АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 628.161 DOI: https://doi.org/10.32515/2414-3820.2022.52.166-177

Н.О. Матлах
Кіровоградська Мала академія наук учнівської молоді, м. Кропивницький, Україна
Д.В. Трушаков, доц., канд. техн. наук, **О.А. Козловський,** доц., канд. техн. наук, **М.О. Федотова**, канд. техн. наук
Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна
e-mail: dmitro.trushakov@gmail.com

Створення багатосекційного фільтру очищення води з автоматизованим контролем забруднення мембран

Статтю присвячено створенню багатосекційного фільтру очищення води, який можливо виготовити власноруч у домашніх умовах. При цьому необхідно у фільтрі необхідно застосувати автоматизований контроль забруднення мембран у секціях фільтру. Основною метою дослідження є розробка простого та дешевого багатосекційного фільтру очищення питної води, який поєднав би у собі різні технології очистки з можливістю власноручного його виготовлення та з можливістю автоматизованого контролю забруднення мембран. Завданням дослідження є розробка та виготовлення діючої моделі багатосекційного фільтру очищення питної води - конструкція фільтру повинна бути багатосекційною, з мембранами, що містять різні наповнювачі для очистки води; простою та дешевою для власноручного виготовлення в домашніх умовах; конструкція фільтру повинна передбачати автоматизований контроль ступеня забруднення мембран у секціях фільтру. Шляхом проведеного аналізу існуючих розповсюджених побутових фільтрів води визначено найбільш оптимальне рішення по розробці власної конструкції побутового фільтру води. В результаті проведеного аналізу було створено діючу модель трьохсекційного фільтру води – перша секція містить мембрану з кварцовим піском, друга секція містить мембрану з порошком активованого вугілля, третя секція містить мембрану з дрібними шматочками шунгіту (або з дрібними шматочками кремнію). В результаті проведеного експериментального дослідження фільтрування забрудненої води з допомогою виготовленого трьохсекційного фільтру було визначено, що вага води після проходження через фільтр зменшується внаслідок затримки речовин зі щільністю більшою ніж у води (тверді домішки). Також відфільтрована вода стала прозорою та перестала пінитись при збовтувані. Це підтверджує працездатність запропонованого фільтру. Розроблений трьохсекційний фільтр може використовуватися як окремий самостійний фільтр води або додатково з побутовими поліпропіленовими фільтрами води для якісного фільтрування домішок до 1мкм.

фільтр води, мембрана фільтру, автоматизований контроль забруднення мембрани фільтру

Постановка проблеми. Сьогодні в Україні існує проблема погіршення якості питної води. Ця проблема виникла внаслідок зношення водопровідних мереж, застарілих очисних споруд, забруднення річок та водосховищ.

Питна вода, призначена для споживання людиною, повинна відповідати Державним санітарним нормам і правилам ДСанПіН 2.2.4-171-10 та Державному стандарту України ДСТУ 7525:2014 «Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості» [1, 2]: бути безпечною в епідемічному та радіаційному відношенні, мати сприятливі органолептичні властивості та нешкідливий хімічний склад. Для виробництва питної води слід надавати перевагу воді підземних джерел питного водопостачання населення, надійно захищених від біологічного, хімічного та радіаційного забруднення.

© Н.О. Матлах, Д.В. Трушаков, , О.А. Козловський, М.О. Федотова, 2022

В 2021 році Кабінет Міністрів України схвалив концепцію Загальнодержавної цільової соціальної програми «Питна вода України» на 2022-2026 роки [3].

Постановка завдання. Основною метою роботи є підвищення якості питної води завдяки розробці простого та дешевого багатосекційного фільтру очищення питної води. Цей фільтр повинен поєднати різні технології очистки з можливістю власноручного його виготовлення. Необхідно передбачити автоматизований контроль забруднення мембран у секціях фільтру.

Завдання дослідження. Провести аналіз конструкційних особливостей та принципів дії розповсюджених фільтрів та визначитися з принципом дії та конструкцією. Розробити та виготовити діючу модель багатосекційного фільтру очищення питної води - конструкція фільтру повинна бути багатосекційною, з мембранами, що містять різні наповнювачі для очистки води; простою та дешевою для власноручного виготовлення в домашніх умовах; конструкція фільтру повинна передбачати автоматизований контроль ступеня забруднення мембран у секціях фільтру. Експериментально підтвердити працездатність розробленої конструкції фільтру очищувати питну воду.

Об'єкт дослідження це очищення води у побуті.

Предмет дослідження це багатосекційний побутовий фільтр для очищення питної води, що власноруч можна виготовити у домашніх умовах.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питна вода, призначена для споживання людиною, повинна відповідати Державним санітарним нормам і правилам ДСанПіН 2.2.4-171-10 та Державному стандарту України ДСТУ 7525:2014 «Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості» [1, 2]. У роботі [3] приведено опис Загальнодержавної цільової соціальної програми «Питна вода України» на 2022-2026 роки. У роботі [4] запропоновано конструкцію фільтру для очистки нафтомістящих вод. У роботі [5] приводиться опис розробки гранули фільтруючого матеріалу. У роботі [6] описано універсальний фільтрувальний пристрій для очищення водопровідної або річкової, або підземної води і одержання питної води підвищеної якості споживання. У роботі [7] приведено опис фільтруючого матеріалу для очистки питної води. У роботі [8] приведено опис сорбційно-фільтраційного матеріалу для очищення води.

Постановка завдання. В даній роботі дослідження спрямовані на розробку багатосекційного фільтру очищення води, який можливо виготовити власноруч у домашніх умовах. При цьому необхідно у фільтрі необхідно застосувати автоматизований контроль забруднення мембран у секціях фільтру.

Виклад основного матеріалу. Сьогодні в Україні існує проблема погіршення якості питної води. Ця проблема виникла внаслідок зношення водопровідних мереж, застарілих очисних споруд, забруднення річок та водосховищ.

Питна вода, призначена для споживання людиною, повинна відповідати Державним санітарним нормам і правилам ДСанПіН 2.2.4-171-10 та Державному стандарту України ДСТУ 7525:2014 «Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості» [1, 2]: бути безпечною в епідемічному та радіаційному відношенні, мати сприятливі органолептичні властивості та нешкідливий хімічний склад. Для виробництва питної води слід надавати перевагу воді підземних джерел питного водопостачання населення, надійно захищених від біологічного, хімічного та радіаційного забруднення.

В 2021 році Кабінет Міністрів України схвалив концепцію Загальнодержавної цільової соціальної програми «Питна вода України» на 2022-2026 роки [3].

На Кіровоградщині включаючи місто Кропивницький постачальником питної водопровідної води є обласне виробниче комунальне підприємство "Дніпро-

Кіровоград". Нажаль водопровідна вода у Кропивницькому внаслідок зношення водопровідних мереж та інших факторів не повністю відповідає санітарним нормам. Так, наприклад, за даними хіміко-бактеріологічної лабораторії контролю якості питної води КП «Теплоенергтик» у м. Кропивницькому не всі основні показники питної води задовільняють санітарним нормам, що представлено у таблиці 1 [9].

Таблиця 1 – Вимірювання показників складу та властивостей питної води

№ п/п	Найменування показника	Норматив ДСанПіН 2.2.4-171-10	Числове значення результату вимірювань	Позначення методики виконання вимірювань	Похибка вимірювання δ, (Δ)*. P=0,95
1	Амоній іони (мг/дм^3)	0,5 (2,6)*	0,49	МВВ 081/12-0106-03	±(20-9)%
2	Водневий показник (од.pH)	6,5-8,5	7,63	ДСТУ 4077-2001	±0,2од.pH
3	Забарвленість (град.)	20 (35)*	33,4	МВ 2-3/2018 (ГОСТ 3351-74)	±20%
4	Загальна жорсткість (моль/м^3)	7 (10)*	8,4	МВ 1-3/2018 (ГОСТ 4151-72)	±2%
5	Загальна лужність (ммоль/дм^3)	(0,5-6,5)*	10,2	ДСТУ ISO 9963-1:2007	±10%
6	Загальне залізо (мг/дм^3)	0,2 (1,0)*	0,23	КНД 211.1.4.034-95	±25% ± (0,018 – 0,14√r)*
7	Залишковий активний хлор (мг/дм^3)	1,5	0,21	МВ 3-1/2018 (ГОСТ 18190-72)	± 25 %
8	Каламутність (мг/дм^3)	0,58 (2,03)*	0,9	МВ 2-4/2018 (ГОСТ 3351-74)	±20%
9	Нітрати (мг/дм^3) Азот нітратний	<50	1,86 0,42	МВВ 081/12-0651-09	±25%
10	Нітрити (мг/дм^3)	<0,5	0,024	КНД 211.1.4.023-95	±(0,009-2)*
11	Перманганатна окиснюваність (мгО/дм^3)	<5	2,4	МВВ 081/12-0016-01	±(32-11)%
12	Сульфати (мг/дм^3)	250 (500)*	144,85	МВВ 081/12-0177-05	±9% ±3%
13	Сухий залишок (мг/дм^3)	1000 (1500)*	879	МВВ 081/12-0109-03	±10% ± 5%
14	Фториди (мг/дм^3)	0,7-1,5	1,02	МВ 1-2/2018 (ГОСТ 4386-89)	±20%
15	Хлориди (мг/дм^3)	250 (350)*	83,31	МВВ 081/12-0653-09 КНД 211.1.4.037-95	± 20 % ±(1,49-1,79)*
16	ЗМЧ (КУО/с м^3)	<50	2	МВ 10.2.1-113-2005	Не регламент
17	Ентерококк/100см^3	відсутні	відсутні	МВ 10.2.1-113-2005	Не регламент
18	E. coli/100см^3	відсутні	відсутні	МВ 10.2.1-113-2005	Не регламент

* В дужках вказано показники фізіологічної повноцінності мінерального складу питної води згідно додатків № 1-4 ДСанПіН 2.2.4-171-10 (Редакція від 28.12.2019. Норматив, зазначений у дужках, має право використовувати підприємство питного водопостачання до 1 січня 2022 року згідно додатку 2 таблиці1)

Джерело: [9]

Побутові фільтри очищення води можна умовно поділити на два види:

– звичайні фільтри очищення води, що містять поліпропіленові картриджі (розмір пор 1мкм) для фільтрування механічних домішок;

– фільтри зворотнього осмосу (з покращеними властивостями очищення води). Фільтр зворотнього осмосу – це фільтр, що складається з трьох картриджей, мембрани, накопичувального баку. Зворотній осмос – це складний фізичний процес, в якому при певному тиску рідина проходить через напівпроникну мембрану з більш концентрованого розчину в менш концентрований розчин, тобто в зворотньому для осмосу напрямку (осмос – це власно довільний перенос рідини крізь напівпроникну мембрану, яка не пропускає розчинену речовину та розділює два розчини однієї рідини з різними концентраціями).

Головним недоліком фільтрів з поліпропіленовими картриджами є те, що вони фільтрують головним чином від механічних домішок. Вони не пристосовані фільтрувати бактерії, пом'якшувати властивості води та інше. Крім того в них картріджи з очисними мембранами швидко забруднюються і якщо вчасно їх не змінювати, то вони самі становляться джерелами бактерій. Вартість цих фільтрів складає порядку 200 грн. Типовим представником поліпропіленових фільтрів є фільтр Aquakut DP 10 [10] (рис.1).

Недоліком фільтрів зворотнього осмосу є те, що вони не є звичайними фільтрами проточного типу, а є фільтрами накопичувального типу. Тобто відфільтрована вода накопичується у баку, що іде у комплекті з фільтром. Ємність цього бака є не великою, зазвичай 7 літрів. Крім того у них висока вартість – починаючи з 2000 гривень. Типовим представником фільтрів зворотнього осмосу є Ecoso MO550 [11] (рис. 2).

Рисунок 1 – Звичайний поліпропіленовий фільтр Aquakut DP 10 "1/2" Puremix
Джерело: [10]

Рисунок 2 – Система зворотнього осмосу Ecoso MO550 ECOEP
Джерело: [11]

Матеріали застосовані у мембранах власного фільтру. В результаті аналізу розповсюджених побутових фільтрів води запропоновано трьохсекційний фільтр очищення води: перша секція містить мембрану з кварцового піску, друга секція містить мембрану з активованого вугілля, третя секція містить мембрану з кремнію або шунгіту (в залежності від вимог до вихідної якості води).

В якості мембранних наповнювачів можна використовувати різні речовини для очищення води: кварцовий пісок або трепел, активоване вугілля, шунгіт, кремній та інші [12-14].

Властивості кварцового піску для очистки води [15]: згубно діє на паразитів; знижує концентрацію радіонуклідів у воді; видаляє з води розчини хлору, заліза, марганцю, алюмінію; збирає іони важких металів методом адсорбції; пригнічує бактерії і віруси.

Активоване вугілля очищує воду методом адсорбції [16]: видаляє найдрібніші частинки (піщинки), іржу, окалину; шкідливі сольові з'єднання; від хлору та всіх його з'єднань; видаляє важки метали; покращує органолептичні властивості води: запах, смак, мутність, кольоровість – у підсумку вода стає прозорою та приємною на смак. Але у фільтрів з активованим вугіллям є і недолік: разом зі шкідливими речовинами з води вимиваються корисні для людини мінерали.

Для того щоб збагатити очищену воду корисними мінералами, потрібно після фільтра з активованим вугіллям поставити ще додатковий фільтр з мінералізаторами, що збагачують очищену воду корисними мінералами. В якості таких мінералів застосовують кремній та шунгіт. Вода, що оброблена кремнієм, збагачується мікроелементами, роками не псується. У кремнієвій воді виникає утворення

структурної водної системи з електричною решіткою рідких кристалів кремнію, це призводить до того що у воді відсутні патогенні мікроорганізми, а різні шкідливі домішки випадають у осад [17]. Шунгіт збагачує воду мікроелементами. Крім того він очищує воду від нітратів, сполук хлору, важких металів, різних бактерій та мікроорганізмів [18].

Вихід третьої секції (останньої) проектує мого фільтру запропоновано з'єднати зі входом звичайного поліпропіленового фільтру, за допомогою якого здійснюється фільтрування дрібних механічних часток розміром до 1 мікрона.

Конструкційна побудова секції фільтра. Конструкційну побудову секцій фільтра здійснюємо у відповідності з виконанням наступних вимог:

– внизу секції повинно здійснюватися накопичення осаду;

– дно секції повинно відкручуватися, щоб осад можна було видаляти;

– в секцію легко повинні вставлятися власноруч виготовлені мембранні фільтри з різними наповнювачами;

– потрібно передбачити здійснення контролю забруднення мембранних фільтрів.

У відповідності з цими вимогами конструкційну побудову секцій фільтра мною запропоновано виконати наступним чином. В секцію вставляються власноруч виготовлені мембранні фільтри з наповнювачами із кварцового піску, активованого вугілля, подрібнених шматочків кремнію або шунгіту. Мембранні фільтри виготовляємо з порядку 10 шарів бинту або марлі в яку загорнутий наповнювач, зверху та знизу марлі звичайна армована пластикова сітка. В якості секцій мною використані сифони для раковини. Для того щоб вони витримували тиск води, всі різьбові з'єднання я проклеїв клейовим пістолетом. Ще як варіант можна встановити кран для перекривання води перед фільтром. В цьому випадку при відкриванні крану вода зі зниженим тиском буде подаватися на фільтр, а також він не буде піддаватися постійному тиску водопровідної води. Конструкційна побудова секції фільтра представлена на рисунку 3.

Мною передбачено здійснювати контроль забруднення мембран у секціях фільтру. Для цього з обох боків мембрани фільтру у сифоні вбудовані пластини з титану (можна використати нержавіючу сталь). Кінці цих пластин виведені ззовні та з'єднані електричним ланцюгом: кнопковий вимикач, джерело живлення 4,5 В; налагоджувальний резистор; міліамперметр М42300 рис. 3 [19]. Градуювання шкали міліамперметру виконуємо дослідним шляхом наступним чином. На початку експлуатації мембрани, коли вона ще незабруднена, вмикаємо кнопковий вимикач. В наслідок того, що вода є електролітом між титановими пластинами протикає струм. За допомогою налагоджувального резистора ми добиваємось, щоб стрілка міліамперметру стала по центру шкали. Шкалу міліамперметра розфарбовуємо в три кольори, що відповідають ступеню забруднення мембранних фільтрів: зелений – нормальний стан; жовтий – початкове забруднення; червоний – сильне забруднення рис. 4.

Розфарбовування шкали проводимо наступним чином. Поверх прозорого корпусу на місце шкали в міліамперметрі наклеюємо надруковану стрічку. Невеличку ділянку надрукованої стрічки шкали зліва та з права від стрілки зафарбовуємо зеленим кольором. Далі ліворуч та праворуч зеленої ділянки зафарбовуємо жовту та червону. Зелена ділянка символізує про нормальну роботу секції фільтра, тобто про не забруднення мембрани з наповнювачем. У процесі експлуатації на мембрані будуть осідати різні домішки – іржа від труб, хлор та інші, в наслідок цього електропровідність води може збільшуватись, або зменшуватись. Час від часу у процесі експлуатації (раз у декілька діб) потрібно вмикати кнопковий вимикач і здійснювати контроль забруднення мембран. Виконане розфарбування шкали міліамперметра М42300 представлене на рис. 4.

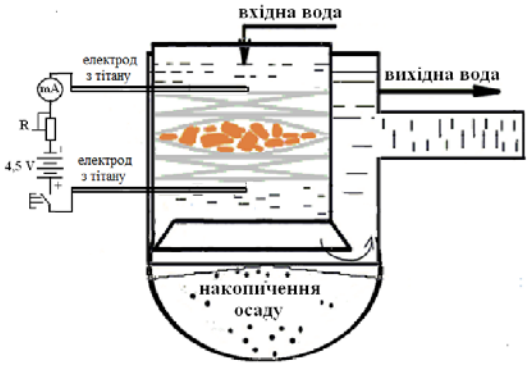

Рисунок 3 – Конструкційна побудова секції фільтра
Джерело: розроблено авторами

Рисунок 4 – Конструкційна побудова шкали міліамперметра М42300 (розфарбовано авторами)
Джерело: [19]

Конструкційна побудова трьохсекційного фільтру. В результаті виконання роботи мною сконструйовано та виготовлено діючий зразок трьохсекційного фільтру очищення питної води. Вихід побудованого мною фільтра може бути з'єднано зі входом звичайного поліпропіленового фільтру Aquakut DP 10 "1/2" Puremix [10], за допомогою якого здійснюється кінцеве фільтрування дрібних механічних часток (розмір пор мембрани фільтру 1 мікрон). Конструкційна побудова розробленого трьохсекційного фільтру з можливістю використання з побутовими поліпропіленовими фільтрами води представлена на рис. 5.

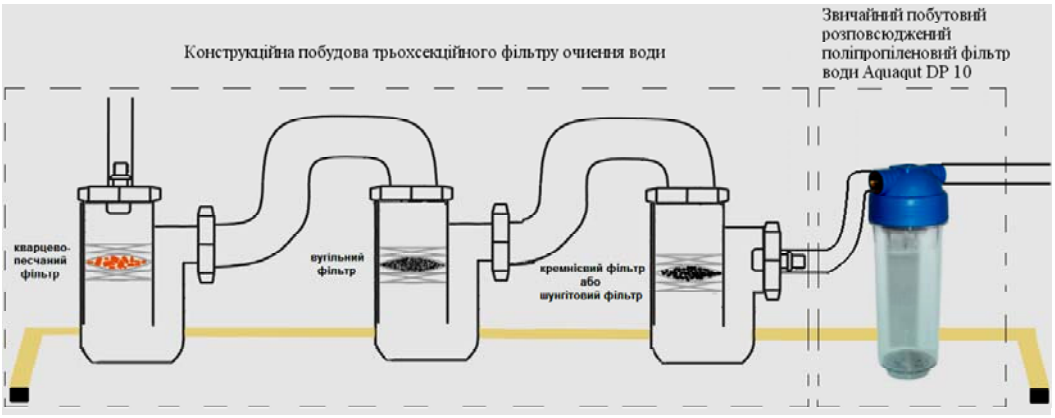

Рисунок 5 – Конструкційна побудова трьохсекційного фільтру з можливістю використання з побутовими поліпропіленовими фільтрами води
Джерело: розроблено авторами

Зовнішній вигляд виготовленого трьохсекційного фільтру представлений на рисунку 6.

Рисунок 6 – Зовнішній вигляд виготовленого трьохсекційного фільтру
Джерело: розроблено авторами

Структурна схема трьохсекційного фільтру води та алгорітм контролю мембран фільтру зображені на рисунку 7 та рисунку 8 відповідно.

Рисунок 7 - Зовнішній вигляд виготовленого трьохсекційного фільтру

Джерело: розроблено авторами

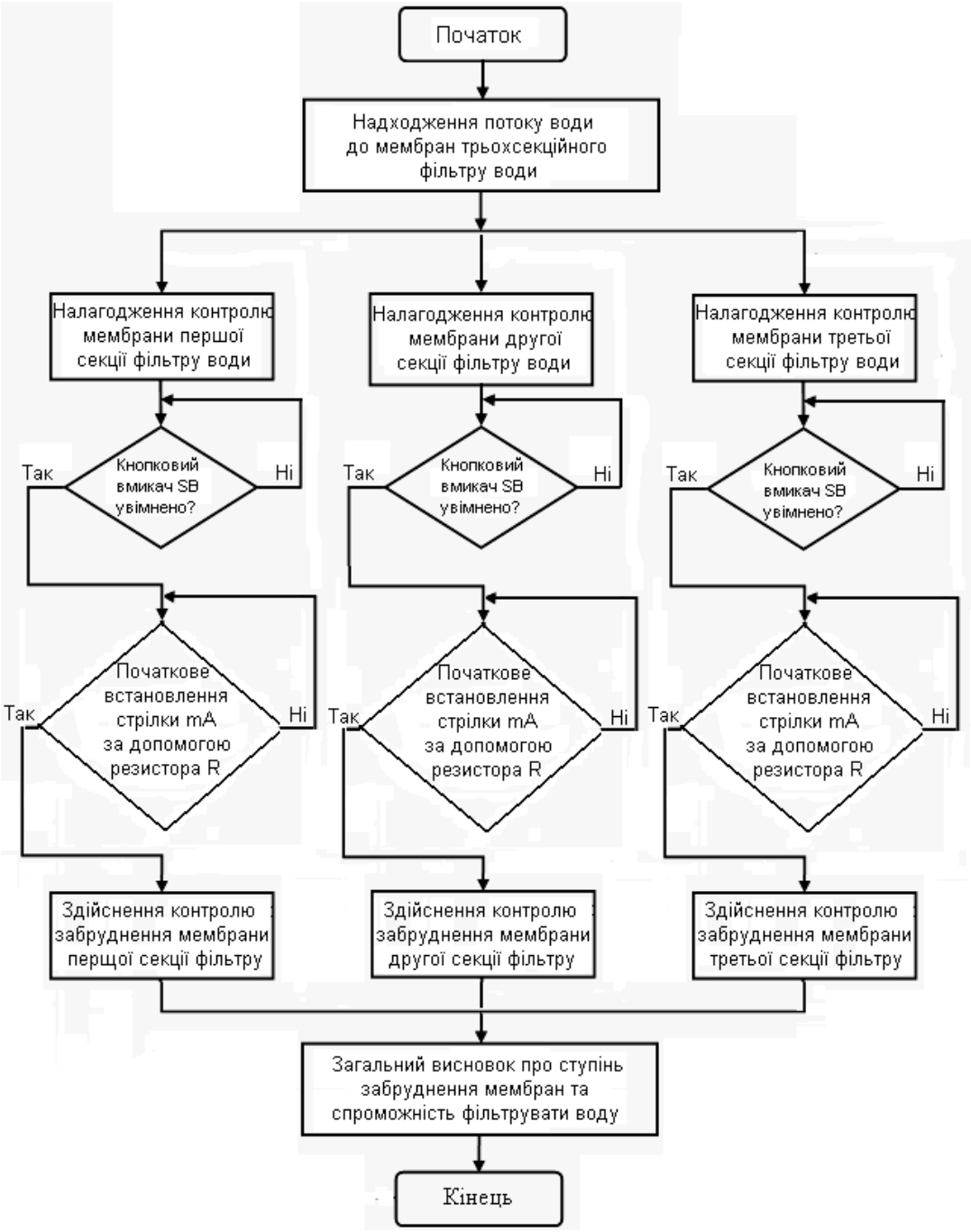

Рисунок 8 – Алгорітм контролю мембран трьохсекційного фільтру води

Джерело: розроблено авторами

Виконання експериментального дослідження. Експериментальні дослідження виконані за спеціальною методикою. Для їх проведення взяли забруднену воду з наступними властивостями: напівпрозора, містить механічні домішки у вигляді твердих часток та інших включень, при збовтувані – піниться. Потім її пропускали через виготовлений зразок трьохсекційного фільтру: при цьому перша секція містила власноруч виготовлену мембрану з кварцовим піском, друга – активованим вугіллям, третя – з дрібними шматочками шунгіту.

Мета проведеного дослідження полягала у встановленні оптимальної товщини шару кварцового піску в мембрані фільтру. Для цього відібрали 5 проб забрудненої води по 200 мл кожна в конічні колби з номерами, зважили на електронних вагах з точністю до другого знаку після коми, результати зважування занесли до таблиці 2.

Таблиця2 – Результати зважування проб забрудненої води

Вага проб, г (об'єм 200 мл без ваги колби)				
№1	№2	№3	№4	№5
200,85	200,78	200,75	201,01	200,92

Джерело: розроблено авторами

П'ять колб перед дослідженням просушували в сушильній шафі три температурі t = 90°C, охолоджували до кімнатної температури t = 21°C. Потім п'ять проб забрудненої води по 200 мл кожна по черзі пропускали через виготовлений трьохсекційний фільтр. При цьому товщина кварцового піску в мембрані першої секції складала 2 см. Потім п'ять проб відфільтрованої води (фільтрату) збирали в попередньо просушені та зважені колби, після чого ще раз зважили на електронних вагах. Різницю прийняли за вагу забруднень. Результати оформили у вигляді таблиці 3.

Таблиця 3 – Експериментальні результати фільтрування забрудненої води

Sample number water	Initial weight of the water sample, grams	Weight of filtered water (filtrate), grams	Weight of dirt, grams	Contamination content, grams/liter
1	200,85	199,15	1,07	5,350
2	200,78	199,69	1,09	5,450
3	200,75	199,77	0,98	4,900
4	201,01	199,90	1,11	5,550
5	200,92	199,65	1,07	5,350

Джерело: розроблено авторами

Якість фільтрату оцінювали візуально. Після фільтрування вода у всіх пробах стала прозорою, при збовтувані в колбах не утворювалась піна, тобто механічні домішки та завислі речовини осіли на мембрані з кварцовим піском. Потім дослід повторили при товщині фільтруючого шару в 1 см та 0,5 см, результати оформили у вигляді діаграми на рисунку 9.

Як можна побачити з рисунку, збільшення фільтруючого шару кварцового піску в мембрані фільтру з 0,5 см до 1 см покращує властивості фільтрування домішок приблизно на 80%, а подальше збільшення фільтруючого шару кварцового піску в мембрані фільтру з 1 см до 2 см покращує властивості фільтрування домішок приблизно на 20%. Тобто подальше збільшення фільтруючого шару здається недоцільно. Тому достатньо оптимальною товщиною шару в мембрані фільтру можна вважати товщину шару кварцового піску 2 см для фільтрування механічних домішок.

Виконання експериментального дослідження представлено на рисунку 10.

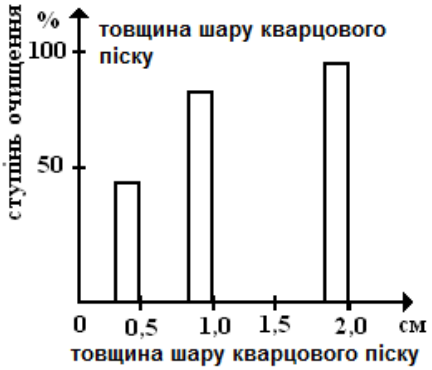

Рисунок 9 – Визначення товщини фільтруючого шару кварцового піску.
Джерело: розроблено авторами

Рисунок 10 – Зовнішній вигляд лабораторної установки для виконання експериментального дослідження
Джерело: розроблено авторами

Результати дослідження. В результаті проведеного аналізу конструкції розповсюджених побутових фільтрів води запропоновано власний трьохсекційний фільтр: перша секція містить мембрану з кварцового піску, друга – з активованого вугілля, третя – з кремнію або шунгіту (в залежності від вимог до вихідної якості воді). Секції фільтру виконані у відповідності до наступних вимог: внизу секцій здійснюється накопичення осаду; дно секції відкручується, що дозволяє видаляти осад; в секцію легко вставляються власноруч виготовлені мембранні фільтри з різними наповнювачами. Конструкцією фільтру передбачено здійснювати електричний контроль ступеня забруднення мембранних наповнювачів фільтрів. Сконструйовано та виготовлено діючий зразок трьохсекційного фільтру очищення питної води. Цей фільтр може використовуватися як окремий самостійний фільтр або додатково з побутовими поліпропіленовими фільтрами (для фільтрування домішок до 1мкм). В результаті проведеного експериментального дослідження фільтрування забрудненої води з допомогою виготовленого трьохсекційного фільтру визначено, що вага води після проходження через фільтр зменшується внаслідок затримки важких речовин зі щільністю більшою ніж у води (тверді домішки). Також відфільтрована вода стала

прозорою та перестала пінитись при збовтувані. Це підтверджує працездатність фільтру до очищення води. В результаті експериментального дослідження визначено, що товщина шару кварцового піску 2 см у мембрані фільтру достатньо для фільтрування домішок речовин у воді.

Список літератури

1. Державні санітарні норми та правила "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною" (ДСанПіН 2.2.4-171-10). Верховна Рада України. Офіційний вебпортал парламенту України. Законодавство України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10#Text (дата звернення: 14.09.2022)
2. ДСТУ 7525:2014 Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості. Видання офіційне. Київ: Мінекономрозвитку України, 2014. – 28 с. URL: https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/1-10672-dstu_voda_pytna.pdf (дата звернення: 14.09.2022)
3. Загальнодержавна цільова соціальна програма «Питна вода України» на 2022-2026 роки. Верховна Рада України. Офіційний вебпортал парламенту України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/388-2021-%D1%80#Text (дата звернення: 14.09.2022)
4. Коган П.Г., Кесельман Э.М., Долуб Л.М., Крутоголов А.С. Фильтр для очистки нефтесодержащих вод. Описание изобретения к авторскому свидетельству. SU 1551394. 23.03.90. Бюл. №11.
5. Косяков А.В., Лапенко А.А., Кулигин С.В., и др. Гранула фильтрующего материала. Описание изобретения к патенту RU 2685117 C1. Опубликовано 16.04.2019. Бюл. № 11.
6. Курніков Ю.О., Бердишев Г.Д., Орлюк М.І. та ін. Універсальний фільтрувальний пристрій для очищення водопровідної або річкової, або підземної води і одержання питної води підвищеної якості споживання"Природний". Опис до патенту на корисну модель. UA 44067 U. 10.09.2009. Бюл.№17.
7. Стрєлко В.В., Бортун А.І., Картель М.Т. та ін. Фільтруючий матеріал для очистки питної води. Опис до патенту на винахід. UA 4581 C1. 28.12.94. Бюл. №7-I.
8. Швець Д.І., Опенько Н.М., Маметьєва Є.Г., Василенко В.Й. Сорбційно-фільтраційний матеріал для очищення води. Опис до деклараційного патенту на винахід. UA 41513 A. 17.09.2001. Бюл №8.
9. КП «Теплоенергетик» КМР, м. Кропивницький. Хіміко-бактеріологічна лабораторія контролю якості питної води. Протокол №72 вимірювання показників складу та властивостей питної води від 01.12.2021р. URL: https://teploenergetik.kr.ua/informatsiya-pro-yakist-pitnoi-vodi (дата звернення: 17.09.2022)
10. Фильтры. Колба DP 10" 1/2" в комплекте ключ, крепление. URL: https://aquakut.com/kolba-dp-10-quot-1-2-quot-v-komplekte-klyuch-kreplenie-kartridzh (дата звернення: 17.09.2022)
11. Фильтры обратного осмоса: линейка фильтра - улучшенная, минерализация - без минерализации. URL: https://ecosoft.ua/filtry-obratnogo-osmosa-prod/lineika-is-uluchshennaja/mineralization-is-without/?gclid=Cj0KCQiA2ZCOBhDiARIsAMRfv9J1F2hr90ot764J5lsSRC4BhuqMHhGwC4CjLfewYAxShVQazfS6BgMaAvz7EALw_wcB (дата звернення: 18.09.2022)
12. Аюкаев Р.Н., Мельцер В.З. Производство и применение фильтрующих материалов для очистки воды. Ленинград: Стройиздат, 1985. 120 с.
13. Орлов В.О. Водоочисні фільтри із зернистою засипкою. Рівне: НУВГП, 2005. 163 с.
14. Минц Д.М. Теоретические основы технологии очистки воды. М.: Стройиздат, 1964. - 156с.
15. Где применяется кварцевый песок для очистки воды и как выбрать подходящий. URL: https://strojdvor.ru/vodosnabzhenie/pesocnyj-filtr-dla-vody (дата звернення: 18.09.2022)
16. Уголь для фильтрации: вред и польза. URL: https://akvo.com.ua/articles/aktivirovannyy-ugol-dlya-filtra-vred-i-polza (дата звернення: 18.09.2022)
17. Кремний для очистки воды. URL: https://med-magazin.ua/item_n6612.htm (дата звернення: 18.09.2022)
18. Камень для очистки воды шунгит. URL: https://kredo-shop.com.ua/po-zabolevaniyam/ozhogi/shungit-500g (дата звернення: 18.09.2022)
19. Амперметры М42300 постоянного тока. URL: https://asenergi.com/catalog/pribory-schitovye/ampermetry-m42300.html (дата звернення: 19.09.2022)

References

1. Derzhavni sanitarni normy ta pravyla "Hihiienichni vymohy do vody pytnoi, pryznachenoi dlia spozhyvannia liudynoiu" [State sanitary norms and rules "Hygienic requirements for drinking water

intended for human consumption"]. (DSanPiN 2.2.4-171-10). (nd.). Verkhovna Rada Ukrainy. Ofitsiinyi vebportal parlamentu Ukrainy. Zakonodavstvo Ukrainy. *zakon.rada.gov.ua.* Retrieved from https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10#Text [in Ukrainian].

2. DSTU 7525:2014 . Voda pytna [The water is drinkable]. Vymohy ta metody kontroliuvannia yakosti. Vydannia ofitsiine. Kyiv: Minekonomrozvytku Ukrainy. Retrieved from https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/1-10672-dstu_voda_pytna.pdf [in Ukrainian].
3. Zahalnoderzhavna tsilova sotsialna prohrama «Pytna voda Ukrainy» na 2022-2026 roky [Nationwide targeted social program "Drinking water of Ukraine" for 2022-2026]. (nd.). Verkhovna Rada Ukrainy. Ofitsiinyi vebportal parlamentu Ukrainy. *zakon.rada.gov.ua.* Retrieved from https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/388-2021-%D1%80#Text [in Ukrainian].
4. Kohan, P.H., Keselman, E.M., Dolub, L.M., Krutoholov, A.S. (1990). Fyltr dlia ochystky neftesoderzhashchykh vod [Filter for purification of oil-containing waters]. Opysanye yzobretenyia k avtorskomu svydetelstvu. SU 1551394. 23.03.90. Biul. №11. [in Russian].
5. Kosiakov, A.V., Lapenko, A.A., Kulyhyn, S.V., et al. (2019). Hranula fyltruiushcheho materyala [Filter material granule]. Opysanye yzobretenyia k patentu RU 2685117 C1. Opublykovano 16.04.2019. Biul. № 11. [in Russian].
6. Kurnikov, Yu.O., Berdyshev, H.D., Orliuk, M.I. et al. (2009). Universalnyi filtruvalnyi prystrii dlia ochyshchennia vodoprovidnoi abo richkovoi, abo pidzemnoi vody i oderzhannia pytnoi vody pidvyshchenoi yakosti spozhyvannia"Pryrodnyi" [A universal filter device for cleaning tap water, river water, or underground water and obtaining drinking water of increased consumption quality "Natural"]. Opys do patentu na korysnu model. UA 44067 U. 10.09.2009. Biul.№17.
7. Strielko, V.V., Bortun, A.I., Kartel, M.T. et al. (1994). Filtruiuchyi material dlia ochystky pytnoi vody [Filter material for cleaning drinking water]. Opys do patentu na vynakhid. UA 4581 S1. 28.12.94. Biul. №7-I. [in Ukrainian].
8. Shvets, D.I., Openko, N.M., Mametieva, Ye.H. & Vasylenko, V.I. (2001). Sorbtsiino-filtratsiinyi material dlia ochyshchennia vody[Sorption-filtration material for water purification]. Opys do deklaratsiinoho patentu na vynakhid. UA 41513 A. 17.09.2001. Biul №8. [in Ukrainian].
9. KP «Teploenerhetyk» KMR, m. Kropyvnytskyi. Khimiko-bakteriolohichna laboratoriia kontroliu yakosti pytnoi vody. Protokol №72 vymiriuvannia pokaznykiv skladu ta vlastyvostei pytnoi vody vid 01.12.2021. [KP "Teploenergetik" KMR, Kropyvnytskyi. Chemical and bacteriological laboratory of drinking water quality control. Protocol No. 72 for measuring indicators of the composition and properties of drinking water dated December 1, 2021.]. *teploenergetik.kr.ua.* Retrieved from https://teploenergetik.kr.ua/informatsiya-pro-yakist-pitnoi-vodi [in Ukrainian].
10. Fyltri. Kolba DP 10" 1/2" v komplekte kliuch, kreplenye [Filters. Flask DP 10" 1/2" wrench, mount included.]. *aquakut.com.* Retrieved from https://aquakut.com/kolba-dp-10-quot-1-2-quot-v-komplekte-klyuch-kreplenie-kartridzh [in Russian].
11. Fyltri obratnoho osmosa: lyneika fyltra - uluchshennaia, myneralyzatsyia - bez myneralyzatsyy [Reverse osmosis filters: filter line - improved, mineralization - without mineralization]. *ecosoft.ua.* Retrieved from https://ecosoft.ua/filtry-obratnogo-osmosa-prod/lineika-is-uluchshennaja/mineralization-is-without/?gclid=Cj0KCQiA2ZCOBhDiARIsAMRfv9J1F2hr90ot764J5lsSRC4BhuqMHhGwC4CjLfewYAxShVQazfS6BgMaAvz7EALw_wcB [in Russian].
12. Aiukaev, R.N. & Meltser, V.Z. (1985). *Proyzvodstvo y prymenenye fyltruiushchykh materyalov dlia ochystky vody* [*Production and application of filter materials for water treatment*]. Lenynhrad: Stroiyzdat,– 120 c. [in Russian].
13. Orlov, V.O. (2005). *Vodoochysni filtry iz zernystoiu zasypkoiu* [*Water purification filters with granular backfill*]. Rivne: NUVHP [in Ukrainian].
14. Mynts, D.M. (1964). *Teoretycheskye osnovi tekhnolohyy ochystky vody* [*Theoretical foundations of water purification technology*] . Moskow: Stroiyzdat [in Russian].
15. Hde prymeniaetsia kvartsevyi pesok dlia ochystky vody kak vibrat podkhodiashchyi [Where is quartz sand used for water treatment and how to choose the right one]. *strojdvor.ru.* Retrieved from https://strojdvor.ru/vodosnabzhenie/pesocnyj-filtr-dla-vody [in Russian].
16. Uhol dlia fyltratsyy: vred y polza [Coal for filtration: harm and benefit] .*akvo.com.ua*. Retrieved from https://akvo.com.ua/articles/aktivirovannyy-ugol-dlya-filtra-vred-i-polza [in Russian].
17. Kremnyi dlia ochystky vody [Silicon for water purification]. *med-magazin.ua.* Retrieved from https://med-magazin.ua/item_n6612.htm [in Russian].
18. Kamen dlia ochystky vody shunhyt [Shungite stone for water purification.]. *kredo-shop.com.ua.* Retrieved from https://kredo-shop.com.ua/po-zabolevaniyam/ozhogi/shungit-500g [in Russian].
19. Ampermetry M42300 postoiannoho toka [M42300 DC ammeters]. *asenergi.com.* Retrieved from https://asenergi.com/catalog/pribory-schitovye/ampermetry-m42300.html [in Russian].

Nikita Matlakh
Junior Academy of Sciences of Ukraine Kirovograd Region, Kropyvnytskyi, Ukraine
Dmytro Trushakov, Assos. Prof., PhD tech. sci., **Oleksandr Kozlovskyi,** Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Marianna Fedotova**, PhD tech. sci.
Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine

Creation of a Multi-section Water Purification Filter With Automated Control of Membrane Pollution

The article is devoted to the creation of a multi-section water purification filter, which can be made by hand at home. At the same time it is necessary to apply in the filter the automated control of pollution of membranes in sections of the filter. The main purpose of the study is to develop a simple and cheap multi-section filter for drinking water purification.

The filter must have different cleaning technologies with the possibility of its own manufacture and with the possibility of automated control of membrane contamination. The task of the research is to develop and manufacture a working model of a multi-section filter for drinking water purification. The design of the filter should be multi-section with membranes containing various fillers for water purification; simple and cheap to make at home. The design of the filter should provide for automated control of the degree of contamination of the membranes in the filter sections. By analyzing the existing common household water filters, the most optimal solution for developing your own design of a household water filter has been determined. As a result of the analysis, a working model of a three-section water filter was created. The first section of the filter contains a membrane with quartz sand, the second section contains a membrane with activated carbon powder, the third section contains a membrane with small pieces of shungite (or with small pieces of silicon). As a result of an experimental study of the filtration of contaminated water using a three-section filter was determined next. The weight of water after passing through the filter decreases due to the retention of substances with a density greater than that of water (solid impurities). Also, the filtered water became clear and stopped foaming when shaken. This confirms the efficiency of the proposed filter.

The developed three-section filter can be used as a separate stand-alone water filter or in addition with household polypropylene water filters for quality filtration of impurities up to 1 micrometer.
water filter, filter membrane, automated control of filter membrane contamination

Одержано (Received) 05.10.2022 *Прорецензовано (Reviewed) 24.11.2022*
Прийнято до друку (Approved) 26.12.2022

УДК 681.17; 681.5.015 DOI: https://doi.org/10.32515/2414-3820.2022.52.177-189

В.О. Кондратець, проф., докт. техн. наук, **Ю.М. Пархоменко,** доц., канд. техн. наук, **М.Д. Пархоменко,** доц., **А.Р. Бокій,** асп.
Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна
e-mail: parhomenkoym@ukr.net

Теоретичне обґрунтування типу променевих перетворювачів при ідентифікації зернового потоку

Стаття присвячена теоретичному обґрунтуванню типу променевих перетворювачів при ідентифікації зернового потоку у сівалках. Розглянуто умови роботи променевих перетворювачів у процесі висівання зернових культур, види і характеристики таких перетворювачів. Показано, що найкращими характеристиками володіють оптопари, створені на базі незалежних джерела і приймача інфрачервоного випромінювання у вигляді кремнієвих діодів, що працюють у діапазоні 0,75…1,1 мкм.
променеві перетворювачі, оптопари, ідентифікація зернового потоку, інфрачервоне випромінювання

© В.О. Кондратець, Ю.М. Пархоменко, М.Д. Пархоменко, А.Р. Бокій, 2022