

Секція 2. ОБЛАДНАННЯ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ ТА УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСІВ І АПАРАТІВ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

УДК 664.87:637.18

РОЗРОБКА АПАРАТУРНОГО ОФОРМЛЕННЯ ВИРОБНИЦТВА КОНЦЕНТРАТИВ ЗНЕЖИРЕНОЇ МОЛОЧНОЇ СИРОВИНИ

**Г.В. Дейниченко, В.В. Гузенко, З.О. Мазняк,
В.В. Перекрест, С.В. Бургар**

Обґрунтовано новий підхід до питання технічного забезпечення процесів виробництва харчових продуктів тваринного походження шляхом удосконалення процесу концентрування знежиреної молочної сировини (сколотин, знежиреного молока, сироватки з-під кислого сиру). Розроблено нові технологічні лінії виробництва сухих концентратів вторинної молочної сировини з використанням процесу ультрафільтраційного концентрування. Описано склад технологічних ліній із виробництва сухих білкових концентратів і їх принцип роботи.

Ключові слова: молоко, сировина, процес, мембрана, обладнання, лінія.

РАЗРАБОТКА АПАРАТУРНОГО ОФОРМЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВА КОНЦЕНТРАТОВ ОБЕЗЖИРЕНОГО МОЛОЧНОГО СЫРЬЯ

**Г.В. Дейниченко, В.В. Гузенко, З.А. Мазняк
В.В. Перекрест, С.В. Бургар**

Обоснован новый подход к вопросу технического обеспечения производства пищевых продуктов животного происхождения путем усовершенствования процесса концентрирования обезжиренного молочного сырья (пахты, обезжиренного молока, творожной сыворотки). Разработаны новые технологические линии производства сухих концентратов вторичного молочного сырья с использованием процесса ультрафильтрационного концентрирования. Описан состав технологических линий по производству сухих белковых концентратов и их принцип работы.

Ключевые слова: молоко, сырье, процесс, мембрана, оборудование, линия.

© Дейниченко Г.В., Гузенко В.В., Мазняк З.О., Перекрест В.В.,
Бургар С.В., 2018

DEVELOPMENT OF APARATURE DECORATION FOR THE PRODUCTION OF CONCENTRATES FROM NON-FAT DAIRY RAW MATERIALS

G. Deynichenko, V. Guzenko, Z. Mazniak, V. Perekrest, S. Burhar

The article is devoted to the development of technical equipment for the production of concentrates from non-fat dairy raw materials. The information on the modern development of the equipment for processing the processing of secondary dairy raw materials using installations for concentrating non-fat dairy raw materials is given and their main drawbacks that can be eliminated using membrane equipment are identified. The urgency of the development of new technological lines for the implementation of processes for the production of dry concentrates of non-fat dairy raw materials (buttermilk, skimmed milk, cheese whey), which include the improved membrane equipment, the correct use of which will improve quality of the original product, increase energy saving and the intensity of membrane processing. New designs of membrane equipment are developed, in particular, for the implementation of the process of concentrating low-fat dairy raw materials using the means of completely or partially removing the gel layer from the membrane surface, which will enhance efficiency of the membrane processing of food liquids. The ways for the improvement of the equipment and hardware design with the aim of developing energy-efficient technologies for processing low-fat dairy raw materials (buttermilk, skimmed milk, cheese whey) are proposed. Technological (equipment) lines have been developed for carrying out the processing of low-fat dairy raw materials (buttermilk, skimmed milk, cheese whey) using advanced equipment for membrane processing of food liquids of animal origin. The device of the proposed lines for the processing of non-fat dairy raw materials and the phased principle of their work are described. The advantages of the proposed schemes of technological lines for the production of concentrates from non-fat dairy raw materials are specified.

Keywords: milk, material, process, membrane, equipment, line.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Сьогодні мембранні процеси широко використовуються в харчовій, мікробіологічній і фармацевтичній промисловості, сфера їх застосування постійно розширюється [1]. При цьому сучасна промисловість має у своєму розпорядженні широкий спектр різновидів мембранних процесів. До них належать мікрофільтрація, ультрафільтрація, нанофільтрація, зворотний осмос, електродіаліз тощо [2].

Незважаючи на безумовну перспективність і переваги мембранної технології порівняно з іншими процесами концентрування, упровадження її в економіку нашої країни, у тому числі в харчову промисловість, сьогодні відбувається низькими темпами. Це пояснюється низкою причин, які пов'язані з недостатнім

асортиментом і якістю промислових мембран, що випускаються, апаратів і установок вітчизняного виробництва для мембранних процесів. Тому використання принципово нового мембранного обладнання для концентрування рідких високомолекулярних полідисперсних систем із метою впровадження в різні галузі харчової промисловості є завданням актуальним та своєчасним [3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У різних країнах світу широко використовуються мембранні технології розділення рідинних сумішей. Застосування напівпроникних мембран дає великі можливості для переробки харчових рідин на молекулярному рівні. Зневоднення молочної сировини, фруктових та овочевих соків, сиропів, екстрактів, білків, різноманітних есенцій, пива та інших харчових продуктів може здійснюватися ультрафільтрацією набагато дешевше, ніж, наприклад, випарюванням або виморожуванням, причому без втрати лабільних компонентів і погіршення смаку, що часто супроводжує концентрування випарюванням [4; 5]. Мембранні методи використовують також для підготовки технологічної води, стабілізації безалкогольних напоїв та виноградних вин тощо [6; 7].

Існуючі промислові ультрафільтраційні установки мають високу продуктивність, що недоцільно у використанні для підприємств малої та середньої потужності, у деяких випадках вони дуже складні за конструкцією, а утворення поляризаційного шару на поверхні напівпроникної мембрани робить процес ультрафільтрації тривалим і економічно малоефективним. Тому виникає завдання створення мембранних установок із плоскими фільтрувальними елементами, що мають оптимальну продуктивність для підприємств малої та середньої потужності й передбачають спеціальні заходи для запобігання утворенню поляризаційного гель-шару на поверхні мембрани [8].

Метою статті є обґрунтування розробки нового апаратного оформлення виробництва концентратів нежирної молочної сировини.

Виклад основного матеріалу дослідження. Багаторічні дослідження дозволили створити принципово нове ультрафільтраційне обладнання з використанням засобів повного або часткового усунення гель-шару з поверхні мембрани, що сприятиме підвищенню ефективності процесів мембранної обробки харчових рідин.

Із метою максимального усунення поляризаційного шару авторами Харківського державного університету харчування та торгівлі запропоновано пристрої для проведення мембранної обробки харчових рідин із перфорованими вібруючими пластинами та пульсуючою подачею вихідної сировини, удосконалено мембранні модулі з використанням пристрою для барботування рідини, що розділяється, та ультразвукових випромінювачів [9; 10].

Нами розроблена принципова схема технологічної лінії виробництва сухого білкового продукту на основі УФ-концентрату сколотин або знежиреного молока, що обробляється в ультрафільтраційному модулі з пристроєм для барботування, наведена на рис. 1.

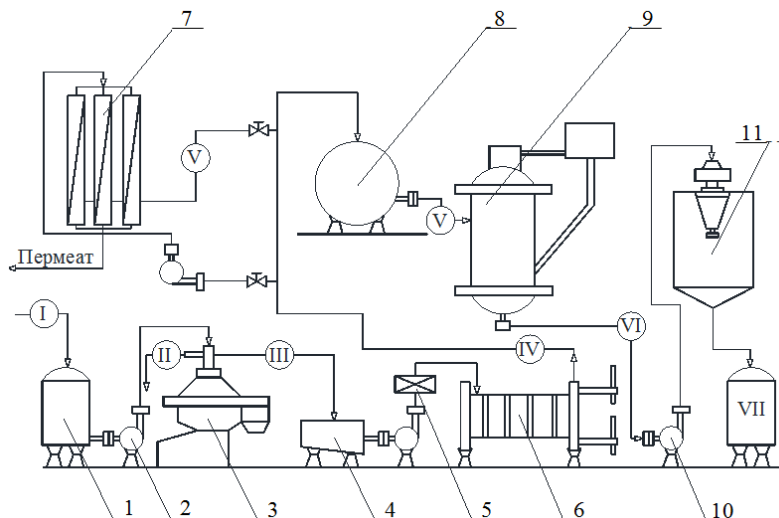


Рис. 1. Принципова схема технологічної лінії виробництва сухого білкового продукту на основі УФ-концентрату нежирної молочної сировини: 1 – резервуар вертикальний; 2 – насоси відцентрові; 3 – сепаратор; 4 – урівноважний бак; 5 – фільтр грубого очищення; 6 – пастеризаційно-охолоджувальна установка; 7 – ультрафільтраційний модуль; 8 – резервуар горизонтальний; 9 – вакуум-випарний апарат; 10 – насоси ротаційні; 11 – розпилювально-сушильна установка; I – вихідна молочна сировина; II – вершки; III – знежирена молочна сировина; IV – пастеризована молочна сировина ($t = 35...37\text{ }^{\circ}\text{C}$); V – концентрат нежирної молочної сировини; VI – згущена нежирна молочна сировина; VII – сухий білковий продукт

Згідно зі схемою наведеної технологічної лінії вихідну молочну сировину – незбиране молоко – подають у резервуар для зберігання 1. Далі для видалення різних механічних домішок незбиране молоко фільтрують, використовуючи дискові, пластинчасті, циліндричні та інші фільтри, які входять до складу насоса 2. Матеріали у фільтрах періодично очищають або змінюють, не допускаючи утворення великої кількості осаду. Після первинного очищення молоко за

допомогою сепаратора 3 розділяють на дві фази: вершки і білково-вуглеводну молочну сировину БВМС. Далі білково-вуглеводну молочну сировину подають в урівноважний бак 4, звідки насосом через фільтр грубого очищення 5 її направляють у пастеризаційно-охолоджувальну установку 6. У ній БВМС нагрівають до температури 45...47 °С з метою зниження її в'язкості для інтенсифікації подальшого ультрафільтраційного концентрування. Після обробки в пастеризаційно-охолоджувальній установці БВМС подається насосом під тиском 0,4–0,5 МПа в мембранний модуль 7 для обробки біологічних рідин у режимі барботування, де відбувається ультрафільтраційне концентрування до фактора концентрації $\phi = 2,0\text{--}2,5$. Після цього УФ-концентрат БВМС подається в горизонтальний резервуар 8, звідки він направляється у вакуум-випарний апарат 9. У вакуум-випарному апараті відбувається додаткове видалення вологи з концентрату БВМС за відносно низьких температур. Упарений концентрат насосом 10 подають на розпилювально-сушильну установку 11, де отримують сухий білковий концентрат.

На рис. 2 наведено розроблену принципову схему технологічної лінії виробництва сухого сироваткового білкового концентрату на основі УФ-концентрату сироватки, одержаного на ультрафільтраційному модулі з пульсаційною подачею вихідної сировини. Згідно зі схемою наведеної технологічної лінії вихідна молочна сировина – сироватка з-під кислого сиру – з пункту прийому після термообробки в теплообміннику 1 подається до резервуара для зберігання 10. Далі сироватку насосом 11 подають на очищення від жиру і казеїнового пилу на саморозвантажних сепараторах 2 за температури сироватки 35...40 °С. Матеріали на фільтрах сепаратора періодично очищають або змінюють, не допускаючи утворення великої кількості осаду. Після очищення сироватка надходить на пастеризацію в пастеризаційно-охолоджувальну установку 12 за температури 75...75 °С з витримуванням протягом 15–20 с та наступним охолодженням продукту до температури 50...55 °С. Із пастеризаційно-охолоджувальної установки пастеризована охолоджена сироватка насосом 13 подається до резервуара 3, де перед подальшою обробкою може зберігатися за температури 8...10 °С протягом 3 год. Далі сироватка насосом 4 за тиску 0,4–0,5 МПа подається до мембранного модуля 5 для обробки біологічних рідин з і пульсууючою подачею вихідної сировини, де вона проходить ультрафільтраційне концентрування за температури 45...50 °С до фактора концентрації 2,0–2,5.

Перевагою запропонованих технологічних ліній із виробництва концентратів нежирної молочної сировини є те, що вони можуть бути

використані під час обладнання молочних підприємств малої та середньої потужності для окремих ланок із переробки скотогин, знежиреного молока та сироватки з-під кислого сиру.

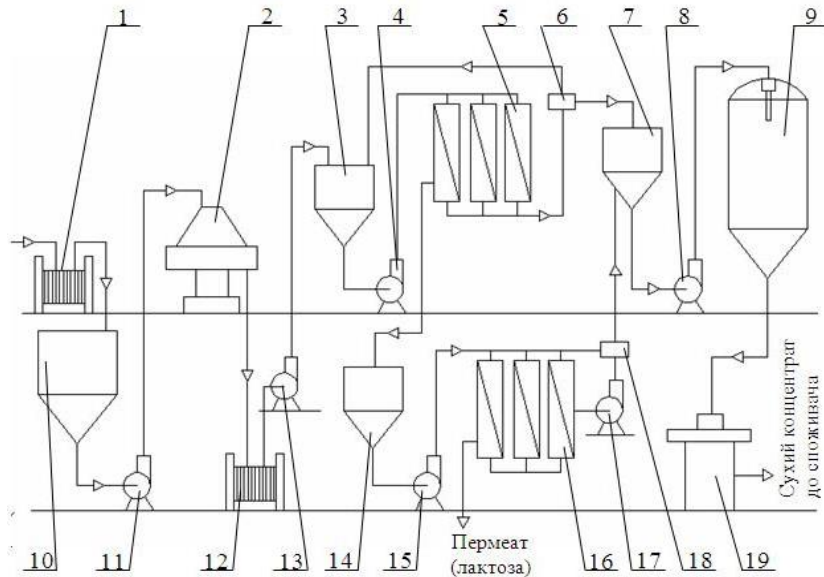


Рис. 2. Принципова схема технологічної лінії виробництва сухого білкового концентрату на основі УФ-концентрату сироватки з-під кислого сиру: 1 – теплообмінник; 2 – сепаратор; 3, 7, 14 – резервуари; 4, 8, 11, 13, 15, 17 – насоси відцентрові; 5, 16 – мембранні модулі; 6, 18 – рефрактометри; 9 – розпилювальна сушарка; 12 – пластинчаста пастеризаційно-охолоджувальна установка; 19 – пакувальний апарат

Висновки. Існуючі промислові лінії з переробки знежиреної молочної сировини мають ультрафільтраційні установки великої продуктивності, що робить недоцільним їх використання на харчових підприємствах малої та середньої потужності. Тому в роботі були запропоновані невеликі за продуктивністю технологічні лінії з виробництва УФ-концентратів знежиреної молочної сировини, що більше пристосовані до потреб зазначених підприємств.

Застосування розроблених мембранних пристроїв та технологічних ліній на їх основі дозволить підвищити продуктивність окремих процесів загального виробництва, зменшити ресурсовитрати на оснащення обладнання та технологічні потреби.

Список джерел інформації / References

1. Дейниченко Г. В. Ультрафільтраційні процеси та технології раціональної переробки білково-вуглеводної молочної сировини / Г. В. Дейниченко, З. О. Мазняк, І. В. Золотухина. – Х. : Факт, 2008. – 208 с.
Dejnichenko, G., Maznyak, Z., Zolotuhina, I. (2008), *Multifiltering processes and technology rational processing of Ultrafiltration Protein-Carbohydrate Raw Milk [Ul'trafil'tratsiyni protsesy ta tekhnolohiyi ratsional'noyi pererobky bilkovo-vuhlevodnoyi molochnoyi syrovyny]*, Fakt, Kharkiv, 208 p.
2. Kumar, P., Sharma, N., Ranjan, R., Kumar, S. et al. (2013), "Technology in Dairy Industry: A Review", *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, No. 9, Vol. 26, pp. 1347-1358.
3. Дейниченко Г. В. Аналітична характеристика мембранної обробки рідких високомолекулярних систем / Г. В. Дейниченко, З. О. Мазняк, В. В. Гузенко // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі : зб. наук. праць. – Х. : ХДУХТ, 2015. – Вип. 1 (21). – С. 120–131.
Dejnichenko, G., Maznyak, Z., Gafurov, O. (2015), "Analytical characteristics of membrane treatment of liquid high molecular systems", *Progressive technology and technologies of food production of restaurant industry and trade* ["Doslidzhennya robochykh parametriv napivpronyknykh ul'trafil'tratsiynnykh membran"] *Prohresyyni tekhnika ta tekhnolohiyi kharchovykh vyrobnytstv restorannoho hospodarstva i torhivli: zb. nauk. prats'*, Kharkiv State University of Food Technology and Trade, Kharkiv, Vol. 1 (21), pp. 120-131.
4. Обработка молочного сырья мембранными методами / Е. А. Евдокимов, Д. Н. Володин, М. В. Головкина, М. С. Золотарёва [и др.] // Молочная промышленность. – 2012. – № 2. – С. 49–50.
Evdokimov, E., Volodin, D., Golovkina, M., Zolotareva, M. et al. (2012), "Processing raw milk membrane methods", *Dairy industry* ["Obработка molochnogo syr'ja membrannymi metodami"], *Molochnaja promyshlennost'*, No. 2, pp. 49-50.
5. Akoum, O., Jaffrin, M., Ding, L. (2005), "Concentration of total milk proteins by high shear ultrafiltration in a vibrating membrane module", *Journal of Membrane Science*, Vol. 247, Iss. 1-2, pp. 211-220.
6. Lobasenko, B., Semenov, A. (2013), "Intensification of ultrafiltration concentrating by the separation of the concentration boundary layer", *Foods and Raw Materials*, Vol. 1., No. 1., pp. 74-81.
7. Свитцов А. А. Введение в мембранную технологию / А. А. Свитцов. – М. : Дели принт, 2007. – 208 с.
Svitcov, A. (2007), *Introduction to membrane technology [Vvedenie v membrannuju tehnologiju]*, Deli print, Moscow, 208 p.
8. Мирончук В. Г. Мембрані процеси в технології комплексної переробки сироватки : монографія / В. Г. Мирончук, Ю. Г. Змієвський. – К. : НУХТ, 2013. – 153 с.
Myronchuk, V., Zmiyevsk'y, Yu. (2013), *Membrane processes in technology of whey processing complex* [Membrani procesy v texnologiyi kompleksnoyi pererobky syrovatky], NUFT, Kyiv, 153 p.

9. Мазняк З. О. Дослідження процесу ультрафільтраційного концентрування сколотин та його апаратурне оформлення : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.12 / Мазняк З. О. – Х., 2003. – 660 с.

Maznyak, Z. (2003), *Research of process of ultrafiltration concentration of whey and its equipment decision: dissertation* [Doslidzhennya protsesu ul'trafil'tratsiynoho kontsentruvannya skolotyln ta yoho aparaturne oformlennya: dis. ... kand. tech. nauk], Kharkiv, 660 p.

10. 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”, *Bulletin of Kharkiv National Technical University of Agriculture named after Petr Vasilenko* [“Pidbir ta rozrobka novoho obladnannya dlya vyrobnytstva pektynovykh kontsentrativ”, *Visnyk Kharkivs'koho natsional'noho tekhnichnoho universytetu sil'skoho hospodarstva im. Petra Vasylenka* “Suchasni napryamky tekhnolohiyi ta mekhanizatsiyi protsesiv pererobnykh i kharchovykh vyrobnytstv”], Kharkiv, Vol. 152, pp. 144-149.

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@ukr.net.

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@ukr.net.

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@ukr.net.

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: kp87vasil@ukr.net.

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: kp87vasil@ukr.net.

Guzenko Vasily, PhD, Senior lecturer, 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: kp87vasil@ukr.net.

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 пищевой и гостиничной индустрии им. М.И. Беляева, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. Тел.: (057)349-45-56; e-mail: m.zakhar@yahoo.com.

Mazniak Zakhar, PhD, docent, 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.

Перекрест Володимир Вікторович, асист., 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.: 0980717294; e-mail: vv-perekrest@yandex.ru.

Перекрест Владимир Викторович, ассист., 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.: 0980717294; e-mail: vv-perekrest@yandex.ru.

Perekrest Vladimir, Assistants, 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.: 0980717294; e-mail: vv-perekrest@yandex.ru.

Бургар Сергій Васильович, магістрант, 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.: 0671049709; e-mail: vv-perekrest@yandex.ru.

Бургар Сергей Васильевич, магистрант, 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.: 0671049709; e-mail: vv-perekrest@yandex.ru.

Burhar Sergiy, master, 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.: 0671049709; e-mail: vv-perekrest@yandex.ru.

DOI: 10.5281/zenodo.2348698