

СТВОРЕННЯ РЕСУРСОЗБЕРЕЖНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЕКСТРАГУВАННЯ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ

**Г.В. Дейниченко, В.В. Гузенко, З.О. Мазняк,
О.О. Удовенко, О.В. Омельченко**

Обґрунтовано новий підхід до питання технічного оснащення процесу екстрагування речовин із рослинної сировини. Подано результати патентного пошуку існуючого екстракційного обладнання для проведення екстрагування рослинної сировини й описано його недоліки. Розроблено нову конструкцію промислового обладнання для екстрагування різних видів рослинної сировини. Описано будову розробленого екстракційного обладнання і його принцип роботи.

***Ключові слова:** рослинна сировина, процес, екстрагування, обладнання, перемішування, ресурсозбереження.*

СОЗДАНИЕ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ЭКСТРАГИРОВАНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

**Г.В. Дейниченко, В.В. Гузенко, З.А. Мазняк,
О.А. Удовенко, А.В. Омельченко**

Обоснован новий підхід до питання технічного оснащення процесу екстрагування речовин із рослинного сировини. Представлені результати патентного пошуку існуючого екстракційного обладнання для проведення екстрагування рослинного сировини й описані його недоліки. Розроблено нову конструкцію промислового обладнання для екстрагування різних видів рослинного сировини. Описано пристрій розробленого екстракційного обладнання і його принцип роботи.

***Ключевые слова:** растительное сырье, процесс, экстрагирование, оборудование, перемешивание, ресурсосбережение.*

CREATION OF RESOURCE-SAVING EQUIPMENT FOR THE EXTRACTION OF PLANT RAW MATERIALS

G. Deynichenko, V. Guzenko, Z. Mazniak, O. Udovenko, O. Omelchenko

The article is devoted to a new approach to the issue of technical equipment for extracting valuable substances from plant raw materials and developing resource-saving equipment for its implementation. The role of equipment in the extraction of plant raw materials, as well as the types of constructions for modern

extraction of plants for obtaining valuable substances from plant raw materials and the matters of their further improvement are described. The necessity of creating new industrial resource-saving extraction equipment with the purpose of increasing efficiency of obtaining valuable substances from vegetable raw materials is determined. The results of a patent search of the existing extraction equipment for the extraction of plant raw materials are presented and their essential shortcomings are described. A new design of an industrial plant for obtaining extracts from various types of plant raw materials and their further use was developed. The device of the developed plant for the extraction of plant raw materials and its operating principles are described. The developed plant can be used in the food, pharmaceutical and microbiological industries during the production of various valuable substances (starch, fiber, pectic substances and other dietary fibers), lipids, vitamins and other valuable substances in plant raw materials that require the transfer of a soluble substance to a solvent. The advantages of the proposed device for obtaining plant extracts are to facilitate its maintenance and ensure the continuity of operation, simplify the replacement of the stirring element, intensify the process of extracting valuable substances from various types of plant raw materials and reduce the working cycle, and reduce the resource costs.

Keywords: *plant raw material, process, extraction, equipment, mixing, resource saving.*

Постановка проблеми у загальному вигляді. Сьогодні існує широкий спектр обладнання, яке застосовується на різних стадіях виробництва рослинних екстрактів. Поряд із цим ефективність і екологічність технологій одержання різноманітних видів рослинних продуктів значною мірою залежать від технічного стану, вдосконалення та інженерного вирішення конкретного технологічного завдання, що потребує екстракційне обладнання. Крім того, сучасні машини й апарати для одержання рослинних екстрактів мають бути автоматизовані з використанням комп'ютерної й мікропроцесорної техніки і забезпечувати всі технологічні процеси в оптимальному режимі [1].

Для вилучення цінних речовин із рослинної сировини використовують екстрактори різних типів. Основними характеристиками кожного типу екстрактора є час перебігу процесу, наявність робочого органу та тип екстрагування. При цьому обладнання оснащено різноманітними турбулізуючими елементами та пристроями для проведення додаткових процесів. Одним із процесів, що дозволяє інтенсифікувати вилучення цінних речовин із рослинної сировини, є перемішування. У разі екстрагування рослинної сировини перемішування застосовується для запобігання утворенню біля поверхні поділу фаз розчину високої концентрації, що сповільнює масообмін від сировини до розчину. Перемішування технологічного розчину під час екстрагування відбувається шляхом застосування додаткових робочих органів апарата – мішалки та ротора довільної форми [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вибираючи необхідну конструкцію обладнання для екстрагування рослинної сировини, доцільно визначити основні характеристики існуючого обладнання.

Так, для роботи в агресивному середовищі використовується нержавіюча та емальована сталь. Деякі частини обладнання можуть бути зроблені з харчового пластику чи гуми, що здатні протистояти температурному впливу та мають протикорозійні властивості [3].

Під час екстрагування рослинної сировини можуть застосовуватися допоміжні процеси, зокрема підтримування сталої високої температури в теплової оболонці чи додатковому обладнанні шляхом нагрівання технологічної чи робочої рідини [4].

Екстрагування рослинної сировини може відбуватися за один чи декілька етапів. Залежно від цього екстракційна установка може мати одну одиницю обладнання або декілька апаратів (екстракторів), що взаємопов'язані. Залежно від виду реагенту (вода, кислота, луг, ферменти тощо) екстрактори можуть мати відкриту, закриту напівгерметичну або герметизовану ємності. Габаритні розміри обладнання визначаються функціональним призначенням і технічним рішенням [5; 6].

Сьогодні для одержання рослинних екстрактів часто використовуються такі апарати, що мають циліндричну ємність, теплоізоляцію, вал із крильчаткою, конічне дно, вихідний патрубок, кришку з вентиляційними отворами та отвором для сировини, екран, двохшвидкісний двигун, дифузор [7]. Недоліками таких апаратів є великі габаритні розміри конструкції, використання додаткової технологічної та вимірнувальної арматури, неможливість розділення суміші екстракту на окремі фракції.

Поширена також конструкція апарату для екстрагування рослинної сировини, що містить ємність із кожухом обігріву, вал із лопатями у формі гелікоїда, кришку, привід, фільтрувальні пристрої, люк для вивантаження відпрацьованої сировини, патрубки підведення і відведення сировини [8]. Основними недоліками цього апарата є складність конструкції, використання додаткової зони фільтрації, низька продуктивність екстрагування, малоєфективне вивантаження відпрацьованої сировини.

Застосовується також пристрій, що складається з корпусу, приводу, щільно закріпленої мішалки, теплової оболонки, фальш-днища з фільтрувальним елементом, рух якого забезпечується гвинтовим механізмом, патрубків уведення та виведення сировини [9]. Недоліками цієї конструкції є складність обслуговування, ремонту пристрою, заміни робочих елементів, використання його в малотоннажному виробництві, неможливість роботи пристрою в разі виходу з ладу гвинтового механізму.

Найбільш близьким за технічним рішенням до винаходу є пристрій, що складається з приводу, з'єднаного з мішалкою у вигляді збивача з двома пропелерами або дисками, фільтрувального елемента, щільно закріпленого, із перфорованою підкладкою, днищем та корпусом, кришки, з'єднаної за допомогою болтового з'єднання зі змонтованими на ній патрубком тиску та датчиком для вимірювання значень рН [10]. Недоліком цього пристрою є високі ресурсовитрати під час вивантаження сировини, незручність обслуговування та ремонту пристрою, складність заміни перемішувального та фільтрувального елементів, а також неможливість використання для декількох видів сировини.

Метою статті є розробка нового екстракційного обладнання для екстрагування рослинної сировини.

Виклад основного матеріалу дослідження. Із метою підвищення енергоефективності екстрагування речовин із різноманітних видів рослинної сировини нами розроблено конструкцію пристрою для екстрагування рослинної сировини, що схематично зображено на рис. 1.

Для інтенсифікації стадії переходу цінних речовин у розчин екстрагента можна використовувати дискові, лопатеві та турбінні мішалки. У розроблений пристрій для екстрагування рослинної сировини можна встановити одну з розроблених мішалок (рис. 2). Розроблені комбіновані мішалки дозволяють спростити конструкцію екстракційної установки за рахунок зменшення металоемності та уніфікації їх з'єднання з робочим органом екстракційної установки. Для запобігання утворенню воронки під час перемішування в'язких середовищ, досягнення більшої рівномірності й інтенсивності перемішування мішалки оснащено спеціальними перемішувальними елементами [11].

В основу розробки покладено задачу створення пристрою для екстрагування рослинної сировини із забезпеченням ресурсозбереження шляхом кріплення кришки та днища до корпусу притискними скобами з можливістю здійснювати рух підйомно-поворотним та підйомно-спусковим механізмами, закріплення на валу приводу муфтового з'єднання для зміни конструкцій мішалок, що забезпечує зменшення тривалості робочого циклу і витрат ресурсів, інтенсифікацію екстрагування різної рослинної сировини й уніфікацію конструктивних елементів пристрою.

Запропонований пристрій для екстрагування рослинної сировини (рис. 1) складається з робочої ємності 6, що підвішується на опорних лапах 14, кожуа обігріву 7, вала 4, кришки 2, днища 19, привідного механізму (приводу) 13, вхідного 1 та вихідного 10

патрубок. Привід 13 із валом 4 приєднується муфтовим з'єднанням 5 до однієї із трьох мішалок, конструкції яких показано на рис. 2.

Фільтрувальний елемент 8, у ролі якого використовується тканинна перегородка (серветка), прикріплено за допомогою притискного кільця до перфорованої підкладки 18 та днища 19, що приводиться в рух підйомно-спусковим механізмом 11 за допомогою пневматичного та ручного (у разі необхідності) регулювання і прикріплюється до робочої ємності 6 притискними скобами 9.

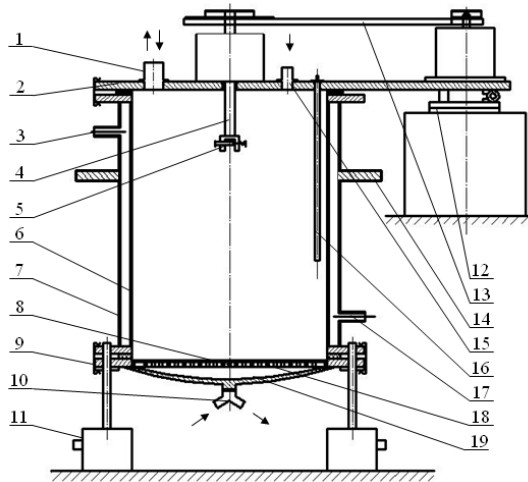


Рис. 1. Пристрій для екстрагування рослинної сировини:
 1 – вхідний патрубок; 2 – кришка; 3 – патрубки для виведення теплоносія;
 4 – вал; 5 – скріплювальний елемент; 6 – робоча ємність; 7 – кожух обігріву;
 8 – фільтрувальний елемент; 9 – притискні скоби; 10 – вихідний патрубок;
 11 – підйомно-спусковий механізм; 12 – підйомно-поворотний механізм;
 13 – привідний механізм; 14 – опорні лапи; 15 – патрубок тиску;
 16 – датчик для вимірювання значень рН; 17 – патрубки для введення теплоносія;
 18 – перфороване днище; 19 – рухоме днище

Кришка з ущільнювальною прокладкою приводиться в рух підйомно-поворотним механізмом 12 за допомогою пневматичного та ручного (у разі необхідності) регулювання і фіксується притискними скобами 9. На ній змонтовані патрубок тиску 15 зі спускним клапаном і датчик для вимірювання значень рН 16. Робоча ємність становить єдине ціле з кожухом обігріву, оснащеним патрубками для введення 17 та виведення 3 теплоносія. Патрубки підведення 1 та відведення 10 технологічної сировини оснащені трійником для подачі й відведення сировини та мийних розчинів.

Розроблені конструкції мішалок (рис. 2) складаються з вала, до якого комбіновано прикріплені дисковий, решітчастий та якірний перемішувальні елементи.

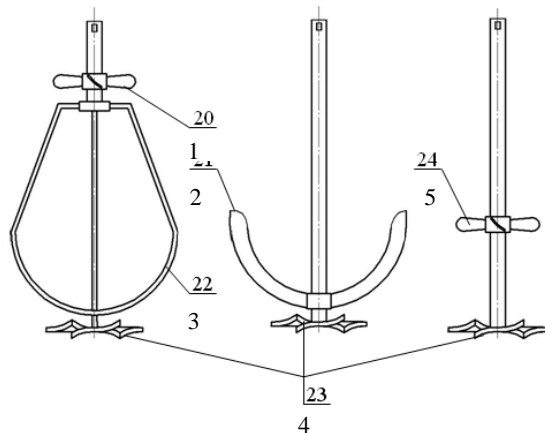


Рис. 2. Конструкції комбінованих мішалок для екстрагування рослинної сировини з перемішувальними елементами: 1, 5 – пропелерний; 2 – якірний; 3 – решітчастий; 4 – дисковий

Пристрій для екстрагування рослинної сировини працює таким чином. До патрубку кожуха обігріву подається теплоносія (вода), що циркулює і виводиться через патрубок. Усередину технологічного середовища завантажується підготовлена подрібнена рослинна сировина, кришка закривається за допомогою підйомно-поворотного механізму та фіксується скобами. До робочої ємності через патрубок надходить потрібна кількість гідролізуючої рідини. Після цього патрубок перекривають, вмикають на певну швидкість привід, за допомогою якого починає обертатися вал, на якому закріплена муфтовим з'єднанням мішалка, що виконує функцію турбулізатора процесу гідролізу – промивання та набрякання рослинної сировини. Після закінчення промивання рослинної сировини, не зупиняючи перемішування, через патрубок подається стиснене повітря, під тиском якого промивна рідина проходить крізь фільтрувальний елемент і перфоровану підкладку та виводиться через патрубок. Після цього привід вимикається, через патрубок подається потрібна кількість екстрагенту і вмикається перемішування для проведення екстрагування на заданій швидкості. Параметри процесів гідролізу й екстрагування є попередньо визначеними за технологічним регламентом і контролюються оператором. Після закінчення екстрагування до камери через патрубок подається потрібний

об'єм нейтралізуючого реагенту і знову суміш ретельно перемішується на невеликій кількості обертів. Значення рН розчину контролюють за допомогою датчика. Після закінчення стадії нейтралізації отриманий екстракт під тиском виводиться через патрубок в один із виходів трійника. Після цього днище апарата опускається підйомно-спусковим механізмом, в інший вихід трійника патрубка подається рідина, під тиском якої видаляється відпрацьована рослинна сировина з одночасним промиванням фільтрувального елемента 8. Потім цикл повторюється. У разі необхідності заміни мішалки кришка за допомогою підйомно-поворотного механізму піднімається та повертається на 180°. Далі відбувається заміна однієї мішалки на іншу, що фіксується муфтовим з'єднанням, а кришка повертається у вихідне положення.

У запропонованому пристрої екстрагування може відбуватися з попереднім змішуванням сировини з підготовленим екстрагентом, як і процесом промивання-набрякання рослинної сировини в апараті, так і без нього.

Особливості конструкції установки для екстрагування рослинної сировини захищено патентом на винахід № 62589 від 25.07.17.

Висновки. Після ретельного дослідження конструкцій існуючого обладнання для екстрагування рослинної сировини запропоновано пристрій, який може бути використаний у харчовій, фармацевтичній, мікробіологічній промисловості для екстрагування речовин із рослинної сировини, що потребують переведення розчинної речовини в розчинник.

Застосування розробленого пристрою для екстрагування рослинної сировини має низку переваг: дозволяє полегшити його обслуговування та забезпечити безперебійність роботи, спростити заміну перемішувального елемента, інтенсифікувати процес і скоротити робочий цикл, знизити ресурсовитрати, використовувати пристрій для екстрагування будь-якої рослинної сировини з різними видами екстрагентів на підприємствах переробної промисловості.

Список джерел інформації / References

1. Hui, Y.H. (2006), *Handbook of food science technology and engineering: in 3 p.*, Part. 3, Woodhead Publishing Limited, New York, 712 p.

2. Турецкова В. Ф. Экстракционные препараты из сырья растительного и животного происхождения / В. Ф. Турецкова, Н. М. Талыкова. – Барнаул : Изд-во ГОУ ВПО АГМУ Росздрава, 2007. – 268 с.

Tureckova, V., Talykova, N. (2007), *Extraction preparations from raw materials of vegetable and animal origin [Jekstrakcionnye preparaty iz syr'ja rastitel'nogo i zhivotnogo proishozhdenija]*, Izd-vo GOU VPO AGMU Roszdrava, Barnaul, 268 p.

3. Бабенко Ю. И. Экстрагирование. Теория и практические приложения / Ю. И. Бабенко, Е. В. Иванов. – СПб. : НПО «Профессионал», 2009. – 332 с.

Babenko, Ju., Ivanov, E. (2009), *Extraction. Theory and practical applications Jekstragirovanie [Teorija i prakticheskie prilozhenija]*, Professional, St. Petersburg, 332 p.

4. Машины и аппараты пищевых производств : в 3 кн. Кн. 2. : в 2 т. Т. 2 / [Антипов С. Т., Груданов В. Я., Кретов И. Т., Остриков А. Н., Панфилов В. А., Ураков О. А., Шаршунув В. А.] ; под ред. В. А. Панфилова, В. Я. Груданова. – Минск : БГАТУ, 2008. – 591 с.

Antipov, S., Grudanov, V., Kretov, I., Ostrikov, A., Panfilov, V., Urakov, O., Sharshunov, V. (2008), *Machines and devices of food production [Mashiny i apparaty pishhevyh proizvodstv]*, b. 2, vol. 2, BGATU, Minsk, 591 p.

5. Мирончук В. Г. Обладнання підприємств переробної та харчової промисловості / В. Г. Мирончук, І. С. Гулий, М. М. Пушанко. – Вінниця : Нова книга, 2007. – 648 с.

Myronchuk, V., Hulyu, I., Pushanko, M. (2007), *Equipment of processing and food processing enterprises [Obladnannya pidpryyemstv pererobnoyi ta kharchovoyi promyslovosti]*, Nova knyha, Vinnitsa, 648 p.

6. Дейниченко Г. В. Підбір та розробка нового обладнання для виробництва пектинових концентратів / Г. В. Дейниченко, З. О. Мазняк, В. В. Гузенко // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка «Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробних і харчових виробництв». – Харків, 2014. – Вип. 152. – С. 144–149.

Dejnichenko, G., Maznyak, Z., Guzenko, V. (2014), “Selection and development of new equipment for the production of pectin concentrates” [“Pidbir ta rozrobka novoho obladnannya dlya vyrobnytstva pektynovykh kontsentrativ”], *Visnyk Kharkivs'koho natsional'noho tekhnichnoho universytetu sil's'koho hospodarstva im. Petra Vasylenka «Suchasni napryamky tekhnolohiyi ta mekhanizatsiyi protsesiv pererobnykh i kharchovykh vyrobnytstv»*], Kharkiv, Vol. 152, pp. 144-149.

7. Marev, K., Krachanov, H., Bratanov, A., Kirchev, N., Vi po Hranitelna I Vkussova Promishlenost. (1984), Apparatus for the extraction of water soluble substances from fruit and vegetable pressings and vegetable raw materials, Bulgaria, Pat. 4490335.

8. Пат. 57271 Україна, МПК В 01 D 11/02. Реактор-екстрактор системи рідина-тверде тіло / В. І. Сіренко, Л. Д. Дегтярьов, О. О. Пашин, Є. В. Бубликова; заявник і патентовласник Сіренко В. І., Дегтярьов Л. Д., Пашин О. О., Бубликова Є. В. – № 2002065152 ; заявл. 21.06.02 ; опубл. 16.06.03, Бюл. № 6. – 5 с.

Sirenko, V., Degjar'ov L., Pashin O., Bublikova, E. (2003), Liquid-solid system liquid-extractor system [Reaktor-ekstraktor sistemi ridina-verde tilo], (Ukraine). Pat. 57271.

9. Екстракція рослинної сировини / Ю. І. Сидоров, І. І. Губицька, Р. Т. Конечна, В. П. Новіков. – Львів : Вид-во Національного університету «Львівська політехніка», 2008. – С. 116–117.

Sydorov, Yu., Hubyts'ka, I., Konechna, R., Novikov, V. (2008), Extraction of plant material [Ekstraktsiya roshlynnoyi syrovyny], Vydavnytstvo Natsional'noho universytetu «L'viv's'ka politekhnika», Lviv, pp. 116-117.

10. Пат. 68805 Україна, МПК В 01 D 11/02, С 08 В 37/06. Пристрій для екстракції рослинної сировини / Г. В. Дейниченко, З. О. Мазняк, В. В. Гузенко ; заявник та патентовласник Харківський державний університет харчування та торгівлі – № u201111782 ; заявл. 06.10.11 ; опубл. 10.04.12, Бюл. № 6. – 5 с.

Dejnichenko, G., Maznyak, Z., Guzenko, V., Kharkiv State University of Food Technology and Trade. (2012), Plant for extraction of plant raw materials [*Prystriy dlya ekstraktsiyi roslynnoi syrovyny*], Ukraine. Pat. 68805.

11. Бандура В. М. Аналіз сучасних методів та факторів, що впливають на процес екстрагування / В. М. Бандура, Л. М. Коляновська // Збірник наук. праць Вінницького нац. аграр. ун-ту. – 2014. – № 2 (85). – С. 130–135.

Bandura, V., Kolyanovs'ka, L. (2014), Analysis of modern methods and factors influencing the extraction process [*"Analiz suchasnykh metodiv ta faktoriv, shcho vplyvayut' na protses ekstrakuvannya"*], *Collection of scientific works of Vinnytsia National Agrarian University*, №. 2 (85), pp. 130-135.

Дейниченко Григорій Вікторович, д-р техн. наук, проф., зав. кафедри устаткування харчової і готельної індустрії ім. М.І. Беляєва, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Ключківська 333, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: (057)349-45-56; e-mail: deynichenkogv@rambler.ru.

Дейниченко Григорий Викторович, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой оборудования пищевой и гостиничной индустрии им. М.И. Беляева, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Ключковская. 333. г. Харьков, Украина, 61051. Тел.: (057)349-45-56; e-mail: deynichenkogv@rambler.ru.

Deynichenko Gregory, Dr. Sci. (Tech.), Professor, Kharkiv State University of Food Technology and Trade, Department equipment for food and hotel industry after M.I. Belyaeva. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. Tel.: (057)349-45-56; e-mail: deynichenkogv@rambler.ru.

Гузенко Василь Володимирович, канд. техн. наук, ст. наук. співроб., кафедра устаткування харчової і готельної індустрії ім. М.І. Беляєва, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Ключківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: (057)349-45-56, e-mail: Peresada_7@mail.ru.

Гузенко Василий Владимирович, канд. техн. наук, ст. науч. сотр., кафедра оборудования пищевой и гостиничной индустрии им. М.И. Беляева, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Ключковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. Тел.: (057)349-45-56; e-mail: Peresada_7@mail.ru.

Guzenko Vasily, Cand. Sci. (Tech.), senior researcher of Scientific and research sector KhSUFTT, Department equipment for food and hotel industry after M.I. Belyaeva, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. Tel.: (057)349-45-56; e-mail: Peresada_7@mail.ru.

Мазняк Захар Олександрович, канд. техн. наук, доц., кафедра устаткування харчової і готельної індустрії ім. М.І. Беляєва, Харківський

державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: (057)349-45-56; e-mail: m.zakhar@yahoo.com.

Мазняк Захар Александрович, канд. техн. наук, доц., кафедра обладнання харчової та гостиничної індустрії ім. М.І. Беляєва, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. Тел.: (057)349-45-56; e-mail: m.zakhar@yahoo.com.

Mazniak Zakhar, Cand. Sci. (Tech.), doцент, Department equipment for food and hotel industry after M.I. Belyaeva, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. Tel.: (057)349-45-56; e-mail: m.zakhar@yahoo.com.

Удовенко Олег Александрович, канд. техн. наук, доц., кафедра загальноінженерних дисциплін і обладнання. Донецький національний університет економіки і торгівлі ім. М. Туган-Барановського. Адреса: вул. Островського, 16, м. Кривий Ріг, Україна, 50005. Тел.: 0671472630; e-mail: Udoleg@mail.ru.

Удовенко Олег Александрович, канд. техн. наук, доц., кафедра общинженерных дисциплин и оборудования. Донецкий национальный университет экономики и торговли им. М. Туган-Барановского. Адрес: ул. Островского, 16, г. Кривой Рог, Украина, 50005. Тел.: 0671472630; e-mail: Udoleg@mail.ru.

Udovenko Oleg, Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor, Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky, Department of general engineering disciplines and equipment. Address: Ostrowski str., 16, Kryvyi Rih, Ukraine, 50005. Tel.: 0671472630; e-mail: Udoleg@mail.ru.

Омельченко Александр Владимирович, канд. техн. наук, доц., кафедра загальноінженерних дисциплін і обладнання. Донецький національний університет економіки і торгівлі ім. М. Туган-Барановського. Адреса: вул. Островського, 16, м. Кривий Ріг, Україна, 50005. Тел.: 0972958852; e-mail: omelchenko84@ukr.net.

Омельченко Александр Владимирович, канд. техн. наук, доц., кафедра общинженерных дисциплин и оборудования. Донецкий национальный университет экономики и торговли им. М. Туган-Барановского. Адрес: ул. Островского, 16, г. Кривой Рог, Украина, 50005. Тел.: 0972958852; e-mail: omelchenko84@ukr.net.

Omelchenko Aleksandr, Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor, Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky, Department of general engineering disciplines and equipment. Address: Ostrowski str., 16, Kryvyi Rih, Ukraine, 50005. Tel.: 0972958852; e-mail: omelchenko84@ukr.net.

Рекомендовано до публікації д-ром техн. наук, проф. О. Г. Терешкіним.

Отримано 30.09.2017. ХДУХТ, Харків.

DOI: 10.5281/zenodo.1108571