



УКРАЇНА

(19) UA (11) 94875 (13) C2  
(51) МПК  
G01N 27/02 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) СПОСІБ ВИМІРЮВАННЯ ВОЛОГОСТІ І ВИЗНАЧЕННЯ ВОЛОГІСНОГО СТАНУ ҐРУНТІВ, У ТОМУ ЧИСЛІ НА ГЛИБИНІ

1

2

(21) a201009447

(22) 28.07.2010

(24) 10.06.2011

(46) 10.06.2011, Бюл.№ 11, 2011 р.

(72) ПЛУГІН АНДРІЙ АРКАДІЙОВИЧ, ПЛУГІН АРКАДІЙ МИКОЛАЙОВИЧ, ГЕРАСИМЕНКО ОЛЕГ СТЕПАНОВИЧ, ТРИКОЗ ЛЮДМИЛА ВІКТОРІВНА, ПЛУГІН ДМИТРО АРТУРОВИЧ, ДУДІН ОЛЕКСІЙ АРКАДІЙОВИЧ, ПЛУГІН ОЛЕКСІЙ АНДРІЙОВИЧ, ЛЮТИЙ ВІТАЛІЙ АНАТОЛІЙОВИЧ

(73) УКРАЇНСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

(56) UA 27798 C2, 16.10.2000

UA 84682 C2, 25.11.2008

RU 2174678 C1, 10.10.2001

CN 101236188 A, 06.08.2008

CN 101339151 A, 07.01.2009

RU 2370765 C1, 20.19.2009

(57) 1.Спосіб вимірювання вологості і визначення вологісного стану ґрунтів, у тому числі на глибині, у якому вимірювання ведуть за допомогою датчика вологості, що містить з'єднані з вимірювальним пристроєм електроди, датчик занурюють у досліджуване середовище на задану глибину, підключають потім електроди за допомогою електричних провідників до вимірювального пристрою і проводять виміри необхідних електричних характеристик досліджуваного середовища, зокрема електричний опір або/та електричну ємність, який **відрізняється** тим, що електроди датчика виготовляють з нержавіючої сталі, зовнішній електрод виконують у вигляді перфорованого циліндра, а внутрішній - суцільного стержня, зазор між елект-

родами заповнюють спеціальною сухою капілярною подрібненою засипкою з силікатного чи алюмосилікатного матеріалу, датчик має загострений наконечник та знімний ударний хвостовик, його оснащують набором труб-секцій з муфтами, в муфтах і трубах просвердлюють отвори для шплінтування, датчик занурюють у ґрунт на задану глибину забиванням чи вдавленням, нарощуючи його за допомогою труб-секцій і ведуть вимірювання його електричного опору, перед вимірюванням заздалегідь вимірюють і отримують тарувальний графік залежності електричного опору або ємності цього датчика від вологості оточуючого його піщаного ґрунту, або ґрунту, що виймають з місця вимірювань, для чого вологість ґрунту змінюють шляхом додавання в нього порцій води певної кількості, величину вологості досліджуваного ґрунту, що підлягає моніторингу, визначають за допомогою тарувального графіка за величиною поточного опору цього ґрунту, а його вологісний стан - по відношенню поточного опору  $R_x$  до опору  $R_0$  у точці перегину на тарувальному графіку, при цьому, якщо  $R_x$  перевищує  $R_0$  ( $R_x > R_0$ ), ґрунт вважають структурованим, якщо менше ( $R_x < R_0$ ) - текучим і зсувонебезпечним, ступінь структурованості ґрунту і його міцності визначають за величиною відношення  $R_x/R_0$  - чим воно більше, тим більше структурований і міцний ґрунт.

2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що при визначенні вологості по ємності застосовують датчик, на внутрішню поверхню зовнішнього електрода і поверхню внутрішнього електрода якого наночастиці електроізоляційне покриття.

Винахід належить до способів разових та безперервних вимірювань вологості ґрунтів всередині, у тому числі на глибині, ґрунтових об'єктів (косогорів, котлованів, траншей, нестійких основ), в яких вважають можливим виникнення деформацій і пошкоджень внаслідок перезволоження ґрунтів. Спосіб здійснюється шляхом занурення в ґрунт спеціального капілярного датчика, проведення електричних вимірювань і оцінки за їх результата-

ми вологості ґрунту і його реологічного стану - пластичного, текучого.

Відомі найбільш поширені при інженерно-вишукувальних роботах способи вимірювання вологості ґрунту з глибини об'єктів (косогорів, котлованів, траншей, нестійких основ). Ці ознаки співпадають з істотними ознаками винаходу, який заявляється. Крім того, здійснюють відбір зразків з глибини ґрунту шляхом буріння свердловин і по-

(13) C2

(11) 94875

(19) UA

дальше вимірювання їх вологості ваговим способами. [ДСТУ Б В.2.1-8-2001 (ГОСТ 12071-2000) «Грунти. Відбирання, упакування, транспортування і зберігання зразків», ГОСТ 5180-84. Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик (2. Определение влажности грунта методом высушивания до постоянной массы)].

Недоліком цих способів є те, що вони досить трудомісткі, дають одиничне значення вологості на час відбору зразка, і не можуть бути використаними для безперервного контролю (моніторингу) вологості ґрунту у вказаних об'єктах.

Відомий спосіб вимірювання, у якому використовується датчик вологості ґрунту ВРТ-А-80КПС [Датчики влажности грунта ВРТ-А-80КПС. [civil.p-d-o.ru/product\\_39.html](http://civil.p-d-o.ru/product_39.html)], який занурюють у ґрунт, і між датчиком і ґрунтом, що мають різну вологу, виникає переміщення води. Ці ознаки співпадають з істотними ознаками винаходу, який заявляється. Крім того, у цьому способі посудина оснащена пористою кришкою (пористою керамічною трубкою) і наповнена дегазованою водою, посудину із пористою кришкою занурюють у ґрунт, якщо ґрунт сухий він вбирає воду з посудини через пористу кришку, при цьому вимірюють негативний тиск (тиск вологопоглинання), за яким визначають кількість води в ґрунті. Даний датчик використовують для моніторингу зміни вологості ґрунту, контролю можливого обвалу або змінення стабільності насипу тощо. Недоліком цього способу є те, що він не передбачає заглиблення датчика на значну глибину за його конструкцією.

Відомий спосіб визначення вологості ґрунтів [UA 7846. Спосіб безконтактного визначення вологості ґрунтів. - Бюл. №7, 2005р.], який полягає у тому, що зразок водопоглинаючого матеріалу розміщують у шарі ґрунту, вологість якого досліджується, і залишають на час, необхідний для просочування його водою, і визначають величину вологості. Ці ознаки співпадають з істотними ознаками винаходу, який заявляється. Крім того, для вимірювання вологості зразок виймають з ґрунту, розділяють по мірних ємностях, зважують, висушують, проводять повторне зважування і значення вологості визначають за відомою формулою.

Недоліком цього способу є те, що він не може бути застосованим для вимірювання вологості ґрунту на глибині через те, що в ньому не вказано, яким чином зразок розмістити на глибині ґрунту, а також те, що він не може бути використаний для безперервного контролю (моніторингу) вологості ґрунту у вказаних об'єктах.

Найбільш близьким по технічній суті до способу, що заявляється, є спосіб, у якому вимірювання ведуть за допомогою датчика вологості, що містить з'єднані з вимірювальним пристроєм електроди, датчик занурюють у досліджуване середовище на задану глибину, підключають потім електроди за допомогою електричних провідників до вимірювального пристрою і проводять виміри необхідних електричних характеристик досліджуваного середовища, зокрема електричний опір або ємність [Патент UA 27798. Датчик вологості. - Бюл № 5, 2000 р.]. Ці ознаки співпадають з істотними ознаками винаходу, який заявляється.

Крім того, для занурювання датчика у ґрунт на глибину один з електродів має на кінці направляючий зубець і виконаний у вигляді порожнистого конусного гвинта, міжвиткова поверхня котрого має електрично ізолюваний від поверхні гвинта другий електрод, складений з кількох, з'єднаних загальним провідником, а порожнина заповнена гідрофобним матеріалом. Як електричні характеристики досліджуваного середовища, вимірюють також провідність, ємність, діелектричну проникність та ін. Після вимірювання датчик відключають і заглиблюють на наступний горизонт для проведення вимірів.

Недоліком цього способу є те, що він має невисоку точність вимірювання вологості ґрунту при вимірюванні електричного опору і провідності через те, що ці показники в значній мірі залежать від концентрації і складу солей у ґрунтовій воді. Вимірювання ємності і діелектричної проникності при прямому контакті з ґрунтом також не може забезпечити високої точності по вологості ґрунту через прямий контакт електродів з ґрунтом, виникнення на них подвійного електричного шару, ємність якого в значній мірі залежить від концентрації і виду солей-електролітів у воді, особливо при невисокій частоті вимірюваного струму [Фридрихсберг Д.А. Курс коллоидной химии. Л.: Химия, 1984.]. Недоліком способу є також те, що він не може використовуватися для безперервного довготривалого вимірювання із-за процесів, що будуть накопичуватися на поверхні незахищених електродів.

Вказані недоліки не дозволяють ефективно застосовувати спосіб-прототип для безперервного визначення вологості ґрунту на глибині у режимі моніторингу.

В основу винаходу поставлена задача удосконалення способу вимірювання вологісного стану ґрунтів на глибині у режимі моніторингу за допомогою стаціонарних датчиків, при якому показники вологості не залежать від концентрації і складу розчинених у ґрунті солей, а також його гранулометричного складу.

Поставлена задача вирішується тим, що вимірювання ведуть за допомогою датчика вологості, що містить з'єднані з вимірювальним пристроєм електроди, датчик занурюють у досліджуване середовище на задану глибину, підключають потім електроди за допомогою електричних провідників до вимірювального пристрою і проводять виміри необхідних електричних характеристик досліджуваного середовища, зокрема електричний опір або/та електричну ємність, при цьому електроди датчика виготовляють з нержавіючої сталі, зовнішній електрод виконують у вигляді перфорованого циліндра, а внутрішній - суцільного стержня, зазор між електродами заповнюють спеціальною сухою капілярною подрібненою засипкою з силікатного чи алюмосилікатного матеріалу, датчик має загострений наконечник та знімний ударний хвостовик, його оснащують набором труб-секцій з муфтами, в муфтах і трубах просвердлюють отвори для шплінтування, датчик занурюють у ґрунт на задану глибину забиванням чи вдавленням, нарощуючи його за допомогою труб-секцій і ведуть вимірювання його електричного опору, перед вимірюван-

ням заздалегідь вимірюють і отримують тарувальний графік залежності електричного опору або ємності цього датчика від вологості оточуючого його піщаного ґрунту, або ґрунту, що виймають з місця вимірювань, для чого вологість ґрунту змінюють шляхом додавання в нього порцій води певної кількості, величину вологості досліджуваного ґрунту, що підлягає моніторингу, визначають за допомогою тарувального графіка за величиною поточного опору цього ґрунту, а його вологісний стан - по відношенню поточного опору  $R_x$  до опору  $R_0$  у точці перегину на тарувальному графіку, при цьому, якщо  $R_x$  перевищує  $R_0$  ( $R_x > R_0$ ), ґрунт вважають структурованим, якщо менше ( $R_x < R_0$ ) - текучим і зсувонебезпечним, ступінь структурованості ґрунту і його міцності визначають за величиною відношення  $R_x/R_0$  - чим воно більше, тим більше структурований і міцний ґрунт.

Вказані ознаки винаходу, який заявляється, забезпечують досягнення технічного результату, який полягає у виконанні безперервного контролю (моніторингу) вологості ґрунту на глибині об'єкта, а також у забезпеченні набагато більшої точності визначення вологості, ніж прямі вимірювання електричних характеристик ґрунту, на які має значний вплив фракційний, сольовий склад ґрунту і т.п. При моніторингу вологості ґрунту на косогорах, схилах насипів і виїмок це забезпечить запобігання їх зсувам та інших видів руйнувань.

Теоретичним обґрунтуванням способу, що заявляється, є наступне. Як відомо, електропровідність у дисперсних системах, а такою є подрібнена керамічна засипка датчика, а значить їх електричний опір, забезпечуються головним чином поверхневою електропровідністю, яка в свою чергу здійснюється за рахунок переважного перенесення протиіонів у подвійному електричному шарі (ПЕШ), де їх концентрація у десятки і сотні разів вища за об'ємну. Як відомо, у силікатних чи алюмосилікатних матеріалах при контакті з водою виникає подвійний електричний шар з потенціалвизначальними іонами (ПВІ)  $\text{OH}^-$  і протиіонами (ПРІ)  $\text{H}^+$  [Фридрихсберг Д.А. Курс коллоидної хімії. Л.: Хімія, 1984]. У зв'язку з цим їх електричний опір не залежить від хімічного складу і концентрації солей у ґрунтовій воді.

Разом з тим, поверхнева провідність залежить від кількості протиіонів  $\text{H}^+$  у дифузійній частині ПЕШ та її товщини, які в свою чергу, залежать від кількості води у ґрунті, тобто від його вологості. Характерним є те, що крива змінення електроопору ґрунту в залежності від його вологості має перегин, на якому крута частина кривої переходить до пологої, що свідчить про появу вільної води і переходу ґрунту у текучий стан.

Указані вище ознаки винаходу, який заявляється, забезпечують досягнення технічного результату, який полягає у постійному моніторингу вологісного стану ґрунтів на косогорах з метою запобігання зсувам, при цьому вимірювальні показники вологості не залежать від фракційного або сольового складу ґрунту.

Суть винаходу пояснюється схемами і графіками, на яких зображено:

фіг.1. Коаксіальний датчик для визначення во-

логості ґрунту всередині об'єктів земляного полотна;

фіг.2. Деталі датчика: зовнішній електрод і загострений наконечник;

фіг.3. Цифровий мультиметр DT9208A для вимірювання електричного опору; •

фіг.4. Труби-подовжувачі з муфтами для занурення датчиків (в муфтах і трубах просвердлені отвори для шплінтування);

фіг.5. Знімний ударний хвостовик;

фіг.6. З'єднання датчика з колоною труб;

фіг.7. Пристосування для видалення колони труб із ґрунту за допомогою рейкового домкрата;

фіг.8. Заготівлення ґрунту і датчиків для тарування;

фіг.9. Залежність електричної ємності С датчика від вологості піску дрібнозернистого W.

фіг.10. Залежність електричного опору R датчика від вологості піску дрібнозернистого W в інтервалі вологості 0÷4%;

фіг.11. Залежність електричного опору R датчика від вологості піску дрібнозернистого W в інтервалі вологості 4÷7 %;

фіг.12. Залежність електричного опору R датчика від вологості піску дрібнозернистого W в інтервалі вологості 7÷25 %;

фіг.13. Схема встановлення капілярних датчиків у насип: 1 - можливі поверхні зсуву укосу насипу; 2 - місця встановлення датчиків;

фіг.14. Опори контактної мережі, що нахилилися за рахунок сповзання ґрунту на відкосі насипу;

фіг.15. Забивання колони труб з датчиком;

фіг.16. Видалення колони труб рейковим домкратом;

фіг.17. Вимірювання електричного опору датчика;

фіг.18. Моніторинг вологісного стану ґрунту основи прибудови, яка піддається нерівномірному осіданню;

фіг.19. Зміна у часі електричного опору датчика R, вимірюваного на постійному і перемінному струмі у літньо-осінній період;

фіг.20. Зміна у часі вологості ґрунту у літньо-осінній період.

Спосіб здійснюється наступним чином.

Для вимірювання вологості ґрунту використовують коаксіальний датчик (фіг.1), зовнішній електрод якого 1 виготовлений із труби Ду20 мм із неіржавіючої сталі (фіг.2), внутрішній 2 - із стержня  $\varnothing 10$  із неіржавіючої сталі. У зовнішньому електроді виготовлена перфорація  $\varnothing 3$  мм. Зазор між електродами заповнюється спеціальною капілярною засипкою 3. Товщина зазору і електрична ізоляція між електродами забезпечується полімерними вкладишами 4. Для забезпечення занурення в ґрунт до датчика приєднується сталевий наконечник 5 (фіг.2). До верхньої частини зовнішнього і внутрішнього електродів приєднують мідний електричний провід 2x0,75 мм, який виводять на денну поверхню і застосовують для підключення апаратури (фіг.3).

Електроди датчика виконують з нержавіючої сталі, зовнішній електрод виконують у вигляді перфорованого циліндра, а внутрішній - суцільного

стержня, зазор між електродами заповнюють спеціальною сухою капілярною подрібненою засипкою з силікатного чи алюмосилікатного матеріалу, датчик має загострений наконечник та знімний ударний хвостовик, його оснащують набором труб-секцій з муфтами, в муфтах і трубах просвердлюють отвори для шплінтування, датчик занурюють у ґрунт на задану глибину забиванням чи вдавленням, нарощуючи його за допомогою труб-секцій і ведуть вимірювання його електричного опору, перед вимірюванням заздалегідь вимірюють і отримують тарувальний графік електричного опору або ємності цього датчика від вологості оточуючого його піщаного ґрунту, або ґрунту, що виймають з місця вимірювань, для чого вологість ґрунту змінюють шляхом додавання в нього порцій води певної кількості, величину вологості досліджуваного ґрунту, що підлягає моніторингу, визначають за допомогою тарувального графіка по величині поточного опору цього ґрунту, а його вологісний стан - по відношенню поточного опору  $R_x$  до опору у точці перегину  $R_0$  на тарувальному графіку, при цьому, якщо  $R_x$  перевищує  $R_0$  ( $R_x > R_0$ ), ґрунт вважають структурованим, якщо менше ( $R_x < R_0$ ) - текучим і зсувонебезпечним, ступінь структурованості ґрунту і його міцності визначають по величині відношення  $R_x / R_0$  - чим воно більше, тим більше структурований і міцний ґрунт.

З урахуванням викладеного, виготовлення електродів датчика з нержавіючої сталі забезпечує підвищення точності вимірювань за рахунок виключення корозійних процесів на електродах.

Виконання зовнішнього електрода у вигляді перфорованого циліндра, а внутрішнього - суцільного стержня забезпечує використання подрібненої засипки і її контакт з ґрунтом і клемми вимірювального прибору.

Заповнення зазору між електродами спеціальною сухою капілярною подрібненою засипкою з силікатного чи алюмосилікатного матеріалу забезпечує поглинання вологи з ґрунту засипкою і незалежність опору засипки від концентрації і хімічного складу солей ґрунту.

Наявність у датчику загостреного наконечника і знімного ударного хвостовика забезпечує заглиблення датчика простим способом - забиванням чи вдавленням.

Оснащення датчика набором труб-секцій з муфтами з просвердлюванням у них і трубах отворів для шплінтування забезпечує занурювання датчика у ґрунт на задану глибину.

Вимірювання і отримання заздалегідь тарувального графіка залежності електричного опору або ємності датчика від вологості оточуючого його піщаного ґрунту, або ґрунту, що виймають з місця вимірювань, дозволяє отримати за даними електричного опору вологість ґрунту і підвищити точність визначення вологості досліджуваного ґрунту.

Змінення вологості ґрунту шляхом додавання в нього порцій води певної кількості дає можливість оцінювати вологісний стан досліджуваного

ґрунту.

Порівняння поточного опору  $R_x$  з опором  $R_0$  у точці перегину на тарувальному графіку, а також величина відношення  $R_x/R_0$  дозволяє визначати структурованість, текучість, міцність і зсувонебезпечність ґрунту на схилах.

Приклад 1.

Заповнюють зазор між електродами датчика капілярною засипкою з відсіяної фракції 0,315÷2,5 мм подрібненої цегли керамічної ДСТУ Б В.2.7-61-97 марки 75÷100. Така засипка має значні сили капілярного втягування води.

Датчики занурюють забиванням за допомогою труб-подовжувачів Ду20 довжиною 1 м кожна (фіг.4). При цьому датчик і труби-подовжувачі з'єднують між собою різьбовими муфтами і шплінтами (фіг.4÷6). При забиванні датчик нарощують трубами-подовжувачами, на кінцеву трубу встановлюють ударний хвостовик (фіг.5). Забивання здійснюють молотом вагою до 15 кг (фіг.15). Для видалення колони труб з датчиком (фіг.16) використовують пристосування, наведене на фіг.7, а також рейковий домкрат. Утворену свердловину зашпаровують ґрунтом для попередження потрапляння в нього атмосферних опадів, провід, який виходить на поверхню, також захищають від атмосферних опадів і приймають заходи з його схоронності. Для постійного моніторингу вологісного стану ґрунтів вимірювання (фіг.17) проводять декілька разів на місяць (або здійснюють безперервний запис) у точках, в яких вважають можливим виникнення деформацій і пошкоджень внаслідок перезволоження ґрунтів (фіг.13).

Для вимірювання електричного опору (і електричної ємності) застосовують цифровий мультиметр DT9208A (фіг.3). Перед установкою датчиків на об'єкті виконують їх тарування. Для цього із різних в плані і по висоті місць досліджуваної ділянки ґрунту відбирають п'ять проб ґрунту масою близько 1 кг кожен. Проби висушують, подрібнюють, змішують до однорідності, висипають в ємність об'ємом не менше 1 л і висотою не менше 160 мм, ущільнюють, зважують і занурюють у нього датчик (фіг.8). Електричний опір вимірюють спочатку при сухому ґрунті, потім при вологому, збільшуючи вологість ступенями по 5% до 20% (повне насичення піску водою). Збільшення вологості здійснюють шляхом зрошення поверхні ґрунту потрібною кількістю води, одержаною розрахунком, виходячи із маси ґрунту в ємності. При цьому після зрошення поверхню ґрунту накривають поліетиленовою плівкою і витримують до наступного вимірювання не менше 1 години. Вимірювання проводять декілька разів з інтервалом в 1 годину до стабілізації результату.

Результати вимірювань заносять в таблицю (таблиця 1) і за ними будують графік залежності електричного опору і електричної ємності від вологості (фіг.9÷12).

Таблиця 1

Залежність електричного опору R, кОм, і електричної ємності C, пФ, капілярного датчика, від вологості ґрунту W, %

Вид ґрунту	W, %	R, кОм	C, пФ
Пісок дрібнозернистий	0	839	82,1
	5	18,1	82,2
	10	0,17	87,4
	15	0,16	102,8
	20	0,10	104,4

Датчики встановлюють в місці, де виникли пошкодження, зокрема сповзання ґрунту на відкосі насипу, яке привело до нахилу опор контактної мережі (ділянка залізничної колії на 19 км, біля ст. Коротич Південної залізниці, фіг.14). Приклад схеми розташування датчиків в плані та на глибині наведено на фіг.13. За величинами електричного опору (ємності) за допомогою тарувальних залеж-

ностей (фіг.9÷12) визначають вологість ґрунту в кожній контрольованій точці.

Одержані величини вологості зіставляють з небезпечними величинами, які відповідають переходу ґрунтів у текучий стан (таблиця 2). Збільшення вологості ґрунту і її наближення до небезпечних величин, вказаних в таблиці 2 свідчить про можливість виникнення і розвитку деформацій і пошкоджень об'єкта земляного полотна.

Таблиця 2

Величини вологості ґрунтів W, що орієнтовно відповідають їх переходу у текучий стан

№ п/п	Вид ґрунту	Вологість W, %
1	Глина	40÷50
2	Суглинок	30÷40
3	Супісок	20÷30
4	Пісок	23÷36

Приклад 2.

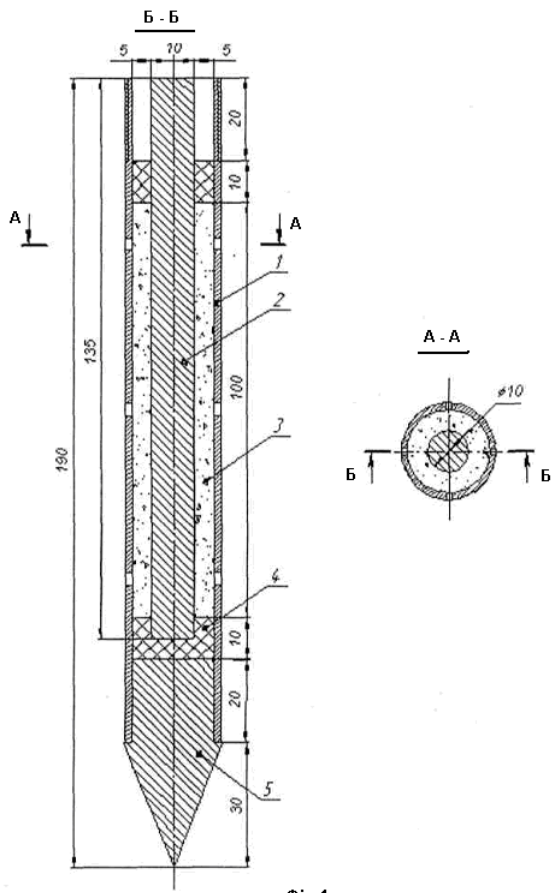
Проводять натурні дослідження капілярного датчика вологості на основі прибудови, яка піддається нерівномірному осіданню (фіг.18). Шляхом апроксимації експериментальних даних під час тарування (фіг.9÷12) методом найменших квадратів було одержано рівняння для визначення вологості за значеннями електричного опору R, виміряному на постійному струмі:

$$W=10,183R^{(-0,266)}$$

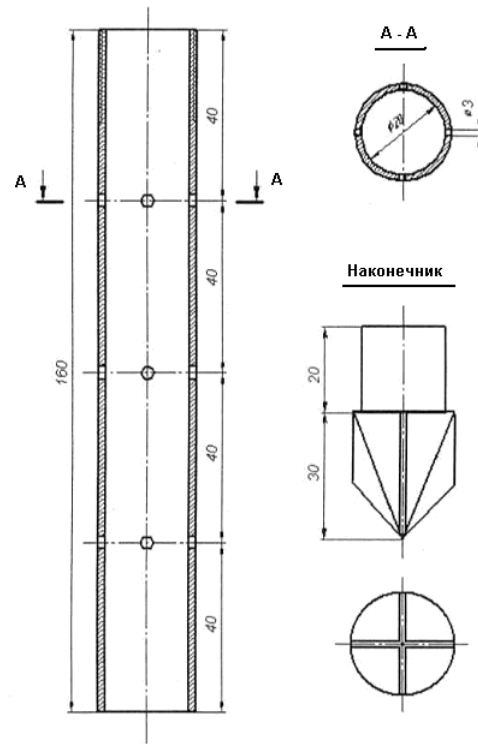
Результати досліджень у вигляді значень електричного опору датчика, виміряних на постійному і перемінному струмі, і величин вологості ґрунту W, розрахованих за формулою, наведені на графіках фіг.19÷20. Серед результатів вимірювань зве-

ртає на себе увагу різке падіння електричного опору і, відповідно, підвищення вологості ґрунту 28.08.09, яке відбулось після прориву підземного трубопроводу теплової мережі при її випробуванні 26÷27.08.09. Отже, досліджений датчик об'єктивно відбиває дані про зміну вологості ґрунту.

При використанні способу вимірювання вологості ґрунтів, який заявляється, було досягнуто технічний результат, який полягає у постійному моніторингу вологісного стану ґрунтів на косогорах з метою запобігання зсувам, при цьому вимірювальні показники вологості не залежать від фракційного, сольового складу ґрунту і т.п.



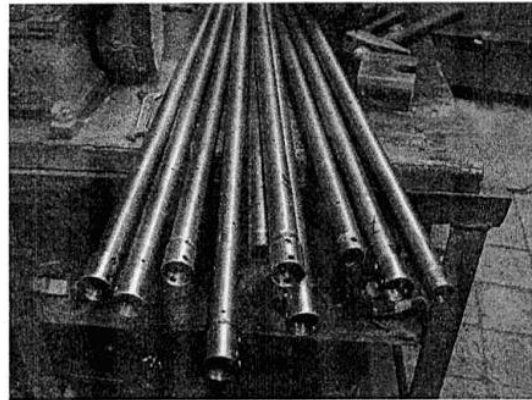
Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3

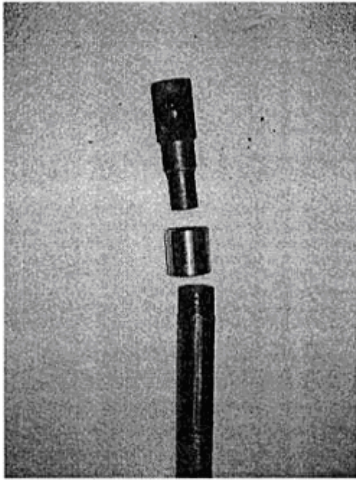


Фиг. 4

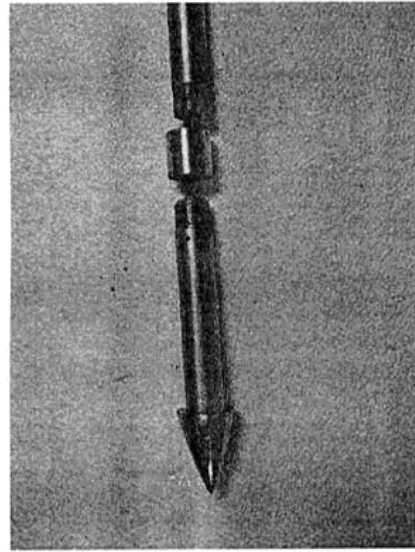
13

94875

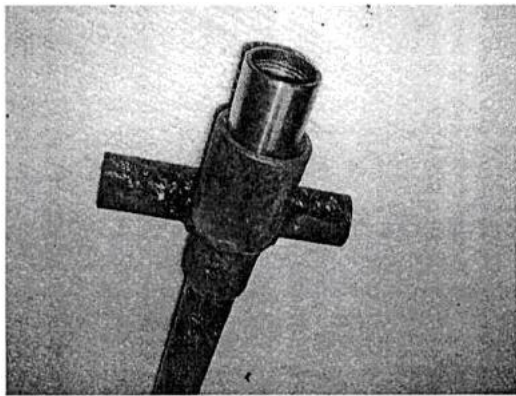
14



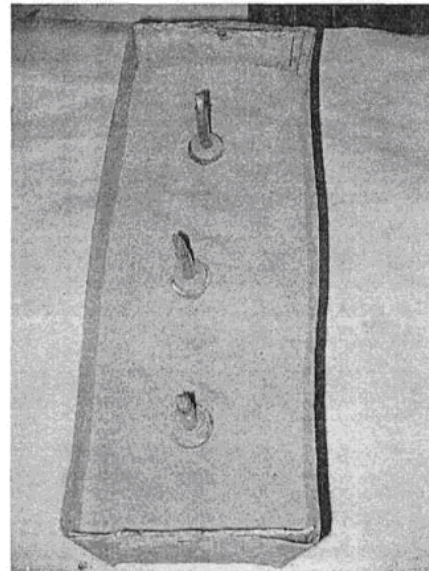
Фиг. 5



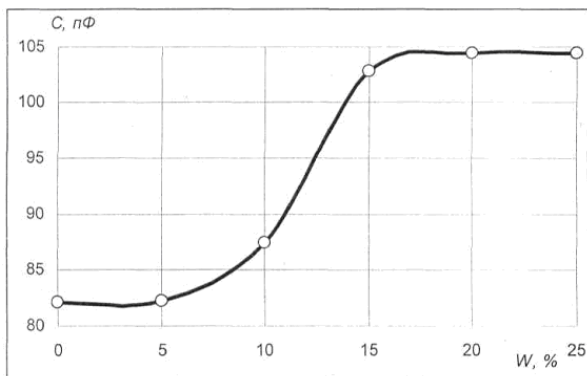
Фиг. 6



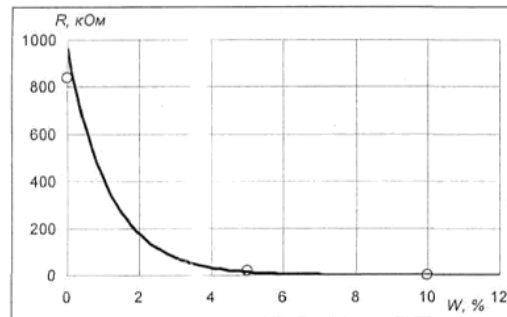
Фиг. 7



Фиг. 8

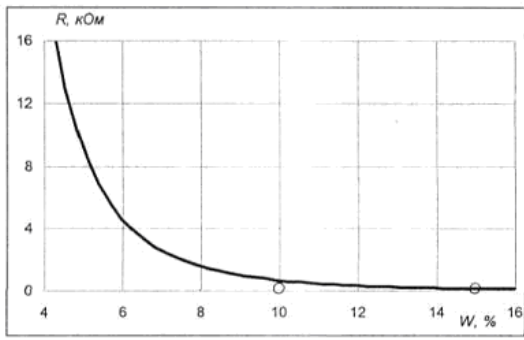


Фиг. 9



Фиг. 10

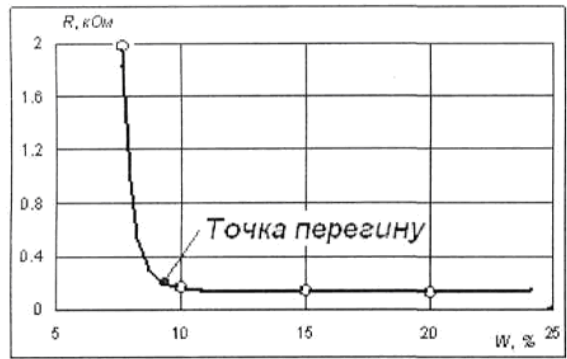
15



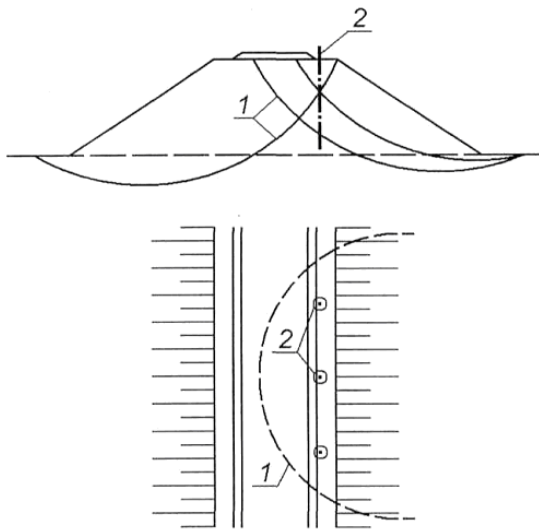
Фиг. 11

94875

16



Фиг. 12



Фиг. 13



Фиг. 14



Фиг. 15

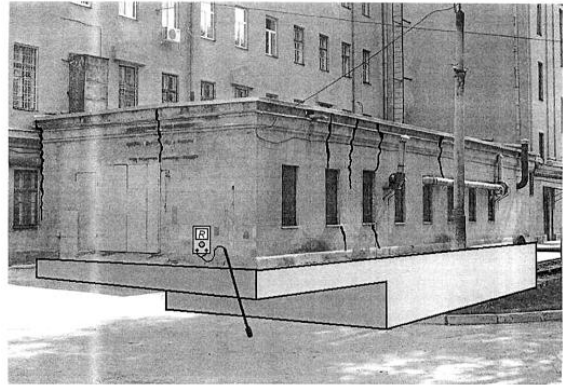


Фиг. 16

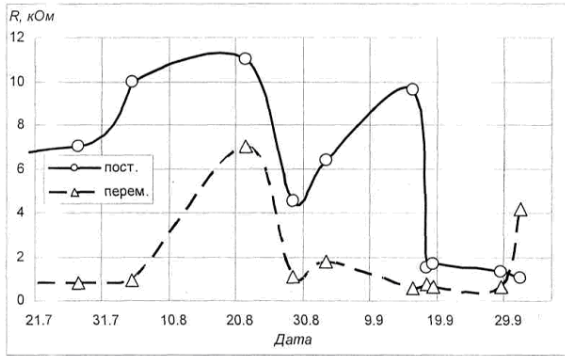




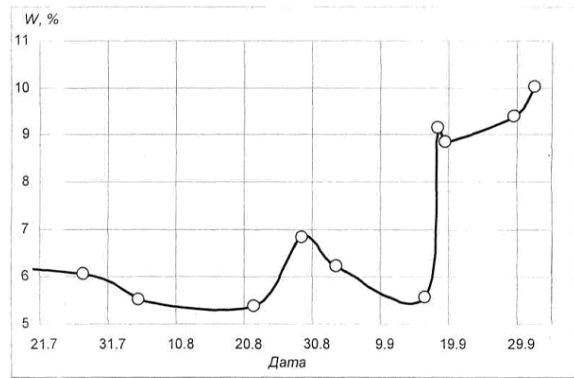
Фіг. 17



Фіг. 18



Фіг. 19



Фіг. 20