

АГРОІНЖЕНЕРІЯ

УДК 631.363

DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.9\(40\).2.60-65](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.9(40).2.60-65)**О. В. Хмельовський**, магістр**Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна**e-mail: khmelovskiy26@gmail.com*

Аналіз конструкцій глушників вакуумних насосів

Виконано обґрунтування конструкційно-функціональної схеми фільтра-глушника роторно-лопатевого вакуумного насоса, який має можливість відділяти оливу від повітря та збирати її для подальшого переробітку. Запропонована конструкція, завдяки конструкційній особливості, забезпечує гасіння звуку, знижує шум та має мінімальний опір рухові повітряного потоку в середині фільтра-глушника. Конструкція фільтра-глушника, умовно, може бути розділена на дві конструкційні частини, кожна з яких виконує свою функцію. В роботі встановлені аналітичні зв'язки технологічних характеристик процесу відділення оливи від повітря із врахуванням швидкості повітря на вході в глушник. Встановлено взаємозв'язок між продуктивністю насоса і конструктивними параметрами фільтра-глушника. У виробничих умовах досліджено, що відокремлення оливи від повітря, в запропонованому фільтрі-глушнику, складає 93-95%, а величина зниження шуму становить 15-22 дБ.

насос, глушник, установка, вакуумний насос, шум, звук, олива, докільця, середовище

Постановка проблеми. Сьогодні в Україні, для доїння корів, використовують установки, в яких робочим середовищем є вакуум. Для його створення використовують, здебільшого, лопатеві вакуумні насоси, які мають систему мащення робочих органів. За конструкційними особливостями та принципом роботи, насоси з продуктивністю більше 45 м³/год. створюють шум більше 85 децибел, що не відповідає нормам охорони праці, а також викидають оливу, якою змащуються підшипники та лопатки в атмосферу, що в свою чергу, приводить до забруднення навколишнього середовища. Зайвий шум, приводить до професійних захворювань обслуговуючого персоналу, а тварини отримують додаткові стреси, що негативно відображається на їх продуктивності та прирості живої ваги. В зв'язку з цим на вихлопну трубу насоса встановлюють глушники. Проте, не всі вони мають задовільну ефективність стосовно описаних проблем.

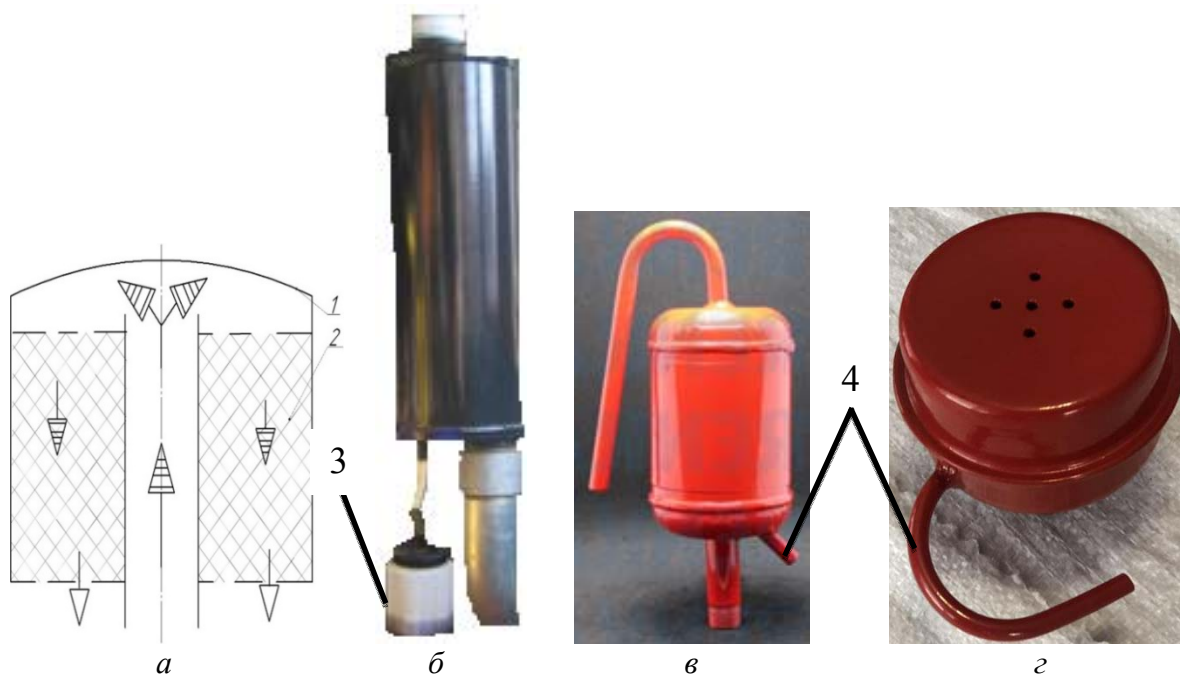
Аналіз останніх досліджень і публікацій. Глушники мають різну конструкцію: наприклад, такий, в якого в середині знаходиться скловата або металічна сітка рис. 1 а.

Цей глушник за своїм призначенням має зменшити рівень шуму та частково затримувати оливу. Ця конструкція не передбачає відведення та уловлювання оливи, в наслідок чого відбувається забруднення оточуючої території поблизу встановлення глушника такого типу [1, 2, 3, 4]. На вакуумних насосах, наприклад, компанії «Де Лаваль» використовують глушники, в яких вхідний та вихідний патрубки не співвісні [5, 6]. Всередині корпусу розміщено трубу, яка співвісна із вхідним патрубком та на стінці має бокові отвори, в результаті олива частково осідає на стінках труби та глушника відокремлюючись від повітря, проте, цей процес відбувається не в значній кількості рис. 1 б. В конструкцію таких глушників входить зовнішній оливозбірник, який з'єднаний із корпусом тонкою трубкою.

З початком активного використання засобів механізації, в процесі доїння, у

малих фермерських, індивідуальних та сімейних фермах, постало питання зменшення шуму та уловлювання відпрацьованої оливи у пересувних доїльних установах. Конструкції такого типу рис. 1 в, рис. 1 г призначені для зменшення шуму та створення комфортного звуку під час роботи індивідуальної доїльної установки [7, 8].

Автори роботи [1] провели огляд існуючих засобів, для зниження шуму, вакуумних насосів, запропонували конструкційно-функціональну схему розбірного фільтра-глушника та провели дослідження визначення величини шуму вакуумного насоса при роботі без глушника, із серійним варіантом глушника та із запропонованим.



а – з набивкою; б – з накопичувачем відокремленої оливи; в – з вихлопним трубопроводом; г – без вихлопного трубопроводу (1 – корпус; 2 – набивка; 3 – накопичувач оливи; 4 – зливна трубка)

Рисунок 1 – Глушники вакуумних установок

Джерело: розроблено автором

Автори не вказали діаметру вхідного патрубку фільтра, адже, цей розмір впливає на продуктивність вакуумного насоса.

Постановка завдання. Метою роботи є підвищення ефективності відділення оливи від повітря, зниження шуму та мінімізування опору руху повітря, при роботі фільтра-глушника вакуумної установки, за рахунок удосконалення конструкційно-функціональної схеми та оптимізації параметрів камерного фільтра-глушника.

Завданням дослідження – встановлення зв'язку між роботою вакуумного насоса та забезпеченням фільтром-глушником шумових, екологічних та технологічних параметрів. Дослідити вплив діаметру вхідного патрубка та діаметру умовного перерізу секції фільтра глушника на продуктивність вакуумного насоса.

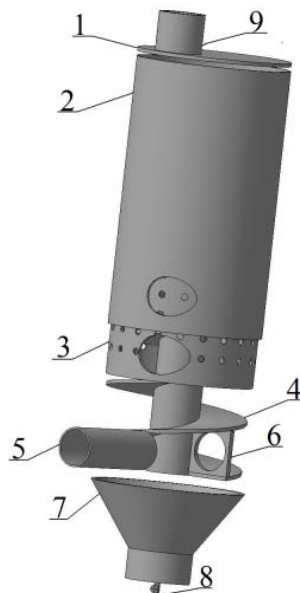
Виклад основного матеріалу. Враховуючи вище сказане, нами запропонований фільтр-глушник, який повинен задовольняти таким вимогам (рис. 2):

- зменшувати рівень звуку зовнішнього шуму до рівня допустимого, що складає 80 дБ ДСТУ EN 1012-1:2018 (EN 1012-1:2010, IDT) «Компресори та вакуумні насоси» [9];
- створювати мінімальний опір руху повітря;
- забезпечувати максимально можливий відбір оливи з відпрацьованого повітря.

Враховуючи такі особливості, розроблений камерний глушник з гвинтовою поверхнею відповідає вищезгаданим вимогам.

Розроблений глушник [10] рис. 2 складається з верхньої кришки 1, корпусу 2, ситового уловлювача 3, гвинтової навивки 4, вхідного патрубку 5, шайби із внутрішньою різьбою 6, оливозбірника 7, крана 8, випускного патрубку 9.

Гвинтова поверхня розташована всередині корпусу складається з декількох секцій різного кроку, причому, крок поверхні збільшується в напрямку випускного патрубку.



1 - верхня кришка; 2 – корпус; 3 - ситовий уловлювач; 4 – гвинтова навивка; 5 - вхідний патрубок; 6 - шайба із внутрішньою різьбою; 7 – оливозбірник; 8 – кран; 9 - випускний патрубок

Рисунок 2 – Будова фільтра-глушника

Джерело: розроблено автором

Фільтр-глушник вакуумного насоса працює таким чином.

Повітря, разом з оливою, що змащувала вузли вакуумного насоса (рис. 2), надходить до фільтра-глушника, крізь вхідний патрубок 5, який вкручено у шайбу із внутрішньою різьбою 6. Повітряно-оливова суміш рухається догори поверхнею гвинтової навивки шнека 4. Траєкторія руху повітря у глушнику описується гвинтовою навивкою, а отже, на частинки оливи, що знаходиться у зваженому стані, діє відцентрова сила, в наслідок чого, вони відкидаються до ситового уловлювача 3, олива відокремлюється від повітря та потрапляє у міжстінковий простір корпусу 2 і ситового уловлювача 3, та стікає донизу в оливозбірник 7, звідки зливається за допомогою крана 8. Після чого вона може відправлятися на переробку, або ж, після очищення, поступати в систему змащування насоса. Очищене від оливи повітря продовжує рух по поверхні гвинтової навивки 4, та завдяки зміні кроку гвинтової навивки, повітря зменшує швидкість руху, внаслідок чого зменшується рівень шуму та ефективніше відбувається доочищення від вмісту оливи. Повітря проходить до верхньої кришки 1 та крізь вихідний патрубок 9 потрапляє у навколишнє середовище.

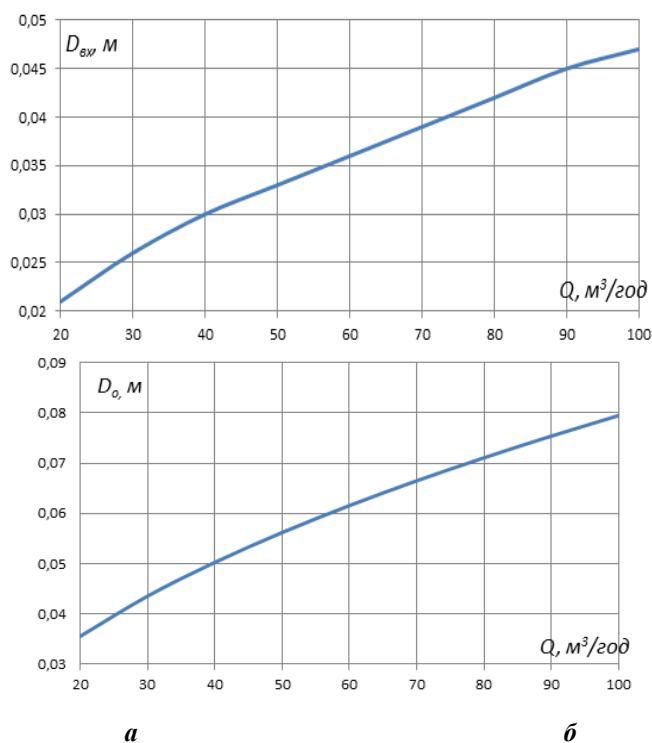
Розроблена конструкція глушника вакуумної установки виконує функції відбору оливи та забезпечує гасіння звуку, тому розрахункову схему глушника можна умовно розділити на дві конструкційні частини, кожна з яких виконує свою функцію.

Нижня частина глушника, що складається з оливозбірника, вхідного патрубка та першої секції гвинтової поверхні служить для відокремлення та збору оливи, назвемо цю частину оливозбірною.

Верхня частина глушника виконує функцію гасіння шуму та складається з одного або декількох секцій гвинтової поверхні і вихідного патрубка, назвемо її шумопоглинаючою.

Швидкість повітря на вході в глушник $V_{вх}$ має знаходитися в межах 11...16 м/с, саме така швидкість дозволяє найбільш повно відділити оливу від повітря. Зважаючи на те, що фільтр-глушник не повинен створювати опір руху повітря, необхідно визначити вплив діаметру вхідного патрубка та діаметру умовного перерізу секції фільтра-глушника на продуктивність вакуумного насоса.

Повітря, яке пройшло оливозбірну частину та відділилось від оливи, потрапляючи у розширений простір гвинтової навівки знижує свою швидкість на 30-35 %, тим самим зменшується рівень шуму. Для визначення впливу другої частини фільтра-глушника на продуктивність вакуумного насоса, необхідно знайти умовний діаметр вхідного перерізу секції, з допомогою якого розраховуються геометричні параметри фільтра-глушника.



а - діаметру вхідного патрубка; б - діаметру умовного перерізу секції
Рисунок 3 – Вплив параметрів фільтра-глушника на продуктивність вакуумного насоса

Джерело: розроблено автором

Проведене дослідження свідчить про те, що при впровадженні фільтра-глушника у виробництво, останній має мати типорозмірний ряд з кроком близьким за продуктивністю до 20 м³/год.

Висновки. Обґрунтовано схема, розроблена конструкція і виготовлений дослідний зразок фільтра-глушника забезпечує зниження шуму, який утворюється внаслідок роботи вакуумного насоса, до рівня 65-75 децибел та збирання використаної оливи до 93-95%. Дослідження показали, що продуктивність вакуумного насоса знижується, внаслідок створення фільтром-глушником опору, який складає біля 1 м³/год, в

порівнянні із серійним - 1,28 м³/год. Для впровадження фільтра-глушника у виробництво, доцільно використовувати взаємозв'язок між продуктивністю вакуумного насоса і конструкційними параметрами фільтра-глушника та розробити поділ на типорозміри.

Список літератури

1. Фільтр-глушник вакуумної установки / Хмельовський В. С. та ін. *Загальнодержавний збірник «Механізація та електрифікація сільського господарства»*. 2020. Вип. № 11 (110). С.124-129.
2. Дудін В.Ю. Фази розподілу повітря ротаційного вакуумного насоса з тангенціальним розміщенням пластин. *Геотехнічна механіка*: 2008. Вип. 75. С. 254-258.
3. Dmytriv V.T., Dmytriv I.V., Horodetskyi I.M., Yatsunskyi P.P. Adaptive cyber-physical system of the milk production process. *INMATEH - Agricultural Engineering* 2020. Vol. 61, No. 2 p 199-208 DOI: <https://doi.org/10.35633/inmateh-61-22>
4. Линник Ю. О. Техніко-економічне обґрунтування застосування системи сервоконтроля ротаційного пластинчастого вакуумного насоса доїльної установки. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Техніка та енергетика АПК*. 2015. Вип. 212. Ч. 2. С. 174–178.
5. Інструкція з експлуатації. Вакуумна установка ДеЛаваль УР 170. Київ, 2016. 16 с.
6. Інструкція з експлуатації. Вакуумна установка ДеЛаваль УРЕ1600. Київ, 2016. 18 с.
7. Глушник на масляний вакуумний насос. веб-сайт. URL: <https://mlunok.com.ua/uk/glushnik-maslyanij.html>
8. Глушник доїльного апарату для вакуумного насосу. веб-сайт. URL: <https://shafa.ua/uk/building/biznes-obladnannya/157019876-glushnik-doyilnogo-aparatu-dlya-vakuumnogo-nasosu>
9. ДСТУ EN 1012-2:2018 (EN 1012-2:2010, IDT). Компресори та вакуумні насоси. [Чинний від 2020-01-01]. Київ, 2020. 24 с. (ДП «УкрНДНЦ»).
10. Фільтр-глушник вакуумного насоса : пат. 98089 Україна : МПК F04B 37/14 , F04B 37/16. № u201413341 ; заявл. 12.12.2014 ; опубл. 10.04.2015, Бюл. № 7.

References

1. Khmel'ovs'kyj, V.S., Zabolotko, O.O., Bratishko, V.V., & Rebenko, V.I. (2020). Fil'tr-hlushnyk vakuumnoi ustanovky [Filter-muffler of a vacuum installation]. *Zahal'noderzhavnyj zbirnyk «Mekhanizatsiia ta elektrifikatsiia sil's'koho hospodarstva» - State collection «Mechanization and electrification of agriculture», 11 (110)*, 124-129 [in Ukrainian].
2. Dudin, V.YU. (2008) Fazy rozpodilu povitrya rotatsiynoho vakuumnoho nasosa z tanhentsiynym rozmishchennyam plastyn. [Phases of air distribution of a rotary vacuum pump with tangential placement of plates]. *Heotekhnichna mekhanika - Geotechnical mechanics*, 75, 254-258 [in Ukrainian].
3. Dmytriv V.T., Dmytriv I.V., Horodetskyi I.M., Yatsunskyi P.P. (2020). Adaptive cyber-physical system of the milk production process. *INMATEH - Agricultural Engineering* 61, 2, 199-208 DOI: <https://doi.org/10.35633/inmateh-61-22>
4. Lynnyk, Yu. O. (2015) Tekhniko-ekonomichne obgruntuvannya zastosuvannya systemy servokontrolya rotatsiynoho plastynchastoho vakuumnoho nasosa doylnoyi ustanovky [Feasibility study of the use of the servo control system of the rotary plate vacuum pump of the milking plant]. *Naukovyj visnyk Natsional'noho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy. Seriya: Tekhnika ta enerhetyka APK - Scientific Bulletin of the National University of Bioresources and Natural Resources of Ukraine. Series: Technology and energy of agricultural industry*, 212, 2, 174–178. [in Ukrainian].
5. Instruktsiya z ekspluatatsiyi. Vakuumna ustanovka DeLaval UR 170. [Operating instructions. Vacuum installation DeLaval UR 170] (2016). Kyiv [in Ukrainian].
6. Instruktsiya z ekspluatatsiyi. Vakuumna ustanovka DeLaval URE1600. [Operating instructions. Vacuum installation DeLaval URE1600] (2016). Kyiv [in Ukrainian].
7. Hlushnyk na maslyanyy vakuumnyy nasos [Muffler for the oil vacuum pump]. website. URL: <https://mlunok.com.ua/uk/glushnik-maslyanij.html> [in Ukrainian].
8. Hlushnyk doyl'noho aparatu dlya vakuumnoho nasosu [Muffler of the milking machine for the vacuum pump]. website. URL: <https://shafa.ua/uk/building/biznes-obladnannya/157019876-glushnik-doyilnogo-aparatu-dlya-vakuumnogo-nasosu> [in Ukrainian].
9. DSTU EN 1012-2:2018 (EN 1012-2:2010, IDT). Kompresory ta vakuumni nasosy [Compressors and vacuum pumps]. (2020) [Effective from 2020-01-01]. Kyiv, 2020 [in Ukrainian].

10. Filtr-hlushnyk vakuumnoho nasosa [Filter-muffler of the vacuum pump] (2015). Ukrainian patent, no. 98089 [in Ukrainian].

Oleksandr Khmelovskyi, Master

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

Analysis of Vacuum Pump Mufflers Designs

The substantiation of the structural and functional scheme of the muffler filter of the rotary vane vacuum pump, which has the ability to separate oil from air and collect it for further processing, has been completed. The proposed design, due to its design feature, provides sound suppression, reduces noise and has minimal resistance to the movement of the air flow in the middle of the muffler filter. The muffler filter is based on the fact that air, together with the oil that lubricates the vacuum pump nodes, enters the muffler filter through the inlet pipe at a speed of 11...16 m/s, which allows the most complete separation of oil from air. The trajectory of the movement of air in the muffler is described by a helical winding, and therefore, centrifugal force acts on the oil particles in a suspended state, as a result of which the oil particles are thrown to the sieve catcher, the oil is separated from the air and enters the interwall space of the housing and the sieve catcher, and flows down into the oil sump, from where it is drained using a tap. After that, it can be sent for processing, or, after cleaning, enter the pump lubrication system. The oil-free air continues to move over the surface of the screw winding, and due to the change in the pitch of the screw winding, the air decreases its speed, as a result of which the noise level decreases and oil content is cleaned more efficiently. Air passes to the top cover and enters the environment through the outlet pipe.

The work establishes a relationship between the pump performance and the design parameters of the muffler filter. In production conditions, it was investigated that the separation of oil from air in the proposed muffler is 93-95%, and the amount of noise reduction is 15-22 dB. The use of a muffler filter implies a decrease in the productivity of the vacuum pump, which is about 1 m³/h, compared to the serial one - 1.28 m³/h. To introduce the muffler filter into production, it is advisable to use the relationship between the performance of the vacuum pump and the structural parameters of the muffler filter and to develop a division into standard sizes.

pump, muffler, installation, vacuum pump, noise, sound, oil, environment

Одержано (Received) 14.05.2024

Прорецензовано (Reviewed) 14.06.2024

Прийнято до друку (Approved) 26.06.2024