



УДК 66.067:665.544

DOI: 10.37128/2520-6168-2021-4-9

**ВІДНОВЛЕННЯ ВІДПРАЦЬОВАНИХ МАСТИЛ МЕТОДОМ УЛЬТРАФІЛЬТРАЦІЇ****Мельник Юлія Анатоліївна**, викладач технічних дисциплін**Мельник Андрій Леонідович**, викладач технічних дисциплін

Чернятинський фаховий коледж Вінницького національного аграрного університету

**Yuliya Melnyk**, teacher of technical disciplines**Andriy Melnyk**, teacher of technical disciplines

Chernyatyn Vocational College of Vinnytsia National Agrarian University

*В даний час ультрафільтраційні пристрої розробляються і виробляються по всьому світу, а продуктивність сильно варіюється – від 1 до 300000 м/добу. На практиці параметри ультрафільтрації використовуються та виконуються в періодичних, напівперіодичних і безперервних режимах роботи. Безперервний і напівперіодичний режими в основному використовуються для великих обсягів рідин. У разі невеликого об'єму періодичний режим роботи має перевагу перед безперервним режимом – площа мембрани менша і її легше чистити. Осадження відпрацьованого мастила засноване на тому, що механічні домішки і вода перебувають у зваженому стані і з часом осідають.*

*При виборі процесу відновлення якості мастила до необхідного рівня спочатку використовується механічний метод очищення для видалення вільної води та твердих забруднень.*

*На практиці грубе очищення мастила здійснюється за допомогою фільтруючих елементів з металевої сітки з тонкістю фільтрації 60...80 мкм. Для тонкого очищення використовується складний фільтруючий елемент з нетканих матеріалів. Тип масляного фільтра «FMN» (точність очищення 15...20 мкм). Однак ці фільтри не можуть забезпечити ступінь очищення відпрацьованого мастила, оскільки останнє містить велику кількість вуглецевих забруднювачів, переважно з розміром частинок менше 5 мкм.*

*У процесі ультрафільтрації нафти вихідний потік відокремлюється і концентрується. Лак, смола та інші дрібні забруднення затримуються надпористим шаром на поверхні і безперервно змиваються тангенціальним потоком очищеної олії. Через мембрану може проходити тільки очищене мастило. Це дозволяє забезпечити тривалий процес фільтрації без заміни мембранного фільтруючого елемента. Процес ультрафільтрації проводять при тиску 0,3-1 МПа і швидкості потоку 2-5 м/с, використовуючи мембрани розміром 0,1-0,005 мкм.*

**Ключові слова:** фільтрація, відновлення, мастила, очищення, ультрафільтрація, фільтроелемент.

**Рис. 3. Табл. 2. Літ. 8****1. Постановка проблеми**

Відпрацьовані моторні мастила можна розділити на три групи. Перша група – «Масла моторні відпрацьовані (ММВ)». Вона включає в себе глибоко окислені високолеговані моторні масла, в тому числі, застосовувані в трансмісіях і суміші їх з індустріальними маслами, що підлягають регенерації [1]. За своїм компонентного складу містять присадки і продукти їх розкладання (4-8%), смоли та інші продукти окислення (до 3%), органічні сполуки цинку, барію кальцію, сірки, фосфору (до 2%), а також канцерогенні продукти неповного згоряння палива і продукти зносу деталей двигуна. Друга група – «Масла індустріальні відпрацьовані (МІВ)». До цієї групи входять масла, яким властиво застосування в м'якому температурному режимі, в тому числі виділені з відпрацьованих емульсій, суміші індустріальних масел, турбінні, компресорні, гідравлічні, вакуумні, приладові, трансформаторні, конденсаторні, кабельні та суміші їх з індустріальними, що підлягають регенерації. Третя група – «Суміші відпрацьованих нафтопродуктів (СВН)». Ця група включає продукти, непридатні для переробки з отриманням основ мастил. До них відносяться - суміші відпрацьованих нафтопродуктів, що застосовувалися в якості промивних рідин: бензин, в тому числі вайт-спирт, гас, дизельне паливо, нафтові олії, що не відповідають вимогам груп ММВ і МІВ, трансмісійні масла, суміші нафти і нафтопродуктів, зібрані при зачистці резервуарів, трубопроводів, залізничних цистерн, нафтоналивних суден та іншого обладнання, підлягають переробці в суміші з нафтою. Крім того



наявність в складі цієї групи верхнього шару з очисних споруд фактично зумовлює присутність в них органічних і неорганічних сполук, що непередбачувані як за складом, так і за кількістю [2].

Особливо важко виконати вимоги до складу в відпрацьованих маслах води, так як збирачі не мають можливості збирати окремо обводнені відходи (шлам з дна резервуарів, виділений з водомасляної емульсії, стоки після промивання ємностей).

## 2. Аналіз останніх досліджень

Наявні в літературі відомості з ультрафільтраційного очищення та регенерації мастил носять переважно оглядовий або рекламний характер і не містять режимів фільтрації та опису конструктивних особливостей установок [3, 4]. У зв'язку з цим розробка та оптимізація конструктивних елементів установок для ультрафільтраційного очищення олії, а також дослідження і відпрацювання режимів фільтрації є актуальним завданням.

## 3. Мета досліджень

Проаналізувати наявні методи відновлення відпрацьованих мастил та знайти найбільш ефективний.

## 4. Виклад основного матеріалу

Досвід великих переробників відпрацьованих мастил показує, що в перебігу декількох останніх років СВН стабільно містять в середньому від 6 до 10% води, що значно ускладнює технологію переробки.

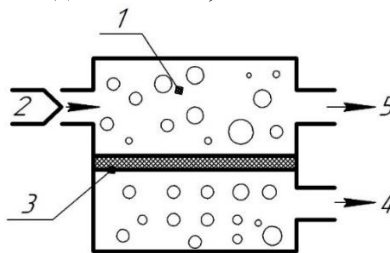
До традиційних фізичних методів регенерації відпрацьованих мастил відносяться такі, при яких, не зачіпаючи хімічної основи, видаляють лише механічні домішки, тобто пил, пісок, частинки металу, вода, смолисті, коксоподібні речовини, а також паливо. Найбільш поширені такі фізичні методи регенерації: відстоювання, сепарація (центрифугування), фільтрація, промивання водою, випарювання [5].

Вміст механічних домішок в верхньому шарі масла зменшується, а в нижньому збільшується в залежності не тільки від температури масла, а й від часу відстоювання.

В останні роки зростає інтерес до нетрадиційних способів фільтрування. Так зарубіжна промисловість значно розширила виробництво фільтруючих матеріалів мембранного типу. Досвід таких фірм, як Millipore (США), Sartorius (ФРН) показує, що можливо промислове застосування мембранних фільтруючих матеріалів на основі нітрату і ацетату целюлози, фторопласту, поліаміду, полівінілхлориду, тефлону.

Велика кількість робіт, що вийшли останнім часом, присвячене вивченню ультра-мікрофільтрації відпрацьованих мастил з використанням як полімерних, так і керамічних мембран.

Серед полімерних мембран можна виділити ацетатцелюлозні і полісульфонові, фторопластові. Керамічні мембрани застосовуються як одноканальні, так і 19-канальні.

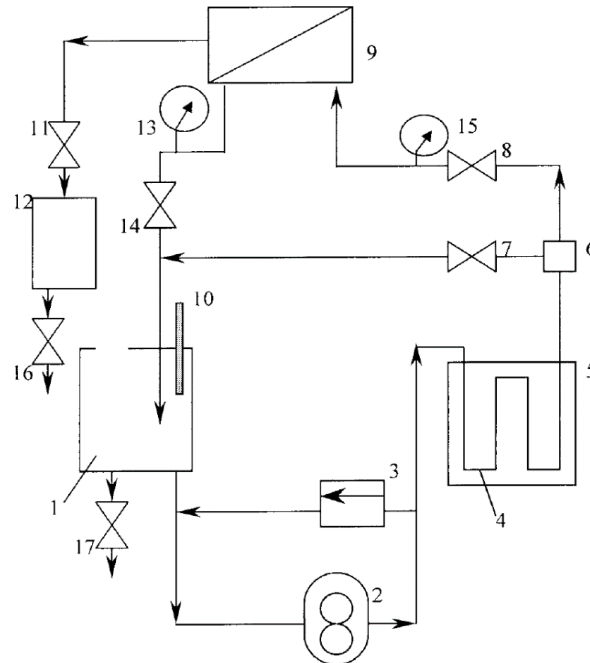


**Рис. 1. Схема процесу мембранного розділення:**  
**1 – фільтрований вихідний розчин; 2 – градієнт гідростатичного тиску;**  
**3 – мембрана; 4 – фільтрат; 5 – сировина**

Виходячи з проведених лабораторних досліджень, а також з урахуванням аналізу відомих конструкцій лабораторних і промислових ультрафільтраційних установок пропонується ультрафільтраційна установка для очищення олії, що працює в періодичному режимі. Установка містить (рис. 2) видаткову ємність 1, з якої за допомогою шестеренчастого насоса 2 вихідна олія подається через запобіжний клапан 3 в спіралеподібну трубку - теплообмінник 4, розташований в термостаті 5. З термостата підігріта олія через трійник 6 і вентилі 7,8 надходить або в мембранний блок 9, або в ємність вихідного масла 1, де за допомогою термометра 10 вимірюється його температура. Після проходження мембранної комірки вихідна олія потрапляє також в ємність 1. Очищена олія через вентиль 11 надходить в ємність 12. На виході мембранної комірки знаходиться зразковий манометр



13, а за ним - вентиль тонкого регулювання витрати (тиску) 14. Перед входом в комірку розташований манометр 15. Вентиллями 7, 8 регулюється величина тангенціального потоку, що проходить через мембранний осередок [6].



**Рис. 2. Функціональна схема експериментальної установки для ультрафільтраційного очищення масла: 1 – вихідна ємність; 2 – насос НШ-30; 3 – запобіжний клапан; 4 – теплообмінник; 5 – термостат; 6 – трійник; 7, 8, 11, 14, 16, 17 – запірні вентилі; 9 – мембранний блок; 10 – термометр; 12 – ємність для очищеного масла; 13, 15 – манометри**

Основою установки є мембранний блок, що складається з корпусу і 18-ти керамічних мембранних елементів. Мембранні елементи виготовлені з порошкоподібного корунду з використанням хімічно стійкої силікатної зв'язки. Вони виконані у вигляді багатошарового пористого каркаса з розмірами пор 12...18 мкм, на поверхні якого методом осадження нанесений шар із середніми розмірами пір 0,03 мкм. Суттєвою перевагою зазначених мембран є висока хімічна, біологічна та термічна стійкість.

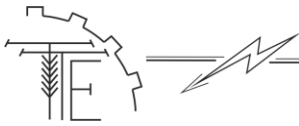
**Таблиця 1.**

**Технічні характеристики експериментальної установки**

Найменування	Розмірність	Значення
Габаритні розміри	мм	600 × 800 × 600
Потужність	кВт	2,2
Робоча температура (регульована)	°С	30...85
Питома продуктивність	л/м <sup>2</sup> ·год	6...10
Робочий тиск	МПА	до 0,8
Розміри пір мембрани	мкм	0,03
Швидкість тангенціального потоку	м/с	до 3,5
Робоча поверхня мембрани	м <sup>2</sup>	1,3

Аналіз літературних джерел показав, що продуктивність очищення мастила на ультрафільтраційній установці, а також стабільність процесу в часі, значною мірою повинні залежати від трансмембранного тиску, температури фільтрованої олії і швидкості тангенціального потоку, проникності очищеного масла, що пройшло через мембрану [7, 8]. Визначалися також основні параметри, що встановлюють якість олії (в'язкість, температура спалаху, вміст води, вміст механічних домішок, лужне число). Всі показники вимірювали при досягненні стаціонарного режиму в роботі мембрани, коли її проникність у часі практично не змінювалася.

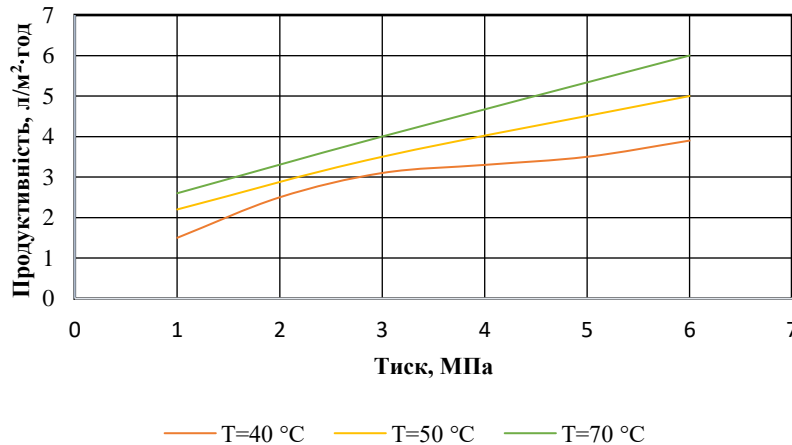
Проникливість (питома продуктивність), визначена кількістю очищеної олії в одиницю часу з одиниці робочої поверхні мембрани, розраховували за формулою:



$$Q = \frac{V}{St} \quad (1)$$

де  $V$  – обсяг фільтрату (очищеної олії), л;  $t$  – тривалість фільтрації, год;  $S$  – робоча поверхня мембрани, м<sup>2</sup>.

Вплив тиску і температури на проникність мембран в режим роботи, що встановився, представлено на рис. 3. Проникність мембрани в обраних інтервалах зміни температури і тиску практично лінійно підвищується з збільшенням температури і тиску. Однак якщо між температурою і проникністю спостерігається майже пропорційна залежність, то підвищення тиску при низьких температурах не призводить до пропорційного збільшення проникності. Це обумовлено тим, що з підвищенням тиску відбувається зростання концентраційної поляризації і ущільнення осаду, що призводить до скорочення кількості перенесеного через мембрану очищеного масла.



**Рис. 3. Вплив тиску потоку над мембраною на продуктивність фільтрації масла при різних температурах**

Зростання проникливості мембрани з підвищенням температури олії пов'язане, мабуть, зі зменшенням його в'язкості, хоча слід брати до уваги і ймовірність збільшення коефіцієнта дифузії компонентів олії, що беруть участь у перенесенні через мембрану молекул олії. Незважаючи на явне збільшення проникності з підвищенням температури очищати масло при температурах вище 80...90 °C не слід, щоб уникнути активації в ньому окислювальних процесів.

**Таблиця 2.**

**Результати випробувань з очищення олії на ультра фільтраційній установці.**

№ п/п	Найменування показників	Вимоги рекомендацій	Вимоги ГОСТ 8581-78	Результати аналізу очищеної олії
1.	В'язкість кінематична при температурі 1000С, сСт	7,35-14,9	11±0,5	9,72
2.	Масова частка механічних домішок,%, не більше	0,03	не більше 0,015	відсутні
3.	Температура спалаху в відкритому киглі, С0	не нижче 180	не нижче 205	211
4.	Масова частка води,%, не більше	0,15	сліди	сліди
5.	Кислотне число, мг КОН на 1г мастила	не менше 3	не менше 6	4

### 5. Висновки

Таким чином, отримані результати свідчать про те, що ультрафільтраційна установка може бути використана для очищення мастил та інших рідких середовищ на промислових і сільськогосподарських підприємствах.

### Список використаних джерел

1. Калетнік Г. М., Климчук О. В. Екологічна енергетика – основа розвитку економіки держави. *Збалансоване природокористування. Науково-практичний журнал.* 2013. № 23. С. 14–17.



2. Гунько І. В., П'ясецький А. А., Бурлака С. А. Система паливоподачі дизельного двигуна з електронним регулюванням складу дозованої паливної суміші. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2017. №2 (97). С.47–51.
3. Smailys V., Senčila V., Marchenko A., Prochorenko A., Osetrov A., Bereišienė K. Assessment of chemotological properties and problems of practical implementation of vegetable oils derived fuels. *Jura Ir Aplinka*. 2004. № 2(11). P. 65–75.
4. Корчемний М. О., Федорейко В. С., Щербань В. В. Енергозбереження в агропромисловому комплексі. Тернопіль: Підручник та посібник, 2001. 984 с.
5. Гунько І. В., Бурлака С. А., Єленяч А. П. Оцінка екологічності нафтового палива та біопалива з використанням методології повного життєвого циклу. *Вісник Хмельницького національного університету*. 2018. Том 2. № 6 (267). С. 246–249.
6. Varabash V. M., Abiev R. Sh., Kulov N. N. Theory and Practice of Mixing: A Review. *Theoretical Foundations of Chemical Engineering*. 2018, Volume 52, Issue 4, pp. 473–487.
7. Черненко С. М., Атамась А. І. Економічні та енергетичні показники роботи дизельного двигуна при використанні біопалива з ріпаку. *Вісник КДПУ імені Михайла Остроградського*. 2007. № 43 (2). С. 85–89.
8. Гунько І. В., Галушчак О. О. Бурлака С. А. Визначення факторів впливу біопалива на глобальні зміни клімату. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2018. №3 (102). С. 90–97.

### References

- [1] Kaletnik, H.M., Klymchuk, O.V. (2013). Ekolohichna enerhetyka – osnova rozvytku ekonomiky derzhavy. Zbalansovane pryrodokorystuvannya. *Naukovo-praktychnyy zhurnal*. 23. 14–17. [in Ukrainian]
- [2] Hun'ko, I.V., P'yasets'kyu, A.A., Burlaka, S.A. (2017). Systema palyvopodachi dyzel'noho dvyhuna z elektronnyim rehulyuvannyam skladu dozovanoyi palyvnoyi sumishi. *Tekhnika, enerhetyka, transport APK*. 2 (97). 47–51. [in Ukrainian]
- [3] Smailys, V., Senčila, V., Marchenko, A., Prochorenko, A., Osetrov, A., Bereišienė, K. (2004). Assessment of chemotological properties and problems of practical implementation of vegetable oils derived fuels. *Jura Ir Aplinka*. 2(11). 65–75. [in English]
- [4] Korchemnyy, M.O., Fedoreyko, V.S., Shcherban', V.V. (2001). *Enerhozberezhennya v ahropromyslovomu kompleksi*. Ternopil': Pidruchnyk ta posibnyk. [in Ukrainian]
- [5] Hun'ko, I.V., Burlaka, S.A., Yelenych, A.P. (2018). Otsinka ekolohichnosti naftovoho palyva ta biopalyva z vykorystannyam metodolohiyi povnoho zhyttyevoho tsykladu. *Visnyk Khmel'nyts'koho natsional'noho universytetu*. 2. (6 (267)). 246–249. [in Ukrainian]
- [6] Varabash, V. M., Abiev, R. Sh., Kulov, N. N. (2018). Theory and Practice of Mixing: A Review. *Theoretical Foundations of Chemical Engineering*. 52(4), 473–487. [in English]
- [7] Chernenko, S.M., Atamas', A.I. (2007). Ekonomichni ta enerhetychni pokaznyky roboty dyzel'noho dvyhuna pry vykorystanni biopalyva z ripaku. *Visnyk KDPU imeni Mykhayla Ostrohrads'koho*. 43(2). 85–89. [in Ukrainian]
- [8] Hun'ko, I.V., Halushchak, O.O. Burlaka, S.A. (2018). Vyznachennya faktoriv vplyvu biopalyva na hlobal'ni zminy klimatu. *Tekhnika, enerhetyka, transport APK*. 3(102). 90–97. [in Ukrainian]

### ВОССТАНОВЛЕНИЕ ОТРАБОТАННЫХ МАСТЕЙ МЕТОДОМ УЛЬТРАФИЛЬТРАЦИИ

В настоящее время ультрафильтрационные устройства разрабатываются и производятся по всему миру, а производительность сильно варьируется – от 1 до 300 000 м<sup>3</sup>/сут. На практике параметры ультрафильтрации используются и выполняются в периодических, полупериодических и непрерывных режимах работы. Непрерывный и полупериодический режимы в основном используются для больших объемов жидкостей. В случае небольшого объема периодический режим работы предпочитает непрерывный режим – площадь мембраны меньше и ее легче чистить. Осаждение отработанной смазки основано на том, что механические примеси и вода находятся во взвешенном состоянии и со временем оседают.

При выборе процесса восстановления качества смазки до требуемого уровня сначала используется механический метод очистки для удаления свободной воды и жестких загрязнений.

На практике грубая очистка смазки осуществляется с помощью фильтрующих элементов из металлической сетки с толщиной фильтрации 60...80 мкм. Для тонкой очистки используется сложный фильтрующий элемент из нетканых материалов. Тип масляного фильтра «FMN» (точность очистки 15...20 мкм). Однако эти фильтры не могут обеспечить степень очистки отработанной



смазки, поскольку последняя содержит большое количество углеродных загрязнителей, предпочтительно с размером частиц менее 5 мкм.

В процессе ультрафильтрации нефти исходный поток обособляется и концентрируется. Лак, смола и другие мелкие загрязнения задерживаются сверхпористым слоем на поверхности и непрерывно смываются тангенциальным потоком очищенного масла. Через мембрану может проходить только очищенная смазка. Это позволяет обеспечить длительный процесс фильтрации без замены мембранного фильтрующего элемента. Процесс ультрафильтрации производят при давлении 0,3-1 МПа и скорости потока 2-5 м/с, используя мембраны размером 0,1-0,005 мкм.

**Ключевые слова:** фильтрация, восстановление, смазки, очистка, ультрафильтрация, фильтроэлемент.

**Ф. 1. Рис. 3. Табл. 2. Лит. 8**

### RECOVERY OF WASTE OINTMENTS BY ULTRAFILTRATION METHOD

Ultrafiltration devices are currently being developed and manufactured around the world, and productivity varies greatly from 1 to 300,000 m/day. In practice, ultrafiltration parameters are used and performed in batch, semi-periodic and continuous modes. Continuous and semi-periodic modes are mainly used for large volumes of liquids. In the case of a small volume, the batch mode prefers the continuous mode - the area of the membrane is smaller and it is easier to clean. The deposition of spent grease is based on the fact that mechanical impurities and water are in a suspended state and settle over time.

When selecting the process of restoring the quality of the lubricant to the required level, first use a mechanical cleaning method to remove free water and hard dirt.

In practice, rough cleaning of the lubricant is carried out using filter elements made of metal mesh with a filtration fineness of 60 ... 80 μm. A complex filter element made of non-woven materials is used for fine cleaning. Type of oil filter "FMN" (cleaning accuracy 15 ... 20 microns). However, these filters cannot provide a degree of purification of the spent lubricant, as the latter contains a large amount of carbon contaminants, preferably with a particle size of less than 5 μm.

In the process of ultrafiltration of oil, the initial stream is separated and concentrated. Varnish, resin and other small contaminants are retained by the superporous layer on the surface and are continuously washed away by a tangential flow of purified oil. Only cleaned grease can pass through the membrane. This allows for a long filtration process without replacing the membrane filter element. The ultrafiltration process is performed at a pressure of 0.3-1 MPa and a flow rate of 2-5 m / s, using membranes with a size of 0.1-0.005 μm.

**Key words:** filtration, reduction, lubricants, cleaning, ultrafiltration, filter element.

**F. 1. Fig. 3. Table. 2. Ref. 8.**

### ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

**Мельник Юлія Анатоліївна** – викладач технічних дисциплін Чернятинського фахового коледжу Вінницького національного аграрного університету (с. Чернятин, вул. Графа Львова, 28 Жмеринський р-н., Вінницька обл., 23124, Україна, e-mail: [julia.me.vn@gmail.com](mailto:julia.me.vn@gmail.com))

**Мельник Андрій Леонідович** – викладач технічних дисциплін Чернятинського фахового коледжу Вінницького національного аграрного університету (с. Чернятин, вул. Графа Львова, 28 Жмеринський р-н., Вінницька обл., 23124, Україна, e-mail: [andrijm901@gmail.com](mailto:andrijm901@gmail.com))

**Мельник Юлія Анатольевна** – преподаватель технических дисциплин Чернятинского профессионального колледжа Винницкого национального аграрного университета (с. Чернятин, ул. Графа Львова, 28 Жмеринский р-н., Винницкая обл., 23124, Украина, e-mail: [julia.me.vn@gmail.com](mailto:julia.me.vn@gmail.com))

**Мельник Андрей Леонидович** – преподаватель технических дисциплин Чернятинского профессионального колледжа Винницкого национального аграрного университета (с. Чернятин, ул. Графа Львова, 28 Жмеринский р-н., Винницкая обл., 23124, Украина, e-mail: [andrijm901@gmail.com](mailto:andrijm901@gmail.com))

**Yuliya Melnyk** – Lecturer of Technical Disciplines of Chernyatyn Vocational College of Vinnytsia National Agrarian University (Chernyatyn village, 28 Grafa Lvova str., Zhmerynskyi district, Vinnytsia region, 23124, Ukraine, e-mail: [julia.me.vn@gmail.com](mailto:julia.me.vn@gmail.com))

**Andriy Melnyk** – lecturer of technical disciplines of Chernyatyn Vocational College of Vinnytsia National Agrarian University (Chernyatyn village, 28 Grafa Lvova str., Zhmerynskyi district, Vinnytsia region, 23124, Ukraine, e-mail: [andrijm901@gmail.com](mailto:andrijm901@gmail.com))