

# ПРОТОЧНИЙ ГІДРОДИНАМІЧНИЙ ФІЛЬТР З АКТИВАТОРОМ ІМПУЛЬСНОЇ ДІЇ

Вінницький національний технічний університет

## **Анотація**

Запропоновані нові конструктивні рішення гідродинамічного фільтра з активатором імпульсної дії. Викладено особливості принципу функціонування та суть теоретичного підходу до практичної розробки запропонованих нами нових пристроїв очищення рідин від зважених часток твердих фракцій – гідродинамічних вібраційних фільтрів. Наведені у доповіді результати є основою для створення інженерних методик розрахунку і оптимізації режимних і конструктивних параметрів нового гідродинамічного фільтра.

**Ключові слова:** фільтрування, активатор імпульсної дії, сепарація твердої фази, гідродинаміка, вібраційний фільтр, конструктивні рішення, генератор періодичних імпульсів тиску.

## **Abstract**

New design solutions of the hydrodynamic filter with the impulse actuator are proposed. The peculiarities of the principle of operation and the essence of the theoretical approach to the practical development of the proposed new devices for the purification of liquids from suspended particles of solid fractions – hydrodynamic vibration filters are presented. The results presented in the report are the basis for the creation of engineering methods for calculating and optimizing the operating and design parameters of the new hydrodynamic filter.

**Keywords:** filtering, impulse action activator, solid phase separation, hydrodynamics, vibration filter, design solutions, periodic pressure pulse generator.

## **Вступ**

Для розділення рідких суспензій в хімічній, харчовій, фармацевтичній та інших галузях промисловості, а також для очищення сильно забруднених рідин при реалізації природоохоронних та ресурсозберігаючих заходів доцільно використовувати фільтруючі апарати комбінованої дії, які забезпечують високу ефективність сепараційних процесів. Серед них можна виділити гідродинамічні вібраційні фільтри, які надають можливість суттєво скоротити енерговитрати в порівнянні з традиційним фільтруванням або апаратами відцентрової дії [1, 2, 3, 8 – 12]. Досить часто очищуване рідке дисперсне середовище є ньютонівською рідиною, ефективна в'язкість якої залежить від інтенсивності швидкостей деформації. Особливостями її фільтрування є швидке забивання пор фільтрів твердими частинками, їх інтенсивне заростання внаслідок облітераційних процесів, що призводить до суттєвого зниження пропускної спроможності, а також значного погіршення експлуатаційних властивостей фільтруючих матеріалів, що вимагає їх частої заміни. Висока в'язкість дисперсного середовища призводить до необхідності створення великого перепаду тиску на фільтрувальні перегородки. У роботах [3-5, 10 – 12] для вирішення зазначених проблем пропонується використовувати гідродинамічне вібраційне фільтрування. Так, наприклад, в роботах [1, 2, 9 – 12] відмічається, що гідродинамічне фільтрування з накладанням вібраційного силового поля ньютонівської рідини призводить до зменшення навантаження на фільтрувальний матеріал, збільшення тривалості часу до чергової регенерації фільтра, зниження перепаду тиску на фільтрувальні перегородки при дії на них циклічного вібраційного навантаження. Однак в даний час відсутня математичний опис гідродинаміки процесу, що відбувається в гідродинамічному вібраційному фільтрі. Існує обмежена кількість робіт, які присвячені опису окремих механізмів, що реалізуються в гідродинамічних вібраційних фільтрах. Більшість зазначених робіт стосується безпосередньо фільтрування без урахування впливу всіх механізмів очищення або при інших схемах руху потоку рідини [3 – 5, 8, 9]. Отже, розробка аналітичного апарату, що описує гідродинамічні процеси в гідродинамічних вібраційних фільтрах для ньютонівської рідини є актуальним і практично важливим завданням. Математичний опис гідродинамічних процесів дозволить підбирати основні режимні параметри фільтра для кожної рідини при відомих її реологічних характеристиках і параметрах забруднень.

## Аналіз літературних джерел та констатація відомих проблем

Через складність спільного опису всіх динамічних процесів, що відбуваються в гідродинамічному вібраційному фільтрі, пропонується окремий опис кожного механізму очищення, що реалізується в апараті. У даній доповіді розглянуто перший етап цієї комплексної роботи, зокрема, описано конструктивні особливості гідродинамічного фільтра з активатором імпульсної дії та динаміку робочого процесу взаємодії виконавчого органу – активатора імпульсної дії з протікаючим потоком технологічної рідини, яка підлягає очищенню [1, 2, 13].

На даний час одним з перспективних напрямків в галузі розробки апаратів очищення високов'язких сильно забруднених рідин від механічних домішок є поєднання фільтрування з силовим впливом на потік, що створює додаткове поле масових сил, а також дозволяє збільшити тривалість між регенераціями та відновлювати пропускну здатність фільтрів самоочищенням фільтрувальної перегородки від накопиченого осаду. До таких пристроїв відносяться гідродинамічні вібраційні фільтри, що реалізують принцип гідродинамічного фільтрування. Від традиційного фільтрування гідродинамічне вібраційне відрізняється тим, що очищувана рідина має дотичні до фільтрувальної поверхні компоненти швидкості, а також додаткові складові швидкостей, які зумовлені дією силових відцентрових чи вібраційних механізмів. Така організація течії реалізується в неповністю проточних фільтрах, які обертаються навколо своєї центральної осі чи вібрують уздовж цієї осі. В результаті такої силової взаємодії циліндричної фільтрувальної оболонки відбувається очищення протікаючого потоку технологічної рідини, яка перебуває в зоні взаємодії з циліндричною фільтруючою оболонкою. Частинки забруднень, що мають більшу щільність, ніж щільність несучої фази, під дією відцентрових сил, відкидаються до стінок корпусу і виводяться з потоком проточної рідини, що становить в межах 15 - 20% від вхідної витрати, через напірний патрубок апарату. Вібраційні сили, які виникають при створенні вертикальних механічних коливань фільтруючої оболонки завдяки застосованому механізму вібрації, чинять додатковий силовий вплив на окремі частки забруднень поблизу фільтрувальної оболонки і перешкоджають їм закріпитися на поверхні, що тим самим сприяє можливості до саморегенерації фільтруючих поверхонь [1, 2, 9, 11– 12].

Слід зауважити, що особливо перспективним є використання гідродинамічних вібраційних фільтрів при очищенні високов'язких і реологічно складних середовищ, що мають псевдопластичні неньютонівські властивості. При традиційному фільтруванні таких середовищ потрібні досить великі енерговитрати на очищення, що пов'язані з високою в'язкістю рідин. Поєднання фільтрування з силовим впливом створює додатковий градієнт швидкості рідини, який призводить до зниження ефективної в'язкості, а це, в свою чергу, підвищує ефективність видалення забруднених частинок у проточних потоках технологічних рідин та знижує енерговитрати на їх очищення [6, 7, 11].

### Результати роботи

В НДЛ гідродинаміки Вінницького національного технічного університету розроблено вдосконалену конструкцію проточного гідродинамічного фільтра з активатором імпульсної дії (рисунок). Гідродинамічний фільтр з активатором імпульсної дії запропонованої конструкції містить циліндричний корпус 1 з вхідним патрубком 2 і верхньою кришкою 3, під якою розташована рухома еластична діафрагма 4, до центра якої жорстко прикріплений однією стороною підпружинений плунжер 5, інша сторона якого входить в порожнину корпусу робочої камери 6, що змонтована на верхній кришці 3. У циліндричному корпусі 1 розташований циліндричний фільтро-елемент 7 з вихідним 8 і зливним 9 патрубками і перфорованою плоскою дисковою поверхнею 10 з центральним отвором 11. Перфорована плоска дискова поверхня 10 покрита змінним фільтрувальним матеріалом 12, наприклад, сіткою з центральним отвором. Всередині циліндричного корпусу 1 об'єднані направляючі канали 13 і 14 та між рухомою еластичною діафрагмою 4 виконано конусо-подібний напірний канал 15, сполучений через центральний отвір 11 із зливним патрубком 9, канали 13 і 14 сполучені з вхідним патрубком 2 і через перфорації в сітці і на поверхні та прохідні канали у фільтроелементі 7 з вихідним патрубком 5. Робоча камера 6 напірним трубопроводом 16 з'єднана з привідним гідронасосом 17, який приводиться в дію за допомогою електродвигуна 18. До напірного трубопроводу 16 під'єднаний дистанційно керований генератор періодичних імпульсів тиску 19. Для реалізації способу очищення забруднену рідину під тиском і безперервним потоком подається у вхідний патрубок 2 корпусу 1, яка потім по направляючих каналах 13 і 14 потрапляє в циліндричний вхід конусоподібного напірного каналу 15, при цьому вже в каналі 14 вона рухається з постійною

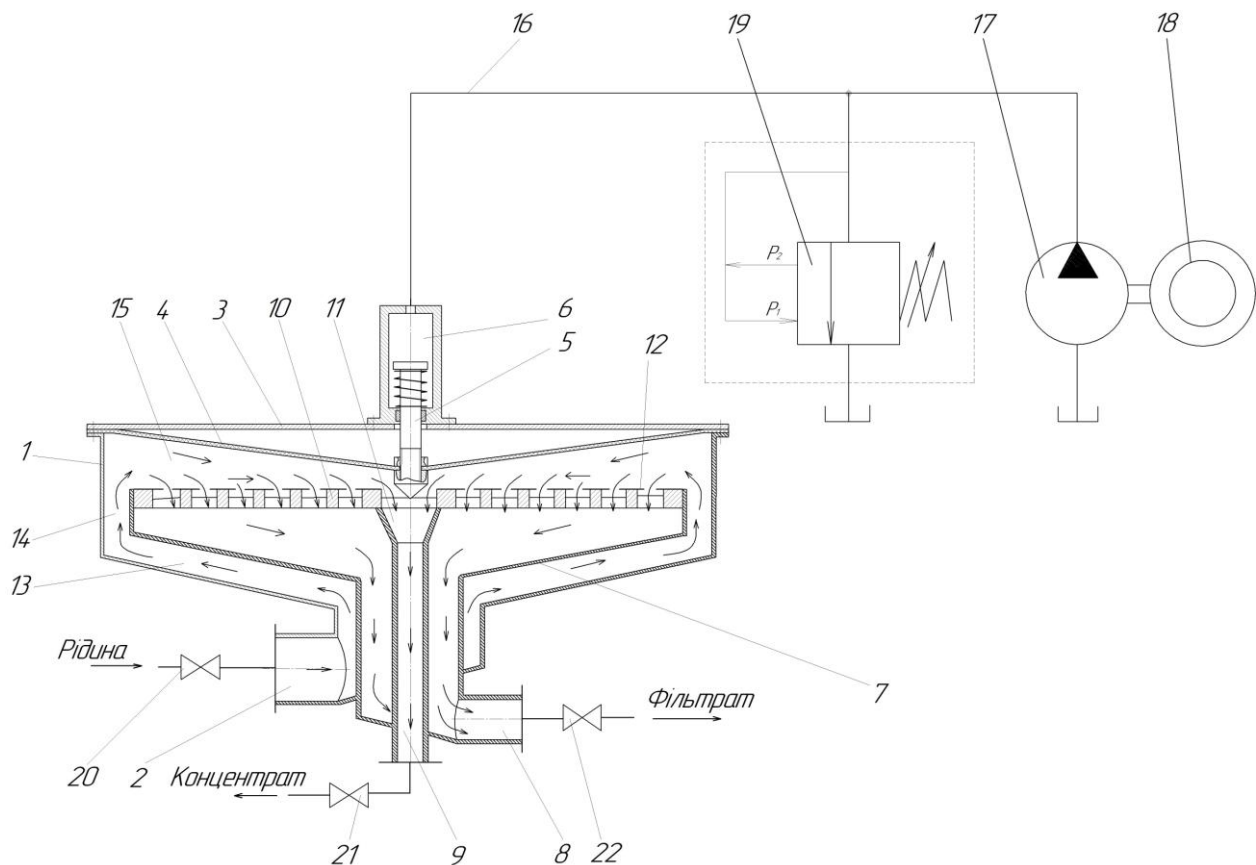


Рисунок. Гідродинамічний фільтр з активатором імпульсної дії

швидкістю. Далі забруднена рідина поступає в конусоподібний напірний канал 15 і продовжує рухатися в ньому в бік центрального отвору 11 уздовж плоскої проникної поверхні з фільтрувальною сіткою фільтроелементу 7. При цьому велика частина рідини у вигляді фільтрату проникає в порожнину фільтроелемента 7, а потім через вихідний патрубок 5 покидає гідродинамічний фільтр і спрямовується споживачеві, а менша ж її частина, збагачуючись забрудненнями, продовжує рух в напірному каналі 15 і покидає його через центральний отвір 11. Потім вона разом із забрудненнями по зливному патрубку 6 у вигляді концентрату покидає апарат. Кількісне співвідношення фільтрату і концентрату встановлюється засувками 20, 21 і 22. Завдяки створенню імпульсних коливальних рухів рухомої еластичної діафрагми 4 за допомогою підпружиненого плунжера 5, який здійснює зворотно – поступальні рухи внаслідок періодичної зміни тиску рідини у порожнині робочої камери 6, в напірному каналі 15 відбувається збурення протікаючого у ньому потоку очищеної рідини. Гідравлічні збурення потоку сприяють виникненню додаткового силового імпульсного впливу на окремі частки забруднень поблизу фільтрувальної оболонки і перешкоджають їм закріпитися на поверхні, що тим самим сприяє можливості до саморегенерації фільтруючих поверхонь. Поєднання фільтрування з силовим впливом заданої частоти і амплітуди коливань створює додатковий градієнт швидкості рідини, який призводить до зниження ефективної в'язкості, а це, в свою чергу, підвищує ефективність видалення забруднених частинок у проточних потоках технологічних рідин та знижує енерговитрати на їх очищення і підвищує продуктивність устаткування.

### Висновки

Розроблена нова ефективна конструкція проточного гідродинамічного фільтра з активатором імпульсної дії, який відрізняється від відомих конструкцій аналогічного призначення наявністю у проточному напірному каналі рухомої еластичної діафрагми, яка розташована над основною площиною фільтроелемента. Завдяки коливальним імпульсним рухам еластичної діафрагми відбуваються збурення потоку протікаючої забрудненої рідини, що призводить до інтенсифікації її силової взаємодії із частками забрудненої рідини і сприяє їх змиву із активної фільтруючої поверхні, а також подовжує термін експлуатації фільтрувального матеріалу, тобто його саморегенерації.

Встановлено, що накладання періодичного силового поля імпульсного характеру призводить до зниження ефективної в'язкості протікаючої рідини, а зменшення в'язкості сприяє зменшенню місцевих гідравлічних опорів при проходженні каналів у фільтрувальному матеріалі. Названі покращені робочі характеристики гідродинамічного фільтра суттєво підвищують продуктивність та якість по фільтрату, розширюють можливості використання таких фільтрів для очищення початкової забрудненої рідини з більшими за розмірами забрудненнями, зменшує загальні енерговитрати.

Проведено моделювання робочого процесу фільтрування та виконано аналіз кінематичних і динамічних параметрів, що були отримані за результатами попередніх теоретичних та експериментальних досліджень, який показав, що можливість дистанційного керування частотою і амплітудою коливань активатора імпульсної дії надає можливість підбирати найбільш раціональні такі параметри, що відповідають характеристикам та виду очищуваних рідин. Виконані розрахунки і проведені попередні випробування дослідних зразків гідродинамічних фільтрів з активаторами імпульсної дії свідчать про можливість якісного очищення з тониною очистки від 15 до 500 мкм при достатньо високій продуктивності. Таким чином, подальше дослідження гідродинамічних фільтрів подібного типу є актуальним та перспективним у порівнянні із відомими промисловими аналогами.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Патент на корисну модель 122400 Україна, МПК<sup>6</sup> С 02 F 1/34, С 02 F 103/00. Установа для очищення води / Коц І.В.; Бауман К.В.; Гріщенко А.А.; Заявник і патентовласник: Вінницький національний технічний університет. – № u201705856; заявл. 12.06.2017; опубл. 10.01.2018, Бюл. № 1/2018.
2. Патент на корисну модель 126167 Україна, МПК<sup>6</sup> В 01 D 33/03. Вібраційний фільтр / Коц І.В.; Кутняк М.М.; Грідін А.Ю.; Заявник і патентовласник: Вінницький національний технічний університет. – № u201712886; заявл. 26.12.2017; опубл. 10.06.2018, Бюл. № 11/2018.
3. Девисиллов В.А., Мягков И.А. Гидродинамическое фильтрование в системе очистки и восстановления отработанных моторных масел // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. — 2005. — Т. 1. — С. 220–226.
4. Девисиллов В.А., Мягков И.А. Гидродинамическое вибрационное фильтрование и конструкции фильтров // Безопасность жизнедеятельности. — 2004. — № 7. — С. 37–47.
5. Девисиллов В.А., Шарай Е.Ю. Исследование поведения частиц в гидродинамическом фильтре на основе численных расчетов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. — 2010. — Т. 12. — № 1 (9). — С. 2216–2222.
6. Финкельштейн З.Л. Совершенствование способов очистки сточных вод, сбрасываемых в водосемы / З.Л. Финкельштейн, В.А. Давиденко, И.Н. Кучин // Вестник МАНЭБ. – 2003. – Т.8, № 5 (65). – С. 83–85.
7. Описание, преимущества и внедрение гидродинамических фильтров [Электронный ресурс] / ООО ПКП «Вектор». □ Режим доступа: <http://pkpvector.ru/product/info.php>
8. Чебан В.Г. Повышение эффективности гидродинамической очистки жидкости жидкости в плоском напорном канале / В.Г. Чебан, С.С. Антоненко // Вісник СумДУ, Серія «Технічні науки», № 3, 2010, Том 1. – С. 160–167.
9. Максимов Н.П. Исследование процесса вибрационного фильтрования / Н.П. Максимов, М.В. Гегелашвили, А.И. Мазко // Непрерывные процессы обработки давлением: Труды Всероссийской научно-технической конференции. Москва, 14-15 апреля 2004 г., МГТУ им. Баумана. М., 2004. – 440 с.
10. Чебан В.Г. Преимущества, недостатки и перспективы самоочищающихся очистителей жидкости / В.Г. Чебан // Сборник научных трудов ДонГТУ. – Алчевск: ДонГТУ, 2010. – Вып. 30 – С.177–183.
11. Мазко А. И. Обоснование режимов работы вибрационного фильтра-сгустителя в схеме замкнутого водоснабжения при переработке золотосодержащих песков; Дис. ... канд. техн. наук: 05.05.06 / Мазко Александр Игоревич. – Владикавказ, 2012. – 116 с.
12. Максимов Н.П. Вибрационные машины для разделения суспензий металлургического производства / Н.П. Максимов, С.Г. Кибизов, А.И. Мазко // Материалы международного научного симпозиума «Механизмы и машины ударного, периодического и вибрационного воздействия». (Орел 22-24 ноября 2000 г.). Орел: ОГТУ. 2000. – С. 181–185.
13. Коц И. В. Перспективы использования гидроимпульсного привода рабочих органов горных машин ударного и ударно-вибрационного действия / И.В. Коц // Вібрація в техніці та технологіях. – 2007. – №2(47). – С. 116-119.

**Коц Іван Васильович** – канд. техн. наук, професор, завідувач кафедри інженерних систем у будівництві, завідувач і науковий керівник науково-дослідної лабораторії гідродинаміки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: [ivan.kots.2014@gmail.com](mailto:ivan.kots.2014@gmail.com)

**Ivan V. Kots** – Ph.D., professor, Head of the Department of Engineering Systems in Construction, Head and Research Manager of the Research Laboratory of Hydrodynamics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [ivan.kots.2014@gmail.com](mailto:ivan.kots.2014@gmail.com)