

ИССЛЕДОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РАСХОДА ЖИДКОСТИ ПО ВЫСОТЕ ЗАГРУЗКИ В ФИЛЬТРЕ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ С ЦЕНТРАЛЬНОЙ ПЕРФОРИРОВАННОЙ ТРУБОЙ

Саитов Виктор Ефимович, доктор технических наук, доцент, старший научный сотрудник отдела механизации

Котюков Анатолий Борисович, аспирант отдела механизации
ФГБНУ «НИИСХ Северо-Востока»,
610007, г. Киров, ул. Ленина, 166 а; тел.: 89123320494;
e-mail: vicsait-valita@e-kirov.ru

Ключевые слова: питьевая вода, водоисточники, качество воды, напор, фильтр для очистки воды, высота загрузки, приемная труба, расход.

Одной из основных задач развития агропромышленного комплекса России является совершенствование животноводческой отрасли. Животноводство является одним из наиболее крупных потребителей воды в сельском хозяйстве. Потребности животноводства в воде в десятки раз превышают потребности населения. Поэтому вода является незаменимым элементом для нормальной жизнедеятельности животных. Соответственно наиболее полная и экономичная очистка воды от растворенных органических и других загрязнений, в особенности пестицидов, до требований нормативных документов является одной из актуальнейших задач развития животноводства. Одним из основных способов осуществления указанных мероприятий в животноводческих комплексах является применение фильтров, которые имеют центральную приемную трубу с продольными щелевыми отверстиями. Площадь указанных отверстий не изменяется по высоте фильтра. Поэтому существует неравномерность распределения расхода воды в данной конструкции фильтра по высоте загрузки. Расход в верхней части фильтра меньше, чем в нижней части. Это приводит к снижению эффективности очистки воды фильтром. Предложен способ устранения неравномерности распределения расхода жидкости по высоте загрузки щелевого фильтра, используемого для очистки воды в животноводческих комплексах, с помощью неравномерной перфорации центральной приемной трубы круглыми отверстиями. Проведенные исследования применением метода электрогидродинамических аналогий подтвердили равномерность распределения расхода по высоте загрузки разработанного фильтра. Благодаря гидравлическим сопротивлениям, которые создаются специальной перфорацией центральной трубы, расходы в верхней и нижней частях фильтра равны. В результате равномерного распределения очищаемой жидкости по высоте загрузки разработанного фильтра будет достигаться качественная очистка воды от различных загрязнений и соответствовать санитарно-гигиеническим нормам хозяйственно-питьевых нужд для животноводческих комплексов.

Введение

Одной из основных задач развития агропромышленного комплекса России на сегодняшний день является повышение продуктивности животноводства. Развитие данной отрасли сельского хозяйства во многом зависит от использования качественной питьевой воды. Установлено, что в животноводческих комплексах наиболее распространены фильтры с нижним подводом и отводом среды, которые имеют центральную приемную трубу с щелевыми отверстиями. Площадь указанных отверстий не изменяется по высоте фильтра. Поэтому существует неравномерность распределения расхода воды в данной конструкции фильтра по высоте загрузки. Расход в верхней части фильтра меньше, чем в нижней части. Это снижает эффективность очистки воды фильтром. Данное обстоятельство обуславливает поиск путей совершенствования эффективности работы щелевого фильтра. [1, 2, 3].

Объекты и методы исследований

Предложен способ устранения неравномерности распределения расхода жидкости по высоте загрузки щелевого фильтра с помощью неравномерной перфорации центральной приемной трубы. Конструкция фильтра для очистки воды с центральной перфорированной трубой представлена на рисунке 1 [4].

Данный фильтр отличается от щелевого фильтра тем, что центральная труба с щелями заменена центральной трубой с круглыми отверстиями. Количество отверстий различно по высоте данной трубы – в нижней части их меньше, чем в более верхней. Количество отверстий в трубе увеличивается от низа к верху трубы.

Для проведения исследований фильтра для очистки воды с центральной перфорированной трубой был использован метод электрогидродинамических аналогий. Исследовательская установка с плоской моделью фильтра представ-

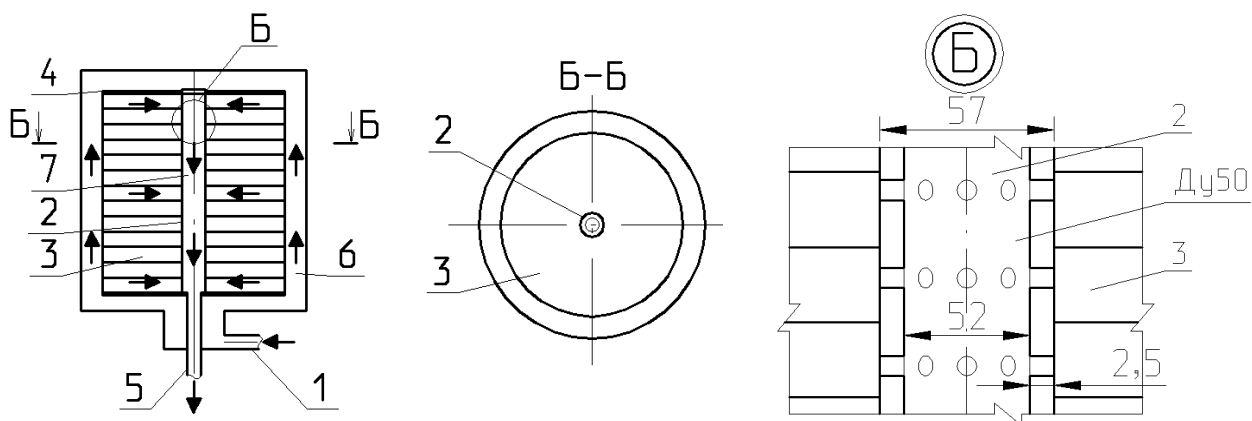


Рис. 1 - Фильтр для очистки воды с центральной перфорированной трубой: 1 - патрубок подачи очищаемой жидкости; 2 - центральная отводящая труба с перфорацией; 3 - слой (виде кольца) из углеродных волокнистых сорбентов (УВС); 4 - прижимное устройство; 5 - патрубок отвода очищенной жидкости; 6 - входное отделение; 7 - выходное отделение; \longrightarrow - направление движения жидкости

лена на рис. 2 [5, 6, 7, 8].

Модели фильтров выполняли из материала УВС и активированной углеродной ткани АУТ. В установке использовали милливольтметр с максимальной измеряемой величиной напряжения 1,5 В и ценой деления 0,01 В. В качестве шагового реохорда была применена полоска материала УВС. Источником питания являлся блок питания постоянного тока с диапазонами установки: напряжение от 0 В до 127 В, силы тока от 0 мА до 999 мА. Точность установки напряжения - 0,1 В, силы тока - 1 мА. Соединительные провода в установке - медные. Модель выполнена с линейным масштабом $\lambda_L = 2$.

Результаты исследований

Потери напора в загрузке из УВС щелевого фильтра определяют по формуле [9]:

$$\Delta h_{\text{загрузки из УВС}} = \frac{V_2 \cdot l_n}{K_\phi}, \quad (1)$$

где V_2 – средняя скорость в загрузке щелевого фильтра, которую определяют по формуле $V_2 = Q_2 / \omega_2$, м/с; Q_2 – расход через фильтр, $Q_2 = 1,39 \cdot 10^{-3}$ м³/с; ω_2 – площадь, через которую проходит фильтруемый поток; принята площадь условного цилиндра, поверхность которого проходит через середину пути фильтрования, $\omega_2 = 0,338$ м²; l_n – длина фильтровального патрона (пути фильтрации в загрузке фильтра), $l_n = 0,122$ м; K_ϕ – коэффициент фильтрации, м/с.

Из формулы (1) следует, что линии равнопотенциала U соответствуют линиям пьезометрического напора h . В результате этого для точек 6 и 4, 7 и 5, 9 и 8 (рис. 3) соответственно выполняются равенства:



Рис. 2 - Исследовательская установка с плоской моделью фильтра: 1 - реохорд - полоска УВС; 2 - блок питания постоянного тока Б5-49, 3 - ручка-щуп металлический, 4 - гальванометр, 5 - модель, 6 - медный провод

$$Q_{6-4(7-5,9-8)}^2 \frac{\left(\frac{1}{\omega_{6(7,9)}^2} - \frac{1}{\omega_{4(5,8)}^2} \right)}{2g} + Q_{6-4(7-5,9-8)} \cdot \frac{l}{\left(\frac{\omega_{4(5,8)} + \omega_{6(7,9)}}{2} \right) \cdot K_\phi} - \Delta H_{n_{6-4}(n_{7-5}, n_{9-8})} = 0 \quad (2)$$

$\Omega_{4(5,8)}$, $\omega_{6(7,9)}$ - площадь в точках 4(5, 8), 6(7, 9), через которую проходит фильтруемый поток, м²; $Q_{6-4(7-5, 9-8)}$ – суммарный расход жидкости через отверстия в трубе от сечения 6-6(7-7, 9-9) до сечения 4-4(5-5, 8-8), м³; $\Delta H_{n_{6-4}(n_{7-5}, n_{9-8})}$ – суммарный пьезометрический напор в трубе от сечения 6-6(7-7, 9-9) до сечения 4-4(5-5, 8-8), м.

Путем решения уравнения (2) можно найти суммарный расход жидкости через отверстия в трубе в соответствующих сечениях Q_{6-4} , Q_{7-5} и Q_{9-8} . Для решения данных уравнений необходимо знать пьезометрический напор $\Delta H_{n_{6-4}}$, $\Delta H_{n_{7-5}}$ и $\Delta H_{n_{9-8}}$.

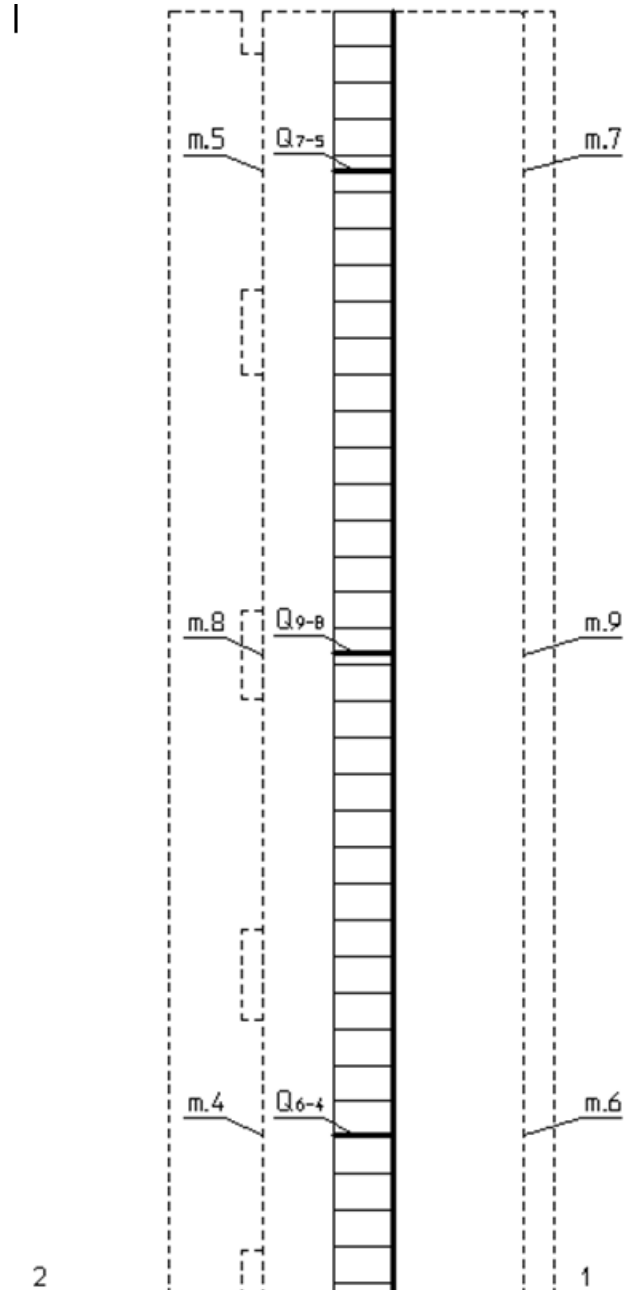
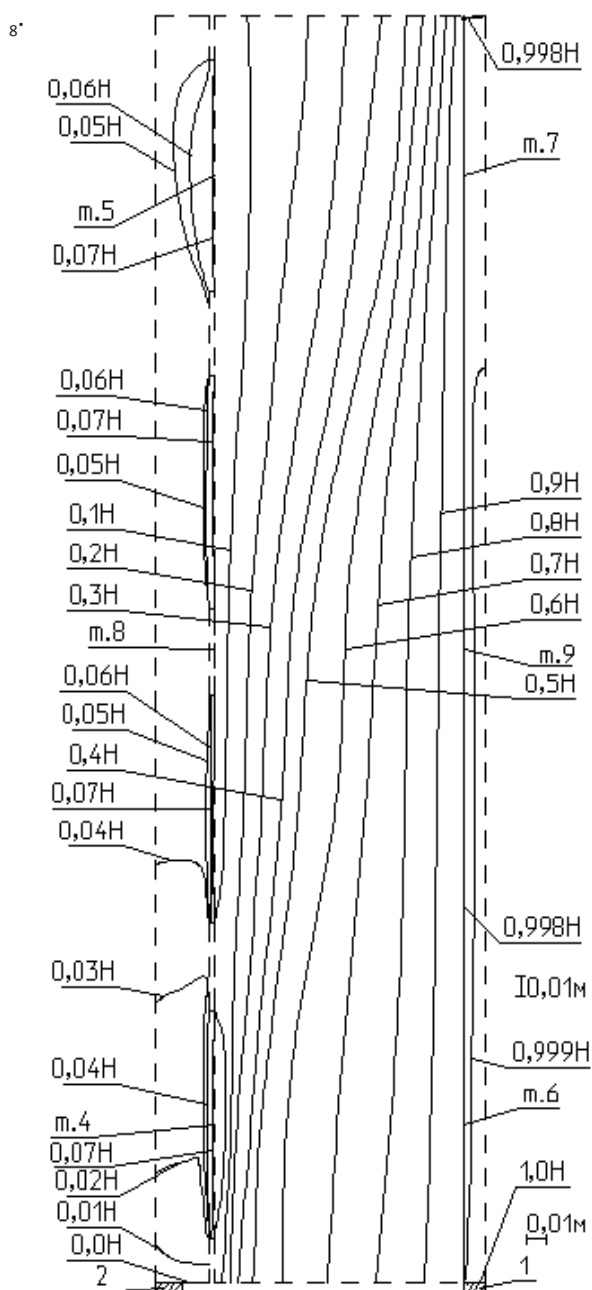


Рис. 3 - Линии равного напора (а) и эпюра (б) распределения расхода жидкости по живому сечению в модели фильтра для очистки воды с центральной перфорированной трубой: 1 - шина «+», 2 - шина «-»

По линиям равного напора, построенным по полученным экспериментальным данным при плотности загрузки $\rho = 0,083 \text{ г/см}^3$, определяют пьезометрический напор (в долях H) в точках 7, 5, 9, 8, 6 и 4 путем интерполяции между соседними линиями равного напора: $H_5 = 0,0725H$, $H_8 = 0,0725H$, $H_4 = 0,0725H$, $H_7 = 0,998H$, $H_9 = 0,998H$, $H_6 = 0,998H$.

При этом разность напоров в точках 6 и 4 $\Delta H_{n6-4} = H_6 - H_4 = 0,9255H$, в точках 7 и 5 - $\Delta H_{n7-5} = H_7 - H_5 = 0,9255H$, а точках 9 и 8 $\Delta H_{n9-8} = H_9 - H_8 = 0,9255H$.

Следовательно, $\Delta H_{n6-4} = \Delta H_{n7-5} = \Delta H_{n9-8}$. Это обуславливает равномерность распределения расхода по высоте загрузки фильтра с центральной перфорированной трубой.

Так как в модели фильтра для очистки воды с центральной перфорированной трубой площади в точках 6, 7 и 9, а также в точках 4, 5 и 8, через которых проходит фильтруемый поток, равны ($\omega_6 = \omega_9 = \omega_7$, $\omega_4 = \omega_8 = \omega_5$), то из равенства (2), следует, что $Q_{6-4} = Q_{7-5} = Q_{9-8}$.

Следовательно, эпюра распределения

расхода по живому сечению фильтра имеет вид, представленный на рисунке 3, б. Экспериментально полученные эпюры расходов подтвердили, что у фильтра с центральной перфорированной трубой, в отличие от щелевого фильтра, расход по высоте загрузки распределен равномерно.

Выводы

Экспериментально полученные эпюры расходов подтвердили, что благодаря гидравлическим сопротивлениям, которые создаются специальной перфорацией центральной трубы, расходы в верхней и нижней частях фильтра будут равны. Следовательно, предлагаемая конструкция фильтра со специально разработанной перфорацией позволяет решить проблему снижения расхода в верхней части фильтра по сравнению с расходом в его нижней части. При равномерном распределении очищаемой жидкости по высоте загрузки разработанного фильтра будет достигаться качественная очистка воды от различных загрязнений, что позволит довести ее показатели до требований санитарно-гигиенических норм для воды, предназначенной для удовлетворения хозяйственно-питьевых нужд на животноводческих комплексах.

Библиографический список

1. Саитов, В.Е. Санитарно-гигиенические требования к питьевой воде для животноводческих ферм / В.Е.Саитов, А.Б. Котюков // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. - 2016. - № 6, часть 5. - С. 830-833.
2. Саитов, В.Е. Анализ существующих загрязнений в источниках водоснабжения животноводства / В.Е.Саитов, А.Б.Котюков // Состояние и перспективы развития АПК Центрального Нечерноземья. Материалы Международной заочной научно - практической конференции посвященной 120-летию создания ФГБНУ Смоленской ГОСХОС. - Стодолище: ФГБНУ Смоленская ГОСХОС, 2016. - С. 273-277.
3. Саитов, В.Е. Способы и применяемые материалы для очистки воды на животноводческих комплексах/ В.Е.Саитов, А.Б.Котюков // Научное обеспечение устойчивого развития АПК в современных условиях. Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 80-летию Нижегородского НИИСХ. - Нижний Новгород, 2016. - С. 232-235.
4. Совершенствование конструкций фильтров для очистки воды в животноводческих комплексах : монография / В.Е. Саитов, П.А. Савиных, А.Б. Котюков, В. Романюк, М. Лукажук; под науч. ред. Вацлава Романюка // Проблемы интенсификации животноводства с учетом охраны окружающей среды и производства альтернативных источников энергии, в том числе биогаза. - Фаленты-Варшава, 2016. - С. 187-194.
5. Саитов, В.Е. Определение электрического сопротивления различных материалов для создания модели фильтра для очистки воды методом электрогидродинамических аналогий / В.Е.Саитов, А.Б. Котюков // Современные тенденции развития науки и технологий. Материалы XVIII Международной научно-практической конференции. - Белгород, 2016. - № 9-1. - С. 57-59.
6. Котюков, А.Б. Применение материалов УВС и АУТ для создания моделей метода ЭГДА / А.Б. Котюков // Вестник Уральского государственного технического университета.- 2004. -Выпуск 7.- С.275-276.
7. Скрипченко, Г.Б. Структура углеродных волокон/ Г.Б. Скрипченко // Химические волокна. - 1991. - № 3. - С. 26.
8. Saitov, V.E.Requirements for materials to create an effective model filters for cleaning water by electrohydrodynamic analogy [Электронный ресурс] / V.E. Saitov, A.B. Kotyukov // International Journal of Applied and Fundamental Research. - 2016. - № 2. - URL: www.science-sd.com/464-25111 (accessed 06.10.2016).
9. Штеренлихт, Д.В. Гидравлика / Д.В. Штеренлихт.- М.: Энергоатомиздат, 1984. - 640 с.

RESEARCH OF LIQUID CONSUMPTION DISTRIBUTION ALONG THE HEIGHT OF THE WATER FILTER WITH CENTRAL SLOTTED PIPE

Saitov V.E., Kotyukov A.B.
FSBSE SRIA of the North-East,
610007, Kirov, Lenina st., 166a;
Tel.: 89123320494; E-mail: vicsait-valita@e-kirov.ru

One of the main tasks of the agro-industrial complex of Russia development is the improvement of the animal breeding sector. Livestock is one of the largest consumers of water in agriculture. The needs of livestock in water dozens of times exceed the needs of the population. Therefore, water is an indispensable element for normal animals' wellbeing. Consequently, the most thorough and economical water purification from dissolved organic and other contaminants, especially pesticides, to satisfy the requirements of regulatory documents, is one of the most urgent tasks of livestock development. One of the main ways to implement these measures in livestock complexes is the use of filters that have a central intake tube with longitudinal slotted holes. The area of these holes does not vary with the height of the filter. Therefore, there is non-uniformity in the distribution of water flow along the filter height in the filter

design. The flow at the top of the filter is less than in the lower part. This leads to efficiency reduction of water purification by the filter. A method for eliminating the inequality of fluid flow distribution along the height of the slotted filter used for water purification in livestock complexes by means of uneven perforations of the central intake pipe with round holes is proposed. The conducted studies of the method of electrohydrodynamic analogies have confirmed the uniformity of flow distribution along the filter height of the devised filter. Due to the hydraulic resistance, which is created by a special perforation of the central pipe, the consumption in the upper and lower parts of the filter is equal. As a result of even distribution of the liquid along the filter height of the developed filter, high-quality water purification from various contaminants will be achieved and will correspond to the sanitary and hygienic norms of household and drinking needs for cattle-breeding complexes.

Bibliography

1. Saitov, V.E. Sanitary and hygienic requirements for drinking water for livestock farms / V.E. Saitov, A.B. Kotyukov // *International Journal of Applied and Fundamental Research*. - 2016. - № 6, Part 5. - P. 830-833.
2. Saitov, V.E. Analysis of existing pollution in the sources of water supply of livestock / V.E. Saitov, A.B. Kotyukov // *State and prospects for the development of the AIC of the Central Non-Black Earth Region. Materials of the International distance Scientific and Practical Conference dedicated to the 120th anniversary of foundation of FSBEI SAES*. - Stodolishche: FSBEI SAES, 2016. - P. 273-277.
3. Saitov, V.E. Methods and applied materials for water purification on cattle-breeding complexes / V.E. Saitov, A.B. Kotyukov // *Scientific support of sustainable development of agro-industrial complex in modern conditions. Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference, dedicated to the 80th anniversary of Nizhny Novgorod agricultural Research Institute*. - Nizhny Novgorod, 2016. - P. 232-235.
4. Design improvement of filters for water purification on livestock complexes: monograph / V.E. Saitov, P.A. Savinykh, A.B. Kotyukov, V. Romanyuk, M. Lukazhuk; edited by Vaclav Romanyuk // *Problems of intensification of cattle breeding taking into account environmental protection and production of alternative energy sources, including biogas*. - Falenti-Warsaw, 2016. - P. 187-194.
5. Saitov, V.E. Specification of electrical resistance of various materials for creating a model of filter for water purification by the electrohydrodynamic analogy method / V.E. Saitov, A.B. Kotyukov // *Modern trends in science and technology development. Materials of the XVIII International Scientific and Practical Conference*. - Belgorod, 2016. - № 9-1. - P. 57-59.
6. Kotyukov, A.B. Application of materials of UVS and AUT for creation of EGDA method models / A.B. Kotyukov // *Vestnik of Ural State Technical University, 2004.-Issue 7.- P.275-276*.
7. Skripchenko, G.B. Structure of carbon fibers / G.B. Skripchenko // *Chemical Fibers*. - 1991. - №3. - P. 26.
8. Saitov, V.E. Requirements for materials to create an effective model filters for cleaning water by electrohydrodynamic analogy [Electronic resource] / V.E. Saitov, A.B. Kotyukov // *International Journal of Applied and Fundamental Research*. - 2016. - No. 2. - URL: www.science-sd.com/464-25111 (accessed on 06.10.2016).
9. Shterenlicht, D.V. *Hydraulics* / D.V. Shterenlicht. - Moscow: Energoatomizdat, 1984. - 640 p.