

DOI: 10.21122/2227-1031-2016-15-4-287–291

УДК 628.112

## Использование фильтров из волокнистых материалов в мелиоративном и гидротехническом строительстве

Докт. техн. наук, проф. В. Т. Климков<sup>1)</sup><sup>1)</sup>Белорусский национальный технический университет (Минск, Республика Беларусь)© Белорусский национальный технический университет, 2016  
Belarusian National Technical University, 2016

**Реферат.** При строительстве первых дренажных трубчатых систем столкнулись с проблемой защиты их от заиливания частицами грунта, проникающими через входные отверстия. Поиски и исследования привели к использованию различных волокнистых материалов, играющих роль фильтров. Вначале широко применялись стеклохолсты. Однако они, обладая хорошими фильтрационными свойствами, имели ряд существенных недостатков. Большую роль в использовании пластмасс сыграли работы, выполненные в Институте механики металлополимерных систем (г. Гомель, Республика Беларусь). Разработана технология получения термоскрепленных волокон из термопластов, названных полиэтилен-холстами. Исследование свойств последних под нагрузкой показало, что при определенных давлениях их поперечная и продольная проницаемости становятся равными, т. е. материал делается изотропным. Рассмотренные взаимодействия фильтрующего материала и опорного каркаса выявили, что основная фильтрация воды происходит непосредственно над перфорационными отверстиями, в то время как материал над глухими участками каркаса в работе не участвует. В связи с этим разработана новая конструкция фильтрующего элемента, который может использоваться в водозаборах поверхностных и подземных вод. Фильтрующий элемент состоит из опорного каркаса с отверстиями и установленного на нем фильтрационного покрытия. Между ними на опорном каркасе выполнены водоподводящие полости – канавки, расходящиеся в виде лучей от перфорационных отверстий. Эти канавки могут иметь боковые ответвления второго, третьего и т. д. порядков. Поскольку лучеобразное расположение канавок создает кратчайшие пути потока профильтровавшейся воды от периферии к отверстиям каркаса, а площадь поперечного сечения канавок в сотни раз превосходит площадь поровых ходов в водоприемном покрытии, обеспечивается свободное движение воды к отверстиям, а тем самым высокая производительность элемента, так как в работу вовлекается почти вся поверхность водоприемного покрытия. Такие фильтрующие элементы могут использоваться в различных конструкциях фильтрования жидкостей и газов.

**Ключевые слова:** полиэтилен-холст, водопроницаемость, изотропия, водоподводящие канавки**Для цитирования:** Климков, В. Т. Использование фильтров из волокнистых материалов в мелиоративном и гидротехническом строительстве / В. Т. Климков // *Наука и техника*. 2016. Т. 15. № 4. С. 287–291

## Usage of Filters from Fibrous Materials in Ameliorative and Hydro-Technical Construction

V. T. Klimkov<sup>1)</sup><sup>1)</sup>Belarusian National Technical University (Minsk, Republic of Belarus)

**Abstract.** Construction of first drainage tubular systems has been facing such problem as their protection against silting-up by soil particles penetrating through input openings. Searches and investigations have led to usage of various fibrous materials which are playing the role of filters. At the beginning glass-fibre mats have been widely applied for this purpose. However, the mats possessing good filtration properties have had a number of fundamental disadvantages. Works executed at the Institute of Mechanics of Metal Polymeric Systems (Gomel, Republic of Belarus) have played a big role in usage of plastic

**Адрес для переписки**Климков Василий Тихонович  
Белорусский национальный технический университет  
просп. Независимости, 150,  
220013, г. Минск, Республика Беларусь  
Тел.: +375 17 267-71-74  
fes@bntu.by**Address for correspondence**Klimkov Vasily T.  
Belarusian National Technical University  
150 Nezavisimosty Ave.,  
220013, Minsk, Republic of Belarus  
Tel.: +375 17 267-71-74  
fes@bntu.by

materials. A new technology has been developed with the purpose to obtain thermally-bonded fibres from thermoplastic material. The fibres have been called as polyethylene mats. Investigation of their properties has been carried out under load and it has revealed that their lateral and longitudinal permeability becomes equal at specified pressures, in other words the material takes an isotropic state. The considered interactions of filtrating material and skeleton frame have shown that the main water filtration occurs directly above perforation holes while the material above blind frame sections does not participate in the process. Due to this a new design of the filtrating element has been developed and it can be used in water intake systems for surface and underground water. The filtrating element consists of the skeleton frame with openings and a filtration covering which is installed on the frame. Water-feeding groove cavities are located on the skeleton frame and they are dispersing from perforation holes in the form of beams. These grooves can have side branches of the second, third and other orders. As beam-like arrangement of grooves creates the shortest flow paths for filtrated water from periphery to frame holes and area of groove cross section exceeds the area of poral holes in water in-take covering by a factor of hundreds, it is possible to ensure free water flow to openings. So such approach makes it possible to obtain high element productivity because practically the whole surface of the water in-take covering is involved in the process. Such filtrating elements can be used in various constructions for filtration of liquid and gas.

**Keywords:** polyethylene mat, water permeability, isotropy, water feeding grooves

**For citation:** Klimkov V. T. (2016) Usage of Filters from Fibrous Materials in Ameliorative and Hydro-Technical Construction. *Science & Technique*. 15 (4), 287–291 (in Russian)

В недалеком прошлом при строительстве гидротехнических и мелиоративных сооружений в качестве фильтров применялись в основном песчано-гравийные смеси, сложные и трудоемкие. При сооружении же первых дренажных трубчатых систем столкнулись с проблемой: как предотвратить поступление частиц грунта в полость труб и их закупорку [1, 2]. В глинистых и торфяных грунтах для этого стыки керамических труб обкладывали мхом. В песчаных грунтах такое не помогало – дренаж заиливался.

Поиски и исследовательские работы привели к стекловолоконистым материалам, применяемым для защиты дренажа от механического заиливания. Вначале использовался стеклохолст, изготавливаемый для кровельных работ, тепло- и гидроизоляции [3, 4]. Но при удовлетворительных защитно-фильтрующих свойствах он имел недостаточные прочность на разрыв, гибкость и т. д. В связи с этим разработали и освоили выпуск специальных стеклохолстов ВВ-М (воздушной вытяжки, мелиоративный) и ВВ-АМ (воздушной вытяжки, армированный мелиоративный). Стеклоткани из-за низких фильтрационных свойств оказались непригодными в качестве защитно-фильтрационных материалов (ЗФМ). Вместе с тем стеклохолсты ВВ-М и ВВ-АМ при хороших своих технических свойствах и экономичности в санитарно-гигиеническом отношении неудобны в работе – стеклянная пыль, попадая на кожу человека, вызывает длительные неприятные ощущения.

В западноевропейских странах переход на другие фильтрующие материалы осуществлен не столько из-за санитарно-гигиенических тре-

бований, сколько потому, что использовавшиеся там холсты имели более низкие фильтрационные свойства, обусловленные меньшим диаметром элементарных волокон и меньшей толщиной, чем у применяемых в нашей стране. Поэтому в западных странах (наиболее характерна в этом отношении Германия) осуществлен переход к фильтрам из полимерных и органических натуральных материалов: фильтры из вискозного штапельного волокна, трубы с перлоновыми (полиамидными, аналогами капрона) шнурами; «Фибротекс» с полиэфирными волокнами, трубы с ржаной соломой, кокосовыми волокнами, древесными стружками, древесными волокнами, полипропиленовыми неткаными материалами [5, 6]. В бывшем СССР большая гамма синтетических нетканых материалов испытывалась во ВНИИводополимер (г. Елгава), но широкое практическое использование получили материалы на основе вискозы с лавсаном.

Институтом механики металлополимерных систем (г. Гомель) освоена технология получения волокнистого материала из термопластов, главным образом из полиэтилена высокого давления, который получил название полиэтилен-холст (ПЭ-холст). Особенностью этой технологии является то, что без существенной переналадки оборудования можно получать изделия в широком диапазоне свойств: диаметров элементарных волокон, толщины и ширины полотна, плотности. Кроме того, существенно, что соединение волокон друг с другом осуществляется термической сваркой без связующего. Поэтому, используя, например, мароч-

ный ассортимент полиэтилена, допущенного к применению в системах водоснабжения, для контакта с пищевыми продуктами, в медицине и т. д., можно получать изделия, имеющие эти же области применения. Налажен выпуск рулонного материала из ПЭ-холста, фильтрующих муфт, пластин.

Поскольку фильтрационная обкладка дренажных труб не только защищает их от заиления, но и повышает осушительное действие, уменьшая сопротивление потоку воды из грунта в полость труб, в определенных условиях с этой целью специально рекомендуют увеличивать толщину данной обкладки. При этом происходит своеобразное увеличение водопроницаемой поверхности дрены (диаметр дрены или скважины вместе с обсыпкой В. В. Ведерников назвал эффективным). Для этого используют сыпучие материалы или специальные фильтрующие элементы.

Попытки объяснить увеличение расхода из обернутых каркасов по сравнению с необернутыми увеличением эффективного диаметра на толщину обертки не подтверждаются расчетом. Так, при наружном диаметре 42 мм и толщине обертки 1 мм увеличение диаметра от 42 до 44 мм должно было увеличить расход только на 1 %. Фактическое же увеличение достигает 35–60 %. Объясняется это, с одной стороны, предотвращением блокирования входных отверстий частицами грунта и созданием более благоприятных условий входа. С другой стороны, через фильтрующий материал проходит часть пылеватых и глинистых частиц из прифильтровой зоны, создавая область повышенной водопроницаемости.

Первые опыты автора статьи с фильтрующими материалами показали, что проницаемость их существенно изменяется под действием нагрузки [7]. Изменение коэффициента фильтрации под нагрузкой имеет быстро затухающий характер, 90 % общего снижения этого коэффициента происходит при давлении до 0,2 МПа (рис. 1). Объясняется это сближением отдельных волокон между собой на первом этапе, их более плотной укладкой. Пористость при этом резко уменьшается. С увеличением нагрузки начинают деформироваться уже сами волокна, что требует больших усилий. Однако пористость и соответственно коэффи-

циент фильтрации уже изменяются не так интенсивно.

Результаты опытов продольной фильтрации в образцах ПЭ-холста показали, что, как и при нормальной фильтрации, в этом случае скорость фильтрации линейно зависит от напора, а под нагрузкой графики имеют затухающий характер. Из опытов, проведенных на образцах из одного и того же материала, следует, что без нагрузки поперечная проницаемость более чем в два раза превосходит продольную, но при сжатии поперечная проницаемость уменьшается более интенсивно, чем продольная. При давлении 60 кПа коэффициент поперечной фильтрации становится вдвое меньше начального, в то время как продольный снижается только на 10 %, а при давлении около 70 кПа проницаемость в поперечном и продольном направлениях выравнивается, т. е. материал в фильтрационном отношении становится изотропным.

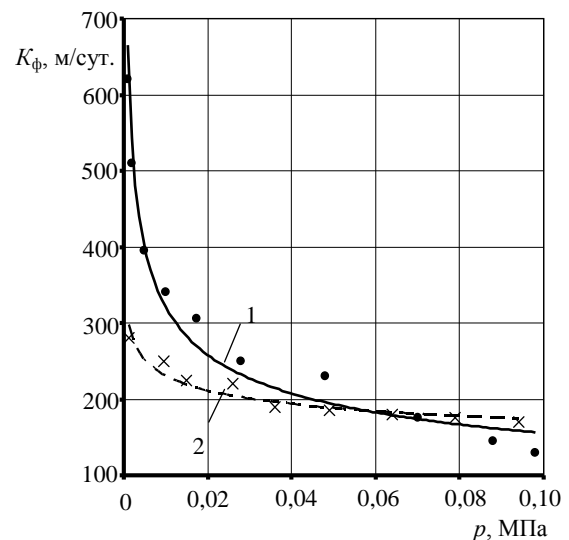


Рис. 1. Графики зависимости коэффициента фильтрации волоконистого материала от нагрузки при фильтрации: 1 – поперечной; 2 – продольной

Fig. 1. Diagrams for dependence of fibrous material filtration coefficient on loading during filtration: 1 – lateral loading; 2 – longitudinal loading

Поскольку поверхностные воды, отводимые в дренаж, переносят значительное количество взвесей, которые могут заилить полости дренажей, ставится задача задержания их различными фильтрующими устройствами. Известно много видов устройств для решения данного вопроса, но сказать, что проблема решена оптималь-

ным образом, нельзя. Связано это в первую очередь со сложными, жесткими, порой антагонистическими требованиями, предъявляемыми к таким сооружениям [8]. Вместе с тем все эти конструкции рассчитаны на пропуск вод со взвесями определенного состава. Однако в зависимости от гидрографа притока воды меняются и состав взвесей, и транспортирующая способность трубопровода. Так, при малой приточности с водой поступают мелкие взвеси, а при увеличении расхода и скоростей потока увлекаются все более крупные частицы. Но также увеличивается транспортирующая способность отводящего трубопровода, и в случае установки мелкопористого фильтрующего элемента он будет закольматирован. При установке же крупнопористого фильтрующего элемента возникает опасность заиливания трубопровода частицами, проходящими через фильтр, но выпадающими в осадок при малых скоростях потока в самом трубопроводе.

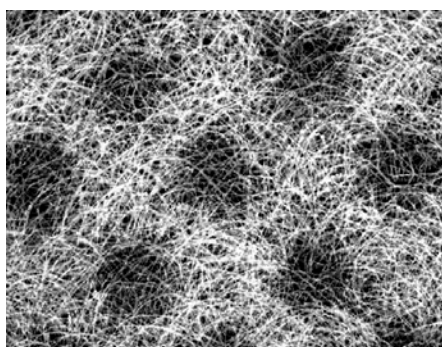


Рис. 2. Фотография полиэтилен-холста, бывшего в эксплуатации

Fig. 2. Photo of the used polyethylene mat

Рассмотренные взаимодействия фильтрующего материала и опорного каркаса в виде перфорированной трубы выявили, что основная фильтрация воды происходит непосредственно над перфорационными отверстиями, в то время как материал над глухими участками каркаса в работе не участвует (рис. 2). В связи с этим разработана новая конструкция фильтрующего элемента, который может использоваться в водозаборах поверхностных и подземных вод и других устройствах очистки жидкостей и газов от механических частиц.

Фильтрующий элемент (рис. 3) состоит из опорного каркаса с входными отверстиями и

установленного на нем фильтрационного покрытия. Между ними на опорном каркасе выполнены водоподводящие канавки (полости), расходящиеся в виде лучей от перфорационных отверстий. Эти канавки могут иметь боковые ответвления второго 5, третьего 6 и т. д. порядков [9].

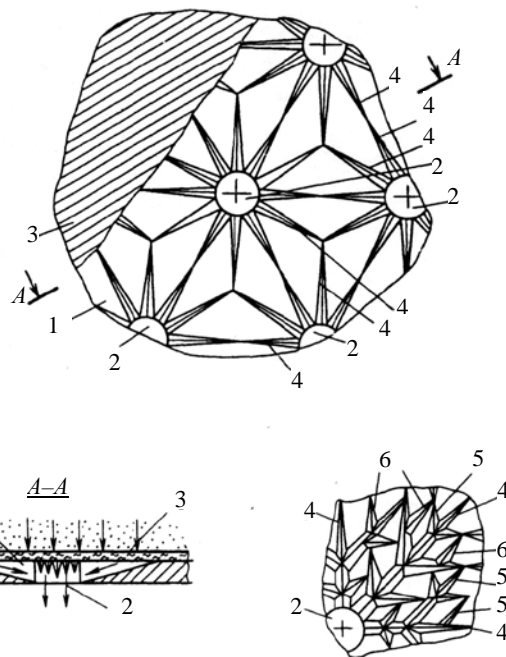


Рис. 3. Фильтрующий элемент: 1 – опорный каркас; 2 – входное отверстие; 3 – фильтрационное покрытие; 4 – водоподводящие канавки; 5, 6 – водоподводящие канавки второго и третьего порядков

Fig. 3. Filtrating element: 1 – skeleton frame; 2 – input opening; 3 – filtration covering; 4 – water feeding grooves; 5, 6 – water feeding grooves of the second, third order

Такой фильтрующий элемент может изготавливаться, например, одновременной штамповкой отверстий и канавок из листа металла, используемого как опорный каркас. Возможно устройство канавок и на фильтрационном покрытии в соответствии с размещением отверстий на опорном каркасе. Если же в качестве опорного каркаса использовать пластмассовую трубу, то канавки можно формовать на ней горячим штампом.

Разветвленная сеть канавок может покрывать всю поверхность каркаса. Поскольку лучеобразное расположение канавок создает кратчайшие пути потоку профильтрованной воды от периферии к отверстиям каркаса, а площадь

поперечного сечения канавок в сотни раз превосходит площадь поровых ходов в водопроницаемой покрытии, обеспечиваются свободное движение воды к отверстиям и тем самым высокая производительность элемента, поскольку в работу вовлекается почти вся поверхность водопроницаемого покрытия. Такие фильтрующие элементы могут использоваться в различных конструкциях фильтрации жидкостей и газов. Перспективны направления применения волокнистых фильтрационных материалов при осушении и укреплении грунтов, рыбозащите, в сельском хозяйстве, гидротехническом и гражданском строительстве. Это создание ленточных дрен и слоистых панелей, крепление откосов земляных сооружений и пр.

### ВЫВОДЫ

1. Волокнистые материалы на основе полимеров позволяют создавать новые высокоэффективные конструкции фильтрационных элементов для различных областей применения [9].

2. Дальнейшее совершенствование гидротехнических сооружений и мелиоративных систем должно включать новые фильтрующие конструкции для предотвращения их выхода из строя и увеличения долговечности.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Зубец, В. М. Исследование заиляемости гончарного дренажа / В. М. Зубец, А. И. Мурашко // Осушение и использование торфяно-болотных почв: сб. Минск: Сельхозиздат БССР, 1963. С. 62–88.
2. Мурашко, А. И. Защита дренажа от заиления / А. И. Мурашко, Е. Г. Сапожников. Минск: Ураджай, 1978. 168 с.
3. Svihla V. Drenazni Filtry / V. Svihla. Praha, 1980. 140 p.
4. Эггельсман, Р. Руководство по дренажу / Р. Эггельсман; пер. с нем. М.: Колос, 1984. 248 с.
5. Stein, H. Modellexperimente fur Entwässerungswirkung von Dranrohren in Abhängigkeit von ihrer Größe und Perforation / H. Stein, R. Dannowski, J. Quast // Zeitschrift fuer Kulturtechnik und Flurbereinigung, 1990. P. 281–393.
6. Collins, H. J. Pruffing von Dran Filterstoffen / H. J. Collins, H. Karge // Wasser und Boden. 1978. Vol. 30, No 10. P. 266.
7. Воронцов, Б. А. Фильтрационные характеристики волокнисто-пористого полиэтилена / Б. А. Воронцов, В. Т. Климов // Новые конструкции мелиоративных систем и сооружений на них: сб. статей. Минск, 1982. С. 163–171.
8. Дренаж с волокнистыми фильтрами для защиты территорий от подтопления / Н. Г. Пивовар [и др.]. Киев: Нац. акад. наук Украины, Ин-т гидромеханики, 2000. 332 с.
9. Фильтрующий элемент: пат. 1599049 СССР: МПК В01Д 25/00 / В. Т. Климов, А. П. Майорчик, И. М. Шаталов; дата публ.: 15.10.1990.

Поступила 17.02.2016

Подписана в печать 18.04.2016

Опубликована онлайн 28.07.2016

### REFERENCES

1. Zubets V. M., Murashko A. I. (1963) Investigations on Silting of Tile Drainage. *Osushenie i Ispolzovanie Torfiano-Bolotnykh Pochv. Sbornik* [Drainage and Usage of Peat-Bog Soils]. Minsk, Publishing House "Selkhozdat BSSR", 62–88 (in Russian).
2. Murashko A. I., Sapozhnikov E. G. (1978) *Protection of Drainage Against Silting*. Minsk, Publishing House "Uradzhay". 168 (in Russian).
3. Svihla V. (1980) *Drenazni Filtry*. Praha. 140.
4. Eggelsman R. (1984) *Guide for Drainage*. Moscow, Kolos. 248 (in Russian).
5. Stein H., Dannowski R., Quast J. (1990) Modellexperimente fur Entwässerungswirkung von Dranrohren in Abhängigkeit von Ihrer Größe und Perforation. *Zeitschrift fuer Kulturtechnik und Flurbereinigung*, 281–393 (in German).
6. Collins H. J., Karge H. (1978) Pruffing von Dran Filterstoffen. *Wasser und Boden*, 30 (10), 266 (in German).
7. Vorontsov B. A., Klimkov V. T. (1982) Filtration Characteristics of Fibrous and Porous Polyethylene. *Novye Konstruktsii Meliorativnykh Sistem i Sooruzhenii na Nkh. Sb. Statei* [New Designs of Melioration Systems and Constructions. Collected Papers]. Minsk, 163–171 (in Russian).
8. Pivovar N. G., Bugai N. G., Fridrikhson V. L., Krivonog A. I., Krivonog V. V. (2000) *Drainage with Fibrous Filters for Territory Protection Against Under-Flooding*. Kiev: National Academy of Sciences of Ukraine, Institute of Hydromechanics. 332 (in Russian).
9. Klimkov V. T., Mayorchik A. P., Shatalov I. M. (1990) Filtrating Element. Patent USSR No 1599049.

Received: 17.02.2016

Accepted: 18.04.2016

Published online: 28.07.2016