

УДК 626.8:628.1

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2024.1.25>

## ПРИСТРІЙ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОЇ РОБОТИ ВОДОЗАБІРНИХ СВЕРДЛОВИН

**Ладичук Д. О.** – кандидат сільськогосподарських наук,  
доцент кафедри гідротехнічного будівництва, водної та електричної інженерії  
Херсонського державного аграрно-економічного університету  
ORCID ID: 0000-0002-5729-2521  
Web of Science ID: AAW-5668-2021

**Ладичук В. Д.** – магістр з гідротехнічного будівництва, водної інженерії  
та водних технологій  
ORCID ID: 0009-0004-9233-7360

В роботі наведені результати досліджень щодо можливості вирішення комплексної проблеми підтримання ефективної та стабільної роботи систем забору підземних вод та вертикальних дренажних свердловин, яка полягає в забрудненні фільтрів та прифільтрової зони продуктами колюматції, що призводить до падіння дебіту і виходу свердловини з ладу.

Проаналізовані відомі у практиці водопостачання і захисту територій вертикальним дренажем результати досліджень, що спрямовані на вирішення задачі розколюматції фільтрів водозабірних свердловин для відновлення дебіту та збільшення міжремонтного періоду. Доведено, що найбільш економічним і ефективним рішенням заявленої проблеми є не постійне нарощування обсягів бурових робіт, а масове впровадження в повсякденну практику ефективної технології відновлення працездатності старих свердловин.

В цьому може допомогти розробка комплексного механічного пристрою, який дозволить знизити ступінь прояву процесу колюматції фільтрів водозабірних свердловин безпосередньо в тілі обсадної колони, за допомогою створення вакуумного середовища без залучення вакуумних насосів. При цьому занурювальний насос буде виконувати роль вакуумного насоса.

Для реалізації такої ідеї було виконане теоретичне обґрунтування технічних рішень, в якому розглядаються два завдання: 1) створити повну герметизацію свердловини; 2) розробити конструкцію, коли занурювальний насос буде виконувати одночасно функції водопідйому та вакуумного насоса.

В результаті досліджень розроблений пристрій, який відноситься до гідротехніки і може бути використаний у водопостачанні, гідромеліорації при заборі підземних вод і отримав назву пристрій для захисту занурювального насоса від сухого ходу.

Використання пристрою для захисту занурювального насоса від сухого ходу дозволяє знизити витрати на регенерацію низькодебітних свердловин, за рахунок відсутності демонтажу конструктивних частин свердловини, обладнання і устаткування, які встановлені в ній, що дозволяє значно скоротити експлуатаційні витрати.

**Ключові слова:** водозабір, свердловина, занурювальний насос, рівень води, герметизація, капілярна трубка.

### **Ladychuk D. O., Ladychuk V. D. Device for ensuring reliable work water abstract wells**

The paper presents the results of research on the possibility of solving the complex problem of maintaining the effective and stable operation of underground water intake systems and vertical drainage wells, which consists in the contamination of filters and the near-filter zone with clogging products, which leads to a drop in flow rate and the failure of the well. The results of studies known in the practice of water supply and protection of territories with vertical drainage, aimed at solving the problem of unclogging filters of water intake wells to restore flow and increase the inter-repair period, were analyzed. It has been proven that the most economical and effective solution to the stated problem is not the constant increase in the volume of drilling operations, but the mass introduction into everyday practice of the effective technology of restoring the efficiency of old wells. This can be helped by the development of a complex

*mechanical device that will reduce the degree of manifestation of the process of clogging of filters of water intake wells directly in the body of the casing, by creating a vacuum environment without the involvement of vacuum pumps. In this case, the submersible pump will act as a vacuum pump. To implement such an idea, a theoretical justification of technical solutions was carried out, in which two tasks are considered: 1) to create complete sealing of the well; 2) develop a design where the submersible pump will simultaneously perform the functions of a water lift and a vacuum pump. As a result of the research, a device was developed that refers to hydraulic engineering and can be used in water supply, hydromelioration during groundwater extraction and was named a device for protecting a submersible pump from dry running. The use of a device to protect the submersible pump from dry running allows to reduce the cost of regeneration of low-flow wells, due to the absence of dismantling the structural parts of the well, the equipment and equipment installed in it, which allows you to significantly reduce operating costs.*

**Key words:** intake, well, submersible pump, water level, sealing, capillary tube.

**Вступ.** Використання підземних вод для водопостачання і захисту територій вертикальним дренажем стає все більш інтенсивним, але час стабільної роботи водозабірних свердловин із проектним дебітом становить у більшості своїй від півтора до двох з половиною років [1]. Далі відбувається забруднення фільтрів та прифільтрової зони продуктами кольматації, що призводить до падіння дебіту і виходу свердловини з ладу. На території нашої країни на сьогодні є в наявності велика кількість водозабірних свердловин різного призначення. Але приблизно п'ята частина їх не працює, а більше половини функціонує з недостатнім дебітом, і це не відповідає потенційно можливим параметрам їх роботи.

Підтримання ефективної та стабільної роботи систем забору підземних вод та вертикальних дренажних свердловин є комплексною проблемою. Вона охоплює ряд проблемних питань, таких як: вибір найбільш ефективного методу регенерації, визначення раціонального міжремонтного періоду з урахуванням особливостей гідрогеологічної будови пласта, конструкції свердловини та умови її експлуатації. Тому проблема збільшення водовідбору і збереження надійної та ефективної продуктивності свердловин під час багаторічної експлуатації їх залишається на сьогодні не вирішеною або вирішується нераціонально.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Основна причина зниження ефективної роботи пробурених водозабірних свердловин це закупорювання водоприймальної частини осадами різного походження [2]. Такі осади (дрібні: колоїдні, глинисті і пилюваті частинки та мікроорганізми) закупорюють фільтруючі отвори каркаса, сітчасту або дротяну обмотку, поровий простір фільтрового обсіпання і водовмісних порід в прифільтровій зоні. Із-за цього зростає гідравлічний опір на вході у фільтр, погіршується водопропускна здатність фільтра і прифільтрової зони, зменшується водопритока в свердловину.

Серед причин зниження дебітів при роботі водозабірних свердловин можна виділити: хімічне заростання (кольматаж); механічну кольматацію обсіпання; багаторічну перерву в експлуатації свердловини; інтенсивний відбір води з малопотужного пласта [3]. В перших трьох випадках застосовуються різні методи розглінізації свердловин. У четвертому випадку необхідно бурити кожні 5-8 років нову свердловину на глибші пласти.

Кольматаж на території південного сходу України виникає тому, що підземні води мають високий (у межах 0,41–3,34 мг/дм<sup>3</sup>) вміст гідрокарбонату заліза  $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$ , що при контакті з киснем повітря призводить до протікання хімічних реакцій з утворенням нерозчинного осаду з гідроксиду заліза  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ , який колює фільтри свердловин, перешкоджаючи надходженню води для її відкачування [4; 5].

Треба зауважити, що у більшості випадків, при появі безводних або малодебітних свердловин водокористувачі вдаються до буріння нових, що пов'язано з не виправдано великими додатковими матеріальними витратами і втратами часу. І таким способом не завжди можна створити високодебітні свердловини, які стабільно працюють протягом тривалого терміну. При цьому часто, через недосконалість виконання бурових робіт, приходиться знов перебудувати свердловини, що веде до низки екологічних проблем: забруднення вскритих горизонтів води, знищення ґрунтового покриву на достатньо значних територіях.

Багато авторів пристроїв та способів [6; 7; 8; 9], що спрямовані на вирішення завдань розколювання фільтрів водозабірних свердловин пропонують тільки один із можливих методів, серед яких: фізичні методи (вибух детонуючого шнура, пневмовибух, електрогідравлічний удар, імпульсний, ультразвуковий, вібраційний), хімічні (моно- та поліреагентні) та комбіновані [6]. Але існуючі методи регенерації свердловин не дозволяють одночасно створити у прифільтровій зоні хімічне, теплове та гідродинамічне збурення, що забезпечить високу ступінь відновлення дебіту та збільшення міжремонтного періоду [10]. Крім цього, такі методи регенерації низькодебітних свердловин спричиняють короткочасне (до 4-х міс.) підвищення дебіту на 20–40%, після чого дебіт свердловин знову знижується. Одним з варіантів покращення роботи свердловин В.Д. Крученко [11] запропонував створення альтернативних конструкцій фільтрів із більшими діаметрами отворів у поєднанні з подвійною засипкою дренажних свердловин – гравійною та піщано-гравійною. Проте для облаштування таких свердловин необхідно майже вдвічі більше капітальних витрат, ніж для звичайних.

Найбільш економічне і ефективне рішення заявленої проблеми полягає не в постійному нарощуванні обсягів бурових робіт, а в масовому впровадженні в повсякденну практику ефективної технології відновлення працездатності старих свердловин.

**Постановка проблеми.** Відомо, що створення розрідженого середовища (вакуума) у самій свердловині може збільшити водопритоку в прифільтровій зоні [12]. Видалення повітря із обсадної колони свердловини, тобто відкачка здійснюється вакуумними насосами, які приєднуються за допомогою трубопроводів до свердловини і разом з іншим необхідним устаткуванням складають вакуумну систему [13]. Але це суттєво збільшує вартість роботи свердловини при водозаборі. Крім цього, при застосуванні багатьох методів та способів регенерації свердловин обов'язковою умовою є демонтаж конструктивних частин свердловини, обладнання і устаткування, які встановлені в ній. Це передбачає збільшення матеріальних витрат та часу на регенерацію свердловини, не завжди з позитивним результатом.

Тому виникає питання розробки комплексного механічного пристрою, який дозволить знизити ступінь прояву процесу колювання фільтрів водозабірних свердловин безпосередньо в тілі обсадної колони, за допомогою створення вакуумного середовища без залучення вакуумних насосів. При цьому занурювальний насос буде виконувати роль вакуумного насоса.

**Мета дослідження.** Розробка пристрою, що забезпечує надійну роботу водозабірних свердловин для збереження їх високої продуктивності в процесі багаторічної експлуатації в умовах півдня України.

**Виклад основного матеріалу.** Для реалізації ідеї розглядаються два завдання: 1) створити повну герметизацію свердловини; 2) розробити конструкцію, коли занурювальний насос буде виконувати одночасно функції водопідйому та вакуумного насоса.

На виконання таких задач розроблений пристрій, який відноситься до гідротехніки і може бути використаний у водопостачанні, гідромеліорації при заборі підземних вод.

На рисунку 1 зображена принципова схема запропонованого пристрою, який отримав назву пристрою для захисту занурювального насоса від сухого ходу.

Сутність винаходу: занурювальний насос 1 укріплений на водопідіймній трубі 2, яка розміщена в обсадній колоні 3 нижче статичного рівня ґрунтових вод. У гирлі свердловини обсадна колона 3 закрита герметичною кришкою 4, через яку проходить труба 2. На корпусі укріплена капілярна трубка 5, що з'єднує всмоктувальну порожнину робочого колеса 6 першого ступеня занурювального насоса 1 із замкнутим об'ємом обсадної колони 3 на рівні не нижче мінімально допустимого рівня ґрунтових вод. При роботі занурювального насоса 1 і зниженні рівня ґрунтових вод до верхньої частини капілярної трубки 5 повітря починає відкачуватись занурювальним насосом 1 і рівень води в обсадній колоні 3 підвищується.

Пристрій складається: із занурювального насоса 1, що закріплений на водопідіймній трубі 2, яка розміщена в обсадній колоні 3 нижче статичного рівня ґрунтових вод ( $\nabla^{PB}$ ). У гирлі свердловини обсадна колона 3 закрита герметичною кришкою 4, через яку проходить водопідіймна труба 2. На корпусі насоса 1 закріплена капілярна трубка 5, що з'єднує всмоктувальну порожнину робочого колеса 6 першого ступеня насоса 1 із замкнутим об'ємом обсадної колони 3 на рівні не нижче мінімально допустимого.

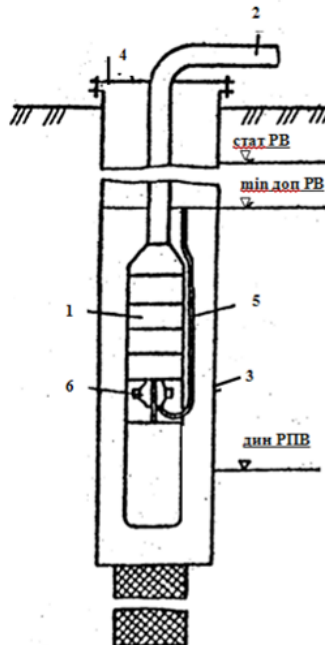


Рис. 1. Принципова схема пристрою для захисту занурювального насоса від сухого ходу

(стат РВ – статичний рівень води; мін доп РВ – мінімально допустимий рівень води; дин РПВ – динамічний рівень підземних вод, цифрові позначення наведені у тексті)

Пристрій працює наступним чином. При включенні насосу 1 рівень води в обсадній колоні 3 свердловини знижується, що супроводжується розширенням повітря в замкнутому просторі і зниженням тиску на вільній поверхні води нижче атмосферного. За межами свердловини рівень ґрунтових вод також знижується, але тиск на поверхні дорівнює атмосферному, внаслідок чого рівень води в свердловині вище рівня ґрунтових вод ( $\nabla^{\text{статPB}}$ ). При досягненні рівня води в свердловині верхньої частини капілярної трубки 5 повітря із замкнутої порожнини починає відкачуватись занурювальним насосом 1, так як вакуум на вході в робоче колесо 6 першого ступеня насоса 1 більше, ніж вакуум на водозабірній частині насоса 1, і разом з водою перекачується по водопідйомній трубі 2, що призводить до подальшого зниження тиску повітря в свердловині і відновленню, т. е. підвищенню рівня води в ній. Підвищення рівня води в свердловині завжди вище вихідного отвору робочого колеса першого ступеня насоса 1 на величину, що дорівнює сумі втрати напору потоку води на вхідній частині насоса 1 до вхідного перетину робочого колеса 6 першого ступеня насоса 1 і швидкісного напору в цьому перерізі. При цьому капілярна трубка 5 у верхній частині з'єднується з повітряною порожниною в обсадній колоні 3, що призводить до відкачування насосом 1 повітря, збільшення вакууму в ній і відновленню рівня води, попереджаючи подальше зниження рівня води в свердловині при кольматації її фільтра.

**Висновки і пропозиції.** Основна причина зниження ефективної роботи пробурених водозабірних свердловин в процесі багаторічної експлуатації – закупорювання водоприймальної частини осадами різного походження (кольматація). Різні способи та пристрої регенерації низькодебітних свердловин спричиняють короткочасне підвищення дебіту на 20–40%, після чого дебіт свердловин знову знижується, при цьому спостерігається збільшення матеріальних витрат та часу на процес їх регенерації.

Використання пристрою для захисту занурювального насосу від сухого ходу дозволяє знизити витрати на регенерацію низькодебітних свердловин, за рахунок відсутності демонтажу конструктивних частин свердловини, обладнання і устаткування, які встановлені в ній, що дозволяє значно скоротити експлуатаційні витрати.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Бортняк О.М., Школьнік М.П., Долішний Б.В., Кулик М.П. Регенерація водозабірних свердловин вибухом газоповітряних сумішей. *Проблеми екологічної безпеки* : матеріали XV Міжнар. наук.-техн. конф., Кременчук, 2017. С. 131–132.
2. Збільшення продуктивності свердловин для води. URL: <https://jak.bono.odessa.ua/articles/zbilshennja-produktivnosti-sverdlovin-dlja-vodi.php>
3. Які причини зниження продуктивності свердловин? URL: <https://burvod.ua/uk/pytannja-vidpovid.html>
4. Хоружий П.Д., Левицька В.Д. Шляхи покращення роботи комплексу захисних споруд Кам'янського Поду. *Меліорація і водне господарство*, 2016. Вип. 104. С. 119-125.
5. Левицька В.Д. Покращення технології забору дренажних вод, які фільтруються з водосховищ, та їх використання. *Вісник аграрної науки*, 2021, №9 (822). С. 64–68.
6. Патент на корисну модель 71337, Україна, МПК E21B 37/08 Спосіб відновлення дебіту свердловин на воду ультразвуком / Погуляев П.М., Кужель Е.В., Мудрик С.М., Божидарник В.В., Крижанівський Є.І. № u201115561. Опубл. 10.07.2012, Бюл. № 13.
7. Патент на корисну модель 61918, Україна, МПК E21B 43/00 Пристрій для підвищення дебіту закольматованих нафтових, газоконденсатних і водних сверд-

ловин / Набоков О.Л., Шевченко Є.А., Ікономопуло В.П., Бачеріков О.В., Кукшин В.Д. № u201010594. Оpubл. 10.08.2011, Бюл. № 15.

8. Патент на корисну модель 52185, Україна, МПК E21B 37/08. Спосіб ультразвукового очищення фільтрів водяних свердловин / Набоков О.Л. № u201005397. Оpubл. 10.08.2010, Бюл. № 15.

9. Патент на корисну модель 33329, Україна, МПК E03B3/15. Спосіб очистки фільтрів водозабірних свердловин / Прокопчук І.Т. № 99020768. Оpubл. 15.02.2001, Бюл. № 1.

10. Школьний М.П., Бортняк О.М., Стеліга І.І., Лялюк-Вітер Г.Д., Шиманський В.Я. Підвищення ефективності експлуатації водозабірних свердловин виробничих об'єктів нафтогазового комплексу. *Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ*, 2019. № 4(73). С. 16–23.

11. Крученко В.Д. Удосконалення конструкцій гравійних фільтрів для дренажних свердловин. *Гідромеліорація та гідротехнічне будівництво*. Зб.наукових праць, вип. 29. Рівне, 2005. С. 22–31.

12. Ладичук Д.О. Булигін О.І. Еколого-меліоративний режим степових зрошуваних ландшафтів зі складними гідрогеологічними умовами (на прикладі Краснознам'янського масиву). Монографія. Херсон : Айлант, 2011. 291 с.

13. Митропольський І.Є., Грицак Р.В. Вакуумна техніка: Навчальний посібник. Ужгород : Видавництво УжНУ «Говерла», 2018. 138 с.

#### REFERENCES:

1. Bortnyak O.M., Shkil'nyy M.P., Dolishniy B.V., Kulyk M.P. (2017) Reheneratsiya vodozabirnykh skvazhyn vybukhom hazopovitryanykh sumishey. [Regeneration of water intake bores by vibrating gas mixtures] *Problemy ekolohichnoyi bezpeky: materialy XV Mizhnar. nauk.-tekhn. konf., Kremenchuk*. S. 131–132. [in Ukrainian].

2. Zbil'shennya produktyvnosti skvazhyn dlya vody. [Increased productivity of water drills]. URL: <https://jak.bono.odessa.ua/articles/zbilshennja-produktivnosti-sverdlovin-dlja-vodi.php>. [in Ukrainian].

3. Yaki prychnyny znyzhennya produktyvnosti skvazhyn? [What are the reasons for the decrease in the productivity of wells?]. URL: <https://burvod.ua/uk/pytannja-vidpovid.html>. [in Ukrainian].

4. Khoruzhiy P.D., Levyts'ka V.D. (2016) Shlyakhy pokrashchennya roboty kompleksu zakhysnykh sporud Kam'yans'koho Podu. [Ways to improve the operation of the complex of protective structures of Kamiansky Pod]. *Melioratsiya ta vodne hospodarstvo*, 2016. Vyp. 104. S. 119–125. [in Ukrainian].

5. Levyts'ka V.D. (2021) Pokrashchennya tekhnolohiyi zaboru drenazhnykh vod, yaki fil'truyut'sya z vodokhranylyshch, ta yikh vykorystannya. [Improving the technology of taking drainage water that is filtered from reservoirs and its use]. *Visnyk ahrarnoyi nauky*, №9 (822). S. 64–68. [in Ukrainian].

6. Patent na korysnu model' 71337, Ukrayina, MPK E21B 37/08 Sposib vidnovlennya debitu sverdlovyna na vodu ul'trazvukom [The method of restoring the flow rate of water wells using ultrasound] / Pohulyayev P.M., Kuzhel' YE.V., Mudryk S.M., Bozhydarnyk V.V., Kryzhanivs'kyu YE. I. № u201115561. Оpubl. 10.07.2012, Byul. № 13. [in Ukrainian].

7. Patent na korysnu model' 61918, Ukrayina, MPK E21B 43/00 Prystriy dlya pidvyshchennya debitu zakol'matovanykh naftovykh, hazokondensatnykh i vodnykh sverdlovyh [Device for increasing the flow rate of clogged oil, gas condensate and water wells] / Nabokov O.L., Shevchenko YE.A., Ikonopulo V.P., Bacherikov O.V., Kukshyn V.D. № u201010594. Оpubl. 10.08.2011, Byul. № 15. [in Ukrainian].

8. Patent na korysnu model' 52185, Ukrayina, MPK E21B 37/08. Sposib ul'trazvukovoho ochyshchennya fil'triv vodyanykh sverdlovyh [The method of ultrasonic cleaning of water well filters] / Nabokov O.L. № u201005397. Оpubl. 10.08.2010, Byul. № 15. [in Ukrainian].

9. Patent na korysnu model' 33329, Ukrayina, MPK E03B3/15. Sposib ochyshchennya fil'triv vodozabirnykh sverdlovyh [The method of cleaning filters of water intake wells] / Prokopchuk I.T. № 99020768. Opubl. 15.02.2001, Byul. № 1. [in Ukrainian].

10. Shkol'nyy M.P., Bortnyak O.M., Steliha I.I., Lyalyuk-Viter H.D., Shymans'kyy V. YA. (2019) Pidvyshchennya efektyvnosti ekspluatatsiyi vodozabirnykh sverdlovyh vyrobnychykh ob'yektiv naftohazovoho kompleksu. [Increasing the efficiency of operation of water intake wells of production facilities of the oil and gas complex] *Rozvidka ta rozrobka naftovykh i hazovykh rodovyshch*, № 4(73). S. 16–23. [in Ukrainian].

11. Kruchenyuk V.D. (2005) Udoskonalennya konstruktsiyi hraviynykh fil'triv dlya drenaznykh sverdlovyh. [Improvement of designs of gravel filters for drainage wells] *Hidromelioratsiya ta hidrotekhnichne budivnytstvo*. Zb.naukovykh prats', vyp. 29. S. 22–31. [in Ukrainian].

12. Ladychuk D.O. Bulyhin O.I. (2011) Ekoloho-melioratyvnyy rezhym stepovykh zroshuvanykh landshaftiv zi skladnymy hidroheolohichnymy umovamy (na prykladi Krasnoznam'yans'koho masyvu). [Ecological and amelioration mode of steppe irrigated landscapes with complex hydrogeological conditions (on the example of the Krasnoznamyan massif)]. Monohrafiya. Kherson. 291 s. [in Ukrainian].

13. Mytropol's'kyy I.YE., Hrytsak R.V. (2018) Vakuumna tekhnika [Vacuum technology]: Navchal'nyy posibnyk. Uzhhorod. 138 s. [in Ukrainian].