

УДК 628.112.2

**В. И. ЛЕСНОЙ, В. И. ЗЯТИНА, В. С. СЮЗЯЕВА, А. В. ОВЧАРЕНКО**  
ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

## **УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЗАТРУБНОЙ ОБРАБОТКИ ПРИФИЛЬТРОВОЙ ЗОНЫ СКВАЖИН ПНЕВМОИМПУЛЬСНЫМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ**

**Аннотация.** При эксплуатации водозаборных скважин их производительность может значительно снижаться из-за колюматации фильтра и прифильтровой зоны. Поэтому сохранение высокой производительности скважин остается актуальной задачей. В настоящее время существует много востребованных технологий восстановления дебита водозаборных скважин. В статье рассмотрены вопросы применения пневмоимпульсного способа восстановления дебита водозаборных скважин совместно с методом затрубной системы регенерации. Благодаря чему можно продлить срок службы фильтров водозаборных скважин.

**Ключевые слова:** водозаборная скважина, пневмовзрыв, система затрубной промывки, фильтр скважины, прифильтровая зона, эрлифтный пульпопровод.

### **ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ**

В основном в подземных водах Донбасса по данным [1, 2] большое содержание железа и солей жесткости. Одной из основных причин выхода из строя водозаборных скважин на Втором Донецком водозаборе является снижение их производительности из-за колюматации фильтра и прифильтровой зоны солевыми отложениями. Строительство скважин, стабильно работающих в течение длительных сроков эксплуатации, достаточно трудоемкий и технически сложный процесс, поэтому сохранение высокой производительности скважин остается актуальной задачей.

### **АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ**

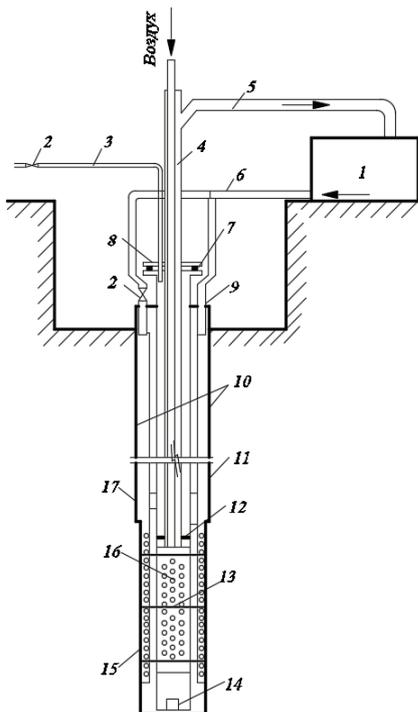
Учеными из Белорусского национального технического университета, под руководством д. т. н., профессора В. В. Ивашечкина, разработан способ трубчатых зафильтровых систем промывки скважин.

Устройство скважины с затрубной системой регенерации немного отличается от типовой конструкции водозаборной скважины [3–6]. А именно, в затрубном пространстве скважины во внешнем контуре гравийной обсыпки необходимо установить несколько полиэтиленовых нагнетательных труб с перфорацией напротив фильтров скважины (рис. 1). Такая промывка фильтра и прифильтровой зоны позволяет вымывать колюматант как из фильтра водозаборной скважины, так и из прифильтровой зоны. Насос, который откачивает жидкость из водозаборной скважины назад в бак, обеспечивает рециркуляцию раствора в прифильтровой зоне.

Сравнительный анализ химического состава воды показал, что вода в Донбассе и Республике Беларусь имеет значительные различия по химическому составу. Колюматант носит различный по составу характер и имеет различия в прочностных характеристиках. При этом проблемы накопления колюматанта схожи и использование затрубной системы регенерации фильтров водозаборной скважины представляется возможным в условиях Донбасса [1, 2].

Исследования В. В. Ивашечкина [6] показали, что, несмотря на хорошие количественные результаты по увеличению удельного дебита модельной скважины после комбинированной обработки, качественные показатели степени очистки каркаса фильтра и водоприёмной поверхности соответственно составили 70...75 %.

© В. И. Лесной, В. И. Зятин, В. С. Сюзяева, А. В. Овчаренко, 2019



**Рисунок 1** – Схема проведения циркуляционной реагентной регенерации водозаборной скважины: 1 – напорный бак; 2 – вентиль; 3 – труба; 4 – эрлифт; 5, 6 – шланги; 7 – уплотнение; 8 – оголовок; 9 – плита; 10 – закачные трубки; 11 – кондуктор; 12 – пакер; 13 – хомут; 14 – муфта; 15 – перфорация; 16 – фильтр; 17 – фильтрующая засыпка.

Это указывает на необходимость проведения импульсной обработки для достижения максимального эффекта очистки [7-10]. В качестве импульсного метода рационально использовать метод пневмоимпульсной обработки скважин с помощью глубинного пневмопатрона – устройства, обеспечивающего периодические выхлопы в жидкую среду сжатого до высокого давления воздуха. Что вызывает колебания давления и позволяет разрушить кольматант на фильтре и прифилтровой зоне, увеличивая производительность водозаборной скважины. Эффективность данного метода объясняется следующими факторами [7, 11]:

1. С помощью глубинного пневмопатрона можно создавать достаточно мощные импульсы практически на любой глубине.
2. Конструкция пневмопатрона позволяет плавно регулировать мощность выхлопов.
3. Число повторений этих импульсов может быть сколько угодно большое.
4. Кафедрой ВВиОВР ДонНАСА была предложена технология производства робот при обработке скважины пневмопатроном с использованием эрлифтного пульпопровода [12]. Возникающий в процессе обработки скважины эрлифтный эффект позволяет вынести разрушенные кольматирующие отложения.

## ЦЕЛИ

Таким образом, целью работы является теоретическое обоснование интенсификации работы подземных водозаборов комбинированным методом, а именно с помощью способа трубчатых зафилтровых систем промывки скважин и пневмоимпульсного метода.

Поставленная цель достигается решением следующих задач: изучение способа трубчатых зафилтровых систем промывки скважин и пневмоимпульсного метода восстановления производительности водозаборных скважин, их анализ и разработка технологии их совместной работы.

## ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

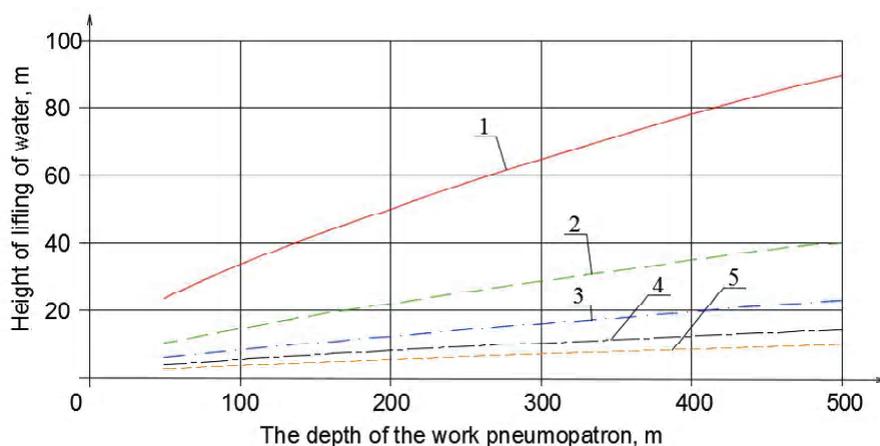
Для восстановления дебита водозаборных скважинами предлагается применять затрубную систему регенерации одновременно с пневмовзрывом и эрлифтным пульпопроводом. В таком случае, при обработке скважины происходит реагентно-циркуляционная промывка фильтров и прифилтровой зоны водозаборных скважин, и осуществляется пневмоимпульсное воздействие на фильтр и прифилтровую область пневмопатроном, а применение эрлифтного пульпопровода позволяет одновременно с водой поднимать из скважины разрушенный кольматант и промывочный раствор.

Известна зависимость, по которой можно определить давление в ресивере пневмопатрона  $p$  на искомой глубине  $H$  [13]:

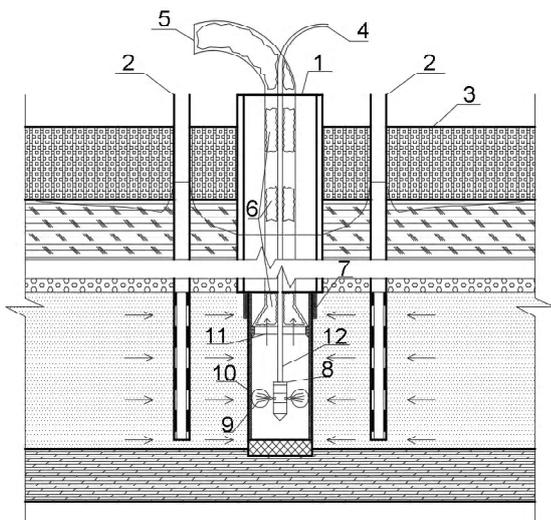
$$p = \left[ \left( \sigma_{pr} \right)^{\frac{k-1}{k}} - \left( 111\,034^{\frac{k-1}{k}} + P_{atm} + \rho g H \right)^{\frac{k-1}{k}} \right]^{\frac{k-1}{k}}, \quad (1)$$

где  $\sigma_{pr}$  – приведенная прочность (прочность кольматирующих отложений, которые разрушаются при выполнении работы расширения воздушного пузыря, равная начальному давлению в пузыре объемом 1 л на глубине  $H = 1$  м), Па;  
 $P_{atm}$  – атмосферное давление, Па.

Нами были выполнены расчеты рабочих параметров эрлифтного пульпопровода. Критерии и параметры водовоздушного потока принимались согласно [14, 15], для снарядной структуры двухфазного вертикального восходящего течения. Результаты расчетов по предложенной схеме представлены на рис. 2.



**Рисунок 2** – Теоретическая зависимость высоты подъема гидросмеси  $h$  при пневмоимпульсной обработке водозаборной скважины с использованием эрлифтного пульпопровода диаметром  $d$ : 1 – диаметр эрлифтного пульпопровода 50 мм; 2 – диаметр эрлифтного пульпопровода 75 мм; 3 – диаметр эрлифтного пульпопровода 100 мм; 4 – диаметр эрлифтного пульпопровода 125 мм; 5 – диаметр эрлифтного пульпопровода 150 мм.



**Рисунок 3** – Комбинированный метод обработки прифилтровой зоны водозаборных скважин реагентным и пневмоимпульсным воздействием: 1 – водозаборная скважина; 2 – нагнетательные трубки; 3 – уровень земли; 4 – рукав высокого давления; 5 – эрлифтный пульпопровод; 6 – сжатый воздух; 7 – сальник; 8 – пневмопатрон; 9 – сжатый воздух на выходе с пневмопатрона; 10 – фильтр водозаборной скважины; 11 – пакер; 12 – трубопровод подачи сжатого воздуха.

в скважину. Тем самым обеспечивается одновременная обработка импульсным и реагентным методами.

Результаты расчетов показали, что скорость подъема водовоздушной смеси значительно превышает требуемые для подъема частиц размером 30...50 мм ( $v = 1-3$  м/с).

Объединив циркуляционно-реагентный метод промывки скважинного фильтра В. В. Ивашечкина и метод пневмоимпульсного воздействия с применением эрлифтного пульпопровода, нами предложен комбинированный метод. Причём предлагаемая технология интенсификации работы водозаборных скважин основана на совместной одновременной работе обоих методов, в отличие от других комбинированных методов, которые основываются на последовательной или попеременной работе импульсного и реагентного методов. В результате теоретических исследований предлагается следующая схема регенерации фильтра и прифилтровой зоны водозаборной скважины (рис. 3).

В водозаборную скважину, которая оборудована зафилтрованными циркуляционными трубками, погружают пневмопатрон на уровень фильтра (рис. 3). Одновременно с подачей реагента выполняется пневмоимпульсная обработка, что обеспечивает максимальную степень очистки фильтра и прифилтровой зоны от колюматанта. После взрыва сжатый воздух вместе с водой (водовоздушная смесь) поднимается наружу по эрлифтному пульпопроводу. Одновременно с притоком воды из скважины в пласт происходит движение раствора реагента от нагнетающих трубок

## ВЫВОДЫ

Теоретические исследования показали, что при использовании затрубной системы регенерации и метода пневмовзрыва с применением эрлифтного пульпопровода можно достигнуть максимального результата очистки фильтроводозаборных скважин от кольматанта, соответственно, продлить срок службы фильтров водозаборных скважин.

Для подтверждения данного предположения необходимо в будущем провести ряд экспериментальных исследований, связанных с уточнением параметров совместной работы пневмопатрона и системы циркуляционной реагентной регенерации, подбора характерных размеров эрлифтного пульпопровода, выбора реагента и др.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коршикова, И. А. Состояние водных ресурсов Донецкой области и их диагностика [Текст] / И. А. Коршикова // Экономический вестник Донбасса. – 2011. – Вып. 2011-1(23). – С. 27–30.
2. Лесной, В. И. Применение затрубной системы регенерации скважин в условиях Донецкой области [Текст] / В. И. Лесной, А. В. Жибоедов, И. О. Гаврилов // Научный журнал «Апробация». – 2017. – № 3(54). – С. 23–26.
3. Патент 9435 ВУ. Республика Беларусь, МПКС, E21B 43/00, E03B 03/00. Конструкция водозаборной скважины при роторном бурении [Текст] / В. В. Ивашечкин, А. Н. Кондратович, И. А. Герасименюк, Н. И. Крук, И. В. Рытко ; патентообладатель Белорусский национальный технический университет. – № а 20031236 ; заяв. 29.12.2003 ; опубл. 30.06.2005. – 5 с.
4. Ивашечкин, В. В. Экспериментальные исследования скважины, оснащенной затрубной системой реагентной промывки [Текст] / В. В. Ивашечкин, П. А. Автушко, Д. А. Коледюк // Энергетика: международный научно-технический журнал. – 2011. – № 1. – С. 80–87.
5. Ивашечкин, В. В. Сооружение и ремонт водозаборной скважины с системой циркуляционной регенерации [Текст] / В. В. Ивашечкин, П. А. Автушко // Энергетика: международный научно-технический журнал. – 2011. – № 4. – С. 64–73.
6. Ивашечкин, В. В. Лабораторные исследования по оценке эффективности декольматации фильтров скважин [Текст] / В. В. Ивашечкин, А. М. Шейко, А. Н. Кондратович, В. В. Губин // Вестник Белорусского национального технического университета. – 2007. – № 1. – С. 11–14. – ISSN 1683-0326.
7. Слез, Л. Г. Обзор методов восстановления водозаборных скважин [Текст] / Л. Г. Слез, Т. И. Загоруйко, В. И. Лесной // Макеевка. – 2005. – № 4(52). – С. 99–100.
8. Ивашечкин, В. В. Теоретические и технологические основы регенерации водозаборных скважин циркуляционными и газопульсными методами [Текст] : автореф. дис. на соискание учен. степень докт. техн. наук : 05.23.04 – Водоснабжение, канализация / В. В. Ивашечкин ; Белорусский национальный технический университет. Минск : [б. и.], 2012. – 50 с. Таблица библиографии С. 33–45.
9. Ивашечкин, В. В. Регенерация скважинных и напорных фильтров систем водоснабжения [Текст] : монография / В. В. Ивашечкин, А. М. Шейко, А. Н. Кондратович. – Минск : БНТ, 2008. – 277 с.
10. Lesnoy, V. The mechanism of «pneumoexplosion» in water well conditions [Текст] / V. Lesnoy, L. Slyoz // Collected articles of young scientists. – 2012. – Issue II. – P. 137–139.
11. Слѐз, Л. Применение глубинного пневмопатрона для восстановления производительности водозаборных скважин [Текст] / Л. Слѐз, В. Лесной, Н. Кенджаева // Motrol. An international journal on operation of farm and agri-food industry machinery. – 2012. – Vol. 14, № 1. – С. 60–65.
12. Пат. 90855 Украина, МПК В08В 9/04. Устройство для повышения эффективности пневмоимпульсной обработки водозаборных скважин (эрлифтный пульпопровод) [Текст] / В. И. Нездойминов, В. И. Лесной, П. О. Дмитров, И. С. Гольдин ; патентообладатель В. И. Нездойминов, В. И. Лесной, П. О. Дмитров, И. С. Гольдин ; № u2014 00531 ; заяв. 20.01.2014 ; опубл. 10.06.2014. – Бюл. 11. – 4 с.
13. Лесной, В. И. Основные параметры воздействия пневмовзрыва на фильтр и прифилтровую область водозаборной скважины [Текст] / В. И. Лесной, В. И. Нездойминов, П. А. Дмитров // Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури. – 2013. – Вып. № 5(103) Інженерні системи та техногенна безпека. – С. 130–136.
14. Кононенко, А. П. Рабочий процесс эрлифта и его моделирование [Текст] : монография / А. П. Кононенко. – Донецк : ДонНТУ, 2010. – с. 171. – ISBN 978-966-377-095-6.
15. Реконструкция и интенсификация сооружений водоснабжения и водоотведения [Текст] : учебное пособие / А. А. Василенко, П. А. Грабовский, Г. М. Ларкина, А. В. Полищук и др. – Киев-Одесса : КНУСА, ОГАСА, 2008. – 308 с.

Получено 05.03.2019

**В. И. ЛЕСНОЙ, В. И. ЗЯТИНА, В. С. СЮЗЯЕВА, А. В. ОВЧАРЕНКО**  
**УДОСКОНАЛЕННЯ ЗАТРУБНОГО ОБРОБЛЕННЯ ПРИФІЛЬТРОВОЇ ЗОНИ**  
**СВЕРДЛОВИН ПНЕВМОІМПУЛЬСНИМ ВПЛИВОМ**  
ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

**Анотація.** При експлуатації водозабірних свердловин їх продуктивність може значно знижуватися через колючацію фільтра і прифільтрової зони. Тому збереження високої продуктивності свердловин залишається актуальним завданням. На даний час існує багато затребуваних технологій відновлення дебіту водозабірних свердловин. У статті розглянуті питання застосування пневмоімпульсного способу відновлення дебіту водозабірних свердловин спільно з методом затрубних систем регенерації. Завдяки чому можна продовжити термін служби фільтрів водозабірних свердловин.

**Ключові слова:** водозабірна свердловина, пневмовибух, система затрубного промивання, фільтр свердловини, прифільтрова зона, ерліфтний пульпопровід.

**VIACHESLAV LESNOI, ZYATINA VITALII, VALERIYA SYUZYAEVA,**  
**ANASTASIA OVCHARENKO**  
**JOINT FILTRATION ZONE FOR WATER INTAKE WELLS REGENERATION**  
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

**Abstract.** During the operation of water wells, their performance may significantly decrease due to clogging of the filter and the filter zone. It is by no means always possible to build high-producing well-maintained wells that work stably for long periods of operation; therefore, maintaining high well productivity remains an urgent task. Currently, there are many popular technologies for the recovery of flow rates of water wells. The article discusses the use of pneumatic impulse recovery method of water wells with the method of annular regeneration system. Due to this, it is possible to extend the service life of water intake filters.

**Key words:** water well, pneumoexplosion, system of annular washing, well filter, filter zone, air-lift slurry pipeline.

**Лесной Вячеслав Иванович** – кандидат технических наук, доцент кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: интенсификация работы водозаборов из подземных источников

**Зятин Виталий Ильич** – кандидат технических наук, доцент кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: водоподготовка, очистка сточных вод.

**Сюзяева Валерия Сергеевна** – магистрант кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: водоснабжение, водозаборные сооружения.

**Овчаренко Анастасия Владимировна** – магистрант кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: водозаборные сооружения из поверхностных и подземных источников.

**Лесной В'ячеслав Іванович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри водопостачання, водовідведення та охорони водних ресурсів ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: інтенсифікація роботи водозаборів з підземних джерел.

**Зятіна Віталій Ілліч** – кандидат технічних наук, доцент кафедри водопостачання, водовідведення та охорони водних ресурсів ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: водопідготовка, очищення стічних вод.

**Сюзяєва Валерія Сергіївна** – магістрант водопостачання, водовідведення та охорони водних ресурсів ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: водопостачання, водозабірні споруди.

**Овчаренко Анастасія Володимирівна** – магістрант кафедри водопостачання, водовідведення та охорони водних ресурсів ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: водозабірні споруди з підземних та поверхневих джерел.

**Lesnoi Viacheslav** – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Water Supply, Sanitation and Protection of Water Resources, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: intensification of water intake from underground sources.

**Zyatina Vitalii** – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Water Supply, Sanitation and Protection of Water Resources, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: water treatment, wastewater treatment.

**Syuzyaeva Valeriya** – Master's student, Water Supply, Sanitation and Protection of Water Resources, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: water supply, water intake facilities.

**Ovcharenko Anastasia** – Master's student, Water Supply, Sanitation and Protection of Water Resources, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: water intake facilities from surface and underground sources.