



Моделивання технологічних процесів

УДК 69:001.89; 624.05

О.М. Галинський¹, к.т.н., ст.наук.спів.,

О.І. Менеїлюк², д.т.н., професор,

А.Ф. Петровський², к.т.н. професор

¹Науково-дослідний інститут будівельного виробництва (НДІБВ)

²Одеська державна академія будівництва і архітектури (ОДАБА)

ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ЗАХИСТУ ПІДЗЕМНОГО ПРОСТОРУ ВІД ЗАБРУДНЕННЯ ТА ПІДТОПЛЕННЯ

АНОТАЦІЯ. У статті представлені інноваційні технології та рішення захисту підземного простору, розроблені в Україні. Дані технології дозволяють створити та удосконалити протифільтраційні екрани (ПФЕ) та протифільтраційні завеси (ПФЗ) в ґрунті. Для реалізації таких технологій задіяне буріння свердловин криволінійної форми за допомогою обладнання для горизонтально-спрямованого буріння (ГСБ).

Ключові слова: захист підземного простору, горизонтально-спрямоване буріння.

АННОТАЦИЯ. В статье представлены инновационные технологии и решения защиты подземного пространства, разработанные в Украине. Данные технологии позволяют создать и усовершенствовать противофильтрационные экраны (ПФЭ) и противофильтрационные завесы (ПФЗ) в почве. Для реализации таких технологий задействовано бурение скважин криволинейной формы с помощью оборудования для горизонтально-направленного бурения (ГНБ).

Ключевые слова: защита подземного пространства, горизонтально-направленное бурение.

ABSTRACT. This article presents innovative technologies and solutions developed in Ukraine. These technologies allow you to create and improve the impervious screen (IS) and the impervious curtain (IC) in the ground. To implement such technology involves a curved shape drilling with the help of equipment for horizontal directional drilling (HDD).

Keywords: protection of underground space, horizontal directional drilling.

Актуальність роботи. Існує значна кількість постійних і тимчасових сховищ з токсичними або радіоактивними відходами. До таких сховищ пред'являються підвищені вимоги по їх безпеці в цілому і герметичності зокрема.

Незважаючи на посилену гідроізоляцію підземної частини таких сховищ під впливом як внутрішніх, так і зовнішніх факторів нерідко відбувається пошкодження шару гідроізоляції, що призводить до викинення фільтраційного потоку, який забруднює навколишній ґрунт і підземні води.

Порушена гідроізоляція, як правило, через небезпеку пошкодження самого сховища під час ремонтно-відновлювальних робіт відновленню не підлягає. Переміщення ж відходів в інше сховище, пов'язане з небезпечною забруднити навколишнє середовище під час їх транспортування та монтажних роботах.

Запобігти поширенню утворившогося під сховищем фільтраційного потоку забрудненої води, можливо шляхом влаштування додаткової протифільтраційної системи локалізації. Така система, як правило, повинна складатися з протифільтраційних конструкцій, які локалізують сховище по периметру і з боку днища, а також необхідних дренажних пристроїв, розташованих усередині периметра протифільтраційних конструкцій, і призначених збирати і відкачувати забруднені ґрунтові води насосними станціями на очисні споруди.

Аналіз досліджень. При водотривкому парі ґрунту, розтапованому під сховищем на технічно досяжної глибині і значній площі сховища, економічно виправданим може бути

пристрій по периметру сховища системи у вигляді досконалої вертикальної протифільтраційної завіси (ПФЗ), виконаної, наприклад, відомим способом "стіна в ґрунті" і відповідних дренажних пристроїв.

Якщо ж водоупор знаходиться на великій глибині або взагалі відсутній, виникає необхідність в його штучному створенні (рис.1) шляхом влаштування горизонтального проти фільтраційного екрану (ГПЕ).

Аналіз робіт М.І. Смородинова, А.Л. Філахтова, В.М. Зубкова, М.М. Кругліцького, А.М. Чернухіна, досліджень НІІОСП ім. Н.М. Герсеванова (м. Москва) і НДПБВ (м. Київ), а також Ю.В. Пономаренко, М.Н. Климентова, А.Н. Петіна, Е.В. Захарова, Є.П. Кайміна, А.Н. Басієву, М.В. Зелов і ін. [1 - 4] показав необхідність вдосконалення існуючих методів локалізації забруднених ґрунтів і ґрунтових вод при відсутності на досяжній глибині водоупора.

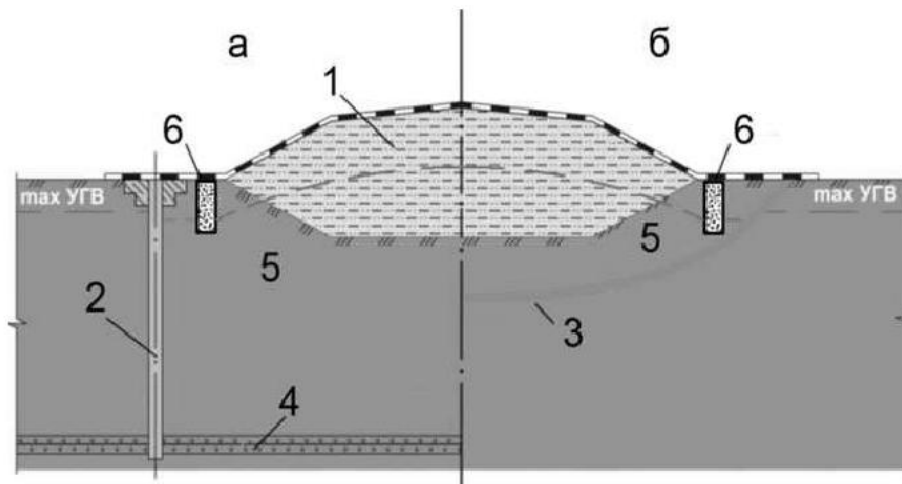


Рис. 1. Схема захисту ґрунтів і ґрунтових вод від забруднення:
 а - при наявності водоупора; б - при відсутності водоупора
 1 - сховище; 2 - вертикальна завіса; 3 штучний водоупор - горизонтальний екран;
 4 – природний водоупор; 5 - забруднений ґрунт; 6 - дренаж

Технологія пристрою ГПЕ під спорудою передбачає влаштування горизонтальних свердловин методом горизонтально-спрямованного буріння (ГСБ), розробку між свердловинами плоским робочим органом порожниці в ґрунті з безперервним її заповненням, твердіючим протифільтраційним розчином [5]. Застосування технології пристрою ГПЕ під спорудою вирішує завдання пристрою горизонтальної частини протифільтраційної системи локалізації.

Спільно з горизонтальним екраном, як правило, потрібне застосування і вертикальних протифільтраційних конструкцій по його боках, а в ряді випадків, і з боку входу і виходу екрану на денну поверхню для утворення замкнутого проти фільтраційного контуру. Такими вертикальними протифільтраційними конструкціями можуть бути недосконалі завіси, що виконуються способом "стіна в ґрунті".

У всіх випадках локалізації джерел забруднення, необхідно застосування дренажних систем, які призначені не тільки, збирати і відкачувати забруднені ґрунтові води на очисні споруди, а й, найчастіше, знижувати рівень ґрунтових вод нижче заглиблених частин споруд для запобігання їх підтоплення. Однак пристрій глибоких лінійних дренажів, що захищають заглиблені частини споруди, при глибинах понад 3м в обводнених ґрунтах викликає певні складності.

Постановка задачі дослідження. Виходячи з вищевикладеного, завданням даних досліджень є вдосконалення конструктивно-технологічних рішень локалізації джерел забруднення ґрунтів.

Методика та результати досліджень. Рішення поставленого завдання необхідно розглянути в двох напрямках:



1-с - збільшення глибини закладення лінійних дренажів;

2-е - підвищення протифільтраційної надійності горизонтальних екранів, які виконуються з твердіючого розчину.

За першим напрямком, для збільшення глибини закладення лінійного дренажу пропонується використовувати конструктивно-технологічне рішення вертикальної завіси, що будується способом "стіна в ґрунті", поєднаної з дренажем, що дозволяє створити єдину систему - проти фільтраційного-дренажну конструкцію (ПФДК), що дозволяє укласти дренаж на велику глибину.

Пропоновані конструктивно-технологічне рішення системи ПФДК базуються на відомій технології будівництва ґрунтошленочних протифільтраційних завіс, що зводяться способом "стіна в ґрунті". Ця технологія передбачає розробку траншеї під захистом глинистого розчину, опускаючи в траншею внахлест полімерного рулонного протифільтраційного матеріалу, установку в траншею розділових елементів в зоні стику полотнищ, заповнення траншеї конструкційним матеріалом, витіснення глинистого розчину і витяг розділових елементів.

Згідно з першим варіантом пристрою системи ПФДК [6] (рис.2) в піонерну траншею, яка розробляється з внутрішньої сторони майбутньої завіси, укладається сипучий дренажний матеріал у вигляді гравійно-піщаної суміші. При цьому дно піонерної траншеї знаходиться ще нижче позначки рівня ґрунтових вод, а сама піонерна траншея з сипучим дренажним матеріалом знаходиться в призмі обвалення стінки майбутньої глибокої траншеї.

Після влаштування інвентарного коміра траншеї (форшахти), на проектну глибину розробляється траншея під захистом глинистого розчину способом "стіна в ґрунті".

У траншею на всю глибину з боку, протилежного напрямку руху забрудненої води, укладається рулонний протифільтраційний полімерний матеріал (екран), наприклад, поліетиленова плівка, а сама траншея заповнюється конструкційним протифільтраційним матеріалом на основі глини (комова глина, глиниста або глиноцементна паста), зацемяючи полотнище полімерного матеріалу. При цьому відмітка верху глинистого протифільтраційного матеріалу відповідає нижній позначці дренажу.

Після цього в траншею уздовж полотнища полімерного протифільтраційного матеріалу опускають рулонний дренажний матеріал, наприклад, геотекстиль, і дренажну трубу, обмотавши тим же геотекстилем.

З метою запобігання кальматації пор геотекстилю глинистим розчином, його перед опусканням в траншею насичують речовиною, протидіючи дифузії глинистого розчину і видаляється при контакті з фільтруючою забрудненою водою. Як речовина для насичення геотекстилю може використовуватися чиста вода з подальшим її заморокою або розчином у воді солі.

Після закріплення на борту траншеї полімерної плівки і геотекстилю в межах захватки траншеї, обмеженою трубчастими розділовими елементами, виробляють заміщення глинистого розчину водою. При цьому відкачка глинистого розчину і подача води в траншею проводиться одночасно. Утримання стінок траншеї від обрушення відбувається за рахунок гідростатичного тиску води, що передається через глиниста кора, утворена на стінках траншеї глинистим розчином. Разглинізація стінки траншеї, протилежною плівковому проти фільтраційного екрана, здійснюють на глибину, відповідну глибині залягання дна піонерної траншеї. Для цього, після заміщення в траншеї глинистого розчину водою, виробляють замочування водою дренажного матеріалу, що знаходиться в піонерній траншеї, опускають рівень води в траншеї до позначки дна піонерної траншеї і знімають частину інвентарної форшахти.

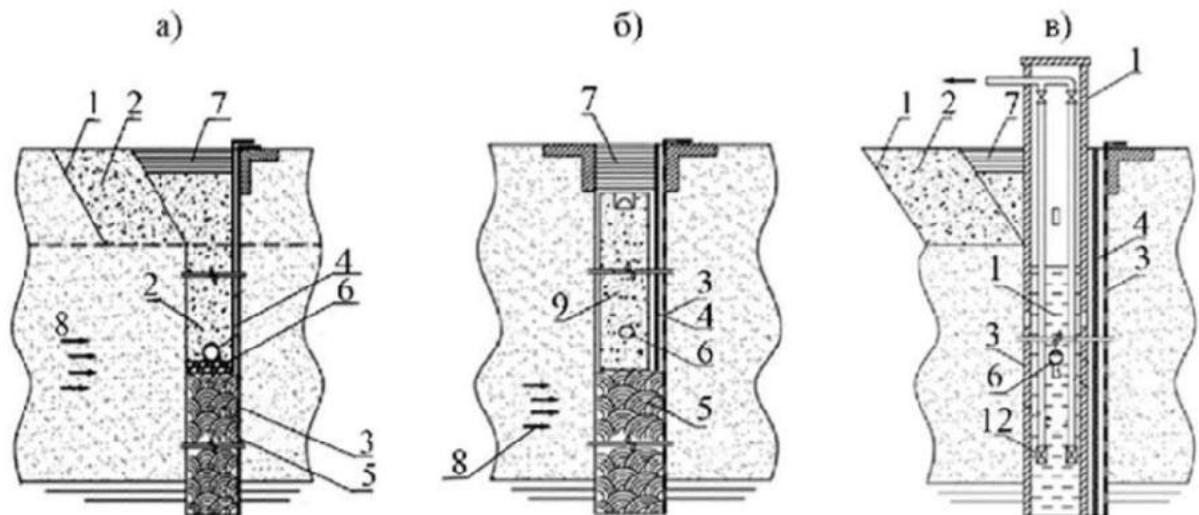


Рис. 2. Протифільтраційно-дренажна система:

а) варіант 1; б) варіант 2; в) варіант 3

1 піоперпа трапшея; 2 дрепажний сипучий матеріал; 3 поліетиленова плівка; 4 геотекстиль; 5 глинистий протифільтраційний матеріал; 6 дренажна труба; 7-глиняний замок; 8- напрямок руху забрудненої води; 9- заморожений блок сипучого дренажного матеріалу; 10 розділовий елемент; 11- забруднена вода; 12- насосне обладнання

Ці дії призводять до обвалення стіни траншеї і перекладки сипучого дренажного матеріалу з призми обвалення в порожнину траншеї. Одночасно відбувається разглинізація і руйнування глинистої корки в межах обрушення частини стінки і розуплотнення закальматованої зони сипучого дренажного матеріалу. Після цього виробляють досипання в утворену порожнину сипучого дренажного матеріалу і пристрій в усті порожнини глинистого замку, тим самим завершуючи улаштуванням проти-дренажної конструкції. Потік забрудненої води проходить через сипучий і рулонний дренажний матеріал, "впирається" в полімерний протифільтраційний скран і опускається в дренажну трубу, звідки потрапляє на насосну станцію, розташовану по осі траншеї, і відкачується на очисні споруди.

Другий варіант пристрою системи ПФДК (рис. 2, б) [7] є розвитком попереднього конструктивно-технологічного рішення. На відміну від попереднього рішення заміщення глинистого розчину водою не проводиться, а сипучий дренажний матеріал в траншею опускається у вигляді попередньо заморожених у воді блоків, тим самим витісняючи глинистий розчин. Заморожений блок сипучого матеріалу, виготовляють у спеціальній формі, заповнюючи її сипучим дренажним матеріалом, наприклад, гравійно-піщаною сумішшю, і водою з подальшим заморожуванням. Перед заморожуванням в дренажний матеріал вставляють монтажні петлі.

В разі необхідності влаштування трубчастої дрени в форму, разом з сипучим дренажним матеріалом укладають дренажну трубу, обгорнуту геотекстилем, по якій забруднена вода прямує на насосну станцію. Для прискорення розморожування блоку сипучого дренажного матеріалу монтажні петлі виконують з нагрівальними елементами, які при необхідності прислужуються до джерела струму на поверхні землі. Після устаткування блоків разглинізації стінки траншеї і пристрій глиняного замку виробляють як в попередньому технічному рішенні.

У розглянутих конструктивно-технологічних системах ПФДК одним з невід'ємних елементів технології є трубчастий обмежувач, що забезпечує обтиснення стиків вертикальних полотниць полімерного протифільтраційного матеріалу і поділ траншеї на захватки.

У розвиток перших двох варіантів в третьому варіанті системи ПФДК пропонується використовувати розділові елементи для розміщення насосних стацій для відкачування забрудненої води (рис.2в) [8].

Перед установкою розділових елементів в траншею в його корпусі нарізають дренажні отвори. Після укладання дренажного матеріалу в захватку траншеї між розділовими елементами, внутрішня частина розділових елементів промивається водою, видаляючи глинистий розчин, і в очищену порожнину монтується насосне обладнання.

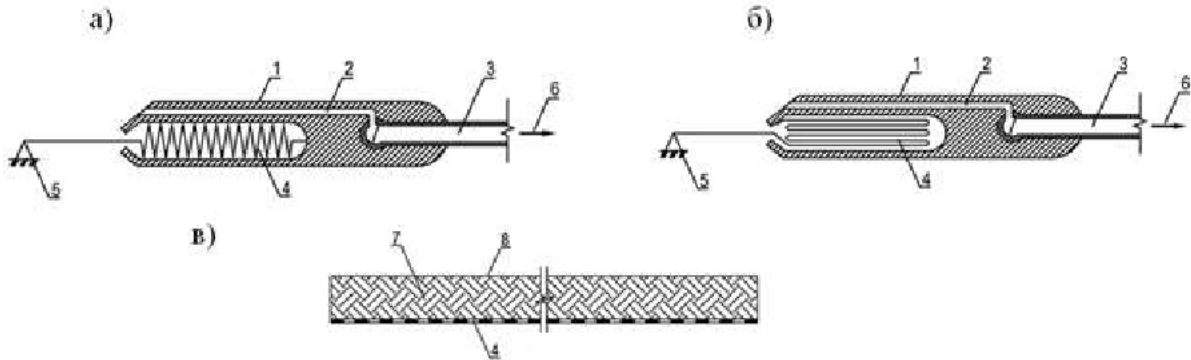


Рис. 3. Схема конструкції робочого органу та екрану з полімерної плівки:

а) робочий орган з плівкою, складеної "гармошкою"; б) робочий орган з плівкою, складеної пошарово; в) горизонтальний екран

1 - корпус робочого органу; 2 - канали для подачі твердого розчину; 3 - порожниста бурова штанга (тяга); 4 - плівка; 5 - кріплення плівки на донній поверхні; 6 - напрям переміщення робочого органу; 7 - твердий розчин; 8 - горизонтальний екран

У дослідженнях, проведених в НДІ будівельного виробництва, встановлено вплив технологічних чинників на якість горизонтального протифільтраційного екрану і відзначено, що можливо таке подання інженерно геологічних умов з навантаженнями від розташованих над екраном споруд, при яких напруги і деформації в екрані можуть перевищувати його міцності [9].

Розглядаючи другий напрям - підвищення протифільтраційної надійності горизонтального екрану при впливі значних вертикальних навантажень, був розроблений варіант конструктивно-технологічного рішення пристрою ГПЕ з тампонажного (глиноцементно-піщаного) матеріалу і полімерної плівки, яка розташовується у корпусі робочого органу [10].

Так само, як і в розробленій технології [5], в даному рішенні для пристрою горизонтального екрану установкою ГСБ розробляються як мінімум дві паралельні свердловини необхідного діаметра. Потім виготовляються і затягуються в свердловини розділові елементи, між якими простягається установкою ГСБ робочий орган, через форсунки якого в утворену порожнину подається під тиском твердий розчин.

Відмінною особливістю запропонованого конструктивно-технологічного рішення є те, що в корпусі робочого органу розташовується полімерний рулонний матеріал, наприклад, поліетиленова плівка, яка в міру переміщення робочого органу разом з твердим розчином затягується в утворену порожнину.

Для цього плівка укладається всередині корпусу робочого органу у вигляді "гармошки" (рис. 3а) або пошарово (рис. 3б), а її вільний кінець перед початком переміщення робочого органу закріплюють на донній поверхні.

Освіта горизонтального екрану під спорудою відбувається в замкнутому грунтовому середовищі безвідвальним способом [11], що потребує значних тягових зусиль.

Зменшення тягових зусиль на переміщення робочого органу при утворенні екрану сприятиме стабільності освіти горизонтальної порожнини і підвищенню якості екрану.

Одним з напрямків зменшення тягового зусилля переміщення робочого органу є використання струменевої технології.

Головним принципом, що лежить в основі струменевої технології, є використання високопапірного струменя рідини для прорізання в ґрунті порожнин необхідних розмірів. Прорізання в ґрунті порожнин проводиться горизонтально спрямованими струменями, стікаючи з сопел гідромонітора, при переміщенні його в попередньо пробурених напрямних свердловинах.

Струменева технологія використовується і для спорудження вертикальних протифільтраційних завіс, при цьому одночасно з утворенням в ґрунті порожнин здійснюється їх заповнення відповідно протифільтраційним і / або твердіючим матеріалом.

Цей принцип можна використовувати і в технології пристрою горизонтального екрану.

Пропоноване конструктивно-технологічне рішення [12] може бути доповненням до вищерозглянутого варіанту пристрою горизонтального екрану. Відмінною особливістю є те, що для зменшення тягового зусилля через додаткові сопла, розташовані в передній (лобовий) частині робочого органу (рис. 4а) під високим тиском подається вода або водоповітряна суміш, якої розмивається ґрунт перед робочим органом. Новоутворена пульпа, як і в струменевій технології, по свердловинах, з укладеними в них розділовими елементами відводиться на поверхню.

Це технічне рішення може мати і додатковий розвиток [13], коли в якості конструкційного матеріалу використовують пульпу, утворену з високопапірного струменя в якій безперервно подають в'язучий, наприклад водоцементний розчин (рис. 4б).

Слід зазначити, що переміщення робочого органу проводиться двома порожніми буровими штангами (тягами) і, тому, за однією з них може подаватися під високим тиском вода для розмиву ґрунту, а по іншій твердіючий протифільтраційний глино-цементно-піщаний або в'язучий (водо-цементне розчин).

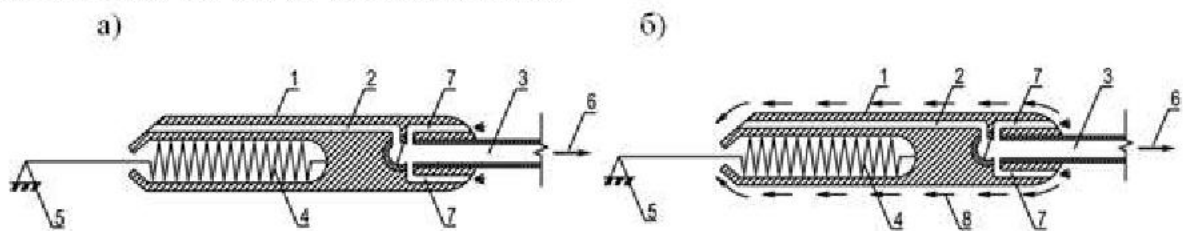


Рис. 4. Схема конструкції робочого органу для струменевої технології:

1- корпус робочого органу; 2 - канали для подачі: а) - твердіс розчину, б) - в'язучого; 3 - порожниста бурова штанга (тяга); 4 - плівка; 5 - кріплення плівки на донній поверхні; 6 - напрям переміщення робочого органу; 7- канали для подачі води або водо-повітряної суміші під тиском; 8- напрямок переміщення пульпи

Висновки.

1. Надійна локалізація джерел забруднення ґрунтів можлива шляхом спільного застосування горизонтальних протифільтраційних екранів і вертикальних протифільтраційних завіс, виконуваних способом "стіна в ґрунті".
2. Для локалізації джерел забруднення в розвиток методу "стіна в ґрунті" запропоновані варіанти вертикальних грунтоплевочних протифільтраційних завіс суміщених з дренажем – протифільтраційно-дренажні конструкції.
3. У розвиток технології влаштування горизонтальних екранів під джерелами забруднення ґрунтів, запропоновані варіанти вдосконалення конструктивно-технологічних рішень з використанням полімерної плівки для підвищення протифільтраційної надійності і струменевої технології для зменшення тягового зусилля переміщення робочого органу при утворенні екрану.

*Література*

1. Пат. 2347034 С1 Российская Федерация, МПК Е 02 В 3/16. Способ защиты водных ресурсов с помощью горизонтальных (межпластовых) противофильтрационных завес и технология их сооружения / О.В. Пономаренко, А.А. Изотов, В.С. Кузькин, П.А. Клименко; заявл. 30.07.2007; опубл. 20.02.2009, Бюл. № 5.
2. Пат. 2375580 С1 Российская Федерация, МКИ Е 21 F 17/00, Е 02 D 31/00. Способ сооружения подземной непроницаемой завесы / М.Н. Климентов, А.Н. Петин, С.В. Сергеев, В.С. Дрямов, Ю.В. Пономаренко ; заявл. 01.08.2008 ; опубл. 10.12.2009, Бюл. № 8.
3. Пат. 2316068 С1 Российская Федерация, МПК G 21 F 9/20. Способ защиты природных вод от радиоактивных и токсичных веществ из хранилищ жидких отходов / Е.В. Захарова, Е.П. Каймин, Л.И. Константинова, А.А. Зубков и др. ; заявл. 16.03.2006 ; опубл. 27.01.2008, Бюл. №
4. Пат. 2211283 С1 Российская Федерация, МПК E 02 D 5/56, 5/20, 7/22. Способ возведения противофильтрационной инженерно-защитной конструкции / А.Н. Басиев, М.В. Зелов, А.Г. Икусов; заявл. 21.12.2001; опубл. 27.08.2003.
5. Технологічна карта улаштування горизонтального протифільтраційного екрану під існуючими спорудами з використанням технології горизонтально направлено буріння / О.М. Галінський, С.А. Марчук, О.М. Чернухін // Технологічна карта. - К. : ДП «НДПБВ», «ЦП «КОМПРИНТ», 2015. - 60 с.
6. Пат. 755 Украина, МКИ³ Е 02 В 3/16. Способ строительства противофильтрационно-дренажной конструкции / А.М. Чернухин, А.М. Галинский; заявл. 27.03.89 ; опубл. 15.12.93, Бюл. № 2.
7. Пат. 24792 Україна, МПК E02B 3/16. Спосіб будівництва протифільтраційно-дренажної конструкції / О.М. Галінський, О.М. Чернухін, О.П. Федченко; заявл. 06.10.1998 ; опубл. 25.12.1998 р. Бюл. № 6.
8. Пат. 24819 Україна, МПК E02B 3/16. Спосіб будівництва протифільтраційно-дренажної конструкції / О.М. Галінський, О.М. Чернухін, О.П. Федченко; заявл. 06.10.1998 ; опубл. 25.12.1998 р. Бюл. № 6.
9. Galinskiy A., Maksimenko V. Physical modeling of Stress-strain state horizontal impervious screen In the formulation of the finite element method. Scientific-technical journal "Building", ISSN 1513-3936. - Georgia - №2 (37), 2015. - P. 13-18.
10. Пат. 95383 Україна на винахід, МПК Е 02 D 31/00. Спосіб улаштування екрана під спорудою / О.М. Чернухін, О.М. Галінський; заявл. 10.09.2010 ; опубл. 25.07.2011, Бюл. № 14
11. Галинский А.М., Горда О.В. Основні аспекти теоретичних досліджень та моделювання процесу влаштування горизонтального екрану під спорудою / А.М. Галинский, О.В. Горда // Науково-технічний журнал "Нові технології в будівництві". - Київ : НДПБВ, 2014. - № 27-28. - С. 3-9.
12. Пат. 65550 Україна на корисну модель, МПК Е 02 D 29/00. Спосіб улаштування екрана під спорудою / О.М. Галінський, О.М. Менейлюк ; заявл. 12.05.2011 ; публ. 12.12.2011, Бюл. № 23.
13. Пат. 73600 Україна на корисну модель, МПК Е 02 P 29/00. Спосіб улаштування екрана під спорудою / О.М. Галінський, О.М. Менейлюк, А.Ф. Петровський; заявл. 13.04.2012 ; публ. 25.09.2012, Бюл. № 18.

Падійшло до редакції 28.05.2015 р.

Рецензент: д.т.н., проф. Сівко В.Й.