на водовідлив навіть в таких складних умовах, коли водотривкий пласт ґрунту знаходиться на великій глибині. Розробка таких конструктивно-технологічних рішень і методів їх розрахунку становить актуальну задачу, особливо для забудови в умовах міста, де порушення оточуючого ґрунтового середовища повинні бути виключені.

Специфіка заглибленого будівництва потребує розробки своїх особливих методів розрахунку техніко-економічних показників. Такі розрахункові моделі необхідно створити, оскільки вони дозволяють вести пошук оптимальних технологічних і конструктивних рішень без варіантного проектування.

В другій главі виконані детальні дослідження стійкості стінок виробок, що заповнені прохідняцьким розчином.

Детальний аналіз наукових праць та нормативних документів, в яких розглянуті питання стійкості стінок траншей, свідчить, що в сучасній науково-технічній літературі відсутня єдина точка зору на фізичну природу та механізм забезпечення стійкості траншей, що заповнені прохідняцьким розчином. Більшість дослідників, як правило, не вийшли за межі опису явищ, що спостерігаються. Запропоновані лише окремі прості теоретичні та емпіричні формули, що зв'язують деякі фактори, які впливають на стійкість стінок траншей. Сьогодні відсутні дослідження залежностей, які б враховували вплив фільтраційних сил на стійкість стінок траншей, а також зміну цих сил в часі. В розрахунках приймається, як правило, що коефіцієнт фільтрації ШИФО дорівнює нулю. Частіше за все не роблять різниці в механізмі стійкості під дією розчину піщаних і глинястих ґрунтів. Недостатньо розроблене питання про вплив на стійкість траншей в'язкопластичних властивостей прохідняцьких розчинів.

В дисертації запропоновано метод управління стійкістю траншей шляхом застосування на всіх етапах проектування і будівництва ряду

системних формальних і неформальних заходів, серед яких можна виділити такі:

1. Аналіз обмежень, що накладені інженерно-геологічними та гідро-геологічними умовами будівельного майданчика;
2. Визначення діючих сил граничного стану масиву ґрунту і прогнозування їх зміни з плином часу;
3. Врахування і прогнозування розвитку фізико-хімічних процесів в системі "прохідницький розчин - фільтраційна кірка - оточуючий ґрунт і ґрунтові води" /для глинястих ґрунтів/;
4. Фільтраційні розрахунки системи "прохідницький розчин- водоносний пласт";
5. Оцінка технологічних можливостей підвищення стійкості траншеї і обмеження тривалості технологічних операцій;
6. Розрахунок густини і вибір типу прохідницького розчину, визначення його складу і показника фільтрації /з урахуванням п.п.2 і 3, а також конструктивних вимог до споруди, що будується, і технологічних обмежень/;
7. Оцінка надійності прийнятих рішень;
8. Оперативний контроль та керування вирахованих та прийнятих параметрів проходки траншеї, які забезпечують її стійкість.

По кожному з перерахованих заходів системи управління стійкістю, з врахуванням наявного досвіду проектування і будівництва методом "стіна в ґрунті", а також знань із суміжних галузей науки і техніки розроблені детальні концепції, визначені ті вузлові питання, котрі необхідно вирішити для підвищення надійності уповільнення стійкості траншеї. Як першочергові, визначені наступні задачі: уточнити рівняння граничної рівноваги для різних ґрунтів та довільних поверхонь зсуву; розробити способи врахування фільтраційних сил, структурно-механічних властивостей розчинів, параметрів поєднання прохідницьких розчинів з ґрунтовим потоком для плоскої і радіальної задачі з врахуванням фактору часу; розглянути залежності параметрів стійкості від форми виробки; розробити методику врахування фізико-хімічних явищ.

Розгляд рівнянь граничної рівноваги стінок траншеї нескінченної довжини в елементарній постановці /поверхня зсуву плоска, ШКУО абсолютно непроникливий/ дозволив дещо вдосконалити розрахунковий апарат. Побудовані коефіцієнти для визначення густини прохідницького розчину в умовах різних ґрунтів, навантажених на денній поверхні, а також при різних поєднаннях глибинах траншеї, розчину, ґрунтових вод. Отримана залежність для визначення необхідної висоти облицювання гирля

траншеї при навантаженні на поверхні ґрунту q_n :

$$h_{об} = h_g \frac{1 + \sqrt{\alpha_1}}{\alpha_1 - 1}, \quad / 1 /$$

де $\alpha_1 = \frac{\rho_p}{\rho_{sp} \cdot \gamma^2 (45^\circ - \varphi/2)}$; $h_g = \frac{q_n}{\gamma \rho_{сух}}$;

$\rho_p, \rho_{sp}, \rho_{сух}$ - відповідно густина розчину, ґрунту, сухого ґрунту.

Складені також зручні для використання графіки активного тиску ґрунту в траншеї обмеженої довжини.

Далі задача про стійкість стінок траншеї суттєво ускладнена і наближена до реальних умов шляхом введення поверхні зсуву довільної форми та врахування гідравлічним методом фільтраційних сил. Складені рівняння граничної рівноваги в кінцевих різниціях. Якщо поверхні фільтраційної депресії та зсуву можуть бути відображені аналітично у вигляді $y_1 = F_1(x, y, z)$ та $y_2 = F_2(x, y, z)$, то рівняння граничної рівноваги в загальній формі має вигляд:

$$\begin{aligned} P_c = & \gamma \rho_{сух} \int \int_{\alpha(z)}^{\alpha(h)} (h - F_1) \gamma (\operatorname{arctg} \frac{\partial F_1}{\partial x} - \varphi) dx dz + \\ & + \gamma \rho_{об} \int \int_{\alpha(z)}^{\alpha(h)} (F_2 - F_1) \gamma (\operatorname{arctg} \frac{\partial F_1}{\partial x} - \varphi) dx dz + \\ & + \gamma \rho_s \int \int_{\alpha(z)}^{\alpha(h)} (F_2 - F_1) \frac{\partial F_2}{\partial x} \sin(\operatorname{arctg} \frac{\partial F_2}{\partial x}) \gamma (\operatorname{arctg} \frac{\partial F_1}{\partial x} - \varphi) dx dz - \\ & - \gamma \rho_s \int \int_{\alpha(z)}^{\alpha(h)} (F_2 - F_1) \frac{\partial F_2}{\partial x} \cos(\operatorname{arctg} \frac{\partial F_2}{\partial x}) dx dz + \\ & + \gamma \rho_{сух} \int \int_{\alpha(z)}^{\alpha(h)} (h - F_1) \gamma (\operatorname{arctg} \frac{\partial F_1}{\partial x} - \varphi) dx dz + \frac{\gamma \rho_s^2}{2} \int h_s^2(z) dz. \end{aligned} \quad / 2 /$$

Можна відмітити, що коли зсув виникає по площині, то $\operatorname{arctg} \frac{\partial F_1}{\partial x} = \operatorname{const} = 45^\circ + \varphi/2$ і тоді $\gamma (\operatorname{arctg} \frac{\partial F_1}{\partial x} - \varphi) = \gamma (45^\circ - \varphi/2)$, що відповідає теорії Кулона.

Для визначення можливих форм поверхностей зсуву і кривих депресії розглянуто принципи розрахунку параметрів поєднання ґрунтового потоку і прохідницького розчину. Вивчені розрахункові схеми "траншея - волоносний пласт", що найбільш часто зустрічаються. При фільтрації прохідницького розчину із досконалої траншеї нескінченної довжини форма кривої депресії має вигляд параболы:

$$y^2 = h_p^2 \left(1 - \frac{x - 0,5b}{l - 0,5b} \right), \quad / 3 /$$

де h_p, b - відповідно глибина розчину і ширина тріщини;

L - відстань до точки розвантаження фільтраційного потоку.

При врахуванні шару ґрунту з підвищеного фільтраційного опору /ШКФО/, що складається з зовнішньої фільтраційної кірки і заcolmтованої зони, виведена формула для витрат фільтраційного потоку:

$$q = \frac{0,5 K_{\phi} h_p^2}{K_{\phi} \mathcal{K}_{\phi} + L - 0,5b} \quad / 4 /$$

де $\mathcal{K}_{\phi} = \frac{\delta_{\kappa}}{K_{\phi}}$ - фільтраційна характеристика ШКФО;

$\delta_{\kappa}, K_{\phi}$ - відповідно товщина і коефіцієнт фільтрації ШКФО;

K_{ϕ} - коефіцієнт фільтрації ґрунту.

Поняття фільтраційної характеристики ШКФО запропоновано нами і вводитья в науковий обіхід вперше. Спосіб її визначення розглянуто в главі 3.

Для обчислення часу формування фільтраційного потоку в дисертації виведена формула:

$$t = \frac{2}{3} \frac{\mu_0}{K_{\phi}} \frac{(L - 0,5b)^2}{h_p} \quad / 5 /$$

де μ_0 - коефіцієнт водопоглинення ґрунту.

З врахуванням фільтраційного опору ШКФО формула / 5 / має вигляд:

$$t = \frac{4}{3} \frac{\mu_0}{K_{\phi}} \frac{(N - 0,5K_{\phi} \mathcal{K}_{\phi} \mathcal{P})}{h_p} \quad / 6 /$$

де $N = 0,5(L - 0,5b) \sqrt{(L - 0,5b)(K_{\phi} \mathcal{K}_{\phi} + L - 0,5b)}$,

$$\mathcal{P} = \sqrt{(L - 0,5b)(K_{\phi} \mathcal{K}_{\phi} + L - 0,5b)} - \frac{K_{\phi} \mathcal{K}_{\phi}}{4} \ln \left(\frac{\sqrt{(L - 0,5b)} + \sqrt{K_{\phi} \mathcal{K}_{\phi} + L - 0,5b}}{\sqrt{(L - 0,5b)} - \sqrt{K_{\phi} \mathcal{K}_{\phi} + L - 0,5b}} \right)$$

Формула / 6 / виведена виходячи з припущення, що відбувається динамічна фільтрація, при якій \mathcal{K}_{ϕ} величина стала і витрата фільтраційного потоку прямо пропорційна часу. При статичній фільтрації витрата прямо пропорційна квадрату часу.

Для круглих в плані виробок радіусом ρ . виведена формула аналогічна / 5 /:

$$t = \frac{\mu_0 \rho^2}{4K_{\phi} h_p} \exp \left[2,18 \left(\ln \frac{R}{\rho} + 0,3 \right)^2 \right] \quad / 7 /$$

де R - радіус впливу виробки.

З метов врахування ШКФО в формулу / 7 / підставляють замість h_p слідувший вираз:

$$h_p' = \frac{h_p \sqrt{\ln \frac{R}{\rho + \delta_{\kappa}}}}{\sqrt{\varepsilon + \ln \frac{R}{\rho + \delta_{\kappa}}}} \quad / 8 /$$

де

$$\varepsilon = \frac{\kappa \rho}{\kappa_{\text{фр}}} \cdot \sigma \cdot \frac{z_0 + \delta \kappa}{2}$$

Співвідношення між часом динамічного і статичного режиму фільтрації враховується так, як і в випадку плоскої фільтрації. Таким чином, формули /6/, /7/ і /8/ дозволяють оцінити динаміку фільтрації, пов'язують час, властивості ґрунту, його П'ЕО з геометричними параметрами потоку.

В дисертації отримано рівняння граничної рівноваги стінок довгої траншеї у випадку плоскої поверхні зсуву ґрунту, параболічної форми кривої депресії, гідравлічного способу врахування фільтраційних сил /мал.1/. В цьому разі необхідна сила тиску прохідницького розчину P_c дорівнює:

$$\begin{aligned} P_c = & \rho \rho_0 \tau_0 \left(45^\circ - \frac{\psi}{2}\right) \left[\frac{\kappa h_0^2}{\delta} (\psi_1 \psi_2 - \psi_3) + \frac{h_0^2}{4L} (\psi_1 - \psi_2) + \frac{\kappa h_0^2}{32} (\psi_3^2 + 4) \sigma \frac{(\psi_1 - 2\psi_2)(\psi_1 + 2)}{(\psi_1 + 2\psi_2)(\psi_1 - 2)} \right] + \\ & + \rho \rho_0 \tau_0 \left(45^\circ - \frac{\psi}{2}\right) \left[\frac{\kappa x_a^2}{2} - \frac{\rho}{3} L h_0 \sqrt{\left(1 - \frac{x_a}{L}\right)^3} + \frac{\rho}{3} L h_0 \right] + \\ & + \rho \rho_{\text{суп}} \tau_0 \left(45^\circ - \frac{\psi}{2}\right) \left[\frac{h_0^2}{2} \tau_0 \left(45^\circ - \frac{\psi}{2}\right) - \frac{\kappa x_a^2}{2} + \frac{\rho}{3} L h_0 \sqrt{\left(1 - \frac{x_a}{L}\right)^3} - \frac{\rho}{3} L h_0 \right] - \quad / 9 / \\ & - \rho \rho_0 \left\{ \frac{\kappa h_0 L}{12} \left[\psi_3^2 - (\psi_3^2 + 2 \frac{x_a}{L}) \psi_2 \right] + \frac{h_0^2}{4} (\psi_1 - \psi_1 \psi_2) + \frac{h_0^2}{32} \sigma \frac{\psi_1 + 2\psi_2}{\psi_1 - 2} \right\} + \\ & + \rho \rho_0 \frac{(\kappa x_a)^2}{2} \end{aligned}$$

де $x_a = \frac{h_0}{2\kappa^2 L} (\sqrt{h_0^2 + 4\kappa^2 L^2} - h_0^2)$; $\kappa = -\tau_0 \left(45^\circ - \frac{\psi}{2}\right)$;

$$\psi_1 = \sqrt{1 - \frac{x_a}{L}}, \quad \psi_2 = \sqrt{\frac{h_0^2}{L^2} + 4 - 4 \frac{x_a}{L}},$$

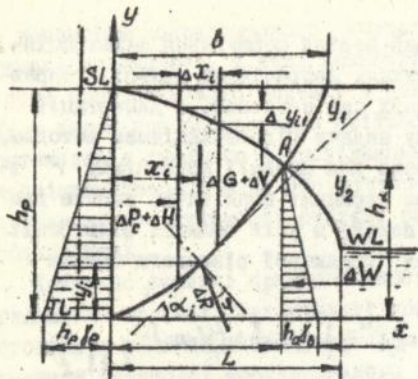
$$\psi_3 = \sqrt{\frac{h_0^2}{L^2} + 4}$$

Графік залежності $P_c(L, \psi)$ при $h_0 = 1$ наведено на мал.2. На графіку мал.3 наведено тиск прохідницького розчину, обчисленого за звичайними методами /без врахування фільтраційних сил/ в відношенні до цього ж тиску, але обчисленого за формулами, запропонованими нами, в яких ці сили враховуються.

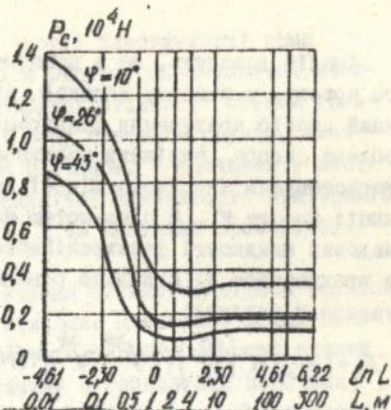
В дисертації показано, що теоретична формула /9/ для великих значень L може бути замінена більш простою /з похибкою менше 5 % /:

$$P_c = \frac{\rho}{2} \frac{M^2}{L+M} \left(\rho_0 \frac{h_0^2}{3} + \rho_0 L + \rho_{\text{суп}} M \right) - \frac{\rho \rho_0 L h_0^2}{2(L+M)} \left(\frac{M}{3} - \frac{L}{L+M} \right), \quad / 10 /$$

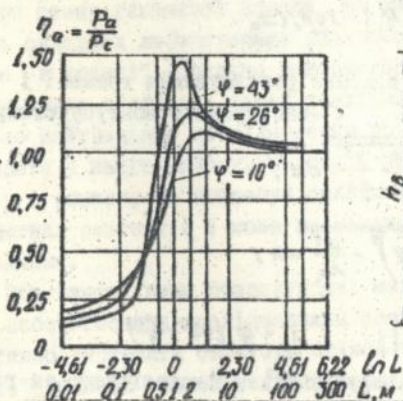
де $M = h_0 \tau_0 \left(45^\circ - \frac{\psi}{2}\right)$.



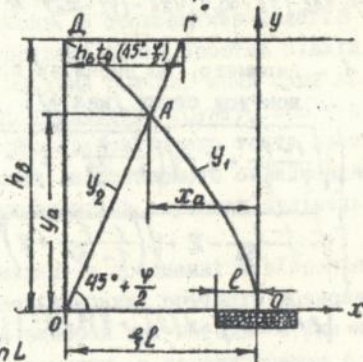
Мал. 1. Схема сил, що діють на елемент тіла зрушення



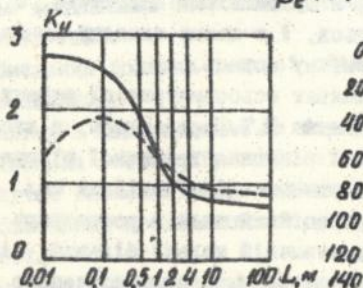
Мал. 2. Графік залежності $P_c(L, \varphi)$ при $h_p = 1 \text{ м}$



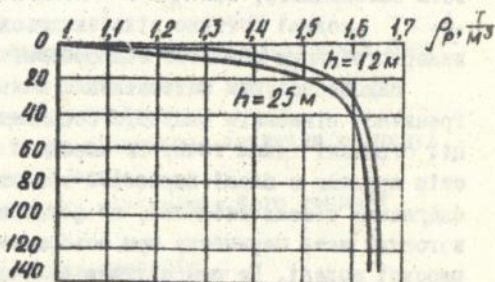
Мал. 3. Графік залежності $\frac{P_a}{P_c}(L, \varphi)$



Мал. 4. Схема перетину лінії зсуву і кривої депресії



Мал. 5. — відношення коефіцієнтів стійкості по гідромеханічній і гідрравлічній моделях;
--- коефіцієнт стійкості при $P_c=1$ по гідромеханічній моделі



Мал. 6. Падіння продуктивності грейфера в залежності від збільшення густини розчину

Аналіз доводить, що в початковий період формування фільтраційного потоку, у випадку великої крутязни депресійної кривої, гідравлічний спосіб врахування фільтраційних сил неточний. В дисертації зроблена спроба вирішити поставлену задачу гідромеханічним методом, використовуючи для цього відомі вирази для функції потенціалу ψ' і функції потоку ψ'' . З цієї метов нама отримані аналітичні вирази для складових швидкості фільтраційного потоку в усій області фільтрації і з врахуванням їх складено рівняння "граничної рівноваги призи мушення у вигляді:

$$R_1 = \left[g\rho_0 \sqrt{2l} \left\{ \frac{2\sqrt{2}}{3} \left[(fl)^{3/2} - x_a^{3/2} \right] - (fl - x_a)^{3/2} R_1 \right\} + g\rho_0 \frac{2}{3} h_0 (fl - x_a)^{3/2} \right. / II / \\ \left. + g\rho_0 h_0 \left[\frac{h_0}{2} \operatorname{tg} \left(45^\circ - \frac{\nu}{2} \right) - \frac{2}{3} (fl - x_a) \right] \operatorname{tg} \left(45^\circ - \frac{\nu}{2} \right) - \right. \\ \left. - g\rho_0 \sqrt{2l} (fl - x_a) \left[\sqrt{2l} - (fl - x_a)^{1/2} R_1 \right] + 2g\rho_0 l x_a \right.$$

де f - параметр, що визначає взаємне розташування трапезеї і контуру стоку / мал.4/; l - напівромір контуру стоку;

$$R_1 = \int_0^l \sqrt{\frac{l-f}{f-\frac{x}{2}} + z} + \sqrt{\left(\frac{l-f}{f-\frac{x}{2}} + z\right)^2 + \frac{z^2}{\lambda_a}} dz;$$

$$R_2 = \int_0^l \sqrt{\frac{l-l}{f-\frac{x}{2}} - z} + \sqrt{\left(\frac{l-l}{f-\frac{x}{2}} + z\right)^2 + \frac{z^2}{\lambda_a}} dz;$$

$$x_a = |l - 2\lambda_a - f + \sqrt{(2\lambda_a + f)^2 - f^2}|; \quad \lambda_a = \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\nu}{2} \right).$$

Порівняння двох способів розрахунку R_0 /гідравлічного та гідромеханічного/ наведено на мал.5, з якого видно, що при $\frac{l}{h_0} = 1$ результати співпадають, при $\frac{l}{h_0} > 1$ - вони відрізняються несуттєво, а при $\frac{l}{h_0} < 1$ - моделі суттєво відрізняються, і в цьому випадку доцільно використовувати виключно гідромеханічну модель.

Використовуючи математичний апарат осьосиметричної задачі теорії граничної рівноваги сишучого середовища В.Т.Березанцева, в дисертації отримані також точні те спрощені рівняння граничної рівноваги стін круглих в плані виробок з врахуванням фільтраційних сил. Аналіз одержаних рішень свідчать, що фільтраційний тиск в розрахунку на погонний метр периметру при осьосиметричній моделі більший, ніж для плоскої моделі. Це пояснюється більшим об'ємом водонасиченого ґоунту, на який діє фільтраційний потік, що припадає на одиницю довжини периметра виробки.

За допомогою розрахункового апарату теорії пластичності нами отримані залежності, в яких враховуються структурно-механічні властивості прохідницького розчину в розрахунках стійкості стінок траншеї, а також при розрахунках стійкості шару слабого ґрунту, який перетинається траншеєю з прохідницьким розчином. В розчинах з високим вмістом твердої фази структурно-механічні властивості відіграють при розрахунках стійкості суттєву роль, і їх доцільно враховувати в обчисленнях.

Детально вивчені принципи забезпечення стійкості стінок траншеї в глинястих ґрунтах. Тут можливі два підходи. По-перше, можна використовувати відомий з практики промислового буріння спосіб оцінки характеру взаємодії прохідницького розчину з глинястими породами стінок траншеї за допомогою показника початкової швидкості зволоження U_0 . Цей показник дає можливість приблизно оцінювати час стійкого стану глинястої породи, що оточує виробку, але потребує досить складних лабораторних досліджень. В практиці технології "стіна в ґрунті" доцільно використовувати більш простий підхід. Завжди можна підібрати такий прохідницький розчин, який буде або хімічно нейтральним по відношенню до глинястого ґрунту, або буде відбирати у нього вологу. Методика проведення такого тесту зразків ґрунту і розчину не потребує складного лабораторного обладнання, дефіцитних реагентів і може використовуватись в умовах будівельного майданчика.

Розглянуті вище розрахункові моделі в поєднанні з запропонованими лабораторними дослідженнями прохідницьких розчинів дозволяють ефективно управляти стійкістю стінок виробок при методі "стіна в ґрунті" на всіх етапах технологічного циклу, з використанням всіх наявних засобів підвищення стійкості стінок виробок. При цьому найбільш доцільними способами підвищення стійкості стінок траншеї виступають такі:

обмеження довжини виритої ділянки траншеї або установка обмежувачів ділянок;

зниження навантаження на борт траншеї;

підсилення теорії, щоб одержати підвищення позначки розчину;

штучне зниження рівня ґрунтової води;

обмеження прохідницького розчину, підвищення його границі текучості.

Можливе також поєднання наведених способів.

Глава третя присвячена розробці методів управління властивостями прохідницьких розчинів. До їх функціональних можливостей і якості ставлять ряд вимог, які випливають із необхідності охорони оточуючого середовища, особливостей технології і споруджуваних конструкцій, властивостей ґрунтів, що перетинаються. Ці часто проти-лежні властивості розчинів прийнято визначати сукупністю деяких показників фізичної природи, звичайно вимірюваних лабораторним шляхом. На доповнення до системи стандартних технологічних показників розчинів, які сьогодні використовуються в методі "стіна в ґрунті"/густана f_p , умовна в'язкість T , водовіддача W , товщина кірки b_k , відстіг води W , статичне напруження зсуву cmz , кількість піску kl , водневий показник pH , в дисертації введені для кількісних розрахунків і якісних оцінок розчинів ще дві групи показників: реологічні та показники, що характеризують взаємодію прохідницького розчину з ґрунтами і конструкціями. Реологічні показники /пластична в'язкість p_r , динамічне напруження зсуву ζ , питома потужність деформування дисперсної системи ΔN / відомі з теорії дисперсних систем; їх використання в технології "стіна в ґрунті" необхідне для виконання розрахунків продуктивності прохідницьких машин та енергомисткості приготування прохідницького розчину. Показники, що характеризують взаємодію прохідницького розчину з ґрунтами та конструкціями, раніше в технології "стіна в ґрунті" практично не використовувались. Показник початкової швидкості зволоження глинястого ґрунту ζ_0 запозичено нами з практики буріння, показник питомих сил бічного тертя ζ відомий в фундаментабудуванні. Показник фільтраційної характеристики ШШО K_f розроблений і введений вперше. Також вперше розроблено і введено в практику коефіцієнт відновлення фільтраційної спроможності ґрунту, закольматованого БДР, $-K_v$. Для уникнення зайвих лабораторних робіт розроблена схема використання показників властивостей розчинів в залежності від типу конструкції, прохідницьких машин, видів розрахунків.

Стосовно специфіки методу "стіна в ґрунті" нами розроблена класифікація розчинів. У відповідності до їх основної функціональної ролі всі розчини поділено на чотири великі групи: прохідницькі, темпонажні, багатофункціональні та розчини, що самодеструктуються біологічним шляхом. Група поділені на підгрупа і типи розчинів, які відрізняються компонентним складом.

Виконано аналіз особливостей різних груп, підгруп і типів розчинів. Визначені сучасні підходи при виборі їх складів і встановленні взаємозв'язку між властивостями прохідницьких розчинів та їх компонентним складом.

Розроблені способи оцінки втрат прохідницького розчину. Складові цих втрат включають втрати на формування зовнішньої фільтр-пацієної кірки і закольматованої зони на всіх етапах створення виробки, втрати при екскавації ґрунту, втрати на динамічну і стаціонарну фільтрацію в закінченій виробці, випадкові технологічні втрати. Вказані теоретичні та практичні способи визначення складових цих втрат. На основі практики боротьби з поглинаннями, яка є в технології глибокого буріння, створена аналогічна методика і отримані відповідні залежності для розрахунків поглинання розчину в технології "стіна в ґрунті".

Розглянуто методи визначення рецептурного складу прохідницьких розчинів та існуючої технології їх приготування. В технології глибокого буріння накопичена велика нормативна база у вигляді паспортів розчинів, яка, за нашими дослідженнями, може бути широко використана в технології "стіна в ґрунті". Для випадків, коли вживається непаспортизований розчин, пошук його компонентного складу й визначення регламенту виготовлення доцільно вести лабораторним способом. В переважній більшості випадків виготовлення прохідницьких розчинів є тривалим, енергомістким процесом. Для оцінки енергомісткості виготовлення різних прохідницьких розчинів в дисертації знайдені залежності, що базуються на показниках геологічних властивостей. Потужність, необхідна для перемішування розчину з показниками τ_0 , ρ_p , ρ_r з числом обертів мішалки $n = 60$ об/хв може бути вирахована за приблизною формулою:

$$N_{\text{обш}} = K_3 \left[2\pi f_A \rho_m (\tau_0 + 4\sqrt{\rho_p} f_A) + 30 C_A \rho_r \tau_A z_A^2 m \right], \quad / 12 /$$

де m - число лопастей мішалки; τ_A - товщина лопастей; z_A - радіус лопастей; C_A - лобовий опір лопастей; f_A - коефіцієнт, що враховує відставання швидкості розчину від швидкості перемішувального пристрою; K_3 - коефіцієнт запасу, що враховує К.К.Д. приводу та інерційні сили; ρ_m - місткість мішалки.

Витрати електроенергії на виготовлення одного замісу прохідницького розчину приблизно дорівнює добутку потужності, обчисленої за / 12 /, на тривалість перемішування, яка визначається по паспорту розчину або лабораторним шляхом.

Для з'ясування характеру залежності продуктивності породоруй-нучих машин від показників властивостей прохідницьких розчинів нами виконано аналіз цього питання для ковшових машин двох типів: з трюсовою підвіскою грейферного ковша та з грейфером на натягнутих теле-скопичній штанзі. В процесі копання в розчині, який має в порівнянні з водою більш високі густину та в'язкість, подовжується цикл копання,

тому що ківш повинен долати додаткові сили опору розчину. Якщо розчин виготовлено з глиняних мінералів, то для визначення його реологічних показників можна використати модель пластично-в'язкого тіла Шведова-Бінгама. Детальний сукупний аналіз можливих середніх швидкостей руху розчину, його реологічних показників, геометричних розмірів розчинопровідних каналів показує, що рух розчину при копанні траншеї чи шурфу відбувається в ламінарному режимі і завдяки цьому в живому перетині розчинопровідних каналів розподіл швидкостей відповідає параболічному закону. Це дозволяє, використовуючи рівняння балансу рухомих мас, обчислити градієнти швидкостей потоку, що обтікає ківш, якщо обгрунтовано припустити, що у стін виробки швидкості розчину рівні нулю, а у стінок ковша вони дорівнюють його швидкості. Зазор між боковими стінками ковша і стінками виробки сягає величини від кількох міліметрів до десятих долей міліметра і уточнюється шляхом порівняння результатів теоретичних розрахунків продуктивності машин з натурними спостереженнями. Сума сил, діючих на ківш, що рухається в прохідницькому розчині, W_k дорівнює:

$$W_k = W_p + W_{\Sigma} + W_p + W_g + W_u, \quad /13 /$$

де W_p , W_{Σ} , W_p , W_g , W_u - опір, відповідно, сил в'язкості, пластичності, лобового опору, ваги, інерції.

Внаслідок порівняно малих швидкостей ковша силами інерції можна хзнехтувати. Сили в'язкості і пластичності обчислюються за формулами, відомими із гідравліки Бінгамівської рідини, якщо розміри зазорів навколо ковша приблизно однакові, або за наближеними формулами, розробленими в дисертації, якщо ці умови не виконуються.

$$\begin{aligned} W_p &= \rho_r \frac{U_k}{\delta} F_p + \rho_r \epsilon F_p' & / \text{у випадку довгої траншеї} / \\ W_p &= C_p h_k \rho_r U_k & / \text{у випадку копання шурфу} / \\ W_{\Sigma} &= C_{\Sigma} h_k \rho_r U_k \\ W_g &= C_g \rho_r F_g \frac{U_k}{\delta} & / 14 / \\ W_g &= M_k g - M_k \frac{\rho_r}{\rho_m} g + V_k \frac{K_k}{K_p} (\rho_p - \rho_r) g; \end{aligned}$$

де U_k - швидкість руху ковша;

ρ_r, ρ_m - густина, відповідно, ґрунту і металу;

F_p, F_p', F_g - площа, відповідно, обтікання ковша, тертя ковша, міделевого перетину ковша;

U_k, h_k - відповідно швидкість ковша та його середня висота;

ϵ - приведений радіус міделевого перетину ковша;

M_k, V_k - відповідно маса і місткість ковша;

C_p, C_{Σ}, C_g - безрозмірні коефіцієнти, що залежать від поперечних розмірів ковша і виробки, в якій він рухається.

На основі одержаних залежностей виконані розрахунки падіння продуктивності грейферів, працюючих під прохідницьким розчином, в порівнянні з їх продуктивністю в чистій воді. Результати обчислень подані у вигляді графіків / мал. 6 /. Аналіз графіків дозволяє зробити наступні висновки:

1. На графіках можна відізнати три характерних ділянки: у випадку $\rho_p = 1-1,3 \text{ т/м}^3$ продуктивність грейферів знижується на кілька відсотків; у випадку $\rho_p = 1,3-1,55 \text{ т/м}^3$ продуктивність грейферів знижується від кількох відсотків до 20-30 %; у випадку $\rho_p = 1,55-1,62 \text{ т/м}^3$ продуктивність грейферів знижується від 20-30 % до кількох раз.

2. При розробці виробок довжиною в один захват ковша продуктивність грейфера з натискувачом штангою значно менша, ніж при розробці довгої траншеї.

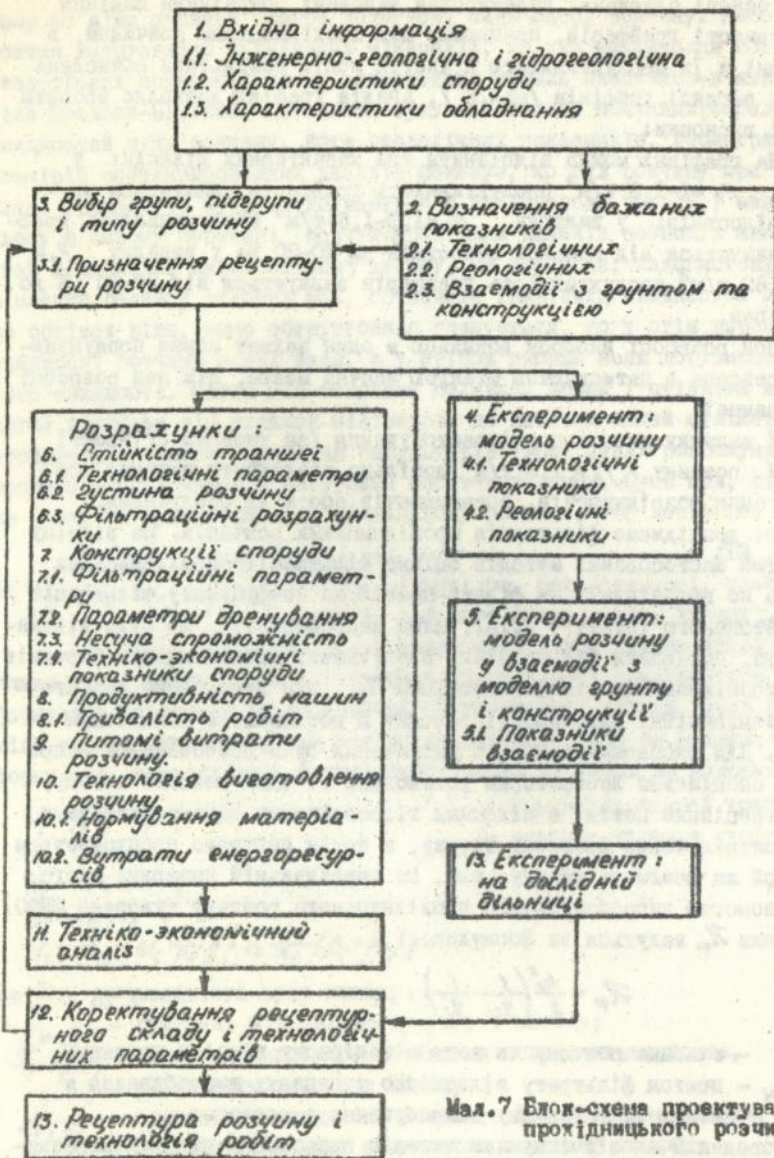
3. У випадку необхідності застосування /за умовами стійкості траншеї/ розчину $\rho_p > 1,3 \text{ т/м}^3$ доцільно розглянути питання про використання розріджувачів, обважнювачів або ж їх сполучення.

Далі досліджена фільтрація прохідницьких розчинів. На відміну від раніше застосованих методів оцінки фільтрації прохідницьких розчинів по водовіддачі на фільтр-пресі В, по коефіцієнту фільтрації закольметованого ґрунту і т.ін., нами запропоновано, як було відзначено вище, оцінювати фільтраційні властивості прохідницьких розчинів за фільтраційною характеристикою ШПФО K_{ϕ} , яка комплексно характеризує фільтраційні властивості розчину в поєднанні з конкретним ґрунтом. Для експериментального визначення була розроблена і випробовувана спеціальна лабораторна установка. Її ідея полягає в тому, що фільтраційний потік з відомими гідравлічними характеристиками пропускається через фрагмент ґрунту, а потім повторно пропускається через той же фрагмент ґрунту, але, на вертикальній поверхні якого, за допомогою випробовуваного прохідницького розчину створено ШПФО. Розрахунки K_{ϕ} ведуться за формулою:

$$K_{\phi} = \frac{h_p^2}{2} \left(\frac{1}{g_{pi}} - \frac{1}{g_i} \right), \quad / 15 /$$

де h_p — глибина розчину чи води в напірному відсіку приладу;
 g_i, g_{pi} — приток фільтрату відповідно у випадку випробування з водою та у випадку випробування з розчином.

Проведений аналіз існуючих методів визначення питомих показників бічного тертя фундаментів τ_{sp} свідчить про значний вплив властивостей прохідницького розчину на несучу спроможність фундаментів.



Мал. 7 Блок-схема проектування прохідницького розчину

Тому показник ζ_p відіграє важливу роль у виборі прохідницького розчину, необхідного для будівництва вертикально навантажених споруд.

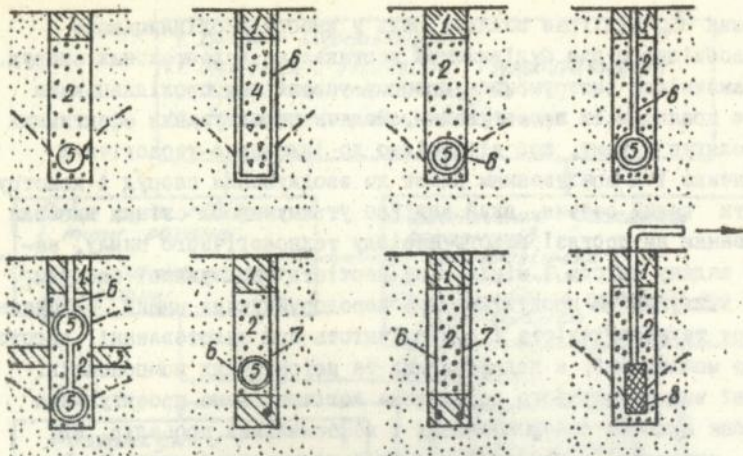
Найважливішим інструментом процесу управління прохідницькими розчинами є принципи їх проектування. Задача проектування ефективних розчинів полягає в тому, щоб відповідно до інженерно-геологічних умов майданчика і з врахуванням вимог до зводжуваних споруд і конструкцій створити такий розчин, який надійно утримував би стінки виробки від обвалювання на протязі всього періоду технологічного циклу, забезпечував задану якість і мінімальну вартість зводжуваної споруди, суттєво не знижував би продуктивність породоруйнувальних машин, одночасно мав би добру технологічність і економічність при виготовленні, виготовлявся б, по можливості, з недефіцитних та нетоксичних компонентів.

На базі вищезазначеного розроблена логічна схема проектування розчину. Вона включає ряд формальних і неформальних процедур, які дозволяють, виходячи із конкретних умов і поставленої мети, розраховувати і вибрати найбільш доцільну рецептуру розчину та технологію робіт. Схема проектування прохідницького розчину наведена на мал.7.

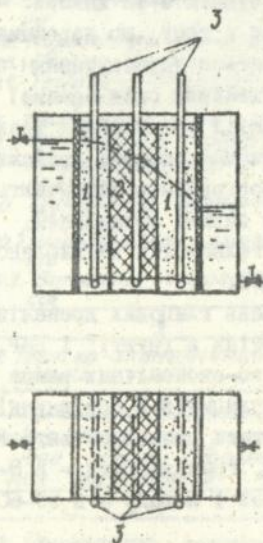
В главі 4 викладені результати досліджень БДР і технологічних особливостей зведення глибоких дозованих конструкцій з їх використанням. Ідея будівництва таких дренажів полягає в тому, що порожнина, в якій розташовано конструкцію дренажу, створюється устаткуванням з методу "стіна в ґрунті", а для кріплення вертикальних стін траншеї використовуються спеціальні розчини, які на стадії влаштування траншеї працюють як прохідницькі, а потім, після заповнення траншеї дренажною конструкцією, природним шляхом, під дією мікроорганізмів, втрачають свої кольматаційні і в'язкісні властивості, що сприяє нормальній роботі конструкції. Практично це якісно нова технологія заглибленого будівництва з великими потенційними можливостями.

Варіанти конструктивно-технологічних рішень глибоких дренажів, що зводяться з використанням обладнання для "стіна в ґрунті" і БДР, можуть бути різними /мал.8/. Результати техніко-економічних розрахунків свідчать, що використання розроблених принципів в порівнянні з іншими аналогами дозволяє в середньому скоротити приведені витрати в 1,5-2 рази, строки будівництва - в 2-3 рази, трудовитрати - в 3-5 раз, а також витрати енергоресурсів - в 3-4 рази і металу - в 50-60 разів.

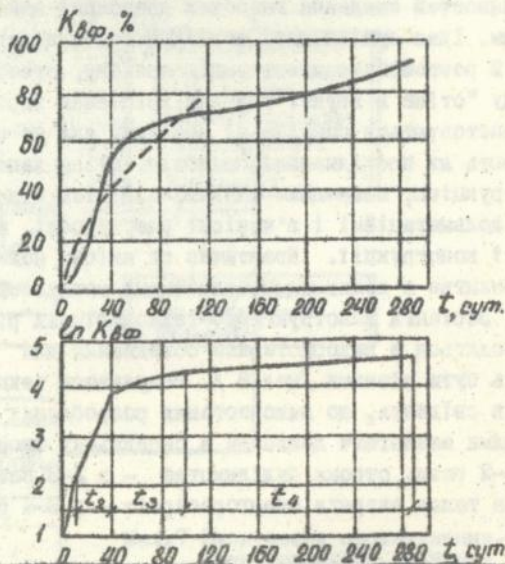
Ідея використання БДР поки що не знайшла відображення в технічній літературі з питань заглибленого будівництва, однак в розчинах для промислового буріння речовини, що зазнають швидкої біологічної



Мал. 8. Конструктивно-технологічні рішення дренажів, що споруджуються під БДР
 1-місцевий ґрунт; 2-пісчано-гравійний або піщаний фільтр; 3-водотривкий пласт; 4-щебінь; 5-труба із ПВХ; 6-геотекстиль; 7-плівковий екран; 8-сітчастий фільтр



Мал. 9. Схема дослідного фільтраційного лотка
 1-пісок; 2-пісок з БДР;
 3-піезометри



Мал. 10. Кінетика відновлення проникності
 — розчин на основі СКР;
 --- розчин на основі КМЦ;
 t_2, t_3, t_4 — відповідно фази росту:
 лат-фаза; прискорення, експонен-
 ціяна, стаціонарна

деструкції, використовуються досить часто. Це в основному природні та синтетичні полімери, які й можуть стати сировинною базою для БДР. В результаті детального аналізу технічної літератури в промислового буріння та серії лабораторних досліджень зроблено висновок про доцільність поділу БДР на наступні основні підгрупи: крохмалевмісні, полісахаридні / КМЦ/, полімерні /ПАА/, лігносульфонні /ПАС, СДБ/, біополімерні. Визначення рецептурного складу БДР виконується лабораторним шляхом, головним чином, як і для прохідницьких розчинів. Однак, дослідження довели, що для БДР головний показник технологічних властивостей – це величина водовіддачі B , яка тісно корелює з іншими технологічними показниками. У випадку коли B менше 15–20 см³ за 30 хвилин, інші технологічні показники також задовольняють вимогам, які ставляться до прохідницьких розчинів. Враховуючи специфіку БДР, їх обважнювання можна здійснити за рахунок їх змішування з розчином кухонної солі / до густини $\rho_r = 1,25$. Але при цьому необхідно мати на увазі, що сіль водночас знижує деструктивні властивості розчину. Внаслідок цього найбільш доцільно проблему стійкості стін траншеї при використанні БДР вирішувати шляхом підвищення рівня розчину або зменшення довжини відкритої траншеї.

Для експериментальної перевірки можливості створення БДР були вибрані такі реагенти, як екструзійний крохмалевмісний реагент /ЕКР/, карбоксиметилцелюлоза /КМЦ/ та поліакриламід /ПАА/. Внаслідок лабораторних досліджень знайдено і випробувано ряд складів БДР. Їх рецептурний склад задовольняє технологічні вимоги до проходки траншеї. Як впливає в самої суті БДР, їх функції після розробки траншеї та влаштування конструкції різко змінюються. Вони повинні в технологічно припустимий строк бути знезаражені мікроорганізмами, що існують навколо. При цьому продукти біологічної деструкції повинні профільтровуватись через ШПЗО і дренажу засипку. Для кількісної оцінки спроможності розчину відновлювати фільтраційні властивості ґрунту в межах ШПЗО та дренажної конструкції, що укладена в траншею під розчином, використана розроблена нами методика. Суть її полягає в послідовних вимірах коефіцієнта фільтрації у фрагменті ґрунту, а потім коефіцієнта фільтрації у тому ж фрагменті з імітацією в ньому дренажної конструкції, створеної в траншеї під БДР. Відношення досягнутого з часом максимального коефіцієнта фільтрації ґрунту з дренажем до початкового коефіцієнта фільтрації ґрунту названо коефіцієнтом відновлення

фільтраційної спроможності фрагмента з ЕДР і позначено $K_{\text{ф}}$. Цей коефіцієнт комплексно враховує властивості ґрунту, властивості ЕДР, особливості укладки та якість дренажного матеріалу, а також час, що пройшов з моменту засипки траншеї.

Методика виконання експерименту полягає в наступному. В прозорий лоток з оргскла вміщують фрагмент фільтруючого ґрунту, усередині якого створюють щілину, заповнену ЕДР, а потім цю щілину засипають цим же фільтруючим ґрунтом. Фрагмент періодично випробовують на проникливість і за результатами цих випробувань роблять висновок про поступове відновлення фільтраційних властивостей фрагмента. Положення кривої депресії фіксують по п'єзометрам. Випробування проводять при стаціонарному режимі фільтрації і повторюють при кількох значеннях перепаду рівнів /мал.9/. Для підвищення вірогідності фільтраційних випробувань ґрунт фрагменту в процесі його виймання шарами повторно випробовують з метою порівняння проникливості чистого ґрунту з проникливістю імітованої дренажної конструкції. Цей спосіб випробувань полягає в вимірюванні часу поглинання води, що наливається в металеві циліндри, які занурені в ґрунт на половину їх висоти. Виміри, отримані для циліндрів в зоні, що імітує дренажну конструкцію, порівнюються з вимірами в зоні чистого ґрунту. Відношення цих середніх величин вимірювань по своїй фізичній природі досить близьке до $K_{\text{доп}}$. Крім фільтраційних характеристик, в фіксованих місцях вимірюють водневий показник pH , який побічно характеризує інтенсивність процесу ферментації.

Спеціальним фільтраційним випробуванням піддалися чотири фрагменти з розчинами різних складів і різними значеннями pH . Графіки кінетики pH , показують, що лужне середовище фрагментів досить швидко окислюється під впливом ферментаційних процесів анаеробних мікроорганізмів. Фрагменти випробовувались на просязі 100-300 діб. Графіки кінетики відновлення проникливості фрагментів подані на мал.10. При цьому коефіцієнти відновлення фільтраційної спроможності $K_{\text{доп}}$ склали для фрагментів: з розчинами на основі ЕДР

$K_{\text{доп}} = 0,88$ і $0,9$ /відповідно за 307 і 290 діб/, з розчином на основі КМЦ $K_{\text{доп}} = 0,73$ /за 100 діб/ і з розчином на основі ПАА $K_{\text{доп}} = 0,35$ /за 100 діб/. Низькі показники відновлюючої спроможності розчину на основі ПАА пояснюються тим, що застосований ПАА виробництва США мав в своєму складі бактеріциди.

Особливість кривих відновлення фільтраційних властивостей фрагментів за своєю формою нагадує криві росту біомаси, які відомі з мікробіології. На отриманих кривих можна виділити лаг-фазу, фазу прискорення росту, фазу експоненційного росту і стаціонарну фазу. Ці особливості дають ключ до розуміння і регулювання процесу, а також його кількісної оцінки.

В п'ятій главі викладені результати досліджень основних параметрів осушення котлованів, огорожених недосконалими "стінами в ґрунті". Наявність ґрунтової води значно ускладнює технологію будівництва заглиблених споруд. Ґрунтові води створять дві важливі технологічні проблеми: необхідність організації водовідливної роботи та прийняття заходів по забезпеченню фільтраційної стійкості основ. Найбільш складним є випадок, коли споруда будується в водоносному пласті великої потужності. Проте технологія "стіна в ґрунті" дозволяє ефективно поєднувати за таких умов активне і пасивне осушення, досягаючи мінімальних витрат енергоресурсів. Разом з тим, такі технологічні заходи ще недостатньо визчені.

Встановлено, що головними чинниками, які визначають ефективність осушення котлованів, що огорожені недосконалими "стінами в ґрунті", є величина заглиблення стін нижче позначки дна котлована, а також спосіб і тривалість водовідливних робіт. Саме вони в основному визначають фільтраційну стійкість основ та собівартість варіантів осушення.

В загальному вигляді умови фільтраційної стійкості основ споруди і мінімуму собівартості виконуваних при цьому робіт, а також водовідливу, зображаються таким чином:

$$\begin{aligned} v_{max} &\leq v_{дон} & / I6 / \\ \sum_{i=1}^n E_i &\rightarrow min, & / I7 / \end{aligned}$$

де v_{max} - максимальна швидкість виходу фільтраційного потоку в котлован;

$v_{дон}$ - допустима для ґрунту основ швидкість фільтрації;

E_i - собівартість i -го конструктивного елемента чи виду робіт.

Рівняння / I6 / зодовольняє критерію фільтраційної стійкості основ, а рівняння / I7 / - оптимальності прийнятих конструктивно-технологічних рішень за критерієм економічної ефективності.

Для випадку, коли основи споруди захищаються від фільтраційних деформацій тільки продовженням стін /або влаштуванням під ними завіси/ нижче позначки дна котлована, цільова функція може бути записана в формі:

$$C_1 \delta_k + C_2 \rho T \rightarrow \min$$

/ 18 /-

де C_1 - питома собівартість влаштування стін споруди нижче позначки дна котлована; S - відносно заглиблення стін нижче позначки дна котлована; δ_k - половина ширини дна котлована; C_2 - питома собівартість водовідливу; ρ - приток води на 1 м периметра споруди; T - тривалість водовідливних робіт.

Хоч C_1 і C_2 , як буде показано далі, є складні функції, залежні від багатьох чинників, включаючи величину S , проте в першому наближенні можна прийняти, що C_1 і C_2 не залежать від S . Тоді S , що відповідає мінімуму цільової функції / 18 /, можна визначити із наступного рівняння:

$$C_1 \delta_k + C_2 T \frac{\partial \rho}{\partial S} = 0 \quad / 19 /$$

Величина S , яка задовольняє два критеріа /фільтраційна стійкість основ і мінімум собівартості/, визначається із сумісного розгляду / 16 / і / 19 /.

В ці рівняння, крім показників собівартості і тривалості робіт, входять також кінематичні характеристики фільтраційного потоку / ρ , $\rho \cdot \frac{\partial \rho}{\partial S}$ /, які залежать від гідрогеологічних умов і геометричних розмірів споруди.

З метою пошуку найбільш доцільної розрахункової схеми фільтрації води в котлован, виконано детальний аналіз можливих варіантів. Показано, що для критерію фільтраційної стійкості основ екстремальним є випадок напірної фільтрації. При цьому найбільш простим випадком є схема плоскої напірної фільтрації / мал. II а, в /.

Для отримання аналітичних виразів кінематичних характеристик фільтраційного потоку використана гідромеханічна модель плоскої і напірної фільтрації води в котлован, який створено в водоносному пласті необмеженої потужності і огорожено недосконалими водонепрониклими стінами, що отримана В.С.Козловим за методом конформних відображень у постановці, що надана цьому методу акад. М.М.Павловським. Проте практичне використання цієї теоретичної моделі надзвичайно складне, оскільки вона представлена у вигляді системи рівнянь, до яких входять спеціальні функції. Тому нами зроблено детальний теоретичний та чисельний аналіз моделі В.С.Козлова в інтервалі значень S , що мають практичний інтерес. В результаті основні кінематичні характеристики

плоского напірного фільтраційного потоку досить точно апроксимовані елементарними функціями.

Для визначення величини приведеного притоку води в котлован та його похідної на доповнення до формули В.С.Козлова

$$q_2 = \frac{2K}{K'}, \quad / 20 /$$

нами виведені наступні основні залежності:

$$\lambda = \exp -0,5 \ln(t+1) - 1,81 S, \quad / 21 /$$

$$\frac{\partial q_2}{\partial S} = - \frac{1,81 S}{(1-\lambda^2)K'^2}, \quad / 22 /$$

де λ - модуль еліптичного інтеграла першого роду ;
 $\lambda' = \sqrt{1-\lambda^2}$ - додатковий модуль еліптичного інтеграла першого роду; K' ; t - відносна висота області фільтрації за стінами споруди.

Дослідження за допомогою механічної моделі параметрів поля вихідних швидкостей фільтрації води в котлован, огорожений недосконалими стінами, дозволили також апроксимувати елементарними функціями аналітичний вираз для швидкості виходу фільтраційного потоку у формі:

$$v'_{2x} = \frac{\rho'(x, s, t)}{S \sqrt{x^2 + s^2}}, \quad / 23 /$$

де v'_{2x} - введена вихідна швидкість фільтрації в точці з абсцисою x ;
 ρ' - деяка функція від x , s і t ;

Детальним теоретичним чисельним аналізом встановлено, що функція ρ' може бути знайдена у вигляді:

$$\rho' = 2 - \exp R'; \quad / 24 /$$

$$R' = R_1 + R_2 x - R_3 \sin \pi x; \quad / 25 /$$

$$R_1 = \frac{f_2 s + f_3}{s + f_3}; \quad / 26 /$$

$$R_2 = f_7 \exp(-0,8 S - a_1); \quad / 27 /$$

$$R_3 = 0,37 S^{0,5} \exp(-2,9 S) + a_{01}; \quad / 28 /$$

$$f_7 = 0,35 - 0,01 t. \quad / 29 /$$

У виразі / 26/ коефіцієнти f_4 , f_5 і f_6 є величинами, що залежать лише від t . Для кожного конкретного значення t вони можуть бути визначені за розробленими нами таблицями і графіками.

Формула для вираховування абсолютної величини максимальної швидкості фільтрації одержана в / 23/ шляхом підстановки значення $x=0$.

$$v_{\max} = \frac{2 - \exp P_t}{FS} \quad / 30 /$$

Оскільки вираз / 23/ вище лише елементарні функції, то його похідні по S і x , а також похідна $\frac{\partial x}{\partial S}$, яка може бути використана при вирішенні оптимізаційної задачі у випадку локального дренажного привантаження основи, одержані безпосереднім диференціюванням.

З метою перевірки достовірності теоретичної моделі і одержаних її апроксимацій в елементарних функціях, а також оцінки можливих погрешностей, викликаних припущеннями, які зроблені при виборі розрахункової схеми фільтрації в котлован, нами виконані експериментальні дослідження з використанням методу електрогідродинамічних аналогій. Плоскі моделі з електропровідного паперу досліджувались на приладі марки БГДА 9/60. В трьох дослідах випробувано 235 моделей.

Встановлено, що погрешності при постановці експерименту, визначені шляхом порівняння теоретичних даних з експериментальними, не перевищують 5 %.

В одному з дослідів ставилась мета – визначити можливі помилки розрахунків в зв'язку з нехтуванням в розрахунковій схемі фільтрації в котлован товщиною стін споруди. Встановлено, що таке нехтування суттєво спрощує розрахунки і припустиме з точки зору необхідної точності вираховувати.

Далі, в результаті порівняння значень приведених витрат і швидкостей для розглянутих плоских моделей з аналогічними величинами, що отримані з участю дисертанта на приладі БУСЕ-70 для радіальних моделей з такими ж граничними умовами, встановлено, деякі співвідношення між параметрами плоского і радіального потоків. Зведені витрати фільтрації для плоского фільтраційного потоку / в розрахунку на 2 м його параметра / дорівнюють зведеним витратам для радіального потоку. Середня зведена швидкість плоского потоку в 2 рази менша, ніж для відповідного радіального потоку. Однак, степінь збільшення швидкості фільтраційного потоку, в порівнянні з

плоским, не є однаковою по всій площі дна котлована і змінюється в залежності від x , s і t . Для $t=1$ і $S=0,5$ співвідношення між цими швидкостями може бути обчислено за розробленою дисертантом наближеною формулою:

$$\frac{v_{2, \text{роз}}}{v_{2, \text{пл}}} = [2,5 + 0,2(t-1)] \exp(-0,44\sqrt{x}) \quad / 31 /$$

де $v_{2, \text{роз}}$ і $v_{2, \text{пл}}$ - зведені швидкості, відповідно для радіального і плоского потоків. Для інших значень t і S доцільно користуватися графіками і таблицями.

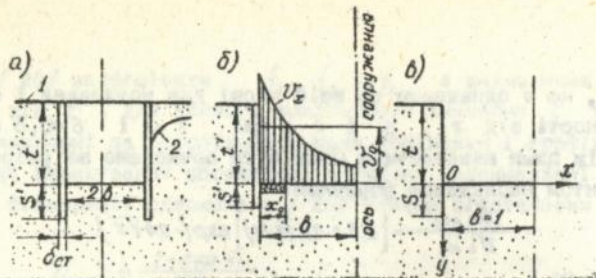
Таким чином, при наявності аналітичних виразів для q_2 і v_2 /наприклад, як це має місце для розглянутого вище напірного потоку/ задача визначення доцільної величини заглиблення стін S за критерієм собівартості / в припущенні, що C_1 і C_2 не залежать від S / і фільтраційної стійкості ґрунту основи, зводиться до розгляду такої системи рівнянь /нерівностей/:

$$\begin{cases} \frac{K_{\text{ф}} H (2 - \exp R_1)}{T \delta_{\text{к}} S} \leq v_{\text{роз}} ; & / 32 / \\ C_1 \delta_{\text{к}} + C_2 T \frac{\partial q}{\partial S} = 0 & ; & / 33 / \end{cases}$$

Подібні рівняння з врахуванням співвідношень, аналогічних /31/, можуть бути складені і для радіального потоку.

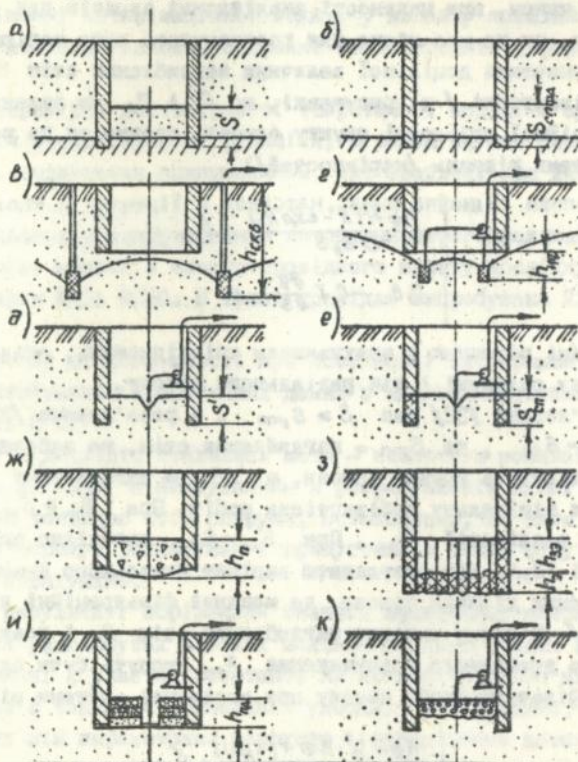
Розв'язання /32/ дає $S > S_{\text{гст}}$, а розв'язання /33/ - відповідно $S = S_{\text{зк}}$, де $S_{\text{гст}}$ - заглиблення стін, що забезпечує фільтраційну стійкість ґрунту основи, а $S_{\text{зк}}$ - заглиблення стін, що забезпечує мінімальну собівартість робіт. При $S_{\text{зк}} \geq S_{\text{гст}}$ приймається для реалізації $S_{\text{зк}}$. При $S_{\text{зк}} < S_{\text{гст}}$ необхідно приймати для реалізації $S_{\text{гст}}$ або розглядати варіант локального дренажного привантаження ділянки основи, де можливі фільтраційні деформації /мал. II б/. В цьому випадку заглиблення стін $S_{\text{др}}$ і довжина ділянки локального дренажного привантаження $x_{\text{др}}$ можуть бути одержані для плоского фільтраційного потоку при викіркованій системі рівнянь:

$$\begin{cases} \frac{K_{\text{ф}} H [2 - \exp R(x_{\text{др}})]}{T \delta_{\text{к}} \sqrt{x_{\text{др}}^2 + S^2}} = v_{\text{роз}} ; & / 34 / \\ C_1 \delta_{\text{к}} + C_2 T \frac{\partial q}{\partial S} + C_3 \frac{\partial x_{\text{др}}}{\partial S} = 0 . & / 35 / \end{cases}$$



Мал. 11. Схема заглибленої споруди:

а-захист основ від фільтраційних деформацій заглибленням стін; б-те ж саме, з локальним дренажним привантаженням; в-розрахункова схема фільтрації води в котлован



Мал. 12. Основні представники класифікаційних груп заглиблених споруд /за класифікацією автора/:

1-з'єднання з водотривким пластом; а-стін споруди; б-посаднених ПДЗ; 2-грунтовий водовідлив; в-відкритими свердловинами; г-голкофільтрами; 3-вертикальне екранування котлована; д-заглибленням стін; е-влаштуванням похвальної ПДЗ; 4-горизонтальне екранування котлована; ж-бетонною подушкою; з-підземним екраном; 5-привантаження основ; и-зворотним фільтром; к-еластичним проникним екраном і щелепним

де C_3 — собівартість влаштування I м² дренажного привантаження основи.

Очевидно, що аналогічна система рівнянь може бути складена і для напірного радіального потоку. В інших розрахункових схемах фільтрації, при відсутності аналітичних виразів для $\frac{\partial q}{\partial S}$ і $\frac{\partial x_{\text{гор}}}{\partial S}$, розрахунки $S_{\text{пр}}$ і $x_{\text{гор}}$ доцільно вести з використанням графіків залежностей $q(S)$ і $v_z(S, x)$, які завжди можуть бути одержані теоретичним або експериментальним шляхом.

Глава воста присвячена розробці технологічних принципів захисту від деформацій дна котлована споруди, що будується, і основ будівель, що розташовані поблизу котлована. За літературними джерелами проаналізовані можливі види деформацій ґрунтового масиву. В основному їх можна поділити на три групи: осадки девної поверхні навколо котлована, деформації дна котлована та вертикальний зсув споруди. Ступінь їх вивчення і точність прогнозування неоднакові. З позицій технології будівництва і інженерної екології важливо відпрацювати такі технологічні заходи, які б виключали можливість деформацій повністю або зводили б їх немичучі негативні наслідки до мінімуму.

В дисертації розроблена детальна класифікація способів захисту дна котлована від фільтраційних і інших деформацій. При цьому виділені такі основні класифікаційні групи:

1. Врізка стін в водонепроникний пласт або влаштування досконалих протифільтраційних завіс, що захищають всю споруду.
2. Ґрунтовий водовідлив відкритими свердловинами або забійними голкофільтрами.
3. Вертикальне екранування котлована недосконалими стінами.
4. Горизонтальне екранування котлована поверхневими екранами або екранами глибокого закладення.
5. Проникаюче привантаження і дренажування дна котлована.
6. Різноманітні поєднання попередніх чотирьох способів.
7. Осушення котлована із забезпеченням динамічної рівноваги ґрунтового потоку за його межами.

В середині кожної групи можна виділити деякі підгрупи і окремі схеми, що характеризуються близькими конструктивно-технологічними ознаками. Серед наведених схем є добре відомі і такі, що традиційно використовуються. Деякі докладно розглядаються вперше, частина способів розроблена дисертантом разом з другими спеціалістами і захищена авторськими свідоцтвами за № № II33345, II46367, II57166.

І27І946, І38І248. Основні представники класифікаційних груп наведені на мал. І2.

Таким чином, існує багато принципово відинних методів захисту ваглиблених споруд від фільтраційних деформацій, які в основному визначають технологічні схеми їх зведення. Вибір найбільш раціональних для конкретних умов варіантів являє собою істотні труднощі через те, що поряд з загальноприйнятими обмеженнями необхідно також враховувати фактори, що залежать від гідромеханічних характеристик фільтраційного потоку.

З врахуванням розробленої класифікації методів водоборотби і особливостей технічних засобів, які для цього використовуються, нами виконано системний аналіз ефективності деяких конструктивно-технологічних схем для усереднених умов, відпрацьовано методи розрахунків їх технологічних параметрів. Зроблений аналіз дозволяє сформулювати такі загальні висновки. Із збільшенням коефіцієнта фільтрації ґрунтової товщі ефективність використання протифільтраційних конструкцій збільшується. При цьому вертикальне екранування забезпечує в більшості випадків зниження собівартості і енергоємності робіт. Традиційний спосіб глибинного водозниження, як правило, дорожче методу вертикального екранування і вимагає значно більших енерговитрат. Метод дренажного привантаження за своєю ефективністю близький до вертикального екранування. Однак, його використання обмежується технічними можливостями існуючих засобів виїмання ґрунту з-під води і наявністю якісного дренажного матеріалу. Горизонтальне екранування екранами неглибокого закладання доцільно застосовувати тільки при малих діаметрах споруд і значних припливах води. Екрани глибокого закладання можуть бути ефективні в основному у випадках, коли водовідлив здійснити неможливо за умов охорони оточуючого середовища і у випадках дуже великих припливів води.

Далі детально розглянуто особливості технології вертикального екранування котлованів досконалими ПЗЗ. Знайдені умови економічної доцільності такого рішення. Підвищення фільтраційної стійкості ПЗЗ в одночасному зниженні вартості пов'язано з використанням пливкових протифільтраційних екранів. В залежності від області використання припустимої інтенсивності фільтрації і ролі пливкового елемента в конструкції ПЗЗ, у відповідності з розробленою класифікацією, ПЗЗ з пливковими елементами поділені на високонадійні, підвищеної надійності і тимчасові. Якість протифільтраційного пливкового екрана залежить від способів виконання робіт і засобів їх механізації.

Нами разом з іншими спеціалістами розроблені і захищені авторськими свідоцтвами ряд способів і установок, що спрямовані на удосконалення технології будівництва протифільтраційних плівкових екранів /авторські свідоцтва № № ІІ38450, ІІ40926, ІІ57658, ІІ61628, І673679, І673680, І67368І, І68606І, І698350, І69835І, І70І790, І723237, І723238/. Для контролю якості ПдЗ нами разом із співавторами розроблено спосіб визначення фільтраційних характеристик ПдЗ і установку для його здійснення /авторське свідоцтво № І209747/. Проведено також цикл теоретичних досліджень напруженого стану і переміщення ґрунтового тіла ПдЗ методами теорії пружності і теорії граничної рівноваги силучого середовища. Зокрема в інженерній практиці велике значення має вертикальна осадка ПдЗ. Для її обчислення методами теорії пружності виведена наступна формула:

$$V_1 = \frac{(1-\mu_0)^2 \rho_1 g b^2 (1,376 - 2\mu_1 c_1 \frac{h^2 + b^2}{2b})}{\gamma E} \cdot \frac{(1-\mu_0) \mu_1 \rho_1 g b (2\mu_1 - 0,576)}{\gamma E}, \quad / 36 /$$

де μ_0 - коефіцієнт Пуассона; E - модуль деформації тіла ПдЗ;
 ρ_1 - густина тіла ПдЗ.

Аналогічна залежність, що отримана методами теорії граничного стану, має вид:

$$V_1 = \frac{(1+\mu_0)(1-2\mu_0)}{E(1-\mu_0)} \frac{1}{\gamma} \frac{1}{\gamma} (\rho_1 g b^2 - c), \quad / 37 /$$

де $\frac{1}{\gamma}, c$ - коефіцієнт бічного тиску і зчеплення матеріалу тіла ПдЗ.

Аналіз свідчить, що при глибині траншеї до 40 м формули /36/ і / 37/ дають близькі результати. При обчисленні напруженості в тілі ПдЗ краще використовувати модель теорії граничного стану силучого середовища.

В дисертації розроблені принципи горизонтального екранування котлована бетонною подушкою з дренажними отворами в поєднанні з відкритим водовідливом. Такий спосіб дозволяє адійснити захист водонасичених основ любых розмірів в плані при льобому напорі ґрунтових вод і осушувати порожнину споруди до набору бетонних подушок 100 % міцності. При цьому товщина подушки у всьх випадках не перевищує 1 м.

При необхідності повного виключення припливу води в котлован і в сильнофільтруючих ґрунтах доцільно використовувати екрани глибокого закладення в поєднанні з вертикальними протифільтраційними конструкціями, що виконуться методом "стіна в ґрунті". Умови загальної рівноваги екрану глибокого закладення для илюскої задачі

фільтрації в котлован можуть бути записані в такому вигляді:

$$H\rho_0 \left(1 - \frac{\rho_{21}}{\rho_{21}}\right) \leq h_2\rho_{01} + \delta_2\rho_{02}, \quad / 38 /$$

де $\rho_0, \rho_{21}, \rho_{02}$ - відповідно густина води, ґрунту і матеріалу екрана, зважених у воді; ρ_{21} і ρ_{02} - зведений приплив води для фрагмента, що включає частину області фільтрації поза спорудов, і для фрагмента, що включає всю область фільтрації і екран; H - напір води; δ_2 - товщина екрана; h_2 - товщина шару ґрунту над екраном.

Рівняння /38/ являє собою основне обмеження цільової функції \mathcal{E} , що є сумою витрат, необхідних для влаштування протифільтраційних конструкцій і осушення котлована:

$$\mathcal{E} = (h_2 + \delta_2)LC_1 + 0,5K_{\phi}Hq_{21}LTC_2 + \delta_2bC_{32} - \min \quad /39 /$$

де C_1, C_2, C_{32} - питомі показники витрат, відповідно для випадків продовження стін нижче позначки дна котлована, водовідливу, екрана; L - периметр споруди; T - тривалість осушення котлована.

Для кожного конкретного випадку величини $C_1, C_2, C_{32}, T, \rho_{21}, \rho_{02}$ обчислюються за методиком, розробленим в дисертації.

Влаштування підземних екранів доцільне у випадках повної заборони водовідливу, а також при значних коефіцієнтах фільтрації ґрунту / більше 10 м/добу/.

Як доведено нашіми дослідженнями, заглиблення стін споруд нижче позначки дна котлована, крім функцій екранування притоку води, може також одночасно успішно виконувати функції анкерування споруди проти її спливу. В першому наближенні заглиблення стін δ , необхідне для анкерування круглої споруди радіусом r проти спливу, може бути визначено із спрощеної уяви про схему основних сил, діючих на споруду:

$$S = \frac{0,52g(K_3H_0 - h_2\rho_0) - H(f_T + \delta_{cr}\rho_0) - G_n}{2f_T + \delta_{cr}\rho_0 - K_3\delta_{cr}\rho_0}, \quad /40 /$$

де K_3 - коефіцієнт запасу; ρ_0 - густина залізобетону; h_2 - товщина дна; f_T - питоме тертя стін по ґрунту; G_n - вага наземної частини споруди.

При цьому товщина дна визначається шляхом мінімізації вартості влаштування з врахуванням особливостей його поєднання із стінами:

$$h_2 = 2\sqrt{H} \alpha_2 \sqrt{\frac{Q_a}{C_s} \frac{\gamma_s \gamma_a}{R_a}},$$

/ 41 /

де α_2 - коефіцієнт, що враховує розрахункову схему дна;

Q_a, C_s - відповідно вартість I т арматури і I м³ бетону;

γ_s, γ_a - відповідно питома вага води і арматури; R_a - розрахунковий опір арматурної сталі.

В цілому заглиблення стін оцінюється комплексно з урахуванням анкеруючого ефекту, скорочення припливу води в котлован, захисту основ від фільтраційних деформацій.

Далі розглянуті технологічні принципи дренажу дна котлована заглиблених споруд. В дисертації досліджені принципи локального дренажу тих окремих ділянок основ, де фільтраційні швидкості більші допустимих, а також влаштування локальних фільтруючих зон нижче дна котлована. Найбільш раціональним варіантом дренажу основи і зниження градієнта фільтраційного потоку є спосіб розміщення дренажу під стінами споруди. Детально такий спосіб спорудження будівель розроблено нами із співавтором у винаході №1133345. Необхідно відмітити, що укладку в основу заглибленої споруди I м³ дренажного матеріалу обходиться в 3-4 рази дешевше, ніж I м³ бетону, що, незважаючи на необхідність відкачки води, в цілому обходиться дешевше, ніж влаштування бетонної подушки. Впровадження розроблених в дисертації технологічних принципів будівництва дренажних конструкцій з використанням БДР дозволяє суттєво спростити технологію дренажу основ заглиблених споруд, виконувати ці роботи в поверхні землі, не вдаючись до підземних робіт чи довготривалого водовідливу.

Последніми принципами горизонтального екранування і дренажного привантаження реалізовано нами разом з іншими спеціалістами шляхом розробки винаходу № 1381248. Ідея винаходу полягає в тому, що на фільтраційно-несійке дно котлована, під воду, спеціальним способом вкладають перфорований еластичний екран, який створює на шляху фільтраційного потоку додатковий опір. Перфорації в екрані менше діаметра частинок ґрунту, і це перешкоджає його суфозії. Тиск фільтраційного потоку на екран зрівноважується за рахунок привантаження екрану щаблем, але оскільки інтенсивність фільтраційного тиску на екран змінюється, зменшуючись від стін споруди до центру котлована, то і товщина привантаження повинна змінюватися. Це реалізується за рахунок відповідного профілю котлована, або профілю щаблевого привантаження. Такий технологічний захід дозволяє скоротити приплив води у котлован, зменшити об'єм привантаження, викорис-

гати для цього який добре фільтруючий матеріал. Товщина шару привантаження h_{np} визначається із співвідношення:

$$h_{np} \geq \frac{j_z(x) \rho_s}{\rho_n}, \quad / 42 /$$

де ρ_n - густина привантаження, зваженого у воді; $j_z(x)$ - градієнт в точці з координатом x .

Площа отворів $\omega(x)$ в екрані в точці з координатом x визначається із залежності:

$$\omega(x) = \frac{\Delta q_z(x)}{\mu_r \sqrt{2gh_{np}}}, \quad / 43 /$$

де $\Delta q_z(x)$ - приплив води через 1 м^2 дна з екраном в точці з координатом x ; μ_r - коефіцієнт, що характеризує умови витікання води через отвір в екрані.

Якщо заглиблена споруда зводиться в потужному водоносному пласті і неможливо врізати її стіни в водонепрохідний пласт або створити горизонтальний екран, то дробі заходи по активному осушенню котлована ведуть до утворення за стінами споруди депресійної поверхні. Зниження рівня ґрунтових вод під вже збудованими спорудами може призвести до їх неприпустимої деформації. Запропонована в дисертації ідея осушення котлована без суттєвого порушення режиму ґрунтових вод полягає в наступному. Зводжувану споруду оконтуровують довкола дренажною щільною, використовувачи для цього обладнання методу "стіна в ґрунті" і БДР. Ця дренажна щільна може пропускати ґрунтовий потік, не утворюючи підпору. При осушенні котлована відкритим водовідливом воду також зливають в цей кільцевий дренаж. Це створює постійний напірний режим за стінами споруди, що, з одного боку, дещо збільшує приплив води в котлован, а, з другого боку, заважає утворенню депресійної поверхні, зберігає гідрогеологічний режим ґрунтових вод і, як наслідок, також виключає деформації поруч розташованих споруд.

В сьомій главі викладені методика розрахунків техніко-економічних показників заглиблених споруд та інженерні додатки результатів досліджень. Для оцінки ефективності конструктивно-технологічних рішень заглиблених споруд запропоновано метод, в якому при економічних розрахунках використовуються індекси двох видів: індекси рівня витрат ресурсів усереднені розглянутої множини можли-вих технічних рішень та індекси зміни витрат на купівлю ресурсів

в певний часу /індекси цін/. Таким чином, для порівняння варіантів технічних рішень задача зводиться до вибору базових варіантів рішень, визначення їх показників витрат, а також обчислення відповідних індексів. Індеси рівня витрат ресурсів не залежать від коливання цін на будівельні ресурси і визначаються технічним розрахунком. В багатьох випадках для їх обчислення можуть бути запропоновані аналітичні залежності.

Наприклад, нами створена модель витрат ресурсів E_2 , що потрібні при влаштуванні "стіл в ґрунті", у вигляді:

$$E_2 = b_2 \left(\sum_{i=1}^3 e_{2i} h_i + \frac{\beta_2}{a_3 a_5} \ln \frac{a_3 \exp(-a_4 h_T) + a_5}{(a_3 + a_5) \exp(-a_4 h_T)} \right), \quad / 44 /$$

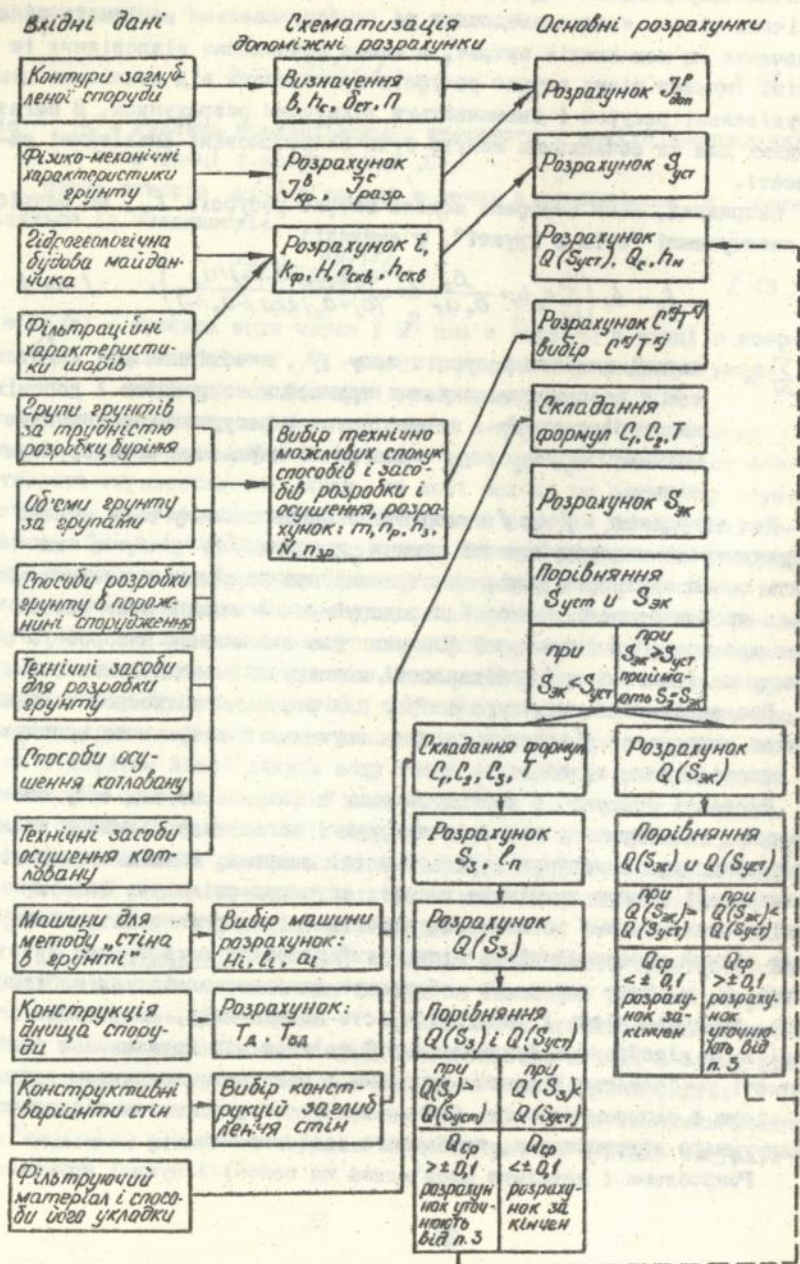
де $\sum_{i=1}^3 e_{2i}$ - питомі витрати ресурсів типу e_i , необхідних для виготовлення розриву, заповнення траншеї конструкцією і допоміжних робіт; β_2 - змінні витрати ресурсів породоруйнувчої машини; a_3, a_4, a_5 - емпіричні параметри породоруйнувчої машини.

Для виведення / 44 / використано запропоновану нами модель продуктивності породоруйнувчої машини $\rho_n = a_3 \exp(-a_4 h_T) + a_5$, яка досить точно відтворює дані, що отримані при натурних спостереженнях. Модель продуктивності ковшової породоруйнувчої машини використана також для розробки інженерної формули для визначення питомої /в розрахунку на 1 м глибини/ собівартості конструкції заглиблення стін.

Проаналізована структура витрат для осушення котлованів. Вона включає витрати по створенню системи осушення і витрати на експлуатацію водогідливних засобів.

Виведені формули, з допомогою яких в залежності від типу системи осушення, геометричних розмірів споруди і загального припливу води можна обчислити показники вартості всієї системи. Аналіз показників ефективності різних технічних засобів осушення свідчить, що між техніко-економічними показниками насосів і їх корисною потужністю існує тісний кореляційний зв'язок, який дозволяє за добуток витрат насоса Q н. його напір h_n обчислити такі показники, як собівартість, трудомісткість і енергомісткість машинно-часу. Досліджено і аналітично відображено функціональний зв'язок між показниками собівартості експлуатації систем осушення і загальним припливом води, кількістю і напором насосів, іншими чинниками для систем відкритого і вакуумного водозниження, глибинного водозниження.

Розроблена і детально досліджена на основі існуючої нормативної



Мод. 13. Блок-схема розрахунків і вибору раціонального варіанта захисту від фільтраційних деформацій основ заглибленої споруди

базис економіко-математична модель витрат ресурсів на влаштування водознижувальних свердловин при трьох способах їх буріння: роторному, камітно-ударному і шнековому. Запропоновані інженерні формули і графіки для визначення собівартості свердловин в залежності від їх дебету, глибини, способу буріння і ґрунтових умов.

Розглянуто принципи доцільного вибору способу і визначення тривалості розробки ґрунту в порожнині споруди із врахуванням впливу способу осушення на темпи земляних робіт. Опрацьовані інженерні формули для розрахунків собівартості екскавації ґрунту та тривалості цього процесу.

Як було вказано в попередніх главах, метод "стіна в ґрунті" дозволяє широко поєднувати способи активного і пасивного осушення котлованів. При цьому важливо досягти мінімальних витрат енергоресурсів. Для вирішення цієї задачі розроблена детальна методика розрахунків раціонального енергобалансу при осушенні котлована, огороженого недосконалими "стінами в ґрунті". Оптимізація величини заглиблення стін нижче позначки дна котлована може бути виконана за означеною методикою для кожного типу ресурсів. При цьому, обмеження по фільтраційній стійкості основ споруди є обов'язковим критерієм. Блок-схема розрахунку і вибору раціонального заглиблення стін за критерієм мінімальної кошторисної вартості розроблена нами в "Методичних рекомендаціях по розрахунках конструктивно-технологічних рішень заглиблених споруд, що будуються методом "стіна в ґрунті" в водоносних пластах необмеженої потужності" / мал.ІЗ/.

Отримані в дисертації теоретичні і експериментальні результати постійно використовувались і перевірялись нами в процесі проектування, консультування і будівництва реальних споруд, що будувались різними методами в організаціях трестів "Укрпромспецбуд", "Гідроспецфундаментбуд", "Укргідроспецбуд" та інших організаціях. За останні 10 років автор дисертації прийняв участь в проектуванні, експертизі, випробуваннях кількох десятків заглиблених споруд та технології їх зведення.

Автор дисертації є також активним учасником розробки і впровадження в практику діючих сьогодні на Україні будівельних норм з методу "стіна в ґрунті": РЕН 316-88 і РЕН 272-90. Перші з них присвячені технології і механізації будівництва протифільтраційних завіс та монолітних несучих стін способом "стіна в ґрунті", другі - розповсюджуються на виконання робіт по влашту-

ванню заглиблених в ґрунт споруд різного функціонального призначення, огорожувачі стіни яких влаштовуються із збірних залізобетонних конструкцій. В додатку останніх нормативів викладена розроблена дисертаційна методика розрахунків основних варіантів осушення котлованів при будівництві способом "стіна в ґрунті". На допомогу проєктувальникам заглиблених в ґрунт споруд відділом гідротехнічного і спеціального будівництва НДІБ з нашою участю розроблено посібник до РБН 272-90 у вигляді альбому найбільш характерних та складних конструктивно-технологічних рішень заглиблених споруд. Альбом ухвалено секцією Науково-технічної ради Міністерства будівництва України і пропонується для широкого застосування в практиці будівництва.

ВИСНОВКИ

Аналіз сучасного стану технологій заглибленого будівництва свідчить про наявність значних резервів підвищення їх ефективності. Практика будівництва вимагає підвищення надійності технологічних процесів і якості конструкцій, зниження енергоємності робіт, забезпечення збереження гідрологічного середовища. Для здійснення цих вимог потрібний системний підхід, який охоплює всі етапи будівництва і базується на науково-обґрунтованих та детально розроблених методах пошуку і реалізації, ефективних для конкретних умов як окремих технологій, так і комплексних інженерних рішень.

Найбільш гнучкими і універсальними способами заглибленого будівництва сьогодні постають технології, які активно розробляються в останні десятиріччя і об'єднуються під загальною назвою "стіна в ґрунті". Актуальним завданням є розвиток самого метода і суміжних з ним технологій.

В світлі вищевизначеного, в дисертації поставлені та вирішені наступні основні питання:

- регулювання стійкості тимчасових виробок, стіни яких утримуються прохідницьким розчином;
- проєктування розчинів для прохідки і заповнення виробок;
- створення на ідейній і технічній базі методу "стіна в ґрунті" нової технології влаштування дренажів;
- оптимізація технології осушування котлованів, що огорожені недосконалими стінами в ґрунті;

технологічні рішення, які забезпечують ефективний захист підвалин споруд від різноманітних деформацій;

аналітичні моделі витрат ресурсів для заглибленого будівництва.

В дисертації вперше запропонована розгорнута концепція механізму стійкості стін виробок, що тимчасово заповнені прохідницьким розчином. Опрацьована система заходів, що забезпечують стійкість стін виробок на всіх етапах технологічного циклу. Зформульовані особливості дії механізму стійкості стін виробок в пісчанних та глинястих ґрунтах. Складено рівняння граничної рівноваги стін виробок в загальному вигляді, де враховуються всі поверхневі та об'ємні сили, в тому числі фільтраційні, а поверхні зсуву та депресії мають довільну форму. Для випадків плоского і радіального потоків фільтрації та плоскої поверхні зсуву отримані аналітичні вирази граничної рівноваги призми зсуву, в яких фільтраційні сили враховуються гідравлічним способом. Для випадку плоского потоку і плоскої поверхні зсуву отримані залежності, в яких фільтраційні сили обчислені гідромеханічним способом. Отримані також вирази, які дозволяють при розрахунках стійкості стін виробок враховувати структурно-механічні властивості прохідницьких розчинів. Розроблена лабораторна методика визначення характеру взаємодії зрзак глинястого ґрунту з прохідницьким розчином.

Опрацьовано метод інженерних розрахунків параметрів поєднання фільтраційних потоків: того, що виходить із виробки в оточуючий ґрунт, і природного ґрунтового потоку. Для плоского і радіального фільтраційних потоків, які входять в оточуючий ґрунт, одержані залежності для визначення витрат фільтрату, координат кривих поверхонь, а також головних параметрів фільтраційного потоку, як функцій часу, що впливають на стійкість виробки. Введено в практику технології "стіна в ґрунті" поняття статичної і динамічної фільтрації через ШПФ. Запропоновано новий параметр, що просто і однозначно визначається та комплексно характеризує фільтраційні властивості ШПФ – фільтраційна характеристика K_p . Вона має розмірність часу і по своїй фізичній суті являє собою час проходження фільтраційного потоку через ШПФ при градієнті напору, що дорівнює одиниці.

Вивчено і систематизовано взаємозв'язок між головними параметрами технології введення тимчасових траншей і показниками властивостей розчинів, які при цьому використовуються. В технологічні розрахунки введено групу реологічних показників, які використову-

ється при розрахунках взаємодії розчинів і робочих органів машин, а також група показників, які характеризують взаємодію розчинів з грунтами і конструкціями / K_{φ} , $K_{\delta\varphi}$, τ_{φ} , δ_{φ} /. Розроблені методи визначення K_{φ} і $K_{\delta\varphi}$ та проаналізовані наявні методи визначення τ_{φ} і δ_{φ} . Розроблена класифікація розчинів для методу "стіна в ґрунті", способи визначення їх втрат при проходці тимчасових виробок, отримана залежність для оцінки енергоємності процесу їх приготування. Для розчинів моделі Шведова-Вінґама та грейферних екскаваторів отримані залежності, які пов'язують продуктивність екскаваторів і густину розчину. На основі перелічених досліджень складена загальна схема проектування прохідницьких розчинів, яка враховує їх багатофункціональну роль в технологічному процесі.

Створена нова технологія заглибленого будівництва, яка дозволяє на базі існуючого устаткування методу "стіна в ґрунті" будувати дренажні конструкції глибокого закладання. Принципово новим елементом цієї технології є розроблені та досліджені дисертантом розчини, що деструктуються біологічним шляхом. Ці розчини при розробці траншей виконують роль прохідницьких розчинів, а потім, після влаштування дренажних конструкцій, під дією мікроорганізмів вони втрачають свої структурно-механічні властивості і не перешкоджають дренажу оточуючого ґрунту. За своєю ефективністю технологія суттєво перевершує всі відомі методи будівництва глибоких дренажних конструкцій.

Вирішена задача оптимізації способу осушування котлована, який зводиться в водонасному пласті ґрунту необмеженої потужності. Як наслідок теоретичних і експериментальних досліджень напорної фільтрації в котлован споруди, який оточено недосконалими стінами, отримано аналітичні залежності для розрахунків кінематичних характеристик плоского і радіального потоків. Ці залежності дозволяють розраховувати інтенсивність припливу води в котлован і параметри поля вихідних швидкостей фільтрації в будь-якій точці дна котлована, а також вирішувати задачу оптимізації заглиблення стін споруди нижче позначки дна котлована за критеріями фільтраційної стійкості підвалів і мінімуму витрат на заходи по осушенню. Розроблені також методи розрахунків заглиблення недосконалих стін в поєднанні з локальними дренажними привантаженнями тієї ділянки підвалів, де вихідні швидкості фільтрації перевищують припустимі для наявного ґрунту.

Виконано системний аналіз ефективності існуючих та розроблених за участю дисертанта способів захисту підвалин від фільтраційного потоку і деформацій. При цьому досліджено принципи вертикального і горизонтального екранування котлованів, дренажування підвалин, осушування котлованів без порушення гідрологічного режиму ґрунтових вод. Детально вивчені такі конструктивно-технологічні рішення, як ґрунтові та ґрунто-пліткові ПЗЗ; бетонні подушки, що дренаються; підземні екрани; дренажі підвалин, що споруджуються з використанням БДР; еластичні екрани з дренажним привантаженням.

Створена методика розрахунків техніко-економічних показників заглибленого будівництва. Розроблені аналітичні моделі витрат ресурсів, які потрібні для: зведення методом "стіна в ґрунті" оголоджувачих стін, осушування котлованів різними технічними засобами, розробки ґрунту в порожнині споруди. Моделі дозволяють підраховувати і оптимізувати витрати будівельних ресурсів, не вдавшись до детального проектування конструктивно-технологічних схем споруд.

Виходячи з вищезначеного, можна зробити наступні узагальнюючі висновки:

1. Досліджено технологічні розчини для заглибленого будівництва, що дозволило створити теоретичні і експериментальні основи їх проектування та методи використання, а також розробити принципово новий вид розчинів і технологій будівництва глибоких дренажних конструкцій на їх основі.

2. Розроблено та досліджено енергозберігаючі технології осушування котлованів в складних гідрогеологічних умовах, які дозволяють ефективно захищати підвалини від деформацій, а ґрунтові води від техногенних забруднень.

3. Технічні та технологічні рішення, методи їх інженерних розрахунків, що викладені в дисертації, дозволяють здійснювати системний підхід при проектуванні заглиблених конструкцій та виконанні робіт по їх зведенню, досягаючи при цьому скорочення в 1,2-1,5 рази витрат будівельних ресурсів, а також підвищення надійності та енологічності технологій.

Основний зміст дисертації викладено в наступних публікаціях:

1. Снисаренко В.И. Методические рекомендации по расчету конструктивно-технологических решений заглубленных сооружений, возводимых методом "стена в грунте" в водоносных слоях неограниченной мощности. - Киев: НИИСП, 1986, 41 с.

2. Снисаренко В.И. Выбор гидротехнических мероприятий при строительстве заглубленных сооружений методом "стена в грунте". - В сб.: Основания и фундаменты, вып.13. - Киев: КИСИ, 1986.- С.68-71.

3. Снисаренко В.И. Прогрессивный метод возведения заглубленных сооружений в водоносных пластах неограниченной мощности. Тезисы докладов научно-технической конференции. Киев: Укринпродхоз, 1986. С.124.

4. Снисаренко В.И. Рациональный энергобаланс при осужении котлованов, огражденных висячими стенами в грунте. В сб.: Строительное производство, вып.26. - Киев: Будівельник, 1987. С.37-41.

5. Снисаренко В.И., Филоменко Л.М., Янушкин М.Г. Заглубленные сооружения с сопряженными противофильтрационными диафрагмами. В журн. Промышленное строительство и инженерные сооружения, в 4. - Киев: Будівельник, 1987. С.10-12.

6. Снисаренко В.И. Методика расчета заглубленных сооружений, возводимых методом "стена в грунте" в водоносных пластах неограниченной мощности. Автореф. дис. на соиск. учен. ст. канд. техн. наук. Киев: КИСИ, 1987. 18 с.

7. Снисаренко В.И. Принципы расчета подземных противофильтрационных экранов заглубленных сооружений. В сб.: Проектирование и строительство заглубленных в грунт сооружений и конструкций. - Киев: НИКСИ, 1987. С.69-75.

8. Снисаренко В.И., Янушкин М.Г., Малышков А.М., Рагнер Н.А. Метод "Стена в грунте" в условиях реконструкции. В журн.: Строительство и архитектура. В 4. - Киев: Будівельник, 1988. С.23.

9. Снисаренко В.И. Тензионы в строительстве заглубленных сооружений методом "стена в грунте" в водоносных пластах неограниченной мощности. В сб.: Строительное производство, в 27. - Киев: Будівельник, 1988. - С.17-22.

10. Снисаренко В.И., Дзвинский А.М., Дзвинский Г.И. и др. О порядке разработки средств механизации, оценки их технического уровня и определении эффективности применения в строительстве. РСН 347-88, Госстрой УССР, 1988. - 118 с.

11. Снисаренко В.И., Чернукин А.М., Галицкий А.И. и др. Технологии и механизация строительства противофильтрационных завес и монолитных несущих стен способом "стена в грунте". РСН-316-88. Госстрой УССР, 1989. 49 с.

12. Снисаренко В.И. Анкерная обрешетка против всплывания способом заглубления их стен. В сб.: Строительное производство, вып.26. - Киев: Будівельник, 1989. С.25-29.

13. Снисаренко В.И. Новые конструктивные и технологические решения подземных сооружений в городском строительстве. Тезисы доклада на международной научно-технической конференции, в г.Толбухин (Волгария), октябрь 1990. С.9.

14. Снисаренко В.И., Янкулин М.Г., Грубская, Л.М. и др. Технология строительства заглубленных сооружений способом "сборная стена в грунте". РСН 272-90, Госстрой Украины, 1991. 80 с.

15. Снисаренко В.И. Расчет показателей эффективности заглубленных сооружений при методе "стена в грунте". В сб.: Строительное производство, вып.32. - Киев: БудІвельник, 1992, с.83-95.

16. Снисаренко В.И., Барташ В.А. Учет фильтрационных сил при определении устойчивости стенок траншей, заполненных жидкостью. В сб.: Основания, фундаменты, бетонные, монтажные и отделочные Работы. Киев: НИСП 1993. С.40-45.

17. Снисаренко В.И., Янкулин М.Г., Ратнер Я.Л., Писаревич Н.В. и др. Поиск состава биологически разрушаемого проходческого раствора для строительства глубоких дренажей оборудованием метода "стена в грунте". Отчет о НИР. В-233.120-90, Киев: НИСП, 1991, 51с.

18. Снисаренко В.И., Янкулин М.Г., Ратнер Я.Л., Писаревич Н.В. и др. Подбор составов проходческого биологически разрушаемого раствора на основе экстракционного крахмального реагента. Отчет НИР В-233.121-92. Киев: НИСП, 1992. 62 с.

19. Снисаренко В.И., Галинский А.М., Чернухин А.М. Защита грунтовых вод от радиоактивных стоков. Информац. матер. научн.-практ. конфер. "Проблемы преобразования объекта "Укрытие" Чернобыльской АЭС в экологически безопасную систему". Киев: Союз гражданских инженеров Украины, 1993. С.34-35.

20. Филахтов А.Л., Снисаренко В.И. О комплексном исследовании, классификации и области применения пленочных противофильтрационных диафрагм, возводимых методом "стена в грунте". В сб.: Проектирование и строительство заглубленных в грунт сооружений и конструкций. - Киев: НИСП, 1984. С.15-20.

21. А.с. 1133345 (СССР). Способ возведения подземной части сооружения в водонасыщенных грунтах. В.И.Снисаренко, А.Л.Филахтов, В.С.Душкин и др. Опубл. в В.И., 1985, в 1.

22. А.с. 1209747 (СССР). Способ определения фильтрационных характеристик противофильтрационной диафрагмы и устройство для его осуществления. В.И.Снисаренко, А.Л.Филахтов, А.М.Дивинский и др. Опубл. в В.И., 1986, в 5.

23. А.с. 1381248 (СССР). Способ возведения заглубленного в водонасыщенные грунты сооружения. В.И.Снисаренко, А.Л.Филахтов, А.Ф.Вабашко и др. Опубл. в В.И., 1988, в 10.

24. А.с. II2I362 (СССР). Траншейный экскаватор. В.И.Снисаренко, А.Л.Филахов, Р.Н.Ткаченко и др. Оpubл. в Б.И., 1984, № 40.

25. А.с. II38450 (СССР). Устройство для выполнения вертикального пленочного экрана в траншее. В.И.Снисаренко, А.Л.Филахов, В.И.Петроченко и др. Оpubл. в Б.И., 1985, № 5.

26. А.с. II46367. (СССР). Способ возведения цилиндрического, заглубленного в водоносный пласт сооружения и устройство для его осуществления. В.И.Снисаренко, А.Л.Филахов, В.С.Балицкий и др. Оpubл. в Б.И., 1985, № II.

27. А.с. II48926 (СССР). Устройство для укладки вертикального противифльтрационного экрана из пленочного материала в траншею. В.И.Снисаренко, А.Л.Филахов, Н.А.Великовный и др. Оpubл. в Б.И., 1985, № I3.

28. А.с. II57I66 (СССР). Устройство для образования вертикальных щелевых дрен. В.И.Снисаренко и А.Л.Филахов. Оpubл. в Б.И., 1985, № I9.

29. А.с. II58658 (СССР). Устройство для укладки в траншею вертикального пленочного экрана. В.И.Снисаренко, А.Л.Филахов, В.И.Петроченко и др. Оpubл. в Б.И., 1985, № 20.

30. А.с. II6I628 (СССР). Устройство для сборки и укладки в грунт вертикального пленочного экрана. В.И.Снисаренко, А.Л.Филахов, В.И.Петроченко и др. Оpubл. в Б.И., 1985, № 22.

3I. А.с. I240892 (СССР). Струговая установка для образования траншей. В.И.Снисаренко, Р.Н.Ткаченко, А.М.Галинский и др. Оpubл. в Б.И., 1986, № 24.

32. А.с. I263749 (СССР). Струговой траншекопатель. В.И.Снисаренко, А.М.Галинский, Р.Н.Ткаченко и др. Оpubл. в Б.И., 1986, № 38.

33. А.с. I27I946 (СССР). Устройство для строительства подземных противифльтрационных экранов. В.И.Снисаренко, А.Ф.Бабешко, М.Г.Янкулин и др. Оpubл. в Б.И., 1986, № 43.

34. А.с. I673679 (СССР). Устройство для укладки завесы из пленки. В.И.Снисаренко, В.И.Петроченко и И.И.Хромов. Оpubл. в Б.И., 199I, № 32.

35. А.с. I673680 (СССР). Способ образования герметичных соединений пленочных палаток противифльтрационной завесы. В.И.Снисаренко и В.И.Петроченко. Оpubл. в Б.И., 199I, № 32.

36. А.с. I67368I (СССР). Способ укладки пленочной противифльтрационной завесы. В.И.Снисаренко, В.И.Петроченко, и И.И.Хромов. Оpubл. в Б.И., 199I, № 32.

37. А.с. I68606I (СССР). Стыковое соединение противофильтрационной завесы и способ его создания. В.И.Снисаренко, В.И.Петроченко и Ю.И.Хромов. Оpubл. в В.И., 1991, № 39.

38. А.с. I69835I (СССР). Устройство для образования противофильтрационной завесы. В.И.Снисаренко, В.И.Петроченко и Ю.В.Бунча. Оpubл. в В.И. 1991, № 46.

39. А.с. I698350 (СССР). Способ укладки многослойной пленочной завесы. В.И.Снисаренко и В.И.Петроченко. Оpubл. в В.И., 1991, № 46.

40. А.с. I701790 (СССР). Устройство для укладки пленочного экрана в траншею с глинистым раствором. В.И.Снисаренко, В.И.Петроченко, Ю.И.Хромов и др. Оpubл. в В.И., 1991, № 48.

41. А.с. I723237 (СССР). Способ сборки в рулонную кассету противофильтрационного полотнища, укладываемого в гидротехническое сооружение. В.И.Снисаренко, В.И.Петроченко и А.В.Мягкий. Оpubл. в В.И., 1992, № 12.

42. А.с. I723238 (СССР). Способ укладки комового заполнителя в траншею с пленочным противофильтрационным полотнищем. В.И.Снисаренко, В.И.Петроченко и А.В.Мягкий. Оpubл. в В.И., 1992, № 12.

402440

AB 29.700

AB 29.700