

International E-commerce and Hotel and Restaurant Business, V.N. Karazin Kharkiv National University, gorelkov.dmv@gmail.com.

Горелков Дмитро Вікторович, канд. техн. наук, доц., доцент кафедри міжнародної електронної комерції та готельно-ресторанної справи, Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, gorelkov.dmv@gmail.com.

Chervonyi Vitalii, PhD in Tech. Sc., Assoc. Prof., Department of International E-commerce and Hotel and Restaurant Business, V.N. Karazin Kharkiv National University, chervonyi.v@gmail.com.

Червоний Віталій Миколайович, канд. техн. наук, доц., доц. кафедри міжнародної електронної комерції та готельно-ресторанної справи, Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, chervonyi.v@gmail.com.

Vasylenko Mykyta, master's degree candidate, Kharkiv State Biotechnology University, mykyta.v.o@gmail.com.

Василенко Микита Олегович, здобувач вищої освіти ступеня магістра, Державний біотехнологічний університет, mykyta.v.o@gmail.com.

DOI 10.5281/zenodo.14673688

УДК 664-93

ІНЖЕНЕРНІ РІШЕННЯ В ОБЛАДНАННІ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ХАРЧОВОЇ ПРОДУКЦІЇ МАСОВОГО СПОЖИВАННЯ

**В.М. Михайлов, А.О. Шевченко, С.В. Прасол,
Б.В. Михайлов, О.І. Бабанова**

У статті наведено результати роботи зі створення інженерних рішень в обладнанні для виробництва харчової продукції масового споживання. Охоплено виробництво майонезу, пастеризованого молока, вершків та ковбасних виробів. При цьому зазначається, що ключовим технічним аспектом в удосконаленні обладнання є застосування елементів автоматизації. Описано основні роботизовані системи, які входять до складу автоматизованих виробничих ліній.

***Ключові слова:** технологічна лінія, обладнання, автоматизація, варені ковбаси, майонез, пастеризоване молоко, енергозбереження, електронконтактне нагрівання.*

ENGINEERING SOLUTIONS IN EQUIPMENT FOR THE PRODUCTION OF FOOD PRODUCTS FOR MASS CONSUMPTION

**V. Mykhaylov, A. Shevchenko, S. Prasol,
B. Mykhailov, O. Babanova**

Food products for mass consumption include products that play a key role in meeting the basic physiological needs of a person in vital elements, energy and liquid. The use of these products is mandatory for a healthy diet and should be part of a daily balanced menu.

One of the main technological aspects of the production of mass

consumption products is the use of modern equipment, which has advanced engineering solutions and meets the high requirements of energy saving and automation. The use of automated production lines is the basis of innovation in the food industry, as they allow mass production with minimal manual labor. Such lines are equipped with robotic systems and can perform various operations.

In order to ensure the safety, quality, environmental friendliness and efficiency of the considered and other latest developments, in particular for products of mass consumption, it is important to implement the latest engineering solutions in the equipment. These solutions are implemented in the projects of technological production lines.

The design of the technological line for the production of boiled sausages has been completed. The line is automated. Electric contact heating in the unit included in the line occurs due to the electrical conductivity of the raw material, and consists in the conversion of electrical energy into thermal energy directly in a conductive medium. One of the important advantages of this method is uniform heating of the product throughout the volume.

The production line of mayonnaise is also given. The main advantages of the line are the ability to automatically adjust the recipe for stable product quality; implementation of low-temperature emulsification, which allows you to preserve texture and taste. Microfiltration and water purification allows you to purify water before adding it to mayonnaise, which significantly improves its taste properties. The use of modern mixers and emulsifiers reduces energy consumption by 15-20% compared to analogues without loss of productivity, helping to reduce production costs and environmental impact. Recycling and waste reduction are also implemented in the line: the system of collection and processing of production waste allows to reduce the amount of garbage.

A technological line for the production of pasteurized milk has been developed. This line has a quality monitoring system that allows you to quickly identify and correct deviations from the norm. Automation of processes on the line is realized by the introduction of robotic systems for such processes as pasteurization, packaging and equipment washing. This increases efficiency and reduces staff work. The use of energy from renewable sources such as solar panels during production to provide energy for production enables the manufacturer to be autonomous and independent of suppliers. The application of nanomaterials to improve the packaging of dairy products in the line provides a longer shelf life and reduces product losses.

Keywords: technological line, equipment, automation, boiled sausages, mayonnaise, pasteurized milk, energy saving, electric contact heating.

Постановка проблеми в загальному вигляді. До харчової продукції масового споживання відносяться продукти, які відіграють ключову роль у задоволенні базових фізіологічних потреб людини в життєво необхідних елементах, енергії та рідині. До таких продуктів належать ті, що забезпечують організм білками, жирами, вуглеводами, вітамінами та мікроелементами, необхідними для підтримки здоров'я та повсякденної активності. Джерелом цих складових є хлібобулочні

вироби, молокопродукти, яйця, м'ясопродукти, річкова та морська риба, розмаїття овочів та фруктів, крупи, цукор, олія, масло та інші продукти, які формують базовий набір харчування для кожної людини.

Харчова продукція масового споживання є обов'язковим елементом здорового раціону та повинна входити до щоденного збалансованого меню. Фрукти та овочі, наприклад, містять значну кількість вітамінів, мінералів та антиоксидантів, що сприяють зміцненню імунної системи та підтримці загального здоров'я. Інші продукти, такі як м'ясо, риба та молочні вироби, багаті білками, незамінними амінокислотами і корисними жирами, що необхідні для регенерації клітин і підтримки м'язової маси. Крім того, різноманітність у щоденному раціоні є важливою, адже вона забезпечує організм усіма потрібними речовинами, що є основою для енергійності та гарного самопочуття в довгостроковій перспективі.

Одним з головних технологічних аспектів виробництва продукції масового споживання є застосування сучасного обладнання, яке має прогресивні інженерні рішення та відповідає високим вимогам енергозбереження та автоматизації. Використання автоматизованих виробничих ліній є основою інновацій у харчовій промисловості, оскільки вони дозволяють здійснювати масове виробництво з мінімальним залученням ручної праці. Такі лінії оснащені роботизованими системами та можуть виконувати різноманітні операції – від дозування та фасування продуктів до їх запакування та навіть сортування за якістю. Автоматизація процесів не лише суттєво прискорює виробництво, але й дозволяє оптимізувати витрати, підвищити точність дозування та уникнути помилок, які могли б виникати при ручній праці. Завдяки цьому значно знижується собівартість продукції, що робить її більш конкурентоспроможною на ринку.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У роботі [1] наведено аналіз останніх досягнень в галузі харчових технологій та їх вплив на безпечність харчової продукції, якість та екологічність. Удосконалені теплові методи в обладнанні, такі як мікрохвильова обробка, омичний (електроконтактний, ЕКН) нагрів тощо скорочують час обробки та енергоспоживання. Також акцентується увага на безпечності матеріалів, що контактують з продуктами [2]. Про повторне використання багаторазової ПЕТ-упаковки описано в роботі [3]. Досить цікавою є праця [4], де наводиться техніка застосування ультразвуку в процесах екстракції. Наведено досягнення в галузі ультразвукової екстракції. Цей процес підвищує продуктивність екстракції, економічність та екологічний вплив. В [5] наведено огляд декарбонізації виробництва харчових продуктів шляхом електродекарбонізації теплоти. Автори вказують, що

електрифіковані технології сприяють переробці продуктів харчування з низьким вмістом вуглецю. Інновацією є застосування комбінованої озонної та «UV-C»-стерилізації при сушінні плодів хурми [6]. Зазначається, що така комбінована обробка може посилити стерилізацію.

Для забезпечення безпечності, якості, екологічності та ефективності розглянутих та інших новітніх розробок, зокрема й для продукції масового споживання, важливим є впровадження новітніх інженерних рішень в обладнанні. Зокрема, в [7, 8] виконано аналітичний огляд технічних аспектів обладнання для харчових виробництв продукції широкого вжитку. Огляд охоплює виробництво майонезу, пастеризованого молока, вершків та ковбасних виробів. Зазначається, що ключовим технічним аспектом є застосування сучасного обладнання з елементами автоматизації [9]. Описано основні роботизовані системи, які входять до складу автоматизованих виробничих ліній.

Метою статті є створення інженерних рішень в обладнанні для виробництва харчової продукції масового споживання.

Виклад основного матеріалу дослідження. Новітні інженерні рішення в обладнанні для виробництва харчової продукції масового споживання реалізовані в проєктах технологічних ліній виробництва. Автоматизовані лінії мають низку систематизованих комплексних рішень. До них належать наступні.

1. Автоматичні системи дозування. Від точності дозування інгредієнтів залежить якість продукції. Автоматичні дозувальні системи забезпечують високоточне вимірювання та додавання інгредієнтів, що дозволяє зберігати стабільні смакові властивості продукції.

2. Системи моніторингу та контролю. Сучасні комплекси моніторингу дозволяють спостерігати за кожним етапом виробництва в режимі он-лайн. Завдяки сенсорам, камерам і спеціальному програмному забезпеченню вони здатні виявляти відхилення від стандартів якості та ідентифікувати аномалії.

3. Інтегровані інформаційні системи, які охоплюють усі етапи виробничого процесу – від контролю запасів і замовлень до організації виробництва та відвантаження готової продукції. Ці системи слугують основним інструментом для оптимізації робочих процесів і підтримки стратегічного прийняття рішень.

4. «Розумні технології» та Інтернет речей (IoT). Завдяки цьому виробники дистанційно керують та мають можливість вдосконалювати виробничі процеси. Підключені пристрої та датчики забезпечують збір даних, які потім аналізуються для підвищення ефективності.

Дотримання стандартів якості та безпеки харчових продуктів є ключовим для виробництва. Щоб забезпечити ці вимоги, виробники

повинні відповідати таким стандартам і нормативам, як HACCP і ISO 22000. Наприклад, у виробництві майонезу здійснюється контроль рівня кислотності, вмісту бактерій та інших небажаних речовин. Для молочних продуктів (вершків) та ковбас застосовуються спеціальні методи консервації та зберігання, щоб зберегти їхні корисні властивості та гарантувати безпечність для споживачів.

Виконано проектування технологічної лінії виробництва варених ковбас, що наведена на рис. 1.

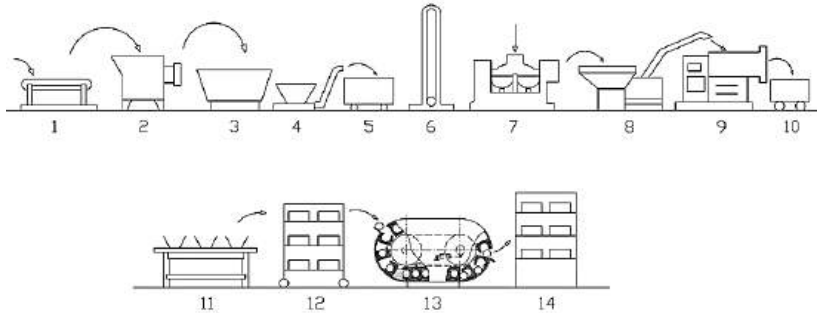


Рис. 1. Схема технологічної лінії виробництва варених ковбас: 1 – стіл; 2 – вовчок; 3 – мішалка; 4 – насос для фаршу; 5, 10 – возики; 6 – підйомник; 7 – кутер; 8 – емульсатор; 9 – мішалка; 11 – технологічний стіл; 12 – стелаж з колесами; 13 – агрегат з контактними електродами; 14 – стелажі для охолодження

Лінія автоматизована. За основу взято схему виробництва, що охоплює підготовчі, механічні операції, теплову обробку, охолодження та безпосередньо варення ковбасних виробів. Інноваційним рішенням у даній лінії є те, що теплова обробка напівфабрикатів виконується методом ЕКН в агрегаті з контактними електродами (поз. 13).

ЕКН (електроконтактне нагрівання), що відбувається завдяки електропровідності сировини [10], полягає в перетворенні електричної енергії на теплову безпосередньо у провідному середовищі. Однією з важливих переваг цього методу є рівномірне нагрівання продукту по всьому об'єму [10, 11].

Ще однією розробкою, яка має інноваційні рішення, є технологічна лінія виробництва майонезу (рис. 2).

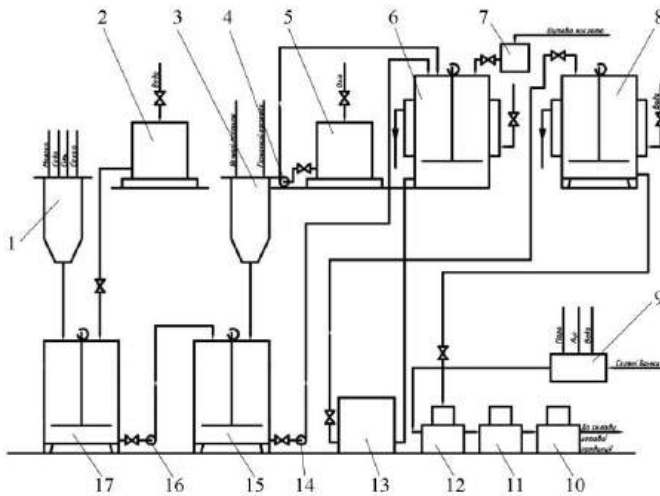


Рис. 2. Технологічна лінія виробництва майонезу: 1, 3 – бункери для засипки сухих компонентів; 2 – ваги для води; 4 – відцентровий насос подачі рослинної олії до агрегата-теплообмінника; 5 – ваги для олії; 6 – агрегат-теплообмінник; 7 – бачок для оцтової кислоти; 8 – бак готового майонезу; 9 – банкомийна машина; 10 – етикерувачний автомат; 11 – автомат закатувальний; 12 – автомат дозувально-наповнювальний; 13 – гомогенізатор; 14, 16 – насоси-емульгатори; 15, 17 – змішувачі

В обладнанні наведеної лінії реалізовано інтелектуальні сенсори системи автоматизації. Використання сенсорів для моніторингу якості вихідної сировини (олія, вода, яйця, оцет тощо) та параметрів виробництва в режимі реального часу (температура, в'язкість, рівень рН) дозволяє автоматично коригувати рецептуру для стабільної якості продукту. Здійснення низькотемпературної емульгації дозволяє зменшити потребу в консервантах, зберігаючи при цьому текстуру та смак. Це підвищує свіжість майонезу і подовжує його термін зберігання. Мікрофільтрація та очищення води дозволяє очищувати воду перед додаванням у майонез, що значно покращує його смакові властивості. Використання альтернативних олій. Додавання таких олій, як авокадова або лляна, що містять більше корисних жирів роблять продукт більш привабливим для споживачів, які дотримуються здорового харчування. І, нарешті, енергоефективне обладнання: використання сучасних змішувачів та емульсорів знижує енергоспоживання на 15...20 % порівняно з аналогами без втрати продуктивності, допомагаючи знизити витрати на виробництво та вплив на довкілля.

Крім того, в лінії реалізований рециклінг та зниження відходів: система збору і переробки відходів виробництва дозволяє знизити кількість сміття. Залишки можна використовувати, наприклад, для виробництва біогазу, що робить виробництво більш екологічним.

Розроблено технологічну лінію для виробництва пастеризованого молока (рис. 3).

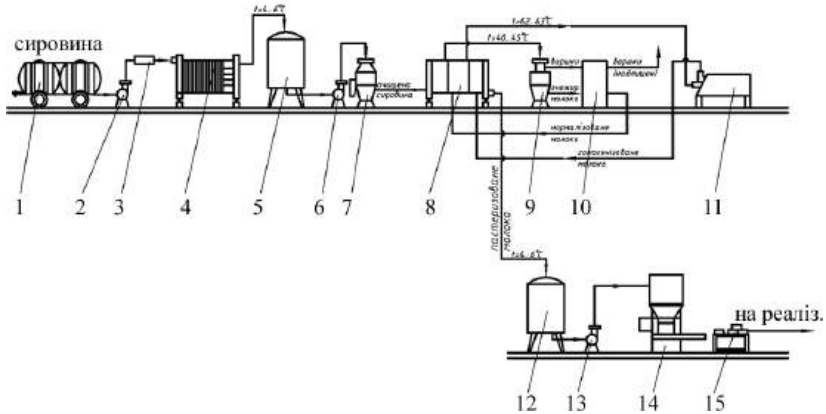


Рис. 3. Технологічна лінія виробництва пастеризованого молока:
 1 – цистерна з цільним молоком; 2, 6, 13 – насоси; 3 – лічильник-витратомір;
 4 – охолоджувач; 5, 12 – накопичувальні ємності; 7 – сепаратор-молокоочисник; 8 – пастеризаційно-охолоджувальна установка;
 9 – сепаратор-вершковідділювач; 10 – пристрій нормалізації молока;
 11 – гомогенізатор; 14 – фасувальна машина; 15 – ящики

Ця лінія має систему моніторингу якості – це IoT-сенсори для безперервного моніторингу температури, рН, та інших параметрів молока під час виробництва, що дозволяє швидко виявляти та виправляти відхилення від норми. Автоматизація процесів на лінії реалізована впровадженням робототехнічних систем для таких процесів, як пастеризація, упаковка та миття обладнання. Це підвищує ефективність і зменшує працю персоналу. Використання енергії з відновлювальних джерел, таких як сонячні панелі, для забезпечення енергією виробництва надає можливість виробнику бути автономним та незалежним від постачальників, зокрема це актуально на період можливих «блек-аутів». Застосування наноматеріалів для покращення упаковки молочних продуктів в лінії забезпечує триваліший термін зберігання та зменшує втрати продукту.

Робота за даним напрямом проектування нових інженерних рішень в обладнанні для виробництва харчової продукції масового споживання не припиняється. Наразі проектується нові лінії та

обладнання, зокрема для виробництва хлібу, кисломолочних продуктів та овочевих концентратів. У подальшому номенклатура ліній може бути розширена за наявною потребою виробників продукції.

Висновки. Таким чином, до головних технологічних аспектів виробництва продукції масового споживання відноситься застосування сучасного обладнання, яке має прогресивні інженерні рішення, відповідає високим вимогам енергозбереження та автоматизації. Використання автоматизованих виробничих ліній є основою інновацій у харчовій промисловості. У зв'язку з цим, виконано роботу з проектування технологічної лінії виробництва варених ковбас. Електроконтактне нагрівання в агрегаті, що входить до цієї лінії, забезпечує рівномірне нагрівання продукту по всьому об'єму. Спроектовано технологічну лінію виробництва майонезу. Її основними перевагами є можливість автоматично коригувати рецептуру для стабільної якості продукту та здійснення низькотемпературної емульгації. Також розроблено технологічну лінію для виробництва пастеризованого молока. Ця лінія має систему моніторингу якості, а автоматизація процесів на ній реалізована впровадженням робототехнічних систем для пастеризації, упаковки та миття обладнання. У подальшій роботі за даним напрямом заплановано проектування нових прогресивних ліній та обладнання, зокрема ліній для виробництва хлібу, кисломолочних продуктів та овочевих концентратів.

Список джерел інформації / References

1. Binod Pokharel, Reddi Sai Satya Keerthi, Ziyad H H Abunamous. Advancements in Food Processing Technologies: Enhancing Safety, Quality, and Sustainability. International Journal of Scientific Research in Engineering and Management (IJSREM). 2023. Vol. 07. Issue 06. 6 p. URL: https://www.researchgate.net/publication/372769537_Advancements_in_Food_Processing_Technologies_Enhancing_Safety_Quality_and_Sustainability
2. Winfried Leeman, Lisette Krul. Non-intentionally added substances in food contact materials: how to ensure consumer safety. Current Opinion in Food Science. 2015. Vol. 6. P. 33-37. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214799315001320?via%3Dihub>
3. Terefe, N. S., Gamage, M., Cao, R., & Abadias, M. (2019). Applications of Ultrasound in Food Science and Technology: A Perspective. Food Control, 101, 186-202. URL: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.02.008>
4. Chemat, F., Khan, M. K., & Abert Vian, M.. Ultrasound Assisted Extraction of Food and Natural Products: Mechanisms, Techniques, Combinations, Protocols and Applications. A Review. Ultrasonics Sonochemistry. 2017. Vol. 34. P. 540-560. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2016.06.035>
5. Huang, L., Ye, X., Chen, S., Zhang, Z., Lv, G., & Wang, H. (2020). Cold Plasma Processing: A Review of Current State and Future Challenges. Trends in Food Science & Technology, 105, 17-28. URL: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.10.011>

6. Jiao, X., Liu, Y., & Xiong, S. (2020). Effect of UV-C Irradiation on Microorganisms and Quality Attributes of Fresh-Cut Apple. *LWT*, 134, 110205. URL : <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110205>

7. Технічні аспекти обладнання харчових виробництв продукції широкого вжитку / А.О. Шевченко та ін. // Молодь і технічний прогрес в АПВ : Міжнар. наук.-практ. конф., 23-24 листопада 2023 р. : матеріали. – Х. : ДБТУ, 2023. – С. 528-530.

Tekhnichni aspekty obladnannya kharchovykh vyrobnytstv produktsii shyrokooho vzhytku / A.O. Shevchenko ta in. // Molod i tekhnichniy prohres v APV : Mizhnar. nauk.-prakt. konf., 23-24 lystopada 2023 r. : materialy. – Kh. : DBTU, 2023. – S. 528-530.

8. Технологічні аспекти харчових виробництв на основі продуктів широкого вжитку / О.М. Кайданський та ін. // Сучасна інженерія агропромислових і харчових виробництв : Всеукр. наук.-практ. конф. здобувачів вищої освіти і молодих вчених, 26 травня 2023 р. : матеріали. Х. : ДБТУ, 2023. С. 65-66.

Tekhnolohichni aspekty kharchovykh vyrobnytstv na osnovi produktiv shyrokooho vzhytku / O.M. Kaidanskyi ta in. // Suchasna inzheneriia ahropromyslovykh i kharchovykh vyrobnytstv : Vseukr. nauk.-prakt. konf. zdobuvachiv vyshchoi osvity i molodykh vchenykh, 26 travnia 2023 r. : materialy. Kh. : DBTU, 2023. S. 65-66.

9. Автоматизація виробничих процесів: метод. вказівки для виконання лабораторних робіт, самостійного вивчення та виконання індив. завдань для студ. за напр. підгот. 6.050502 «Інженерна механіка» / Л.В. Кіптела та ін. Х. : ХДУХТ, 2014. 54 с.

Avtomatyzatsiia vyrobnychykh protsesiv: metod. vkazivky dlia vykonannya laboratomykh robit, samostiinoho vuvchennia ta vykonannya indiv. zavdan dlia stud. za napr. pidhot. 6.050502 «Inzhenerna mekhanika» / L.V. Kiptela ta in. Kh. : KhDUKhT, 2014. 54 s.

10. Нові технічні рішення в проектуванні обладнання для теплової обробки харчової сировини : монографія в 3 ч. Ч. 2. Використання електроконтактного нагрівання в процесах жарення кулінарної продукції / О.І. Черевко та ін. Харків : ХДУХТ, 2012. 151 с.

Novi tekhnichni rishennia v proektuvanni obladnannya dlia teplovoi obrobky kharchovoi syrovyny : monohrafiia v 3 ch. Ch. 2. Vykorystannia elektrokontaktного nahrivannia v protsesakh zharennia kulinarnoi produktsii / O.I. Cherevko ta in. Kharkiv : KhDUKhT, 2012. 151 s.

11. Усовершенствование производства колбасных изделий с применением электрофизических методов обработки / И.Г. Бабанов та ін. // Scientific Works of University of Food Technologies. Plovdiv, 2015. V. LXII. P. 763–766.

Usovershenstvovanye proyzvodstva kolbasnykh yzdelyi s prymenenyem elektrofyzicheskykh metodov obrabotky / I.H. Babanov ta in. // Scientific Works of University of Food Technologies. Plovdiv, 2015. V. LXII. P. 763–766.

Михайлов Валерій Михайлович, д-р техн. наук, проф., професор кафедри обладнання та інжинірингу переробних і харчових виробництв, Державний біотехнологічний університет, vami2209@btu.kharkiv.ua.

Mykhaylov Valeriy, Doctor of Technical Science, Professor, Professor in the Department of Equipment and Engineering of Processing and Food Industries, State Biotechnological University, vami2209@btu.kharkiv.ua.

Шевченко Андрій Олександрович, канд. техн. наук, доц., доцент кафедри обладнання та інжинірингу переробних і харчових виробництв, Державний біотехнологічний університет, andshew@btu.kharkiv.ua.

Shevchenko Andrey, PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor in the Department of Equipment and Engineering of Processing and Food Industries, State Biotechnological University, andshew@btu.kharkiv.ua.

Прасол Світлана Володимирівна, канд. техн. наук, доц., доцент кафедри обладнання та інжинірингу переробних і харчових виробництв, Державний біотехнологічний університет, process229@ukr.net.

Prasol Svitlana, PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor in the Department of Equipment and Engineering of Processing and Food Industries, State Biotechnological University, process229@ukr.net.

Михайлов Богдан Валерійович, викладач, Відокремлений структурний підрозділ «Харківський фаховий коледж харчової промисловості Державного біотехнологічного університету», mixailov.com@gmail.com.

Mikhailov Bogdan, Lecturer, Separate Structural Subdivision "Kharkiv Vocational College of Food Industry" of State Biotechnological University, mixailov.com@gmail.com.

Бабанова Олена Ігорівна, старший викладач кафедри машин і апаратів харчових та фармацевтичних виробництв, Національний університет харчових технологій, petrikeyl@ukr.net.

Babanova Olena, Senior Lecturer in the Department of Machines and Apparatus for Food and Pharmaceutical Industries, National University of Food Technologies, petrikeyl@ukr.net.

DOI 10.5281/zenodo.14673785

УДК 631.362

АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ТА СЕПАРАЦІЇ НАСІННЕВОГО МАТЕРІАЛУ СОНЯШНИКУ

О.І. Завгородній, О.В. Сіняєва, А.О. Пак, М.М. Крекот

Розглянуто питання математичного моделювання руху кулі між робочими площинами вібропневматичного сепаратора та способу побудови траєкторії руху кулі в робочому каналі сепаратора. Досліджено зміну швидкості повітряного потоку в робочому каналі сепаратора та модернізованого сепаратора, обладнаного жалюзійним розподільником повітряного потоку по його висоті та довжині. Виконані дослідження процесу сепарації насінневого матеріалу соняшнику та їх порівняльний аналіз.

Ключові слова: *вібропневматичний сепаратор, математичне моделювання, швидкість повітряного потоку, насіння соняшнику.*