

the energy of longitudinal oscillations of the roller bit that occur when rolling the roller cutter downhole.

The methods. The most widespread in the world in the open work received a roller drilling method. In this way, up to 70% of all works are performed. The main scientific approach in solving this goal was a scientific analysis of the existing production and experimental experience in creating a roller cone drilling tool.

Findings. In the process of drilling, the roller bit creates longitudinal vibrations, the energy of which is spent both on the destruction of the rock, creating dynamic (shock) loads on the rock, and on the vibration of the drill string. The experience of creating a shock-cone drilling tool indicates its efficiency and the possibility of increasing the mechanical drilling speed when drilling wells in hard rocks. However, its durability is not high due to the low durability of the impactors, the use of bits that are not intended for the perception of shock loads, and the low efficiency of cleaning the well from the products of destruction due to insufficient cross section of the purge channels. The use of a mechanical vibrator of a new design will make it possible to multiply the shock loads on the rock, which will increase the mechanical drilling rate by up to 60%.

The originality. For the first time, the possibility of using a mechanical vibrator of a new design without the need to separate the flows of compressed air entering the percussion mechanism and to blow the well has been established.

Practical implications. The use of the overhead mechanical vibrator will increase the service life of the machine and the mast, increase the drilling speed by up to 60% and eliminate the harmful effects of vibration on the drill string, allowing it to increase its service life up to 30%, eliminating the need for separation of compressed air streams.

Key words: *roller bit, well drilling, mechanical vibrator, damper, well, pneumatic hammer.*

УДК 622.24

© Н.А. Науменко

ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ РАЗМЕРА ОТВЕРСТИЙ КАРКАСА ГРАВИЙНЫХ ФИЛЬТРОВ НА ИХ СКВАЖНОСТЬ

© N. Naumenko

RESEARCH OF THE INFLUENCE OF THE SIZE OF THE HOLE OF THE CIRCUS OF GRAVIAN FILTERS ON THEIR TORQUE

Цель. Целью научного исследования является анализ влияния размера отверстий каркаса трубчатого фильтра с круглой перфорацией на его скважность. Основным научным подходом в решении поставленной цели был научный анализ существующего производственного и экспериментального опыта подбора геометрии расположения круглой перфорации для гравийных фильтров.

Методика исследований. Основным научным подходом в решении поставленной цели был научный анализ существующего производственного и экспериментального опыта определения скважности трубчатого фильтра с круглой перфорацией. При проектировании фильтров водозаборных скважин приходится выбирать тип фильтра и его скважность и как следствие размер и расположение проходных отверстий.

Результаты исследований. В результате проведенных исследований установлено, что минимальный диаметр отверстий для толщин стенок каркаса 7 – 12 мм соответственно равен – 12 – 23 мм, что обеспечит улучшение фильтрационных свойств гравийных фильтров.

Научная новизна. Впервые установлена зависимость максимальной скважности фильтров с диффузорными отверстиями (расширяющимися вовнутрь) которая зависит только от диаметра входного отверстия и толщины стенки каркаса фильтра.

Практическое значение. Существенное влияние на сопротивление фильтра на контакте с породой оказывает форма отверстий. В отечественной и зарубежной практике теоретически и экспериментально обоснована целесообразность применения проволочных фильтров, образующих щель, которая расходится внутрь фильтра. Такая форма щели может быть получена при намотке на каркас проволоки треугольного и трапецеидального сечения. При фильтрации через щель, расширяющуюся в форме диффузора внутрь фильтра, максимум скорости потока, а, следовательно, и минимум статического напора наблюдается на некотором удалении от поверхности фильтрации в сторону оси скважины. Таким образом, между наружной и внутренней поверхностью обмотки создается вакуум, равный разнице статических напоров, на величину которого сопротивление такого фильтра становится меньше. Полученная зависимость максимально возможной скважности фильтра от диаметра его отверстий для различных толщин стенки каркаса фильтра будет использована для проектирования гравийных фильтров качественно нового уровня.

Ключевые слова: гравийный фильтр, трубчатый фильтр, скважность, диффузор, круглая перфорация, скважина, гравийная обсыпка, длина фильтра, диаметр фильтра.

Введение. Ранние исследования по определению рациональных размеров отверстий фильтра базировались в основном на предположении, что при соотношении размеров зерен гравия к размеру отверстий фильтра 1:2 вокруг отверстий фильтра образуется устойчивая арочная структура. Результаты этих исследований послужили базой для действующих нормативных документов, согласно которым размер отверстий фильтра принимается в 1,4 – 4 раза большим среднего размера частиц гравия. [1]

Ведущие зарубежные фирмы осуществляют выбор размера отверстий фильтра исходя из других принципов. С. Шрайок отмечает, что устойчивость арочных структур вокруг отверстий возможна только при соблюдении определенных условий. Прежде всего, это добыча вязкой жидкости при малых скоростях притока из пласта и стабильных понижениях. При откачке широко используемыми насосами и эрлифтами перепад давления в системе скважина — пласт изменяется, что приводит к разрушению арочных структур. Кроме этого, входные скорости по длине фильтра распределены неравномерно и, как правило, существуют участки с высокими скоростями фильтрации, обычно приуроченными к верхним отверстиям. При высоких скоростях притока арочные структуры также теряют устойчивость [2].

На основании проведенных опытов были сделаны выводы о частом нарушении устойчивости арочных структур для реальных условий. Во всех случаях,

когда размер частиц гравия меньше размеров отверстий фильтра, наблюдался его вынос на модели. Если зерна гравия больше, чем отверстия фильтра, то в процессе закачки гравия щели фильтра закупоривались, происходило повышение давления в нагнетательной линии магистрали. На практике повышение давления закачки приводит к поглощению жидкости-носителя, оплыванию стенок скважины, перемешиванию песка с гравием и повышению сопротивления фильтра. При закачке частиц гравия угловатой формы процесс закупорки ускорялся. С. Шрайок, используя данные опытов, сделал вывод о необходимости соответствия размеров отверстий фильтра минимальному диаметру частиц гравийной обсыпки и предпочтительном использовании скатанных частиц. Большинство зарубежных исследователей пришли к аналогичному выводу и на практике при выборе размеров щели фильтра пользуются правилом С. Шрайока, согласно которому размер отверстий фильтра не должен превышать размера мельчайших частиц гравия, применяемого в обсыпке [2, 3].

К аналогичным выводам пришел в 1946 г. Ф.С. Бояринцев — автор конструкции проволочных фильтров. Согласно его рекомендациям, ширина щелей проволочного фильтра должна соответствовать 0,8—1,0 среднего диаметра гравия, используемого в качестве обсыпки. В 1988 г. Д. Тауш и С. Монроу предложили принимать размер отверстий фильтра в 2 раза меньше среднего размера частиц гравия. Такой строгий подход они объясняют тем, что даже небольшой вынос гравия при пуске насоса или эрлифта приводит к серьезным повреждениям гравийного фильтра. При выносе гравия из скважины в обсыпке образуются открытые каналы и пустоты, наличие которых вызывает массовый вынос песка из скважины.

А.Б. Бухвалов обосновал целесообразность подбора размера щели фильтра, равного размеру частиц гравия, соответствующих 70%-ному ситовому отсеvu. В процессе последних исследований ПРО «Центр-геология» было установлено, что основной структурообразующий элемент песков — частицы размером, соответствующим 70%-ному ситовому отсеvu. В этой связи, при одинаковом размере щелей фильтра и частиц после 70%-ного ситового отсева порода на контакте с фильтром будет суффозионно устойчива. Вывод об определяющем влиянии частиц после 70%-ного ситового отсева на физико-механические свойства грунтов ранее был получен В.Н. Кондратьевым [2].

Существенное влияние на сопротивление фильтра на контакте с породой оказывает форма отверстий. В отечественной и зарубежной практике теоретически и экспериментально обоснована целесообразность применения проволочных фильтров, образующих щель, которая расходится внутрь фильтра. Такая форма щели может быть получена при намотке на каркас проволоки треугольного и трапецеидального сечения. При фильтрации через щель, расширяющуюся в форме диффузора внутрь фильтра, максимум скорости потока, а, следовательно, и минимум статического напора наблюдается на некотором удалении от поверхности фильтрации в сторону оси скважины. Таким образом, между наружной и внутренней поверхностью обмотки создается вакуум, рав-

ной разнице статических напоров, на величину которого сопротивление такого фильтра становится меньше.

Важно, чтобы щель со стороны породы не имела формы клина, расширяющегося в сторону пласта. Такая форма щели образуется при намотке проволоки круглого сечения. При контакте с породой в процессе фильтрации порода расклинивается в отверстиях фильтра, многократно повышая его гидравлическое сопротивление [3].

Основная часть. Ведущие зарубежные фирмы используют в качестве каркаса гравийной обсыпки проволочные фильтры с отверстиями, расширяющимися вовнутрь в форме диффузора.

Исходя из этого можно определить характеристики отверстий фильтра для получения фильтра с максимальной скважностью.

Исходя из того, что при расширении внутрь диаметр отверстия фильтра внутри будет больше наружного отверстия, можно определить угол диффузора. Для обеспечения максимального угла диффузора исходим из условия обеспечения прочности каркаса фильтра, тогда как видно из рис. 1 максимальный угол диффузора будет равен 45 град., при больших углах диффузора отверстия будут перекрывать друг друга на внутренней стороне фильтра, что приведет к уменьшению толщины каркаса фильтра, а соответственно и его прочности.

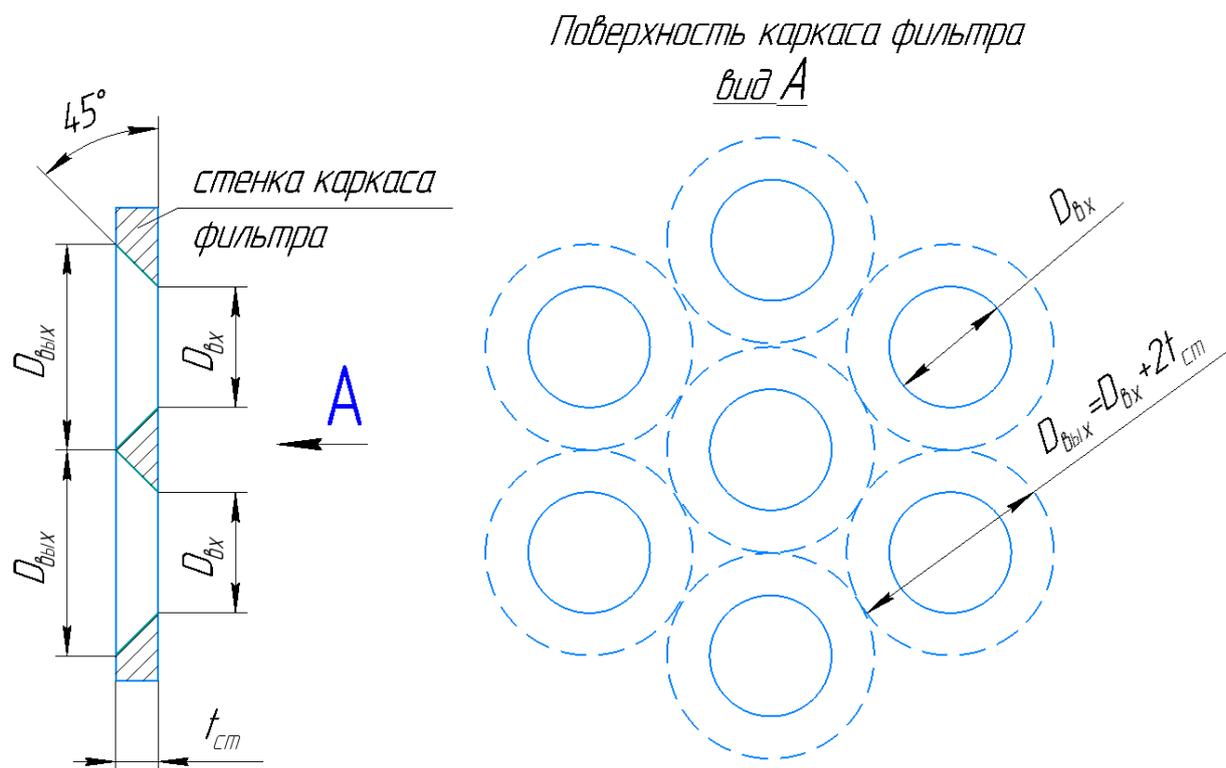


Рис. 1. Расчетная схема максимальной скважности каркаса трубчатого фильтра с круглой перфорацией.

Скважность фильтра определяется как отношение площади поверхности всех отверстий на наружной поверхности к общей площади поверхности рабочей части фильтра:

$$W = \frac{\sum D_{\text{вх}}^2}{4D_{\phi}l_{\phi}}, \quad (1)$$

где $D_{\text{вх}}$ – диаметр входных отверстий на наружной поверхности фильтра, м; D_{ϕ} – диаметр каркаса фильтра, м; l_{ϕ} – длина рабочей части фильтра, м.

Число отверстий в ряду определяем, как:

$$N_{\text{отв}} = \frac{\pi D_{\phi}}{D_{\text{вых}}}, \quad (2)$$

Число рядов в рабочей части фильтра определяется как:

$$N_{\text{ряд}} = \frac{2l_{\phi}}{\sqrt{3} \cdot D_{\text{вых}}}, \quad (3)$$

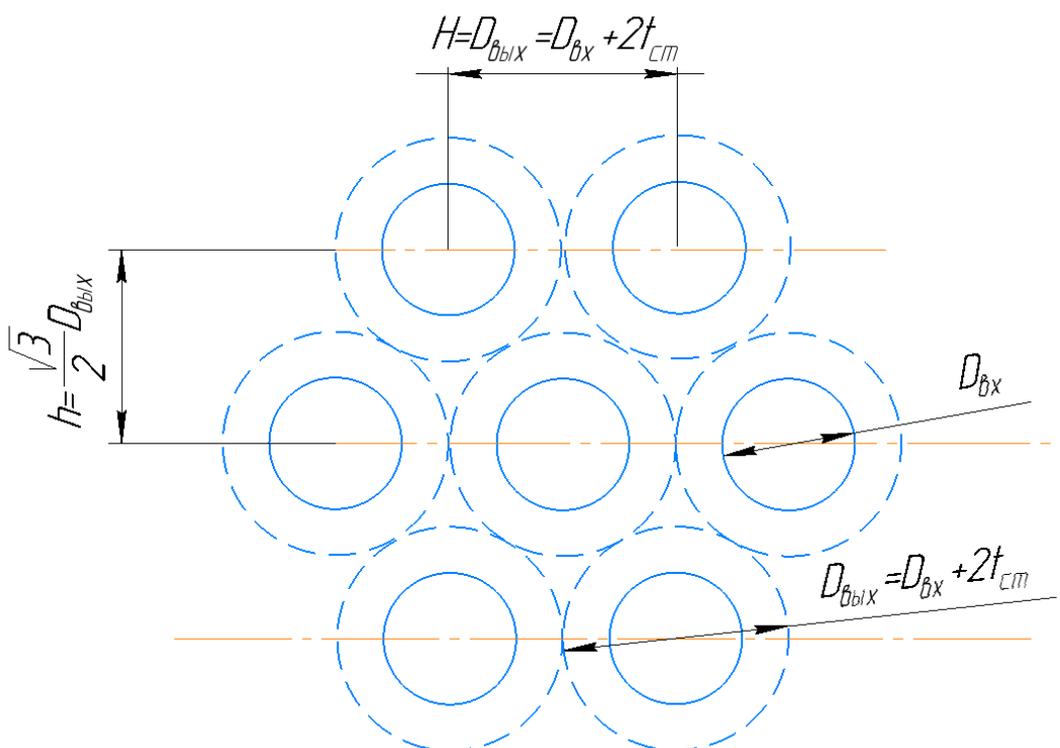


Рис. 2. Схема определения скважности.

Тогда общее число отверстий будет равно:

$$N = \frac{\pi D_{\phi}}{D_{\text{вых}}} \times \frac{2l_{\phi}}{\sqrt{3} \cdot D_{\text{вых}}} = \frac{2\pi D_{\phi}l_{\phi}}{\sqrt{3}D_{\text{вых}}^2}, \quad (4)$$

Суммарная площадь всех отверстий рабочей части фильтра равна:

$$S_{отв} = \frac{2\pi D_{\phi} l_{\phi}}{\sqrt{3} D_{вых}^2} \times \frac{\pi D_{ex}^2}{4} = \frac{\pi^2 D_{ex}^2 D_{\phi} l_{\phi}}{\sqrt{12} D_{вых}^2}, \quad (5)$$

Суммарная площадь рабочей части фильтра равна:

$$S_{\phi} = \pi D_{\phi} l_{\phi}, \quad (6)$$

Скважность фильтра:

$$W = \frac{\pi^2 D_{ex}^2 D_{\phi} l_{\phi}}{\sqrt{12} D_{вых}^2 \pi D_{\phi} l_{\phi}} = \frac{\pi D_{ex}^2}{\sqrt{12} D_{вых}^2}, \quad (7)$$

Учитывая что для получения максимально плотной упаковки отверстий и условия прочности каркаса (диффузор будет равен 45 град), получим что диаметр выходных отверстий равны: $D_{вых} = D_{ex} + 2t_{cm}$, где t_{cm} - толщина каркаса фильтра, м.

$$W = \frac{\pi D_{ex}^2}{\sqrt{12} (D_{ex} + 2t_{cm})^2}, \quad (8)$$

Результаты расчета скважности для различных диаметров отверстий представлены в виде графика на рис. 3 с учетом изменения толщины стенки каркаса фильтра по ГОСТу на обсадные трубы в пределах 7-12 мм.

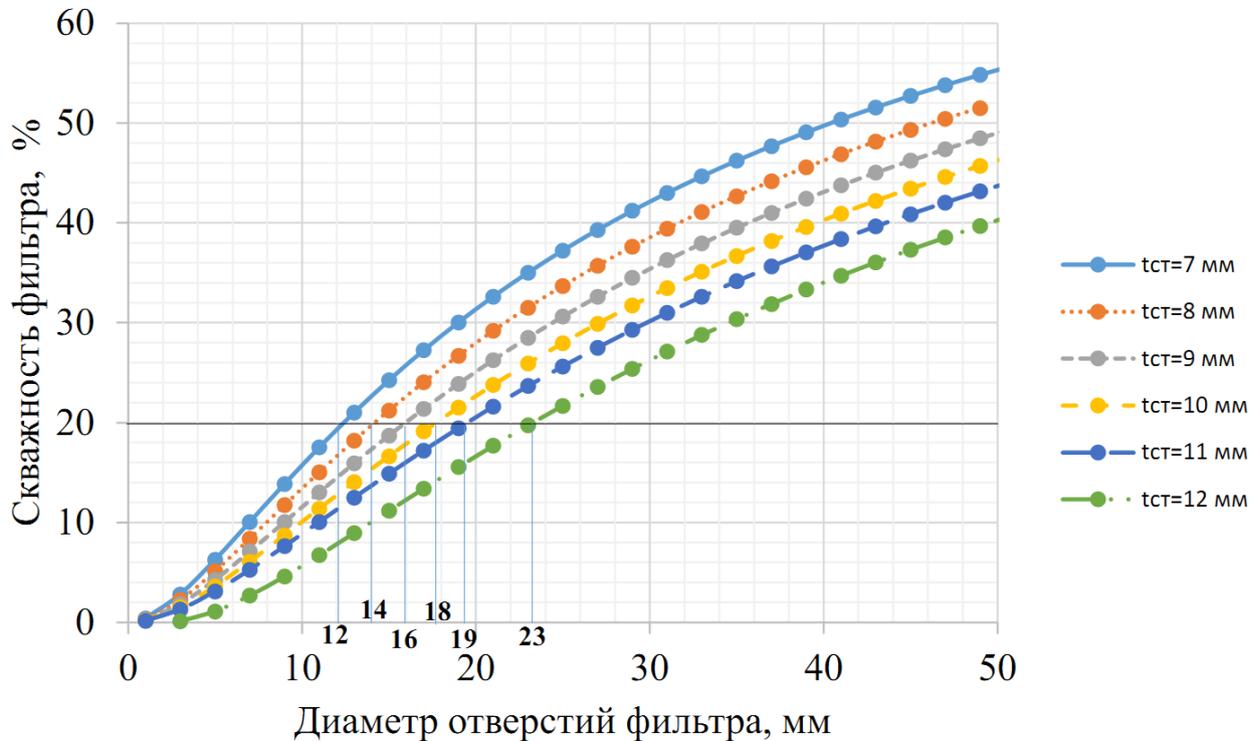


Рис. 3. Зависимость максимально возможной скважности фильтра от диаметра его отверстий для различных толщин стенки каркаса фильтра

Учитывая требования, предъявляемые к фильтру: он должен иметь достаточную механическую прочность и устойчивость против коррозии; иметь скважность не менее 20-25 %, мы можем определить минимальный размер отверстий для обеспечения минимально необходимой скважности в 20% при диффузорном типе отверстий по рис.3 для различных толщин стенок каркаса фильтра.

Выводы. 1. Ведущие зарубежные фирмы используют в качестве каркаса гравийной обсыпки проволочные фильтры с отверстиями, расширяющимися вовнутрь в форме диффузора. Таким образом, между наружной и внутренней поверхностью обмотки создается вакуум, равный разнице статических напоров, на величину которого сопротивление такого фильтра становится меньше.

2. Максимальная скважность фильтров с диффузорными отверстиями (расширяющимися вовнутрь) будет зависеть только от диаметра входного отверстия и толщины стенки каркаса фильтра при угле диффузора 45 град.

3. Оптимальное значение угла диффузора отверстий каркаса фильтра исходя из условия прочности каркаса (исключает перекрытие диффузоров соседних отверстий при этом обеспечивает необходимую скорость фильтрации для образования вакуума при фильтрации) – равно 45 град.

4. Минимальный диаметр отверстий для толщин стенок каркаса 7 – 12 мм соответственно равен – 12 – 23 мм.

Перечень ссылок

1. Башкатов, А.Д. (1991). *Предупреждение пескования скважин*. Москва: Недр", 176 с.
2. Башкатов, А.Д. (2003). *Прогрессивные технологии сооружения скважин*. Москва: Недра-Бизнесцентр, 556 с.
3. Dreus, A., Kozhevnikov, A., Sudakov, A., & Lysenko K. (2016). Investigation of heating of the drilling bits and definition of the energy efficient drilling modes. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, (3(7)), 41-46.

АНОТАЦІЯ

Мета. Метою наукового дослідження є аналіз впливу розміру отворів каркаса трубчастого фільтра з круглою перфорацією на його шпаруватість. Основним науковим підходом у вирішенні поставленої мети був науковий аналіз існуючого виробничого і експериментального досвіду підбору геометрії розташування круглої перфорації для гравійних фільтрів.

Методика досліджень. Основним науковим підходом у вирішенні поставленої мети був науковий аналіз існуючого виробничого і експериментального досвіду визначення шпаруватості трубчастого фільтра з круглою перфорацією. При проектуванні фільтрів водозабірних свердловин доводиться вибирати тип фільтра і його шпаруватість і як наслідок розмір і розташування прохідних отворів.

Результати досліджень. В результаті проведених досліджень встановлено, що мінімальний діаметр отворів для товщини стінок каркаса 7 - 12 мм відповідно дорівнює - 12 - 23 мм, що забезпечить поліпшення фільтраційних властивостей гравійних фільтрів.

Наукова новизна. Вперше встановлена залежність максимальної шпаруватості фільтрів з отворами у вигляді дифузору (розширюються всередину) яка залежить тільки від діаметра вхідного отвору і товщини стінки каркаса фільтра.

Практичне значення. Істотний вплив на опір фільтра на контакті з породою надає форма отворів. У вітчизняній і зарубіжній практиці теоретично і експериментально обґрунтовано доцільність застосування дротяних фільтрів, що утворюють щілину, яка розходитьсся всередину фільтра. Така форма щілини може бути отримана під час намотування на каркас дроту трикутного і перетину у вигляді трапеції. При фільтрації через щілину, що розширюється в формі дифузора всередину фільтра, максимум швидкості потоку, а, отже, і мінімум статичного напору спостерігається на деякій відстані від поверхні фільтрації в сторону осі свердловини. Таким чином, між зовнішньою і внутрішньою поверхнею обмотки створюється вакуум, що дорівнює різниці статичних напорів, на величину якого опір такого фільтра стає менше. Отримана залежність максимально можливої шпаруватості фільтра від діаметра його отворів для різної товщини стінки каркаса фільтра буде використана для проектування гравійних фільтрів якісно нового рівня.

Ключові слова: гравійний фільтр, трубчастий фільтр, шпаруватість, дифузор, кругла перфорація, свердловина, гравійна обсіпання, довжина фільтра, діаметр фільтра.

ABSTRACT

Purpose. The purpose of the research is to analyze the influence of the size of the holes in the frame of a tubular filter with a circular perforation on its porosity. The main scientific approach to solving this goal was a scientific analysis of the existing production and experimental experience in selecting the geometry of the arrangement of circular perforations for gravel filters.

The methods. The main scientific approach to solving this goal was a scientific analysis of the existing production and experimental experience in determining the duty ratio of a tubular filter with a circular perforation. When designing water intake filters, one has to choose the type of filter and its duty cycle and, as a consequence, the size and location of the bore holes.

Findings. As a result of the research, it was found that the minimum diameter of the holes for the walls of the carcass is 7–12 mm, respectively - 12–23 mm, which will improve the filtration properties of gravel filters.

The originality. For the first time, the dependence of the maximum duty ratio of filters with diffuser openings (expanding inward) is established, which depends only on the diameter of the inlet opening and the wall thickness of the filter frame.

Practical implications. The shape of the holes has a significant effect on the resistance of the filter on contact with the rock. In domestic and foreign practice, the feasibility of using wire filters that form a gap that diverges into the filter is theoretically and experimentally substantiated. Such a slit shape can be obtained by winding a wire with a triangular and trapezoidal cross section on the frame. When filtering through a slot expanding in the form of a diffuser inside the filter, the maximum flow rate and, consequently, the minimum static head is observed at some distance from the filtration surface in the direction of the axis of the well. Thus, a vacuum is created between the outer and inner surfaces of the winding, which is equal to the difference of static pressures, by the magnitude of which the resistance of such a filter becomes less. The obtained dependence of the maximum possible duty cycle of the filter on the diameter of its holes for various wall thicknesses of the filter frame will be used to design a gravel filter of a qualitatively new level.

Key words: gravel filter, tubular filter, duty cycle, diffuser, round perforation, borehole, gravel dump, filter length, filter diameter.