

УДК 641.512.06

## **МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ НАРІЗКИ ОВОЧЕВОЇ СИРОВИНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ФАКТОРІВ ВПЛИВУ**

**А.В. Шеїна, В.П. Хорольський**

*Розглянуто питання визначення якості нарізання рослинної сировини в овочерізальних машинах дискового типу. Розроблено методику оцінювання та обґрунтовано призначення показників якості. Досліджено вплив структури сировини, швидкості різання та товщини нарізання на показники якості. За результатами досліджень надано рекомендації з проектування та експлуатації овочерізального устаткування.*

**Ключові слова:** різання, показники якості, швидкість різання, товщина нарізання, овочі.

## **МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ КАЧЕСТВА НАРЕЗКИ ОВОЩНОГО СЫРЬЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФАКТОРОВ ВЛИЯНИЯ**

**А.В. Шенна, В.П. Хорольский**

*Рассмотрен вопрос определения качества нарезки растительного сырья в овощерезательных машинах дискового типа. Разработана методика оценивания и обосновано назначение показателей качества. Исследовано влияние структуры сырья, скорости резания и толщины нарезки на показатели качества. По результатам исследований даны рекомендации относительно проектирования и эксплуатации овощерезательного оборудования.*

**Ключевые слова:** резание, показатели качества, скорость резания, толщина нарезки, овощи.

## METHOD OF INVESTIGATING QUALITY OF CUTTING VEGETABLE RAW MATERIALS AND DETERMINATION OF THE FACTORS OF INFLUENCE

A. Sheyina, V. Khorolsky

*The method of determination the quality of cutting vegetable raw materials in the disk-type machines is presented in the article. The offered method suggests the evaluation of the quality of cutting using a combined method: sensory and instrumental. It allows to execute the evaluation objectively, quickly and without substantial expenses. It allows to execute the evaluation of the quality of cutting with machines which are used by the enterprises of restaurant industry.*

*The probed products are vegetables; a cutting form is slices; interval of cutting speeds – from 200 to 1200 rev/min; cutting thickness – from 1mm to 6mm. The experimental setting is a disk-type vegetable cutter with the adjustable speed of cutting.*

*It is suggested to execute the evaluation of the cutting quality according to five indexes: roughness of a cut, roughness of face-end surface, accordance of thickness and cutting form with the given settings, amount of spoilage, losses of juice while cutting. Every index was rated on a scale of 1 to 3: 1 point was assigned to the products of high quality, 0,5 point was assigned to the products of satisfactory quality, consumer properties of such products are reduced, but they are suitable for further treatment, 0 points were assigned to the products which were unsuitable for the further use (spoilage).*

*The research results have been analysed and presented as tables. It allows to choose the optimum modes of cutting for different raw material in accordance with the indexes of quality.*

*The dependence of cutting quality on the speed of cutting and thickness of the slices was investigated and analysed. It has been proved that with the increase of cutting speed and the decline of thickness of slices the amount of defective products increases. The dependence of cutting quality on the structure of the product and its dryness has been determined. It is certain that the optimum interval of speeds for cutting vegetables into slices from 1mm to 4 mm thick is the interval of 300–600 rev/min. Thus the correlation «quality of cutting – spoilage» remains optimum.*

**Keywords:** cutting, indexes of quality, cutting speed, cutting thickness, green-stuffs.

**Постановка проблеми у загальному вигляді.** В основу вирішення питань розробки й удосконалення обладнання харчової промисловості має бути покладена оцінка якості виконання технологічних операцій, для яких це обладнання призначене, тобто має оцінюватися якість кінцевого продукту.

У харчовій промисловості поширеним є процес різання рослинної сировини, для чого використовуються овочерізальні машини різних

конструкцій та продуктивності. Нарізають овочі та плоди шматочками різної товщини та різноманітної форми: скибочки, брусочки, кубики з гладкою та хвилястою поверхнею зрізу.

Установлено, що основними чинниками, які впливають на якість нарізання є такі: структурно-механічні властивості продукту, що нарізається; швидкість різання; товщина нарізання; особливості конструктивного виконання різальних інструментів та елементів конструкції машини (робочої камери, розвантажувального пристрою, лопаті скидача), тривалість і умови зберігання продукції [2; 4]. Між цими чинниками існує взаємозв'язок, який має різний прояв для різних груп продуктів. Наприклад, ступінь деформування сировини під час завантаження, подрібнення та розвантаження залежить від структурно-механічних властивостей овочів, які, у свою чергу, залежать від швидкості навантаження та величини відносної деформації. Якість нарізання залежатиме від конструкції виконавчого механізму устаткування та змінюватиметься зі зростанням швидкості, що залежить від фізичних та реологічних властивостей сировини [3].

Питання визначення якості нарізаної продукції є основою для оцінювання овочерізального обладнання загалом. Існує багато методик для визначення якості харчових продуктів. Вони поділяються на сенсорні та інструментальні й відрізняються метою, тривалістю, критеріями та собівартістю. На підприємствах ресторанного господарства питання оцінювання якості має вирішуватися з мінімальними витратами коштів та часу.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Сенсорні методи дослідження широко використовують для розв'язання задач, пов'язаних із якістю продукції. Вони прості у виконанні та дозволяють доволі точно і за короткий термін виявляти в ній недоліки. Незважаючи на те, що сенсорна оцінка якості є доволі суб'єктивною, цей метод є дієвим та не потребує спеціалізованого обладнання.

На практиці часто комбінують сенсорні методи з інструментальними. У праці [1] розглянуто залежність якості різання яблук під час виготовлення чипсів від товщини нарізання та швидкості різання. Якість поверхні зрізу оцінювалася за допомогою мікроскопа. У дослідженнях [8–12] запропоновано використовувати оптичні датчики для визначення мікропогірфичним способом якості зрізу свіжих овочів і фруктів. При цьому оцінюють не лише нерівності на поверхні зрізу, але й наявність структурних змін, спричинених псуванням, неякісною обробкою, тобто тих, для яких характерна зміна кольору поверхні. Запропонований метод може бути заснований на відбиванні та пропусканні світла, вимірі кольору, аналізі зображень інфрачервоного віддзеркалення тощо. За характером гіпер-

спектральних віддзеркалень можна зробити висновок відхилення товщини нарізки продукту та стан його поверхні [12]. У зазначених наукових роботах виявлена залежність відносного коефіцієнта віддзеркалення від вмісту вологи на поверхні зрізу овочів.

Оптичні методи визначення якості рослинної сировини, зокрема поверхні зрізу, знаходять усе більше поширення в харчовій промисловості, однак вони передбачають використання дорогого обладнання і зазвичай використовуються в потокових лініях, де їх застосування є рентабельним [9–11].

Зважаючи на відсутність стандартної методики і даних про вплив швидкості різання на якісні характеристики овочевої сировини, виникає необхідність у розробці алгоритму визначення якості нарізання, визначенні критеріїв оцінювання та аналізі чинників, що впливають на якісні показники під час різання.

**Метою статті** є дослідження якості нарізання овочів скибочками із застосуванням овочерізальних машин дискового типу та розробка методики визначення показників якості; оцінювання чинників впливу на якість нарізання на підставі проведеного експерименту; надання рекомендацій із конструювання овочерізального устаткування та його експлуатації за результатами дослідження.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Для дослідження залежності якості нарізання овочевої сировини від швидкості різання використовувалася експериментальна овочерізальна установка дискового типу, яка може змінювати колову швидкість ножа від 180 об/хв до 2000 об/хв.

Досліджуваний продукт поштучно надходив до завантажувального отвору і подрібнювався у формі скибочок із задалегідь заданою швидкістю, після чого нарізану масу виймали з приймальної чаші й аналізували. Експеримент проводився при швидкості різання 280, 650, 1250 і 2000 об/хв. Умови проведення експерименту для всіх видів овочів були однаковими.

Предметом дослідження обрано моркву сорту Шаєтене, кабачки сорту Садко, баклажани сорту Алмаз, огірки сорту Анніка і картоплю сорту Невський. Термін зберігання овочів перед обробкою не перевищував зазначених держстандартами норм.

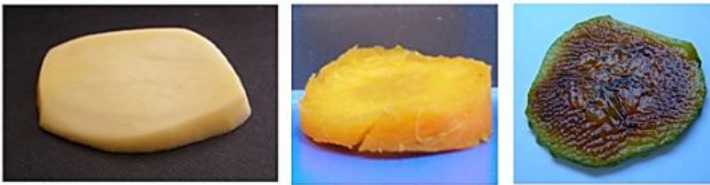
Для оцінювання показників якості продукції застосовувалися вимірювальний і сенсорний методи. Вимірювальний метод засновується на інформації, отриманій із використанням технічних вимірювальних засобів (ваги, штангенциркуль). Сенсорний метод базується на використанні інформації, отриманій у ході сприйняття органами чуття, а значення показників визначаються шляхом аналізу отриманих відчуттів на підставі існуючого досвіду і виражаються в балах [1; 4].

Для оцінювання якості нарізання овочів за різних швидкостей різання було обрано п'ять показників якості: чистота поверхні зрізу, наявність сколов і тріщин на периферії скибочки, кількість бракеражу, відповідність товщини і форми нарізання заданим параметрам, кількість виділеного під час різання соку.

Кожен показник якості оцінювався за трибальною шкалою: 1 бал присвоювався, якщо якісна характеристика висока; 0,5 бала – задовільна, трохи знижуюча споживчі властивості, але при цьому продукція придатна для подальшої обробки (споживання), 0 балів – незадовільний показник, брак.

Відповідно, під час оцінювання якості поверхні зрізу 1 бал присвоювався, якщо поверхня зрізу приймалася ідеальною, тобто нерівності на поверхні зрізу майже непомітні; 0,5 бала за наявності нерівностей (шорсткостей), що не чинять значного впливу на зовнішній вигляд продукту (рис. 1, а, б); 0 балів – у випадку, якщо якість зрізу не відповідає споживчим вимогам. Для кращої візуалізації якості поверхні зрізу на поверхню подрібненого зразка продукту наносився шар калію йодиду (рис. 1, в). Розчин, нерівномірно заповнюючи нерівності на поверхні зрізу, створював тіньовий ефект, що дозволило зробити показові знімки.

Бракераж визначався у відсотковому співвідношенні до загальної кількості одночасно нарізаного продукту. Для дослідження кількості бракеражу нарізалася партія сировини вагою 1 кг. Зважування здійснювалося на електронних вагах. За умови, що кількість бракеражу не перевищує 5% від загального об'єму, показнику присвоювався 1 бал; якщо 5–10%, то 0,5 бала, понад 10% – 0 балів. Бракеражем вважалася крихта і некондиційні частинки подрібненого продукту.



а

б

в

**Рис. 1. Якість поверхні зрізу: а – відхилення товщини нарізання картоплі (0,5 бала); б – сколота тріщини бічної поверхні моркви (0 балів, незадовільна якість); в – «хвиль» на поверхні огірка (0,5 бала)**

Некондиційними вважаються подрібнені частинки продукту неправильної форми, із відхиленням геометричних розмірів більш ніж на 0,3 мм від заданих або такі, що мають тріщини, завглибшки більш ніж 0,5 мм від товщини часточок.

Товщина нарізання визначалася цифровим штангенциркулем. Відхилення від норми розраховувалося як  $[(h_3-h_6)/h_3] \times 100$ , де  $h_3$  – задана товщина нарізання,  $h_6$  – максимально відмінна від заданої товщина скибочки. За умови якщо відхилення від заданої товщини в масі подрібненого продукту не перевищувало 5%, показнику якості присвоювався 1 бал, 5–10% – 0,5 бала, понад 10% – 0 балів. Відповідність форми нарізання заданій визначалася візуально.

Сколи та тріщини на бічних гранях продукту (рис. 1, б) оцінювалися також за трибальною шкалою.

Втрата соку продуктом під час нарізання визначалася аналогічно бракеражу. Якщо втрати не перевищували 1% показнику якості присвоювався 1 бал.

Результати експериментального дослідження якості нарізання овочів зведено в таблиці.

Експериментальним шляхом доведено, що якість нарізання овочевої сировини залежить від колової швидкості ножа. Для різних видів продукції інтервал оптимальних швидкостей відрізняється. У більшості випадків зниження швидкості нарізання призводило до утворення нерівностей, сколів і розтріскування торцевої грані нарізаної скибочки продукту, що погіршувало його зовнішній вигляд, тоді як зростання швидкості різання сприяло збільшенню кількості бракеражу через деформацію подрібнених частинок під час розвантаження. Чистота зрізу для досліджуваної продукції була задовільною в усьому діапазоні заданих швидкостей.

У разі подрібнення продуктів із високим вологовмістом (огірки, кабачки) і пористою структурою (баклажани) збільшення колової швидкості ножів призводило до надмірного виділення соку, проте його кількість не перевищувала 5% від загальної маси подрібненої сировини і не позначалася на якості нарізання загалом (табл.). Зростання соковіддачі можна пояснити збільшенням кількості крихти і, відповідно, більшою площею зруйнованих клітин продукту.

Швидкісне різання сприяло покращенню якості поверхні зрізу і бічної грані подрібненого продукту для всіх дослідних зразків, окрім баклажанів. Під час різання баклажанів завтовшки 1 мм зі руху впровадження ножа понад 1000 об/хв спостерігалось порушення цілісності скибочки.

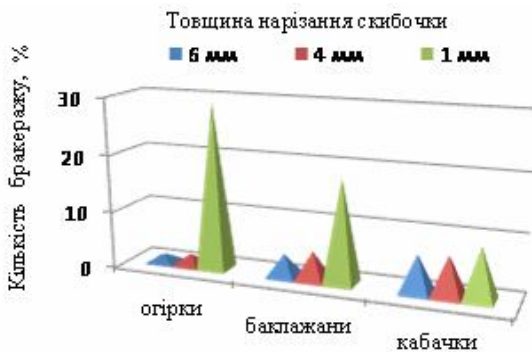
**Показники якості нарізання овочів  
залежно від швидкості різання**

Швидкість різання, хв <sup>-1</sup>	Показник якості поверхні зрізу	Показник якості бічних граней	Показник бракеражу	Показник форми та товщини нарізання	Показник втрати соку	Загальний бал (максимальний 5)
<b>Морква</b>						
280	0,5	0,5	1	1	1	4
650	1	0,5	1	1	1	4,5
1250	1	1	0,5	1	1	4,5
2000	1	1	0,5	0,5	1	4
<b>Кабачки</b>						
280	0,5	0,5	1	1	1	4,5
650	1	0,5	0,5	1	1	4,5
1250	1	0,5	0,5	1	1	4
2000	1	1	0,5	1	1	4,5
<b>Огірки</b>						
280	1	0,5	0,5	1	1	4
650	1	0,5	0,5	1	1	4
1250	1	0,5	0	1	1	3,5
2000	1	1	0	1	0,5	3,5
<b>Картопля</b>						
280	1	1	1	1	1	5
650	1	1	1	1	1	5
1250	1	1	1	1	1	5
2000	1	1	1	1	1	5
<b>Баклажани</b>						
280	1	1	1	1	0,5	4,5
650	1	0,5	1	1	1	4,5
1250	0,5	0,5	0	0,5	1	2,5
2000	0,5	0,5	0	0,5	1	2,5

Причиною погіршення якості є неоднорідна структура баклажанів, яка містить вкраплення твердих частинок – насіння. Зі збільшенням швидкості різання насіння вибивалося гранню ножа з шару продукту, що спричиняло руйнування структури й утворення тріщин і розривів. За швидкості менше 600 об/хв якість нарізання

краща. Втрати продукту зі збільшенням швидкості різання від 280 об/хв до 2000 об/хв зросли майже у 2 рази, до того ж в інтервалі 1000–2000 об/хв бракераж від загальної кількості нарізання склав 18%.

Під час подрібнення огірків і баклажанів товщиною 1–2 мм зростання швидкості різання сприяє збільшенню кількості некондиційних скибочок у наслідок їх руйнування при зіткненні зі стінками приймальної тари, оскільки збільшення колової швидкості сприяє зростанню відцентрової сили, яка відкидає подрібнені часточки до периферії. На рис. 2 наведено результати дослідження впливу швидкості різання на кількість бракеражу овочевої сировини, під час подрібнення якої цей чинник є важливим. Відзначимо, що зі збільшенням товщини нарізання овочів від 1 мм до 4 мм кількість бракеражу значно зменшується і досягає оптимальних показників. За швидкості різання 1250 об/хв збільшення товщини нарізання від 1 мм до 4 мм привело до зменшення кількості бракеражу для баклажанів у 3,6 разу, огірків – 15,5 разу, кабачків – 1,3 разу.



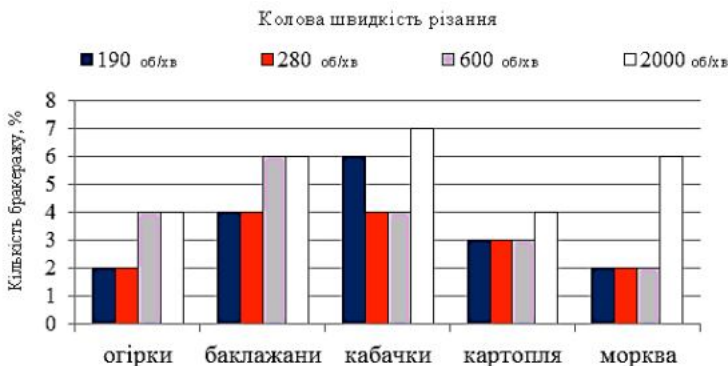
**Рис. 2.** Гістограма зміни кількості бракеражу залежно від товщини нарізання овочів скибочками за швидкості подрібнення 1250 об/хв

Вплив швидкості різання на якість нарізання скибочок товщиною 1 мм і 4 мм показано на рис. 3 і 4 відповідно. Зазначимо, що для окремих видів рослинної сировини (картопля, кабачки) зміна товщини нарізання за однакових швидкостей різання не спричинила істотних змін за кількістю бракованої маси. У цьому випадку визначальним параметром якості буде величина швидкості різання.





**Рис. 3. Бракераж при нарізанні овочів скибочками товщиною 1 мм**



**Рис. 4. Бракераж при нарізанні овочів скибочками товщиною 4 мм**

Істотний вплив товщина нарізання матиме в разі подрібнення баклажанів, огірків, моркви. Ця продукція схильна до надмірної деформації за умов нарізання скибочками завтовшки 1 мм. Кількість бракеражу зі збільшенням швидкості різання від 280 об/хв до 2000 об/хв збільшується майже у 2 рази для баклажанів і кабачків, у 3,2 разу для огірків.

За однакової швидкості різання зменшення товщини нарізання овочевої сировини від 4 мм до 1 мм призводить до збільшення кількості бракеражу в середньому у 2–4 рази. У разі нарізання товщиною 4 мм кількість некондиційних часток зі зростанням швидкості різання збільшується в середньому в 1,5–2 рази.

**Висновки.** На якісні показники процесу різання овочевої сировини впливають вид подрібнюваного продукту, його реологічні й фізико-механічні властивості, товщина нарізання, режим різання, особливості конструктивного виконання робочих органів і розвантажувального пристрою, тривалість і умови зберігання продукції.

За умов нарізання овочів скибочками збільшення товщини нарізання від 1 мм до 4 мм призводить до зменшення кількості бракеражу у 2 рази. Зі зростанням швидкості різання відбувається збільшення кількості некондиційних часток у загальній масі подрібненого продукту. У цьому випадку спостерігається така залежність: чим менша товщина нарізання і вища швидкість різання, тим більша кількість бракеражу.

Рекомендованим для досліджуваного асортименту овочів є інтервал колових швидкостей різання від 300 об/хв до 600 об/хв, при цьому співвідношення «якість зрізу – бракераж» залишається оптимальним.

#### Список джерел інформації / References

1. Арнаут С. А. О разработке технологии получения яблочных чипсов / С. А. Арнаут // Вестник национальной академии наук Беларуси. Аграрные науки. – 2006. – № 5. – С. 205–206.

Amaut, S. (2006), “About development of technology of receipt of apple chips” [“О разработке технологии получения яблочных чипсов”], *Announcer of national academy of sciences of Belarus. Series Agrarian sciences*, No. 5, pp. 205-206.

2. Гуць В. Определение усилия резания продуктов с разными структурно- механическими свойствами / В. Гуць, А. Губеня // Научни трудове на УХТ. – Пловдив, 2010. – Т. 57, свитък 2. – С. 411–416.

Guts, V., Gubenia, A. (2010), “Determination effort of cutting products with different reological properties” [“Определение усилия резания продуктов с разными структурно- механическими свойствами”], *Nauchni trudove na UHT*, Vol. 57, No. 2, Plovdiv, pp. 411-416.

3. Goots, V., Gubenia, O., Sheina, A., Omelchenko, K., (2017), “Modelling of mechanical systems be the reodynamical method”, *Proceedings of University of Ruse*, Vol. 56, No. 10/2, pp. 28-32.

4. Заплетников И. Н. Измельчение растительного сырья : монография / И. Н. Заплетников, А. В. Шеина. – Харьков : Водний спектр Джи-Ем-Пи, 2016. – 205 с.

Zapletnikov, I., Sheyina, A. (2016), *Growing of digister shallow: monography [Измельчение растительного сырья: монография]*, Vodniy spektr Dzhi-Em-Pi, Kharkov, 205 p.

5. Sheyina, A., Goots, V. (2016), “Cutting speed value during plant material grinding in food industry”, *Ukrainian Journal Of Food Science*, Vol. 4, Iss. 1, NUHT, Kyiv, pp. 111-119.

6. Gubenia, O., Guts, V. (2010), “Modeling of cutting of food products”, *EcoAgroTourism*, No. 1, Kyiv, pp. 67-71.

7. Горюшинский В. С. Совершенствование резания корнеплодов с обоснованием параметров измельчителя : автореф. дис. ... канд. техн. наук / В. С. Горюшинский. – Пенза, 2004. – 13 с.

Goryushinskiy, V. (2004), *Perfection of cutting of root crops with the ground of parameters of grinding down: Author's thesis [Sovershenstvovanie rezaniya korneplodov s obosnovaniem parametrov izmelchatelya: avtoref. dis. ... kand. tehn. nauk]*, Penza, 13 p.

8. Заплетников И. Н. Экспериментальные исследования процесса резания растительных материалов // Актуальные вопросы современной науки : сб. науч. трудов / И. Н. Заплетников, А. В. Шеина, А. В. Гордиенко. – Новосибирск : Издательство ЦРНС, 2014. – Вып. 33. – С. 52–62.

Zapletnikov, I., Sheyina, A., Gordienko, A. (2014), “Experimental researches process of cutting of vegetable materials”, [“Ekspenimentalnye issledovaniya prosessa rezania rastitelnyh materialov”], *Pressing questions of modern science*, Vol. 33, Novosibirsk, pp. 52-62.

9. Fekete, A., Felföldi, J., Firtha, F., Gillay, Z. (2007), “Development of sensing system for product grading”, *Annual report*, Budapest, pp. 44-49.

10. Herppich, W., Herold, B., Schluter, O., Ilte, K., Geyer, M., Borsa, B., Gillay, Z. (2006), “Beurteilung der mikrotopografischen Beschaffenheit von Schnittflächen”, *Landtechnik*, Vol. 61, No. 5, pp. 256-257.

11. Herppich, W., Geyer, M., Herold, B., Schlüter, O., Borsa, B., Gillay, Z. (2009), “Application of digital imaging to evaluate slicing quality on fresh cut produce”, *Proceedings of CIGR – 5th International Postharvest Symposium*, Potsdam, Germany, pp. 1168-1169.

12. Borsa, B., Gillay, Z., Herppich, W., Schütler, O., Geyer, M. (2007), “Sárgarépaszelet mikrostrukturájának geometriai tulajdonságai”, *MTA AMB, Kutatási és Fejlesztési Tanácskozás*, Gödöllő, pp. 99-102.

**Шеїна Аліна Вікторівна**, ст. викл., кафедра загальноінженерних дисциплін та обладнання, Донецький національний університет економіки і торгівлі ім. Михайла Туган-Барановського. Адреса: вул. Трамвайна, 16, м. Кривий Ріг, Україна, 5000. Тел.: (056)409-77-90; e-mail: sheyina235@gmail.com

**Шейна Алина Викторовна**, ст. преп., кафедра общеинженерных дисциплин и оборудования, Донецкий национальный университет экономики и торговли им. Михаила Туган-Барановского. Адрес: ул. Трамвайная, 16, г. Кривой Рог, Украина, 5000. Тел.: (056)409-77-90; e-mail: sheyina@donnuet.edu.ua.

**Sheyina Alina**, Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky. Address: Kryvyi Rih, Ukraine, 5000. Tel.: (056)409-77-90, e-mail: sheyina@donnuet.edu.ua.

**Хорольський Валентин Петрович**, д-р техн. наук, проф., кафедра загальноінженерних дисциплін та обладнання, Донецький національний університет економіки і торгівлі ім. Михайла Туган-Барановського. Адреса:

вул. Трамвайна, 16, м. Кривий Ріг, Україна, 5000. Тел.: (056)409-77-90; e-mail: khorolv@ukr.net.

**Хорольский Валентин Пегович**, д-р техн. наук, проф., кафедра общинженерных дисциплин и оборудования, Донецкий национальный университет экономики и торговли им. Михаила Туган-Барановского. Адрес: ул. Трамвайная, 16, г. Кривой Рог, Украина, 5000. Тел.: (056)409-77-90; e-mail: khorolv@ukr.net.

**Khorolsky Valentin**, Grand PhD in Engineering sciences, Professor Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky. Address: Kryvyi Rih, Ukraine, 5000. Tel.: (056)409-77-90; e-mail: khorolv@ukr.net.

DOI: 10.5281/zenodo.1306680