

Скрипник В. О.,
Фарісєєв А. Г.,
Дмитрюк Т. І.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВЕЛИЧИНИ ПИТОМОЇ ПОВЕРХНЕВОЇ ПОТУЖНОСТІ НА ПРОЦЕС ЖАРЕННЯ М'ЯСА

Досліджено вплив питомої поверхневої потужності поверхонь жарення апарата в діапазоні 50...350 кВт/м² на температуру в кірочці виробу і середньоінтегральну різницю температур між поверхнею жарення та поверхневим шаром м'яса, а також тривалість процесу, вихід готового продукту та питому витрату електроенергії під час двостороннього жарення під надлишковим тиском.

Ключові слова: *питома поверхнева потужність, середньоінтегральна різниця температур, двостороннє жарення, поверхневі шари.*

1. Вступ

Найбільш поширеним серед існуючих способів теплової обробки м'ясних натуральних виробів в закладах ресторанного господарства є кондуктивне жарення. Процес здійснюється шляхом поверхневого нагрівання продукту, який безпосередньо контактує з розігрітою поверхнею жарення, або жиром на ній. Практичне значення під час цього мають наступні технологічні й теплофізичні параметри процесу: температура продукту; температура поверхні жарення, або жиру на ній; тривалість; питома поверхнева потужність апарата і можливість плавного регулювання щільності теплового потоку від джерела теплової енергії до продукту, що нагрівається [1].

Для приготування жарених виробів в закладах ресторанного господарства використовуються переважно сковороди, плити та наплитний посуд, які відносяться до універсального теплового обладнання і мають підвищену питому поверхневу потужність. Це дозволяє здійснювати різноманітні теплові процеси, однак призводить до неефективного використання енергоресурсів, що обґрунтовує актуальність дослідження. Вирішення даної проблеми можливо шляхом створення спеціалізованих апаратів, які мають відповідну питому повеневу потужність для реалізації конкретного теплового процесу.

2. Об'єкт дослідження та його технологічний аудит

Об'єктом дослідження є процес кондуктивного жарення м'яса (жарення основним способом), який реалізується на нагрітих поверхнях з використанням невеликої кількості жиру (5...10 % від маси продукту) або без нього до утворення підрум'яненої скоринки [2].

Якість готових виробів залежить від багатьох технологічних параметрів: температури поверхонь жарення, їх питомої поверхневої потужності і пов'язаної з ними середньоінтегральної різниці температур $\Delta\bar{T}_c$ між поверхнями жарення і поверхневими шарами продукту. Зі збільшенням $\Delta\bar{T}_c$ зростає вірогідність утворення гетероциклічних амінів [3].

Енергоефективність процесу кондуктивного жарення м'яса, багато в чому, залежить від способу підведення

теплоти і особливостей конструкції обладнання і не може бути високою, позаяк такий процес потребує підтримання високотемпературного режиму (423...473 K), а апарати для його реалізації характеризуються значною тепловою напругою поверхонь нагрівання (до 45 кВт/м²) [2].

3. Мета та задачі дослідження

Метою роботи є визначення впливу величини питомої поверхневої потужності на показники ефективності процесу двостороннього жарення м'яса під тиском та середньоінтегральну різницю температур $\Delta\bar{T}_c$ між поверхнею жарення та поверхнею продукту.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі завдання:

1. Дослідити вплив величини питомої поверхневої потужності грюючих поверхонь на $\Delta\bar{T}_c$ під час двостороннього жарення м'яса під надлишковим тиском.
2. Дослідити вплив величини питомої поверхневої потужності поверхонь жарення на тривалість процесу, вихід готового продукту і питому витрату електроенергії.

4. Аналіз літературних даних

Вагомий внесок у вирішення питань удосконалення та підвищення енергоефективності процесу та обладнання для жарення харчових продуктів та покращення якості готових виробів внесли праці як вітчизняних, так і закордонних вчених.

На енергоефективність процесів жарення впливає швидкість їх протікання, що, у свою чергу, залежить від виду, форми і розмірів продукту, його фізичних і хімічних властивостей, температури жиру, умов теплообміну між жиром і продуктом та інших факторів [4].

Основними критеріями змін, що відбуваються під час дії на м'ясо технологічних факторів, під час жарення є харчова цінність, а також утворення в готових м'ясних виробках небажаних і шкідливих для людини речовин. Такими речовинами можуть бути гетероциклічні аміни, які утворюються під час підвищення температурного рівня процесу вище 423 K [5–9]. Найбільший вплив на утворення і накопичення гетероциклічних амінів (ГА)

та мутагенних хімічних речовин мають температура та тривалість процесу термічної обробки [10, 11]. У роботі [12] запропоновано аналітичну модель утворення гетероциклічних амінів, згідно з якою швидкість їх утворення є функцією абсолютної температури поверхневого шару продукту.

Розроблені апарати для двостороннього жарення [13, 14] дозволяють удосконалити процес кондуктивного жарення, під час якого виконуються технологічні вимоги, які упереджують утворення в готових виробах ГА. До таких технологічних вимог відноситься: температура поверхонь жарення не перевищує 423 К, тривалість і кількість перевертань виробу зведено до мінімуму, а поверхневий шар продукту тривалий час містить рідину і позбавлений контакту з жиром. Інтенсифікація під час цього досягається за рахунок збільшення поверхні теплообміну і поверхні контакту м'яса з поверхнями жарення за двостороннього підведення теплоти і, пов'язане з цим, збільшення коефіцієнту теплопередачі від поверхонь жарення до поверхні м'яса; зміни теплофізичних властивостей м'яса, зокрема, збільшення коефіцієнту теплопровідності; зменшенні товщини м'яса до ефективної товщини шару рідини шляхом дії тиску [15].

На підставі проведеного автором [3] аналізу показників енергетичної ефективності процесів кондуктивного жарення було встановлено, що тривалість процесу, вихід готових виробів з натурального м'яса і питома витрата електроенергії істотно залежить від питомої поверхневої потужності поверхонь жарення, яка в апаратах для двостороннього жарення в умовах стиснення потребує істотного збільшення. У роботі [3] запропоновано методику розрахунку коефіцієнту теплопередачі k від поверхонь жарення до продукту, згідно якої існує тісний взаємозв'язок між коефіцієнтом теплопередачі, середньоінтегральною різницею температур $\Delta\bar{T}_c$ (середньо-інтегральний температурний напір) та питомою потужністю поверхонь апарата. При цьому вплив питомої потужності поверхонь апарата на зміну середньоінтегральної різниці температур $\Delta\bar{T}_c$ і коефіцієнту теплопередачі k не досліджувався.

У роботі [16] встановлено, що в діапазоні 10...60 кВт/м² раціональним за тривалістю та виходом готового продукту значенням питомої поверхневої потужності є 39,5...41,5 кВт/м².

Вплив величини питомої поверхневої потужності під час цього не досліджувався.

5. Матеріали та методи досліджень

Матеріалами для дослідження є напівфабрикати м'ясних натуральних порційних виробів з найдовшого м'язу свинини, нарізані поперек волокон товщиною 0,01 м, готові жарені вироби (ескалоп, антрекот).

В роботі використовувалися емпіричний метод дослідження за допомогою експериментального стенду, розробленого авторами [2, 17], та методи математичної обробки результатів дослідження.

Для вимірювання температури в середині продукту, його зовнішніх шарів та поверхонь жарення апарата, використовувалися термомари ХК-0,5, які підключалися до терморегуляційного центру ТРЦ 02 Універсал плюс. Візуалізація отриманих результатів здійснювалася за допомогою ПЕОМ та програми «Промприлад».

Розрахунок середньоінтегральної температури $\Delta\bar{T}_c$ між поверхнями жарення і поверхневими шарами продукту здійснювався за формулами:

$$\Delta\bar{T}_c = \frac{\bar{T}_{сж} - \bar{T}_{сп}}{\ln \frac{\bar{T}_{сж}}{\bar{T}_{сп}}}, \tag{1}$$

$$\bar{T}_{сж} = \frac{T_{1ж} - T_{2ж}}{\ln \frac{T_{1ж}}{T_{2ж}}}, \quad \bar{T}_{сп} = \frac{T_{1п} - T_{2п}}{\ln \frac{T_{1п}}{T_{2п}}}, \tag{2}$$

де $\bar{T}_{сж}$ – середньоінтегральна температура поверхонь жарення, К; $\bar{T}_{сп}$ – середньоінтегральна температура поверхонь продукту, К; $T_{1ж}, T_{2ж}$ – відповідно початкова і кінцева температури поверхонь жарення, що нагріваються, К; $T_{1п}, T_{2п}$ – відповідно початкова і кінцева температури поверхонь продукту, що нагрівається, К.

6. Результати досліджень

Результати дослідження впливу величини питомої поверхневої потужності гріючих поверхонь апарата на середньоінтегральну різницю температур $\Delta\bar{T}_c$ між поверхнею жарення і поверхнею продукту наведено на рис. 1.

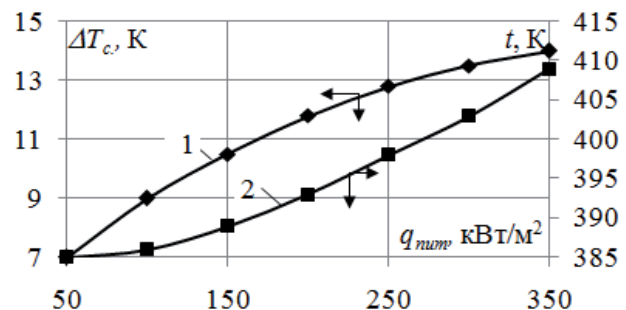


Рис. 1. Залежність середньоінтегральної різниці температур $\Delta\bar{T}_c$ (1) між поверхнями жарення і поверхнею продукту та кінцевої температури t (2) у поверхневих шарах продукту від питомої поверхневої потужності поверхонь апарата $q_{плт}$

З рис. 1 видно, що збільшення величини питомої поверхневої потужності поверхонь жарення апарата призводить до збільшення $\Delta\bar{T}_c$ за нелінійним законом, причому за питомої поверхневої потужності 50 кВт/м² вона складає 7 К, а її підвищення до 350 кВт/м² збільшує цей показник удвічі, до 14 К. Такий ріст середньоінтегральної різниці температур пояснюється тим, що під час збільшення питомої поверхневої потужності зменшується теплова інерційність поверхонь жарення. Тобто спостерігається менше зниження температури гріючих поверхонь через зняття теплоти продуктом за рахунок щільнішого теплового потоку, що забезпечується нагрівальними елементами. Це призводить до збільшення температури поверхневих шарів продукту. З рис. 1 видно, що збільшення величини питомої поверхневої потужності поверхонь жарення апарата від 50 до 350 кВт/м² викликає зростання кінцевої температури поверхневих шарів продукту з 385 до 409 К відповідно. Такий ріст

кінцевої температури поверхні виробу призводить до виникнення ГА, утворення яких відбуваються вже за 403 К [10, 11]. З цієї точки зору проведення жарення за високих значень питомої поверхневої потужності поверхонь жарення апарата є небажаним.

Величина питомої поверхневої потужності поверхонь жарення апарата має значний вплив на тривалості процесу жарення та вихід готового продукту (рис. 2).

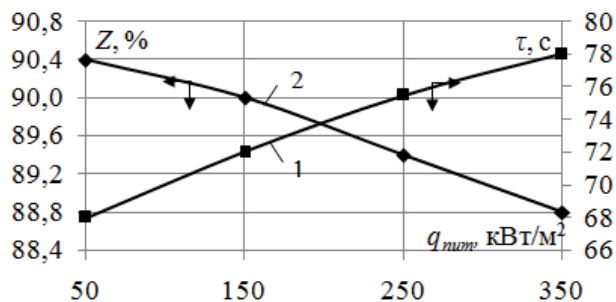


Рис. 2. Тривалість двостороннього жарення м'яса під тиском, τ (1), і вихід готового продукту, Z (2), від величини питомої поверхневої потужності поверхонь апарата $q_{плт}$

Так, її збільшення від 50 до 350 кВт/м² призводить до збільшення тривалості процесу двостороннього жарення м'яса під тиском в 1,15 рази, що складає 68 с і 78 с відповідно. Така залежність ймовірно пояснюється зміною умов теплообміну між гріючими поверхнями і поверхневими шарами продукту через зміну умов кипіння вологи, яка виприсується у зовнішні шари м'яса.

Збільшення тривалості процесу жарення призводить до зменшення виходу готового продукту від 90,4 до 88,8 %. Зменшення виходу готового продукту на 1,6 % пояснюється більшими втратами вологи за рахунок тривалішого її випарування з напівфабрикату.

Збільшення тривалості процесу жарення та зменшення виходу готового продукту під час збільшення величини питомої поверхневої потужності від 50 до 350 кВт/м² має значний вплив на питому витрату електроенергії (рис. 3).

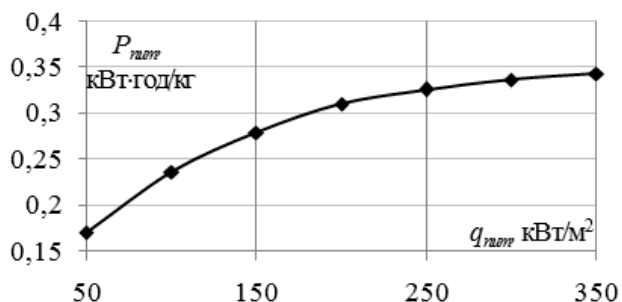


Рис. 3. Залежність питомої витрати електроенергії $P_{плт}$ від питомої поверхневої потужності поверхонь апарата $q_{плт}$

Так, за питомої поверхневої потужності від кожної поверхні жарення 50 кВт/м² питома витрата електроенергії становить 0,171 кВт·год/кг, за потужності 150 кВт/м² — 0,279 кВт·год/кг, за потужності 250 кВт/м² — 0,321 кВт·год/кг, за потужності 350 кВт/м² — 0,343 кВт·год/кг.

Усі вироби жарені за різної питомої поверхневої потужності поверхонь жарення апарата дійшли до стану

кулінарної готовності (температура в центрі 345 К) і мали характерні жареним виробам смак та золотаву поверхню. Варто відмітити, що вироби жарені за питомої поверхневої потужності на рівні 250..350 кВт/м² відрізняються більш вираженою скоринкою на поверхні, що є наслідком більшої тривалості процесу жарення.

7. SWOT-аналіз результатів досліджень

Кожен продукт може сприйняти визначену кількість теплоти, яка визначається його теплофізичними характеристиками (теплоємність, теплопровідність поверхневих шарів тощо), що обумовлюють режими їх теплової обробки. Важливим фактором для зниження споживання енергоносія є забезпечення рівнозначності кількості теплоти, що сприймається продуктом, та кількості теплоти, що виділяє гріюча поверхня апарата. Перевищення необхідної кількості теплоти, що визначається потужністю апаратів, не дає ефекту прискорення процесу теплової обробки, а лише призводить до змін умов протікання процесів і втрати теплоти в навколишнє середовище поверхнями апарата. Дослідження і в подальшому встановлення відповідного значення поверхневої потужності гріючих поверхонь апарата дасть можливість використовувати теплове обладнання з мінімальними енергетичними затратами.

Існуюче обладнання, що використовується у закладах ресторанного господарства має фіксоване значення теплового потоку і тим самим не може бути енергоефективним за виконання різної теплової обробки продуктів.

Негативним зовнішнім фактором для дослідження величини питомої поверхневої потужності поверхонь жарення на процес двостороннього жарення м'яса під надлишковим тиском є якість м'ясної сировини, що реалізуються в магазинах роздрібною торгівлі [18].

8. Висновки

За результатами роботи встановлено:

1) збільшення величини питомої поверхневої потужності поверхонь апарата від 50 до 350 кВт/м² призводить до збільшення середньоінтегральної різниці температур від 7 до 14 К і, як наслідок, до підвищення кінцевої температури поверхонь виробу від 385 до 409 К, що може призвести до утворення ГА;

2) збільшення величини питомої поверхневої потужності поверхонь апарата в межах 50..350 кВт/м² призводить до збільшення тривалості процесу двостороннього жарення м'яса в 1,15 рази (68 с і 78 с відповідно), зменшення виходу готового продукту на 1,6 % та зростання питомої витрати електроенергії в 2 рази, від 0,171 кВт·год/кг до 0,343 кВт·год/кг.

Таким чином встановлено, що величина питомої поверхневої потужності поверхонь нагрівання апарата для жарення має значний вплив на ефективність процесу двостороннього жарення м'яса під тиском, а її збільшення понад 50 кВт/м² недоцільне.

Література

- Архіпов, В. В. Ресторанна справа: Асортимент, технологія і управління якістю продукції в сучасному ресторані [Текст]: навч. пос. / В. В. Архіпов, Т. В. Іванникова, А. В. Архіпова. — К.: Фірма «ІТКОС», Центр навчальної літератури, 2007. — 382 с.

2. Скрипник, В. О. Розробка обладнання для реалізації процесу двостороннього жаріння м'яса в умовах осового стиснення [Текст]: монографія / В. О. Скрипник. — Полтава: ПУЕТ, 2012. — 173 с.
3. Скрипник, В. О. Наукове обґрунтування енергоєфективних процесів і обладнання кондуктивного жарення натуральних м'ясних виробів [Текст]: дис. ... докт. тех. наук: 05.18.12 / В. О. Скрипник. — Харків, 2016. — 306 с.
4. Ботов, М. И. Тепловое и механическое оборудование предприятий торговли и общественного питания [Текст]: учеб. / М. И. Ботов, В. Д. Елхина, О. М. Голованов. — М.: Издательский центр «Академия», 2002. — 464 с.
5. Tran, N. L. Experimental and simulation studies of heat flow and heterocyclic amine mutagen/carcinogen formation in pan-fried meat patties [Text] / N. L. Tran, C. P. Salmon, M. G. Knize, M. E. Colvin // Food and Chemical Toxicology. — 2002. — Vol. 40, № 5. — P. 673–684. doi:10.1016/s0278-6915(01)00126-0
6. Hwang, D. Kinetics of Heterocyclic Amines Formation in Meat Emulsion at Different Fat Contents [Text] / D. Hwang // Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie. — 2002. — Vol. 35, № 7. — P. 600–606. doi:10.1016/s0023-6438(02)90913-8
7. Arvidsson, P. Kinetics of Formation of Polar Heterocyclic Amines in a Meat Model System [Text] / P. Arvidsson, M. A. J. S. Boekel, K. Skog, M. Jagerstad // Journal of Food Science. — 1997. — Vol. 62, № 5. — P. 911–916. doi:10.1111/j.1365-2621.1997.tb15005.x
8. Arvidsson, P. Formation of Heterocyclic Amines in a Meat Juice Model System [Text] / P. Arvidsson, M. A. J. S. Boekel, K. Skog, A. Solyakov, M. Jagerstad // Journal of Food Science. — 1999. — Vol. 64, № 2. — P. 216–221. doi:10.1111/j.1365-2621.1999.tb15868.x
9. Jackson, L. S. Effects of Time and Temperature on the Formation of MeIQx and DiMeIQx in a Model System Containing Threonine, Glucose, and Creatine [Text] / L. S. Jackson, W. A. Hargraves // Journal of Agricultural and Food Chemistry. — 1995. — Vol. 43, № 6. — P. 1678–1684. doi:10.1021/jf00054a049
10. Sugimura, T. Overview of carcinogenic heterocyclic amines [Text] / T. Sugimura // Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis. — 1997. — Vol. 376, № 1–2. — P. 211–219. doi:10.1016/s0027-5107(97)00045-6
11. Ратушный, А. С. Пищевые гетероциклические амины как потенциальные мутагены и канцерогены [Текст]: научный доклад / А. С. Ратушный, А. Т. Ширшов, А. А. Соляков. — М.: РЭА им. Г. В. Плеханова, 1996. — 48 с.
12. Ngadi, M. O. Modelling Heat Transfer and Heterocyclic Amines Formation in Meat Patties during Frying [Electronic resource] / M. O. Ngadi, D.-K. Hwang // Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal. — August, 2007. — Vol. IX. — Manuscript FP 04 004. — Available at: \www/URL: http://ecommons.library.cornell.edu/handle/1813/10642
13. Пристрій для двостороннього жарення м'яса в умовах електроосмосу [Текст]: Патент України 89357 U, МПК А47J 37/06 / Черевко О. І., Скрипник В. О., Фарісеєв А. Г. — № а 2012 04493; заявл. 09.04.2012; опубл. 25.04.2014, Бюл. № 8. — 3 с.
14. Пристрій для двостороннього жаріння харчових продуктів під тиском у функціонально замкнених ємкостях [Текст]: Патент України 21171 U, МПК А47J 37/06 / Дорохін В. О., Скрипник В. О., Молчанова Н. Ю. — № а 2006 08292; заявл. 24.07.2006; опубл. 15.03.2007, Бюл. № 3. — 3 с.
15. Черевко, А. И. Возможные направления повышения энергоэффективности и ресурсосбережения процессов кондуктивного жарения мяса [Текст] / А. И. Черевко, В. А. Скрипник // Техника и технология пищевых производств. — 2013. — № 2(29). — С. 97–102.
16. Скрипник, В. О. Попередні дослідження процесу двостороннього жарення м'яса в умовах електроосмосу [Текст]: тези доп. Міжнарод. наук.-практ. конф., присв. 45-річчю ХДУХТ, 18 жовтня 2012 р. / В. О. Скрипник, А. Г. Фарісеєв // Прогресивна техніка і технології харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі. Економічна стратегія і перспективи розвитку сфери торгівлі та послуг. — Харків, 2012. — С. 377–378.
17. Фарісеєв, А. Г. Розробка апарата для жарення м'яса в умовах електроосмосу [Текст]: автореф. дис. ... канд. тех. наук: 05.18.12 / А. Г. Фарісеєв. — Харків: ХДУХТ, 2014. — 20 с.
18. Скрипник, В. О. Вплив якості м'яса на енергетичні показники процесів двостороннього жарення під раціональним тиском і в раціональних умовах електроосмосу [Текст]: матеріали міжвуз. наук.-практ. семінару, 26 квітня 2012 р. / В. О. Скрипник, А. Г. Фарісеєв // Нові технології і обладнання харчових виробництв. — Полтава: ПУЕТ, 2012. — С. 14–16.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЕЛИЧИНЫ УДЕЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТНОЙ МОЩНОСТИ НА ПРОЦЕСС ЖАРЕНИЯ МЯСА

Исследовано влияние удельной поверхностной мощности поверхностей жарения аппарата в диапазоне 50...350 кВт/м² на температуру в корочке изделия и среднеинтегральную разницу температур между поверхностью жарения и поверхностным слоем мяса, а также продолжительность процесса, выход готового продукта и удельный расход электроэнергии при двустороннем жарении под избыточным давлением.

Ключевые слова: удельная поверхностная мощность, среднеинтегральная разница температур, двустороннее жарение, поверхностные слои.

Скрипник Вячеслав Александрович, кандидат технічних наук, доцент, кафедра технологічного обладнання харчових виробництв і торгівлі, Вищий навчальний заклад Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі», Україна.

Фарісеєв Андрій Геннадійович, кандидат технічних наук, кафедра технологічного обладнання харчових виробництв і торгівлі, Вищий навчальний заклад Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі», Україна.

Дмитрюк Тетяна Ігорівна, кафедра технологічного обладнання харчових виробництв і торгівлі, Вищий навчальний заклад Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі», Україна, e-mail: dmytrjuk@ukr.net.

Скрипник Вячеслав Александрович, кандидат технических наук, доцент, кафедра технологического оборудования пищевых производств и торговли, Высшее учебное заведение Укоопсоюза «Полтавский университет экономики и торговли», Украина.

Фарисеев Андрей Геннадьевич, кандидат технических наук, кафедра технологического оборудования пищевых производств и торговли, Высшее учебное заведение Укоопсоюза «Полтавский университет экономики и торговли», Украина.

Дмитрюк Татьяна Игоревна, кафедра технологического оборудования пищевых производств и торговли, Высшее учебное заведение Укоопсоюза «Полтавский университет экономики и торговли», Украина.

Skrupnyk Vyacheslav, Higher Educational Institution of Ukoopspilka «Poltava University of Economics and Trade», Ukraine.

Farisuyev Andriy, Higher Educational Institution of Ukoopspilka «Poltava University of Economics and Trade», Ukraine.

Dmytriuk Tetiana, Higher Educational Institution of Ukoopspilka «Poltava University of Economics and Trade», Ukraine, e-mail: dmytrjuk@ukr.net