

**Хмельовський О.В.**  
Національний університет  
біоресурсів і  
природокористування  
України,  
м. Київ, Україна  
**E-mail:**  
[khmelovskyi26@gmail.com](mailto:khmelovskyi26@gmail.com)

## СИНТЕЗ ПАРАМЕТРІВ ГЛУШНИКА ДЛЯ ВАКУУМНОЇ УСТАНОВКИ

[https://doi. 10.5281/zenodo.15427486](https://doi.org/10.5281/zenodo.15427486)

УДК 628.3

*Хмельовський О.В. Синтез параметрів глушника для вакуумної установки.*

**Анотація.** В результаті досліджень виробничо-економічної діяльності господарства зроблено висновок, що в доїльних установках вживаними є вакуумні установки з ротаційно-пластинчатими вакуумними насосами. Основним недоліком ротаційно-пластинчатих насосів є значна витрата оливи (до 1 г/м<sup>3</sup>) і забруднення парами відпрацьованої оливи навколишнього середовища. Глушники більшості існуючих вакуумних установок не дозволяють відокремлювати відпрацьовану оливу від повітря і забруднюють навколишнє середовище. Обґрунтована схема, розроблена конструкція і виготовлений дослідний зразок глушника вдосконаленої вакуумної установки дає можливість зменшити витрати оливи до 95 %.

**Ключові слова:** глушник, вакуум, установка, доїння.

*Khmelovskyi O.V. Synthesis of silencer parameters for vacuum unit.*

**Abstract.** As a result of research into the production and economic activities of the farm, it was concluded that vacuum units with rotary vane vacuum pumps are used in milking units. The main disadvantage of rotary vane pumps is a significant oil consumption (up to 1 g/m<sup>3</sup>) and pollution of the environment with waste oil vapors. Silencers of most existing vacuum units do not allow separating waste oil from air and pollute the environment. A substantiated scheme, a developed design and a manufactured prototype of a silencer of an improved vacuum unit make it possible to reduce oil consumption by up to 95%.

**Key words:** silencer, vacuum, unit, milking.

### Постановка проблеми

Перехід до ринкових умов господарювання в сільськогосподарському виробництві взагалі, в тому числі й у такій галузі, як тваринництво, вимагає не тільки збільшення обсягу, а й зниження собівартості вироблюваної продукції для підвищення її конкурентноздатності [1]. Основними умовами забезпечення розвитку галузі, поряд із зміцненням кормової бази, є комплексна механізація виробничих процесів, кваліфіковане обслуговування і бережливе використання технічних засобів [2].

Впровадження машинного доїння стало прогресивним кроком в галузі тваринництва [3]. Машинне доїння істотно полегшує і підвищує продуктивність праці тваринників, створює передумови для одержання високосортного молока, особливо при доїнні в молокопровід [4]. Залежно від системи утримання тварин і технології їх доїння у 4-5 разів (доїння у стійлах) та навіть у 10-15 і більше (доїння на автоматизованих конвеєрних установках) можна знизити затрати праці порівняно з ручним варіантом [5].

Одержане молоко менше контактує з навколишнім середовищем, послідовно проходить первинну обробку, завдяки чому менше забруднюється, довше зберігає свою якість [6].

Та насамперед ефективно і без шкідливих наслідків доїння можливе тільки при дотриманні технології, що виходить з фізіологічних особливостей молоковіддачі тварин. Ця технологія може включати ручні, машинно-ручні, і машинні операції, співвідношення яких залежить від вибору технічного обладнання та організації процесу доїння [7].

В даній роботі вдосконалено конструкцію вакуумної установки, що дозволяє зменшити витрати оливи і усуне забруднення оливою довкілля.

### Аналіз останніх досліджень та публікацій

Основною проблемою галузі є зменшення обсягів кормо виробництва, як наслідок відбувається зменшення продукції і поголів'я тварин [8].

Лише комплексний підхід до вирішення існуючих проблем в скотарстві дозволить докорінно змінити ситуацію в цьому сегменті [9].

Аналіз роботи різних господарсько-побутових станцій очищення побутових Теоретичні дослідження фільтра-глушника дають можливість обґрунтувати конструктивно-функціональну схему фільтра-глушника вакуумної установки [10]. Розроблений глушник повинен задовольняти такі вимоги:

- зменшувати рівень звуку зовнішнього шуму до рівня допустимого, що складає 80 дБ [11];
- створювати мінімальний опір руху повітря [12];
- забезпечувати максимально можливий відбір оливи з відпрацьованого повітря [13].

Враховуючи такі особливості був розроблений камерний глушник з гвинтовою поверхнею, який відповідає вищезгаданим вимогам [14].

Розроблений глушник рис. 1 складається з корпусу 1, конічної частини 2, оливозбірника 3, вхідного патрубку 4, гвинтової поверхні 5 та випускного патрубку.

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

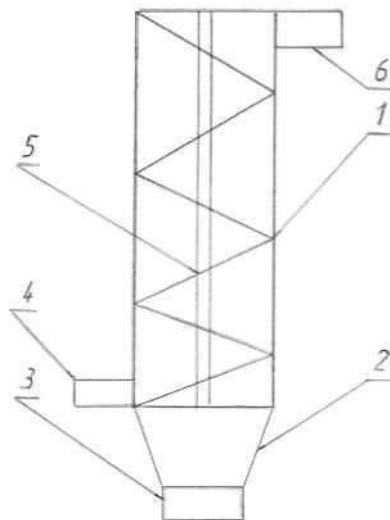


Рис. 1. Принципова схема глушника [15]: 1 – корпус; 2 – конічна частина; 3 – оливозбірник; 4 – вхідний патрубок; 5 – гвинтова поверхня; 6 – вихідний патрубок.

Робочий процес такого глушника проходить таким чином: повітря з нагнітального трубопроводу потрапляє в глушник та по гвинтовій лінії проходить через нього, за рахунок того, що крок гвинтової лінії збільшується, повітря втрачає швидкість та гасить звук вихлопу [16]. Повітря, проходячи через глушник, рухається по колу, а, отже, на частинки оливи, що знаходиться у зваженому стані, діє відцентрова сила в наслідок чого вони відкидаються на стінки глушника та спливають вниз [17]. В нижній частині глушника знаходиться масляний фільтр проходячи через який олива повертається у систему.

### Формулювання мети досліджень

Метою роботи є вдосконалення вакуумної установки шляхом розробки пристрою для зменшення шуму та відбору відпрацьованої оливи.

### Результати досліджень

Розроблена конструкція глушника при приєднанні до вакуумної установки забезпечує гасіння звуку і відбір відпрацьованої оливи (рис. 2). Олива збирається в оливозбірнику 3 після чого вона може або відправлятися на переробку, або ж після очищення знову поступати в систему. При поверненні очищеної оливи в систему, подача здійснюється трубопроводом для оливи 4, у якому створюється надлишковий тиск (за рахунок нагнітання вакуумним насосом повітря в глушник), що дає змогу, без застосування допоміжних пристроїв, повертати відібрану оливу в систему вакуумної установки.

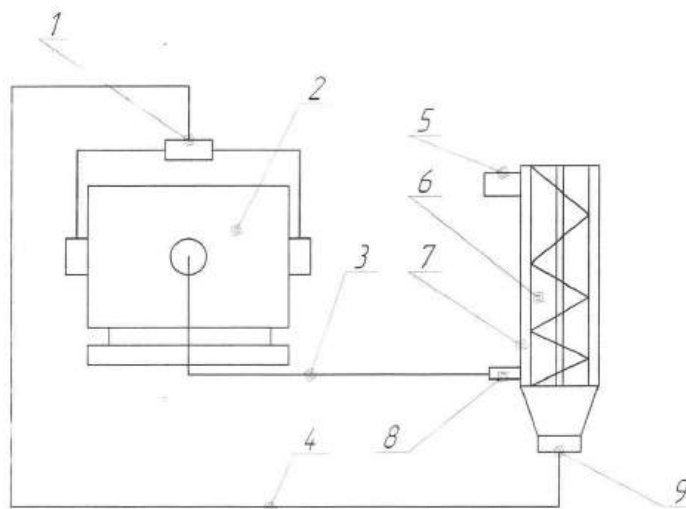


Рис. 2. Конструктивно-функціональна схема розробленої установки: 1 – система мащення вакуумного насоса; 2 – вакуумний насос; 3 – вихлопна труба; 4 – трубопровід для оливи; 5 – вихлопний патрубок глушника; 6 – глушник; 7 – теплообмінник; 8 – вхідний патрубок глушника; 9 – фільтр.

Також передбачена можливість застосування глушника для підігріву води за рахунок відбору теплоти з відпрацьованого повітря, що нагрівається до 80 °C і більше, шляхом установки кожуху навколо глушника в якому циркулює.

Запропонована конструкція глушника дає змогу погасити швидкість вихлопу, зекономити мастильні матеріали та підігріти деяку кількість води для потреб господарства.

Важливою перевагою такого методу вдосконалення вакуумної установки є те, що вдосконаленню піддаються вже встановлені на господарствах установки.

Розрахунок оливозбірної частини. Швидкість повітря на вході в глушник  $V_{вх}$  має знаходитися в межах 11...16 м/сек саме така швидкість дозволяє найбільш повно відділити оливу від повітря. З умови цього визначається діаметр вхідного патрубку з формули:

$$d_{вх} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot V_{вх}}}, \text{ м} \quad (1)$$

де  $Q$  – продуктивність вакуумного насоса, м<sup>3</sup>/год;  $V_{вх}$  – швидкість повітря на вході в глушник, м/год.

$$d_{вх} = \sqrt{\frac{4 \cdot 60}{3,14 \cdot 57600}} = 0,036 \text{ (м)};$$

Тобто спостерігається така залежність між діаметром вхідного патрубку глушника і продуктивністю вакуумного насоса (рис. 3).

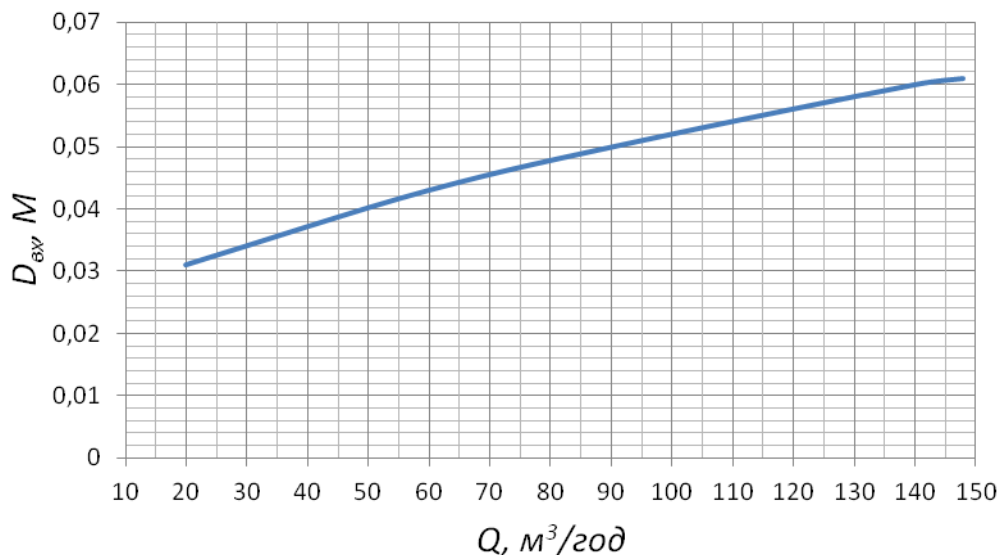


Рис. 3. Залежність діаметра вхідного патрубку від продуктивності вакуумного насоса.

На вході в оливозбірну частину швидкість повітря за рахунок розширення падає на 30-40%, тому швидкість повітря в першій секції гвинтової поверхні глушника дорівнюватиме:

$$V_{с1} = 0,35 \cdot V_{вх}, \text{ м/год} \quad (2)$$

де  $V_{вх}$  – швидкість повітря на вході, м/год;  $V_{с1}$  – швидкість повітря в першій секції глушника, м/год.

$$V_{с1} = 0,35 \cdot 57600 = 20160 \text{ м/год};$$

Для визначення конструктивних параметрів глушника необхідно знайти так званий умовний діаметр вхідного перерізу секції з допомогою якого розраховуються інші елементи:

$$D_0 = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot V_{с1} \cdot 0,35}} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot V_{вх}}}, \text{ м} \quad (3)$$

$$D_0 = \sqrt{\frac{4 \cdot 60}{3,14 \cdot 20160}} = 0,061 \text{ м},$$

Отримуємо залежність подібну до (рис. 4).

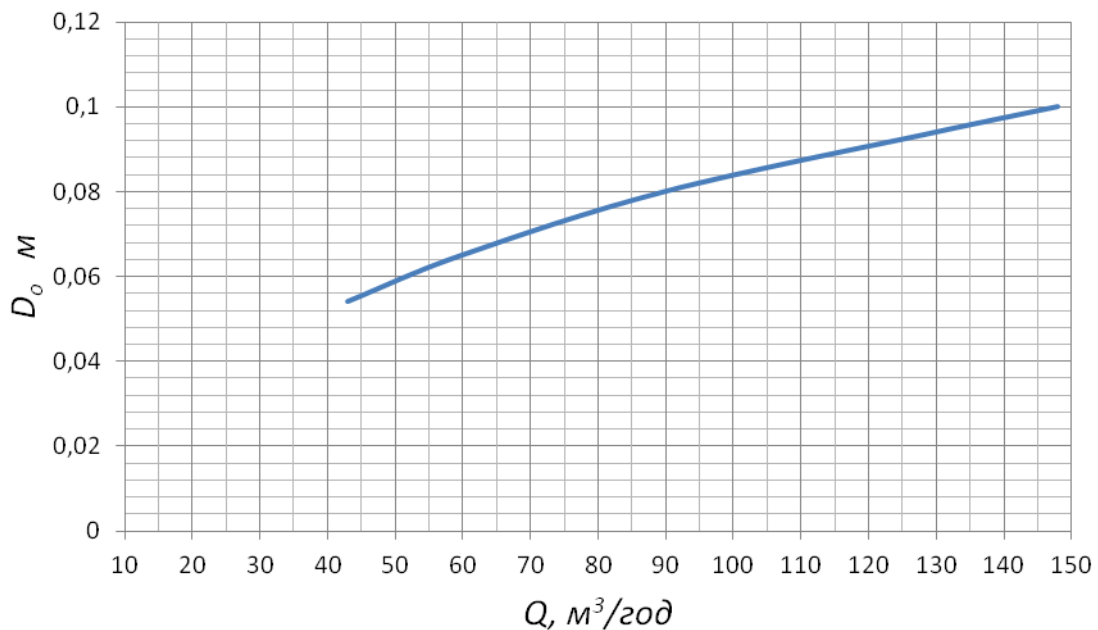


Рис. 4. Залежність діаметра умовного перерізу секції від продуктивності насоса.

Використовуючи умовний діаметр вихідного перерізу знаходяться мінімальні розміри глушника за такими залежностями:

$$D_1 = 3,0 D_0, \text{ м} \quad (4)$$

$$H = 1,35 D_0, \text{ м} \quad (5)$$

$$D_2 = 0,4 D_0, \text{ м} \quad (6)$$

$$d_1 = 0,1 D_0 \text{ м} \quad (7)$$

де  $D_1$  – зовнішній діаметр глушника;  $H$  – висота конусної частини;  $D_2$  – діаметр збірника оливи (рис. 5).

$$D_1 = 3,0 \cdot 0,061 = 0,184 \text{ м};$$

$$H = 1,35 \cdot 0,061 = 0,0831 \text{ м};$$

$$D_2 = 0,4 \cdot 0,061 = 0,0246 \text{ м};$$

$$d_1 = 0,1 \cdot 0,061 = 0,0061 \text{ м};$$

Параметри гвинтової поверхні визначають з площі вихідного перерізу, що розраховують за формулою:

$$S_1 = \frac{\pi D_0^2}{4}, \text{ м}^2 \quad (8)$$

$$S_1 = \frac{3,14 \cdot 0,082^2}{4} = 0,0029 \text{ м}^2$$

де  $D_0$  – умовний діаметр вхідного перерізу першої секції, м.

Приймаючи, що вихідний переріз має прямокутну форму – визначають крок гвинтової поверхні за формулою:

$$P_1 a = S_1, \text{ м}^2 \quad (9)$$

де  $a = (D_1 - d_1)/2$

$P_1$  – крок гвинтової поверхні, м;

$D_1$  – зовнішній діаметр глушника, м;

$d_1$  – діаметр прутка на якому кріпиться гвинтова поверхня, м.

$$a = (0,184 - 0,0061)/2 = 0,089 \text{ м};$$

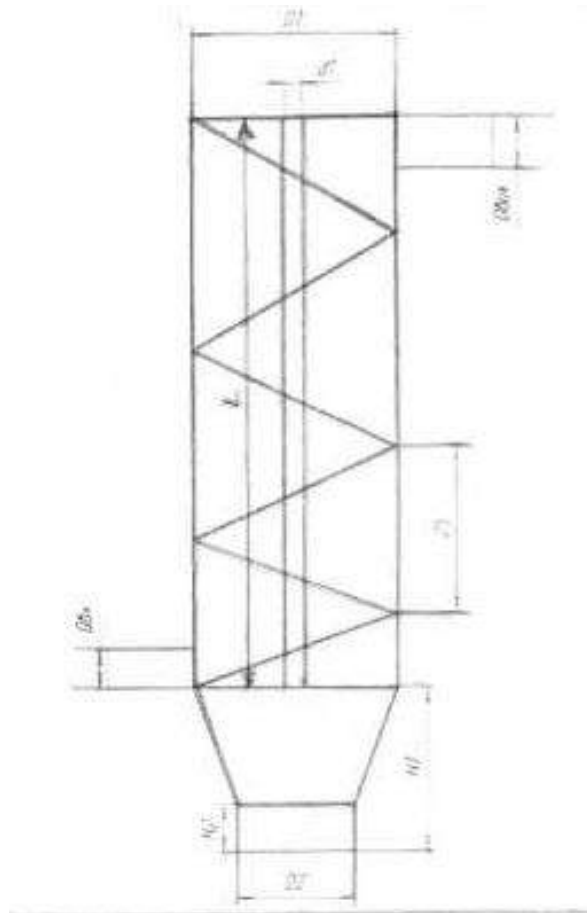


Рис. 5. Розрахункова схема глушника.

Отже, крок гвинтової поверхні знаходиться з виразу

$$P_1 = \frac{2S_1}{D_1 - d_1}, \text{ м} \quad (10)$$

$$P_1 = \frac{2 \cdot 0,0053}{0,24 - 0,0082} = 0,033 \text{ м};$$

Отже можна виявити таку залежність зміни кроку гвинтової поверхні від продуктивності вакуумного насоса (рис. 6).

Визначення параметрів наступних секцій проводиться з умови забезпечення поглинання шуму.

Розрахунок шумопоглинаючої частини. Кількість секцій гвинтової частини вибирають в межах 2-4 в залежності від продуктивності вакуумного насоса, забруднення повітря на виході з насоса та ступеню затухання шуму який потрібно отримати в глушнику. За нашими дослідженнями доцільно приймати кількість секцій рівну трьом, саме при такій конструкції найбільш повно проходить відділення оливи від повітря. Конструктивні параметри гвинтової поверхні приймають або з конструктивних міркувань або ж визначають з величини затухання, яке необхідно отримати в глушнику. Визначаючи конструктивні розміри гвинтової поверхні бажано приймати такі значення, щоб секції мали повний виток.

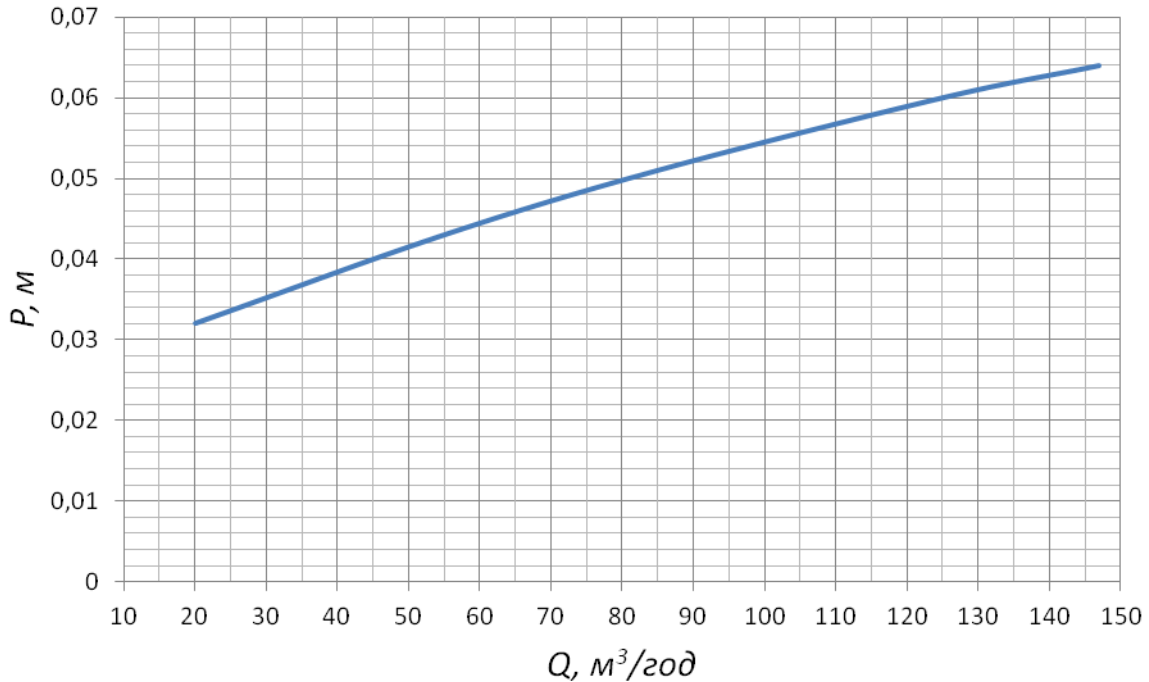


Рис. 6. Залежність зміни кроку гвинтової поверхні від продуктивності вакуумного насоса.

Загальна величина поглинання в глушнику дорівнює сумі поглинань його структурних частин:

$$\Delta\varepsilon_{\text{сум}} = \Sigma\Delta\varepsilon_{\text{пр}} + \Sigma\Delta\varepsilon_{\text{ф}} + \Sigma\Delta\varepsilon_{\text{вих}}, \text{ дБ} \quad (11)$$

$$\Delta\varepsilon_{\text{сум}} = 0,23 + 32,66 + 3,34 = 36,23 \text{ дБ.}$$

де  $\Delta\varepsilon_{\text{сум}}$  – величина сумарного поглинання, дБ,  $\Delta\varepsilon_{\text{пр}}$  – величина поглинання в прямих каналах глушника,  $\Delta\varepsilon_{\text{ф}}$  – величина поглинання в перехідних частинах,  $\Delta\varepsilon_{\text{вих}}$  – величина поглинання вихідного перерізу.

Величина поглинання в прямих каналах визначається як:

$$\Delta\varepsilon_{\text{пр}} = \alpha_{\text{к}} \frac{\Phi_{\text{м}}}{\Phi_{\text{к}}}, \text{ дБ} \quad (12)$$

$$\Delta\varepsilon_{\text{пр}} = 0,01 \cdot 0,068 / 0,0029 = 0,23 \text{ дБ.}$$

де  $\Phi_{\text{м}}$  – площа поверхні звукопоглинаючого матеріалу, м,  $\Phi_{\text{к}}$  – площа перерізу каналу, м,  $\alpha_{\text{к}}$  – коефіцієнт звукопоглинання матеріалу, для металічних каналів складає 0,01.

Площу поверхні звукопоглинаючого матеріалу знаходимо як:

$$\Phi_{\text{м}} = (2P_{\text{п}} + 2a)l_{\text{сек}}, \text{ м}^2 \quad (13)$$

$$\Phi_{\text{м}} = (2 \cdot 0,033 + 2 \cdot 0,089) \cdot 0,28 = 0,068 \text{ м.}$$

де  $P_{\text{п}}$  – крок п-ої секції гвинтової поверхні, м,  $l_{\text{сек}}$  – довжина секції, м,  $a = (D_1 - d_1)/2$  – ширина каналу.

Довжина секції визначається з залежності:

$$l_{\text{сек}} = \pi D_1 / 2, \text{ м} \quad (14)$$

$$l_{\text{сек}} = 3,14 \cdot \frac{0,184}{2} = 0,28 \text{ м.}$$

де  $D_1$  – зовнішній діаметр глушника, м.

Площу перерізу  $\Phi_k$  знаходимо з виразу (8). Отже (рис. 7), враховуючи залежності (4-7, 9, 13 і 14) знаходимо залежність кроку гвинтової поверхні від величини затухання:

$$P_n = 0,0435\pi D_0 / (1,45\Delta\varepsilon_{\text{пр}} - 0,03\pi), \text{ м} \quad (15)$$

$$P_n = 0,0435 \cdot 3,14 \cdot 0,061 / (1,45 \cdot 0,23 - 0,03 \cdot 3,14) = 0,034 \text{ м.}$$

де  $D_0$  – умовний діаметр вхідного перерізу, м (3).

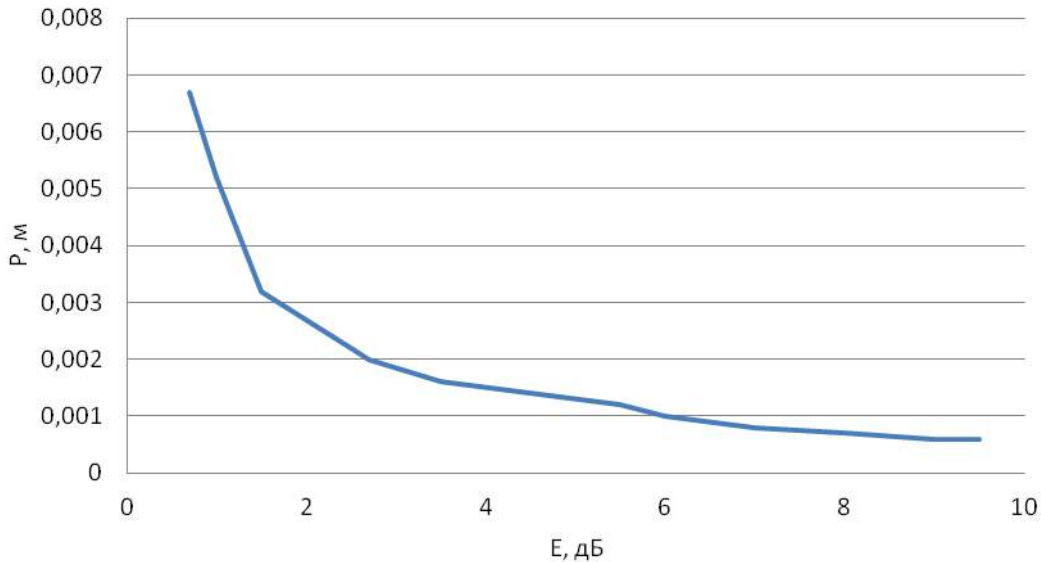


Рис. 7. Залежність величини поглинання від кроку гвинтової поверхні

Величину поглинання в перехідних частинах  $\Delta\varepsilon_{\Phi}$  знаходимо за формулою:

$$\Delta\varepsilon_{\Phi} = 10 \ln \left( \frac{(1+m)^2}{4m} \right), \text{ дБ} \quad (16)$$

$$\Delta\varepsilon_{\Phi} = 10 \ln \left( \frac{(1+2,86)^2}{4 \cdot 2,86} \right) = 32,66 \text{ дБ}$$

де  $m$  – відношення площ повздовжніх перерізів до  $\Phi_{n-1}$  та після  $\Phi_n$  зміни перерізу:

$$m = \frac{\Phi_n}{\Phi_{n-1}}, \quad (17)$$

Враховуючи залежність (9) можемо записати вираз (17) у вигляді:

$$m = P_n / P_{n-1}, \quad (18)$$

де  $P_n$  – крок секції гвинтової поверхні, м;  $P_{n-1}$  – крок попередньої секції гвинтової поверхні, м.

Потрібно врахувати, що при першій зміні перерізу на вході в глушник  $m = 2,86$  з залежності 2.

Прийнявши до уваги залежності 4, 7, 18 запишемо залежність відношення площ перерізів (кроків 18) (рис. 8) від величини затухання  $\Delta\varepsilon_{\Phi}$ :

$$P_n / P_{n-1} = (4 \cdot 10^{\Delta\varepsilon_{\Phi}} - 2 \pm ((4 \cdot 10^{\Delta\varepsilon_{\Phi}} - 2)^2 - 4)^{0,5}) / 2, \quad (19)$$

Значення величини поглинання вихідного перерізу  $\Delta\varepsilon_{\text{вих}}$  знаходимо з залежності:

$$\Delta\varepsilon_{\text{вих}} = 10 \ln A / \Phi_{\text{вих}}, \quad (20)$$

$$\Delta\varepsilon_{\text{вих}} = 10 \ln 0,0116 / 0,0083 = 3,34 \text{ дБ.}$$

де  $A$  – величина сумарного поглинання матеріалу себін,  $\Phi_{\text{вих}}$  – площа перерізу вихідного патрубку, м,

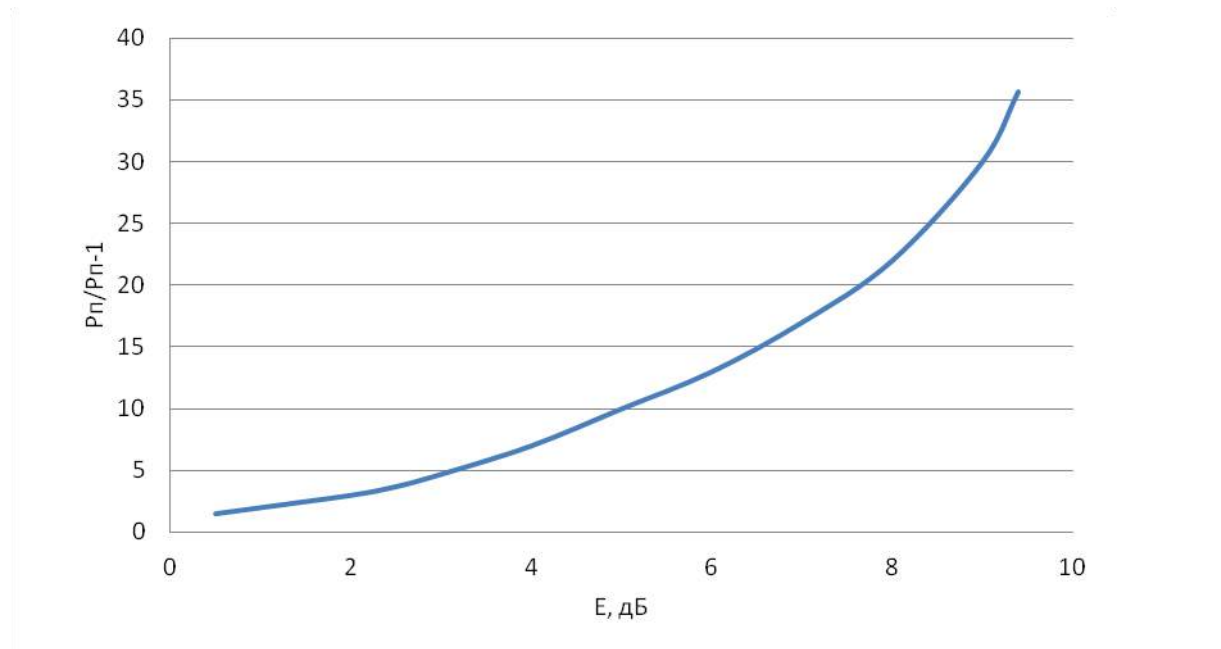


Рис. 8. Залежність величини поглинання від відношення кроків.

Сумарне поглинання матеріалу знаходять з залежності:

$$A = \sum \alpha S, \quad (21)$$

$$A = 0,04 \cdot 0,29 = 0,0116 \text{ м.}$$

де  $S$  – сума площ поверхонь глушника,  $\alpha$  – коефіцієнт звукопоглинання.

Запишемо залежність площі вихідного перерізу від величини звукопоглинання:

$$\Phi_{\text{вих}} = A / e^{0,1 \Delta \epsilon_{\text{вих}}}, \quad (22)$$

$$\Phi_{\text{вих}} = 0,0116 / 0,02^{0,1 \cdot 6,49} = 0,0083 \text{ м.}$$

Діаметр вихідного патрубку визначається з залежності:

$$D = \sqrt{4S/\pi}, \quad (23)$$

$$D = \sqrt{4 \cdot 0,0029 / 3,14} = 0,06 \text{ м.}$$

Отже, конструктивні параметри шумопоглинаючої частини можна вирахувати з необхідної величини затухання в глушнику та параметрів розрахованих в оливозбірній частині.

Аналізуючи наведені розрахунки впливає, що зовнішній діаметр глушника  $D_1$ , висоту конічної частини оливозбірника  $H$ , діаметр збірника оливи  $D_2$  та крок першої секції гвинтової поверхні знаходиться з розрахунку оливозбірної частини за умови відділення оливи. Кроки гвинтових поверхонь інших секцій та площу вихідного патрубку визначають з умови отримання необхідного затухання шуму в глушнику.

Тобто оливозбірна частина розглядається як циклон та розраховується як елемент для відділення домішок, шумопоглинаюча частина розглядається як глушник і розраховується відповідно для поглинання звукових коливань (рис. 9).

Таким чином, при продуктивності насоса  $Q=60$  м/год конструктивні параметри глушника становитимуть: діаметр вхідного патрубку  $d_{\text{вх}} = 0,032$  м (з формули 1), зовнішній діаметр  $D_1 = 0,197$  м (з формули 4), висота конусної частини  $H = 0,09$  м (з формули 5), діаметр оливи збірника  $D_2 = 0,028$  м (з формули 6), крок першого витка гвинтової поверхні  $P_1 = 0,04$  м (з формули 10).

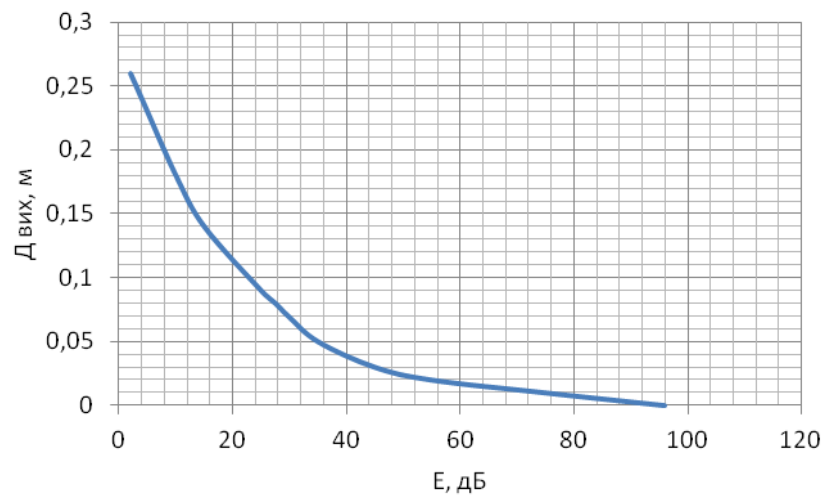


Рис. 9. Залежність величини поглинання від діаметру вихідного патрубку.

Дослідженням встановлено, що досліджувальний глушник забезпечує 100% очищення повітря від оливи. Об'єм оливи, що поступила на мащення насоса і відділена оливозбірною частиною глушника відібрані з оливозбірника склала 78%, решта оливи залишивши слід (змочила) і осіла на з'єднувальних трубопроводах, нижніх витках і стінках глушника.

Одержані результати показують, що досліджений глушник зменшує величину шуму в 1,5 разів (рис. 10). Величина створюваного шуму вакуумною установкою УВУ-60-1,0 з дослідним зразком на 12 дБ менша від нормативної яка становить 80 дБ.

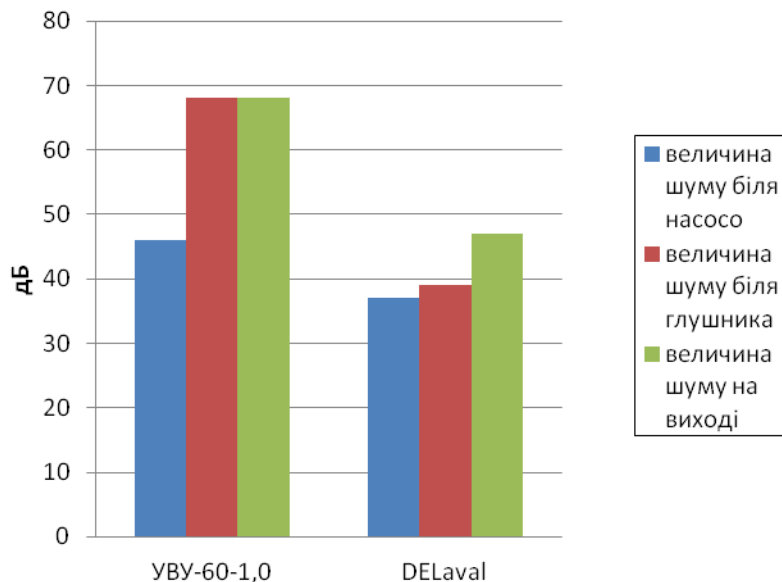


Рис. 10. Величина шуму створювана вакуумними установками в залежності від розміщення глушника.

Розміщення глушника відносно вакуумного насоса суттєво впливає на величину створюваного шуму. Так при розміщенні глушника біля вакуумного насосу (DeLaval) величина шуму біля насосу і глушника однакові і склала 63 дБ. Величина шуму на виході з вихлопної труби глушника, що розміщена ззовні приміщення, склала 84 дБ.

Визначення шуму в установці УВУ-60-1,0 біля насоса і глушника розміщеного ззовні відповідно склали 46 і 68 дВ.

Одержані дані показують, що рекомендованим є розміщення глушника ззовні приміщення, так як величина шуму в приміщенні біля насосу, при цьому, зменшується на 30%.

### Висновки

1. В результаті досліджень виробничоекономічної діяльності господарства зроблено висновок, що в доільних установках вживаними є вакуумні установки з ротаційно-пластинчатими вакуумними насосами. Основним недоліком ротаційно-пластинчатих насосів є значна витрата оливи (до 1 г/м<sup>3</sup>) і забруднення парами відпрацьованої оливи навколишнього середовища.

2. Глушники більшості існуючих вакуумних установок не дозволяють відокремлювати відпрацьовану оливу від повітря і забруднюють навколишнє середовище.

3. Обґрунтована схема, розроблена конструкція і виготовлений дослідний зразок глушника вдосконаленої вакуумної установки дає можливість зменшити витрати оливи до 95 %.

4. Теоретично встановлено взаємозв'язок між продуктивністю насоса і конструктивними параметрами глушника. При продуктивності вакуумного насоса 60 м<sup>3</sup>/год: діаметр вхідного патрубку  $d_{вх} = 0,032$  м, зовнішній діаметр  $D_1 = 0,159$  м, висота конусної частини  $H = 0,072$  м, діаметр оливозбірника  $D_2 = 0,0212$  м, крок першого витка гвинтової поверхні  $P = 0,04$  м. Розміри глушника визначаються виходячи з умов максимального відділення оливи від повітря, значного зменшення шуму при мінімальному опорі руху повітря.

5. Встановлено, що відокремлення оливи від повітря в досліджуваному глушнику складає 95%, величина затухання шуму становить 32 дБ і не перевищує 68 дБ.

6. Доцільно розміщувати глушник ззовні вакуумного приміщення, так як при цьому величина створюваного шуму в приміщенні зменшується на 30%.

### Список використаних джерел

1. Rogovskii I., Sivak I., Shatrov R., Nadtochiy O. Agroengineering studies of tillage and harvesting parameters in soybean cultivation. *Engineering of Rural Development*. 2024. Vol. 23. P. 965-970. <https://doi.org/10.22616/ERDev.2024.23.TF195>.

2. Sheichenko V., Petrachenko D., Koropchenko S., Rogovskii I., Gorbenko O., Volianskyi M., Sheichenko D. Substantiating the rational parameters and operation modes for the hemp seed centrifugal dehuller. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2024. Vol. 2 (1 (128)). P. 34–48. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.300174>.

3. Aulin V., Rogovskii I., Lyashuk O., Titova L., Hrynkiv A., Mironov D., Volianskyi M., Rogatynskyi R., Solomka O., Lysenko S. Comprehensive assessment of technical condition of vehicles during operation based on Harrington's desirability function. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2024. Vol. 1 (3 (127)). P. 37–46. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.298567>.

4. Volokha M., Rogovskii I., Fryshev S., Sobczuk H., Virchenko G., Yablonskyi P. Modeling of transportation process in a technological complex of beet harvesting machines. *Journal of Engineering Sciences (Ukraine)*. 2023. Vol. 10(2). P. F1–F9. [https://doi.org/10.21272/jes.2023.10\(2\).f1](https://doi.org/10.21272/jes.2023.10(2).f1) Scopus

5. Rogovskii I., Titova L., Sivak I., Berezova L., Vyhovskyi A. Technological effectiveness of tillage unit with working bodies of parquet type in technologies of cultivation of grain crops. *Engineering for Rural Development*. 2022. Vol. 21. P. 884–890. <https://doi.org/10.22616/ERDev.2022.21.TF279>.
6. Rogovskii I., Titova L., Shatrov R., Bannyi O., Nadtochiy O. Technological effectiveness of machine for digging seedlings in nursery grown on vegetative rootstocks. *Engineering for Rural Development*. 2022. Vol. 21. P. 924–929. <https://doi.org/10.22616/ERDev.2022.21.TF290>.
7. Romaniuk W., Rogovskii I., Polishchuk V., Titova L., Borek K., Wardal W.J., Shvorov S., Dvornyk Y., Sivak I., Drahnev S., Derevjanko D. Study of methane fermentation of cattle manure in the mesophilic regime with the addition of crude glycerine. *Energies*. 2022. Vol. 15. Issue 9. P. 3439. <https://doi.org/10.3390/en15093439>.
8. Rogovskii I.L. Models of formation of engineering management alternatives in methods of increasing grain production in agricultural enterprises. *Machinery and Energetics*. 2021. Vol. 12(1). P. 137–146.
9. Rogovskii I.L. Resource of removal expenses for strong agricultural period of volume of operations. *Machinery and Energetics*. 2021. Vol. 12. Issue 2. P. 123–131. <https://doi.org/10.31548/machenergy2021.02.123>.
10. Rogovskii I.L. Influence of operating failure of agricultural machines on efficiency of their machine use. *Machinery and Energetics*. 2021. Vol. 12(3). P. 157–166.
11. Rogovskii I.L. Analyticity of complex criteria for evaluation of grain production in agricultural enterprises intensification of engineering management. *Machinery and Energetics*. 2021. Vol. 12(4). P. 129–138.
12. Nazarenko I., Mishchuk Y., Mishchuk D., Ruchynskiy M., Rogovskii I., Mikhailova L., Titova L., Berezovyi M., Shatrov R. Determination of energy characteristics of material destruction in the crushing chamber of the vibration crusher. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2021. Vol. 4(7(112)). P. 41–49. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.239292>.
13. Rogovskii I.L., Titova L.L., Gumenyuk Yu.O., Nadtochiy O.V. Technological effectiveness of formation of planting furrow by working body of passive type of orchard planting machine. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021. Vol. 839. P. 052055. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/839/5/052055>.
14. Rogovskii I.L., Titova L.L., Trokhaniak V.I., Borak K.V., Lavrinenko O.T., Bannyi O.O. Research on a grain cultiseeder for subsoil-broadcast sowing. *INMATEH. Agricultural Engineering*. Bucharest. 2021. Vol. 63. No 1. P. 385–396. <https://doi.org/10.35633/INMATEH-63-39>.
15. Rogovskii I.L., Sivak I.M. Research of machines for mulching near-trunk strips in perennial fruit plantations. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021. Vol. 723. P. 042041. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/723/4/042041>.
16. Rogovskii I.L., Sivak I.M. Research of microdeformation and stress in details of agricultural machines by implementing holography. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021. Vol. 677. P. 052038. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/677/5/052038>.
17. Rogovskii I.L., Polishchuk V.M., Titova L.L., Sivak I.M., Vyhovskyi A.Yu., Drahnev S.V., Voinash S.A. Study of biogas during fermentation of cattle manure using a stimulating additive in form of vegetable oil sediment. *ARP Journal of Engineering and Applied Sciences*. 2020. Vol. 15. Issue 22 (20th November). P. 2652–2663.

## References

1. Rogovskii I., Sivak I., Shatrov R., Nadtochiy O. (2024). Agroengineering studies of tillage and harvesting parameters in soybean cultivation. *Engineering of Rural Development*. Vol. 23. P. 965-970. <https://doi.org/10.22616/ERDev.2024.23.TF195>.
2. Sheichenko V., Petrachenko D., Koropchenko S., Rogovskii I., Gorbenko O., Volianskyi M., Sheichenko D. (2024). Substantiating the rational parameters and operation modes for the hemp seed centrifugal dehuller. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. Vol. 2 (1 (128)). P. 34–48. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.300174>.
3. Aulin V., Rogovskii I., Lyashuk O., Titova L., Hrynkiv A., Mironov D., Volianskyi M., Rogatynskyi R., Solomka O., Lysenko S. (2024). Comprehensive assessment of technical condition of vehicles during operation based on Harrington's desirability function. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. Vol. 1 (3 (127)). P. 37–46. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.298567>.
4. Volokha M., Rogovskii I., Fryshev S., Sobczuk H., Virchenko G., Yablonskyi P. (2023). Modeling of transportation process in a technological complex of beet harvesting machines. *Journal of Engineering Sciences (Ukraine)*. Vol. 10(2). P. F1–F9. [https://doi.org/10.21272/jes.2023.10\(2\).f1](https://doi.org/10.21272/jes.2023.10(2).f1) Scopus
5. Rogovskii I., Titova L., Sivak I., Berezova L., Vyhovskyi A. (2022). Technological effectiveness of tillage unit with working bodies of parquet type in technologies of cultivation of grain crops. *Engineering for Rural Development*. Vol. 21. P. 884–890. <https://doi.org/10.22616/ERDev.2022.21.TF279>.
6. Rogovskii I., Titova L., Shatrov R., Bannyi O., Nadtochiy O. (2022). Technological effectiveness of machine for digging seedlings in nursery grown on vegetative rootstocks. *Engineering for Rural Development*. Vol. 21. P. 924–929. <https://doi.org/10.22616/ERDev.2022.21.TF290>.
7. Romaniuk W., Rogovskii I., Polishchuk V., Titova L., Borek K., Wardal W.J., Shvorov S., Dvornyk Y., Sivak I., Drahnev S., Derevjanko D. (2022). Study of methane fermentation of cattle manure in the mesophilic regime with the addition of crude glycerine. *Energies*. Vol. 15. Issue 9. P. 3439. <https://doi.org/10.3390/en15093439>.
8. Rogovskii I.L. (2021). Models of formation of engineering management alternatives in methods of increasing grain production in agricultural enterprises. *Machinery and Energetics*. Vol. 12(1). P. 137–146.
9. Rogovskii I.L. (2021). Resource of removal expenses for strong agricultural period of volume of operations. *Machinery and Energetics*. Vol. 12. Issue 2. P. 123–131. <https://doi.org/10.31548/machenergy2021.02.123>.
10. Rogovskii I.L. (2021). Influence of operating failure of agricultural machines on efficiency of their machine use. *Machinery and Energetics*. Vol. 12(3). P. 157–166.
11. Rogovskii I.L. (2021). Analyticity of complex criteria for evaluation of grain production in agricultural enterprises intensification of engineering management. *Machinery and Energetics*. Vol. 12(4). P. 129–138.
12. Nazarenko I., Mishchuk Y., Mishchuk D., Ruchynskyi M., Rogovskii I., Mikhailova L., Titova L., Berezovyi M., Shatrov R. (2021). Determination of energy characteristics of material destruction in the crushing chamber of the vibration crusher. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. Vol. 4(7(112)). P. 41–49. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.239292>.
13. Rogovskii I.L., Titova L.L., Gumenyuk Yu.O., Nadtochiy O.V. (2021). Technological effectiveness of formation of planting furrow by working body of passive type

of orchard planting machine. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Vol. 839. P. 052055. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/839/5/052055>.

14. Rogovskii I.L., Titova L.L., Trokhaniak V.I., Borak K.V., Lavrinenko O.T., Bannyi O.O. (2021). Research on a grain cultiseeder for subsoil-broadcast sowing. INMATEH. Agricultural Engineering. Bucharest. Vol. 63. No 1. P. 385–396. <https://doi.org/10.35633/INMATEH-63-39>.

15. Rogovskii I.L., Sivak I.M. (2021). Research of machines for mulching near-trunk strips in perennial fruit plantations. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Vol. 723. P. 042041. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/723/4/042041>.

16. Rogovskii I.L., Sivak I.M. (2021). Research of microdeformation and stress in details of agricultural machines by implementing holography. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Vol. 677. P. 052038. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/677/5/052038>.

17. Rogovskii I.L., Polishchuk V.M., Titova L.L., Sivak I.M., Vyhovskyi A.Yu., Drahnev S.V., Voinash S.A. (2020). Study of biogas during fermentation of cattle manure using a stimulating additive in form of vegetable oil sediment. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. Vol. 15. Issue 22 (20th November). P. 2652–2663.