

## ПРИКЛАДНА МЕХАНІКА

УДК 621.9.048.4

DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10\(41\).2.39-46](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10(41).2.39-46)

О. Ф. Сіса, доц., канд. техн. наук, В. Я. Мірзак, доц., канд. техн. наук,

О. А. Кислун, доц., канд. техн. наук, Д. С. Тупаленко, асп.

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна

e-mail: [sisaoleh@gmail.com](mailto:sisaoleh@gmail.com)

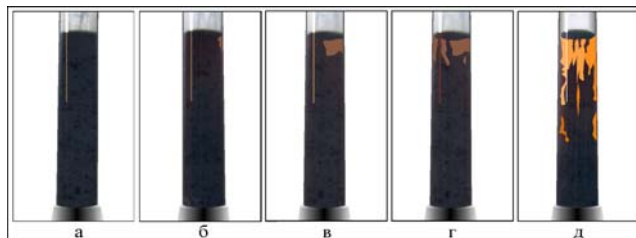
## Удосконалення фільтра грубого очищення робочих рідин фільтрувальним елементом із металевої сітки

Запропоновано фільтр грубого очищення робочих рідин фільтрувальним елементом із металевої сітки із квадратним вічком, в якому фільтрувальний елемент має форму циліндричного стакана з невеликим фланцем та бічну і донну робочі поверхні. Розроблено технологію виготовлення фільтрувального елемента. Показано, що використання даного фільтра дозволяє зменшити вартість його виготовлення за рахунок спрощення технології виготовлення фільтрувального елемента, а також розширити область використання фільтра за рахунок наявності у фільтрувальному елементі не тільки бічної, але і донної робочої поверхні, що підвищує його пропускну здатність і робить його більш компактним.

**фільтр грубого очищення, фільтрувальний елемент, металева сітка із квадратним вічком, робоча поверхня, витягування**

**Постановка проблеми.** У будь-якому виді робочої рідини, наприклад: вода, паливо або мастило гідроприводу, присутні різні суспензії й домішки. Це дрібні й великі тверді частки іржі, металу, піску та інші забруднення. Вони попадають в гідросистему із зовні, або вже перебувають в ній. Для нормальної роботи механізмів та машин, що використовують різні робочі рідини, розміри механічних часток в ній повинні бути менше зазору в парах, що рухаються, або отворів в форсунках. У зв'язку з цим, робочі рідини попередньо фільтрують [1, 2, 3, 4]. Звичайно застосовують двоступеневу фільтрацію: спочатку грубе очищення, а далі тонке очищення. Дана робота присвячена удосконаленню системи грубого очищення.

Відомі фільтри грубого очищення, в яких рідина очищається за рахунок відстію (гравітаційні фільтри) [5, 6]. Вони являють собою баки великого об'єму, з перегородками. Об'єм рідини в баку рекомендують мати в межах не менше ніж від двох до трьох хвилин продуктивності насоса. Ця обставина різко обмежує область використання даних фільтрів. Крім того, в роботі [7, с. 439] показано, що процес відстію рідини, яка була задіяна у технологічному процесі, дуже повільний (рис. 1).



а – рідина після обробки; б – осад через один тиждень; в – осад через два тижні;  
г – осад через три тижні; д – осад через чотири тижні

Рисунок 1 – Динаміка зміни забруднення органічної робочої рідини в залежності від часу відстію  
Джерело: на підставі [7]

© О. Ф. Сіса, В. Я. Мірзак, О. А. Кислун, Д. С. Тупаленко, 2024

В цьому зв'язку, певний практичний інтерес для грубого очищення робочих рідин являють сітчасті фільтри, як більш компактні та зручні у користуванні [8, с. 21, рис. 2.7].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Сітчастим називається такий фільтр, в якому фільтрування відбувається при проходженні робочої рідини крізь вічка сітки фільтрувального елемента. В залежності від матеріалу фільтрувального елемента розрізняють металеві та неметалеві сітчасті фільтри. Для грубого очищення робочих рідин використовуються тільки металеві. В свою чергу розрізняють металеві сітки квадратного та саржевого плетіння [9, с. 127]. Для грубого очищення робочих рідин використовуються лише металеві сітки квадратного плетіння, тобто металеві сітки із квадратним вічком. Їх виготовляють із сталі з антикорозійним покриттям, нержавіючої сталі, латуні, фосфористої бронзи та інших матеріалів.

Типовий фільтр для грубого очищення робочих рідин з гладкою металевою сіткою показано на рис. 2.

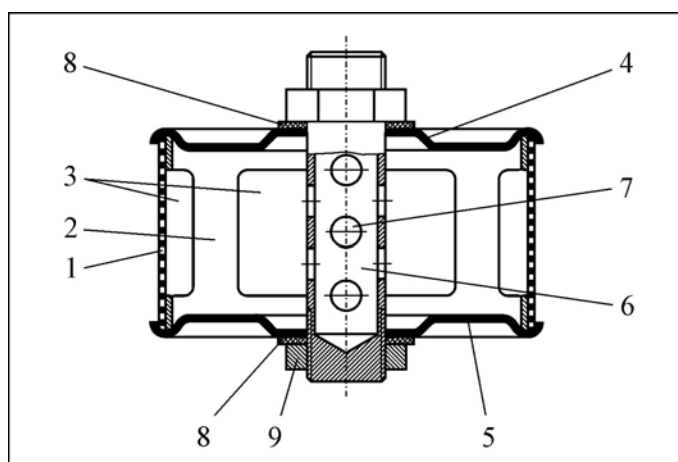


Рисунок 2 – Конструктивні елементи типового фільтра грубого очищення робочих рідин фільтрувальним елементом із металевої сітки шляхом всмоктування

*Джерело: розроблено авторами*

Фільтр складається із наступних деталей:

- фільтрувального елемента 1 із плоскої металевої сітки з квадратним вічком та з циліндричною робочою поверхнею;
- кільцевої опори 2 із листової сталі, яку виконано з вікнами 3;
- верхньої 4 та нижньої 5 кришки;
- центрального порожнього патрубку 6 з отворами 7;
- двох ущільнювальних шайб 8;
- гайки 9 для складання всього вузла.

Однак, для утворення циліндричної робочої поверхні фільтрувального елемента, плоску штабу металевої сітки не тільки вигинають, але й з'єднують її кінці за допомогою додаткових деталей або паянням припоями. Це здорожує виготовлення фільтрувального елемента. Крім того, для збільшення продуктивності рідини, що прокачується крізь фільтр, необхідність збільшення площі фільтрувального елемента може суттєво збільшити габарити фільтра. Останнє обмежує область його використання.

**Постановка завдання.** Як бачимо, усі недосконалості даного фільтра грубого очищення пов'язані з тим, що його фільтрувальний елемент має тільки одну робочу

поверхню (циліндричну). Тому подальше удосконалення фільтра спрямоване на розробку фільтрувального елемента з додатковою робочою поверхнею.

Метою дослідження є зменшення вартості виготовлення та розширення області використання фільтра.

Для досягнення поставленої мети необхідно запропонувати новий фільтр грубого очищення робочих рідин фільтрувальним елементом із металеві сітки із квадратним вічком з додатковою робочою поверхнею.

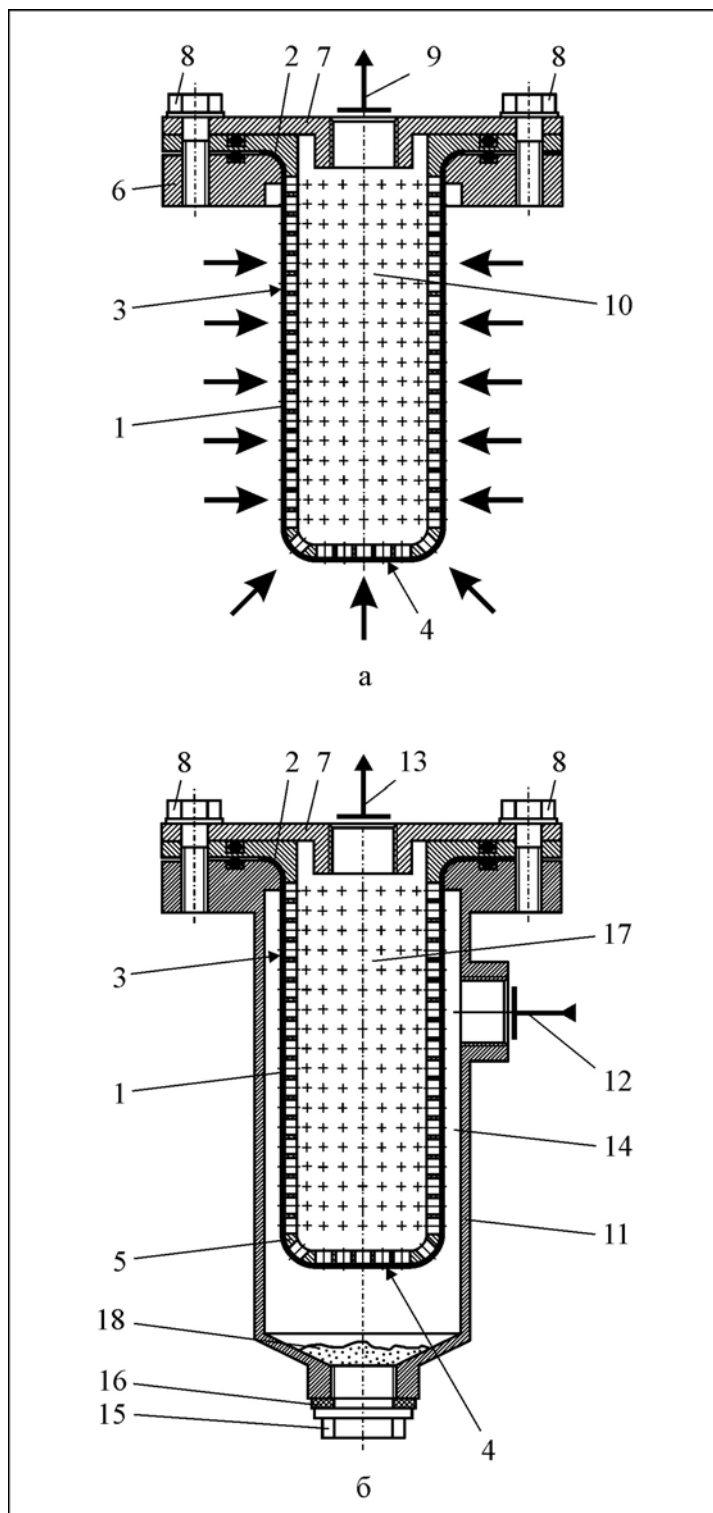
**Виклад основного матеріалу.** У новому фільтрі грубого очищення рідин (рис. 3), що пропонується, фільтрувальний елемент 1 виконано із плоскої металеві сітки із квадратним вічком методом холодного багатоопераційного витягування. Із усіх відомих металевих сіток тільки сітки з квадратним вічком піддаються такому виду деформування, тобто не рвуться. Після витягування фільтрувальний елемент 1 набуває форму циліндричного стакану з невеликим фланцем 2, який використовується для кріплення. Це достатньо жорстке об'ємне тіло, яке не має потреби в додатковому з'єднанні його елементів. Даний фільтрувальний елемент 1, порівняно з відомим, має не тільки бічну 3, але і донну 4 робочу поверхню, що підвищує його пропускну здатність і дозволяє зробити його більш компактним. Фільтрувальний елемент 1 щільно одягається на перфоровану опору 5, що не дозволяє сітці вигинатись під дією тиску рідини, яка очищається.

Фільтр може використовуватися для режиму роботи, коли рідина всмоктується в фільтр (рис. 3, а). Тоді фільтрувальний елемент 1 затискується у фланці 2 між кільцем 6 та перфорованою опорою 5 разом з кришкою 7 за допомогою болтів 8. Патрубок 9 очищеної рідини з'єднується із всмоктувальним патрубком насоса (на кресленні не показано). Для роботи фільтр занурюється в рідину бака. При вмиканні насоса у внутрішній порожнині 10 фільтрувального елемента 1 тиск падає, внаслідок чого очищена рідина із бака всмоктується в фільтр, а частки бруду, розміри яких більші розміру вічка сітки, залишаються зовні фільтрувального елемента 1. Для різних умов розташування фільтра в баку, фільтрувальний елемент 1 може бути виконано:

– великого зовнішнього діаметра та малої висоти. Це зручно при низьких баках. В цьому випадку основною робочою поверхнею є донна поверхня 4. Саме вона забезпечує максимальну компактність фільтрувального елемента 1;

- малого зовнішнього діаметра та великої висоти. Це зручно при високих баках. В цьому випадку основною робочою поверхнею є бічна поверхня 3.

Фільтр може використовуватися для режиму роботи, коли рідина нагнітається в фільтр (рис. 3,б). Для створення тиску навколо фільтрувального елемента 1 організовується корпус 11 з патрубком 12. Тоді фільтрувальний елемент 1 затискується у фланці 2 між корпусом 11 та перфорованою опорою 5 разом з кришкою 7 за допомогою болтів 8. Патрубок 13 очищеної рідини з'єднується з баком (на кресленні не показано), де вона зберігається. При вмиканні насоса (на кресленні не показано) рідина через патрубок 12 подається в порожнину 14 між корпусом 11 та фільтрувальним елементом 1. При цьому корпус 11 з низу герметично закритий пробкою 15 з ущільненням 16. В порожнині 14 створюється тиск, внаслідок чого рідина проходить крізь фільтрувальний елемент 1 в його внутрішню порожнину 17, очищається і далі вилучається із фільтра через патрубок 13. Частки бруду 18, розміри яких більші розміру вічка сітки, залишаються зовні фільтрувального елемента 1, накопичуються внизу корпусу 11 та періодично вилучаються із нього через отвір під пробку 15.



а – для режиму роботи, коли рідина всмоктується в фільтр;  
 б – для режиму роботи, коли рідина нагнітається в фільтр

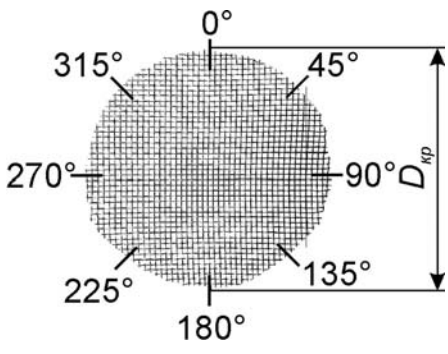
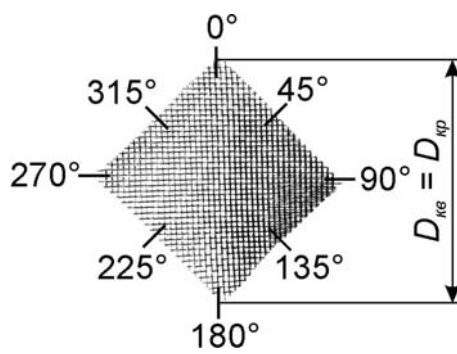
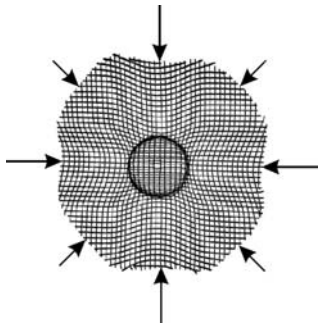
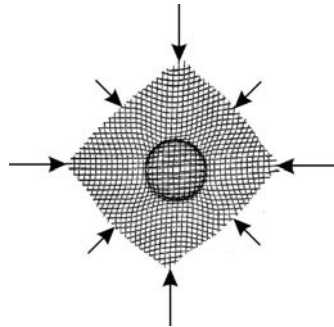
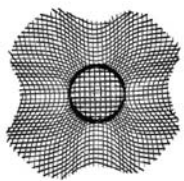
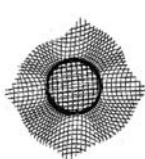
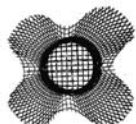
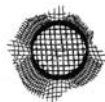
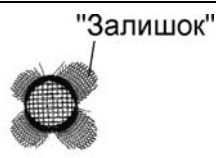

Рисунок 3 – Фільтр грубого очищення рідин фільтрувальним елементом із металевої сітки із квадратним вічком

*Джерело: розроблено авторами*

Слід відмітити, що спроба виготовити фільтрувальний елемент із металевої сітки із квадратним вічком за формою циліндричного стакана методом витягування робилася

раніше, але вона була невдалою. Звичайно витягування циліндричної деталі із суцільної листової сталі здійснюється із круглої вихідної заготовки [10, с. 57, рис. 3.32]. Але при застосуванні круглої вихідної заготовки із металевої сітки спостерігається ефект утворення в процесі витягування чотирьох «залишків» в напрямку діагоналей її вічка (табл. 1, фрагменти 1.1-1.5).



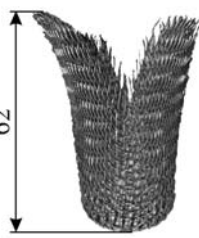
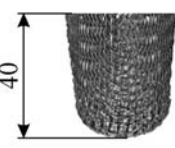
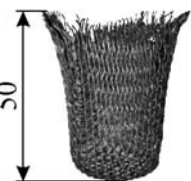
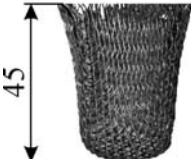
Таблиця 1 – Зміна форми фланця циліндричного стакану при різних висотах витягування

Висота стакану $h$ , мм	Форма фланця	
	Кругла заготовка із сітки	Квадратна заготовка із сітки
0 (вихідна заготовка)	1.1 	2.1 
10	1.2 	2.2 
20	1.3 	2.3 
30	1.4 	2.4 
40	1.5 	2.5 

Джерело: розроблено авторами

При подальшому витягуванні дані «залишки» переходять із поверхні фланця на бічну циліндричну поверхню та підлягають обрізуванню (табл.2, фрагменти 2.1, 2.2).

Таблиця 2 – Циліндричні стакани з різною формою вихідних заготовок при граничних висотах витягування  $h_2$

Вихідна заготовка		Циліндричні стакани при $h = h_2$	
Матеріал	Поверхня, форма	Не обрізана торцева частина	Обрізана торцева частина
Сталь 08кп (лист, стрічка)	Плоска кругла	1.1 	1.2 
Металева сітка з нержавіючої сталі 12X18Н10Т (лист)	Плоска кругла	2.1 	2.2 
Металева сітка з нержавіючої сталі 12X18Н10Т (лист)	Плоска квадратна	3.1 	3.2 

Джерело: розроблено авторами

Як бачимо, 35 % матеріалу за висотою стакана підлягає обрізуванню, що з економічної точки зору не доцільно.

Аналіз причини утворення «залишку» показав, що характер витягування металевої сітки суттєво відрізняється від характеру витягування суцільної листової сталі. При витягуванні суцільної листової сталі має місце пластична деформація, яка перерозподіляє матеріал плоскої заготовки в об'ємну, а при витягуванні металевої сітки відбувається гнуття кожного дроту сітки, яке супроводжується деформацією вічок сітки на бічній поверхні. Квадратне вічко на бічній поверхні набуває форму ромба. Сумарне збільшення діагоналей ромбів приводить до інтенсивного зростання висоти ковпачка у чотирьох точках краю витягнутого ковпачка, тобто до утворення чотирьох «залишків».

Дані «залишки» можна скасувати, якщо змінити форму вихідної заготовки з круглої на квадратну (табл. 1, фрагменти 2.1-2.5). При цьому додатково зменшується площа вихідної заготовки. В процесі витягування стакана із металевої сітки з квадратним вічком край заготовки формується більш рівномірно за висотою, тому обрізуванню підлягає не більше 10 % висоти стакана.

В запропонованому фільтрі фільтрувальний елемент із металевої сітки із квадратним вічком витягується із квадратної вихідної заготовки.

**Висновки.** Запропоновано новий фільтр грубого очищення робочих рідин фільтрувальним елементом із металевої сітки із квадратним вічком та технологія виготовлення фільтрувального елемента. Показано, що використання фільтра дозволяє зменшити вартість його виготовлення за рахунок спрощення технології виготовлення фільтрувального елемента, а також розширити область використання фільтра за рахунок наявності у фільтрувальному елементі не тільки бічної, але і донної робочої поверхні. Останнє підвищує його пропускну здатність і робить його більш компактним.

## Список літератури

1. Миронюк О., Шевчук В., Паславський Р. Дослідження двоступінчатого фільтра тонкої очистки дизельного пального. *Вісник Львівського національного екологічного університету*. Сер. Агроінженерні дослідження. 2021. Вип. 25. С.49–56. URL: <https://doi.org/10.31734/agroengineering2021.25.049>
2. Paryanto, I.; Budianta, I.A.; Alifia, K.C.H.; Hidayatullah, I.M.; Darmawan, M.A.; Judistira; Prakoso, T.; Indarto, A.; Gozan, M. Modelling of Fuel Filter Clogging of B20 Fuel Based on the Precipitate Measurement and Filter Blocking Test. *ChemEngineering* 2022, 6, 84. URL: <https://doi.org/10.3390/chemengineering6060084>
3. Stone, W., Bessee, G., and Stanfel, C., "Diesel Fuel/Water Separation Test Methods—Where We Are and Where We Are Going," *SAE Int. J. Fuels Lubr.* 2(1):317-323, 2009, <https://doi.org/10.4271/2009-01-0875>.
4. Рязанцев Р. Ю. Гідравліка, гідро – та пневмоприводи: Навч. посіб.. Бар : Барський фаховий коледж транспорту та будівництва НТУ, 2022, 140 с.
5. Очисні споруди водопостачання. Цифрової репозиторій ХНУГХ ім. А.Н. Бекетова : веб-сайт. URL: [https://eprints.kname.edu.ua/42467/1/2014%2040%D0%9B%20%D1%80%D0%B5%D0%BF%D0%BE%D0%B7%20%D0%92%D0%92%20\\_%D0%A0%D0%92%D0%92%D0%A0\\_.pdf](https://eprints.kname.edu.ua/42467/1/2014%2040%D0%9B%20%D1%80%D0%B5%D0%BF%D0%BE%D0%B7%20%D0%92%D0%92%20_%D0%A0%D0%92%D0%92%D0%A0_.pdf) (дата звернення: 12.10.2024).
6. Паливо-мастильні матеріали, технічні рідини та системи їх забезпечення / за ред. В. Я. Чабанного. Кіровоград : Центрально-Українське видавництво, 2008. 500 с.
7. Боков В. М. Фізичні процеси спецтехнологій. Експериментальні дослідження. Збірник статей: навчальний посібник . Кропивницький : ПП «Ексклюзив-Систем», 2022, 625 с.
8. Боков В. М. Технологія розмірної обробки дугою. Історичний нарис, верстати: навчальний посібник . Кропивницький : ПП «Ексклюзив-Систем», 2020, 316 с.
9. Сітки: класифікація, технічні характеристики та способи застосування. Prometr : веб-сайт. URL: <https://prometr.com.ua/stroitelstvo/s-tki-klasif-kac-ya-tehn-chn-harakteristiki-ta-sposobi-zastosuvannya/> (дата звернення: 16.10.2024).
10. Боков В. М. Технологія холодного штампування: підручник . Кропивницький: ПП «Ексклюзив-Систем», 2021, 213 с.

## References

1. Myroniuk, O., Shevchuk, V., & Paslavskiy, R. (2021). *Research on a two-stage fine filter for diesel fuel*. *Visnyk Lvivskoho natsionalnoho ekolohichnoho universytetu*. Ser. Ahroinzhenerni doslidzhennia. 25. 49–56 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.31734/agroengineering2021.25.049>
2. Paryanto, I.; Budianta, I.A.; Alifia, K.C.H.; Hidayatullah, I.M.; Darmawan, M.A.; Judistira; Prakoso, T.; Indarto, A.; & Gozan, M. (2022). *Modelling of Fuel Filter Clogging of B20 Fuel Based on the Precipitate Measurement and Filter Blocking Test*. *ChemEngineering*, 6, 84. <https://doi.org/10.3390/chemengineering6060084>
3. Stone, W., Bessee, G., & Stanfel, C., (2009). "Diesel Fuel/Water Separation Test Methods—Where We Are and Where We Are Going," *SAE Int. J. Fuels Lubr.* 2(1):317-323. <https://doi.org/10.4271/2009-01-0875>.
4. Ryazantsev, R.Yu. (2022). *Hydraulics, hydro and pneumatic drives*. Bar : Bar Vocational College of Transport and Construction NTU [in Ukrainian].
5. *Water treatment plants*. Tsyfrovoi repozytoryi KhNUHKh ym. A. N. Beketova : Retrieved from [https://eprints.kname.edu.ua/42467/1/2014%2040%D0%9B%20%D1%80%D0%B5%D0%BF%D0%BE%D0%B7%20%D0%92%D0%92%20\\_%D0%A0%D0%92%D0%92%D0%A0\\_.pdf](https://eprints.kname.edu.ua/42467/1/2014%2040%D0%9B%20%D1%80%D0%B5%D0%BF%D0%BE%D0%B7%20%D0%92%D0%92%20_%D0%A0%D0%92%D0%92%D0%A0_.pdf)
6. Chabannyyi, V.Ia. (Ed.). (2008). *Fuels and lubricants, technical fluids and their supply systems*. Kirovohrad: Tsentralno-Ukrainske vydavnytstvo [in Ukrainian].

7. Bokov, V.M. (2022). *Physical processes of special technologies. Experimental research*. Kropyvnytskyi: PP «Ekskliuzyv-System» [in Ukrainian].
8. Bokov, V.M. *Tekhnolohiia rozmirnoi obrobky duhoiu. Istorychnyi narys, verstaty*. Kropyvnytskyi: PP «Ekskliuzyv-System» [in Ukrainian].
9. *Grids: classification, technical characteristics and methods of application*. Prometr. Retrieved from <https://prometr.com.ua/stroitelstvo/s-ty-klasif-kac-ya-tehn-chn-harakteristiki-ta-sposobizastosuvannya/>
10. Bokov, V.M. (2021). *Cold stamping technology*. Kropyvnytskyi: PP «Ekskliuzyv-System» [in Ukrainian].

**Oleh Sisa**, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Volodymyr Mirzak**, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Oleh Kyslun**, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Denys Tupalenko**, post-graduate

*Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine*

### **Improvement of a Coarse Filtration System for Working Fluids with a Metal Mesh Filter Element**

For normal operation of mechanisms and machines using various working fluids, the size of mechanical particles in it must be smaller than the gap in the moving pairs or the holes in the nozzles. In this regard, the working fluids are pre-filtered. Usually, two-stage filtration is used: first, coarse cleaning, and then fine cleaning. This work is devoted to improving the coarse cleaning system.

There are known coarse cleaning filters in which the liquid is cleaned due to sludge. They are large-volume tanks with partitions. This circumstance sharply limits the scope of use of these filters. Mesh filters are of certain practical interest for coarse cleaning of working fluids, as they are more compact and convenient to use. For coarse cleaning of working fluids, only square-weave metal meshes are used, that is, metal meshes with a square mesh. To form a cylindrical working surface of the filter element, the flat metal mesh is not only bent, but also its ends are connected using additional parts or soldering. This increases the cost of manufacturing the filter element. In addition, to increase the productivity of the liquid pumped through the filter, the need to increase the area of the filter element can significantly increase the dimensions of the filter. The latter limits the scope of its use. As we can see, all the imperfections of this coarse filter are associated with the fact that its filter element has only one working surface (cylindrical). Therefore, further improvement of the filter is aimed at developing a filter element with an additional working surface.

The purpose of the study is to reduce the cost of manufacturing and expand the scope of use of the filter. In the proposed new coarse liquid filter, the filter element is made of a flat metal mesh with a square mesh by the method of cold multi-operation drawing. Of all known metal meshes, only meshes with a square mesh are subject to this type of deformation, i.e. do not tear. After stretching, the filter element takes the form of a cylindrical cup with a small flange, which is used for fastening. An original technology for stretching a filter element from a square blank is proposed. This filter element, compared to the known one, has not only a side, but also a bottom working surface. The filter element is tightly put on a perforated support, which does not allow the mesh to bend under the pressure of the liquid being cleaned. The use of this filter allows you to reduce the cost of its manufacture by simplifying the technology for manufacturing the filter element, as well as expand the area of use of the filter due to the presence of not only a side, but also a bottom working surface in the filter element. The latter increases its throughput and makes it more compact.

**coarse filter, filter element, metal mesh with square weave, working surface, drawing**

*Одержано (Received) 06.11. 2024*

*Прорецензовано (Reviewed) 09.12.2024*

*Прийнято до друку (Approved) 23.12.2024*