

УДК 69.001.5; 624.1

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНО–ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ  
ЛОКАЛИЗАЦИИ ИСТОЧНИКОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ГРУНТОВ**

**Галинский А.М.**, к.т.н., с.н.с.,

**Чернухин А.М.**, к.т.н., с.н.с.,

*Научно-исследовательский институт строительного производства, г. Киев*  
agalin@ukr.net

**Менейлюк А.И.**, д.т.н., профессор,

*Одесская государственная академия строительства и архитектуры*  
pr.mai@mail.ru

**Аннотация.** В данной работе предложены варианты вертикальных грунтопленочных противofильтрационных завес совмещенных с дренажем – противofильтрационно-дренажные конструкции. В развитие технологии устройства горизонтальных экранов, предложены варианты совершенствования конструктивно-технологических решений с использованием полимерной пленки для повышения противofильтрационной надежности и струйной технологии и для уменьшения тягового усилия перемещения рабочего органа при образовании экрана.

**Ключевые слова:** загрязнение грунтов, горизонтальный противofильтрационный экран, "стена в грунте", противofильтрационно-дренажная конструкция.

**ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ  
ЛОКАЛІЗАЦІЇ ДЖЕРЕЛ ЗАБРУДНЕННЯ ГРУНТІВ**

**Галінський О.М.**, к.т.н., с.н.с.,

**Чернухін А.М.**, к.т.н., с.н.с.,

*Науково-дослідний інститут будівельного виробництва, м Київ*  
agalin@ukr.net

**Менейлюк О.І.**, д.т.н., професор,

*Одеська державна академія будівництва і архітектури*  
pr.mai@mail.ru

**Анотація.** У даній роботі запропоновані варіанти вертикальних грунтоплівкових протифільтраційних завес суміщених з дренажем – протифільтраційно-дренажні конструкції. В розвиток технології улаштування горизонтальних екранів, запропоновані варіанти удосконалення конструктивно-технологічних рішень з використанням полімерної плівки для підвищення протифільтраційної надійності і струменевої технології і для зменшення тягового зусилля переміщення робочого органу при утворенні екрану.

**Ключові слова:** забруднення грунтів, горизонтальний протифільтраційний екран, "стіна в ґрунті", протифільтраційно-дренажна конструкція.

**ENHANCEMENT OF CONSTRUCTIVE-TECHNOLOGICAL SOLUTIONS  
OF LOCALIZATION THE SOURCE OF SOIL CONTAMINATION**

**Galinsky A.M.**, Ph.D., Senior Scientist,

**Chernukhin A.M.**, Ph.D., Senior Scientist,

*Scientific Research Institute of construction, Kiev*

**Abstract.** The paper discusses options of locating the sources of contamination of soils using vertical impervious diaphragm constructed by the method "wall in the ground" and horizontal impervious screens, arranged under the source of pollution of soils. In the development of the method of "wall in the ground" proposed options vertical impervious diaphragm combined with drainage – impervious-drainage design. In the development of device technology, horizontal screen, and the options of improvement of the structurally-technological solutions with the use of using polymer film for increasing the reliability watertight and inkjet technologies to reduce traction moving the working body in the formation screen. Inkjet technology is used for the construction of vertical curtain, at the same time with the formation of cavities in the ground is carried out respectively their filling impervious and or hardening material.

New technical solution for inkjet technology can be further developed and, when used as a structural material slurry formed from a high-pressure jet which is continuously fed into the binder, for example water-cement mortar.

**Key words:** pollution of soils, the horizontal impervious screen "wall in the ground", impervious-drainage design.

**Введение.** Существует значительное количество постоянных и временных хранилищ с токсичными или радиоактивными отходами, к которым предъявляются повышенные требования по их безопасности в целом и герметичности гидроизоляции в частности.

Несмотря на усиленную гидроизоляцию подземной части таких хранилищ под воздействием как внутренних, так и внешних факторов нередко происходит повреждение гидроизоляции, что приводит к возникновению фильтрационного потока, который загрязняет окружающий грунт и подземные воды.

Нарушенная гидроизоляция, как правило, восстановлению не подлежит из-за опасности нарушить самого хранилище во время ремонтно-восстановительных работ. Перемещение же отходов в другое хранилище связано с опасностью еще больше загрязнить окружающую среду во время их транспортирования и погрузочно-разгрузочных работ.

Предотвращение распространения образовавшегося под хранилищем фильтрационного потока загрязненной воды возможно путем устройства дополнительной противофильтрационной системы локализации. Такая система, как правило, должна состоять из противофильтрационных конструкций, локализирующих хранилище по периметру и со стороны днища, а также необходимых дренажных устройств, расположенных внутри периметра противофильтрационных конструкций, и предназначенных собирать и откачивать загрязненные грунтовые воды насосными станциями на очистные сооружения.

При водоупорном слое грунта, расположенном под хранилищем на технически достигаемой глубине и значительной площади хранилища, экономически оправданным может быть устройство по периметру хранилища системы в виде совершенной вертикальной противофильтрационной завесы (ПФЗ), выполненной, например, известным способом "стена в грунте" и соответствующих дренажных устройств [1].

Если же водоупор находится на большой глубине или вообще отсутствует, возникает необходимость в его искусственном создании (рис. 1) путем устройства горизонтального противофильтрационного экрана (ГПЭ).

Технология устройства ГПЭ под сооружением предусматривает устройство горизонтальных скважин методом горизонтально-направленного бурения (ГНБ), разработку между скважинами плоским рабочим органом полости в грунте с непрерывным ее заполнением твердеющим противофильтрационным раствором [2]. Совместно с горизонтальным экраном, как правило, требуется применение и вертикальных противофильтрационных конструкций по его бокам, а в ряде случаев, и со стороны входа и выхода экрана на дневную поверхность для

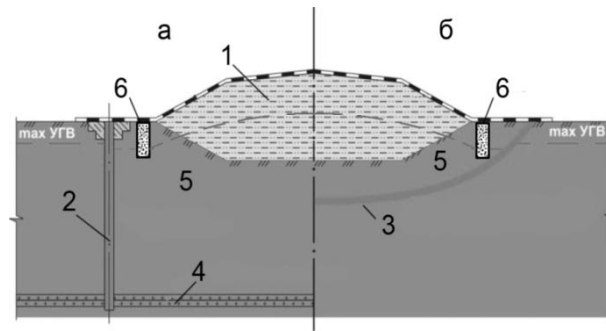


Рис. 1. Схема защиты грунтов и грунтовых вод от загрязнения:  
 а – при наличии водоупора; б – при отсутствии водоупора;  
 1 – хранилище; 2 – вертикальная завеса; 3 – искусственный водоупор –  
 горизонтальный экран; 4 – естественный водоупор; 5 – загрязненный грунт;  
 6 – дренаж

образования замкнутого противофильтрационного контура (рис. 2). Такими вертикальными противофильтрационными конструкциями могут быть несовершенные завесы, выполняемые способом "стена в грунте".

Во всех случаях локализации источников загрязнения необходимо применение дренажных систем, которые предназначены не только, собирать и откачивать загрязненные грунтовые воды на очистные сооружения, но и, зачастую, понижать уровень грунтовых вод ниже заглубленных частей сооружений для предотвращения их подтопления. Однако устройство глубоких линейных дренажей, защищающих заглубленные части сооружения, при глубинах более 3м в обводненных грунтах вызывает определенные сложности.

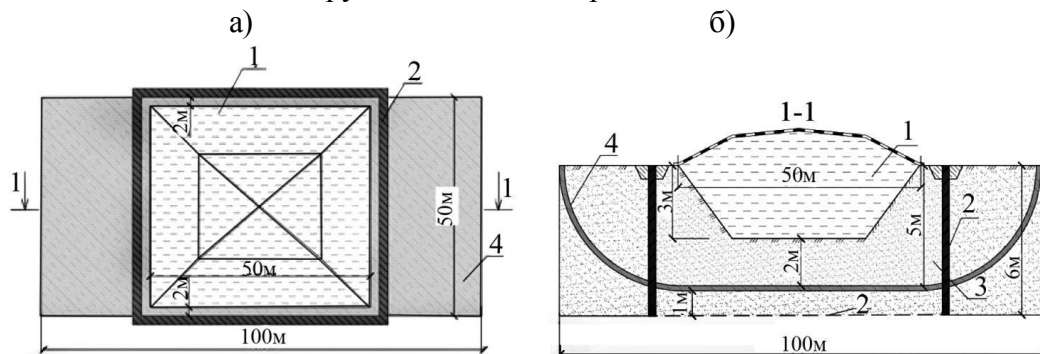


Рис. 2. Схема локализации хранилища:  
 а – в плане; б – в разрезе;  
 1 – хранилище; 2 – вертикальная завеса; 3 – загрязненный грунт; 4 – искусственный  
 водоупор – горизонтальный экран

**Цель и задачи исследования.** Целью данной работы является, совершенствование конструктивно-технологических решений локализации источников загрязнения грунтов. Решение поставленной задачи можно рассмотреть в двух направлениях:

- увеличение глубины заложения линейных дренажей;
- повышение противофильтрационной надежности горизонтальных экранов, выполняемых из твердеющего раствора.

По первому направлению, для увеличения глубины заложения линейного дренажа предлагается использовать конструктивно-технологическое решение вертикальной завесы, возводимой способом "стена в грунте", совмещенной с дренажем, что позволяет создать единую систему – противофильтрационно-дренажную конструкцию (ПФДК), позволяющую уложить дренаж на большую глубину.

Предлагаемое конструктивно-технологическое решение системы ПФДК базируются на известной технологии строительства грунтопленочных противофильтрационных завес,

возводимых способом "стена в грунте" [1]. Эта технология предусматривает разработку траншеи под защитой глинистого раствора, опускание в траншею внахлест полимерного рулонного противofильтрационного материала, установку в траншею разделительных элементов в зоне стыка полотнищ, заполнение траншеи конструкционным материалом, вытесняющим глинистый раствор и извлечение разделительных элементов.

Согласно первому варианту устройства системы ПФДК (рис. 3, а) в пионерную траншею, которая разрабатывается с внутренней стороны будущей завесы, укладывается сыпучий дренажный материал в виде гравийно-песчаной смеси. При этом дно пионерной траншеи находится не ниже отметки уровня грунтовых вод, а сама пионерная траншея с сыпучим дренажным материалом находится в призме обрушения стенки будущей глубокой траншеи.

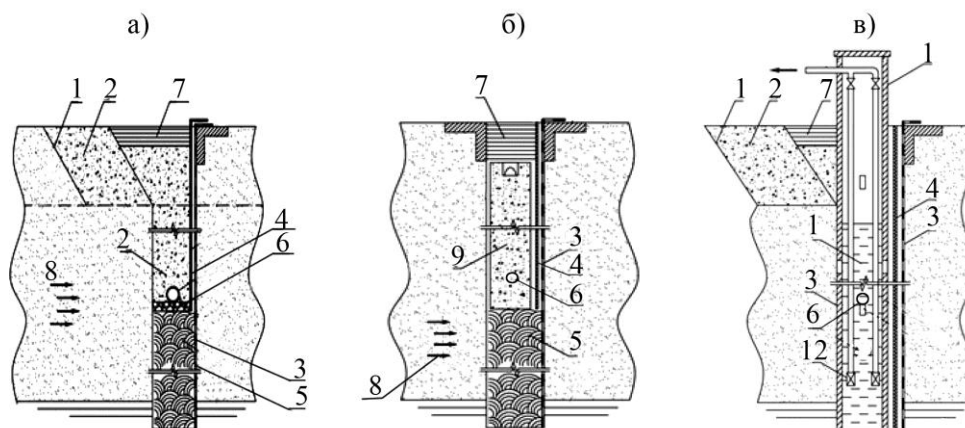


Рис. 3. Противofильтрационно-дренажная система:

а – вариант 1; б – вариант 2; в – вариант 3;

- 1 – пионерная траншея; 2 – дренажный сыпучий материал; 3 – полиэтиленовая пленка;  
 4 – геотекстиль; 5 – глинистый противofильтрационный материал; 6 – дренажная труба;  
 7 – глиняный замок; 8 – направление движения загрязненной воды; 9 – замороженный блок сыпучего дренажного материала; 10 – разделительный элемент; 11 – загрязненная вода;  
 12 – насосное оборудование

После устройства инвентарного воротника траншеи (форшахты), на проектную глубину разрабатывается траншея под защитой глинистого раствора способом "стена в грунте".

В траншею на всю глубину со стороны, противоположной направлению движения загрязненной воды, укладывается рулонный противofильтрационный полимерный материал (экран), например, полиэтиленовая пленка, а сама траншея заполняется конструкционным противofильтрационным материалом на основе глины (комовая глина, глинистая или глиноцементная паста), защемляя полотнище полимерного материала. При этом отметка верха глинистого противofильтрационного материала соответствует нижней отметке дренажа.

После этого в траншею вдоль полотнища полимерного противofильтрационного материала опускают рулонный дренажный материал, например, геотекстиль, и дренажную трубу, обмотанную тем же геотекстилем.

С целью предотвращения кольматации пор геотекстиля глинистым раствором, его перед опусканием в траншею насыщают веществом, препятствующим диффузии глинистого раствора и удаляемым при контакте с фильтрующей загрязненной водой.

После закрепления на борту траншеи полимерной пленки и геотекстиля в пределах захватки траншеи, ограниченной трубчатыми разделительными элементами, производят замещение глинистого раствора водой. При этом откачка глинистого раствора и подача воды в траншею производится одновременно. Разглинизацию стенки траншеи, противоположной пленочному противofильтрационному экрану, осуществляют на глубину, соответствующую глубине залегания дна пионерной траншеи.

Эти действия приведут к обрушению стенки траншеи и переукладке сыпучего дренажного материала из призмы обрушения в полость траншеи. Одновременно происходит

разглинизация и разрушение глинистой корки в пределах обрушившейся части стенки и разуплотнение закольматированной зоны сыпучего дренажного материала.

После этого производят досыпку в образовавшуюся полость сыпучего дренажного материала и устройство в устье полости глинистого замка, тем самым завершая устройство противофильтрационно-дренажной конструкции.

Поток загрязненной воды проходит через сыпучий и рулонный дренажный материал, "упирается" в полимерный противофильтрационный экран и опускается в дренажную трубу, откуда попадает на насосную станцию, расположенную по оси траншеи, и откачивается на очистные сооружения.

Второй вариант устройства системы ПФДК (рис. 3, б) [3] является развитием предыдущего конструктивно-технологического решения. В отличие от предыдущего решения замещение глинистого раствора водой не производится, а сыпучий дренажный материал в траншею опускается в виде предварительно замороженных в воде блоков, тем самым вытесняя глинистый раствор. Замороженный блок сыпучего материала, изготавливают в специальной форме, заполняя ее сыпучим дренажным материалом, например, гравийно-песчаной смесью, и водой с последующим замораживанием. Перед замораживанием в дренажный материал вставляют монтажные петли. При необходимости устройства трубчатой дрены в форму, вместе с сыпучим дренажным материалом укладывают дренажную трубу, обернутую геотекстилем, по которой загрязненная вода направляется на насосную станцию. Для ускорения размораживания блока сыпучего дренажного материала монтажные петли выполняют с нагревательными элементами, которые при необходимости присоединяются к источнику тока на поверхности земли. После установки блоков разглинизацию стенки траншеи и устройство глиняного замка производят как в предыдущем техническом решении.

В рассмотренных конструктивно-технологических системах ПФДК одним из неотъемлемых элементов технологии является трубчатый ограничитель, обеспечивающий обжатие стыков вертикальных полотнищ полимерного противофильтрационного материала и разделение траншеи на захватки.

В развитие первых двух вариантов в третьем варианте системы ПФДК предлагается использовать разделительные элементы для размещения насосных станций для откачки загрязненной воды (рис. 3, в).

Перед установкой разделительных элементов в траншею в его корпусе нарезают дренажные отверстия. После укладки дренажного материала в захватку траншеи между разделительными элементами, внутренняя часть разделительных элементов промывается водой, удаляя глинистый раствор, и в очищенную полость монтируется насосное оборудование.

В исследованиях, проведенных в НИИ строительного производства, установлено влияние технологических факторов на качество горизонтального противофильтрационного экрана и отмечено, что возможно такое сочетание инженерно геологических условий с нагрузками от расположенных над экраном сооружений, при которых напряжения и деформации в экране могут превышать его прочностные характеристики [4, 5].

Рассматривая второе направление – повышение противофильтрационной надежности горизонтального экрана при воздействии значительных вертикальных нагрузок, был разработан вариант конструктивно-технологического решения устройства ГПЭ из тампонажного (глино-цементно-песчаного) материала и полимерной пленки, которая располагается в корпусе рабочего органа [6].

Так же, как и в разработанной технологии [2], в данном решении для устройства горизонтального экрана установкой ГНБ разрабатываются как минимум две параллельные скважины необходимого диаметра. Затем изготавливаются и затягиваются в скважины разделительные элементы, между которыми протягивается установкой ГНБ рабочий орган, через форсунки которого в образовавшуюся полость подается под давлением твердеющий раствор. Отличительной особенностью предлагаемого конструктивно-технологического решения является то, что в корпусе рабочего органа располагается полимерный рулонный материал, например, полиэтиленовая пленка, которая по мере перемещения рабочего органа

вместе с твердеющим раствором затягивается в образовавшуюся полость.

Для этого пленка укладывается внутри корпуса рабочего органа в виде "гармошки" (рис. 4, а) или послойно (рис. 4, б), а ее свободный конец перед началом перемещения рабочего органа закрепляют на дневной поверхности.

Затвердевший в полости раствор вместе с пленкой образуют горизонтальный противофильтрационный экран (рис. 4, в) с прочностными характеристиками, позволяющими достаточно хорошо воспринимать изгибающие усилия от вышерасположенных грунтов и сооружений.

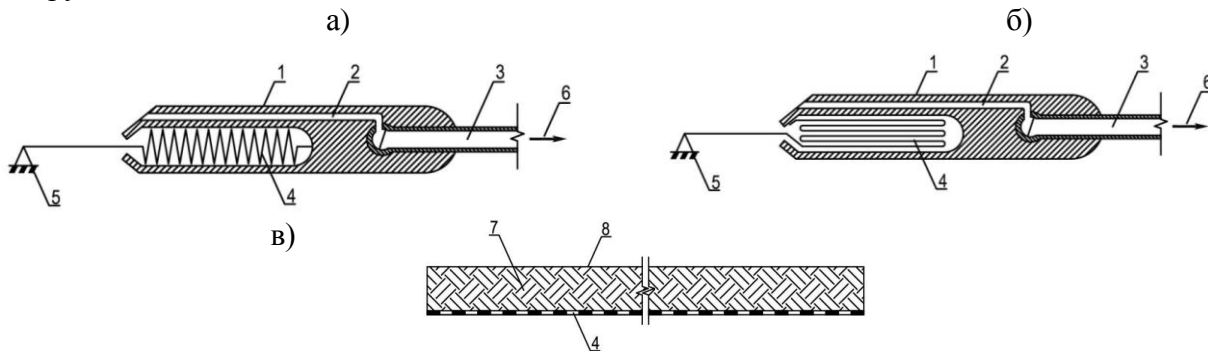


Рис. 4. Схема конструкции рабочего органа и экрана с полимерной пленкой:

а – рабочий орган с пленкой, сложенной "гармошкой"; б – рабочий орган с пленкой, сложенной послойно; в – горизонтальный экран.

1 – корпус рабочего органа; 2 – каналы для подачи твердеющего раствора; 3 – полая буровая штанга (тяга); 4 – пленка; 5 – крепление пленки на дневной поверхности; 6 – направление перемещения рабочего органа; 7 – твердеющий раствор; 8 – горизонтальный экран

Образование горизонтального экрана под сооружением происходит в замкнутой грунтовой среде безотвальным способом [6], что требует приложения значительных тяговых усилий. Уменьшение тяговых усилий на перемещение рабочего органа при образовании экрана будет способствовать стабильности образованию горизонтальной полости и повышению качества экрана. Одним из направлений уменьшения тягового усилия перемещения рабочего органа является использование струйной технологии.

Главным принципом, лежащим в основе струйной технологии, является использование высоконапорной струи жидкости для прорезания в грунте полостей необходимых размеров. Прорезание в грунте полостей производится горизонтально направленными струями, истекающими из сопел гидромонитора, при перемещении его в предварительно пробуренных направляющих скважинах. Струйная технология используется и для сооружения вертикальных противофильтрационных завес, при этом одновременно с образованием в грунте полостей осуществляется их заполнение соответственно противофильтрационным и/или твердеющим материалом.

Предлагаемое конструктивно-технологическое решение [7] может быть дополнением к вышерассмотренному варианту устройства горизонтального экрана. Отличительной особенностью является то, что для уменьшения тягового усилия через дополнительные сопла, расположенные в передней (лобовой) части рабочего органа (рис. 5, а) под высоким давлением подается вода или водо–воздушная смесь, которой размывается грунт перед рабочим органом. Образовавшаяся пульпа, как и в струйной технологии, по скважинам, с уложенными в них разделительными элементами отводится на поверхность. Это техническое решение может иметь и дополнительное развитие [8], когда в качестве конструкционного материала используют пульпу, образованную с высоконапорной струей в которую непрерывно подают вяжущее, например водцементный раствор (рис. 5, б).

Следует отметить, что перемещение рабочего органа производится двумя полыми буровыми штангами (тягами) и, поэтому, по одной из них может подаваться под высоким давлением вода, а по другой – твердеющий противофильтрационный (водцементный раствор).

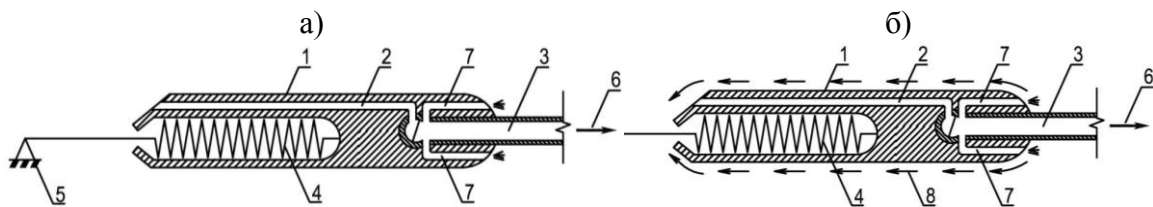


Рис. 5. Схема конструкции рабочего органа для струйной технологии:

1 – корпус рабочего органа; 2 – каналы для подачи: а – твердеющего раствора; б – вяжущего; 3 – полая буровая штанга (тяга); 4 – пленка; 5 – крепление пленки на дневной поверхности; 6 – направление перемещения рабочего органа; 7 – каналы для подачи воды или водо–воздушной смеси под давлением; 8 – направление перемещения пульпы

### Выводы.

1. Надежная локализация источников загрязнения грунтов возможна путем совместного применения горизонтальных противofiltrационных экранов и вертикальных противofiltrационных завес, выполняемых способом "стена в грунте".
2. Для локализации источников загрязнения в развитие способа "стена в грунте" предложены варианты вертикальных грунтопленочных противofiltrационных завес совмещенных с дренажем – противofiltrационно-дренажные конструкции.
3. В развитие технологии устройства горизонтальных экранов под источниками загрязнения грунтов, предложены варианты совершенствования конструктивно-технологических решений с использованием полимерной пленки для повышения противofiltrационной надежности и струйной технологии для уменьшения тягового усилия перемещения рабочего органа при образовании экрана.

### Литература

1. Настанова щодо проектування влаштування заглиблених споруд способом "стіна в ґрунті" / О.М. Галінський, В.О. Басанський, О.М. Чернухін, С.А. Марчук // ДСТУ - Н Б В.2.1-29:2014. – Київ: Мінрегіон України, 2014. – 62 с.
2. Технологічна карта влаштування 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 «НДІБВ», «ЦП «КОМПРИНТ», 2015. – 60 с.
3. 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.
4. 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.
5. Пат. 95383 Україна на винахід, МПК E 02 D 31/00. Спосіб влаштування екрану під спорудою / О.М. Чернухін, О.М. Галінський; заявл. 10.09.2010; опубл. 25.07.2011, Бюл. № 14.
6. Галинский А.М. 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 : НДІБВ, 2014. – № 27-28. – С. 3-9.
7. Пат. 65550 Україна на корисну модель, МПК E 02 D 29/00. Спосіб влаштування екрану під спорудою / О.М. Галінський, О.М. Менейлюк; заявл. 12.05.2011; публ. 12.12.2011, Бюл. № 23.
8. Пат. 73600 Україна на корисну модель, МПК E 02 P 29/00. Спосіб влаштування екрану під спорудою / О.М. Галінський, О.М. Менейлюк, А.Ф. Петровський; заявл. 13.04.2012; публ. 25.09.2012, Бюл. № 18.