

**Міністерство освіти і науки України**



**ПРАЦІ**  
Таврійського державного  
агротехнологічного університету

**Випуск 20, том 2**

**Наукове фахове видання**  
**Технічні науки**

**Мелітополь – 2020 р.**

**УДК [62+631.3+664]****Т 13**

Праці Таврійського державного агротехнологічного університету : наукове фахове видання / ТДАТУ ; гол. ред. д.т.н., проф. В. М. Кюрчев.- Мелітополь: ТДАТУ, 2020. - Вип. 20, т. 2. - 273 с.

Друкується за рішенням Вченої Ради ТДАТУ,  
Протокол № 9 від 12.05.2020 року

Представлені результати досліджень вчених у галузях галузевого машинобудування, харчових технологій, електроенергетики, електротехніки та електромеханіки, а також комп'ютерних наук та інформаційних технологій.

Видання призначене для наукових працівників, викладачів, аспірантів, інженерно-технічного персоналу і студентів, які спеціалізуються у відповідних або суміжних галузях науки та напрямках виробництва.

**Реферативні бази:** Crossref, Google Scholar, eLibrary, AGRIS, «Україніка наукова», НБУ ім. В. І. Вернадського.

Редакційна колегія праць ТДАТУ:

**Головний редактор**

Кюрчев В. М. – чл.-кор. НААН України, д.т.н., проф. (Україна)

**Заступник головного редактора**

Надикто В. Т. – чл.-кор. НААН України, д.т.н., проф. (Україна)

**Відповідальний секретар**

Діордієв В. Т. – д.т.н., проф. (Україна)

Beloev Hristo – д.т.н., проф. (Болгарія)

Ivanovs Semjons – PhD (Latvia)

Jose Italo Cortez - PhD (Mexico)

Нукешев Саяхат – д.т.н., проф. (Казахстан)

Прищепов М.А. – д.т.н., доц. (Білорусь)

Постолатій В. М. – д.х.т.н. (Молдова).

Шингисов А. У. – д.т.н., проф. (Казахстан)

Волошина А.А. – д.т.н., проф. (Україна)

Гнатюшенко В. В. – д.т.н., проф. (Україна)

Гумен О. М. – д.т.н., проф. (Україна)

Дейниченко Г. В. – д.т.н., проф. (Україна)

Дідур В. А. – д.т.н., проф. (Україна)

Євлаш В. В. – д.т.н., проф. (Україна)

Караєв О. Г. – д.т.н., с.н.с. (Україна)

Кузнецов М. П. – д.т.н., с.н.с. (Україна)

Леженкін О. М. – д.т.н., проф. (Україна)

Лисенко В. П. – д.т.н., проф. (Україна)

Лисиченко М. Л. – д.т.н., проф. (Україна)

Малкіна В. М. – д.т.н., проф. (Україна)

Мілько Д. О. – д.т.н., в.о. проф. (Україна)

Назаренко І. П. – д.т.н., проф. (Україна)

Паламарчук І. П. – д.т.н., проф. (Україна)

Панченко А. І. – д.т.н., проф. (Україна)

Пилипенко Л. М. – д.т.н., проф. (Україна)

Погребняк А. В. – д.т.н., доц. (Україна)

Прісс О. П. – д.т.н., проф. (Україна)

Самойчук К. О. – д.т.н., доц. (Україна)

Сердюк М. Є. – д.т.н., проф. (Україна)

Соболь О. М. – д.т.н., проф. (Україна)

Тарасенко В. В. – д.т.н., проф. (Україна)

Шоман О. В. – д.т.н., проф. (Україна)

Гавриленко Є. А. – к.т.н., доц. (Україна)

Кашкарьов А. О. – к.т.н., доц. (Україна)

Квітка С. О. – к.т.н., доц. (Україна)

Лендел Т. І. – к.т.н., (Україна)

Лясковська С. Є. – к.т.н., доц. (Україна)

Сидоренко О. С. – к.т.н., доц. (Україна)

Скляр О. Г. – к.т.н., проф. (Україна)

Строкань О. В. – к.т.н., доц. (Україна)

Мацулевич О. Є. – к.т.н., доц. (Україна)

Холодняк Ю. В. – к.т.н. (Україна)

Яковлев В. Ф. – к.т.н., проф. (Україна)



Відповідальний за випуск – д.т.н., доцент Самойчук К.О.

Адреса редакції: ТДАТУ

просп. Б. Хмельницького 18,  
м. Мелітополь Запорізька обл.  
72312 Україна

ISSN 2078–0877

© Таврійський державний агротехнологічний університет  
імені Дмитра Моторного, 2020

*ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ*

УДК 631.316.022

DOI: 10.31388/2078-0877-20-2-3-22

**РОЛЬ ПАРІВ У НАКОПИЧЕННІ ТА ЗБЕРЕЖЕННІ  
ВОЛОГИ ҐРУНТУ**

Надикто В. Т., д.т.н.,

ORCID: 0000-0002-1770-8297

Тиховод М. А., аспірант\*

ORCID: 0000-0001-8463-5481

*Таврійський державний агротехнологічний університет**імені Дмитра Моторного*

Тел. (0619) 42-06-18

*Постановка проблеми.* Життєдіяльність зелених рослин, у тому числі і сільськогосподарських, залежить від своєчасного і повного забезпечення їх двома видами основних природних факторів [1]: 1) космічними – світлом (як первинним матеріалом) і теплом (як його робочою енергією); 2) земними – вологою та поживними речовинами.

У рільництві кількісна міра (величина) отримуваних рослинами факторів космічного походження в основному залежить від умов географічної широти польової місцевості. Що стосується поживних речовин і вологи, то до кореневої системи рослин вони поступають не безпосередньо, а через такого важливого посередника, яким є ґрунтове середовище. А це означає, що від фізико-механічного складу останнього залежать якісний і кількісний рівні забезпечення культурних рослин поживою і водою. І чим вони вищі, тим більш родючішим є ґрунт.

Свого часу відомий вчений В. Р. Вільямс досить точно визначив, що «...только способность к одновременному обеспечению наличия воды и пищи имеет реальное значение и только способность к одновременному удовлетворению обоих равнозначных и незаменимых факторов жизни растений в максимальных потребных количествах можно рассматривать как плодородие почвы» [1].

Своєчасне і повне забезпечення культурних рослин протягом усього періоду їх життя поживними речовинами і вологою цей видатний науковець бачив важливою загальною виробничою задачею землеробства. Слід сказати, що і нині вона ніскільки не втратила своєї актуальності. Навпаки, в ґрунтово-кліматичних умовах недостатнього зволоження півдня України вирішення цієї задачі вимагає особливого підходу.

Серед низки заходів збереження дефіцитної вологи у вказаній ґрунтово-кліматичній зоні багатьма науковцями і агровиробниками

перевага надається використанню чорних парів. Грунтознавець Вільямс В. Р. вважав, що пар виконує лише одну функцію – боротьбу із бур'янами [1]. Суть її полягає у провокуванні проростання і подальшому систематичному знищенні останніх. Забезпечення найкращих умов появи сходів бур'янів він вбачав у проведенні оранки, яка обумовлювала переміщення їх насіння у верхній вологозабезпечений шар ґрунту.

Академік Вільямс В. Р. звертав увагу, що «...очень часто в число задач паровой обработки включают как наиболее важную задачу накопление воды в почве» [1]. Але, пояснював він там же, «...это имело значение только в том случае, когда отсутствовала система зяблевой обработки и когда пары разделялись на черные пары, чистые пары, ранние пары и поздние пары».

Таку свою позицію грунтознавець пояснював упевненістю, що «...если паровое поле не имело основной зяблевой обработки, тогда оно не в состоянии использовать первый весенний максимум влаги. В этом случае первой задачей обработки парового поля, действительно, становится возможное накопление воды, но выполнение этой задачи всецело зависит от частоты весенних и летних дождей, т. е. явлений стихийных» [1].

Якщо розглядати зони достатнього зволоження, то викладені вище постулати Вільямса В. Р. щодо єдиного призначення чистого (чорного) пару – боротьби із бур'янами – є абсолютно справедливими. Але в умовах жорсткого дефіциту вологи це не так. Першочерговою задачею цього агротехнічного прийому є якщо не накопичення, то хоча б збереження вологи у тому шарі ґрунту, який починається із глибини розташування посівного ложа для насіння принаймні озимих зернових сільськогосподарських культур.

*Постановка мети дослідження.* З огляду на вищевикладене метою даного дослідження є потреба обґрунтування того постулату, що в умовах півдня України, як зони дефіциту ґрунтової вологи, основним завданням при догляді за парами є як її збереження, так і, навіть, відповідне накопичення.

*Основна частина.* Загальновідомо, що повноцінні їх сходи забезпечують запаси вологи у шарі ґрунту 0...10 см у межах 10...12 мм. Дослідами Інституту зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук (НААН) України встановлено, що таку задачу можна вирішити лише за умови застосування чорного пару [2]. Так, за даними науковців цього НДІ, отриманих за 15 років спостережень, запаси вологи у ґрунті (0...10 см) на час сівби озимини після гороху становили 8,2 мм, а після кукурудзи на силос – лише 6,3 мм. Навіть після зайнятих та сидеральних парів уміст вологи у посівному шарі ґрунту не перевищував 7,7 мм, у той час, як після чистих парів цей показник становив майже 12 мм.

За даними Одеського інституту агропромислового виробництва НААН України нові сорти пшениці озимої на парах можуть забезпечити урожайність до 8,1 т/га і навіть більше [3]. Але, лише за умови нагромадження вологи у ґрунті і подальшого раціонального її використання. Такої ж думки притримуються практично усі науковці. Значна частина із них упевнена, що найкращою підготовкою ґрунту під чорний пар є глибока оранка на 25-27 см [2]. Заміна цього прийому на мілкий безполицевий обробіток ґрунту, підкреслюють вони, знижує урожайність озимої пшениці приблизно на 0,77 т/га.

Достовірність цього факту не може викликати будь-яких сумнівів, оскільки, як наголошував В. Р. Вільямс [1], саме після оранки є можливість використати перший весняний максимум вологи ґрунту.

Як показує багаторічна практика, проблема посушливої степової зони України полягає в умінні аграріїв зберігати вологість ґрунту, а тим більше – її накопичувати. Науковці попереджають, що «втрати вологи значною мірою залежать від погодних умов та доглядом за полем чорного пару. Волога витрачається, в основному, з верхнього шару ґрунту, і зберегти її практично неможливо, особливо за посушливого літа» [2].

Багаторічні польові дослідження Інституту зрошуваного землеробства НААН України свідчать, що запаси продуктивної вологи у метровому шарі ґрунту чорного пару зменшуються із 125 мм у березні місяці до 107 мм – у вересні. У цілому, наголошують науковці вищезгаданого науково-дослідного закладу, за період квітень-вересень витрачається 18 мм або 14,4% запасів вологи ґрунту при опадах за цей період на рівні 233 мм.

Одним із прийомів обробітку ґрунту, який не повинен застосовуватися при обробітку парів, є прикочування [2, 14]. У роботі [2] підкреслюється, що цей технологічний захід може дати позитивний результат у дуже посушливих умовах за зниження вологості орного шару нижче вологості розриву капілярних зв'язків та щільності його будови менше за  $1,0 \text{ г/см}^3$ .

Водночас, відомі результати деяких інших досліджень, де вказується на необхідність прикочування чорних парів у процесі догляду за ними. В одних із них даний спосіб обробітку ґрунту, помилково віднесений до основного, на думку авторів потрібен для руйнування поверхневої кірки, утвореної після випадання весняно-літніх дощів [4].

На погляд інших авторів прикочування парових полів потрібно проводити після суцільної культивування ґрунту для провокування росту бур'янів [5].

Аналізуючи вищевикладене, слід сказати, що у посушливих умовах півдня України обидва обґрунтування необхідності

прикочування чорних парів є хибними. Наші пояснення з цього приводу такі. Одним із основних призначень даного технологічного прийому обробітку ґрунту є прискорення прогрівання агротехнічного фону та провокування руху вологи із його нижніх шарів у верхні [6,7].

Але прояву саме цих явищ під час обробітку парів і слід уникати. Мабуть тому всевітньо відомий виробничник І. Овсінський у розробленій ним системі землеробства практично не застосовував прикочування ґрунту, постійна глибина обробітку якого не перевищувала 5...6 см [8]. При цьому, практично апробована технологія вирощування зернових колосових культур смугами по 30 см була, по суті справи, напівзайнятим паром.

Сучасні науковці вважають, що у весняний період для знищення бур'янів слід провести одну-дві суцільні культивації ґрунту на глибину 8...10 см, а у посушливий літній період пар краще обробляти боронами із сегментами, не виключаючи при цьому глибокі культивації [2]. Це, на їх переконання, дасть можливість уникнути утворення ущільненої підошви та зменшити швидке пересихання агрофону.

Водночас, на півдні України перехід середньодобової температури повітря через  $+5^{\circ}\text{C}$  має місце у березні місяці. Тому останніми роками засушливі умови створюються уже навесні. У зв'язку з цим застосування глибоких культивацій чорного пару навіть уже у цей період (не говорячи про літній) є небажаним. Чим раніше, на наш погляд, буде запроваджено режим збереження вологи під час того чи іншого обробітку ґрунту, тим більшу її кількість вдасться зберегти на час проведення сівби озимини.

Згідно з ученням І. Овсінського [8], верхній і мілкий (5...6 см) шар ґрунту має при цьому перебувати у постійно розпушеному стані. Створення при цьому своєрідного «мульчувального» фону супроводжується порушенням його капілярної системи. У підсумку зменшуються втрати вологи ґрунтом і покращується аерація його верхнього (розпушеного) шару.

Унаслідок інтенсивного обробітку ґрунту у ньому активізуються біологічні процеси і здійснюється нітрифікація – утворення та нагромадження значної кількості нітратного азоту [1, 2, 9]. За даними проф. О. М. Лебедянцева під час цього процесу може утворюватися до 300 кг/га нітратного азоту [10].

Під час обробітку пару одночасно з нітрифікацією верхнього оброблюваного шару ґрунту має місце денітрифікація його нижнього горизонту [11]. Найбільш активно цей процес протікає за надмірного умісту у ґрунті слабо мінералізованих рослинних решток. За останніми науковими даними добові втрати азоту при цьому можуть становити 0,5 мг/кг ґрунту [9].

Основним запобіжним заходом проти цього є своєчасне загортання у ґрунт рослинних решток (стерні с.-г. культур) з одночасним внесенням добре мінералізованих органічних добрив. Особливо ефективними при цьому є сучасні деструктори стерні [12,13], застосування яких дозволяє звести практично нанівець іммобілізацію азоту у поверхневому шарі ґрунту.

Ще однією із причин інтенсифікації процесу денітрифікації агротехнічного фону є утворення після опадів ґрунтової поверхневої кірки. Чим глибше розпушується ґрунт під час її руйнування, тим ефективніше гальмується денітрифікація. Проте, одночасно з цим зростає рівень і інтенсивність випаровування вологи із розпушеного шару ґрунту. Причини цього явища розглянемо нижче.

Нині ж можемо (і уже не апріорі!) констатувати, що для запобігання втрат вологи верхній шар поверхні парового поля (приблизно 5...6 см) має постійно знаходитися у розпушеному («замульчованому») стані. Нехай і мілкий, але відносно інтенсивний поверхневий обробіток ґрунту обумовлює відповідну мінералізацію ґрунту і пов'язану з цим втрату гумусу.

Згідно з ученням В. Р. Вільямса цей процес здійснюється трьома шляхами: 1) механічним; 2) фізико-хімічним; 3) біологічним.

Але якщо на першу причину руйнування гумусу (тобто механічну) людина може впливати більш-менш суттєво, то на другу і третю – дуже мало. Обумовлену ними мінералізацію поверхневого шару ґрунту, яка здійснюється безперервно у часі, можна певною мірою загальмувати, навіть прискорити, а от зупинити – ні. Предметне пояснення цього постулату читач може знайти у [1].

У зв'язку з цим важко погодитися з тими науковцями, які із-за природних і об'єктивно-невпинних втрат гумусу утримування поля у паровому його стані вважають небажаним заходом [14]. Більше того, навіть називають «чумою» землеробства [15] або «крематорієм» гумусу [16]. Накопичення поживних речовин при цьому вважають віртуальним, а нагромадження вологи на парових площах – недостовірним фактом. Що стосується останнього (тобто нагромадження вологи), то з цим можна погодитися лише у тих ґрунтово-кліматичних умовах, де у літній період за 20 хвилин може випадати до 19 мм (190 т/га) опадів [17]. А коли часто цей показник не перевищує 250 мм за рік (на півдні України, наприклад), то лише правильно оброблюваний пар, на нашу думку, буде одним із радикальних заходів принаймні збереження у ґрунті тих опадів, які мають місце у весняно-літній період.

Проблема полягає у тому, як зберегти цю дорогоцінну вологу. За умови правильного її (проблеми) вирішення навіть у умовах літньої посухи на парових площах можна отримувати досить високий (до 65 ц/га [17]) урожай озимини. Практика обробітку парів показує, що

при цьому важливу роль відіграє рівень забур'яненості оброблюваного поля. Справа в тому, що загортання зрізаних бур'янів у ґрунт обумовлює принаймні два негативних моменти.

Перший із них полягає у іммобілізації азоту ґрунтовими бактеріями у процесі розкладу ними рослинних решток [18]: для здійснення своєї життєдіяльності ці бактерії у якості поживи інтенсивно використовують наявний у ґрунті азот.

Другий момент – втрата вологи оброблюваного шару ґрунту (про що мова йтиме нижче) тими робочими органами, які нині використовуються виробничниками для обробітку парів.

На важливості даного моменту свого часу наголошував І. Є. Овсінський. Він вважав, що для зменшення втрат вологи поверхня поля повинна постійно знаходитися у розпушеному («замульчованому») стані.

Такої ж думки притримувались і притримуються прибічники системи «сухого землеробства», яка за кордоном отримала назву «dry farming» [19–21]. Вперше її почали застосовувати у США, а потім і у інших країнах світу як комплекс заходів у боротьбі із посухою. Здійснювали це шляхом створення на полі чистого пару поверхневого шару сухих грудочок ґрунту, які функціонально виконують роль своєрідної мульчі. Інша справа, що в системі «dry farming» передбачено використання котків. Їх застосування направлене на провокування висхідної капілярної течії води із нижнього шару ґрунту у верхній. Для запобігання її випаровування у атмосферу і призначене постійне поверхнєве розпушення агрофону. Проте, за частого його здійснення виникає загроза дефляції ґрунту. Навіть за умов достатнього волого забезпечення інтенсивний обробіток пару здатний обумовлювати руйнування агрономічно цінної структури ґрунту [22].

З огляду на це, останнім часом навіть прибічники системи «dry farming» все частіше починають говорити про відмову від використання парів. Американські виробничники і науковці за період з 1948 до 1995 р. встановили, що у західних регіонах Великих рівнин при догляді за парами у ґрунтовому профілі за літній період з 520 мм вологи, яка випадає у вигляді дощу, залишалось приблизно 110 мм, тобто лише 21% [23]. Решта вологи (442 мм) випаровувалась.

На основі цього було зроблено висновок, що для кращого використання дощової вологи (особливо у літній період) поле має знаходитися не у паровому стані, а повинного бути засіяне раною ярою культурою. Такий технологічний прийом, на думку закордонних науковців і практиків, забезпечить значно ефективніше використання дощової вологи у тих регіонах, де систематично відчувається її природна нестача. За їх науковою гіпотезою саме яра культура потенційно здатна використати для своєї вегетації ту вологу, яка



випадає (досить часто – інтенсивно) у пізньо-весняний і особливо літній періоди.

Слід підкреслити, що аналогічна думка притаманна і значній кількості вітчизняних сільгоспвиробників принаймні півдня України. Практика показує, що у багатьох із них на період настання агротехнічних строків сівби озимини парові поля є підготовленими – тобто чистими від бур'янів. Це досить легко забезпечується здійснюваними ними як хімічними, так і механічними обробітками ґрунту, кількість яких іноді доходить до 8-9.

Водночас, у посівному шарі ґрунту рівень вологи при цьому не перевищує 8...10%. А цього, як показує практика, недостатньо для отримання дружних сходів озимої культури. І саме головне – такого запасу вологи недостатньо для нормального розвитку першої і дуже важливої для рослин фази розвитку – кущення. Адже саме в цей період, як свідчить агрономічна практика, зароджуються і розвиваються нові пагони і листя, які випаровують досить багато вологи.

Для того, щоб забезпечити достатню кількість вологи у посівному шарі ґрунту парового поля, слід знати як зберігати і навіть накопичувати її за весняно-літній періоди. За умови «мульчування» ґрунту на глибину 10...12 см дощова волога, на нашу думку, не матиме можливості проникнути через такий мілкодисперсний ґрунтовий шар. На певній його глибині низхідний рух води зупиниться. Унаслідок цього волога вказаного ґрунтового шару буде винесена на поверхню поля під час проведення його обробітку, обумовленого низкою причин. До таких слід віднести наступні: 1) необхідність знищення ґрунтової кірки і/або бур'янів після випадання дощів; 2) необхідність розпушення ґрунту для запобігання випаровування вологи після її випадання у вигляді дощу (у т.ч. і штучного під час застосування систем зрошення).

Практичне вирішення розглядуваної задачі значною мірою залежить від конструктивних параметрів робочих органів того знаряддя, яке використовується для обробітку ґрунту у паровому полі. Практика засвідчує, що найчастіше для обробітку парів сільгоспвиробники використовують культиватори типу КПС-4, основним робочим органом якого є універсальна стрілчаста лапа (рис. 1).

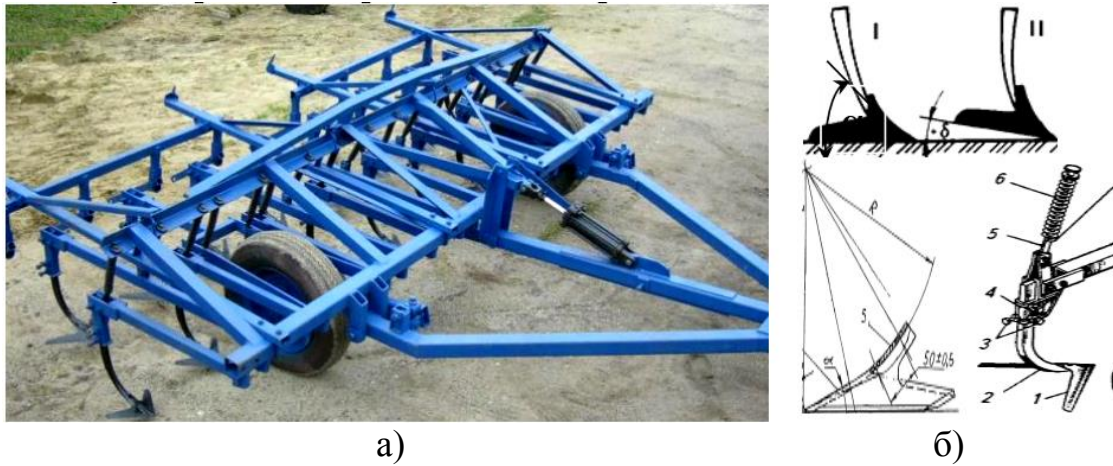


Рис. 1. Культиватор КПС-4 (а) і його робочі органи (б).

Основними конструктивними параметрами, які визначають її форму і характер впливу на ґрунтове середовище, є кути: 1) розхилу (у горизонтальній площині); 2) розпушення ( $\alpha$ , рис. 1); 3) постановки до горизонту; 4) загострення. Ще одним важливим конструктивним параметром стрілкової лапи є її конструктивна ширина захвату.

Можна назвати принаймні три моменти, із-за яких робочий орган у вигляді універсальної стрілкової лапи непридатний для обробки парів в умовах недостатньої вологості ґрунту.

Перший із них обумовлений наявністю кута розпушення  $\alpha$  і радіуса кривини поверхні  $R$  (див. рис. 1.б). У центральній частині лапи кут  $\alpha$  може доходити до  $30...35^\circ$  [6]. У бокових лез лапи функцію розпушення ґрунту забезпечує кут постановки їх до горизонту ( $\varepsilon$ ). Зазвичай кути  $\alpha$  і  $\varepsilon$  співвідносяться так:  $\alpha > \varepsilon$ .

З технологічної точки зору наявність кутів  $\alpha$  і  $\varepsilon$ , а також радіуса  $R$  представляють ліву і праву половини культиваторної лапи у вигляді тригранного клину кожна. За відповідної значини кута розпушення клину і незначної зв'язності ґрунту може мати місце його скупчення спереду робочого органу. Теоретично цей процес описується наступним рівнянням [24]:

$$\sigma_g \leq \rho \left\{ l \cdot \operatorname{tg}(\beta + \varphi) + 2 \frac{V^2}{g} \sin \frac{\beta}{2} \cdot \left[ \cos \frac{\beta}{2} \operatorname{tg}(\beta + \varphi) - \sin \frac{\beta}{2} \right] \right\}, \quad (1)$$

де  $\sigma_g$  – опір ґрунту стисканню;  $\rho$  – щільність ґрунту;  $l$  – довжина клину;  $V$  – швидкість руху тригранного клину;  $\varphi$  – кут тертя ґрунту по сталі;  $\beta$  – кут розпушення ґрунту тригранним клином;  $g$  – прискорення вільного падіння.

Із аналізу цієї залежності випливає, за певної значини кута  $\varphi$  шар ґрунту замість руху по поверхні клину деформується з поступовим накопичуванням спереду тригранного клину (в даному

випадку – це культиваторна лапа). Як наслідок, значна маса ґрунту виноситься на денну поверхню поля з подальшою небажаною втратою ним дефіцитної вологи.

У роботі [25] підкреслюється, що уже при куті розпушення  $\alpha = 18^\circ$  має місце інтенсивний винос ґрунту на поверхню оброблюваного поля з подальшою інтенсивною втратою ним вологи.

Як показує аналіз залежності (1), аналогічний результат щодо виносу ґрунту на поверхню поля робочим органом у вигляді стрілкової культиваторної лапи має місце і при збільшенні швидкості руху робочого органу [25]. І це обумовлено не тільки квадратичною залежністю функції  $\sigma_v$  від аргументу  $V$ , а й іншим фактом. Природа його прояву обумовлена схемою приєднання робочого органу до рами ґрунтообробного знаряддя.

У культиваторів типу КПС-4 універсальна стрілчаста лапа кріпиться на шарнірно приєднаному до рами знаряддя і підпружиненому (у вертикальній площині) гряділі (див. рис. 1б). Останній, будучи за своєю суттю фізичним маятником, під час робочого руху культиватора здійснює кутові коливання у поздовжньо-вертикальній площині, мірою яких є кут  $\delta$  (див. рис. 1б). Практика показує, що величина цього кута як правило прямо пропорційна швидкості руху ґрунтообробного знаряддя [6].

Слід підкреслити, що наявність кута  $\delta$  обумовлює збільшення кута  $\alpha$ . А це, своєю чергою, сприяє ще більш інтенсивному виносу вологого ґрунту на поверхню поля із тим негативним наслідком, про який ішла мова вище під час аналізу теоретичної залежності (1).

При цьому наголосимо, що жорстке приєднання стояків універсальних культиваторних лап до рами знаряддя певною мірою вирішує проблему з кутом  $\delta$ , але породжує іншу. А саме – погіршує здатність робочих органів копіювати коливання повздовжнього профілю поля. У підсумку це призводить до погіршення якості виконання технологічного процесу, що практично неприпустимо. Практичні ж кроки вирішення цієї задачі пов'язані із ускладненням (часто – досить суттєвим) конструкції ґрунтообробного знаряддя.

І третім, останнім негараздом застосування універсальних стрілчастих лап для обробітки парів в умовах недостатнього зволоження є конструктивна ширина їх захвату. У переважній більшості із них вона змінюється у діапазоні значин від 145 до 430 мм. Глибина обробітки ґрунту такими стрілчастими лапами становить 8...12 см [26]. Іноді вона доходить до 14 см. Досить часто виробничники здійснюють такий крок свідомо, оскільки зі збільшенням швидкості руху ґрунтообробного машинно-тракторного агрегату (МТА) робочі органи культиватора типу КПС-4 мають тенденцію до зменшення глибини обробітки ґрунту – за середньою значиною, і погіршення стабільності руху по глибині – за дисперсією

коливань цього параметра. На глибині культивації меншій за 8 см вказані робочі органи працюють нестабільно: погано заглиблюються і незадовільно витримують глибину обробітку ґрунту [27].

У недалекому минулому для обробітку парів науковці рекомендували використовувати штангові культиватори [25, 26], робочі органи яких здійснювали у ґрунті обертовий рух. Знищення бур'янів (особливо у фазі ниточки) було при цьому досить ефективним.

Що стосується виносу вологого ґрунту на поверхню поля, то у штангових культиваторів це унеможлиблювалось лише за відносно великої глибини обробітку – не менше 8 см. Робота цих ґрунтообробних знарядь за меншого занурення їх робочих органів у ґрунт не могла не сприяти інтенсивному висушуванню принаймні верхнього його шару.

Застосування дискових робочих органів для обробітку парів теж не сприяє вирішенню задачі стосовно збереження вологи у оброблюваному ґрунтовому середовищі. Основним призначенням диску є подрібнення рослинних решток. Але у процесі його руху одночасно з цим ґрунт верхнього шару не тільки інтенсивно перемішується, але і виноситься на денну поверхню поля.

Найбільш придатними робочими органами для обробітку парів в умовах недостатнього зволоження є такі плоскорізальні, у яких кут розпушення практично відсутній. Завдяки цьому вони практично не виносять вологий ґрунт на денну поверхню поля. Водночас, конструктивна ширина захвату цих робочих органів настільки значна, що практично унеможлиблює їх стабільний хід на малій (4...6 см) глибині обробітку ґрунту. Саме із-за цієї причини вони і не знайшли більш-менш широкого застосування в технологіях догляду за парами.

Більш-менш широка практика застосування вузькозахватних і майже плоскорізальних робочих органів для поверхневого обробітку (розпушення) ґрунту була впроваджена Всесоюзним науково-дослідним інститутом цукрових буряків. Проведені його науковцями лабораторно-польові дослідження засвідчили, що найбільш сприятливі умови для дружного проростання насіння і розвитку сходів цієї культури можливі за мілкогрудкуватої структури верхнього (1...10 мм) шару ґрунту [28].

Такий стан останнього, за їх переконанням, здатна забезпечувати борона-культиватор ВНИС-Р (рис. 2), розроблена кандидатом сільськогосподарських наук А. Г. Радченком [29]. Її робочі органи – лапки різної довжини – здійснюють пошарово-ярусний обробіток ґрунту. Глибина його розпушування змінюється при цьому від 2 до 12 см.

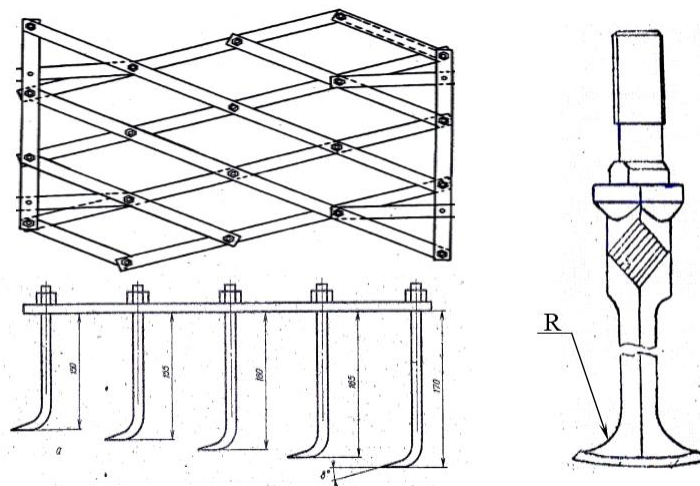


Рис. 2. Борона-культиватор ВНИС-Р і її робочі органи.

Конструктивна ширина захвату кожної із лап (крім першого ряду борони-культиватора) становить 46 мм. В окремих конструкціях значина цього параметру сягає 50 і навіть 70 мм [28]. При цьому робочі органи першого ряду борони-культиватора ВНИС-Р виконані у вигляді звичайних зубів без лапок.

Розробники борони-культиватора ВНИС-Р апріорі стверджували, що ступінчасте розташування лапок знаряддя забезпечує суцільне розпушення ґрунту у трьох шарах одночасно. За їх твердженням нижні шари оброблюваного агротехнічного фону на денну поверхню поля не виносяться, що покращує умови проростання насіння буряків.

На нашу думку, такий постулат розробників борони-культиватора ВНИС-Р є дещо упередженим із-за наступних причин.

Слід зазначити, що поверхня кожної із лапок борони-культиватора ВНИС-Р відрізняється від плоскої. У першу чергу із-за наявності кута розпушення, який дорівнює  $8^\circ$ . Другою причиною є радіус заокруглення бокової поверхні лапки R (див. рис. 1.6), який знаходиться на рівні 28...55 мм. Важко не погодитися, що на загал обидва ці фактори обов'язково обумовлюватимуть виніс вологого ґрунту на денну поверхню поля.

Водночас, навіть за абсолютно плоскої поверхні робочих органів борони кут розпушення кожного із них має бути більшим за нуль. Це потрібно за забезпечення їх занурення у ґрунт.

Іншими словами, плоска поверхня кожного робочого органу для обробітку парів має бути установлена під певним, мінімально необхідним кутом нахилу (кутом атаки) до горизонту.

Поряд з очевидними перевагами, дослідниками було встановлено, що рух ґрунтообробних знарядь типу ВНИС-Р характеризується наявністю вібрації борін у поздовжньо-вертикальній площині. В кінцевому випадку це певним чином негативно відображалось на якості обробітку ґрунту. Особливо відчутно це проявлялося на підвищених

швидкостях роботи боронувального машинно-тракторного агрегату [30].

Слід підкреслити, що у науковому сенсі динаміка вертикального руху боронувальних секцій із плоскорізальними робочими органами у більш-менш повному обсязі не досліджена. Є певні напрацювання, які стосуються досліджень агрегування борін із звичайними зубами (типу БЗСС-1,0 і БЗТС-1,0).

Так, у роботі [31] підкреслюється, що у серійних борін повідки під час підвищеного руху МТА обмежують ступінь пристосовуваності ланок у поздовжньо-вертикальній площині. Для вирішення цієї проблеми науковці ВІМ (Росія) у кожній із серійних борін типу БЗСС-1,0 і БЗТС-1,0 зменшили кількість зубів із 20 до 15. Такий конструктивний захід дозволив збільшити питоме вертикальне навантаження на кожен зуб знаряддя.

Більше того, замість звичайних повідків кожна із боронувальних ланок приєднували до рами з допомогою лише одного шарнірного з'єднання. Причому, для запобігання стикання у горизонтальній площині борони з'єднували між собою жорсткими ланками.

До недоліків такого конструктивного рішення слід віднести наступне. За однієї і тієї ж конструктивної ширини захвату кожен ряд нової борони має три зуби, у той час, як серійної – чотири. У підсумку відстань між зубами по фронту у нового конструктивного рішення є більшою. Якщо тепер таку борону обладнати плоскорізальними елементами, то ширину захвату кожного із них слід брати більшою. А це, як уже підкреслювалося вище, у аспекті розглядуваної нами проблеми є небажаним.

Ще одним напрямком модернізації зубових борін типу БЗТС-1,0 є обладнання їх активними робочими органами [32]. Кожен із них складається із планки, яка з допомогою вертикального шарніру закріплюється на боронувальній ланці. На кінцях планки на відстані  $L = 10 \dots 17$  см один від одного розташовані зуби борони. Під час руху ґрунтообробного знаряддя ці зуби створюють різний опір оброблюваному середовищу (тобто ґрунту). У наслідок цього виникає обертовий момент  $M_o$ , який визначається наступним чином:

$$M_o = \Delta F \cdot L/2,$$

де  $\Delta F$  – різниця між тяговими опорами, створюваними двома закріпленими на планці зубами боронувальної секції.

За рахунок дії цього моменту планка із зубами здійснює вимушені кутові коливання різної частоти. Зуби при цьому здійснюють інтенсивний вплив на ґрунт як у поздовжньому, так і поперечному напрямках. У підсумку ґрунт більш інтенсивно розпушується. Водночас, при цьому він, на нашу думку, і більш

інтенсивно висушується. З огляду на це дане конструктивне рішення перспективи застосування на парових полях не має.

Важливим конструктивним параметром боронувальної секції є кут нахилу її повідків до горизонтальної поверхні ( $\alpha$ , рис. 3).

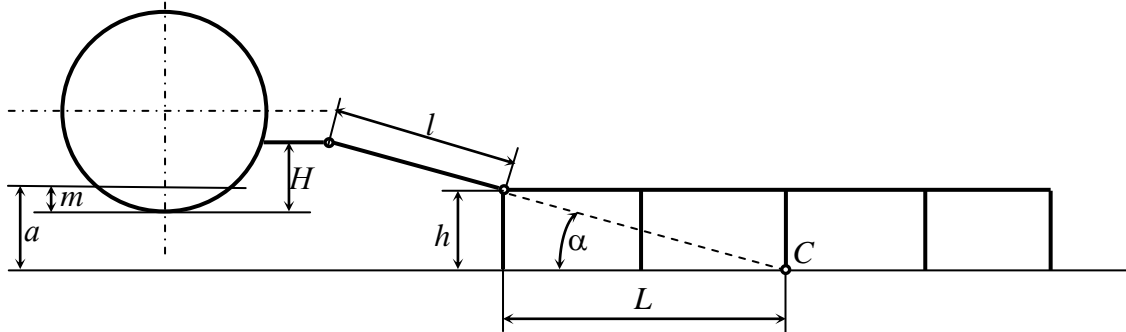


Рис. 3. Конструктивна схема приєднання повідка боронувальної ланки до зчіпки.

Його величина задає напрям сили тяги, формуючи при цьому характер руху ланки у поздовжньо-вертикальній площині. Крім цього параметр  $\alpha$  впливає на вибір довжини повідка ( $l$ ). У роботі [31] пропонують наступний аналітичний зв'язок між величинами  $\alpha$  і  $l$ :

$$l = [H + a - (m + h)] / \sin \alpha, \quad (2)$$

де  $H$  – висота точки причеплення повідка на рамі зчіпки;  $a$  – глибина оброблення ґрунту (боронування);  $m$  – величина прогрузання коліс зчіпки у ґрунт (3...4 см);  $h$  – висота розташування точки причеплення повідка до борони.

Власне величину кута нахилу повідка до горизонту ( $\alpha$ ) науковці рекомендують визначати із виразу [31]:

$$\operatorname{tg} \alpha = h / L,$$

де  $L$  – відстань від сліду центру ваги борони (т. С, рис. 3) до проекції точки її причеплення до зчіпки.

Водночас, результатів досліджень динаміки поздовжньо-вертикального руху боронувального агрегату автор роботи [31] не приводить. Він лише апіорі стверджує, що зі збільшенням глибини боронування стійкість руху борони у вказаній площині за постійної довжини повідка  $l$  буде забезпечена, якщо його приєднати до бруса зчіпки нижче на величину, адекватну зменшенню глибини обробітку ґрунту. При цьому слід центру ваги боронувальної ланки, на його думку, буде зосереджений у точці С (див. рис. 3).

В дійсності ж це може бути зовсім не так, що зменшує науково-практичну значущість залежності (2) і потребує додаткового проведення низки як теоретичних, так і експериментальних досліджень.

Практично такий же методичний підхід щодо визначення кута нахилу повідків зубової борони застосовано у роботі [26]. У вертикальній проекції сліду центру ваги боронувальної ланки (т. С, рис. 4) авторами зосереджені наступні сили:  $G$  – сила ваги зубової борони;  $N$  – нормальна реакція на борону з боку ґрунтового середовища;  $R$  – тяговий опір борони і його горизонтальна ( $R_r$ ) і вертикальна ( $R_v$ ) складові.

При цьому прийнято припущення, що параметр  $l_o$  приблизно дорівнює робочій довжині зуба борони.

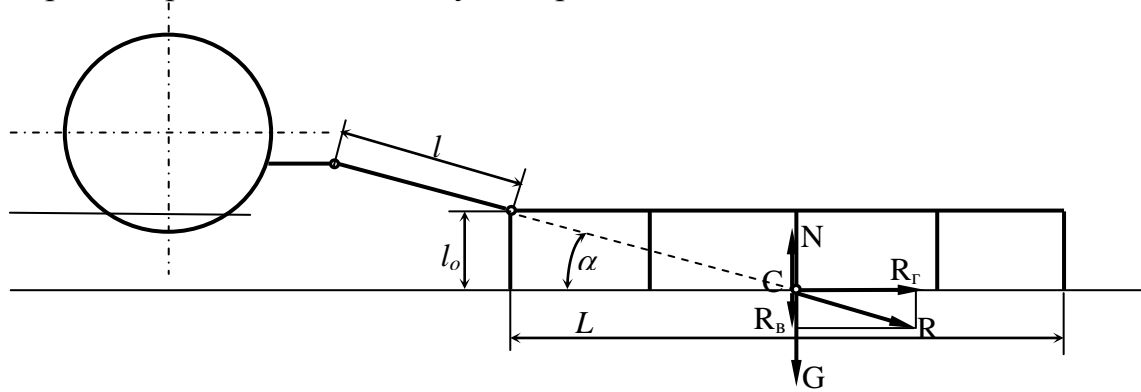


Рис. 4. Схема сил, які діють на борону у поздовжньо-вертикальній площині.

Як легко побачити із рис. 4, кут нахилу повідків борони може бути знайдений із виразу:

$$\alpha = \arctg(2 \cdot l_o/L),$$

де  $L$  – довжина боронувальної ланки.

Автори роботи [26] стверджують, що для більшості існуючих конструкцій боронувальних агрегатів величина кута  $\alpha$  становить  $14 \div 17^\circ$ . А для того, щоб забезпечити стійкість ходу борони, сила її ваги має бути більшою за вертикальну складову ( $R_v$ ) тягового опору  $R$ . Тобто

$$G > R_v = R \cdot \sin \alpha. \quad (3)$$

Проте, якщо розглянути умову вертикальної рівноваги сил, зображених на рис. 4, то отримаємо, що

$$G + R_v = N.$$



Звідси, з урахуванням аналітичної залежності (3), умова сталого руху боронувальної ланки у поздовжньо-вертикальній площині матиме такий вид:

$$G \geq N - R \cdot \sin\alpha.$$

Ця залежність, на нашу думку, у порівнянні з (3) є більш адекватною, а тому і більш достовірною.

Застосовуючи плоскорізальний ґрунтообробний робочий орган, слід пам'ятати, що для його заглиблення у ґрунт він має бути установлений до поверхні поля під певним кутом. Дослідженнями встановлено, що зростання цього кута приблизно до  $5^\circ$  обумовлює більш стабільний хід робочого органу по глибині обробки ґрунту. Взагалі, значення кута нахилу плоскорізального робочого органу для обробки парів у поздовжньо-вертикальній площині взагалі вимагає уточнення. Водночас, у першому наближенні можна вважати, що величина цього важливого конструктивного параметру не повинна перевищувати  $5^\circ$ .

Наважимося стверджувати, що для забезпечення кращої стійкості руху боронувальної секції у поздовжньо-вертикальній площині, а також задля більш інтенсивного подрібнення рослинних решток ґрунту плоскорізальні елементи зубів її переднього ряду мають розташовуватися не у горизонтальній, а у вертикальній площині (рис. 5).

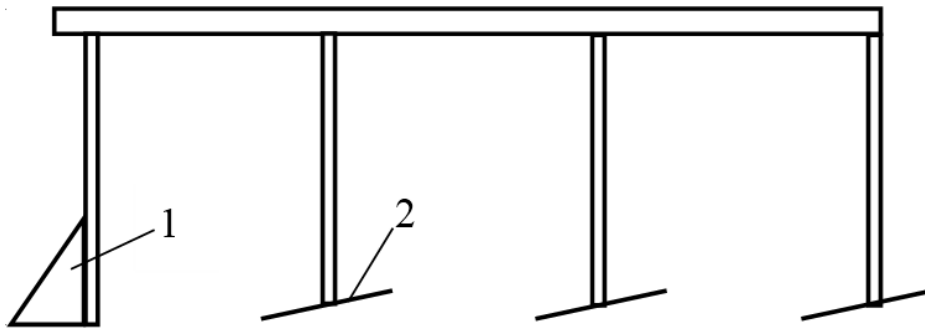


Рис. 5. Боронувальна секція з горизонтально розташованими (2) і вертикально установленими (1) плоскорізальними елементами.

Але упровадження такого конструктивного рішення, на нашу думку, вимагає розгляду як статичної, так і динамічної рівноваги боронувальної секції у поздовжньо-вертикальній площині проєкцій. Особливо з урахуванням зміни таких конструктивних параметрів, як: висота зуба; поздовжня відстань між рядами зубів борони; кут нахилу повідків боронувальної секції у горизонтальній площині; координати приєднання повідків борони до рами знаряддя. Аналіз відомих на даний момент науково-інформаційних джерел вказує, що методики вирішення вищезначених задач поки що не існує.

Основною ж інформаційною прогалиною розглядуваної проблеми, яка потребує вирішення, є відсутність будь-яких досліджень щодо впливу конструктивних параметрів боронувального знаряддя із сегментними робочими органами на процес збереження і навіть можливого накопичення ґрунтової вологи під час догляду за парами.

*Висновки.* Прогресивним напрямком обробітку парів в умовах недостатнього зволоження слід признати систематичне мілке (5...6 см) розпушування ґрунту без його виносу на денну поверхню поля.

Для практичної реалізації цього напрямку може бути використане ґрунтообробне знаряддя на основі боронувальних секцій. Кожна із них має 20 робочих органів, розташованих за загально відомою схемою «зигзаг» у п'ять рядів і приєднується до рами знаряддя з допомогою двох повідків, нахилених під потрібним кутом до горизонту.

Можливі два варіанти налаштування боронувальної секції. Один передбачає обладнання першого ряду зубів борони як нахиленими горизонтальними, так і вертикально розташованими плоскорізальними елементами (сегментами). Згідно з другим варіантом налаштування боронувальної секції плоскі зуби її першого ряду для забезпечення кращого розрізання (подрібнення) рослинних решток у ґрунті не мають горизонтальних сегментів.

#### Література:

1. Вильямс В. Р. Почвоведение. Земледелие с основами почвоведения. Москва: ОГИЗ-СЕЛЬХОЗГИЗ, 1940. 448 с.
2. Коваленко А., Малярчук М. Чорний пар - його функція та утримання. *Пропозиція*. 2013. № 6. С.72-73.
3. Цандур М., Друз'як В., Янюк Н. Пар для пшениці. *The Ukrainian Farmer*. 2011. № 7. С. 26, 28.
4. Степченко С. Коткування як один із способів основного обробітку ґрунту. *Техніка і технології АПК*. 2010. № 5. С. 15–19.
5. Яковлев В. Х. Лучший способ обработки чистого пара. *Земледелие*. 2002. № 2. С. 24.
6. Кленин Н. И., Сакур В. А. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины. Москва: Колос, 1994. 751 с.
7. Shein E. V., Goncharov V. M. Agrophysics. Rostov-na-Donu: Fenics, 2006. 194 с.
8. Овсинский И. Е. Новая система земледелия. Москва: 1909. 103 с.
9. Марчук І. Проблеми азоту в землеробстві. *Пропозиція*. 2010. № 1. С. 62-68.
10. Лебедев А. Н. Изменение плодородия пахотного слоя парующей почвы в течение вегетационного периода. *Избранные*

труды. Москва: СХГ, 1960. С. 175–274.

11. Звягинцев Д. Г., Бабьева И. П., Зенова Г. М. Биология почв: Учебник. Москва: Издательство МГУ, 2005. 445 с.

12. Безуглий М. Д., Булгаков В. М., Гриник І. В. Науково-практичні підходи до використання соломи та рослинних решток. *Вісник аграрної науки*. 2010. № 3. С. 5-8.

13. Харченко О. Розкласти стерню та збільшити родючість. *The Ukrainian Farmer*. 2011. № 7. С. 30-31.

14. Медвдєв В. В. Нормативи утворення і збереження структури ґрунту. *Вісник аграрної науки*. 2010. № 3. С. 9-13.

15. Сайко В. Ф. Наукові основи стійкого землеробства в Україні. *Вісник аграрної науки*. 2011. № 1. С. 5-12.

16. Сухов А. Н., Имангалиев К. А. Чистый пар: «крематорий» гумуса или профилакторий почвенного плодородия и главный кредитор производства? *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса*. 2006. № 4. С. 36-46.

17. Бірюкова Т. Як зберегти вологу. *The Ukrainian Farmer*. 2011. № 7. С. 62-63.

18. Макрушин М. М., Макрушина Є. М., Петерсон Н. В., Мельников М. М.. Фізіологія рослин. Вінниця: Нова книга, 2006. 416 с.

19. Josa R., Hereter A. Effects of tillage systems in dryland farming on near-surface water content during the late winter period. *Soil Tillage Res.* 2005. Vol. 82, № 2. С. 173–183.

20. Oweis T., Hachum A. Water harvesting and supplemental irrigation for improved water productivity of dry farming systems in West Asia and North Africa. *Agricultural Water Management*. 2006. Vol. 80(1-3). P. 57-73.

21. Khalaf A. A. S., Salem N. M., Khalaf A. A. S. The dynamic properties of vertisols as affected by different types of plough under dry farming conditions. *International Research Journal of Agricultural Science and Soil Science*. 2013. Vol. 3, № 9. P. 322–327.

22. Цветков М. Л., Колесников А. Ф. Влияние чистого и сидерального паров на запасы продуктивной влаги и содержание минеральных элементов питания в почве под сахарной свеклой в условиях Алтайского Приобья. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2014. № 2(112). С. 19-23.

23. Петерсон Г. Богарное земледелие. *Зерно*. 2013. № 11. С. 62-68.

24. Синеоков Г. Н. Проектирование почвообрабатывающих машин. Москва: Машиностроение, 1965. 312 с.

25. Руденко Н. Е., Горбачев С. П., Руденко В. Н. Инновационный пропашной культиватор. *Тракторы и сельскохозяйственные машины*. 2015. № 8. С. 15-17.

26. Босой Е. С., Верняев О. В., Смирнов И. И., Султан-Шах Е. Г. Теория, конструирование и расчет сельскохозяйственных машин. 2-е изд., перераб. и доп. Москва: Машиностроение, 1977. 568 с.
27. Синеоков Г. Н., Панов И. М. Теория и расчет почвообрабатывающих машин. Москва: Машиностроение, 1977. 328 с.
28. Коломиец А. П. Борона-культиватор ВНИС-Р на свекловичных плантациях. *Сахарная свекла*. 1974. № 3. С.11.
29. Радченко А. Г. Теоретические основы послойно-ярусной обработки почвы. К.: ВНИС, 1972. 56 с.
30. Юнусов Г. С. Особенности динамики блочно-модульных агрегатов для поверхностной обработки почвы. *Тракторы и сельскохозяйственные машины*. 2005. № 3. С. 29-30.
31. Труфанов В. В. Результаты исследования зубовых борон новой конструкции. *Тракторы и сельскохозяйственные машины*. 1986. № 4. С. 18-19.
32. Халанский В. М., Ходаей Д. Результаты испытаний экспериментальной зубовой бороны с активными рабочими органами. *Тракторы и сельскохозяйственные машины*. 2005. № 11. С. 9–10.

## **РОЛЬ ПАРІВ У НАКОПИЧЕННІ ТА ЗБЕРЕЖЕННІ ВОЛОГИ ҐРУНТУ**

Надикто В. Т., Тиховод М. А.

### **Анотація**

Одним із факторів, які фундаментально впливають на життєдіяльність зелених рослин, є волога. У ґрунтово-кліматичних умовах недостатнього зволоження півдня України вирішення цієї задачі вимагає особливого підходу. Серед низки заходів збереження дефіцитної вологи науковцями і агровиробниками перевага надається використанню чорних парів. Першочерговою задачею цього агротехнічного прийому є якщо не накопичення, то хоча б збереження вологи у тому шарі ґрунту, який починається із глибини розташування посівного ложа для насіння принаймні озимих зернових сільськогосподарських культур. Однією із основних проблем обробітку парових полів є правильний вибір робочих ґрунтообробних органів. Використовувані нині робочі органи не здатні створювати умови не тільки для накопичення, але і навіть для збереження ґрунтової вологи у посівному шарі ґрунту. Прогресивним напрямком обробітку парів в умовах недостатнього зволоження слід признати систематичне мілке (5...6 см) розпушування ґрунту без його виносу на денну поверхню поля. Для практичної реалізації цього напрямку може бути використане ґрунтообробне знаряддя на основі боронувальних секцій. Кожна із них має 20 робочих органів, розташованих за загально відомою схемою «зигзаг» у п'ять рядів і приєднується до рами знаряддя з допомогою двох повідків, нахилених під потрібним кутом до горизонту. Можливі два варіанти налаштування боронувальної секції. Один передбачає обладнання першого ряду зубів борони як нахиленими горизонтальними, так і вертикально розташованими плоскорізальними елементами (сегментами). Згідно з другим варіантом налаштування боронувальної секції плоскі зуби її першого ряду для забезпечення кращого розрізання (подрібнення) рослинних решток у ґрунті не мають горизонтальних сегментів.

**Ключові слова:** ґрунт, волога, парове поле, борона, боронування, вологонакопичення.

## **РОЛЬ ПАРОВ В НАКОПЛЕНИИ И СОХРАНЕНИИ ВЛАГИ ПОЧВЫ**

Надыкто В. Т., Тиховод М. А.

### **Аннотация**

Одним из факторов, которые фундаментально влияют на жизнедеятельность зеленых растений, является влага. В почвенно-климатических условиях недостаточного увлажнения юга Украины решение этой задачи требует особого подхода. Среди ряда мер по сохранению дефицитной влаги учеными и агропроизводителями предпочтение отдается использованию черных паров. Первоочередной задачей этого агротехнического приема является если не накопления, то хотя бы сохранения влаги в том слое почвы, который начинается с глубины расположения посевного ложа для семян, по крайней мере озимых зерновых сельскохозяйственных культур. Одной из основных проблем обработки паровых полей является правильный выбор почвообрабатывающих рабочих органов. Используемые в настоящее время рабочие органы не способны создавать условия не только для накопления, но и даже для сохранения почвенной влаги в посевном слое почвы. Прогрессивным направлением обработки паров в условиях недостаточного увлажнения следует признать систематическое мелкое (5...6 см) рыхления почвы без его выноса на дневную поверхность поля. Для практической реализации этого направления может быть использовано почвообрабатывающее орудие на основе секций бороны. Каждая из них имеет 20 рабочих органов, расположенных по обще известной схеме «зигзаг» в пять рядов и присоединяется к раме орудия с помощью двух поводков, наклоненных под нужным углом к горизонту. Возможны два варианта настройки секции бороны. Один предусматривает оборудование первого ряда зубьев бороны как наклоненными горизонтально, так и вертикально расположенными плоскорежущими элементами (сегментами). В соответствии со вторым вариантом настройки секции бороны плоские зубы ее первого ряда для обеспечения лучшего разрезания (измельчение) растительных остатков в почве не имеют горизонтальных сегментов.

**Ключевые слова:** почва, влага, паровое поле, борона, боронование, влагонакопление.

## **THE ROLE OF VAPOUR IN THE ACCUMULATION AND PRESERVATION OF SOIL MOISTURE**

V. Nadykto, M. Tihovod

### **Summary**

One of the factors that fundamentally affect the functioning of green plants is moisture. In the soil-climatic conditions of insufficient moistening of the South of Ukraine the solution of this problem requires a special approach. Among several measures to conserve scarce moisture scientists and agricultural producers a preference for the use of black vapor. The primary objective of this agronomic technique is if not savings, then at least maintain moisture in the soil, which begins with a deep seedbed for seeds, at least of winter grain crops. One of the main problems of processing of steam fields is the correct selection of soil-cultivating working bodies. Currently used working bodies are not able to create conditions not only for accumulation, but even to maintain the soil moisture in the sowing layer of soil. Progressive direction of

processing vapor in the conditions of insufficient moisture should recognize systematic small (5...6 cm) loosening the soil without removal to the surface of the field. For the practical implementation of this direction can be used tillers on the basis of harrow section. Each of them has 20 of the working bodies, located at the commonly known scheme of "zigzag" in five rows and attached to the frame of the gun using two leashes, tilted at a right angle to the horizon. There are two possible settings harrow section. One involves the placement of the first row of teeth of the harrow as tilted horizontally and vertically spaced Pascale elements (segments). In accordance with the second configuration option harrow section of her flat teeth of the first row to ensure the best cutting (grinding) of plant residues in the soil do not have horizontal segments.

**Key words:** soil, moisture, fallow, harrow, harrowing, moisture accumulation.

## ОБГРУНТУВАННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ РОЗПОДІЛЬНИХ СИСТЕМ ПЛАНЕТАРНИХ ГІДРОМАШИН

Панченко А. І., д.т.н.,

ORCID: 0000-0002-1230-1463

Волошина А. А., д.т.н.,

ORCID: 0000-0003-4052-2674

Панченко І. А., інженер

ORCID: 0000-0003-2150-4278

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

*імені Дмитра Моторного*

Тел. (0619) 42-04-42

*Постановка проблеми.* Основною причиною, яка стримує широке використання силового гідроприводу мехатронних систем самохідної техніки є обмеженість номенклатури існуючих гідромашин. В самохідній техніці, для приводу активних робочих органів найбільше застосування знайшли героторні, орбітальні та планетарні гідромашини [1-3]. Основними їх перевагами є висока питома потужність при малій питомій металоемності, хороші енергетичні характеристики, компактність та можливість безредукторного використання. Однак, на сьогоднішній день відсутні комплексні дослідження в області розрахунку та проектування гідромашин обертового дії [4, 5].

Тому, дуже гостро постає питання проведення комплексних досліджень, що визначають закони подачі робочої рідини в робочі камери гідромашин, на прикладі системи розподілу планетарної гідромашини, з метою розробки нових і вдосконалення існуючих конструкцій гідромашин даного типу. Поліпшення вихідних характеристик планетарних гідромашин можна досягти шляхом вирішення важливої проблеми – дослідження впливу зміни геометричних параметрів розподільної системи на вихідні характеристики цих гідромашин.

*Аналіз останніх досліджень.* На підставі геометричних, математичних та гідродинамічних моделей [6, 7] виконані теоретичні дослідження впливу геометричних параметрів проточних частин героторного насоса на його вихідні характеристики. Однак, робота роторів героторного насоса принципово відрізняється від роботи роторів планетарного (орбітального) гідромотора. Для функціонування героторного насоса немає необхідності створювати обертається гідравлічне поле робочої рідини.

Запропоновано універсальну модель мехатронної системи з гідравлічним приводом з орбітальним гідромотором [8]. При безлічі конструктивного виконання, планетарні і орбітальні гідромашини,

можна об'єднати за трьома основними вузлами [1-3], що визначають ефективність цих гідромашин. Це силове з'єднання, зі спеціальним циклоїдним профілем зовнішнього і внутрішнього роторів [3, 9], механізм, що компенсує планетарний (орбітальний) рух ротора [3, 10] та розподільний механізм [3, 11], який створює гідравлічний поле, необхідне для роботи роторів.

Розглянуто сили, що діють на ротор орбітального гідромотора [12], розроблено алгоритм генерації героторного зубчастого колеса [13], представлено способи підвищення несучої здатності циклоїдальних зубчастих коліс [14], заснований на чисельному аналізі деформацій, який був зроблений за допомогою методу скінченних елементів [15]. Запропонована методика проектування роторів героторних машин [16], обґрунтовано методику моделювання зубчастих передач на основі методу математичного моделювання векторних замкнутих контурів [17]. Питання проектування розподільної системи не розглядалися.

Моделювання течії робочої рідини по каналах героторних гідромоторів [18, 19] обґрунтовує причини виникнення кавітаційних явищ в зоні розподілу, запропоновано підхід з зосередженими параметрами для прогнозування кавітації [20]. На основі моделювання та експериментальних досліджень [21] пропонується напівемпіричний підхід для оцінки межкамерного опору витокам. Наведено математичні вирази для оцінки витрати робочої рідини в героторних гідромашинах [22], запропоновано математичний апарат для визначення пульсації подачі для машин з внутрішнім циклоїдним зачепленням [23]. Запропоновано 3D модель героторного гідромотора [24] та модель втрат енергії з акцентом на втрати, що створені стисливістю робочої рідини [25]. Наведено експериментальне підтвердження запропонованої моделі [26]. Моделювання роботи розподільної системою планетарного гідромотора не розглядалася.

Запропоновано розрахункові та конструктивні методи розширення каналів подачі в планетарних гідравлічних машинах [27], представлено систематизація планетарних роторно-гідравлічних машин з плаваючими роликками [28]. Не розглянуто розподіл робочої рідини, необхідний для створення обертового гідравлічного поля.

У планетарному гідромоторі для створення обертового гідравлічного поля використовується торцева розподільна система з сегментними [3, 29] або круглими вікнами [30, 31]. Обґрунтовано кінематичні схеми торцевої розподільної системи [32], запропоновано математичні моделі, які описують робочі процеси, що відбуваються в розподільних системах планетарних гідромашин [3, 29-33], досліджено вплив геометричних параметрів розподільних вікон, виконаних у вигляді сегмента [3, 29] і кола [30, 31] на вихідні характеристики планетарних гідромашин. Вплив геометричних



параметрів розподільних вікон, виконаних у формі паза на вихідні характеристики планетарних гідромоторів не досліджувався.

Аналіз досліджень, пов'язаних з проектуванням планетарних гідромашин, дозволяє зробити висновок, що вони виконувалися без належного врахування низки важливих чинників, таких як, робота розподільної системи з урахуванням геометричних параметрів рухомого і нерухомого розподільників, форми розподільних вікон, їх кількості і зміни кута їх перекриття.

Таким чином, дослідження впливу зміни геометричних параметрів розподільної системи, з вікнами, виконаними у вигляді паза, на вихідні характеристики планетарної гідромашини є актуальним завданням, спрямованим на поліпшення їх вихідних характеристик.

*Формулювання цілі статті (постановка завдання).* Поліпшення вихідних характеристик планетарного гідромотора шляхом обґрунтування геометричних параметрів розподільної системи з вікнами, виконаними у формі паза.

Для реалізації поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

– розробити математичну модель, що дозволить досліджувати вплив зміни геометричних параметрів розподільної системи з вікнами, виконаними у формі паза на вихідні характеристики планетарного гідромотора;

– обґрунтувати вихідні дані та початкові умови для моделювання роботи розподільної системи з вікнами, виконаними у формі паза;

– дослідити вплив конструктивних особливостей розподільних вікон на вихідні характеристики планетарного гідромотора з метою обґрунтування геометричних параметрів його розподільної системи.

*Основна частина.* Основною характеристикою розподільної системи є її пропускна здатність (витрата робочої рідини), що задається площею прохідного перетину цієї системи [3, 10, 11, 29-33]. Площа прохідного перетину складається з площ перекриття вікон нерухомого розподільника вікнами рухомого. Площі перекриття вікон залежать від кількості вікон, які беруть участь в розподілі робочої рідини, їх форми і геометричних параметрів.

Торцева розподільна система складається з рухомого і нерухомого розподільників, на торцевих поверхнях яких виконані розподільні вікна в формі паза. Через розподільні вікна робоча рідина підводиться до робочих камер гідромотора або витісняється з них. Надалі під рухомим і нерухомим розподільниками будемо мати на увазі їх поверхні, на яких виконані розподільні вікна. В процесі роботи торцеві поверхні рухомого і нерухомого розподільників стикаються, утворюючи спільно з розподільними вікнами зону розподілу [3, 10, 11, 29-33].

На торцевій поверхні нерухомого розподільника виконані вікна нагнітання і зливу, на торцевій поверхні рухомого розташовані робочі і розвантажувальні вікна. Накладення робочих і розвантажувальних вікон рухомого розподільника на вікна нагнітання і зливу нерухомого відображають розрахункову модель миттєвого положення фаз розподілу робочої рідини (рис. 1).

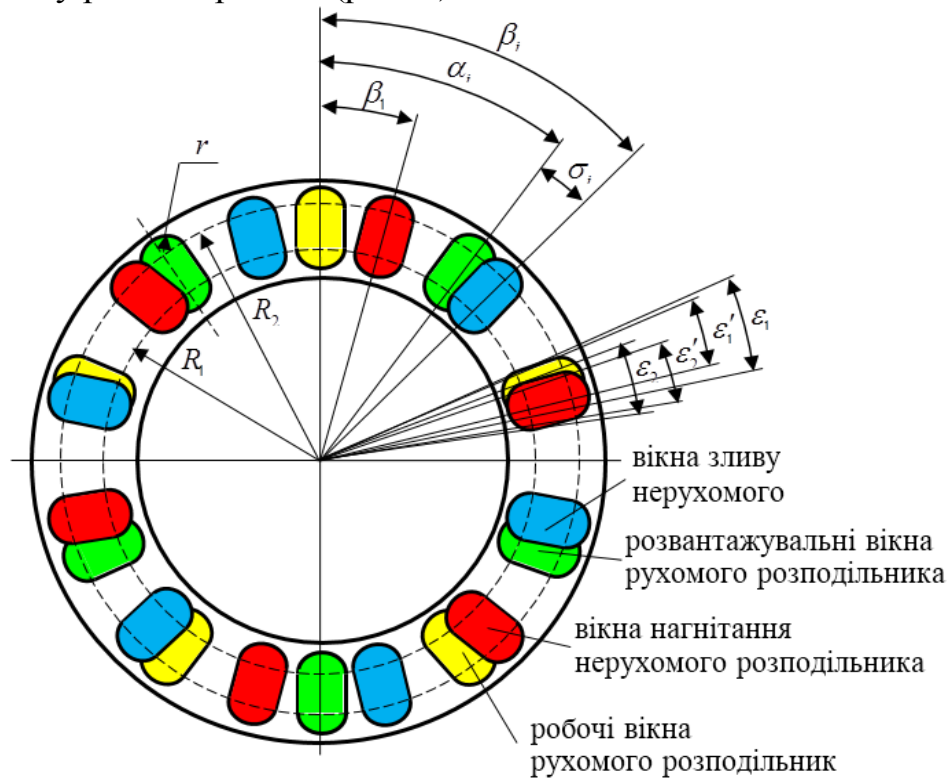


Рис. 1. Розрахункова модель розподільної системи з вікнами, виконаними у формі паза.

За аналогією роботи розподільної системи з сегментними та круглими вікнами [3, 10, 11, 29-33] між кількістю вікон рухомого  $Z_1$  і нерухомого  $Z_2$  розподільника існує взаємозв'язок:  $Z_2 = Z_1 + 2$ . При цьому  $Z_2 = 2Z$ , де  $Z$  – кількість циклів, обумовлене кінематичною схемою розподільної системи, яке не може бути менше трьох. Під кінематичною схемою розподільної системи розуміється [32] відношення кількості вікон нагнітання нерухомого розподільника  $Z_2/2$  до кількості вікон рухомого розподільника  $Z_1/2$ .

На основі математичних моделей, які описують робочі процеси, що відбуваються в розподільних системах планетарних гідромашин [3, 29-33] запропоновано математичну модель роботи розподільної системи з вікнами, виконаними у формі паза:

$$\alpha_1(t) = 2\pi \cdot n \cdot t, \alpha_2(t) = \alpha_1(t) + \alpha, \dots, \alpha_i(t) = \alpha_{i-1}(t) + \alpha; \quad (1)$$

$$\beta_1 = \frac{\pi}{Z_2}, \beta_2 = \beta_1 + \beta, \dots, \beta_i = \beta_{i-1} + \beta; \quad (2)$$

$$\sigma_i(t) = \sigma'_i(t) = |\beta_i - \alpha_i(t)| \text{ при } \sigma_i \leq \varepsilon \text{ та } \sigma'_i \leq \varepsilon'; \quad (3)$$

$$\varepsilon = \varepsilon_1 = \varepsilon_2 = 2 \arcsin \frac{r}{R_1}, \quad \varepsilon' = \varepsilon'_1 = \varepsilon'_2 = 2 \arcsin \frac{r}{R_2}; \quad (4)$$

$$r = R_1 \cdot \sin \frac{\varepsilon}{2}, \quad \varepsilon = \frac{\pi}{Z_2}; \quad (5)$$

$$S_i = \frac{1}{2} \cdot r^2 \cdot (2\varphi_i - \sin 2\varphi_i + 2\varphi'_i - \sin 2\varphi'_i) + (R_2 - R_1) \cdot \left( 2r - R_1 \cdot \sin \frac{\sigma_i}{2} - R_2 \cdot \sin \frac{\sigma'_i}{2} \right),$$

при  $R_2 \cdot \sin \frac{\sigma'_i}{2} < r$ ; (6)

$$S_i = \frac{1}{2} \cdot r^2 \cdot (2\varphi_i - \sin 2\varphi_i) + \left( r - R_1 \cdot \sin \frac{\sigma_i}{2} \right)^2 \cdot \operatorname{tg} \left( \pi - \frac{\sigma_i}{2} \right),$$

при  $R_2 \cdot \sin \frac{\sigma'_i}{2} \geq r$ , (7)

де  $\alpha_i$  – поточні кути розташування вікон рухомого розподільника, причому непарні номери відповідають робочим, а парні – розвантажувальним вікнам;  $\beta_i$  – поточні кути розташування вікон нерухомого розподільника, причому непарні номери відповідають вікнам нагнітання, а парні – вікнам зливу;  $\sigma_i, \sigma'_i$  – кути між поточними центрами нижніх і верхніх півкіл вікон (пазів) рухомого та нерухомого розподільників, що знаходяться в перекритті, відповідно;  $\varepsilon, \varepsilon'$  – кути розчину нижніх і верхніх півкіл вікон (пазів) рухомого та нерухомого розподільників, відповідно;  $r$  – радіуси нижніх і верхніх півкіл вікон (пазів) рухомого та нерухомого розподільників;  $S_i$  – сумарна площа перекриття розподільних вікон (пазів);  $\varphi_i, \varphi'_i$  – кути, що обмежують величину перекриття нижніх і верхніх півкіл вікон (пазів) рухомого та нерухомого розподільників, відповідно;  $R_1, R_2$  – радіуси розташування центрів нижніх і верхніх півкіл вікон (пазів) рухомого та нерухомого розподільників, відповідно.

В результаті проведених досліджень розроблено математична модель роботи розподільної системи з вікнами, виконаними у формі паза (1-7), що дозволяє досліджувати вплив зміни геометричних параметрів розподільної системи з вікнами, виконаними у формі паза на вихідні характеристики планетарного гідромотора.

Для обґрунтування геометричних параметрів розподільної системи з вікнами, виконаними у формі паза та визначення їх впливу на вихідні характеристики планетарного гідромотора, проведено моделювання роботи розподільної системи за допомогою пакета імітаційного моделювання Vissim.

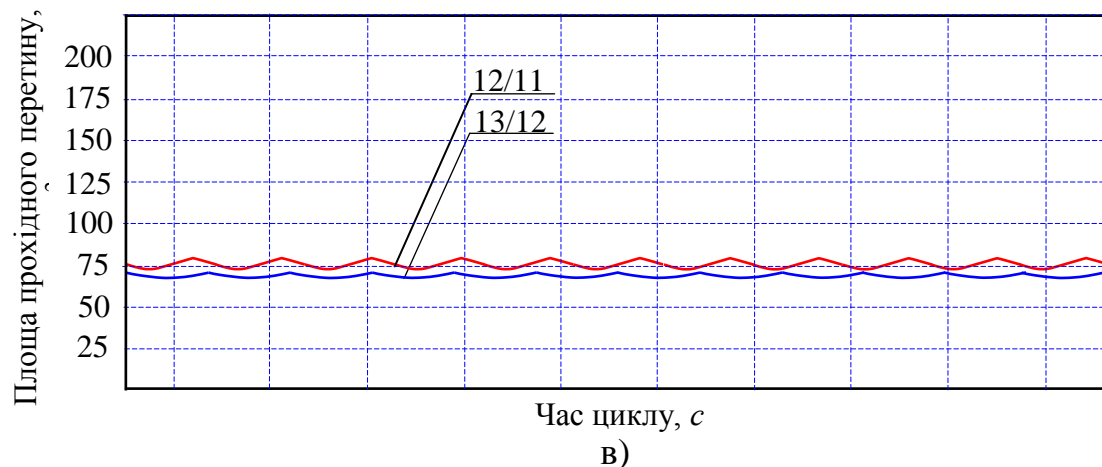
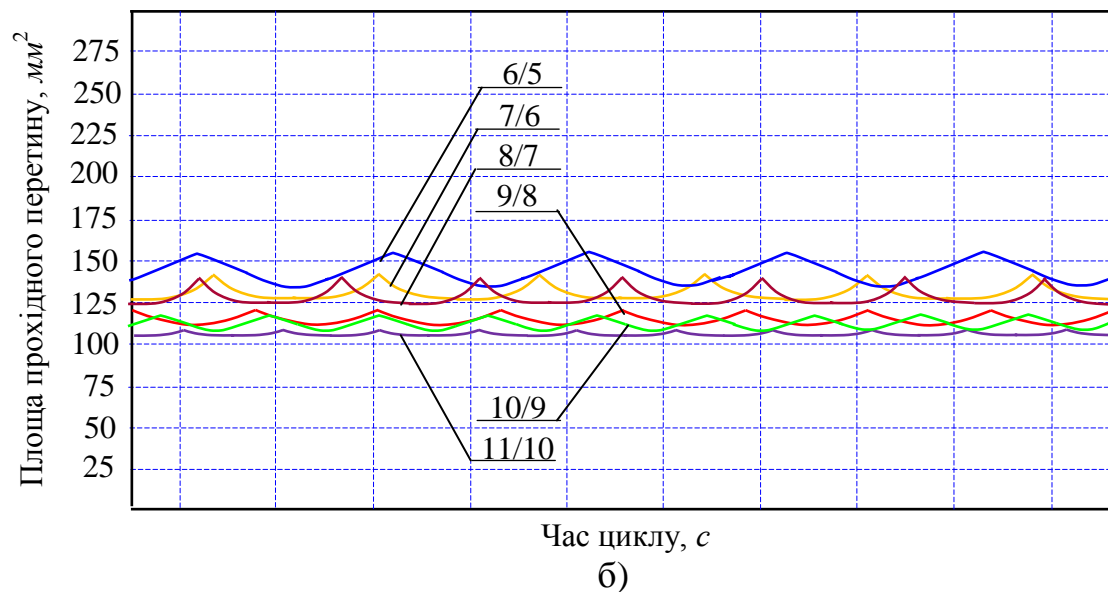
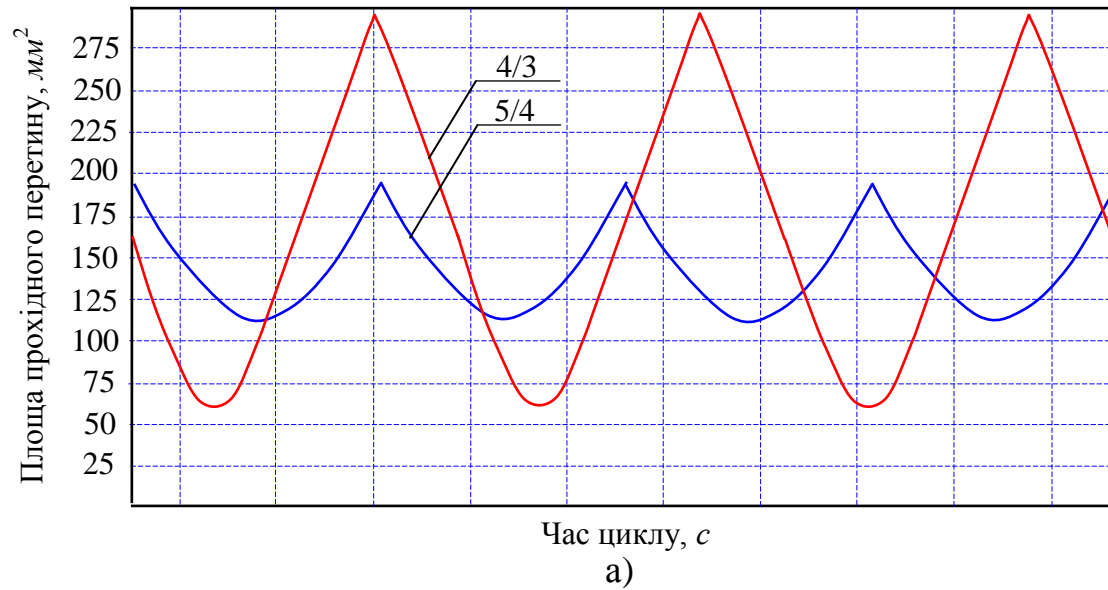
При моделюванні роботи розподільної системи з вікнами, виконаними у формі паза приймаємо такі вихідні дані і початкові умови [29, 31, 32]:

- коефіцієнти кінематичної і динамічної в'язкості постійні;
- модуль пружності робочої рідини постійний;
- щільність робочої рідини дорівнює  $\rho = 0,89 \text{ г/см}^3$ ;
- коефіцієнт динамічної в'язкості дорівнює  $\mu' = 0,267 \cdot 10^{-7} \text{ МПа}\cdot\text{с}$ ;
- тиск на вході (тиск нагнітання) приймається рівним  $p_{\text{вх}} = 16 \text{ МПа}$ ;
- тиск на виході (тиск зливу) приймається рівним  $p_{\text{вих}} = 0 \text{ МПа}$ ;
- кутова швидкість валу гідромотора дорівнює  $\omega = 68 \text{ с}^{-1}$ ;
- геометричних параметри вікон рухомого та нерухомого розподільників однакові;
- радіус розташування центрів нижніх півкіл дорівнює  $R_1 = 33 \text{ мм}$ ;
- радіус розташування центрів верхніх півкіл дорівнює  $R_2 = R_1 + 2r \text{ мм}$ .

Відомо [29-33], що основний вплив на зміну пропускної здатності розподільних систем планетарних гідромоторів надає форма розподільних вікон і їх кількість. Кількість розподільних вікон задається кінематичною схемою [32], яка характеризується відношенням кількості вікон нагнітання нерухомого розподільника до кількості робочих вікон рухомого розподільника. На рис. 3 представлено зміну площі прохідного перетину в залежності від кінематичної схеми розподільної системи з вікнами, виконаними у формі паза за час, відповідний одному циклу.

Аналіз зміни площі прохідного перетину в залежності від кінематичних схем (рис. 3) показує, що площа змінюється в наступних межах для кінематичної схеми:

- 4/3 – від  $60 \text{ мм}^2$  до  $300 \text{ мм}^2$  при середньому значенні площі прохідного перетину  $180 \text{ мм}^2$  і амплітуді коливань  $240 \text{ мм}^2$  (рис. 3, а);
- 5/4 – від  $120 \text{ мм}^2$  до  $190 \text{ мм}^2$  при середньому значенні площі прохідного перетину  $155 \text{ мм}^2$  і амплітуді коливань  $70 \text{ мм}^2$  (рис. 3, а);
- 6/5 – від  $128 \text{ мм}^2$  до  $148 \text{ мм}^2$  при середньому значенні площі прохідного перетину  $138 \text{ мм}^2$  і амплітуді коливань  $20 \text{ мм}^2$  (рис. 3, б);
- 7/6 – від  $126 \text{ мм}^2$  до  $139 \text{ мм}^2$  при середньому значенні площі прохідного перетину  $132,5 \text{ мм}^2$  і амплітуді коливань  $13 \text{ мм}^2$  (рис. 3, б);



а) – 4/3; 5/4; б) – 6/5; 7/6; 8/7; 9/8; 10/9; 11/10; в) – 12/11; 13/12.

Рис. 3. Зміна площі прохідного перетину розподільної системи з вікнами, виконаними у формі паза для кінематичних схем.

– 8/7 – від  $119 \text{ мм}^2$  до  $131 \text{ мм}^2$  при середньому значенні площі прохідного перетину  $125 \text{ мм}^2$  і амплітуді коливань  $12 \text{ мм}^2$  (рис. 3, б);

- 9/8 – від  $113 \text{ мм}^2$  до  $121 \text{ мм}^2$  при середньому значенні площі прохідного перетину  $117 \text{ мм}^2$  і амплітуді коливань  $8 \text{ мм}^2$  (рис. 3, б);
- 10/9 – від  $106 \text{ мм}^2$  до  $112 \text{ мм}^2$  при середньому значенні площі прохідного перетину  $109 \text{ мм}^2$  і амплітуді коливань  $6 \text{ мм}^2$  (рис. 3, б);
- 11/10 – від  $101 \text{ мм}^2$  до  $106 \text{ мм}^2$  при середньому значенні площі прохідного перетину  $103,5 \text{ мм}^2$  і амплітуді коливань  $5 \text{ мм}^2$  (рис. 3, б);
- 12/11 – від  $73 \text{ мм}^2$  до  $78 \text{ мм}^2$  при середньому значенні площі прохідного перетину  $75,5 \text{ мм}^2$  і амплітуді коливань  $5 \text{ мм}^2$  (рис. 3, в);
- 13/12 – від  $68 \text{ мм}^2$  до  $72 \text{ мм}^2$  при середньому значенні площі прохідного перетину  $70 \text{ мм}^2$  і амплітуді коливань  $4 \text{ мм}^2$  (рис. 3, в).

Аналіз наведених залежностей показує (рис. 3), що для кінематичної схеми 4/3 амплітуда коливань в 1,3 рази перевищує середнє значення площі прохідного перетину (рис. 3, а). Для кінематичної схеми 5/4 амплітуда коливань становить 45% від середнього значення площі прохідного перетину (рис. 3, а). Такі коливання площі прохідного перетину розподільної системи викликають значні коливання тиску робочої рідини, що негативно позначається на роботі гідромотора в цілому. Тому, використання кінематичних схем 4/3 і 5/4 при проектуванні планетарних гідромоторів є недоцільним.

Аналіз зміни площі прохідного перетину в розподільних системах планетарних гідромоторів з кінематичними схемами 12/11 та 13/12 показує, що для наведених схем спостерігається значне (до 25%) зменшення площі прохідного перетину (рис. 3, в), що значно зменшить пропускну здатність розподільної системи. Тому, використання кінематичних схем 12/11 та 13/12 при проектуванні планетарних гідромоторів є недоцільним.

Таким чином, при проектуванні планетарних гідромоторів найраціональнішими кінематичними схемами розподільних систем з вікнами, виконаними у формі паза, можна вважати схеми від 11/10 до 6/5. При використанні цих схем амплітуда коливань площі прохідного перетину становить  $5...20 \text{ мм}^2$  при зміні середнього значення площі від 103 до  $138 \text{ мм}^2$ , що характеризує стабільність пропускну здатності розподільної системи планетарного гідромотора.

*Висновки.* В результаті проведених досліджень розроблена математична модель, що дозволяє досліджувати вплив зміни геометричних параметрів розподільної системи з вікнами, виконаними у формі паза на вихідні характеристики планетарного гідромотора.

Обґрунтовано вихідні дані і початкові умови для моделювання роботи розподільної системи з вікнами, виконаними у формі паза.

Дослідженням впливу конструктивних особливостей розподільних вікон на вихідні характеристики планетарного гідромотора обґрунтовано геометричні параметри його розподільної системи з вікнами, виконаними у формі паза. Встановлено, що

найбільш раціональними кінематичними схемами розподільних систем з вікнами, виконаними у формі паза, можна вважати схеми від 11/10 до 6/5. При використанні цих схем амплітуда коливань площі прохідного перетину становить 5...20 мм<sup>2</sup> при зміні середнього значення площі від 103 до 138 мм<sup>2</sup>, що характеризує стабільність пропускної здатності розподільної системи планетарного гідромотора.

#### Література:

1. Панченко А. І. Гідромашини для приводу активних робочих органів та ходових систем мобільної сільськогосподарської техніки. *Техніка АПК*. 2006. № 3. С.11-13.

2. Панченко А. И., Волошина А. А., Панченко И. А. Конструктивные особенности планетарных гидромоторов серии PRG. *Вісник НТУ «ХПІ». Сер. Гідравлічні машини та гідроагрегати*. Харків, 2018. № 17 (1293). С. 88-95.

3. Панченко А. И., Волошина А. А. Планетарно-роторные гидромоторы. Расчет и проектирование: монография. Мелитополь: Люкс, 2016. 236 с.

4. Development of the universal model of mechatronic system with a hydraulic drive / A. Panchenko et al. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2018. Vol. 4, № 7(94). P. 51–60. DOI: 10.15587/1729-4061.2018.139577.

5. Gamez-Montero P., Codina E., Castilla R. A Review of Gerotor Technology in Hydraulic Machines. *ENERGIES*. 2019. Vol. 12, № 12. 2423.

6. Chiu-Fan H. Flow Characteristics of Gerotor Pumps With Novel Variable Clearance Designs. *Journal of Fluids Engineering*. 2015. Vol. 137, № 4. FE-14-1137. DOI: 10.1115/1.4029274.

7. Altare G., Rundo M. Computational Fluid Dynamics Analysis of Gerotor Lubricating Pumps at High-Speed: Geometric Features Influencing the Filling Capability. *Journal of Fluids Engineering*. 2016. Vol. 38, № 11. FE-15-1757. DOI: 10.1115/1.4033675.

8. Панченко А. И., Волошина А. А., Панченко И. А. Модель гідравлічного приводу мехатронної системи. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2018. Вип. 18, т. 2. С. 59-83. DOI: 10.31388/2078-0877-18-2-58-82.

9. Panchenko A., Voloshina A., Milaeva I., Panchenko I., Titova O. The Influence of the form Error after Rotor Manufacturing on the Output Characteristics of an Orbital Hydraulic Motor. *International Journal of Engineering and Technology*. 2018. Vol. 7, № 4.3. P. 1–5. DOI: 10.14419/ijet.v7i4.3.19542.

10. Designing the flow-through parts of distribution systems for the PRG series planetary hydraulic motors / A. Panchenko et al. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2018. Vol. 3, № 1(93). P.

67–77. DOI: 10.15587/1729-4061.2018.132504.

11. Панченко А. И., Волошина А. А., Панченко И. А. Способы распределения рабочей жидкости в планетарных гидромашинах. *Вісник НТУ «ХПІ». Сер. Гідравлічні машини та гідроагрегати*. Харків, 2016. № 20 (1192) С. 46-52.

12. Xing K., Zhang Y., Jin X. Performance analysis and experimental research of the orbital motor. *Proceedings of the seventh international conference on fluid power transmission and control*. 2009. P. 131-135.

13. Robison A.J., Vacca A. Kinematic multi-objective optimization of circular-toothed gerotor pumps by genetic algorithm. *Proceedings of the ASME-BATH Symposium on Fluid Power and Motion Control*. 2017. UNSP V001701A016.

14. Biernacki K. Analysis of the Material and Design Modifications Influence on Strength of the Cycloidal Gear System. *International journal of precision engineering and manufacturing*. 2015. Vol. 16, № 3. P. 537-546.

15. Biernacki K. Selection of the optimum tooth profile for plastic cycloidal gears. *Proceedings of the institution of mechanical engineers, Part C: journal of mechanical engineering science*. 2014. Vol. 228, № 18. P. 3395-3404. doi: 10.1177/0954406214531408.

16. A two scale mixed lubrication wearing-in model, applied to hydraulic motors / J. Furustig et al. *Tribology International*. 2015. Vol. 90. P. 248–256. DOI: 10.1016/j.triboint.2015.04.033.

17. Косенок Б. Б. Инвариантность векторных моделей в моделировании зубчатых передач. *Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета*, 2009. № 19. С. 157-161.

18. Velev E. Study Cavitation Gerotor Motors. Using Computer Simulatio. *XV International Scientific Conference: Renewable Energies and Innovative Technologies*. 2016. P. 64–66.

19. Marcu I. L., Pop I. I. Interconnection Possibilities for the Working Volumes of the Alternating Hydraulic Motors. *Scientific Bulletin of the Politehnica University of Timisoara, Special issue: Transactions on Mechanics: The 6th International Conference on Hydraulic Machinery and Hydrodynamics*. 2004. P. 365–370.

20. Shah Y. G., Vacca A., Dabiri S. A fast lumped parameter approach for the prediction of both aeration and cavitation in Gerotor pumps. *Meccanica*. 2018. Vol. 53, № 1-2. P. 175-191. DOI: 10.1007/s11012-017-0725-y.

21. Dasgupta K., Mukherjee A., Maiti R. Estimation of critical system parameters that affect orbit motor performance-combining simulation and experiments. *Journal of manufacturing science and engineering-transactions of the asme*. 1999. Vol. 121, № 2. P. 300-306.



DOI: 10.1115/1.2831220.

22. Stryczek J. Characteristic parameters of hydraulic displacement machines with cycloidal gearing. *Mechanism and machine theory*. 1993. Vol. 28, № 1. P. 97-112. DOI: 10.1016/0094-114X(93)90050-6.

23. Yang D., Yan J., Tong S. Flowrate Formulation of Deviation Function Based Gerotor Pumps. *Journal of Mechanical Design*. 2010. Vol. 132, № 6. 064503-5. DOI:10.1115/1.4001595.

24. Ding H., Lu X. J., Jiang B. A CFD model for orbital gerotor motor. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2012. Vol. 15, № 6. 062006. DOI: 10.1088/1755-1315/15/6/062006.

25. Van de Ven J. D. On Fluid Compressibility in Switch-Mode Hydraulic Circuits. – Part I: Modeling and Analysis. *Journal of Dynamic Systems, Measurement, and Control*. 2012. Vol. 135, № 2. 021013-021013-13. DOI: 10.1115/1.4023062.

26. Van de Ven J. D. On Fluid Compressibility in Switch-Mode Hydraulic Circuits. Part II: Modeling and Analysis. *Journal of Dynamic Systems, Measurement, and Control*. 2012. Vol. 135, № 2. 021014-021014-7. DOI: 10.1115/1.4023063.

27. Smirnov V. V., Volkov G. U. Computation and structural methods to expand feed channels in planetary hydraulic machines. *Journal of Physics Conference Series*. 2019. Vol. 1210. 012131. DOI: 10.1088/1742-6596/1210/1/012131.

28. Smirnov V. V., Volkov G. U. Systematization and comparative scheme analysis of mechanisms of planetary rotary hydraulic machines. *MATEC. Web of Conferences*. 2018. Vol. 224. 02083. DOI: 10.1051/mateconf/201822402083.

29. Панченко А. І., Волошина А. А., Засядько А. І. Вплив конструктивних особливостей торцевої розподільної системи на функціональні параметри планетарного гідромотора. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2017. Вип. 17, т. 3. С. 33-50.

30. Панченко А. И., Волошина А. А., Титов Д. С., Засядько А. И. Математическая модель торцевой распределительной системы с цилиндрическими окнами. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2011. Вип. 11, т. 1. С. 11-22.

31. Панченко А. І., Волошина А. А., Панченко І. А., Засядько А. І. Поліпшення вихідних характеристик планетарних гідромашин. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2019. Вип. 19, т. 2. С. 68-85. DOI: 10.31388/2078-0877-19-2-68-85.

32. Панченко А. І., Волошина А. А., Панченко І. А. Обґрунтування кінематичних схем розподільних систем гідромашин планетарного типу. *Праці Таврійського державного*

*агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2018. Вип. 18, т. 2. С. 30-49.

33. Панченко А. И., Волошина А. А., Верещага В. М., Зуев А. А. Математическая модель торцевой распределительной системы с окнами в форме паза. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2011. Вип. 11, т. 1. С. 322-331.

## **ОБГРУНТУВАННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ РОЗПОДІЛЬНИХ СИСТЕМ ПЛАНЕТАРНИХ ГІДРОМАШИН**

Панченко А. І., Волошина А. А., Панченко І. А.

### **Анотація**

Розроблено математичну модель, що дозволяє досліджувати вплив зміни геометричних параметрів розподільної системи з вікнами, виконаними у формі паза на вихідні характеристики планетарного гідромотора. Обґрунтовано вихідні дані і початкові умови для моделювання роботи розподільної системи з вікнами, виконаними у формі паза. Дослідженням впливу конструктивних особливостей розподільних вікон на вихідні характеристики планетарного гідромотора обґрунтовано геометричні параметри його розподільної системи з вікнами, виконаними у формі паза. Встановлено, що найбільш раціональними кінематичними схемами розподільних систем з вікнами, виконаними у формі паза, можна вважати схеми від 6/5 до 11/10, що дозволяють стабілізувати пропускну здатність розподільної системи планетарного гідромотора.

**Ключові слова:** планетарний гідромотор, розподільна система, кінематична схема, площа прохідного перетину, пропускну здатність.

## **ОБОСНОВАНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ПЛАНЕТАРНЫХ ГИДРОМАШИН**

Панченко А. И., Волошина А. А., Панченко И. А.

### **Аннотация**

Разработана математическая модель, позволяющая исследовать влияние изменения геометрических параметров распределительной системы с окнами, выполненными в форме паза на выходные характеристики планетарного гидромотора. Обоснованы исходные данные и начальные условия для моделирования работы распределительной системы с окнами, выполненными в форме паза. Исследованием влияния конструктивных особенностей распределительных окон на выходные характеристики планетарного гидромотора обоснованы геометрические параметры его распределительной системы с окнами, выполненными в форме паза. Установлено, что наиболее рациональными кинематическими схемами распределительных систем с окнами, выполненными в форме паза, можно считать схемы от 6/5 до 11/10, позволяющие стабилизировать пропускную способность распределительной системы планетарного гидромотора.

**Ключевые слова:** планетарный гидромотор, распределительная система, кинематическая схема, площадь проходного сечения, пропускная способность.

## **SUBSTANTIATION OF GEOMETRIC PARAMETERS OF DISTRIBUTION SYSTEMS OF PLANETARY HYDRAULIC MACHINES**

A. Panchenko, A. Voloshina, I. Panchenko

### **Summary**

To date, there is no comprehensive research in the field of calculation and design of planetary hydraulic machines. Therefore, the question of conducting comprehensive studies that determine the patterns of supplying the working fluid to the working chambers of hydraulic machines is very important, using the example of the planetary hydraulic machine distribution system, with the aim of developing new and improving the existing designs of planetary hydraulic machines. Improving the output characteristics of planetary hydraulic machines can be achieved by solving an important problem - the study of the influence of changes in the geometric parameters of the distribution system on the output characteristics of these hydraulic machines.

As a result of the research, mathematical models are obtained that allow us to study the effect of changes in the geometric parameters of a distributed system with windows made in the form of a groove on the output characteristics of a planetary hydraulic motor. The initial data and initial conditions for modeling the operation of the distribution system with windows made in the form of a groove are substantiated. The study of the influence of design features of distribution windows on the output characteristics of a planetary hydraulic motor substantiates the geometric parameters of its distribution system with windows made in the form of a groove. It has been established that the most rational kinematic schemes of distribution systems with windows made in the form of a groove can be considered schemes from 11/10 to 6/5. Using these schemes, the amplitude of the fluctuations in the cross-sectional area is 5...20 mm<sup>2</sup> with a change in the average value of the area from 103 to 138 mm<sup>2</sup>, which characterizes the stability of the throughput of the distribution system of the planetary hydraulic motor.

**Key words:** planetary hydraulic motor, distribution system, kinematic scheme, flow area, throughput.

## МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЛАБОРАТОРНО-ВИРОБНИЧИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПНЕВМОРЕШІТНОГО СЕПАРАТОРА ОЛІЙНОЇ СИРОВИНИ СОНЯШНИКУ

Михайлов Є. В., д.т.н.,

ORCID: 0000-0001-9906-6699

Задосна Н. О., інженер,\*

ORCID: 0000-0001-7780-235X

Афанасьєв О. О., інженер\*

ORCID: 0000-0002-3528-0386

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

*імені Дмитра Моторного*

Тел. (0619) 42-13-06

*Постановка проблеми.* Виробництво олійних культур належить до основних напрямів діяльності сільського господарства України. Упродовж останніх років в країні спостерігалася тенденція до збільшення виробництва насіння соняшнику. У 2018/19 маркетинговому році отримано 14,5 млн.т, а врожайність соняшнику становила понад 23 ц/га. Така економічна ситуація вимагає об'єктивної оцінки подій в галузі і підвищення ефективності в нових умовах господарювання [1-5]. Більшість олійної сировини соняшнику (ОСС) переробляється на спеціалізованих пресових та екстракційних заводах. Важливим показником технологічної якості насіння є вміст в ньому домішок. Домішки сировини поділяються на сміттєві та олійні. Визначено, що за останні 20-30 років у зв'язку з вирощуванням нових сортів соняшнику, зміною термінів збирання, використання сучасної збиральної техніки вітчизняного та іноземного виробництва фізико-механічні та аеродинамічні властивості ОСС змінилися, а це потребує удосконалення технічних засобів для її переробки [6-7].

У зв'язку з впровадженням у виробничий процес експериментального пневморешітного сепаратора (ПРС) ОСС [11], виникає проблема з методичного забезпечення досліджень робочих органів і технологічного процесу його роботи.

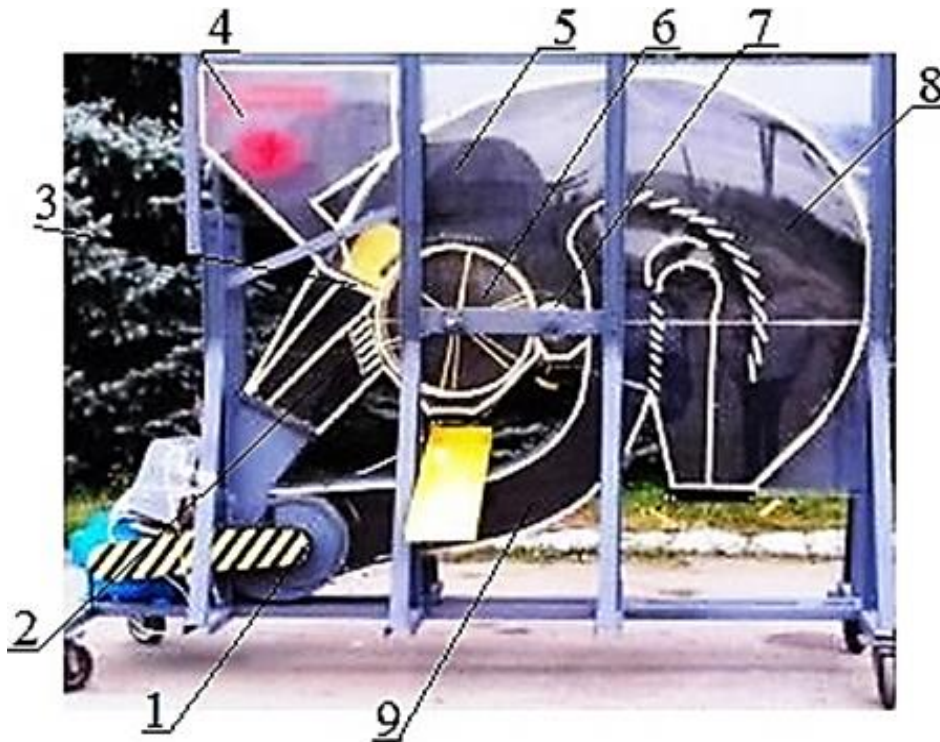
*Аналіз останніх досліджень.* На початковому етапі очистки найбільш часто поділ складових вороха насіння соняшнику відбувається з урахуванням його фізико-механічних та аеродинамічних властивостей. Високопродуктивні машини попереднього очищення зерна, як правило, використовують принцип поділу частинок в повітряному потоці. Незважаючи на широке використання явища руху матеріальних частинок в сучасних зерноочисних машинах, пов'язаних з сепарацією складових зернового вороху, кількісні закономірності руху тіл з урахуванням опору

повітряного середовища і сьогодні потребують досліджень [8-10].

Попередні дослідження аналога ПРС у виробничих умовах визначили необхідність вирішення наукової задачі – проведення лабораторно-виробничих досліджень з удосконалення параметрів та режимів роботи його повітророзподільника.

*Формулювання цілей статті (постановка завдання).* Розробка устаткування програми та методики встановлення параметрів та режимів роботи жалюзійного повітророзподільника ПРС ОСС з урахуванням якості його роботи.

*Основна частина.* Відповідно договору про творчу співпрацю ТДАТУ та дочірнього підприємства "Гуляйпільський механічний завод" "ВАТ Мотор Січ" (м. Гуляйполе) для дослідження технологічного процесу роботи жалюзійного повітророзподільника ПРС було виготовлено лабораторно-виробничий стенд (рис. 1).



1 – вентилятор діаметральний; 2 – повітророзподільник жалюзійний; 3 – лоток-інтенсифікатор; 4 – бункер; 5 – камера пневмосепаруюча; 6 – решето циліндричне; 7 – очисник щітковий; 8 – камера 2-х ступенева осадова; 9 – канал всмоктувальний вентилятора

Рис. 1. Пневморешітний сепаратор олійної сировини соняшнику.

З метою налагодження, регулювання та встановлення необхідних параметрів та режимів роботи ПРС були виготовлені та використані основні робочі органи (рис. 2).



а)



б)



в)



г)

а) – пульт керування з електродвигуном постійного струму;  
 б) – вентилятор діаметральний з жалюзійним повітророзподільником;  
 в) – циліндричне решето з очисною щіткою; г) – мотор-редуктор приво­ду циліндричного решета.

Рис. 2. Робочі органи ПРС і розміщення перетинів для вимірювання параметрів повітряного потоку у пневморешітному сепараторі.

Відповідно поставленим завданням та аналізу попереднього очищення олійної сировини соняшнику була складена наступна програма.

Розробити устаткування, програму та методику встановлення параметрів та режимів роботи жалюзійного повітророзподільника ПРС ОСС з урахуванням якості його роботи.

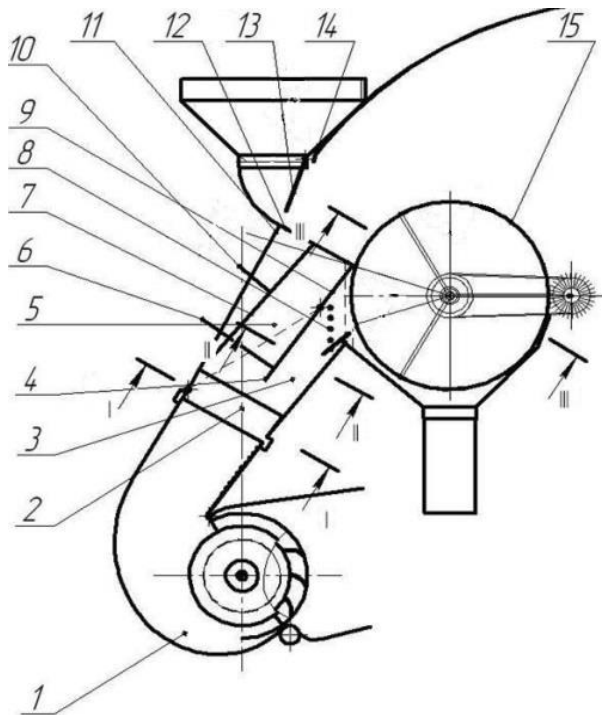
Для проведення експериментальних досліджень використовувалось наступне технологічне вимірювальне обладнання:

- ваги лабораторні SF – 400 D (0,01 гр.);
- ваги електроні DGC (20000 гр.);
- решета лабораторні – 1 комплект;
- тахометр годинниковий механічний ТЧ-10Р (50-1000 об.хв<sup>-1</sup>);
- секундомір С-1-2а;



- мікроманометр ММН-240 з трубкою Піто-Прандтля;
- дифманометр МР 200 з трубкою Піто-Прандтля 2- шт.;
- лінійки, шпателі, кисті.

Для встановлення та визначення параметрів і режимів роботи ПРС використано схема розміщення перетинів для вимірювання параметрів повітряного потоку (Рис. 3), та схема повітророзподільного пристрою ПРС (Рис. 4).

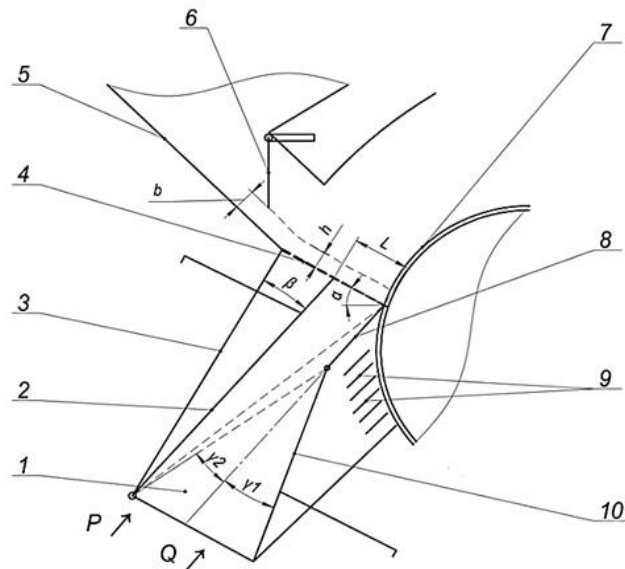


I—I – перетин заміру динамічного тиску на вході в повітророзподільник;  
 II-II – перетин заміру динамічного тиску під жалюзійним повітророзподільником;  
 III-III – перетин заміру динамічного тиску в сепаруючій зоні циліндричного решета.

1 – вентилятор діаметральний; 2 – пристрій повітророзподільний; 3 – сепаруюча складова повітророзподільника; 4 – середня рухома стінка; 5 – живляча складова повітророзподільника; 6 – регулятор зміни кута нахилу середньої рухомої стінки; 7 – стінка рухома задня; 8 – повітророзподільник жалюзійний; 9 – нерухома частина середньої стінки; 10 – регулятор зміни кута нахилу задньої рухомої стінки; 11 – задня стінка; 12 – лоток інтенсифікатор; 13 – живлячий устрій; 14 – бункер; 15 – решето циліндричне.

Рис. 3. Схема розміщення перетинів для вимірювання параметрів повітряного потоку у ПРС.

Повітряний потік, що направлений у живлячу складову повітророзподільника, проходить між задньою рухомою стінкою 7, середньою рухомою стінкою 4 та її нерухомою частиною 9 та крізь лоток-інтенсифікатор 12. За рахунок регулятора зміни кута нахилу 6 середньої рухомої стінки 4, а також за рахунок регулятора зміни кута нахилу 10 задньої рухомої стінки 7, що дозволяє змінити коефіцієнт живого перетину лотка-інтенсифікатора, забезпечується інтенсивність впливу повітряного потоку на лоток-інтенсифікатор, а відповідно і на вихор, що знаходиться на ньому.



1 – повітророзподільник; 2 – стінка задня рухома; 3 – стінка задня; 4 – лоток-інтенсифікатор; 5 – бункер; 6 – заслінка; 7 – циліндричне решето; 8 – стінка середня нерухома; 9 – жалюзі; 10 – стінка середня рухома;  $\alpha$  – кут нахилу лотка-інтенсифікатора відносно горизонталі;  $\beta$  – кут нахилу задньої рухомої стінки;  $\gamma_1$ ,  $\gamma_2$  – кути нахилу середньої рухомої стінки до нерухомої.

Рис. 4. Схема повітророзподільного пристрою ПРС.

Методикою передбачається визначення області раціональних значень основних параметрів і режимів роботи жалюзійного повітророзподільника за рахунок (Рис. 4):

– подачі насінневого матеріалу (приведена товщина шару насіння над лотком-інтенсифікатором,  $h$ , мм., за рахунок зміни заслінкою величини робочої щілини  $b$  мм);

– подачі повітряного потоку (частоти обертання вентилятора)  $300-700 \text{ об.хв}^{-1}$ ;

– кута нахилу середньої рухомої стінки повітророзподільного пристрою  $\gamma = +16,32^\circ$ ;  $-18,15^\circ$ ;

– кута нахилу рухомої жалюзі до нерухомої  $\alpha = 0-35^\circ$ .

За рахунок зміни нахилу середньої рухомої стінки, забезпечується інтенсивність впливу повітряного потоку на лоток-інтенсифікатор, а відповідно і на ворох, що знаходиться на ньому. Відносно нульового положення він становить: до задньої нерухомої стінки  $\gamma_1 = 16,32^\circ$ ; до передньої стінки  $\gamma_2 = 18,15^\circ$ .

Перед початком проведення експериментальних досліджень встановлюємо певну закономірність підготовки, яка полягає в наступному:

– проведенні обкатки лабораторно-виробничого стенду в холостому та робочому режимах з контролем стабільності встановлених параметрів;



- проведенні налагодження і регулювання робочих органів і допоміжних устроїв;
- підготовці до роботи вимірювального обладнання;
- встановленні кута нахилу середньої рухомої стінки;
- вибір часу на проведення досліду та відпрацювання методики досліджень;
- визначенню часу на встановлення стаціонарності технологічного процесу;
- визначенню діапазону досліджуваних факторів.

Якість ефективності робочого процесу пневморешітного сепаратора визначаємо наступними показниками [12, 13]:

- повнота виділення сміттєвих домішок;
- втрата повноцінного насіння.

Визначення економічної ефективності показників досліджуваного процесу проводили по наступним показникам:

1. Питома продуктивність робочого органу  $q$ , т.год.дм<sup>-1</sup>

$$q = \frac{P_c}{S \cdot 3,6} \quad (1)$$

де  $P_c = \frac{M_d}{t}$  – продуктивність ПРС;

$M_d$  – маса матеріалу обробленого за дослід, кг;

$t$  – час взяття проби, с;

$S$  – ширина решета, дм.

2. Питома витрата енергії  $N_{\Pi}$ , кВт.год.т<sup>-1</sup>

$$N_{\Pi} = \frac{Q \cdot P}{G \cdot 1000} \quad (2)$$

де  $Q$  – витрата повітря, м<sup>3</sup>/с;

$P$  – повний тиск повітря у повітропідвідному каналі, Па;

$G$  – продуктивність установки, т.год.

При визначенні основних параметрів повітряного потоку отримані дослідні дані обробляли за допомогою наступних розрахункових співвідношень:

1. Повний тиск  $P$  повітряного потоку

$$P = A_1 \cdot \kappa \cdot P_{\Pi} \cdot \xi_T, \text{ Па} \quad (3)$$

2. Статичний тиск  $P_c$  повітряного потоку

$$P_c = A_2 \cdot \kappa \cdot P_{\Pi} \cdot \xi_T, \text{ Па} \quad (4)$$

3. Динамічний тиск  $P_d$  повітряного потоку

$$P_d = P - P_c, \text{ Па}, \quad (5)$$

де  $A_1, A_2$  – показники шкали мікроманометрів для замірів, відповідно повного і статичного тиску;

$\kappa$  – коефіцієнт тарировки шкали,  $\kappa = \sin \alpha \cdot \rho_c$

де  $\alpha$  – кут нахилу трубки мікроманометра, град;

$\rho_c$  – щільність спирту, кг/м<sup>3</sup>;

$\Pi_{\Pi}$  – поправковий коефіцієнт, який служить для приведення повітря до стандартних умов (абсолютна температура  $T = 293$  К, барометричному тиску  $B_0 = 0,101$  МПа і відносної вологості  $\varphi_0 = 0,5$ );

$\Pi_{\Pi}$  – поправковий коефіцієнт на питому масу спирту;

$\rho$  – щільність повітря, кг/м<sup>3</sup>;

$\xi_T$  – таріровачний коефіцієнт трубки.

4. Швидкість повітряного потоку  $V$  у вирівнюючому каналі

$$V = 1,29\sqrt{P_{\partial}}, \text{ мс}^{-1} \quad (6)$$

5. Витрати повітря  $Q$

$$Q = V \cdot F, \text{ м}^3\text{с}^{-1} \quad (7)$$

де  $F$  – площа поперечного перерізу вирівнюючого каналу, м<sup>2</sup>.

6. Швидкість фільтрації  $V_{\Phi}$

$$V_{\Phi} = \frac{Q}{F_B}, \text{ мс}^{-1} \quad (8)$$

де  $F_B$  – площа повітророзподільної перегородки, м<sup>2</sup>.

7. Середню величину повного тиску  $P$  визначали за формулою

$$P_{cp} = P_{\partial, cp} + P_{c, cp}, \text{ Па} \quad (9)$$

де  $P_{\partial, n}$ ;  $P_{c, n}$  – динамічний та статичний тиск в окремих точках, Па;

8. Величину питомої витрати енергії  $N_{\Pi}$  по формулі

$$N_{\Pi} = N_1 + N_2, \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{т}, \quad (10)$$

де  $N_1 = \frac{Q \cdot P}{G \cdot 1000}$  – питома витрата енергії на привод вентилятора, кВт.год/т;

$N_2$  – питома витрата енергії на привод циліндричного решета і очисної щітки.

$$N_2 = 0,025 \dots 0,028 \text{ кВт}\cdot\text{год}\cdot\text{т}^{-1}$$

Методика обробки дослідних даних передбачає використання програмних пакетів “MATLAB 6,5”, “Microsoft Office Excel 2007”, Statistica 8.0., Microsoft Visual Studio 2012 на мові C++.

*Висновок.* Розроблено устаткування, програму та методику встановлення параметрів та режимів роботи жалюзійного повітророзподільника ПРС ОСС з урахуванням якості його роботи. Так, діапазон частоти обертання ротору вентилятора складає 300-700 об.хв<sup>-1</sup>, кут нахилу рухомої жалюзі до нерухомої 0-35°, кут відхилення стінки середньої рухомої від положення стінки середньої нерухомої (-16) – (+16)°, що забезпечить проведення однофакторних досліджень

та визначить раціональні діапазони варіювання 3-х основних факторів для багатofакторного експерименту.

Література:

1. Олійно-жирова галузь України. 2015: інформаційно-аналітичний бюлетень олійно-жирової галузі України та Російської Федерації / УкрНДЦОЖ НААН. Харків, 2015. 98 с.

2. Олійні культури і рослинні олії в 2015/16 році: Міжнародна конференція компанії «Украгроконсалт». *Агробізнес-Україна*. 2015. № 9. URL: <https://agrobusiness.com.ua/local/file/037/000/78-1443205117.pdf> (дата звернення: 16.10.2019).

3. Характеристика олійно-жирового комплексу України / Г. В. Балабанов та ін. URL: <http://www.geograf.com.ua/geoinfocentre/20-human-geography-ukraine-world/275-harakterystyka-oliyno-zhyrovogo-kompleksu-ukrainy> (дата звернення: 11.12.2019).

4. Яшина М. Л. Повышение эффективности производства и переработки семян подсолнечника. URL: <http://economy-lib.com/povyshenie-effektivnosti-proizvodstva-i-pererabotki-semyan-podsolnechnika> (дата звернення: 22.09.2019).

5. Статистична інформація Державного служби статистики України: офіційний сайт. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua>. (дата звернення: 11.12.2019).

6. Олійно-жирова галузь України. 2017: інформаційно-аналітичний бюлетень олійно-жирової галузі України та Російської Федерації / УкрНДЦОЖ НААН. Харків, 2017. 103 с.

7. Ящук Н. Що слід знати, щоб якісну соняшникову олію мати. *Пропозиція*. 2010. № 10. С. 64-68.

8. Технічні засоби післязбиральної обробки насіння соняшнику: монографія / Є. В. Михайлов та ін. Мелітополь: FORWARD PRESS, 2019. 203 с.

9. Михайлов Е. В. Задосная Н. А. Свойства семян подсолнечника и показатели качества масличного сырья, поступающего на Мелитопольский маслоэкстракционный завод. *Праці ТДАТУ*. Мелітополь, 2013. Вип. 13, т. 3. С. 111-123.

10. Михайлов Є. В., Задосна Н. О. Рубцов М. О. Теоретичні обґрунтування параметрів та режимів роботи пневмосепаратора попередньої очистки олійної сировини соняшнику. *Вісник ДДАЕУ*. Дніпропетровськ, 2015. № 4 (38). С. 91-95.

11. Пневморешітний сепаратор із замкненою повітряною системою: пат. 129349 Україна: МПК В07В1/28. № у 2018 05086; заявл. 08.05.2018; опубл. 25.10.2018, Бюл. № 20.

12. ДСТУ 4694:2006. Соняшник. Олійна сировина. Технічні умови. [Чинний від 2008-01-03]. Київ: Держспоживстандарт України, 2008. 19 с. (Національний стандарти України).

13. ДСТУ 7011:2009. Соняшник. Технічні умови. [Чинний від 2011-01-07]. Київ: Держспоживстандарт України, 2011. 11 с. (Національний стандарт України).

### **МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЛАБОРАТОРНО-ВИРОБНИЧИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПНЕВМОРЕШІТНОГО СЕПАРАТОРА ОЛІЙНОЇ СИРОВИНИ СОНЯШНИКУ**

Михайлов Є. В., Задосна Н. О., Афанасьєв О. О.

#### **Анотація**

У зв'язку з впровадженням у виробничий процес експериментального пневморешітного сепаратора олійної сировини соняшнику виникає проблема з методичного забезпечення досліджень робочих органів і технологічного процесу його роботи. Розроблено устаткування, програму та методику встановлення параметрів та режимів роботи жалюзійного повітророзподільника ПРС ОСС з урахуванням якості його роботи. Так, діапазон частоти обертання ротору вентилятора складає 300-700 об.хв<sup>-1</sup>, кут нахилу рухомої жалюзі до нерухомої 0-35°, кут відхилення стінки середньої рухомої від положення стінки середньої нерухомої (-16) – (+16)°, що забезпечить проведення однофакторних досліджень та визначить раціональні діапазони варіювання 3-х основних факторів для багатфакторного експерименту.

**Ключові слова:** олійна сировина соняшнику, пневморешітний сепаратор, жалюзійний повітророзподільник, параметри та режими.

### **МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЛАБОРАТОРНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПНЕВМОРЕШЕТНОГО СЕПАРАТОРА МАСЛИЧНОГО СЫРЬЯ ПОДСОЛНЕЧНИКА**

Михайлов Е. В., Задосная Н. А., Афанасьев О. О.

#### **Аннотация**

В связи с внедрением в производственный процесс экспериментального пневморешетного сепаратора (ПРС) масличного сырья подсолнечника (МСП) возникает проблема с методического обеспечения исследований рабочих органов и технологического процесса его работы.

Разработано оборудование, программа и методика установления параметров и режимов работы жалюзийного воздухораспределителя ПРС МСП с учетом качества его работы. Так, диапазон частоты вращения ротора вентилятора составляет 300-700 об.мин<sup>-1</sup>, угол наклона подвижной жалюзии к неподвижной 0-35°, угол отклонения стенки средней подвижной от положения стенки средней неподвижной (-16) – (+16)°, что обеспечит проведение однофакторных исследований и определит оптимальные диапазоны варьирования 3-х основных факторов для многофакторного эксперимента.

**Ключевые слова:** масличное сырье подсолнечника, пневморешетный сепаратор, жалюзийный воздухораспределитель, параметры и режимы.

## METHODOLOGICAL SUPPORT OF LABORATORY AND PRODUCTION RESEARCHES OF DIGITAL SEPARATOR OF OILED RAIL SUNFLOWER

E. Mikhailov, N. Zadosna, O. Afanasyev

### Summary

Production of oilseeds is one of the main activities of Ukrainian agriculture. In recent years, the country has seen a tendency to increase production of sunflower seeds. In the 2018/19 marketing year 14,5 million tons were obtained and the sunflower yield was over 23 c/ha. This economic situation requires an objective assessment of developments in the industry and efficiency in the new business environment. Most sunflower oil (OS) is processed at specialized presses and extraction plants. An important indicator of the technological quality of seeds is the content of impurities in it. An important indicator of the technological quality of seeds is the content of impurities in it. Raw material impurities are divided into garbage and oil. It has been determined that in the last 20-30 years, due to the cultivation of new varieties of sunflower, the change of the harvesting time, the use of modern harvesting equipment of domestic and foreign production, the physical-mechanical and aerodynamic properties of the OS have changed, and this requires improvement of the technical means for its processing. Modern post-harvest processing technology should ensure the application of the most intensive methods of post-harvest OS processing at all technological stages, especially during cleaning.

In connection with the introduction into the production process of an experimental pneumatic sieve separator (PS) of oilseeds of sunflower, there is a problem with the methodological support of research of the working bodies and the technological process of its operation.

The equipment, program and methodology for establishing the parameters and operating modes of the louver air distributor of the PRS OS was developed taking into account the quality of its work. So, the range of the rotor speed of the fan rotor is 300-700  $\text{rpm}^{-1}$ , the angle of inclination of the movable blinds to the fixed 0-35°, the angle of deviation of the wall of the middle movable from the position of the wall of the middle fixed (-16) – (+16)°, which will provide one-factor studies and determine the optimal ranges of variation of the 3 main factors for a multivariate experiment.

**Key words:** sunflower oil, pneumatic separator, louver air diffuser, parameters and modes.

## МОДЕЛЮВАННЯ РЕСУРСОЩАДЛИВОГО ЗАСОБУ ТА ПРИЛАДУ БЕЗКОНСЕРВАНТНОГО ЗБЕРЕЖЕННЯ ХАРЧОВОЇ ЦІННОСТІ ФРУКТОВО-ОВОЧЕВИХ ВИРОБІВ

Науменко О. П., д.т.н.,

ORCID: 0000-0002-5115-1584

Науменко М. О., к.т.н.,

ORCID: 0000-0001-6095-5421

Науменко О. О., дослідник

ORCID: 0000-0001-8201-1413

*ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»*

Тел. (067) 611-43-11

*Постановка проблеми.* Концепція «ЗРУЧНА ЇЖА» [1] надає спрощення повсякденному харчуванню при особливій увазі до збереження харчової цінності сировини – залучення мінімуму часу, матеріальних та енергетичних ресурсів. Але має місце стримана довіра до фруктово-овочевої сировини та виробам промислового виробництва.

*Аналіз останніх досліджень.* Фруктово-овочеву сировину можна зберігати різноманітними засобами [2-6], але лише певний час – чим більше вміст вологи, тим зморщування та гниття починається швидше, а харчова цінність стрімко скорочується.

*Формулювання цілей статті (постановка завдання).* Майже кожного споживача супроводжують металеві, скляні або полімерні банки/пляшки/тетрапаки та до них безліч кришок і ковпачків [7-9]. Функціональна зручність та зовнішня привабливість тари ще не є запорукою комерційного успіху та підвищення довіри у споживача. Виникає непроста дилема оцінки доцільності задіяних ресурсів на підготовку та переробку сировини, консервування та зберігання напівфабрикатів, підготовку та вживання продукту/виробу. Можливо, враховуючи зміну відношення споживача до їжі, доцільно переглянути ставлення до консервування, наприклад, у балах 1 (добре)...5 (погано) – із пріоритетом за аспектом «ЗАЛИШОК ХАРЧОВОЇ ЦІННОСТІ»:

п/п	Аспекти	Сутність
1	ЗАЛИШОК	Вміст вітамінів та мікроелементів ...
2	СМАК	Наближення до первинної сировини
3	ТРИВАЛІСТЬ	Термін утримання в межах ...
4	КОНСЕРВАНТ	Залучення сторонніх складових
5	ПІДГОТОВКА	Доставка, миття, очистка, нарізка, викладання
6	ПЕРЕРОБКА	Енергоємність, температура, тривалість
7	ПАКУВАННЯ	Виробництво, фасування та утилізація тари

8	ЗБЕРІГАННЯ	Умови та обслуговування при утриманні
9	ГОТУВАННЯ	Потреба підготовки перед вживанням
10	ОБМЕЖЕННЯ	Умови реалізації, утримання та шкода

*Основна частина.* Найбільш поширеними функціональними продуктами, які здатні надавати спроможність організму підтримувати життєдіяльність в умовах все більш шкідливої дії навколишнього середовища, вважають харчові вироби на фруктово-овочевій основі [8]. Саме залишок у виробі після збирання, переробки, транспортування, зберігання та готування харчових волокон, вітамінів, мікроелементів, антиоксидантів... визначає харчову цінність сировини/продуктів, а, відповідно, доцільність функціонального вживання.

Найбільш поширеними засобами тривалого утримання харчової цінності фруктово-овочевій сировини/продуктів вважають «холодне» та «гаряче» консервування із залученням різноманітних консервантів [10-12]. Все більше ресурсів вкладається у досягнення більш повного знищення мікрофлори, припинення біохімічних процесів та ізолювання від зовнішнього середовища з метою подовження терміну придатності. Але платою за це не тільки втрата ресурсів, смаку, органолептики, аромату... Зворотній бік тривалого терміну придатності – настільки значна втрата харчової цінності, починаючи навіть з стадії збирання та переробки, що подальше збереження та готування може стати взагалі недоцільним, а вживання шкідливим. Хоча зовні сировина/продукти можуть бути не тільки прийнятними, а й доволі привабливими.

До того ж, плоди містять води 80...90 %, речовин розчинених (цукор, кислоти...) 8...15 % та нерозчинених (у клітинних стінках м'якоті) 2...4 % - саме які й впливають на фізіологічну діяльність організму людини. Тобто, при вживанні 1 кг фруктово-овочевої маси харчову цінність потенційно містить лише 20...40 г м'якоті, що, особливо з урахуванням технологічних втрат консервування, на даному рівні розвитку людства виглядає як неповага до використання ресурсів. За негативними балами до аспектів поширені засоби мають вигляд: маринування; висушування; замороження; перетирання; квашення.

### **1. Маринування «гаряче» – 34 бали:**

- 1.1 ЗАЛИШОК (5) – вітаміни 10...20 % та мікроелементи 10...20 %;
- 1.2 СМАК (4) – інший за властивостями продукт, солоний/гіркий;
- 1.3 ТРИВАЛІСТЬ (1) – в межах до 36 місяців;
- 1.4 КОНСЕРВАНТ (5) – маринад із консервуючих рослин і мінералів;
- 1.5 ПІДГОТОВКА (4) – доставка, миття, очистка, нарізка, викладання;
- 1.6 ПЕРЕРОБКА (3) – дуже енергоємна (0,2 год/л при  $T \approx 100 \text{ }^\circ\text{C}$ );
- 1.7 ПАКУВАННЯ (4) – скляна герметична тара;
- 1.8 ЗБЕРІГАННЯ (2) – прохолодне приміщення ( $T \leq 12 \text{ }^\circ\text{C}$ );
- 1.9 ГОТУВАННЯ (2) – вживання потребує незначної підготовки;
- 1.10 ОБМЕЖЕННЯ (4) – крихка тара, шкода від цукру, солі і оцету.

**2. Висушування «гаряче» – 26 балів:**

- 2.1 ЗАЛИШОК (4) – вітаміни 20...30 % і мікроелементи 80...90 %;
- 2.2 СМАК (1) – найбільш близький до первинної сировини;
- 2.3 ТРИВАЛІСТЬ (3) – в межах до 12 місяців;
- 2.4 КОНСЕРВАНТ (1) – відсутня потреба;
- 2.5 ПІДГОТОВКА (1) – доставка, миття, очистка, нарізка, викладання;
- 2.6 ПЕРЕРОБКА (5) – вкрай енергоємна (до 12 год. при  $T \approx 70...90$  °C);
- 2.7 ПАКУВАННЯ (5) – одноразова герметична тара;
- 2.8 ЗБЕРІГАННЯ (1) – відсутні особливі вимоги;
- 2.9 ГОТУВАННЯ (4) – перед вживанням потребує тривале зволоження;
- 2.10 ОБМЕЖЕННЯ (1) – відсутні особливі вимоги.

**3. Перетирання «прохолодне» – 30 балів:**

- 3.1 ЗАЛИШОК (3) – вітаміни 60...70 % і мікроелементи 60...70 %;
- 3.2 СМАК (5) – інший за властивостями продукт, дуже солодкий;
- 3.3 ТРИВАЛІСТЬ (4) – в межах до 10 місяців;
- 3.4 КОНСЕРВАНТ (3) – готовий цукор пісок більше 60 %;
- 3.5 ПІДГОТОВКА (3) – доставка, миття, очистка, подрібнення;
- 3.6 ПЕРЕРОБКА (2) – малоенергоємна (перетирання з цукром);
- 3.7 ПАКУВАННЯ (2) – негерметична тара;
- 3.8 ЗБЕРІГАННЯ (4) – доволі енергоємне (камера при  $T \leq 12$  °C);
- 3.9 ГОТУВАННЯ (1) – перед вживанням не потребує підготовки;
- 3.10 ОБМЕЖЕННЯ (3) – холодна камера, шкідлива кількість цукру.

**4. Квашення «прохолодне» – 28 балів:**

- 4.1 ЗАЛИШОК (2) – вітаміни на 70-80 % і мікроелементи на 80-90 %;
- 4.2 СМАК (3) – інший за властивостями продукт, доволі солений;
- 4.3 ТРИВАЛІСТЬ (2) – в межах до 24 місяців;
- 4.4 КОНСЕРВАНТ (4) – сіль та консервуючі рослини;
- 4.5 ПІДГОТОВКА (5) – доставка, миття, очистка, нарізка, викладання;
- 4.6 ПЕРЕРОБКА (1) – неенергоємна (до 300 год. у діжці при  $T \approx 18$  °C);
- 4.7 ПАКУВАННЯ (3) – негерметична тара;
- 4.8 ЗБЕРІГАННЯ (3) – виключно у прохолоді, регулярний змив піни;
- 4.9 ГОТУВАННЯ (3) – перед вживанням потребує певної підготовки;
- 4.10 ОБМЕЖЕННЯ (2) – холодне приміщення, шкідлива кількість солі.

**5. Заморожування «холодне» – 32 бали:**

- 5.1 ЗАЛИШОК (1) – вітаміни 70...90 % і мікроелементи 90...100 %;
- 5.2 СМАК (2) – доволі близький до первинної сировини;
- 5.3 ТРИВАЛІСТЬ (5) – в межах до 10 місяців;
- 5.4 КОНСЕРВАНТ (2) – можливе додаткове зволоження;
- 5.5 ПІДГОТОВКА (2) – доставка, миття, очистка, нарізка;
- 5.6 ПЕРЕРОБКА (4) – дуже енергоємна (до 2 год. у камері з  $T \leq -20$  °C);
- 5.7 ПАКУВАННЯ (1) – одноразова негерметична тара;
- 5.8 ЗБЕРІГАННЯ (5) – вкрай енергоємне (камера при  $T \leq -20$  °C);
- 5.9 ГОТУВАННЯ (5) – енергоємне розморожування;



## 5.10 ОБМЕЖЕННЯ (5) – морозильна камера, саморозморозка, цвіль.

Узагальнення у вигляді табл. 1 аспектів (1 - 10) визначає у якості найбільш привабливим за загальною кількістю балів (26) засіб консервування висушуванням, хоча й не дуже переконливо (28...34). При цьому звертають увагу вкрай небажаний рівень (4 і 5) аспектів: «ЗАЛИШОК», «ПЕРЕРОБКА», «ПАКУВАННЯ» і «ГОТУВАННЯ».

Таблиця 1 –Тривале збереження фруктово-овочевих продуктів

п/п	Аспекти	Засоби консервування				
		Маринування	Висушування	Перетирання	Квашення	Заморозування
		Вплив консервування				
		гаряче	гаряче	прохолодне	прохолодне	холодне
<b>Перша група - функціональні властивості сировини та продукту</b>						
1	ЗАЛИШОК	5	4	3	2	1
2	СМАК	4	1	5	3	2
3	ТРИВАЛІСТЬ	1	3	4	2	5
4	КОНСЕРВАНТ	5	1	3	4	2
5	ПІДГОТОВКА	4	1	3	5	2
по першій групі Σ		19	10	18	16	12
<b>Друга група - ресурсні потреби на реалізації певного засобу</b>						
6	ПЕРЕРОБКА	3	5	2	1	4
7	ПАКУВАННЯ	4	5	2	3	1
8	ЗБЕРІГАННЯ	2	1	4	3	5
9	ГОТУВАННЯ	2	4	1	3	5
10	ОБМЕЖЕННЯ	4	1	3	2	5
по другій групі Σ		15	16	12	12	20
<b>Загалом по засобам Σ</b>		<b>34</b>	<b>26</b>	<b>30</b>	<b>28</b>	<b>32</b>

Подальше порівняння засобів доцільно здійснити за двома характерними групами аспектів, які поділені відповідно переважного функціонального призначення та можуть бути умовно представлені наступним чином:

– перша група - функціональні властивості сировини та продукту, що об'єднує аспекти (1...5) «ЗАЛИШОК», «СМАК», «ТРИВАЛІСТЬ», «КОНСЕРВАНТ» й «ПІДГОТОВКА», яка дозволяє надати уявлення відносно можливості та доцільності застосування певного засобу;

– друга група - ресурсні потреби на реалізації певного засобу, що об'єднує аспекти (6...10) «ПЕРЕРОБКА», «ПАКУВАННЯ», «ЗБЕРІГАННЯ», «ГОТУВАННЯ» та «ОБМЕЖЕННЯ», яка дозволяє надати уявлення відносно проблем застосування певного засобу.

Розгляд аспектів першої групи не виявив протиріччя відносно негативного впливу підвищення температурного режиму реалізації засобу консервування на «ЗАЛИШОК» при неоднозначному впливі на інші. Незалежно від «гарячого» чи «холодного» засобу консервування

майже відсутній вплив висушування чи заморожування на первинний «СМАК» при відсутності консервантів. Їх наявність призводить до радикальної зміни усього комплексу функціональних властивостей та супроводжується руйнуванням виключно важливих харчових волокон. Безпосередньо прямого зв'язку між температурним режимом засобу та аспектами «ТРИВАЛІСТЬ» й «ПІДГОТОВКА» не виявлено. Термін зберігання за аспектом «ТРИВАЛІСТЬ» більше ніж 8...12 місяців, тобто від врожаю до врожаю, економічно недоцільно без особливої потреби. В межах групи функціональних властивостей найбільш привабливим за балами виглядає засіб висушування «гаряче» (10, хоча й близьким є заморожування - 12), який обмежує лише «ЗАЛИШОК».

Враховуючи висновки за аналізом першої групи, аспекти другої групи немає сенсу розглядати відносно засобів з потребою залучення консервантів та які призводять до зміни первинних властивостей. Тобто виключено із розгляду засоби консервування маринуванням, перетиранням чи квашенням, хоча за балами по другій групі мають переваги на засобами висушування «гаряче» (16) і заморожування (20). При близьких значеннях аспектів «ПЕРЕРОБКА» та «ГОТУВАННЯ» засіб висушування «гаряче», у порівнянні із заморожуванням, значно поступається за аспектами «ПАКУВАННЯ» та значно випереджає за аспектами «ЗБЕРІГАННЯ» й «ОБМЕЖЕННЯ».

Але незважаючи на загально позитивний результат за балами (26) поширення засобу висушування «гаряче» обмежує вирішальний недолік – недостатня спроможність до збереження харчової цінності.

На підставі сучасних конструкційно-технологічних напрацювань доцільно розглянути можливості до безконсервантного тривалого збереження харчової цінності фруктово-овочевої сировини/продуктів.

«ЗАЛИШОК»:

– при реалізації висушування «тепле», тобто коли температурний вплив відповідає кліматичному (зазвичай 30...60 °С), можливо доведення вміст сухої речовини до 80...90 % - вірогідність збереження харчової цінності навіть краще ніж при заморожуванні та здатність забезпечити достатню тривалість зберігання;

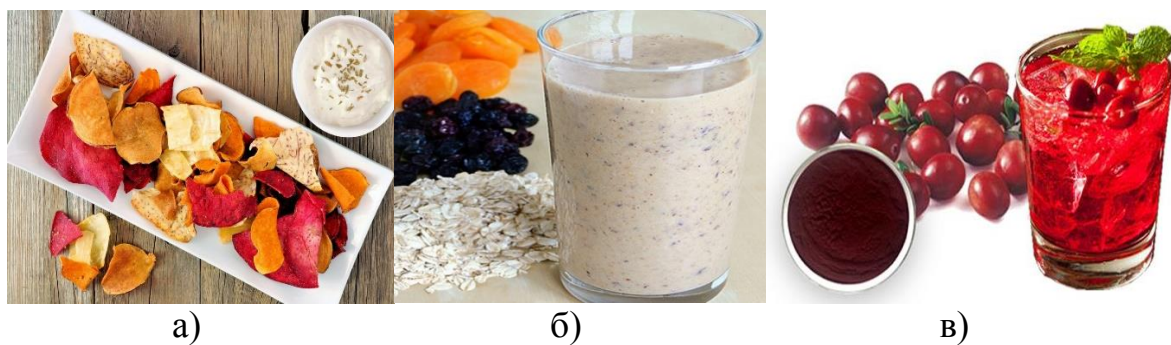
– при реалізації висушування «прохолодне», коли температурний вплив відповідає «нормальним умовам», вміст сухої речовини поступається «теплому» - збереження харчової цінності найбільше, але за невеликої тривалості.

«ПЕРЕРОБКА» - висушування «тепле» і «прохолодне», оскільки здійснюють при невисоких температурах, потребує заміни обладнання існуючого на інноваційне, а скороченню тривалості та енергоємності процесу сприяє надання сировині порошкоподібного стану.

«ПАКУВАННЯ» - порошкоподібний стан висушеного продукту, який, за потреби, може бути подрібнений додатково, обумовлює зменшення пакувального об'єму та збільшення швидкості зволоження.

«ГОТУВАННЯ» - після зберігання порошкоподібний продукт потребує розчинення/зволоження безпосередньо перед вживанням, що дозволяє уникнути потреби залучення будь-яких консервантів.

Подальше використання розчиненого/зволоженого порошку фруктово-овочевого продукту можливо [13-15] завдяки (рис. 1): згущення, формування і підсушування у разі СНЕКІВ, згущення і фрезуванням у разі СМУЗІ, охолодження і освітленням у разі НАПОЇВ.



а – снеки; б – смузі чи коктейлі; в – напої.

Рис. 1. Загальний вигляд готових до вживання безконсервантних фруктово-овочевих виробів.

Загальним для усіх трьох різновидів готових фруктово-овочевих продуктів є процес розчинення/зволоження порошку до стану вологого концентрату, який використовують у якості основи певного виробу. При цьому, незалежно від технології виробу, температурний вплив залишається однаково мінімально можливим, а, відповідно, й майже максимально можливий залишок харчової цінності.

Деяке ускладнення технології є наслідком надання кінцевому продукту певної в'язкості (смузі) та особливої хрусткості (снеків). Але при повсякденному вживанні, за відсутністю принципових вимог до стану, вигляду й структури готового виробу, більш простим та зручним може бути виробництво рідких теплих або прохолодних напоїв (соків).

Нажаль більшість інноваційних проектів, навіть незважаючи на належне обґрунтування та експериментальне відпрацювання в умовах науково-дослідних установ, так й не набувають практичної реалізації. Але відомо окремі позитивні приклади [16-18], як стрімке поширення офісних чи побутових кулерів охолодження/нагрівання рідких виробів.

Вдала присутність кулерів на споживчому ринку, коли пройдено етапи практичного відпрацювання та подолання недовіри до нового обладнання, дозволяє позиціювати інновацію як наступний крок науково-технічного прогресу [19]. Додатково надано функціональні

вузли з підготовки фруктово-овочевої сировини, переробки і зберігання її у вигляді порошкоподібного безконсервантного продукту, а також задіяні існуючі вузли охолодження/нагрівання при готуванні виробу.

Принципово новий єдиний комплексний інноваційний пристрій типу «FOODKEEPER» за концепцією «ЗРУЧНА ЇЖА» дозволяє не тільки розширити асортимент виробів по консистенції, а надати якісно нового рівня споживчій функції – ресурсоощадливе безконсервантне та компактне тривале зберігання при максимально можливому збереженні сировиною харчової цінності.

*Висновки.* Найбільш перспективним, відповідно думки авторів, виглядає пріоритет на висушування «тепле» чи «прохолодне», зберігання фруктово-овочевої сировини у порошковому стані та створення безконсервантних виробів безпосередньо перед вживанням, залучаючи комплексний ресурсоощадливий інноваційний прилад типу «FOODKEEPER».

#### Література:

1. Науменко О. П., Науменко М. О. Концепція «зручна їжа», це значно більше, ніж спрощення технології повсякденного харчування. *Економічний вісник ДНБЗ УДХТУ*. 2018. № 1(7). С. 132-138.
2. Основні фактори втрат та погіршення якості свіжої плодоовочевої продукції. URL: <http://foodtechnology.info> (дата звернення: 04.03.2020).
3. Умови зберігання фруктів та овочів у сховищах. URL: <http://agro-business.com.ua> (дата звернення: 04.03.2020).
4. Як зберегти вітаміни сушка, консервування або заморожування? URL: <https://animalukr.ru> (дата звернення: 04.03.2020).
5. Як зберегти продукти надовго. URL: <https://harchi.info> (дата звернення: 04.03.2020).
6. Як краще заготовити фрукти-овочі на зиму? URL: <https://www.0532.ua> (дата звернення: 04.03.2020).
7. Науменко О. П., Науменко М. О., Науменко О. О. Інжиніринг буденної їжі покоління Z : навч. посібник. Дніпро : УДХТУ, 2019. 111 с.
8. Науменко О. П. Матеріалознавча складова пакувального виробу-трансформеру «ЗРУЧНА УПАКОВКА» за концепцією «ЗРУЧНА ЇЖА». *Економічний вісник ДНБЗ УДХТУ*. 2018. № 2(8). С. 137-142.
9. Naumenko O. P. Utilization composition of packaging-transformer "CONVENIENT PACKAGING" for concept of "CONVENIENT FOOD". *Економічний вісник ДНБЗ УДХТУ*. 2019. № 1(9). С. 41-48.

10. Устенко І. А. Характеристика збагачених напоїв на основі фруктових та овочевих наповнювачів. *Наукові праці ОНАХТ*. Одеса, 2015. Т. 2. Вип. 46, т. 2. С. 24-28.

11. Тележенко Л. Н., Безусов А. Т. Биологически активные вещества фруктов и овощей и их сохранение при переработке. Одесса: Optimum, 2004. 268 с.

12. Ткаченко С. Й., Співак О. Ю. Сушильні процеси та установки: навч. посібник. Вінниця: ВНТУ, 2007. 76 с.

13. Революція солодошів. Українці шукають на полицях фруктово-овочеві снеки. URL: <https://agro.guide> (дата звернення: 03.03.2020).

14. Смузі із сухофруктів. URL: <http://cookery.com.ua> (дата звернення: 03.03.2020).

15. Порошок фруктового та овочевого соку. URL: <http://ua.klifepowderextracts.com> (дата звернення: 03.03.2020).

16. Как выбрать кулер для воды. URL: <https://cooler-water.com.ua> (дата звернення: 02.03.2020).

17. Кулеры для воды. URL: <http://lux-ua.com.ua> (дата звернення: 02.03.2020).

18. Кулер для офісу і будинку, чи є потреба? URL: <https://woda.od.ua> (дата звернення: 02.03.2020).

19. Науменко О. П., Липницька Т. В., Лобко А. Р. Конструкційно-технологічні аспекти обрання способу створення плодово-овочевих напоїв. *Інноваційні аспекти розвитку обладнання харчової і готельної індустрії в умовах сучасності*: тези доп. III міжнар. наук.-практ. конференції (м. Мелітополь, 4-6 вер. 2019 р.). Мелітополь, 2019. С. 55-56.

## **МОДЕЛЮВАННЯ РЕСУРСООЩАДЛИВОГО ЗАСОБУ ТА ПРИЛАДУ БЕЗКОНСЕРВАНТНОГО ЗБЕРЕЖЕННЯ ХАРЧОВОЇ ЦІННОСТІ ФРУКТОВО-ОВОЧЕВИХ ВИРОБІВ**

Науменко О. П., Науменко М. О., Науменко О. О.

### **Анотація**

Свіжу фруктово-овочеву сировину зберігають, але недовго – волога прискорює гниття та втрату харчової цінності. Споживачів супроводжує безліч тари та кришок. Відносно пріоритету «ЗАЛИШОК ХАРЧОВОЇ ЦІННОСТІ» переглянуті сучасні засоби консервування. Найбільш перспективним, за думкою авторів, виглядає переробка фруктово-овочевої сировини висушуванням «тепле» чи «прохолодне» з подрібненням у порошок, її герметизація й безконсервантне зберігання, відновлення безпосередньо перед вживанням виробу. Передбачене використання єдиного комплексного інноваційного пристрою «FOODKEEPER» за концепцією «ЗРУЧНА ЇЖА», що дозволяє не тільки розширити асортимент по консистенції, а надати якісно нового рівню споживчої функції – ресурсоощадливе безконсервантне та компактне тривале зберігання з максимально можливим збереженням сировиною харчової цінності.

**Ключові слова:** харчова цінність, єдиний прилад, безконсервантні вироби.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕСУРСОБЕРИГАЮЩЕГО СПОСОБА И ПРИБОРА БЕЗКОНСЕРВАНТНОГО СОХРАНЕНИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ ЦЕННОСТИ ФРУКТОВО-ОВОЩНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Науменко А. П., Науменко М. А., Науменко А. А.

### Аннотация

Свежее фруктово-овощное сырье хранят, но недолго – влага ускоряет гниение и потерю продуктовой ценности. Потребителей сопровождает множество тары и крышек. Относительно приоритета «ОСТАТОК ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ ЦЕННОСТИ» пересмотрены современные способы консервирования. Наиболее перспективным, по мнению авторов, выглядит переработка фруктово-овощного сырья высушиванием «теплое» или «прохладное» с дроблением в порошок, его герметизация и безконсервантное хранение, восстановление непосредственно перед потреблением изделия. Предусмотрено применение единого комплексного инновационного прибора типа «FOODKEEPER» за концепцией «УДОБНАЯ ЕДА», что позволяет расширить ассортимент по консистенции, а достигнуть качественно нового уровня потребительской функции – ресурсосберегающее безконсервантное и компактное длительное хранение с максимально возможным сохранением сырьем продовольственной ценности.

**Ключевые слова:** продуктовая ценность, единый прибор, безконсервантные изделия.

## MODELING OF RESOURCE-SUSTAINABLE MEANS AND DEVELOPMENT CONSERVATION DEVICES FOOD VALUES OF FRUIT AND VEGETABLE PRODUCTS

O. P. Naumenko, M. O. Naumenko, O. O. Naumenko

### Summary

Fresh fruit and vegetable raw materials are stored, but not for long - moisture accelerates rot and loss of nutritional value. Fruits contain water 80...90%, substances dissolved 8...15% and undissolved (pulp) 2...4% - which influence the physiological activity of the human body. That is, when consumed 1 kg of fruit and vegetable mass, the nutritional value potentially contains only 20...40 g of pulp, which, especially given the technological losses of canning, seems like a disrespect for the use of resources. Consumers are accompanied by many containers and lids. With regard to the priority of "FOOD VALUE RESIDUE", the 10 most common aspects reviewed are the most common preserving agents: pickling; drying; freezing; rubbing; fermentation.

Despite the generally positive result on hot spread distribution points, the hot fix limits the decisive disadvantage - insufficient nutritional value. Drying "warm", which corresponds to seasonal climatic conditions, allows to bring the content of dry matter up to 80 ... 90% at preserving nutritional value even better than at freezing. Drying "cool", which corresponds to the off-season conditions, provides the greatest conservation of nutritional value, but at less than the "warm" content of dry matter.

According to the authors, the most promising is the processing of fruit and vegetable raw materials by drying "warm" or "cool" with grinding into powder, its sealing and unpreserved storage, restoration just before the use of the product. The use of a single complex innovative device "FOODKEEPER" according to the concept "CONVENIENT FOOD", which allows not only to expand the assortment by consistency, but to acquire a qualitatively new level of consumer function - resource-saving unpreserved and compact long-term storage of food with maximum value.

**Key words:** nutritional value, single appliance, unpreserved products.

## ТЕОРІЯ ТА ПРАКТИКА ВИКОРИСТАННЯ СТРУМИННОГО ЗМІШУВАННЯ В СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІЙ ТА ХАРЧОВІЙ ГАЛУЗЯХ ЕКОНОМІКИ УКРАЇНИ

Самойчук К. О., д.т.н.,

ORCID: 0000-0002-3423-3510

В'юник О. В., інженер\*

ORCID: 0000-0002-6413-5567

Ломейко О. П., к.т.н.,

ORCID: 0000-0001-7407-545X

Галько С. В., к.т.н.

ORCID: 0000-0001-7991-0311

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

*імені Дмитра Моторного*

Тел. (0619) 42-13-06

*Постановка проблеми.* Перемішування рідких компонентів є широко розповсюдженим процесом у різних галузях економіки України, зокрема у сільськогосподарському виробництві (приготування маточних розчинів, що використовуються у рослинництві, садівництві, тваринництві, птахівництві) та харчовій промисловості (приготування різноманітних розчинів, емульсій, тощо). В наш час гостро стоїть питання енергозбереження, тому є актуальним розробка та впровадження у виробництво змішувачів апаратів, які забезпечать якісне перемішування рідких компонентів при мінімальних витратах енергії та часу.

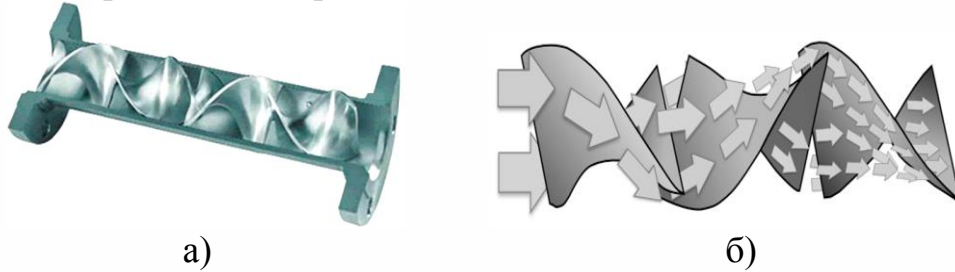
*Аналіз останніх досліджень.* Існують різні способи перемішування рідких компонентів: пневматичне, інерційне в потоці рідини, циркуляційне, механічне або струминне (в залежності від методу підведення енергії в середовища, що перемішуються) [1]. В результаті аналізу різних способів перемішування рідин було виділено найбільш перспективні. Ними є перемішування в проточних змішувачах та струминне перемішування [2].

Перемішування в трубопроводах і проточних змішувачах досить давно відоме в системах водоочищення і водопідготовки в харчовій та хімічній промисловості. Сьогодні цей метод розвивається дуже активно, в тому числі в хімічних реакторах, у фармацевтичній і харчовій промисловості, за кордоном – на підприємствах синтезу пластмас. При цьому процеси, що традиційно проводяться в ємнісній апаратурі, переводяться на проточні виробничі схеми [3 – 6]. На рисунку 1 представлена схема проточного (статичного) змішувача. Перемішування здійснюється в результаті проходження змішуваних компонентів через насадку складного профілю, розташовану



всередині трубопроводу.

Статичні змішувачі відрізняються один від одного за конфігурацією, довжиною, діаметром і набором інших показників, і в цілому дозволяють змішувати великий спектр дво- і багатокомпонентних матеріалів різної в'язкості, густини, хімічної природи і практичного призначення.

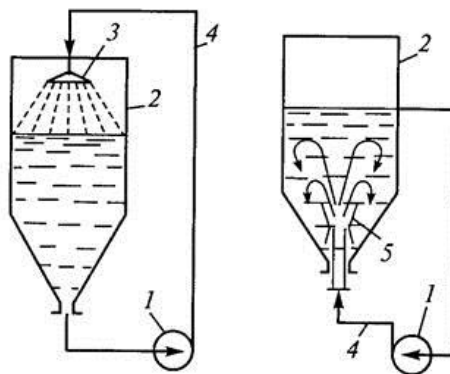


а) – будова; б) – поділення потоку.

Рис. 1. Проточний змішувач.

Значним недоліком статичних змішувачів є те, що вставні елементи, які забезпечують інтенсифікацію турбулентного руху рідини, одночасно з цим створюють надмірний гідравлічний опір апарату.

Струминне змішування в резервуарі (циркуляційне змішування) здійснюється за допомогою вмонтованих або винесених насосів, які багаторазово переміщують рідину в об'ємі апарату. Застосовують для підтримування рівномірного розподілу частинок в рідині, або вирівнювання концентрації та температури в об'ємі апарату. До схеми апарату циркуляційного перемішування належать: ємність, циркуляційний насос, трубопроводи, запірно-регулююча апаратура (рис. 2). Такі апарати використовують для одержання гомогенних (однорідних) розчинів і неоднорідних систем – суспензій та емульсій, для сатурації рідини з метою отримання газованих напоїв.



1 – насос; 2 – ємність; 3 – розбризкувач; 4 – труба; 5 – ежектор.

Рис. 2. Схеми циркуляційного перемішування.

Струмін рідини, що виходить з робочого сопла струминного змішувача (рис 3), створює частковий вакуум у вхідному конусі дифузору, і, таким чином, потік рідини зтягується і захоплюється з



резервуару. Робочий струмінь змішується із захопленою рідиною та прискорює її потік. Рідка суміш, що виходить із струминного змішувача, розповсюджується у формі конусу та захоплює більше рідини, яка знаходиться поруч.



Рис. 3. Струминні змішувачі.

При правильному встановленні одного, або декількох струминних змішувачів (рис.4) можливо отримати тривимірний потік у ємності, де відбувається змішування вмісту до однорідного стану.

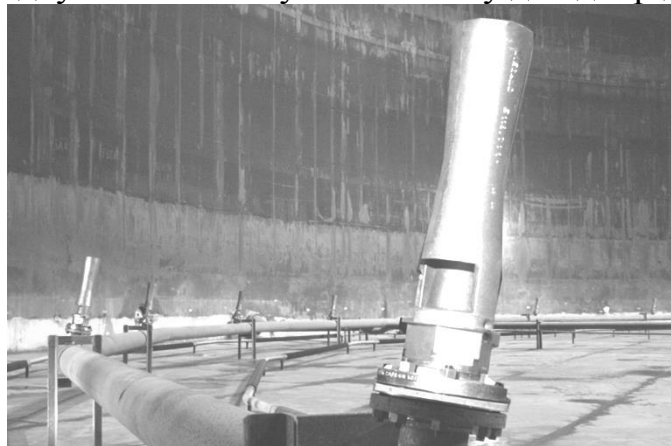


Рис. 4. Струминні змішувачі, встановлені в резервуарі.

Перевагами апаратів циркуляційного перемішування є відсутність рухомих частин, простота та надійність в експлуатації. Струминні змішувачі, що встановлюють в апарати, не потребують технічного обслуговування, якщо їх виготовлено з правильно вибраного матеріалу, вони мають майже необмежений термін експлуатації.

Недоліками циркуляційного перемішування є збільшення витрат енергії на транспортування за рахунок зростання втрат напору через тертя та місцеві опори, а також підвищена витрата електроенергії за рахунок високої кратності процесу та періодичний спосіб дії.

На сьогоднішній день найбільш дослідженим є процес струминного перемішування в резервуарі. Для різних конструкцій струминних змішувачів проведені експериментальні дослідження і визначено велику кількість залежностей [7 – 16], але ці залежності не є універсальними і не можуть бути використаними для будь-якого струминного змішувача.

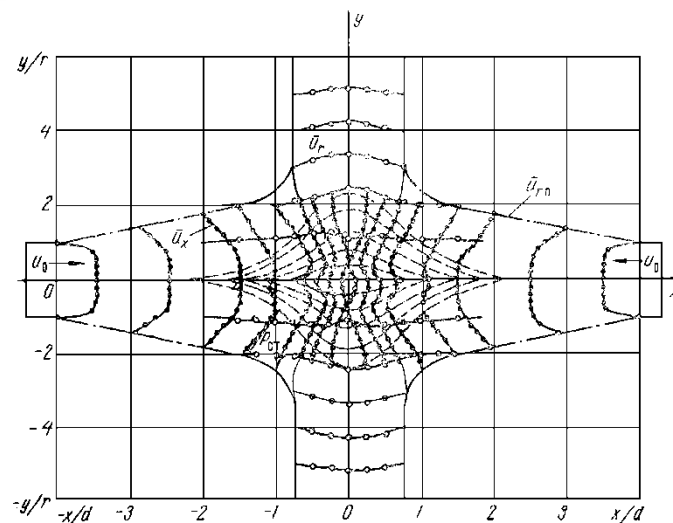
Зіткнення струменів є одним з ефективних методів

інтенсифікації різних процесів. Суть методу полягає в тому, що струмені направляють назустріч один одному так, що відбувається їх зіткнення. Осі струменів можуть бути розташовані на одній лінії або під кутом один до одного. В результаті зіткнення струменів утворюється виключно складний сумарний потік, який відрізняється інтенсивним загасанням швидкостей і температур. Тому процес зіткнення прийнято характеризувати властивістю гасіння енергії. Внаслідок гідродинамічного гальмування відбувається порушення стаціонарності процесу. Це є причиною специфічних явищ, які супроводжують формування результуючих струменів. Зміна кута між зустрічними струменями впливає на інтенсивність процесів тепло-масопереносу і найбільшою вона є при куті зустрічі струменів  $180^\circ$ .

В даний час відсутній єдиний підхід до оцінки ефекту струменів, що стикаються. Це можна пояснити різноманіттям початкових умов витікання струменів, зіткнення і формування. Накопичені певні експериментальні дані, що описують конкретні процеси або пристрої.

*Формулювання цілей статті (постановка завдання).* Обґрунтувати основні теоретичні та практичні результати (схеми та механізми) змішування рідких компонентів. Охарактеризувати перспективи їх використання в сільськогосподарській та харчовій галузях економіки України.

*Основна частина.* В результаті дослідження гідродинаміки зустрічних струменів було отримано поля відносних аксіальних і радіальних швидкостей, також ізобари статичних тисків у різних перетинах зустрічних струменів (рис. 5) [17].

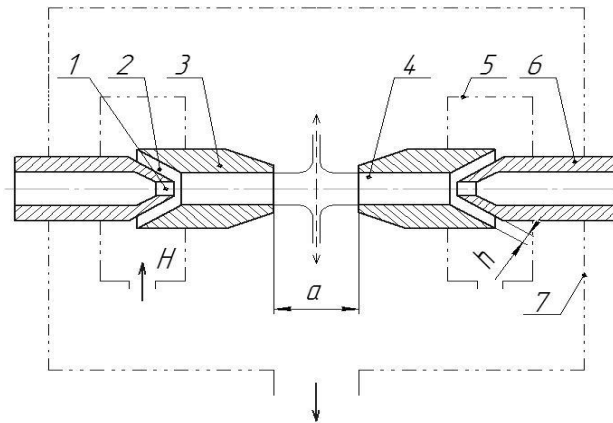


$u_0$  – початкова швидкість струменя;  $\overline{p_{ст}}$  – ізобари статичних тисків;  
 $u_r$  – профіль радіальних швидкостей;  $u_{r0}$  – вільна лінія току.

Рис. 5. Поля відносних швидкостей та статичних тисків в зоні зіткнення струменів.

З рисунку 5 видно, що процес зіткнення потоків можливо представити як удар двох струменів однакового діаметру в уявну плоску стінку, розташовану симетрично зустрічним потокам, перпендикулярно вісі трубопроводів. Струмінь рідини, що виходить з трубопроводу, спочатку веде себе як вільний затоплений струмінь, який витікає в необмежений простір, і має характерний профіль швидкостей. Починаючи з відстані у два калібри від межі зустрічі струменів, профіль струменя деформується: з'являється провал в профілі аксіальних швидкостей на вісі потоку, який збільшується із наближенням до межі зіткнення струменів, а вектори швидкостей починають повертатись у напрямку, перпендикулярному вісі трубопроводу.

В результаті проведених раніше аналітичних досліджень існуючих струминних змішувачів [18] було розроблено конструкцію протитечійно-струминного змішувача. Схему розробленої конструкції представлено на рис. 6.

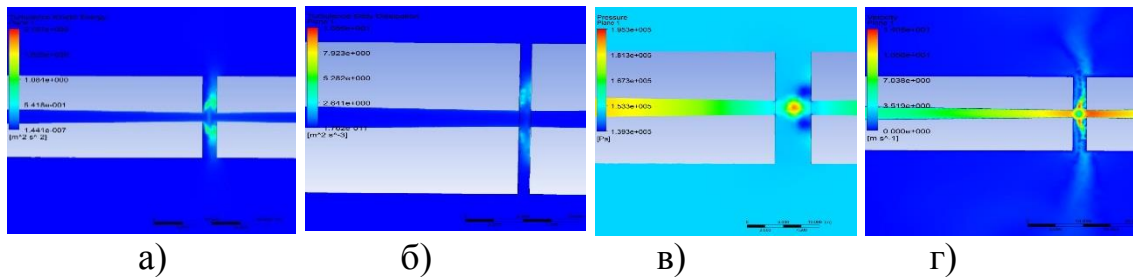


1 – робоче сопло; 2 – камера ежекції; 3 – камера змішування; 4 – сопло камери змішування; 5 – камера подачі підмішуваного компонента; 6 – робочий патрубок; 7 – камера збору рідини; а – відстань між соплами; Н – напір подачі підмішуваного компонента; h – кільцевий зазор камери ежекції.

Рис. 6. Схема протитечійно-струминного змішувача.

Дослідження струминного змішування рідин є складним процесом. Встановлення необхідних фізичних величин процесу змішування в лабораторних умовах є дуже проблематичним. Отримання деяких даних процесу є зовсім неможливим, тому звертаються до симуляції процесу в програмному комплексі ANSYS.

В результаті моделювання процесу змішування в програмному комплексі ANSYS були створені поля кінетичної енергії турбулентності, її дисипації, швидкостей і тиску в камері змішування при різних значеннях відстані між соплами форсунок (рис.7) [19].

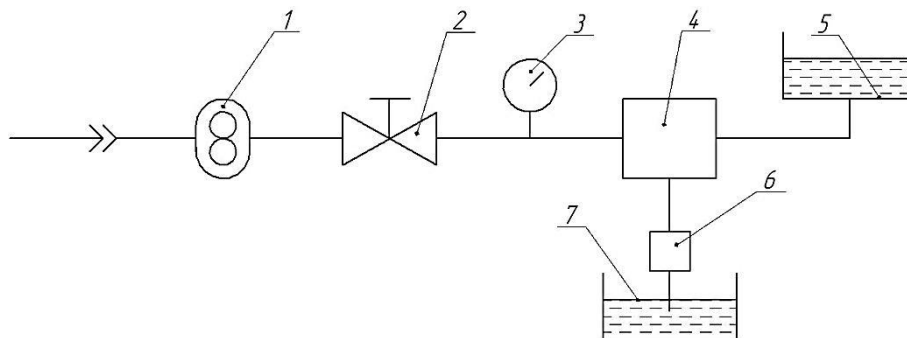


а – поле кінетичної енергії турбулентності; б – поле дисипації кінетичної енергії турбулентності; в – поле тисків; г – поле швидкостей.

Рис. 7. Результати моделювання процесу змішування.

Аналіз результатів проведених аналітичних досліджень дозволив визначити один з найважливіших конструктивних параметрів змішувача – відстань  $a$  між соплами форсунок ( $a=d_c$ ).

Для проведення експериментальних досліджень було розроблено методику їх проведення та розроблено і виготовлено експериментальну установку, схему якої представлено на рисунку 8.



1 – насос; 2 – обертовий кран; 3 – манометр; 4 – протитечійно-струминний змішувач; 5 – ємність з підмішуваним компонентом (концентратом); 6 – кондуктометр; 7 – приймальна ємність для змішаного продукту.

Рис. 8. Схема лабораторна установка.

В результаті проведення експериментальних досліджень було отримано ряд залежностей, які пов'язують конструктивні параметри змішувача і технологічні параметри процесу змішування [20]. Отримані результати можуть бути використані при побудові аналітичної моделі протитечійно-струминних змішувачів, гомогенізаторів та інших гідравлічних апаратів.

Експериментальний зразок протитечійно-струминного змішувача при габаритних розмірах 200x200x150 мм, масі 1,5 кг, і продуктивності 350 л/год має питомі енерговитрати 2,68 Вт/л. У порівнянні з ним найбільш розповсюджені танки з мішалками при рівній продуктивності мають в 5–10 разів більші габаритні розміри, в 8 разів більшу масу і в 3–4 рази більші питомі енерговитрати. Це

свідчить про високу перспективність впровадження протитечійно-струминних змішувачів у сільськогосподарському виробництві (приготування розчинів поживних речовин для підкормки рослин, приготування розчинів отрутохімікатів, тощо), також у харчовій промисловості (виготовлення напоїв).

*Висновки.* Процес змішування рідких компонентів є дуже розповсюдженим у сільськогосподарській та харчовій галузях виробництва. Доцільність використання методу зіткнення струменів стосовно обладнання для змішування взаєморозчинних рідин впливає з умови зниження енергетичних витрат на процес перемішування компонентів. Перевагами протитечійно-струминного змішування є швидкий процес приготування продукту, невелика кількість продукту, що знаходиться в установці, немає необхідності в наявності об'ємних буферних танків, що дає можливість розміщувати систему в обмеженому просторі, економити робочі площі, оперативно реагувати на зміни в плануванні виробництва. Ступінь і ефективність перемішування в протитечійно-струминному змішувачі є дуже високими. Використання таких змішувачів у різних галузях виробництва дозволяє отримати більш прості та надійні технічні рішення порівняно з використанням інших змішувальних пристроїв.

#### Література:

1. Штербачек З., Тауск П. Перемешивание в химической промышленности / Пер. с чешск. Ленинград: Госхимиздат, 1963. 417.
2. Самойчук К. О., Полудненко О. В. Аналіз обладнання для перемішування рідких компонентів. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь. 2011. Вип. 11, т. 6. С. 226–233.
3. Laporte M., Loisel C., Della Valle D., Riaublanc A., Montillet A. Low process conditions to control the void fraction of food foams in static mixers. *Journal of Food Engineering*. 2014. 128. P. 119–126.
4. Taweela A. M., Azizib F., Siriyeerachai G. Static mixers: Effective means for intensifying mass transfer limited reactions. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*. 2013. 72. P. 51–62.
5. Zhang L., Dong J., Jiang B., Sun Y., Zhang F., Hao L. Static mixers: A study of mixing performance of polyacrylamide solutions in a new-type static mixer. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*. 2015. 88. P. 19–28.
6. Pozrikidis C. Fluid Dynamics: Theory, Computation, and Numerical Simulation. 2nd ed. New York : Springer, 2009.
7. Wasewar K. L., Sarathy J. V. CFD Modelling and simulation of jet mixed tanks. *Engineering applications of Computational Fluid Mechanics*. 2008. Vol. 2, No. 2. P. 155–171.
8. Sendilkumar K., Kalaichelvi P., Perumalsamy M., Arunagiri A.,

Raja T. Computational fluid dynamic analysis of mixing characteristics inside a jet mixer for newtonian and non newtonian fluids. *Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science*. 2007. 9 p.

9. Saravanan K., Sundaramoorthy N., Mohankumar G., Subramanian N. Studies on some aspects of jet mixers I: Hydrodynamics. *Modern Applied Science*. 2010. Vol. 3, № 4. P. 51–59.

10. Wasewar K. L. A design of jet mixed tank. *Chemical and Biochemical Engineering*. 2006. 20(1). P. 31–46.

11. Pan Gang, Meng Hui. An experimental study of turbulent mixing in a tee mixer using PIV and PLIF. *AIChE Journal*. 2001. Vol. 47, is. 12. P. 2653–2665.

12. Daas M., Srivasta R., Roeltan D. Submerged jet mixing in nuclear waste tanks: a correlation for jet velocity. *WM Symposia*. 2007. Vol. 41, is.14. P. 9.

13. Joshua Jacob Engelbrecht. Optimization of a hydraulic mixing nozzle. Iowa State University, 2007. 65 p.

14. Espinosa E. Design Optimization of Submerged Jet Nozzles for enhanced mixing. FIU Electronic theses and dissertations, 2011.101 p.

15. Nienow A. W., Harnby N., Edwards M.F. Mixing in the Process Industries / ed. by A. W. Nienow. 2 nd ed. Oxford : Butterworth-Heinemann, 1997. 418 p.

16. Zlokarnik M. Stirring: Theory and Practice. Weinheim : Wiley-VCH, 2001. 362 p.

17. Эльперин И. Т., Мельцер В. Л., Павловский Л. Л., Енякин Ю. П. Процессы переноса во встречных струях. Минск: Наука и техника, 1972. 216 с

18. Самойчук К. О., Полудненко О. В. Результати аналізу конструкцій струминних змішувачів рідких компонентів. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь. 2013. Вип. 13., т. 1. С. 205-211.

19. Самойчук К. О., Полудненко О. В., Бездичный А. А. Аналитические исследования противоточно-струйного смесителя жидкостей. *Международный научный институт "Educatio"*. Новосибирск. 2014. №.7, ч. 3. С. 65 – 68.

20. В'юник О. В., Паніна В. В. Дослідження процесу змішування рідин у протитечійно-струминному змішувачі. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь. 2018. №2, т. 8. URL : [file:///C:/Users/admin/Downloads/nvtdau\\_2018\\_8\\_2\\_18.pdf](file:///C:/Users/admin/Downloads/nvtdau_2018_8_2_18.pdf) (дата звернення: 17.02.2020).

## ТЕОРІЯ ТА ПРАКТИКА ВИКОРИСТАННЯ СТРУМИННОГО ЗМІШУВАННЯ В СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІЙ ТА ХАРЧОВІЙ ГАЛУЗЯХ ЕКОНОМІКИ УКРАЇНИ

Самойчук К. О., В'юник О. В., Ломейко О. П., Галько С. В.

### Анотація

Перемішування рідких компонентів є широко розповсюдженим процесом у різних галузях економіки України, зокрема у сільськогосподарському виробництві та харчовій промисловості. В наш час гостро стоїть питання енергозбереження, тому є актуальним розробка та впровадження у виробництво змішувачів, які забезпечать якісне перемішування рідких компонентів при мінімальних витратах енергії та часу.

У статті наведено результати аналізу найбільш перспективних способів змішування взаєморозчинних рідин – перемішування в проточних змішувачах та струминного перемішування. Представлено схеми розглянутих способів змішування. Описано переваги та недоліки кожного способу.

В роботі розкрито суть одного з ефективних методів інтенсифікації різних процесів – протитечійно-струминного змішування. Надано схему розробленої конструкції протитечійно-струминного змішувача, результати моделювання процесу змішування в програмному комплексі ANSYS.

Наведено порівняльні характеристики експериментального зразку протитечійно-струминного змішувача і найбільш розповсюджених танків з механічними мішалками.

**Ключові слова:** змішування, рідина, протитечійно-струминний змішувач.

## ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТРУЙНОГО СМЕШЕВАНИЯ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ И ПИЩЕВОЙ ОТРАСЛЯХ ЭКОНОМИКИ УКРАИНЫ

Самойчук К. О., Вьюник О. В., Ломейко А. П., Галько С. В.

### Аннотация

Перемешивание жидких компонентов является широко распространенным процессом в различных отраслях экономики Украины, в частности в сельскохозяйственном производстве и пищевой промышленности. В настоящее время остро стоит вопрос энергосбережения, поэтому является актуальным разработка и внедрение в производство смешивающих аппаратов, которые обеспечат качественное перемешивание жидких компонентов при минимальных затратах энергии и времени.

В статье приведены результаты анализа наиболее перспективных способов смешивания взаиморастворимых жидкостей – перемешивания в проточных смесителях и струйного перемешивания. Представлены схемы рассмотренных способов смешивания. Описаны преимущества и недостатки каждого способа.

В работе раскрыта суть одного из эффективных методов интенсификации различных процессов – противоточно-струйного смешивания. Предоставлено схему разработанной конструкции противоточно-струйного смесителя, результаты моделирования процесса смешивания в программном комплексе ANSYS.

Приведены сравнительные характеристики экспериментального образца противоточно-струйного смесителя и наиболее распространенных танков с механическими мешалками.

**Ключевые слова:** смешивание, жидкость, противоточно-струйный смеситель.

## **THEORY AND PRACTICE OF USING JET MIXING IN AGRICULTURAL AND FOOD INDUSTRIES OF UKRAINE**

K. Samoichuk, O. Viunyk, O. Lomeiko, S. Halko

### **Summary**

Mixing of liquid components is a widespread process in various industries of Ukraine, particularly in the agricultural production and food industry. Energy saving is an urgent issue nowadays, so the development and implementation of mixing devices which will ensure the qualitative mixing of liquid components with minimal energy and time consumption is relevant.

The results of the analysis of the most promising ways of mixing soluble liquids - mixing in flow mixers and jet mixing are presented in the article. Schemes of the mixing methods considered are presented. The advantages and disadvantages of each method are described.

The essence of one of the effective methods intensification of various processes – counter-flow jet mixing is revealed in the work. The results of the study of hydrodynamics of oncoming jets - the scheme of fields of relative axial and radial velocities, as well as isobars of static pressures at different crossings of oncoming jets are shown.

The scheme of the developed design of the counter-flow jet mixer; results of modeling the mixing process in ANSYS software; fields of kinetic energy of turbulence, its dissipation, velocities and pressure in the mixing chamber at different values of the distance between the nozzle's orifice is given. The scheme of the developed laboratory setup is presented.

The comparative characteristics of the experimental sample of the counter-flow jet mixer and the most common tanks with mechanical stirrers are given. This data indicates a high prospect of implementation of counter-flow jet mixers in the agricultural industry (preparation of nutrient solutions for plant nutrition, preparation of poisonous chemical solutions, etc.), as well as in the food industry (production of beverages).

The expediency of using the method of collision of jets in relation to the equipment for mixing of soluble liquids in terms of reduction of energy costs for the process of mixing of components is proved. The advantages of counter-flow jet mixing are described.

**Key words:** research, mixing, fluid, counter- flow jet mixer.



## ЛАБОРАТОРНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ НА ПРОЦЕС ПРОРОЩУВАННЯ СОЛОДУ

Харитоновна А. І., інженер,\*

ORCID: 0000-0002-7085-3100

Олексієнко В. О., к.т.н.,

ORCID: 0000-0002-3438-874X

Петриченко С. В., к.т.н.,

ORCID: 0000-0003-3424-5316

Ломейко О. П., к.т.н.

ORCID: 0000-0001-7407-545X

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

*імені Дмитра Моторного*

Тел. (0619) 42-13-06

*Постановка проблеми.* Відомо, що у собівартості продукції тваринництва, зокрема птахівництва, найбільшу частку становлять корми. Тому питання зниження їх вартості удосконаленням технології вирощування, заготівлі, зберігання, приготування та згодовування мають першочергове значення.

Важливою характеристикою корму є отримання органічно чистої продукції тваринництва [1, 3], тому що харчові продукти, вироблені в умовах органічного землеробства, набувають все більшого попиту [2, 3]. Зазвичай балансування кормових раціонів для сільськогосподарських тварин і птиці ґрунтується на досить дорогих високопротеїнових компонентах, застосуванні регуляторів росту, біостимуляторів та харчових добавок. Тому вирішення питання одержання екологічно чистого корму низької вартості для птахівництва, зокрема курей-несучок, на основі пророщування зерна є актуальним у даний час.

*Аналіз останніх досліджень.* Вивчення процесу прискореного пророщування зерна в умовах іонізації повітря присвячена велика кількість робіт теоретичного та експериментального характеру. Дослідженням цього процесу в свій час займались Чижевський А. Л., Вяземський Т. І, Мічурін І. В., Крадьонов В. П., Шмигель В. Н., Сабінін Д. А., Ксенз Н. В., Окулова В. А., Рахманін В. Г., Ізаков Ф. Я., Блонська А. П., Долгових О. Г. та інші дослідники різних країн.

Результати досліджень процесів пророщування зерна, проведених різними авторами, недостатньо узгоджуються, а іноді носять суперечливий характер, тому дане питання потребує подальшого вивчення і уточнення основних закономірностей.

*Формулювання цілей статті (постановка завдання).* Метою даної роботи є визначення впливу основних технологічних параметрів на швидкість проростання зерна в барабанній установці [4, 5, 6].

*Основна частина.* В результаті проведених попередніх досліджень було визначено, що впливовими факторами на зростання довжини паростків кормового солоду є доза іонізації повітря, товщина шару зерна і вологість солоду [9].

Результати пасивного експерименту, виконаного при зазначених факторах, отримані у триразовій повторності, представлені в табл. 1.

Таблиця 1 – Результати пророщування солоду під дією технологічних факторів

№ досліджу	Значення факторів			Довжина паростків $L$ , см			
				Повторення			Середнє $L_{cp}$
	$R$ , тис. іонів в 1 см <sup>3</sup>	$h$ , см	$w$ , %	$L_1$	$L_2$	$L_3$	
1	10	2,0	43	21	19	22	20,7
2	10	3,0	44	20	19	22	20,3
3	1	2,5	45	18	20	20	19,3
4	100	2,0	46	21	22	22	21,7
5	10	3,0	47	17	20	24	20,3
6	1	2,5	43	21	23	20	21,3
7	100	2,0	44	21	23	24	22,7

Згідно міжнародного стандарту ISO 5725-2 первинні експериментальні дані лабораторних досліджень, подані в табл. 1, за повторенням (рядками) повинні перевірятися на наявність грубих помилок (артефактів) за критерієм Граббса і на однорідність дисперсій повторів (стовбців) за критерієм Кохрена.

Перевірка, виконана за критерієм Граббса свідчить про відсутність грубих помилок серед виконаних замірів повторень на прийнятному рівні статистичної значущості  $\alpha = 0,05$  для цієї та інших критеріальних оцінок, так як  $U_{(3)} = 1,1547 < U_{0,5(3)} = 1,155$ , тобто емпіричне значення критерію менше критичного.

Перевірка однорідності дисперсій, виконана за критерієм Кохрена, свідчить, що дисперсії повторів однорідні, так як має місце  $G_{(3;7)} = 0,5286 < G_{0,5(3;7)} = 0,5612$  – емпіричне значення критерію менше критичного. Таким чином заміри по повторенням статистично значуще не відрізняються між собою.

Як показує аналіз наукових робіт при оцінці впливу технологічних параметрів на досліджуваний об'єкт застосовується лише лінійна модель – рівняння регресії першого порядку, тому саме її ми і будемо використовувати у наших дослідженнях.

У результаті статистичної обробки даних за усіма повтореннями, наведеними у табл. 1, з використанням пакета прикладних програм Statistica одержана табл. 2, з представленням вільного члена та коефіцієнтів отриманої математичної моделі – рівняння регресії першого порядку та їхньої статистичної оцінки.

Таблиця 2 – Сумарне рівняння регресії, яке описує функцію відгуку при лабораторних дослідженнях

	Коефіцієнт <i>B</i>	Стандартна похибка <i>B</i>	Критерій Стьюдента <i>t</i> <sub>(3)</sub>	Рівень значущості, <i>p</i>
Вільний член	34,55775	9,23641	3,7415	0,0333
Доза іонізації <i>R</i>	0,02499	0,00963	3,4694	0,0404
Товщина шару зерна, <i>h</i>	0,50526	1,01121	3,3690	0,0434
Вологість солоду <i>w</i>	-0,35254	0,23808	3,2623	0,0471

Значущість вільного члена та коефіцієнтів отриманого рівняння визначена за *t*-критерієм Стьюдента (див. табл. 2) підтверджується величиною емпіричного рівня їх значущості варіюється у межах від 0,033 до 0,047, тобто він менше за прийнятий рівень значущості  $\alpha=0,05$ .

Визначений одночасно в табл. 2 скорегований коефіцієнт детермінації (коефіцієнт детермінації лінійної функції відгуку) становить  $R^2=0,607$ , тобто 60,7 % даних описується цим рівнянням.

Виконана при цьому перевірка рівняння регресії на придатність, тобто адекватність, виконана за *F*-критерієм Фішера, показує, що його розрахункове значення становить  $F_{(3;3)}=12,172$  при рівні значущості  $p=0,0347$ , тобто отримана математична модель статистично значуще описує досліджувану закономірність.

Саме рівняння регресії, яке є математичної моделлю досліджуваного процесу, тобто впливу досліджуваних факторів на залежну змінну, представлено виразом (1)

$$L = 34,5578 + 0,0250R + 0,505h - 0,353w. \quad (1)$$

Величина середнього значення довжини проростання зерна становить  $L = 20,9$  мм, вона відповідає значенням досліджуваних факторів: доза іонізації повітря  $R, = 33,14$  тис. іонів в  $1 \text{ см}^3$ , товщина шару зерна  $h, = 2,4$  см і вологість солоду  $w = 44,6$  %.

Отримане лінійне регресійне рівняння слід перевіряти на відсутність автокореляції (білого шуму) між спостережуваними показниками за методом Дарбіна-Уотсона [7, 10]. Цей метод придатний лише для оцінки лінійних рівнянь чи лінійних складових рівнянь нелінійного типу.

У пакеті прикладних програм Statistica для оцінки регресійних залишків функції відклику за методом Дарбіна-Уотсона визначаємо, що серіальна кореляція (тобто лінійна кореляція між сусідніми залишками), становить  $r_1=0,5413$ .

При відсутності автокореляції цей показник повинен знаходитися у межах від  $-t_{\alpha(n-1)}/\sqrt{n}$  до  $+t_{\alpha(n-1)}/\sqrt{n}$ , де  $n$  – обсяг вибірки.

У нашому випадку маємо для  $t_{0.5(7-1)} = 2,4469$ . У цьому разі отримуємо  $\pm 2,4469/\sqrt{7} = \pm 0,9248$  – таким чином зазначена умова виконується, що свідчить про відсутність автокореляції.

Результати лабораторних досліджень інтенсивності пророщування зерна ячменю під дією пар чинників – дози іонізації  $R$ , товщини шару зерна  $h$  і його вологості  $w$ , при фіксації третього фактору на нульовому рівні (відповідно – рівня іонізації  $R = 55$  тис. іонів на  $\text{см}^3$ , товщини шару зерна  $h = 2,5$  см і його вологості  $w = 45\%$ ) представлено виразами (2), (3), (4) які проілюстровані на рис. 1 поверхнями першого [8].

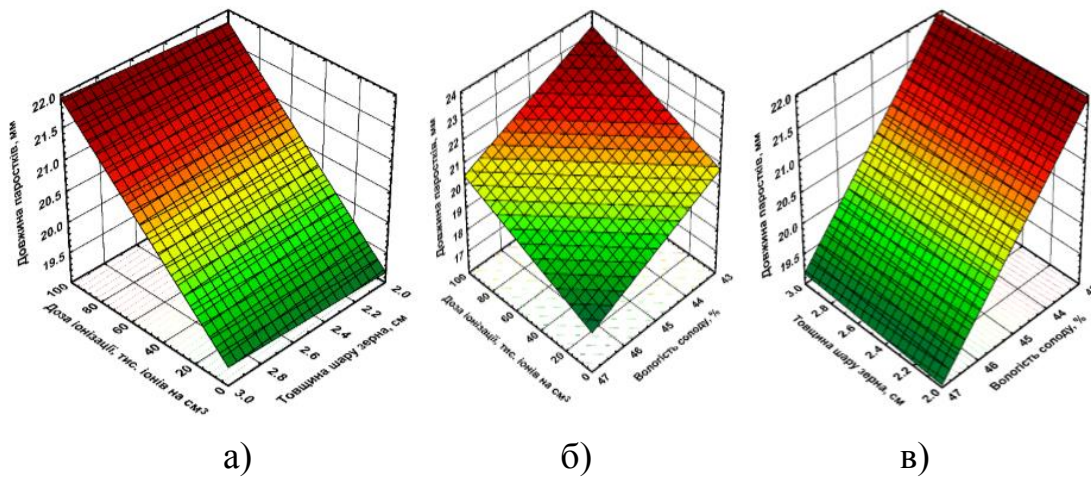


Рис. 1. Парний вплив факторів дози іонізації  $R$ , товщина шару зерна  $h$  і його вологості  $w$  на збільшення довжини паростків зерна ячменю.

$$L_{Rh} = 18,9028 + 0,0264 \cdot R + 0,1341 \cdot h; \quad (2)$$

$$L_{Rw} = 52,027 + 0,0264 \cdot R - 0,7286 \cdot w; \quad (3)$$

$$L_{hw} = 53,0225 + 0,1314 \cdot h + 0,7286 \cdot w. \quad (4)$$

Аналізуючи вирази (2), (3), (4) і рис. 1, бачимо, що інтенсивність швидкості пророщування зерна в барабанній установці статистично значуще зростає зі збільшенням дози іонізації повітря, зменшується з його вологістю і практично не залежить від товщини шару зерна.

Із цього можна зробити висновок, що для інтенсифікації процесу пророщування зерна слід підтримувати необхідну постійну вологість при дії на нього відповідної дози іонізації повітря і у разі необхідності продуктивність процесу регулювати зміною товщини шару солоду.

*Висновки.* Отже, проведений аналіз результатів лабораторних досліджень процесу пророщування солоду в установці барабанного типу дає змогу зробити наступні висновки:

1. Значущість вільного члена та коефіцієнтів отриманого рівняння визначена за  $t$ -критерієм Стюдента підтверджується величиною емпіричного рівня їх значущості варіюється у межах від 0,033 до 0,047, тобто він менше за прийнятий рівень  $\alpha = 0,05$ .

2. Перевірка одержаного лінійного рівняння регресії на придатність, тобто адекватність, виконана за  $F$ -критерієм Фішера, показує, що його рівень значущості становить  $p = 0,0347$ , тобто отримана математична модель статистично значуще описує досліджувану закономірність, причому вона пояснює 60,7 % досліджуваних експериментальних значень.

3. Середнє значення довжини проростання зерна становить  $L = 20,9$  мм, воно відповідає значенням досліджуваних факторів: доза іонізації повітря  $R = 33,14$  тис. іонів в  $1 \text{ см}^3$ , товщина шару зерна  $h = 2,4$  см і вологість солоду  $w = 44,6$  %.

4. Аналіз отриманої математичної моделі показує, що теоретично зі збільшенням дози іонізації повітря до 100 тис. іонів в  $1 \text{ см}^3$  інтенсивно зростає швидкість проростання зерна, у той час як збільшення вологості з 43 % до 47 % і товщини шару зерна з 2 см до 3 см повільно зменшує цей показник.

#### Література:

1. Саблук П. Т., Ходаківська О. В. Екологізація агропромислового виробництва – визначальна складова сучасної аграрної політики. *Перспективи екологізації аграрного виробництва України* / за ред. Ю. О. Лупенка, О. В. Ходаківської. Київ: ННЦ ІАЕ, 2012. 182 с.

2. Бейдик Н. М. Формування попиту на продукцію органічного виробництва. *Свинарство*. 2009. № 57. С. 50–56.

3. Guljamilya Kydyrova. Проращивание зерна. *Pinterest*: сайт. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=fEKEvmhkFa8&t=322s> (дата звернення: 12.03.2020).

4. Спосіб виробництва солоду: пат. 102571 Україна: МПК (2015.01) С12С 1/00. № 201503555; заявл. 16.04.2015, опубл. 10.11.2015. Бюл. № 21.

5. Пристрій для пророщування солоду: пат. 103227 Україна: МПК С12С 1/027 (2006.01). № 201505082; заявл. 25.05.2015, опубл. 10.12.2015. Бюл. № 23.

6. Пристрій для пророщування солоду із коаксіальними ємностями: пат. 140160 Україна: МПК С12С 1/027 (2006.01). № 201907261; опубл. 10.02.2020. Бюл. № 3.

7. Обработка экспериментальных данных в Excel: методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов дневной формы обучения. Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2012. 32 с.

8. Мілько Д. О., Бакарджиєв Р. О., Комарова І. Б. Тернарне представлення поверхні відклику трифакторного експерименту. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2015. Вип. 15, т. 3. С. 224–229.

9. Харитоновна Г. І., Олексієнко В. О. Розробка технологій прискороного дозрівання солоду. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2015. № 1 (91). С. 73–75.

10. Козлов А. Ю., Мхитарян В. С., Шишов В. Ф. Статистические функции Excel в экономико-статистических расчетах. Москва: Юнити-Дана, 2010. 233 с.

## **ЛАБОРАТОРНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ НА ПРОЦЕС ПРОРОЩУВАННЯ СОЛОДУ**

Харитоновна А. І., Олексієнко В. О., Петриченко С. В., Ломейко О. П.

### **Анотація**

В роботі проведено аналіз результатів лабораторних досліджень процесу пророщування солоду для корму курей. Наведено результати швидкості пророщування солоду в залежності від технологічних параметрів: дози іонізації повітря, товщини шару і вологості солоду. Виконано перевірку на наявність грубих помилок і однорідність дисперсій повторів експериментальних даних, яка показала, що заміри по повторенням статистично значуще не відрізняються між собою. Отримана лінійна адекватна математична модель, яка на 60,7 % відповідає експериментальним значенням. Згідно неї збільшення дози випромінювання при іонізації повітря викликає інтенсивне зростання швидкості проростання зерна, у той час як збільшення вологості і товщини шару зерна повільно зменшує цей показник.

**Ключові слова** – лабораторні дослідження, доза іонізації повітря; товщина шару зерна; вологість солоду; швидкість пророщування; математична модель, перевірка на придатність, рівняння регресії.

## **ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ПРОЦЕСС ПРОРАЩИВАНИЯ СОЛОДА**

Харитоновна А. И., Алексеенко В. А., Петриченко С. В., Ломейко А. П.

### **Аннотация**

В работе проведен анализ результатов лабораторных исследований процесса проращивания солода для корма кур. Приведены результаты скорости проращивания солода в зависимости от технологических параметров: дозы ионизации воздуха, толщины слоя и влажности солода. Выполнена проверка на наличие грубых ошибок и однородность дисперсий повторов экспериментальных данных, показала, что замеры по повторениям статистически значимо не отличаются между собой. Полученная линейная адекватная математическая модель, которая на 60,7% соответствует экспериментальным значениям. Согласно

ей, увеличение дозы излучения при ионизации воздуха вызывает интенсивное увеличение скорости прорастания зерна, в то время как увеличение влажности и толщины слоя зерна медленно уменьшает этот показатель.

**Ключевые слова** - лабораторные исследования, доза ионизации воздуха; толщина слоя зерна; влажность солода; скорость проращивания; математическая модель, проверка на пригодность, уравнение регрессии.

## **LABORATORY RESEARCH ON THE INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL FACTORS ON THE PROCESSING OF MALT**

A. Kharitonova, V. Oleksiienko, S. Petrichenko, A. Lomeiko

### **Summary**

The urgency of reducing the cost of environmentally friendly feed in poultry is considered in the paper. The purpose of this work is to determine the influence of the basic technological parameters on the rate of grain germination in the drum unit. The analysis of the results of laboratory studies of the process of germination of malt for chicken feed was carried out. The results of the rate of germination of malt, depending on the technological parameters: the dose of air ionization, the thickness of the layer and the moisture of the malt. A check for gross errors and homogeneity of the variations of the replicates of the experimental data was performed, which showed that the measurements on the repetitions did not differ statistically significantly. The analysis of scientific works in assessing the impact of technological parameters on the object under study shows that only a linear model is used - the first-order regression equation, which is why it is used in our studies. A linear adequate mathematical model was obtained, which corresponds to experimental values by 60.7%. According to her, increasing the radiation dose during air ionization causes an intensive increase in the rate of germination of the grain, while an increase in the moisture and thickness of the grain layer slowly reduces this index. From this we can conclude that to intensify the process of germination of the grain should maintain the necessary constant humidity under the action of an appropriate dose of air ionization and, if necessary, to adjust the productivity of the process by changing the thickness of the layer of malt.

**Key words:** laboratory studies, dose of air ionization; the thickness of the grain layer; humidity of malt; germination rate; mathematical model, fit test, regression equation.

## ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ НАГРУЖЕНИЯ И УДАРНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА СТРУКТУРНО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ХЛЕБНЫХ СУХАРЕЙ

Харкевич В. Г., к.т.н.,

ORCID: 0000-0002-9647-5304

Евдокимов А. В.,

ORCID: 0000-0002-9724-0187

Гребенцов Ю. М.

ORCID: 0000-0002-0573-4009

*Могилевский государственный университет продовольствия*

Тел. (0222) 63-37-28

*Постановка проблемы.* На практике часто возникает необходимость оценки прочностных свойств материала с целенаправленно измененными структурно-механическими свойствами, определяющими поведение сырья в процессе механического воздействия. Причина состоит в том, что при разработке технологических процессов, для получения качественного продукта при минимальных ресурсных затратах, необходимо изучать целый комплекс физико-механических параметров, характеризующих поведение объектов под действием механических нагрузок со стороны рабочих органов машины [1; 2].

Важнейшим показателем хлебных сухарей как объекта измельчения являются его структурно-механические свойства. Условия исследования структурно-механических свойств материалов должны максимально приближаться к реальным условиям измельчения, учитывая, что влагосодержание и температура материала существенно влияют на его свойства [3].

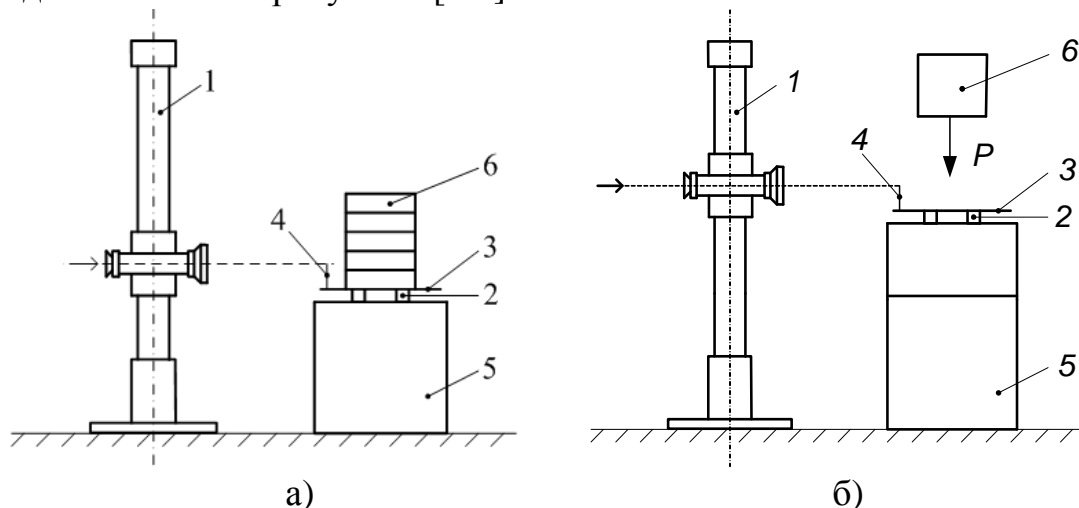
*Анализ последних достижений.* Исследованию вопроса выработки панировочных сухарей из хлебных сухарей до сих пор не уделялось должного внимания. В настоящее время на хлебопромышленных предприятиях Республики Беларусь для измельчения высушенных хлебобулочных изделий и превращения их в крошку используются выпускаемые машиностроительными заводами дробильные машины, которые широко применяются и в других отраслях народного хозяйства, откуда и были позаимствованы для переработки хлеба. В результате предыдущих исследований по данной тематике проведен аналитический обзор научно-технической информации, касающийся актуальности разработки нового типа оборудования для переработки высушенных пищевых продуктов, способов измельчения и видов деформации для получения тонкодисперсных порошков из хрупких и вязко-пластичных материалов, выбора механического воздействия. В настоящее время у авторов имеется хороший теоретический задел, наработана значительная



экспериментальная база для постановки и осуществления экспериментов, связанных с протеканием процессов сушки, измельчения и классификации.

*Формулирование целей статьи (постановка задачи).* Целью данной работы явилась необходимость на практике оценить прочностные свойства материала с целенаправленно измененными структурно-механическими свойствами, определяющими поведение сырья в процессе механического воздействия. Это было связано с тем, что знание структуры материала, подвергаемого разрушению, а также его физико-механических свойств, дает возможность при проектировании и создании новых специализированных машин учесть, например, изменение механизма нагружения измельчаемого материала связанного с кинематикой рабочих органов [4].

*Основная часть.* Для исследования свойств хлебных сухарей как объекта измельчения, использовались экспериментальные установки, представленные на рисунке 1 [5-7].



а) – одноосное статическое сжатие; б) – динамическое нагружение; 1 – Катетометр В-630; 2 – образцы; 3 – специальная пластина; 4 – игла; 5 – опорная плита; 6 – набор грузов (груз).

Рис. 1. Экспериментальные установки для оценки структурно-механических свойств хлебных сухарей.

В качестве материала для образцов использовали свежеспекавшиеся хлебные сухари из пшеничной муки высшего сорта, из которых нарезают образцы для испытаний и затем высушивают до различной конечной влажности. Для обеспечения воспроизводимости экспериментальных данных нагружению подвергали только образцы постоянного поперечного сечения, которые для измерения деформации изготавливались в виде куба с размером сторон 10 мм [8; 9]. Деформации испытуемых образцов 2 (см. рис. 1) определяли по смещению иглы 4 относительно первоначального положения с помощью оптического прибора 1, позволяющего проводить измерения с точностью 0,001 мм [10].

Одноосному статическому сжатию подвергали образцы хлебных сухарей из пшеничной муки влажностью от 2 до 8 %. Так как начальная влажность материала находилась в пределах 10 %, то под разрушением понимали появление трещин и отделение одной части материала от другой [11]. Предельное состояние влечет появление трещин и отделения одной части образца от другой, а также появление значительных остаточных деформаций. Влажность данных образцов составила 2,4 %; 5,3% и 7,8 %. Кривые их деформирования при температуре окружающего воздуха равной 20°C представлены на рис. 2.

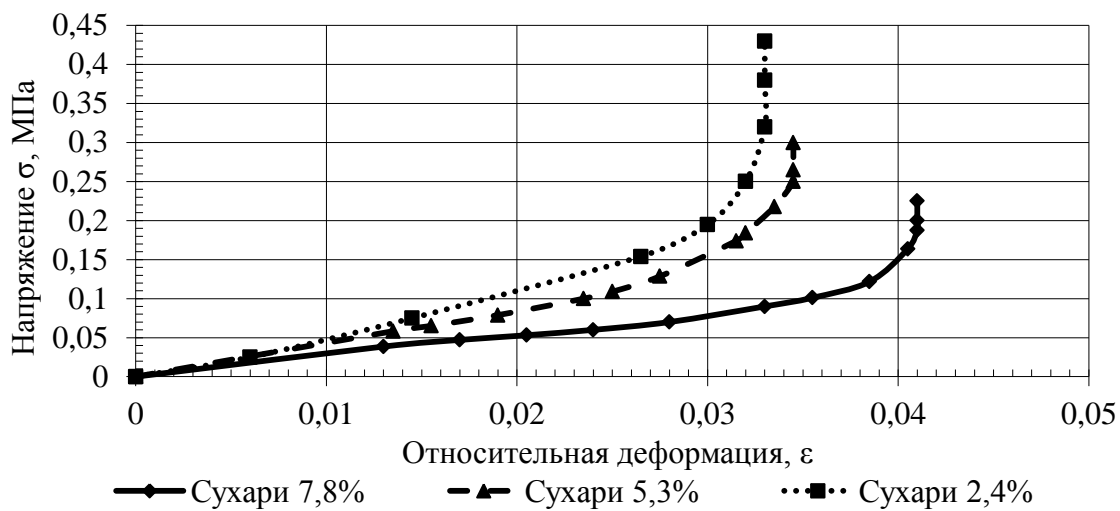


Рис. 2. Кривые деформирования хлебных сухарей.

Характер диаграммы деформирования в значительной мере зависит от влажности образца. В указанном диапазоне начальной влажности образцы являются довольно хрупкими и разрушаются при небольшой величине деформации. Предельное напряжение, соответствующее разрушению материала, отмечено правой крайней точкой на графике деформаций. На диаграммах отчетливо видно, что большей прочностью обладает образец с меньшей влажностью. С уменьшением влажности кривые располагаются с большим наклоном к горизонтальной оси, что свидетельствует о повышении прочностных свойств хлебных сухарей и уменьшению относительных деформаций. В предельном состоянии образцы растрескиваются с образованием глубоких продольных трещин.

Также выявлено, что с увеличением влажности образцы продуктов для производства панировочных сухарей становятся более пластичными, в результате чего величина деформации увеличивается, и возникающие внутренние напряжения приводят к «вязкому» разрушению.

На рис. 3-5 показаны кривые деформирования хлебных сухарей с влажностью  $W$  равной 2,4 %, 5,3 % и 7,8 % в условиях динамического нагружения.

Во всех экспериментах динамический коэффициент  $K_d$  (рис. 3-5) для кривой 1 был равен 1,0; для кривой 2 – 6,6; для кривой 3 – 9,0 и для кривой 4 – 10,7.

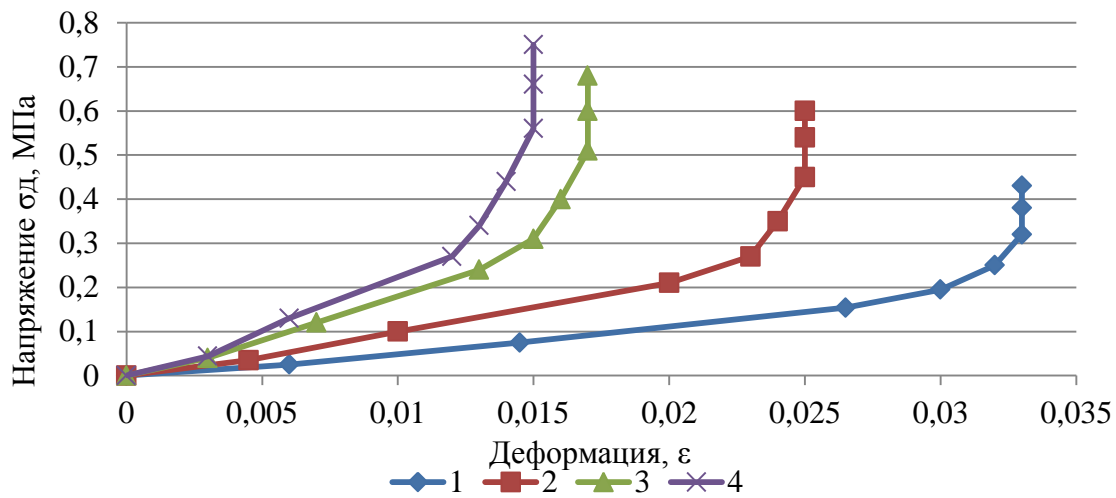


Рис. 3. Кривые деформирования хлебных сухарей при  $W=2,4\%$ .

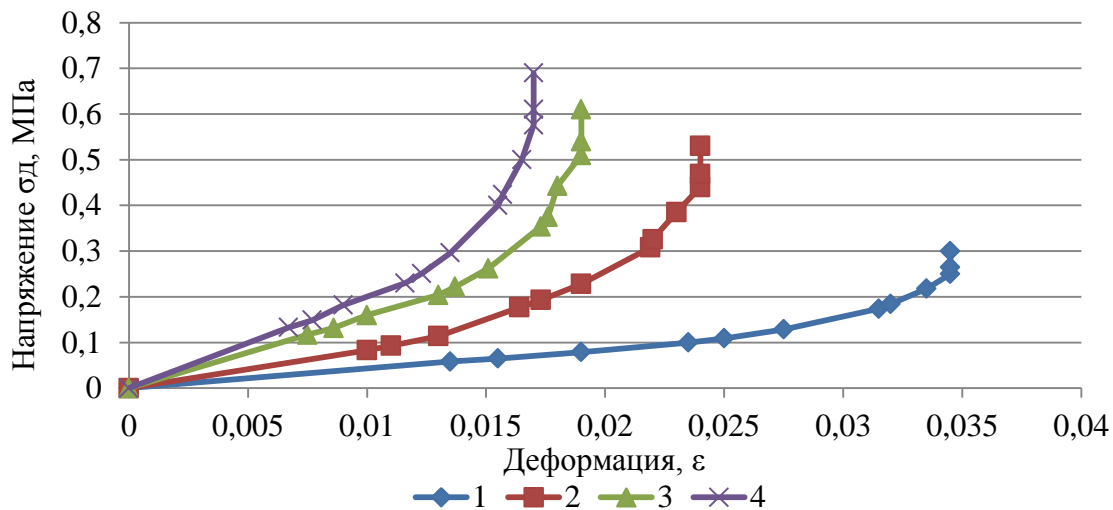


Рис. 4. Кривые деформирования хлебных сухарей при  $W=5,3\%$ .

Эксперименты, проведенные для хлебных сухарей из пшеничной муки, показали, что их структурно-механические свойства в значительной мере зависят от скорости нагружения (1) [5].

$$V_{\sigma} = \frac{d\sigma}{dt}. \quad (1)$$

Динамический коэффициент определяли по формуле (2) [12], которая получается на предположении приближенной теории упругого удара.

$$K_d = 1 + \sqrt{\frac{2H}{\sigma_{cm}}}, \quad (2)$$

где  $H$  – высота падения груза;

$\sigma_{ст}$  – статическая деформация, определяемая по кривым деформирования статически приложенного груза, который по массе равен грузу используемому при проведении динамических испытаний.

Анализ экспериментальных данных (рис. 3-5) показывает, что при увеличении скорости нагружения предел прочности у всех исследуемых материалов увеличивается, а пластические свойства к моменту разрушения значительно уменьшаются.

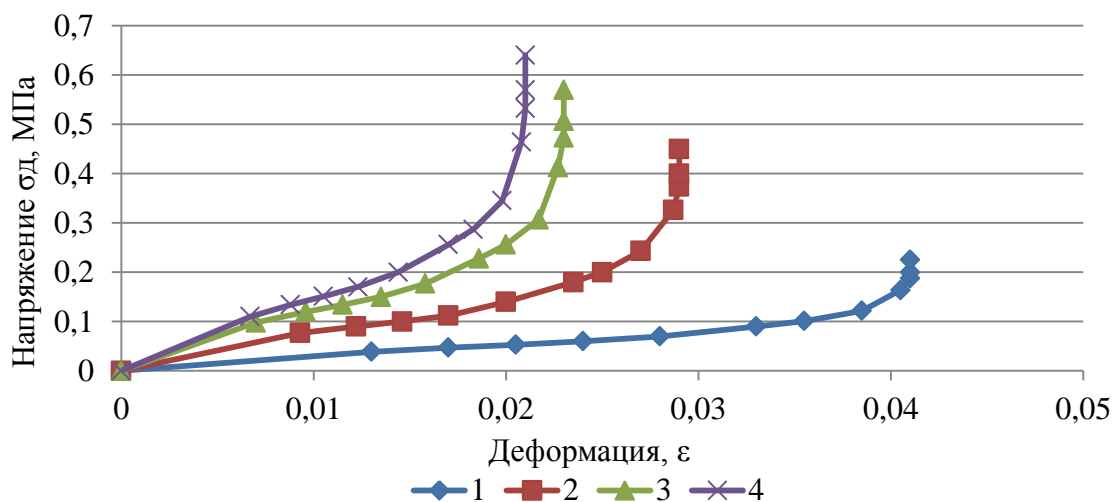


Рис. 5. Кривые деформирования хлебных сухарей при  $W=7,8\%$ .

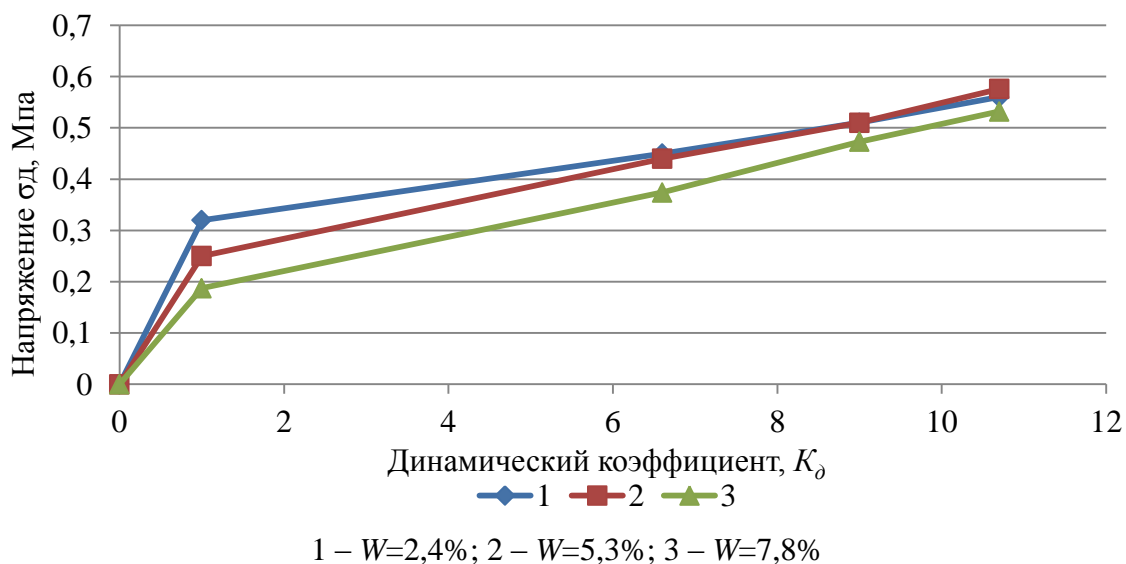


Рис. 6. Зависимость разрушающих напряжений от динамического коэффициента для хлебных сухарей.

На рис. 6 представлены графические зависимости разрушающего динамического напряжения  $\sigma_d$  от динамического коэффициента  $K_d$  для хлебных сухарей различной влажности.

*Выводы.* Проведены экспериментальные исследования для оценки структурно-механических свойств хлебных сухарей различной

влажности при одноосном статическом сжатии и при динамическом нагружении.

Получены экспериментальные данные по прочностным свойствам хлебных сухарей из пшеничной муки высшего сорта при различных динамических коэффициентах нагружения исследуемых образцов.

Построены диаграммы кривых деформирования хлебных сухарей, позволяющие судить о характере их нагружения.

Проведенные исследования позволяют выбрать оптимальные режимы механической обработки хлебных сухарей в мельнице молоткового типа и проектировать более эффективные технологические аппараты для получения продукции заданного качества при минимальном расходе энергии.

В результате проведенных исследований было установлено, что исходные материалы для производства панировочных сухарей являются довольно хрупкими и разрушаются при небольшой величине деформации. С увеличением влажности они становятся более пластичными, в результате чего величина деформации увеличивается и возникающие внутренние напряжения приводят к «вязкому» разрушению. Учитывая особенности строения материалов для выработки панировочных сухарей, целесообразно для измельчения применять машины ударного или ударно-истирающего действия.

Для разработки методов проведения экспериментальных исследований по измельчению хлебных сухарей из пшеничной муки авторами был поставлен ряд задач, показывающих, что процессы, происходящие при измельчении материала в дробильной установке, являются сложной функцией многих переменных величин. В связи с чем, возникает необходимость в разработке математической модели процесса измельчения [13-14].

#### Литература:

1. Технологические аппараты адаптивного действия / Л. А. Сиваченко и др. Минск: Изд. центр БГУ, 2008. 375 с.
2. Черепанов Г. П. Механика хрупкого разрушения Москва: Наука, 1974. 640 с.
3. Шуляк В. А. Сушка и механотермическая обработка дисперсных материалов и сред. Минск: Издательский центр БГУ, 2003. 240 с.
4. Мачихин Ю. А., Мачихин С. А. Инженерная реология пищевых материалов. Москва: Легкая и пищевая промышленность, 1981. 216 с.
5. Курилович Н. Н., Тихонович Е. Ф. Физические свойства уплотненного макаронного теста, изготовленного с использованием ржаной муки. *Сборник научных трудов. К 30-летию Могилевского*

государственного университета продовольствия. Минск: Изд. центр БГУ, 2003. С. 110-115.

6. Харкевич В. Г., Курилович Н. Н., Шуляк В. А. Приборы и методика проведения исследований свойств высушенного хлеба, как объекта измельчения. *Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы междунар. науч.-техн. конференції: у 3 ч.* Могилев, 2006. Ч. 1. С. 171-172.

7. Курилович Н. Н., Шуляк В. А., Евдокимов А. В. Исследование структурно-механических свойств пророщенного зерна. *Вестник Могилевского государственного университета продовольствия.* Минск, 2008. № 2(5). С. 119-127.

8. Лебедев А. А. Методы механических испытаний при сложном напряженном состоянии. Киев: Наукова думка, 1976. 148 с.

9. Щеглов А. В. Лаборант по механическим испытаниям строительных материалов. 2-е изд., перераб. и дополн. Москва: Высшая школа, 1974. 280 с.

10. Курилович Н. Н., Харкевич В. Г., Шуляк В. А. Определение физико-механических свойств высушенных хлебобулочных изделий как объекта измельчения. *Материалы, технологии, инструменты.* 2007. Т. 12, № 4. С. 108-113.

11. Харкевич В. Г., Шуляк В. А. Обобщение результатов исследований по статическому разрушению хрупких пищевых материалов. *Вестник МГУП.* 2007. № 1. С. 93-99.

12. Дарков А. В., Шпиро Г. С. Сопротивление материалов: учебник. 5-е изд., перераб. и доп. Москва: Высшая школа, 1989. 624 с.

13. Попов В. П. Математическая модель измельчения зернового сырья в дробилках центробежного типа. *Известия ОГАУ.* 2017. № 2(64). С. 77-79.

14. Коротков В. Г., Кишкилев С. В., Антимонов С. В., Попов В. П. Измельчение и охлаждение сырья при получении экструдированных кормов и добавок. *Хранение и переработка сельхозсырья.* 2013. № 3. С. 17-20.

## **ВПЛИВ ШВИДКОСТІ НАВАНТАЖЕННЯ І УДАРНОЇ ДІЇ НА СТРУКТУРНО-МЕХАНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ХЛІБНИХ СУХАРІВ**

Харкевич В. Г., Євдокімов А. В., Гребенцов Ю. М.

### **Анотація**

Робота присвячена дослідженню питання вироблення панірувальних сухарів з хлібних сухарів. На практиці часто виникає необхідність оцінки міцності властивостей матеріалу з цілеспрямовано зміненими структурно-механічними властивостями, що визначають поведінку сировини в процесі механічного впливу. Найважливішим показником хлібних сухарів як об'єкта подрібнення є його структурно-механічні властивості. Умови дослідження структурно-механічних властивостей матеріалів повинні максимально наближатися до реальних умов

подрібнення, враховуючи, що вміст вологи і температура матеріалу істотно впливають на його властивості.

Метою даної роботи стала необхідність на практиці оцінити міцнісні властивості матеріалу з цілеспрямовано зміненими структурно-механічними властивостями, що визначають поведінку сировини в процесі механічного впливу, як при одноосьовому стисканні, так і при динамічному навантаженні. Для цього використовувалися створені авторами роботи експериментальні установки.

Як матеріал використали свіжоспечені хлібні сухарі з пшеничного борошна вищого гатунку, з яких нарізали зразки для випробувань та потім висушували до різної кінцевої вологості. Вологість даних зразків становила 2,4 %; 5,3 % і 7,8 %.

На підставі проведених експериментів були побудовані криві деформування хлібних сухарів, як при одноосьовому статичному стисненні, так і при динамічному впливі, що дозволяють судити про характер їх навантаження.

Встановлено, що характер діаграми деформування в значній мірі залежить від вологості зразка. Виявлено, що зі збільшенням вологості зразки стають більш пластичними, в результаті чого величина деформації збільшується, і виникають внутрішні напруження призводять до «в'язкого» руйнування.

Аналіз експериментальних даних показав, що при збільшенні швидкості навантаження межа міцності у всіх досліджуваних зразків збільшується, а пластичні властивості до моменту руйнування значно зменшуються.

**Ключові слова:** хлібний сухар, подрібнення, деформації, крихкі матеріали, статичне стиснення, динамічне навантаження, криві деформування, напруження руйнування, динамічний коефіцієнт.

## ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ НАГРУЖЕНИЯ И УДАРНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА СТРУКТУРНО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ХЛЕБНЫХ СУХАРЕЙ

Харкевич В. Г., Евдокимов А. В., Гребенцов Ю. М.

### Аннотация

Работа посвящена исследованию вопроса выработки панировочных сухарей из хлебных сухарей. Целью данной работы явилась необходимость на практике оценить прочностные свойства материала с целенаправленно измененными структурно-механическими свойствами, определяющими поведение сырья в процессе механического воздействия.

Построены кривые деформирования образцов хлебных сухарей влажностью 2,4%; 5,3% и 7,8% при различных видах нагружения. Установлено, что с увеличением влажности образцы становятся более пластичными и возникающие внутренние напряжения приводят к «вязкому» разрушению. Выведено, что при увеличении скорости нагружения предел прочности увеличивается, а пластические свойства к моменту разрушения значительно уменьшаются.

**Ключевые слова:** хлебный сухарь, измельчение, деформации, хрупкие материалы, статическое сжатие, динамическое нагружение, кривые деформирования, напряжения разрушения, динамический коэффициент.

## INFLUENCE OF LOAD SPEED AND SHOCK IMPACTS ON STRUCTURAL AND MECHANICAL CHARACTERISTICS OF DRIED BREAD

V. Kharkevich, A. Evdokimov, Y. Hrabiantsov

### Summary

The work is devoted to the study of the development of breadcrumbs from dried bread. In practice, often there is a need to assess the strength properties of a material with purposefully changed structural and mechanical properties that determine the behavior of raw materials in the process of mechanical action. The most important indicator of dry bread as an object of grinding is its structural and mechanical properties. The conditions for studying the structural and mechanical properties of materials should be as close as possible to the actual grinding conditions, given that the moisture content and temperature of the material significantly affect its properties.

The aim of this work was the need in practice to evaluate the strength properties of a material with purposefully changed structural and mechanical properties that determine the behavior of raw materials in the process of mechanical stress, both under uniaxial compression and under dynamic loading. For this purpose, experimental installations created by the authors of the work were used.

The material used was freshly baked dry bread made from premium wheat flour, from which test samples were cut and then dried to various final humidity. The moisture content of these samples was 2.4%; 5.3% and 7.8%.

On the basis of the experiments, the curves of deformation of dry bread were constructed, both with uniaxial static compression and with dynamic action, allowing to judge the nature of their loading.

It has been established that the nature of the deformation diagram largely depends on the moisture content of the sample. It was revealed that with increasing humidity, the samples become more ductile, as a result of which the strain increases, and the resulting internal stresses lead to a “viscous” fracture.

An analysis of the experimental data showed that with an increase in the loading speed, the tensile strength of all the studied samples increases, and the plastic properties significantly decrease at the time of fracture.

**Key words:** dried bread, grinding, deformation, brittle materials, static compression, dynamic loading, deformation curves, fracture stresses, dynamic coefficient.



## ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ СОРТУВАННЯ ЯБЛУК

Цвіркун Л. О., к.п.н.

ORCID: 0000-0002-1879-0608

*Донецький національний університет економіки і торгівлі*

*ім. Михайла Туган–Барановського*

Тел. (056) 409-77-90

Цвіркун С. Л., к.т.н.

ORCID: 0000-0001-5430-3427

*Криворізький Національний університет*

*Постановка проблеми.* На сьогоднішній день досить важко уявити функціонування будь-якого технологічного об'єкту без автоматизованої системи управління, в тому числі і процесів сортування продуктів харчування. Підприємства змушені не тільки забезпечувати безпеку і стійкість ведення технологічних процесів, а й постійно підвищувати їх економічну ефективність.

Безумовно, одним з основних шляхів підвищення ефективності технологічних процесів є удосконалення технологічних схем, апаратного оформлення технології та режимів технологічних процесів [1]. Значний ефект може бути отриманий за рахунок вдосконалення автоматизованих систем управління технологічними процесами з включенням в структуру системи інтелектуальної складової математичного апарату, який працює на підставі алгоритмів нечіткої логіки, нейронних мереж тощо. Для отримання алгоритму управління процесом сортування яблук необхідно провести аналіз технологічного процесу, визначити місце математичного апарату в структурі АСУТП.

*Аналіз останніх досліджень.* Здійснення оцінки між групами щільно розташованих об'єктів, які мають відповідати показникам якості досить складно. Тому доцільно методами багатокритеріального вибору, здійснити вилучення яблук, з множини варіантів, які підлягають відбору із загального потоку. Вибір оптимального варіанту потребує розгляду відповідних підходів до вирішення задачі сортування яблук, серед яких: лексикографічний, ідеальної точки, метод аналізу ієрархій, виділення головного критерію, згортки частинних критеріїв тощо [10].

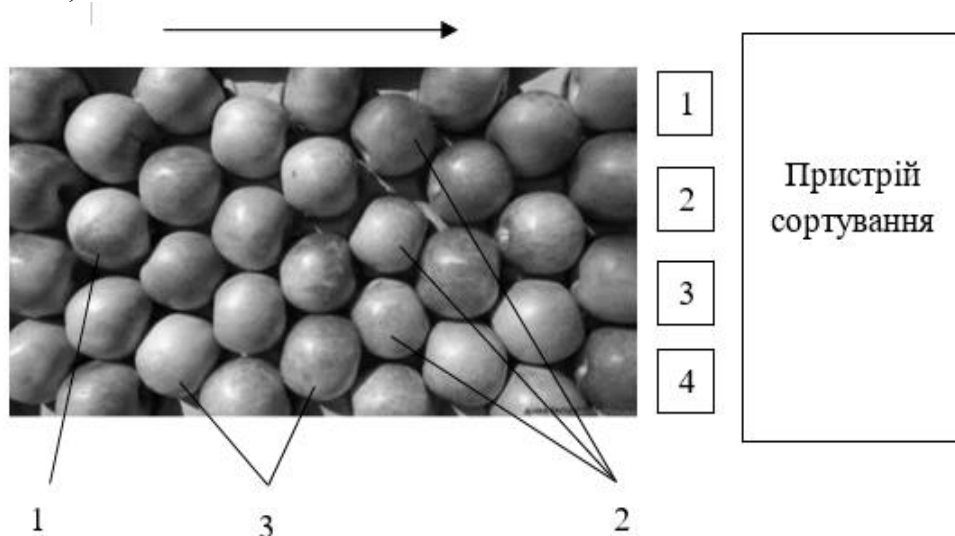
Відповідно до лексикографічного підходу в задачах багатокритеріальної оптимізації, як в чіткій [2], так і в нечіткій [3] постановці, спочатку здійснюють упорядкування частинних критеріїв за ступенем їх важливості, а потім виконують послідовну оптимізацію кожного окремого критерію від найбільш важливого до найменш

значущого. Недоліком даної групи методів є можливість врахування тільки факту переваги одного критерію над іншим, проте ступінь превалювання в даному випадку не враховується, що може привести до невиправданого звуження множини альтернатив.

Застосування методу виділення головного критерію [4] доцільно в разі, коли один з частинних критеріїв за важливістю значно перевершує інші. У такому випадку головний критерій вважають єдиним, а решту перетворюють на обмеження. Використання даного підходу при формуванні управління процесу сортування яблук не доцільне через відсутність досить істотних переваг частинних критеріїв, а також необхідністю застосування спеціальних методів для обґрунтування граничних значень частинних критеріїв у процесі перетворення їх до виду обмежень.

*Постановка завдання.* Оптимізація параметрів енергоефективного керування процесом сортування яблук на конвеєрній лінії.

*Основна частина.* Методи автоматичного сортування засновані на формуванні системи відбору відповідних параметрів для вирішення задачі розпізнавання об'єктів. При формуванні якісно-кількісної оцінки критерію інтерфіксації та відбору яблук на транспортері враховуються такі ознаки: розмір ( $d$ ), вага ( $m$ ), колір ( $g$ ), (відповідно до рис. 1).

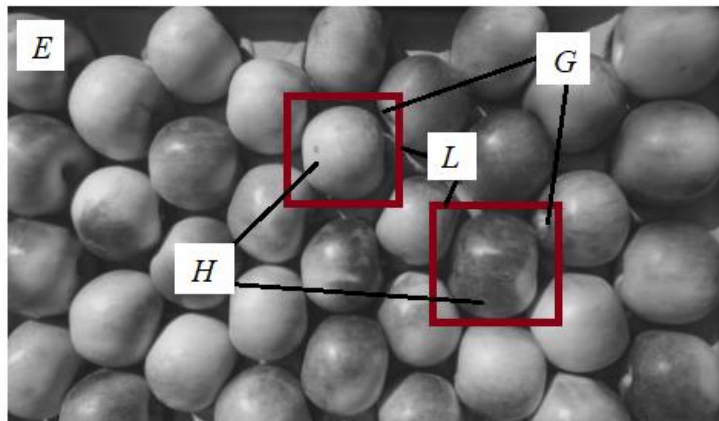


1 – яблуко, що підлягає відбору; 2, 3 – варіанти розташування.

Рис. 1. Особливості сортування яблук на конвеєрній лінії.

Обмежена швидкодія виконавчого сортувального механізму не дозволяє скидати яблука, розташовані досить щільно на одній лінії по ходу руху конвеєрної лінії. Тому проводиться оцінка відстані між групами розташованих щільно об'єктів і методом багатокритеріального вибору, здійснюється виключення яблук, які мають найгірші показники, з множини варіантів, які підлягають

відбору із загального потоку: мінімальний розмір, не належний зовнішній стан та колір [10]. Здійснюється сканування певних областей зображення, що містять яблука за означеними характеристиками відповідно до рис. 2.



$E$  – вихідне зображення;  $L_n$  – множина точок спостережуваних фрагментів зображення;  $H_n$ ,  $G_n$  – безліч точок із потоку яблук і точок фону в спостережуваних фрагментах зображення.

Рис. 2. Зображення потоку яблук, що містять шукані об'єкти.

При цьому, центри фрагментів зображення розташовуються в точці, що відповідає прогнозованим координатам заданих об'єктів. Розпізнавання яблук здійснюється за допомогою дискримінантних функцій. Нехай  $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)^T$  позначимо  $n$ -вимірний вектор ознак яблук.

Маючи  $W$  класів образів  $w_1, w_2, \dots, w_w$  задачу розпізнавання можна сформулювати наступним чином: потрібно знайти  $W$  вирішуючих функцій  $d_1(x), d_2(x), \dots, d_w(x)$ , які мають такі властивості, як і образ  $x$ , що належить до класу  $w_i$ , тоді

$$d_i(x) > d_j(x), \text{ при всіх } j = 1, 2, \dots, W, j \neq i. \quad (1)$$

Відповідно, невідомий образ  $x$  відносять до  $i$ -го класу, якщо під час підстановки  $x$  у всі дискримінантні функції найбільше значення має величина  $d_i(x)$  [5]. Розподіляючою поверхнею між класами  $w_i$  і  $w_j$  є множина значень  $x$ , для яких  $d_i(x) = d_j(x)$ , або множина векторів  $x$  для яких  $d_i(x) - d_j(x) = 0$ . Розподіляюча поверхня між двома класами може бути описана єдиною функцією

$$d_{ij}(x) = d_i(x) - d_j(x) = 0 \quad (2)$$

$d_{ij}(x) > 0$  для образів класу  $w_i$ , а  $d_{ij}(x) < 0$  для образів із класу  $w_j$ . Відшукування вирішальних функцій викликає оцінювання параметрів

образів, які є репрезентативними для даного класу. Вектори ознак можна побудувати на основі кількісних дескрипторів для областей або меж. Якщо опис межі проводиться за допомогою Фур'є-дескрипторів, то величина  $i$ -го дескриптора стає значенням  $x_i$ , тобто  $i$ -ю компонентою вектору ознак. Нехай кожен клас визначається його усереднючим вектором  $m_j$ , тобто використовується середнє значення з безлічі даного класу в якості представника (прототипу) даного класу векторів

$$m_j = \frac{1}{N_j} \sum_{x \in w_j} x, j = 1, 2, \dots, W, \quad (3)$$

де  $N_j$  – кількість образів класу  $w_j$ ;  
 $W$  – кількість класів образів.

Доцільно використовувати можливість відтворення невідомого образу з вектором визнання  $x$  до деякого класу шляхом вибору того класу, що має прототип ближче всього до вектору  $x$ . У цьому випадку при використанні евклідової відстані у якості міри щільності образів завдання зводиться до розрахунку швидкості.

$$D_j(x) = \|x - m_j\|, j = 1, 2, \dots, W. \quad (4)$$

Після цього досліджуваний образ відноситься до класу  $w_i$  та має найменшу відстань  $D_i(x)$ . Таким чином найкращий збіг визначається з мінімальної відстані до прототипу. Якщо замість одного вектору у нас є безліч векторів ознак, представлених у вигляді рядків матриці  $X$ , то слід отримати матрицю  $D$ , елемент  $D(I, J)$ , який дорівнює евклідовій відстані від  $i$ -го вектору з  $X$  до  $j$ -го прототипу з  $M$  [5]. У цьому випадку для того, щоб визначити клас  $i$ -го образу з  $X$ , досить знайти номер стовпчика в рядку  $i$  матриці  $X$ , що має мінімальне значення. З цього випливає, що вибір найкоротшого відстані еквівалентний вирахування функцій

$$d_j(x) = x^T m_j - \frac{1}{2} m_j^T m_j, j = 1, 2, \dots, W \quad (5)$$

і віднесення  $x$  до класу  $w_i$  відбувається при найбільшому значенні  $d_i(x)$ . Розділяюча поверхня між класами  $w_i$  і  $w_j$  в разі класифікатора з мінімальної відстані задається рівнянням

$$d_{ij}(x) = d_i(x) - d_j(x) = x^T (m_i - m_j) - \frac{1}{2} (m_i - m_j)^T (m_i - m_j) = 0. \quad (6)$$

Задана цим рівнянням поверхня перпендикулярна відрізьку, що

з'єднує  $m_i$  і  $m_j$  і проходить через його середину. Наведений вище алгоритм оперує з розміром, масою, кольором яблук у процесі сортування на конвеєрній лінії.

Отже, на сьогодні автоматизація процесу сортування є одним з найбільш актуальних напрямів у харчовій промисловості, з яким багато в чому пов'язується подальший прогрес в цій галузі. Однак до теперішнього часу процес сортування не розглядався з єдиної методологічної, теоретичної та технологічної позицій. Тому пропонується метод автоматичного сортування яблук є перспективним напрямком підвищення техніко-економічних показників харчового виробництва.

*Висновки.* Методи автоматичного сортування засновані на формуванні системи відбору відповідних параметрів для вирішення задачі розпізнавання об'єктів. При формуванні якісно-кількісної оцінки критерію інтерфіксації та відбору яблук на транспортері враховуються такі ознаки: розмір ( $d$ ), вага ( $m$ ), колір ( $g$ ). Розроблений алгоритм оперує з розміром, масою, кольором яблук у процесі сортування на конвеєрній лінії. Запронований метод автоматичного сортування яблук є перспективним напрямком підвищення техніко-економічних показників харчового виробництва.

#### Література:

1. Мартиненко І. І., Головинський Б. Л., Лисенко В. П. Автоматизація технологічних процесів сільськогосподарського виробництва. Київ: Урожай, 2001. 224 с.
2. Подиновский В. В. Лексикографические задачи оптимизации. Москва: Академия труда и социальных отношений, 2003. 327 с.
3. Подиновский В. В., Гаврилов В. М. Оптимизация по последовательно применяемым критериям. Москва: Академия труда и социальных отношений, 2016. 194 с.
4. Батищев Д. И., Шапошников Д. Е. Многокритериальный выбор с учетом индивидуальных предпочтений. Нижний Новгород: ИПФ РАН, 2001. 92 с.
5. Гонсалес Р., Вудс Р., Эддинс С. Цифровая обработка изображений в среде MATLAB. Москва: Техносфера, 2006. 616 с.
6. Подиновский В. В. Лексикографические задачи оптимизации. Москва: Академия труда и социальных отношений, 2003. 327 с.
7. Цвіркун Л. О., Цвіркун С. Л. Підвищення ефективності функціонування пристрою сортування яблук шляхом розпізнавання їх характеристик. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2019. Вип. 19, т. 2. С. 125-132.
8. Lowe G. D. Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints. *International Journal of Computer Vision*. 2004. № 1. P. 1–28.
9. Алпатов Б. А., Бабаян П. В., Балашов О. Е. Методы

автоматического обнаружения и сопровождения объектов. Обработка изображений и управление. Москва: Радиотехника, 2008. 176 с.

10. Цвіркун Л. О., Цвіркун С. Л. Удосконалення процесів сортування продуктів харчування на конвеєрній лінії. *Обладнання та технології харчових виробництв*. Кривий Ріг, 2018. Вип. 37. С. 126-130.

## ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ СОРТУВАННЯ ЯБЛУК

Цвіркун Л. О., Цвіркун С. Л.

### Анотація

У статті пропонується для вилучення яблук, з множини варіантів, які підлягають відбору із загального потоку на конвеєрній лінії застосовувати методи багатокритеріального вибору, які засновані на формуванні системи відбору відповідних параметрів для вирішення задачі розпізнавання об'єктів. Відповідно, вважається доцільним здійснювати оптимізацію параметрів енергоефективного керування процесом сортування яблук за допомогою алгоритму, що оперує розміром ( $d$ ), вагою ( $m$ ), кольором ( $g$ ) об'єкта, що підлягає інтенсифікації та відбору. Зазначено, що автоматизація процесу сортування яблук є одним з найбільш актуальних напрямів у харчовій промисловості. Пропонований метод автоматичного сортування яблук є перспективним напрямком підвищення техніко-економічних показників харчового виробництва.

**Ключові слова:** процес сортування, енергоефективне керування, автоматизація, виробничий процес, яблука.

## ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ СОРТИРОВКИ ЯБЛОК

Цвиркун Л. О., Цвиркун С. Л.

### Аннотация

В статье предлагается для извлечения яблок из множества вариантов, которые подлежат отбору из общего потока на конвейерной линии применять методы многокритериального выбора, которые основаны на формировании системы отбора соответствующих параметров для решения задачи распознавания объектов. Соответственно, является целесообразным осуществлять оптимизацию параметров энергоэффективного управления процессом сортировки яблок с помощью алгоритма, который оперирует размером ( $d$ ), весом ( $m$ ), цветом ( $g$ ) объекта, подлежащего интенсификации и отбору. Отмечено, что автоматизация процесса сортировки яблок является актуальным направлением в пищевой промышленности. Предлагаемый метод автоматической сортировки яблок является перспективным направлением повышения технико-экономических показателей пищевого производства.

**Ключевые слова:** процесс сортировки, энергоэффективное управление, автоматизация, производственный процесс, яблоки.

## OPTIMIZATION OF PARAMETERS OF ENERGY EFFICIENT MANAGEMENT OF THE APPLE SORTING PROCESS

L. Tsvirkun, S. Tsvirkun

### Summary

The article proposes to use multicriteria selection methods for extracting apples from a variety of options that are subject to selection from the general flow on a conveyor line. To select the best option, the corresponding approaches to solving the problem of sorting apples were considered, namely, the lexicographic, ideal point, method of analyzing hierarchies, highlighting the main criterion, convolving particular criteria, and the like.

It is proposed to optimize the parameters of energy-efficient control of the apple sorting process using an algorithm that operates on the size ( $d$ ), weight ( $m$ ), color ( $g$ ) of the object to be intensified and selected.

The limited speed of the executive sorting mechanism does not allow to dump apples; they are located quite tightly on one line along the conveyor line. Therefore, the distance between the groups of tightly located objects and the multi-criteria selection method is evaluated, the apples that have the worst performance are excluded from the set of options that are subject to selection from the general stream, the minimum size that does not belong to the external state and color. Scanning of certain areas of the image containing apples according to the specified characteristics is carried out.

The focus is on the fact that today it is quite difficult to imagine the functioning of any technological object without an automated control system, including food sorting processes. Enterprises are forced not only to ensure the safety and sustainability of technological processes, but also to constantly increase their economic efficiency. Therefore, the automation of the apple sorting process is one of the most promising areas of the food industry, which is largely associated with further progress in this area. The proposed method of automatic sorting of apples is a promising direction for improving the technical and economic indicators of food production.

**Key words:** sorting process, energy-efficient management, automation, production process, apples.

## ДОСЛІДЖЕННЯ КОЕФІЦІЕНТУ КОРИСНОЇ ДІЇ ТА БАЛАНСУ ПОТУЖНОСТІ ЗЕРНОВОЇ ДРОБАРКИ

Паляничка Н. О., к.т.н.,

ORCID: 0000-0001-8510-7146

Циб В. Г., ст. викладач,

ORCID: 0000-0002-2176-2616

Лівик Н. В., інженер,

Ломейко О. П., к.т.н.

ORCID: 0000-0001-7407-545X

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

*імені Дмитра Моторного*

Тел. (0619) 42-13-06

*Постановка проблеми.* В технології приготування кормів головними машинами є подрібнювачі ударної дії – молоткові дробарки. Кожен тип подрібнювачів охоплює велику групу машин, які відрізняються конструктивним виконанням та схемою організації робочого процесу [1]. Простота устрою, висока надійність в роботі, динамічність робочих режимів, велика швидкість робочих органів надають можливість використання їх у багатьох галузях.

Поруч з цим, молоткові подрібнювачі мають багато недоліків: висока енергоємність, нерівномірність гранулометричного складу, підвищений знос робочих органів.

Подрібнювання [5] є одним з найбільш енергоємних процесів при переробці фуражного зерна на корм худобі і птиці. Раціональний розмір часток зерна, тобто ступінь подрібнення зернової маси для кожного виду тварин регламентується відповідними зоотехнічними вимогами.

Проблема економії енергії, підвищення коефіцієнта корисної дії була, є і буде завжди актуальною, особливо на даний час, коли частка вартості енергоносіїв у калькуляції собівартості кормів продукції тваринництва постійно зростає.

*Аналіз останніх досліджень.* Основи теорії подрібнювання були закладені В. Л. Кирпичевим, Ф. Кіком, Ф. Бондом, П. А. Ребіндером. У середині та в кінці ХХ сторіччя вагомий вклад у теорію і практику вніс С. В. Мельников.

За останні роки в Україні, Росії та країнах ближнього зарубіжжя був захищений ряд кандидатських і докторських дисертацій, тим чи іншим чином присвячених вдосконаленню конструкцій машин та технологічного процесу подрібнювання кормів.

Достатньо великий об'єм досліджень за виявленням закономірностей процесу дроблення провели вчені ТДАТУ (на той час МІМСГ, ТДАТА), ця робота не припиняється і продовжується.



*Метою даної публікації є одержання на основі теоретичних досліджень прогнозованих значень коефіцієнту корисної дії процесу подрібнення зерна на дробарці прямого удару.*

*Основна частина.* Згідно з висновками всіх учених, які досліджували енерговитрати процесу подрібнювання тієї чи іншої кормової суміші, потужність, потрібна для приводу подрібнювача, розглядалася як сума окремих складових.

Так, наприклад, за даними [2] баланс потужності для сталого режиму роботи подрібнювача кормів можна представити наступним рівнянням:

$$P = P_{n\partial} + P_{\text{вв}} + P_{\text{та}} + P_{\text{mn}} + P_{\text{те}} + P_{\text{np}} + P_{\text{nt}}, \quad (1)$$

де  $P_{n\partial}$  – потужність, потрібна на подрібнення;

$P_{\text{вв}}$  – потужність на циркуляцію маси (вентиляційні втрати);

$P_{\text{та}}$  – потужність транспортування маси в самому апараті;

$P_{\text{mn}}$  – потужність подачі матеріалу до апарата;

$P_{\text{те}}$  – потужність відведення продукту від апарата;

$P_{\text{np}}$  – потужність на подолання опору в передачах привода;

$P_{\text{nt}}$  – потужність на подолання опору в транспортерах.

Дане вираження має загальний характер і, в залежності від конкретної конструкції дробарки, воно може змінюватись, як правило, в сторону спрощення (наприклад, при відсутності транспортуючих пристроїв на завантаженні і вивантаженні).

Так, для зернової пальцевої дробарки з вертикальною віссю ротора, яка не має додаткових пристроїв навантажування і розвантажування з урахуванням наведеної в [1, 2] потужності холостого ходу ( $P_{\text{x.x}}$ ) баланс потужності буде мати вигляд:

$$P = P_{n\partial} + P_{\text{вв}} + P_{\text{та}} + P_{\text{np}} + P_{\text{x.x}}. \quad (2)$$

У даному рівнянні найбільший інтерес представляє значення першого доданку –  $P_{n\partial}$

При відомій продуктивності дробарки  $Q$  (кг/с) потужність, яка потрібна на реалізацію процесу подрібнення, за формулою С. В. Мельникова [1] може бути визначена як:

$$P_{n\partial} = Q \cdot A_{n\partial}, \quad (3)$$

де  $A_{n\partial}$  – питома робота подрібнювання, Дж/кг.

С. В. Мельников в [1] для визначення питомої роботи подрібнювання стеблових кормів наводить спрощену формулу:

$$A_{nd} = C(\lambda - 1), \quad (4)$$

де  $C$  – об'єднаний коефіцієнт, який враховує умови дроблення;  
 $\lambda$  – ступінь подрібнення матеріалу.

За загальною методикою [1] за ступінь подрібнення  $\lambda$  прийнято вважати відношення середнього діаметра шматка вихідного матеріалу  $D$  до середнього розміру  $d$  часток продукту подрібнення.

$$\lambda = D/d. \quad (5)$$

При визначенні ступеня подрібнення зерна [3, 6] сільськогосподарських культур їх розміри характеризують величиною еквівалентного діаметра зернівки  $D_e$ , тобто діаметр кулі, об'єм якої дорівнює дійсному об'єму зернини.

У таблиці 1, складеній за даними [9], наведені дані по крупності часток і ступеню подрібнення для зерна ячменю з еквівалентним діаметром 4,2 мм при щільності 1300 кг/м<sup>3</sup>.

Таблиця 1 – Ступінь подрібнення і питома площа поверхні ячмінної дерті

Показник		Модуль помелу:			
		надмілкий	мілкий	середній	крупний
Крупність часток $d_{cp}$ , мм		0,2	1,0	1,8	2,6
Ступінь подрібнення $\lambda$		21,0	4,2	2,3	1,6
Питома площа поверхні $S_k$	м <sup>2</sup> /кг	23,0	4,6	2,5	1,8
	м <sup>-1</sup>	$30 \cdot 10^4$	$6 \cdot 10^4$	$3,3 \cdot 10^4$	$2,3 \cdot 10^4$

При подрібненні кормів на решітних молоткових дробарках [4, 7] регулятором тонкості помелу служить решето, встановлене в дробильній камері. Абсолютні значення ступеня подрібнення зерна злакових культур за даними [1, 8] в залежності від діаметра отвору решета представлені в таблиці 2.

Таблиця 2 – Ступінь подрібнення у решітних зернових дробарках

Діаметр отвору решітки, мм	10	6	3	2
Ступінь подрібнення $\lambda$	1,5...1,6	2,0...2,4	5...7	8,4...9,7

Таким чином, можна констатувати [5], що при подрібненні зернових кормових сумішей слід приймати в якості розрахункових значень ступеня подрібнення в межах 1,5...5 і як граничні значення  $\lambda = 10$ .

Для об'єктивної оцінки значення питомої роботи подрібнення і коефіцієнту корисної дії процесу скористаємось основним законом подрібнення у наступному вигляді [3, 10]

$$A_{nd} = C_{np}(A_V + A_S), \quad (6)$$

де  $C_{np}$  – коефіцієнт, який характеризує фактори процесу;

$A_V$  – робота, витрачена на деформацію тіла, що руйнується;

$A_S$  – робота, витрачена на створення нових поверхонь.

Коефіцієнт  $C_{np}$  залежить від конструктивних особливостей подрібнювача і виражає кореляційний зв'язок між теоретичними і дійсними витратами енергії.

З метою знаходження значення коефіцієнту  $C$  з формули (3) запишемо формулу (6) у наступному вигляді

$$A_{nd} = C_{np}[C_V \lg \lambda^3 + C_S(\lambda - 1)], \quad (7)$$

де  $C_V$  – коефіцієнт, що виражає роботу пружних деформацій віднесено до 1 кг подрібненої маси, Дж/кг;

$C_S$  – коефіцієнт, що представляє роботу, яка витрачається на створення нових поверхонь дробленого матеріалу, Дж/кг

Винесемо за дужки в правій частині рівняння  $C_S(\lambda - 1)$

$$A_{nd} = C_{np} C_S \left( \frac{C_V}{C_S} \cdot \frac{\lg \lambda^3}{\lambda - 1} + 1 \right) \cdot (\lambda - 1)$$

і одержимо значення коефіцієнта  $C$  з формули (4)

$$C = C_{np} C_S \left( \frac{C_V}{C_S} \cdot \frac{\lg \lambda^3}{\lambda - 1} + 1 \right). \quad (8)$$

У теорії процесу подрібнювання прийнято, що корисною роботою є робота  $A_S$  – робота, витрачена на створення нових поверхонь.

Таким чином, коефіцієнт корисної дії процесу подрібнювання можна визначити за виразом:

$$\eta_{nd} = \frac{A_S}{A_{nd}} = \frac{A_S}{A_V + A_S}. \quad (9)$$

Після підстановки одержимо

$$\eta_{n\partial} = \frac{C_{np} C_S (\lambda - 1)}{C_{np} [C_V \lg \lambda^3 + C_S (\lambda - 1)]}.$$

В результаті з метою виявлення закономірності змінення ККД процесу подрібнювання від ступеня подрібнювання і відношення  $C_V/C_S$  одержимо наступну формулу:

$$\eta_{n\partial} = \frac{1}{\frac{C_V}{C_S} \cdot \frac{\lg \lambda^3}{\lambda - 1} + 1}. \quad (10)$$

Для визначення відношення  $C_V/C_S$  ми скористались характеристиками фуражного зерна за експериментальними даними С.В. Мельникова (таблиця 3).

Таблиця 3 – Характеристика фуражного зерна

Культура	Еквівалентний діаметр, мм	Коефіцієнти		
		$C_V$ , кДж/кг	$C_S$ , кДж/кг	$C_V/C_S$
Ячмінь	4,2	8,50	7,50	1,13
Овес (без плівок)	3,7	2,34	1,96	1,19
Жито	3,3	8,40	6,40	1,31
Пшениця	3,8	4,60	8,15	0,56
Горох	6,3	10,70	3,66	2,92

Як видно з таблиці, значення відношення  $C_V/C_S$  для зернових культур, що служать сировиною для приготування кормів, суттєво відрізняються і знаходяться у діапазоні від 0,5 до 3,0.

На рис. 1. показані графіки змінення величини  $\lg \lambda^3 / (\lambda - 1)$  і значень ККД подрібнення культур, представлених в таблиці 3 в залежності від ступеня подрібнювання  $\lambda$ .

Графіки побудовані при умові, що відношення  $C_V/C_S$  протягом всього процесу є постійною величиною.

Зі збільшенням ступеня подрібнювання  $\lambda$  величина  $\lg \lambda^3 / (\lambda - 1)$  зменшується і, як випливає з залежності (10), при умові  $C_V/C_S = const$  значення  $\eta_{n\partial}$  збільшується.

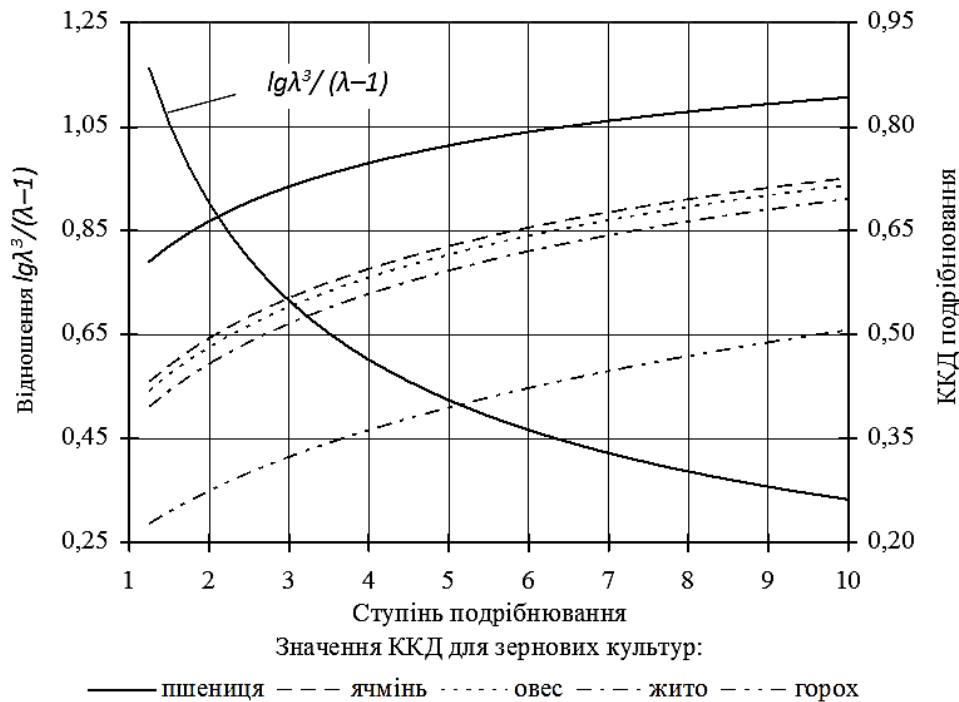


Рис. 1. Графіки зміння ККД і  $lg\lambda^3/(\lambda-1)$  у залежності від ступеня подрібнювання.

На рис. 2. зображені графіки залежності коефіцієнту корисної дії процесу подрібнення від величини відношення коефіцієнтів  $C_V/C_S$  при різних значеннях ступеня подрібнювання  $\lambda$ .

Закономірність збільшення коефіцієнту корисної дії по мірі збільшення ступеня подрібнювання погоджується з теорією руйнування крихких матеріалів.

У процесі утворення кожної нової поверхні [5, 10] збільшуються існуючі і виникають нові концентратори напружень (тріщини та інші вади і дефекти) не тільки в тому перетині на який безпосередньо діє робочий орган подрібнювача, а й в ближніх до нього перетинах. Чим кожна послідуоча тріщина буде ближчою до тріщин, що виникли раніш, тим вплив концентраторів буде суттєвішим.

Цим явищем можна пояснити зниження питомих витрат і збільшення ККД зі збільшенням ступеня подрібнювання. Однак, ця закономірність зберігається тільки до деякого мінімального розміру частки, за яким подальше зменшення супроводжується ущільненням шару матеріалу і тим самим збільшенням питомих витрат енергії.

Визначення інших складових, що входять до формули (2), великих труднощів не представляють.

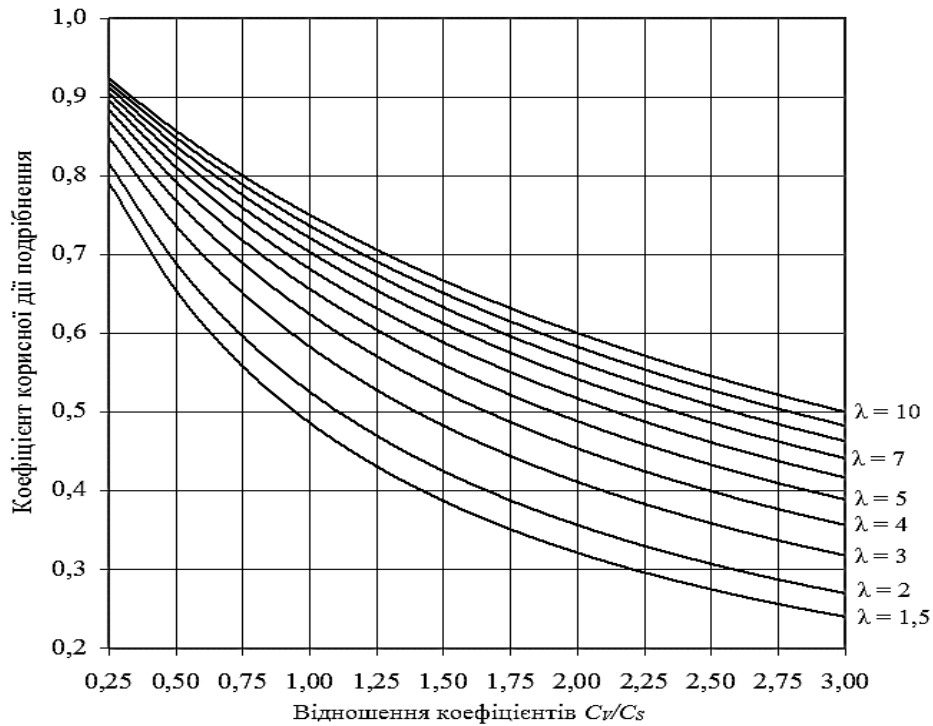


Рис. 2. Графіки залежності ККД подрібнення від величини відношення коефіцієнтів  $C_v/C_s$ .

Потужність, що витрачається на циркуляцію робочої зернової маси в подрібнюючій камері дробарки (вентиляційні втрати) можна визначити за відомою формулою:

$$P_{\text{вв}} = k_{\text{в}} (1 + K_{\text{ц}} \mu_{\text{ц}}) v_{\text{м}}^3, \quad (11)$$

де  $k_{\text{в}}$  – дослідний коефіцієнт, що враховує конструкцію барабана;

$K_{\text{ц}}$  – кратність циркуляції матеріалу;

$\mu_{\text{ц}}$  – коефіцієнт концентрації (кг/кг) матеріалу;

$v_{\text{м}}$  – колова швидкість крайніх точок ротора подрібнювача.

Потужність, що витрачається на транспортування маси в порожнині самого апарата і одночасне перетирання її, визначається як частка потужності подрібнювання:

$$P_{\text{та}} = f_{\text{сл}} P_{\text{нд}}, \quad (12)$$

де  $f_{\text{сл}}$  – коефіцієнт, подібний коефіцієнту підбою В.П. Горячкіна.

Потужність на подолання опору в передачах приводу визначають виходячи зі значення загального коефіцієнту корисної дії приводу  $\eta_{\text{пр}}$ , який, у свою чергу, визначають, перемножуючи значення ККД кожної з передач, що входить у привод.

$$P_{np} = (P_{nd} + P_{ев} + P_{та})(1 - \mu_{np}). \quad (13)$$

Витрати потужності на холостий хід передбачають роботу барабана дробарки при знятих молотках і приймаються у розмірі 15...20% від потужності потрібної на подрібнення.

У цілому ж, за висновками багатьох дослідників, основне головне місце в балансі потужності займає потужність подрібнення, а сума всіх інших складових балансу не перевищує 15...20 %, тобто:

$$P = (1,15...1,2)P_{nd}. \quad (14)$$

Таким чином, для точного прогнозування енерговитрат при подрібнюванні зернового матеріалу потрібно з максимальною точністю прогнозувати значення ККД процесу подрібнювання і, тим самим, величину потужності потрібної для реалізації цього процесу.

*Висновки.* Проведені теоретичні дослідження дають змогу реалізувати прогнозування коефіцієнту корисної дії та потужності подрібнювання сировини на зерновій дробарці.

#### Література:

1. Олексієнко В. О. Підвищення ефективності роботи малогабаритних зернових молоткових кормодробарок: автореф. дис... канд. техн. наук: 05.05.11. Мелітополь, 2006. 20 с.

2. Ялпачик Ф. Е., Ялпачик Г. С., Крыжачковский Н. Л., Кюрчев В. Н. Кормодробилки: конструкция, расчет. Запорожье: Коммунар, 1992. 296 с.

3. Сыроватка В. И. Эффективное измельчение фуражного зерна в дробилках. *Зоотехния*. 1991. № 11. С. 67-70.

4. Купченко А. В., Ялпачик О. В., Шпиганович Т. А., Алексеенко В. А. Определение прочностных характеристик зерна. *Зернові продукти і комбікорми*. 2010. № 4 (40). С.18-22.

5. Фучаджи Н. О. Оптимізація технологічного процесу лущення власнокруп'яних культур: автореф. дис. ...канд. техн. наук. Херсон, 2006. 20 с.

6. Бойко А. І., Савченко В. М. Аналітичне дослідження спрацювання монометалічних серійних молотків кормодробарок. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2006. № 4. С. 20-24.

7. Ялпачик Ф. Е., Алексеенко В. А., Волков О. П. Изменение динамических параметров дробилок в процессе износа молотков. *Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства. Сер. Підвищ. надійності відновлюван. деталей машин*. 2000. Вип. 4. С. 57-60.

8. Ялпачик Ф. Ю., Фучаджи Н. О., Мілаєва В. О. Значення подрібнення у приготуванні корму для тварин. *Праці Таврійського*

державного агротехнологічного університету. 2010. Вип. 10, т. 3. С. 43-47.

9. Шпиганович Т. О., Ялпачик О. В. Обґрунтування конструктивних параметрів дробарки зерна прямого удару з попередньою сепарацією зернового матеріалу. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2010. Вип. 10. С. 24-35.

10. Ялпачик О. В., Буденко С. Ф. Баланс потужності та коефіцієнт корисної дії зернової дробарки. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2013. Вип. 13, т. 1. С. 218-226.

## **ДОСЛІДЖЕННЯ КОЕФІЦІЄНТУ КОРИСНОЇ ДІЇ ТА БАЛАНСУ ПОТУЖНОСТІ ЗЕРНОВОЇ ДРОБАРКИ**

Паляничка Н. О., Циб В. Г., Лівик Н. В., Ломейко О. П.

### **Анотація**

Робота містить результати теоретичних досліджень з встановлення балансу потужності і прогнозування коефіцієнту корисної дії подрібнювача концентрованих кормів у залежності від ступеня подрібнювання зернової маси.

Робота присвячена одержанню на основі теоретичних досліджень прогнозованих значень коефіцієнту корисної дії процесу подрібнення зерна на дробарці прямого удару.

Енерговитрати процесу подрібнювання тієї чи іншої кормової суміші, потужність, потрібна для приводу подрібнювача, розглядалася як сума окремих складових. Згідно з дослідженим теоретичним матеріалом енерговитрати процесу подрібнювання, в залежності від конкретної конструкції дробарки, можуть змінюватись.

Проведені теоретичні дослідження дають змогу реалізувати прогнозування коефіцієнту корисної дії та потужності подрібнювання сировини на зерновій дробарці.

**Ключові слова:** подрібнювання зерна, баланс потужності, ступінь подрібнювання, робота подрібнювання, ККД.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ И БАЛАНСА МОЩНОСТИ ЗЕРНОВОЙ ДРОБИЛКИ**

Паляничка Н. А., Цыб В. Г., Ливик Н. В., Ломейко А. П.

### **Аннотация**

Работа содержит результаты теоретических исследований по установлению баланса мощности и прогнозированию коэффициента полезного действия измельчителя концентрированных кормов в зависимости от степени измельчения зерновой массы.

Работа посвящена получению на основе теоретических исследований прогнозируемых значений коэффициента полезного действия процесса измельчения зерна на дробилке прямого удара.



Энергозатраты процесса измельчения той или иной кормовой смеси, мощность, необходимая для привода измельчителя, рассматривалась как сумма отдельных составляющих. Согласно исследованным теоретическим материалам энергозатраты процесса измельчения, в зависимости от конкретной конструкции дробилки, могут меняться.

Проведены теоретические исследования позволяют реализовать прогнозирования коэффициента полезного действия и мощности измельчения сырья на зерновой дробилке.

**Ключевые слова:** измельчение зерна, баланс мощности, степень измельчения, работа измельчения, КПД.

## **STUDY OF THE USEFUL COEFFICIENT AND BALANCE OF POWER OF ACTION OF THE GRAIN CRUSHER**

N. Palianychka, V. Tsyb, N. Livyk, O. Lomaiko

### **Summary**

This paper contains the results of theoretical research on establishing the balance of power and predicting the efficiency of the shredder concentrated feed, depending on the degree of grinding grain mass.

Hammer crushers in feed preparation technology are the main machines among impact crushers. Each type of shredder encompasses a large group of machines, characterized by a constructive design and a workflow organization scheme. Advantages of hammer crushers are simplicity of the device, high reliability in work, dynamic of working modes, high speed of working bodies. Disadvantages: high energy consumption, uneven granulometric composition, increased wear of working organs.

The work is devoted to obtaining, on the basis of theoretical studies, the predicted values of the efficiency of the process of grinding grain in a direct impact crusher.

When processing feed grain for feed, cattle and poultry are one of the most energy-intensive processes. For each species, the rational size of the grain particles, ie the degree of grinding grain mass is governed by the relevant zootechnical requirements.

The energy consumption of the process of grinding a feed mixture, the power required to drive the shredder, was considered as the sum of the individual components. According to the theoretical material studied, the energy consumption of the grinding process may vary depending on the specific design of the crusher.

Thus, for accurate prediction of energy consumption when grinding grain material, it is necessary to predict with maximum accuracy the efficiency of the grinding process and, thus, the amount of power required to implement this process.

Conducted theoretical studies make it possible to realize the prediction of the efficiency and grinding power of raw materials on the grain crusher.

**Key words:** grain grinding, power balance, degree of grinding, grinding operation, efficiency.

## ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЙ АПАРАТІВ, ЩО ПРАЦЮЮТЬ НА ПРИНЦИПІ РУХОМОГО ПОТОКУ РІДИНИ АБО ГАЗУ

Бойко В. С., к.т.н.,

ORCID: 0000-0003-1530-4368

Тарасенко В. Г., к.т.н.

ORCID: 0000-0002-0275-0281

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

*імені Дмитра Моторного*

Тел. (0619) 42-13-06

*Постановка проблеми.* Кожній конструкторській розробці передуює теоретичне дослідження процесу, на якому заснована робота створюваного апарату. Іноді доводиться дивуватися, на якому простому принципі гідродинаміки або теплопередачі працюють дуже складні апарати.

Особливо важливо, щоб при навчанні студентів, елементи теорії досліджуваного процесу, які викладаються, завжди були підкріплені практичним застосуванням. Це відповідає більш повному розумінню значущості теоретичних основ, необхідності засвоєння цього матеріалу і не призводить до відторгнення або зниження інтересу до теоретичних основ, як обґрунтованій, автономній частини матеріалу, який викладається.

*Аналіз останніх досліджень.* Розглянемо один з гідродинамічних процесів – течія рідини по трубопроводу з різним діаметром труб з чисто теоретичних позицій.

Потік ідеальної рідини рухається в трубопроводі змінного перетину (рис.1). В перетинах 1-1 і 2-2 нівелірні висоти дорівнюватимуть відповідно  $z_1$  і  $z_3$ , а площі поперечних перетинів  $f_1$  і  $f_2$ . Геометричні напори  $z_1$  і  $z_2$  будуть рівні ( $z_1 = z_2$ ), тому що вісь трубопроводу встановлена строго паралельно горизонтальній площині порівняння 0-0 [1].

Встановимо в перетинах 1-1 і 2-2 п'езометричні трубки і трубки Піто. Як відомо, за допомогою п'езометричних трубок вимірюють статичний напір, а трубками Піто, які представляють собою п'езометричні трубки з загнутим нижнім кінцем назустріч потоку рідини, вимірюють повний гідродинамічний напір [2].

Різниця висот, вимірюваних трубками Піто і звичайною п'езометричною трубкою дорівнює  $h_\omega = \omega^2/2g$ , представляє собою висоту, відповідну швидкісному напіру.

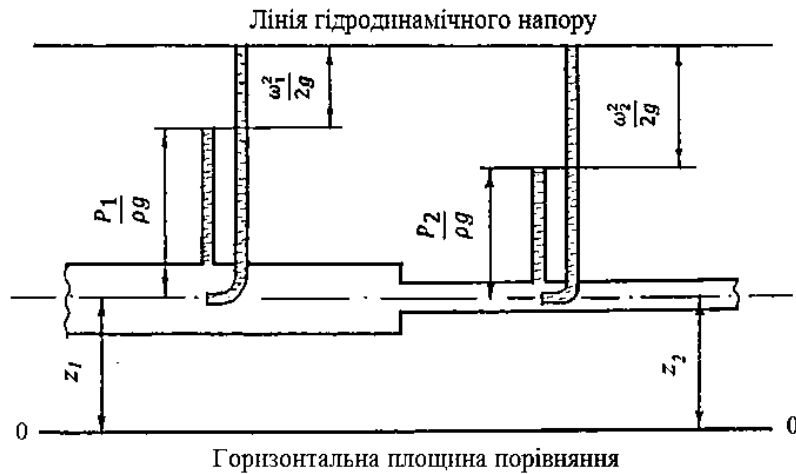


Рис.1. Схема напорів в потоці ідеальної рідини.

*Формулювання цілей статті (постановка завдання).* Основне завдання, яке ми повинні вирішити – теоретичним шляхом визначити зміну тиску в трубах з різною площею поперечного перерізу  $f$  при різних швидкостях руху рідини.

*Основна частина.* Скористаємося рівняння Бернуллі для потоку реальної рідини:

$$z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{\alpha \omega_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{\alpha \omega_2^2}{2g} + h_{\text{п}} \quad (1)$$

Всі доданки рівняння мають розмірність довжини:  $z$  – геометрична (геодезична нівелірна) висота;  $P/\rho g$  – п'єзометрична висота;  $\omega^2/2g$  – швидкісна (динамічна) висота;  $h_n$  – висота втрат енергії (напору).

Дані величини можуть мати інші назви:  $z$  – геометричний напір;  $P/\rho g$  – п'єзометричний напір;  $\omega^2/2g$  – швидкісний напір.

Через те, що труба розташована горизонтально  $z_1 = z_2$ . Відстань між перерізами 1 і 2 порівняно невелика, тому втратами енергії на тертя  $h_n$  можна знехтувати. Вважаємо сталою рівномірну течію рідини в трубі і приймаємо  $\alpha = 1$ . Тоді рівняння Бернуллі прийме вигляд:

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{\omega_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{\omega_2^2}{2g} \quad (2)$$

Скористаємося рівнянням нерозривності потоку:

$$\omega_1 \cdot f_1 = \omega_2 \cdot f_2 \quad (3)$$

Виразимо швидкість  $\omega_1$  в перерізі 1-1 через швидкість  $\omega_2$ :

$$\omega_1 = \omega_2 \frac{f_2}{f_1} \quad (4)$$

Підставимо значення  $\omega_1$  в рівняння (2):

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{\omega_1^2}{2g} \cdot \frac{f_2^2}{f_1^2} = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{\omega_2^2}{2g} \quad (5)$$

Перегрупуємо рівняння (5):

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{\omega_1^2}{2g} \cdot \frac{f_2^2}{f_1^2} = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{\omega_2^2}{2g}$$

або

$$\frac{P_1 - P_2}{\rho g} = \frac{\omega_2^2}{2g} \cdot \left(1 - \frac{f_2^2}{f_1^2}\right) \rightarrow \quad (6)$$

Помножимо ліву і праву частини рівняння (6) на  $\rho \cdot g$ :

$$\frac{(P_1 - P_2) \cdot \rho g}{\rho g} = \frac{\omega_2^2 \cdot \rho g}{2g} \cdot \left(1 - \frac{f_2^2}{f_1^2}\right).$$

Скоротивши однакові множники, отримаємо рівняння:

$$P_1 - P_2 = \frac{\omega_2^2 \cdot \rho}{2} \cdot \left(1 - \frac{f_2^2}{f_1^2}\right). \quad (7)$$

З рівняння (7) визначимо тиск рідини в трубі з площею поперечного перетину  $f_2$  (перетин 2 - 2).

$$-P_2 = -P_1 + \frac{\omega_2^2 \cdot \rho}{2} \cdot \left(1 - \frac{f_2^2}{f_1^2}\right).$$

Помноживши праву і ліву частину рівняння на  $-1$ , отримаємо необхідне нам рівняння:

$$P_2 = P_1 - \frac{\omega_2^2 \cdot \rho}{2} \cdot \left(1 - \frac{f_2^2}{f_1^2}\right). \quad (8)$$

де  $P_1$  і  $P_2$  – тиск рідини в перетинах 1-1 і 2-2;  $\omega$  – лінійна швидкість потоку в трубі;  $\rho$  – щільність рідини;  $g$  – прискорення вільного падіння.

В рівнянні (8) параметри  $\rho$ ,  $f_1$ ,  $f_2$  для даного випадку постійні, тому тиск в малому перерізі труби  $P_2$  повністю залежить від квадрату швидкості  $\omega_2^2$  руху потоку перерізі 2-2. Чим вище швидкість  $\omega_2$ , тим менше тиск  $P_2$  в даному перерізі і може настати такий момент, коли тиск стане рівним нулю або опуститься нижче атмосферного. При зменшенні труби в 1,5 рази, в порівнянні з діаметром перерізу 1-1, живий переріз зменшиться у 2,25 рази, а висота динамічного напору збільшиться майже в 5 разів. Це збільшення динамічного напору компенсується зменшенням п'єзометричного напору, який в стисненому перерізі може мати, як уже було сказано, негативний знак.

Негативний п'єзометричний тиск – це тиск нижче атмосферного, тобто в перерізі 2-2 утворився вакуум і рідина в звичайному п'єзометрі не тільки не піднімається, але навпаки, через трубку в перерізі 2-2 буде засмоктуватися атмосферне повітря. Щоб цього не сталося, п'єзометр слід повернути вниз і до нижнього кінця його піднести стакан з рідиною (рис. 2). Тепер рідина встановиться на висоті, відповідній  $P_3/\rho g$ . Відкладаючи динамічний напір  $\omega_2^2/2g$  в перерізі 2-2 в масштабі креслення, ми бачимо, що висота динамічного напору і геометрична висота  $z_2$  частково накладаються одна на іншу. Це означає, що рівняння Бернуллі геометрично справедливо, якщо п'єзометричний напір  $P_2/\rho g$  має негативний знак, а величина його відповідає довжині відрізка, на якому відбувається накладання  $\omega_2^2/2g$ .

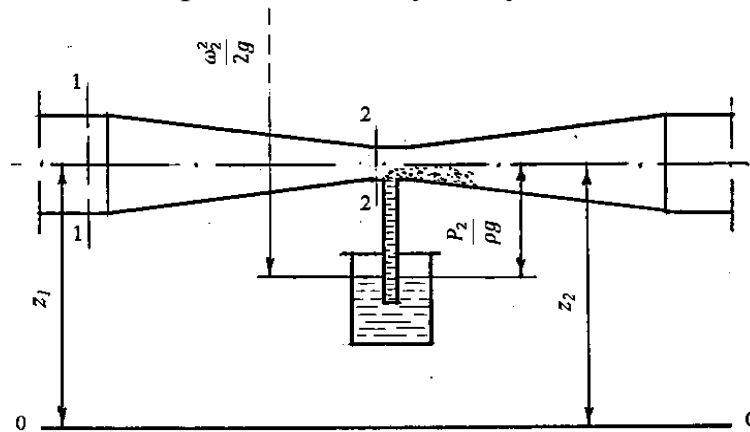


Рис. 2. Принцип роботи струминного насоса.

Якщо до кінця п'єзометра піднести склянку з рідиною таким чином, як це показано на рис. 2, рідина зі склянки буде засмоктуватися до перерізу 2-2 і далі транспортуватися по трубі разом з рештою рідини. У цьому полягає принцип роботи струминних насосів, пульверизаторів, карбюраторів автомобілів, інжекторних і ежекторних насосів, наприклад, ежекторного пристрою, змонтованого на вихлопній системі трактора, для створення вакууму у висівних апаратах сівалок. Пристрій зі стисненим перерізом буде працювати, якщо по трубі рухається повітря, газ або пар. Засмоктуватися по нижній трубці також може будь-яке з цих середовищ.

Широке поширення даний принцип отримав при вимірюванні параметрів рідини, що рухається – швидкості руху і витрати рідини.

Для вимірювання локальних швидкостей в закритих каналах, рух рідини в яких називають напірним, використовуються трубка Піто – Прандтля, яка являє собою комбінацію трубки Піто і п'єзометра (рис.1), які зазвичай об'єднуються в одну конструкцію.

Трубка Піто-Прандтля вводиться в точку потоку таким чином, щоб відкритий кінець трубки Піто був спрямований перпендикулярно до вектора швидкості, а відкритий кінець п'єзометра – по дотичній. Оскільки рідина проковзує близько вхідного перерізу п'єзометра не

загальмовуючись, то в ньому буде діяти такий же тиск, як і в рідині, що рухається.

Локальну швидкість знаходимо за формулою:

$$u = \sqrt{2gh} \quad (9)$$

де  $h$  – різниця рівнів рідини в трубці Піто і в п'єзометрі.

Для безпосереднього вимірювання витрати рідини велике поширення в практиці знайшли витратомір Вентурі і мірні діафрагми, які працюють за таким же принципом.

Витратомір Вентурі (рис. 3) має великі переваги за рахунок простоти конструкції і відсутності будь-яких рухомих частин. Він може бути розташований горизонтально, вертикально і під будь-яким кутом, що принципово значення не має.

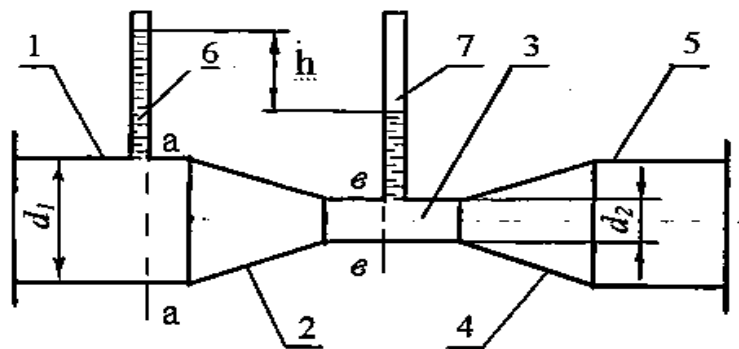


Рис. 3. Витратомір Вентурі.

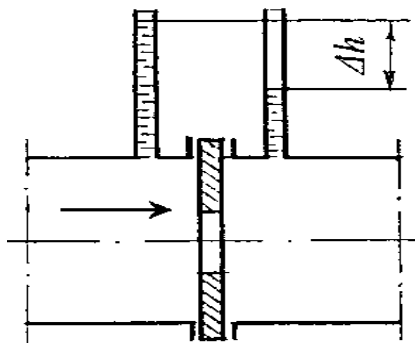


Рис. 4. Мірна діафрагма.

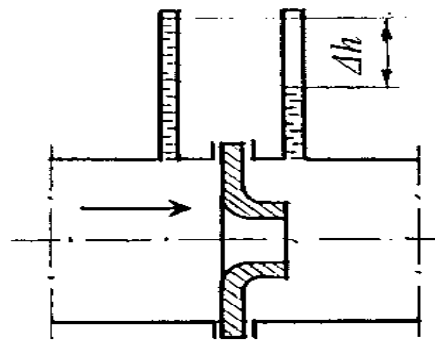


Рис. 5. Мірне скло.

Витратомір з горизонтальною віссю складається з двох циліндричних труб 1 і 5 діаметром  $d_1$ , сполучених за допомогою двох конічних ділянок (патрубків) 2 і 4 з циліндричною вставкою 3 меншого діаметра  $d_2$ . В перерізах  $a-a$  і  $в-в$  до витратоміра приєднані п'єзометри 6 і 7, різницю рівнів рідини в яких показує різниця тисків в цих перерізах. Витрата рідини розраховується за рівнянням:

$$W = K\sqrt{\Delta h}, \quad (10)$$

$$\text{де } K - \text{постійна витратоміра; } K = \frac{\pi d^2}{4} \cdot \sqrt{\frac{2g}{(d_1^4/d_2^4)-1}};$$

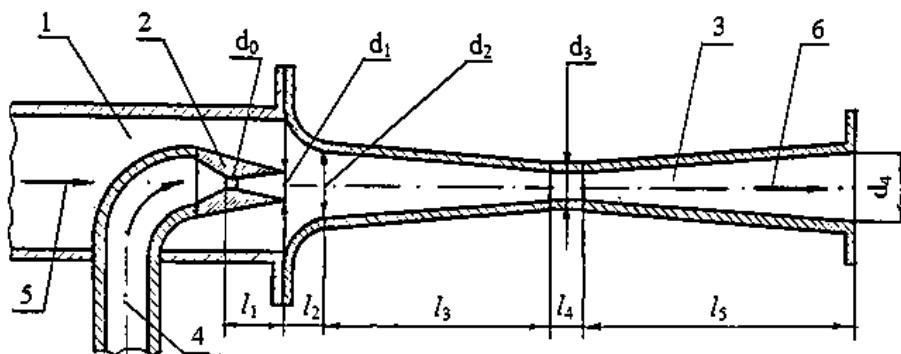
$\Delta h = \frac{P_1}{\rho g} - \frac{P_2}{\rho g}$  – різниця п'єзометричних напорів в перетинах *a-a* і *в-в*.

Найбільш простий звужуючий пристрій – мірна діафрагма (рис. 4). Вона зазвичай виконана у вигляді тонкого диска з отвором, центр якого збігається з віссю труби і діаметром  $d_2$  менше діаметра труби  $d_1$ . Краї отвору найчастіше мають гострі входні кромки або закруглюються за формою струменя рідини, що випливає в отвір. Для вимірювання перепаду тиску до і після діафрагми зазвичай використовують дифманометри [3].

Мірне сопло (рис. 5) мало відрізняється від діафрагми, але характеризується меншим гідравлічним опором. Формули, отримані для витратоміра Вентурі справедливі і для діафрагм. Витрата  $w$  визначається за формулою (10), а коефіцієнт  $K$  знаходять дослідним шляхом для кожного типу діафрагми окремо.

Для відведення повітря з конденсаторів, створення вакууму у випарних установках, в ежекторних холодильних машинах застосовуються головним чином пароструминні апарати – ежектори, для термокомпресії вторинних парів – інжектори. Істотної різниці в будові та принцип дії вони не мають, тільки інжектор призначений для нагнітання, а ежектори – для відсмоктування.

Пристрій інжектора приведена на рис. 6.



1 – всмоктуючий паропровід; 2 – сопло; 3 – дифузор; 4 – патрубок входу робочої пари; 5 – вхід вторинної пари; 6 – вихід стисненої пари.

Рис. 6. Пароструминний термокомпресор.

Гостра пара в паровому соплі адіабатично розширюється, і пара виходить з сопла зі швидкістю, яка перевищує швидкість звуку. Струмień пари, що рухається з такою швидкістю, має велике поверхневе тертя, тому захоплює вторинні пари, що обумовлює його всмоктування. В камері змішування гостра пара не перемішується з вторинною парою. Швидкість руху різко знижується, і суміш

надходить в дифузор (камеру стиснення), де тиск суміші підвищується.

Основною характеристикою пароструминних термокомпресорів (інжекторів) є коефіцієнт інжекції і ККД. Коефіцієнт інжекції  $I$  показує, яка кількість вторинної пари або повітря засмоктується на кожен кілограм гострої пари, тобто

$$I = D_v/D_o, \quad (11)$$

де  $D_v$  – масова кількість вторинної пари, кг;  $D_o$  – кількість гострої пари, кг.

Коефіцієнт корисної дії  $\eta$  інжектора обчислюється за формулою

$$\eta = \frac{0,56}{I + 1}.$$

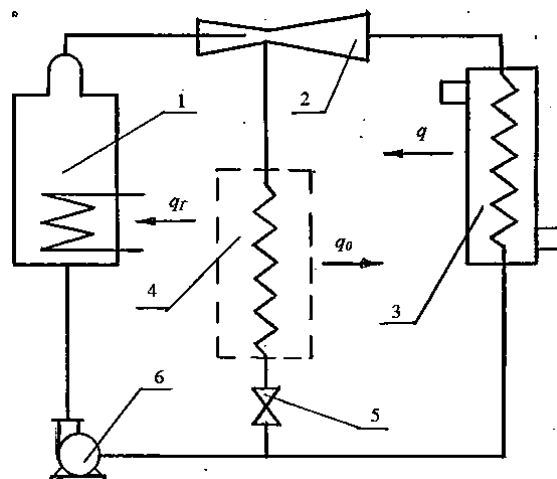
Пароструминні інжектори працюють в складі однокорпусних вакуум-випарних установок, які використовуються для виробництва згущеного молока з цукром або для попереднього згущення молока перед сушінням. В цих двох інжекторах підігрівається і нагнітається вторинна пара, яка в подальшому використовується в якості нагрівальної пари в калоризаторах (нагрівальних камерах). Зазвичай другий термокомпресор вводять в роботу в другій половині процесу згущення, коли кількість вторинної пари починає зменшуватися.

У випарних вакуум-апаратах роторного типу, які використовуються для випарювання нестійких до підвищених температур в'язких і пастоподібних розчинів, для створення вакууму в нагрівальній камері та підтримання його в процесі роботи, служать двоступеневі пароструминні вакуум-насоси, які складаються з двох ежекторів. На інжектори пара надходить з надлишковим тиском не менше 0,8 МПа (витрата 100 кг/год) [4, 5].

Пароежекторні холодильні машини (рис. 7) працюють з холодильним агентом, в якості якого зазвичай використовують воду, яка має більшу приховану теплоту пароутворення [6]. Щоб знизити температуру кипіння води у випарнику, необхідно створити вакуум. В пароежекторних холодильних машинах вакуум створюється пароструменевим вакуум-насосом – ежектором [7].

Робоча пара, яка утворилася в парогенераторі, куди підводиться теплота  $q_2$ , під тиском подається в ежектор [8]. З ежектора суміш, яка має тиск нижче атмосферного, надходить в конденсатор. В конденсаторі в результаті відведення тепла  $q$  пари конденсуються в умовах вакууму. Цей вакуум підтримується ежектором, який відсмоктує пари з випарника [9, 10].





1 – парогенератор; 2 – ежектор; 3 – конденсатор; 4 – випарник;  
5 – регулюючий вентиль; 6 – насос.

Рис. 7. Схема паро ежекторної холодильної машини.

Переваги пароежекторних пристроїв – їхня повна безпека і простота будови.

*Висновки.* Теоретичне обґрунтування руху потоку рідини або газу дає широкі можливості для конструювання апаратів і пристроїв зі стисненим перетином. За допомогою теоретичних досліджень, знаючи граничні можливості основних робочих параметрів процесу, можна значно розсунути граничні можливості пристроїв, які конструюються.

Наведені схеми приладів і пристроїв, які працюють за даним принципом, підтверджують простоту їх будови, безпеку роботи та економічну ефективність.

#### Література:

1. Обладнання підприємств переробної і харчової промисловості / І. С. Гулий та ін. За ред. І. С. Гулого. Вінниця; Нова книга. 2001. 576с.
2. Механізація переробки і зберігання плодоовочевої продукції : навч. посібник. / О. В. Дацишин та ін. За ред. О. В. Дацишина. К.: Мета, 2003. 288с.
3. Мирончук В. Г. Розрахунки обладнання підприємств переробної та харчової промисловості. Вінниця: Нова книга, 2004. 288 с.
4. Шалугін В. С., Шмандій В. М. Процеси та апарати промислових технологій. Київ: Центр учбової літератури., 2008. 392 с.
5. Плаксин Ю.М., Малахов Н.Н., Ларин В.А. Процессы и аппараты пищевых производств. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Колос, 2007. 760 с.

6. Остриков А.Н., Абрамов О.В. Расчет и конструирование машин и аппаратов пищевых производств. Учебник для вузов, СПб.; ГИОРД, 2003. 352с.

7. Процеси і апарати харчових виробництв : лабораторний практикум : навч. посібник. / О. І. Черевко та ін. ; Харків : Світ Книг, 2013. 168 с.

8. Стабников В. Н., Лысянский В. М., Попов В. Д. Процессы и аппараты пищевых производств : учебник. 3-е изд., испр. и доп. М. : Пищевая промышленность, 1976. 663 с.

9. Процеси та апарати харчових виробництв : підручник / Поперечний А. М., Черевко О. І., Гаркуша В. Б., Кирпиченко Н. В. ; за ред. А. М. Поперечного. К. : Центр учбової літератури, 2007. 304 с.

10. Малежик І. Ф. Процеси і апарати харчових виробництв: лабораторний практикум. За ред. І. Ф. Малежика. К. : НУХТ, 2006. 224 с.

## **ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЙ АПАРАТІВ, ЩО ПРАЦЮЮТЬ НА ПРИНЦИПІ РУХОМОГО ПОТОКУ РІДИНИ АБО ГАЗУ**

Бойко В. С., Тарасенко В. Г.

### **Анотація**

У статті розглянуті елементи теорії досліджуваних процесів в термодинаміці. Досліджений один з гідродинамічних процесів – течія рідини по трубопроводу з різним діаметром труб з теоретичних позицій. Представлена схема напорів в потоці ідеальної рідини. Основне завдання, вирішене в даній статті – визначення теоретичним шляхом зміни тиску в трубах з різною площею поперечного перерізу при різних швидкостях руху рідини. Теоретичне обґрунтування руху потоку рідини або газу дає широкі можливості для конструювання апаратів і пристроїв зі стисненим перетином. За допомогою теоретичних досліджень, знаючи граничні можливості основних робочих параметрів процесу, можна значно розсунути граничні можливості пристроїв, які конструюються. Наведені схеми приладів і пристроїв, які працюють за даним принципом, підтверджують простоту їх будови, безпеку роботи та економічну ефективність.

**Ключові слова:** гідродинамічний процес, потік рідини, швидкість руху, обґрунтування, паро ежекторний пристрій, парогенератор, термокомпресор.

## **ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ АППАРАТОВ, РАБОТАЮЩИХ НА ПРИНЦИПЕ ДВИЖУЩЕГОСЯ ПОТОКА ЖИДКОСТИ ИЛИ ГАЗА**

Бойко В. С., Тарасенко В. Г.

### **Аннотация**

В статье рассмотрены элементы теории исследуемых процессов в термодинамике. Исследован гидродинамический процесс – течение жидкости по трубопроводу с различным диаметром труб. Представлена схема напорів в потоке

идеальной жидкости. Решена задача определения теоретическим путем изменения давления в трубах с разной площадью поперечного сечения при различных скоростях движения жидкости. В статье использовано уравнение Бернулли для потока реальной жидкости. Уравнение Бернулли геометрически справедливо, если пьезометрический напор имеет отрицательный знак, а величина его соответствует длине отрезка, на котором происходит наложение. Теоретическое обоснование движения потока жидкости или газа дает широкие возможности для конструирования аппаратов и устройств со сжатым сечением. Приведенные схемы приборов и устройств, работающих по данному принципу, подтверждают простоту устройства, безопасность работы и экономическую эффективность.

**Ключевые слова:** гидродинамический процесс, поток жидкости, скорость движения, обоснование, парожеторное устройство, парогенератор, термокомпрессор.

## THEORETICAL SUBSTANTIATION OF DESIGNS OF APPARATUS OPERATING ON THE PRINCIPLE OF MOVING FLOW OF A LIQUID OR GAS

V. Boiko, V. Tarasenko

### Summary

The article discusses elements of the theory of the processes under study in thermodynamics. One of the hydrodynamic processes is studied – fluid flow through a pipeline with various pipe diameters from theoretical positions. A diagram of the pressure in the ideal fluid flow is presented. Piezometric tubes measure static pressure, and Pitot tubes, which are piezometric tubes with a bent lower end towards the fluid flow, measure the total hydrodynamic pressure. The main problem solved in this article is to determine theoretically the change in pressure in pipes with different cross-sectional areas at different fluid speeds. A device with a compressed section will work if air, gas or steam moves through the pipe. This principle has become widespread when measuring the parameters of a moving fluid - the speed of movement and fluid flow. For direct measurement of fluid flow rate, a Venturi flow meter and orifice plates, which operate on the same principle, are widely used in practice.. It can be located horizontally, vertically and at any angle. The theoretical rationale for the movement of a fluid or gas stream provides ample opportunity for the design of apparatuses and devices with a compressed section. With the help of theoretical studies, knowing the limit capabilities of the main operating parameters of the process, it is possible to significantly expand the limit capabilities of the constructed devices. The above diagrams of devices and devices operating according to this principle confirm the simplicity of their device, safe operation and economic efficiency.

**Key words:** hydrodynamic process, fluid flow, movement speed, justification, steam ejector device, steam generator, thermocompressor.

## МЕТОДИКА І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ АДГЕЗІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ КАБАЧКІВ І ГАРБУЗА

Ялпачик В. Ф., д.т.н.,

ORCID: 0000-0002-0349-2448

Тарасенко В. Г., к.т.н.,

ORCID: 0000-0002-0275-0281

Михайленко О. Ю., інженер

ORCID: 0000-0001-7587-4544

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

*імені Дмитра Моторного*

Тел. (0619) 42-13-06

*Постановка проблеми.* Заморожування вважається найкращим способом тривалого зберігання плодів і овочів, оскільки, таким чином зберігається їх смак, колір, текстура, поживна цінність.

Залежно від технологічних схем подальшої переробки замороженої сировини плоди, кабачків і гарбуза можуть піддаватися заморожуванню як в цілому, так і у фрагментованому вигляді (кружечками, кубиками тощо). Однак в цьому випадку поверхня нарізаних фрагментів покривається крапельками вологи (сік пошкоджених клітин), що в процесі заморожування веде до злипання фрагментів у великі блоки.

У зв'язку з цим виникла необхідність попереднього підморожування подрібнених /кабачків і гарбузів перед їх заморожуванням до повної відсутності вологи на поверхні або ж до появи льодового шару, який буде перешкоджати злипанням фрагментів.

Здатність матеріалів проявляти певні сили взаємодії з іншим матеріалом або поверхнями з металу або тканини, які контактують з ними називають *адгезією*. Дослідженню цієї властивості при заморожуванні фрагментованих кабачків присвячена ця робота.

*Аналіз останніх досліджень.* Явище адгезії харчових продуктів вивчалось по відношенню до м'ясопродуктів, сирної маси, борошняного тіста, ряду кондитерських виробів. Серед вчених, які досліджували властивості адгезії харчових продуктів, слід зазначити Рогова І. А., Горбатова А. В., Ніколаєва Б. А., Іонова А. Г [2, 3, 4]. Однак літературних даних по вивченню адгезії плодоовочевої сировини практично немає.

Дослідження адгезійних властивостей такої цінної сировини для заморожування, як кабачки і гарбузи, становить практичну зацікавленість, має велике значення при обґрунтуванні і виборі оптимального режиму заморожування.

*Формулювання цілей статті (постановка завдання).* Основне завдання, яке ставиться в цій статті – дослідити адгезійні властивості фрагментів кабачків при заморожуванні з метою визначення температури зовнішнього шару, при якій адгезія відсутня.

*Основна частина.* За визначенням теорії адгезії досліджуваний матеріал носить назву *адгезиву*. При дослідженні використовували принципи, які реалізують нормальний розрив двох плоскопаралельних дисків, між якими знаходиться продукт. З метою обґрунтування режиму заморожування визначали адгезійні властивості в залежності від температури заморожування і часу попереднього контакту продукту з дисками.

Правильне вимірювання величини сил адгезії можливо лише за умов, коли при відриві адгезиву поверхня, з якої він був пов'язаний, буде чистою (не має слідів цього матеріалу). Адгезія залежить від ряду технологічних характеристик: вологості, складу продукту, ступеня подрібнення тощо.

Для обґрунтування товщини шару підморожування визначали адгезійні характеристики залежно від температури і часу заморожування. При дослідженні використовували принципи, які реалізують нормальний розрив двох плоскопаралельних дисків, між якими знаходиться продукт.

Адгезію  $P_0$ , Па, визначали як питому силу нормального відриву продукту від пластини:

$$P_0 = \frac{P}{F_0} \quad (1)$$

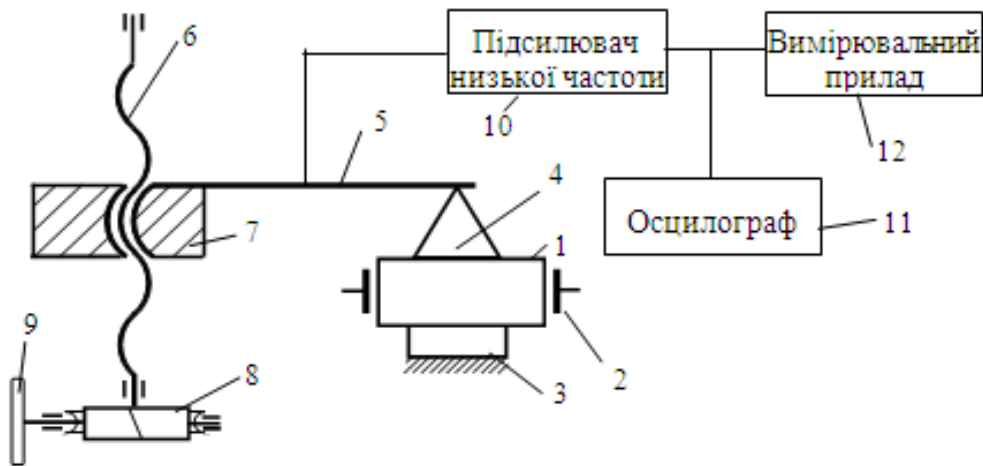
де  $P$  – сила відриву, Н;

$F_0$  – геометрична площа пластини, м<sup>2</sup>.

Для вивчення адгезії використовували прилад, в якому зусилля відриву вимірюється по деформації тензометричної балки із записом результату на стрічці осцилографа [5]. Балка закріплена так, що допускає тарування до і після дослідів.

Прилад (рис.1) працює наступним чином: зразок 1 закріплюють в затискачах 2. Гайка 7, на якій закріплена тензометрична балка 5, утворює з ходовим гвинтом різьбове з'єднання. При обертанні ходового гвинта гайка 7 з тензометричною балкою переміщується в залежності від напрямку обертання вгору або вниз. Обертання гвинта здійснюється через черв'ячну пару 8 вручну маховиком 9. До тензометричної балки 5 кріпиться пластина 4. Для створення попереднього контакту на пластину 4 встановлювали вантажі.

Пластина виготовлена із нержавіючої сталі 09Х15Н210, площа пластини 0,000936 м<sup>2</sup>. Фотографію приладу для вимірювання адгезії представлено на рис. 2.



1 – дослідний зразок; 2 – затискач; 3 – нерухома площадка;  
4 – пластина; 5 – тензометрична балка; 6 – гвинт; 7 – гайка;  
8 – черв'ячна пара; 9 – маховик; 10 – тензопідсилювач;  
11 – осцилограф; 12 – вимірювальний прилад.

Рис. 1. Схема приладу для вимірювання адгезії.

Особливе значення має підготовка зразків для вимірів. Для цього виготовлено пристрій, що складається з 2-х паралельних ножів. Відстань між ножами 20 мм визначає товщину кружечків кабачків. Перед кожним дослідом пластину очищували, знежирювали і просушували. Перед вимірюванням продукт повинен притискатися до пластини для встановлення контакту і видалення з нього повітряних бульбашок. Чим більше зусилля і тривалість контакту, тим краще продукт заповнює мікроступи поверхні. Відносна помилка вимірів, обумовлена вимірювальною апаратурою і конструкцією приладу, не перевищує  $\pm 4\%$ .



1 – тензобалка; 2 – міліамперметр; 3 – тензопідсилювач; 4 – блок живлення.

Рис. 2. Фотографія приладу для вимірювання адгезії.

Для оцінки впливу різних факторів на адгезію кабачків і гарбузів були проведені серії дослідів за методикою, описаною вище: залежно від часу, тиску попереднього контакту і від температури

підморожування. На рис.3 представлений графік залежності адгезії сировини від часу попереднього контакту.

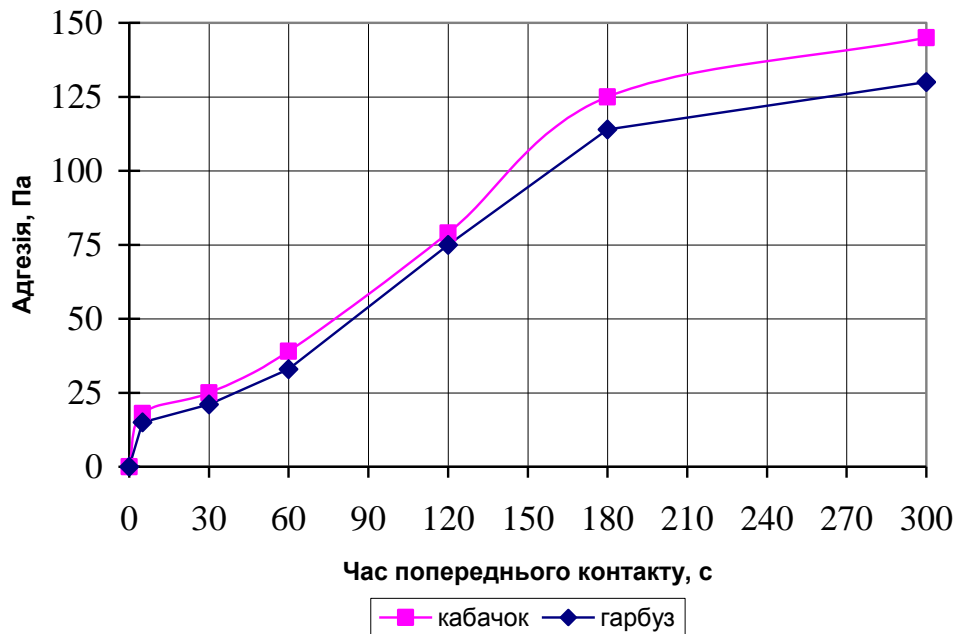


Рис. 3. Залежність адгезії від часу попереднього контакту.

Представлена на рис.4 крива відображає залежність адгезії кабачків і гарбузів від тиску попереднього контакту.

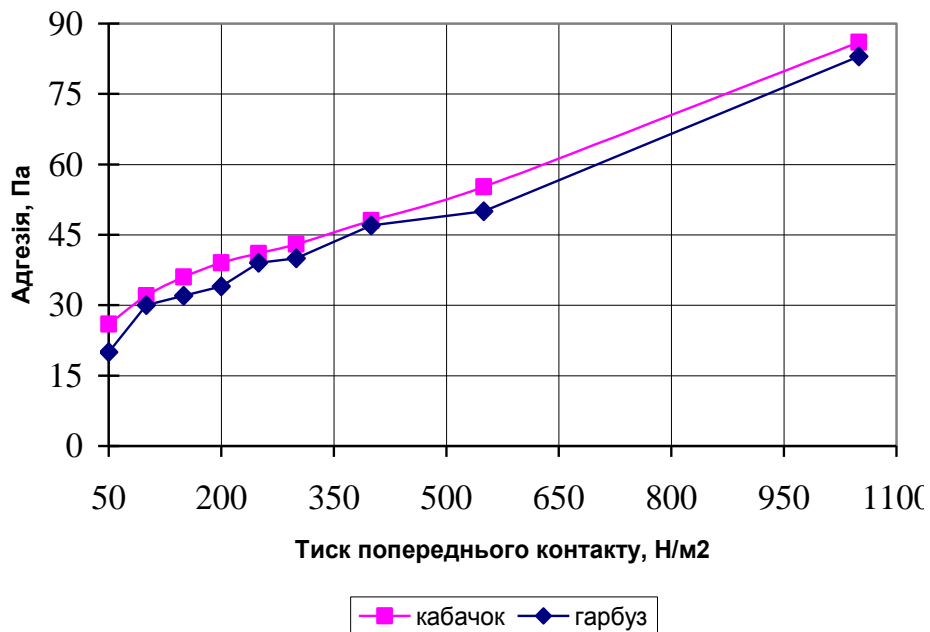


Рис. 4. Залежність адгезії від тиску попереднього контакту.

Збільшення часу і тиску попереднього контакту супроводжується зростанням дійсної площі контакту і кількості осередків, які мають максимальне зчеплення з пластиною, що визначає змочування матеріалу пластини.

Питання про змінення адгезії при зміні температури на поверхні продукту становить значну практичну зацікавленість. Результати наведені на рис.5.

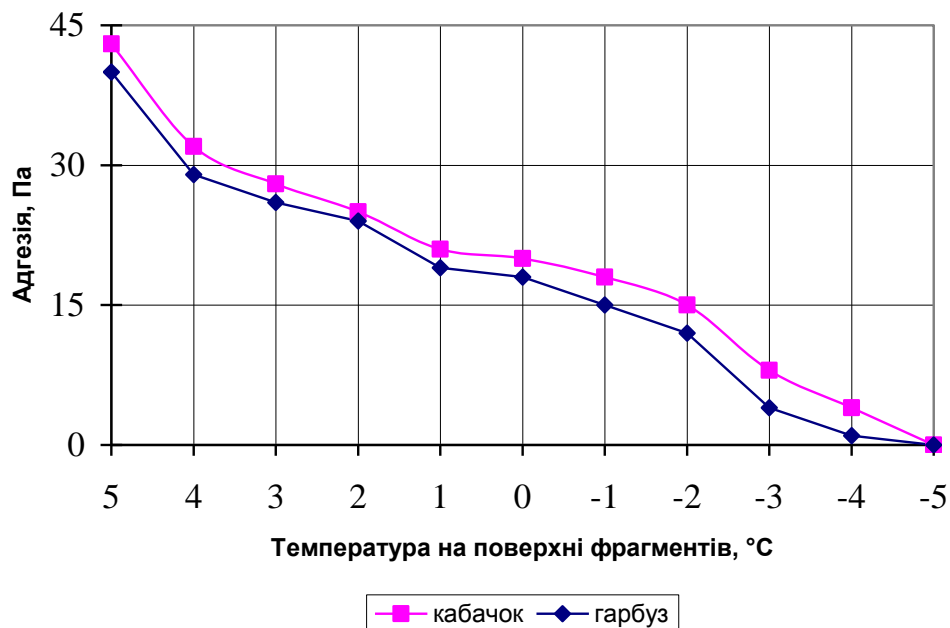


Рис. 5. Залежність адгезії від температури на поверхні фрагментів.

Аналізуючи графік залежності, зображеної на рис. 5, можна сказати, що при зниженні температури на поверхні продукту адгезія зменшується, це пояснюється тим, що утворювана на поверхні фрагментів нарізаних овочів крижана кірка перешкоджає злипанню фрагментів кабачків і гарбузів між собою. Температура, при якій адгезія практично відсутня, становить мінус 4 мінус 5°C.

*Висновки.* Отримані в даній роботі залежності величини адгезії фрагментів нарізаних кабачків і гарбузів від основних факторів, що діють на них в процесі заморожування, дають можливість використання їх при розробці раціональних режимів обробки холодом даного рослинної сировини. Адгезія залежить перш за все від структурно-механічних особливостей досліджуваних об'єктів. Адгезія нарізаних фрагментів кабачків і гарбузів визначається умовами вимірювання і залежить від характеру прикладення зовнішнього зусилля.

#### Література:

1. Ялпачик В. Ф. Методика визначення фізико-механічних та теплофізичних властивостей плодів, овочів і ягід при тривалому зберіганні в замороженому виді. *Праці Таврійської державної агротехнічної академії*. Мелітополь, 2005. Вип.29. С.81-90

2. Рогов И. А., Горбатов А. В. Физические методы обработки пищевых продуктов. Москва: Пищевая промышленность, 1974. 583 с.



3. Николаев Б. А. Измерение структурно-механических свойств пищевых продуктов. Москва: Экономика, 1964. 224 с.
4. Ионов А. Г., Моргунов С. М. Уменьшение адгезии при замораживании мясопродуктов в скороморозильных аппаратах. Москва: ЦНИИТЭИмясомолпром, 1982. 20 с. (Обзорная информация).
5. Ялпачик В. Ф., Буденко С. Ф., Тарасенко В. Г. Исследование адгезионных свойств кабачков. *Холодильна техніка і технологія*. 2007. № 4 (108). С. 58–60.
6. Ялпачик В. Ф., Стручаев К. Н., Тарасенко В. Г. Обоснование размеров кусочков тыквы и кабачков при замораживании. *Праці Таврійської державної агротехнічної академії*. Мелітополь, 2006. Вип. 37. С. 176–182.
7. Стручаев К. Н., Ялпачик В. Ф., Бровченко С. А. Методика определения оптимальных кусочков тыквы при замораживании. *Проблеми та перспективи розвитку аграрної механіки* : матер. Міжна. наук.-практ. конференції. Дніпропетровськ, 2004. С. 92–94.
8. Николаев Н. С., Мерзляков А. И. Процесс замораживания пищевых продуктов и методика его расчета. *Холодильная техника*. 2005. № 8. С. 34–37.
9. Масліков, М. М. Способи швидкого заморожування харчових продуктів. *Мясное дело*. 2005. № 12. С. 54-55.
10. Shi X., Datta A. K., Throops J. A. Mechanical Property Changes During Freezing of a Biomaterial. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*. 1998b. Vol. 41. P. 1407–1414.

## МЕТОДИКА І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ АДГЕЗІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ КАБАЧКІВ І ГАРБУЗА

Ялпачик В. Ф., Тарасенко В. Г., Михайленко О. Ю.

### Анотація

Стаття присвячена дослідженню адгезійних властивостей фрагментів подрібнених кабачків і гарбуза при заморожуванні з метою подальшої розробки режимів заморожування і технології зберігання плодоовочевої продукції. Для вивчення адгезії використовували прилад, в якому зусилля відриву вимірюється по деформації тензометричної балки із записом результату на стрічці осцилографа. При зниженні температури на поверхні продукту адгезія зменшується, це пояснюється тим, що утворювана на поверхні фрагментів нарізаних овочів крижана кірка перешкоджає злипанню фрагментів кабачків і гарбузів між собою. Температура, при якій адгезія практично відсутня, становить мінус 4 мінус 5°C. Адгезія залежить перш за все від структурно-механічних особливостей досліджуваних об'єктів. Адгезія нарізаних фрагментів кабачків і гарбузів визначається умовами вимірювання і залежить від характеру прикладення зовнішнього зусилля.

**Ключові слова:** заморожування, крижана корка, адгезія, деформація, тензометрична балка.

## МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ АДГЕЗИОННЫХ СВОЙСТВ КАБАЧКОВ И ТЫКВЫ

Ялпачик В. Ф., Тарасенко В. Г., Михайленко Е. Ю.

### Аннотация

Статья посвящена исследованию адгезионных свойств фрагментов измельченных кабачков и тыквы при замораживании с целью дальнейшей разработки режимов замораживания и технологии хранения плодоовощной продукции. Для изучения адгезии использовали прибор, в котором усилие отрыва измеряется по деформации тензометрической балки с записью результата на ленте осциллографа. При снижении температуры на поверхности продукта адгезия уменьшается, что объясняется тем, что создаваемая на поверхности фрагментов нарезанных овощей ледяная корка препятствует слипанию фрагментов кабачков и тыквы между собой. Температура, при которой адгезия практически отсутствует, составляет минус 4 минус 5 °С. Адгезия зависит прежде всего от структурно-механических особенностей исследуемых объектов. Адгезия нарезанных фрагментов кабачков и тыквы определяется условиями измерения и зависит от характера приложения внешнего усилия.

**Ключевые слова:** замораживание, ледяная корка, адгезия, деформация, тензометрическая балка.

## METHODOLOGY AND RESULTS OF RESEARCH OF ADHESION PROPERTIES OF SQUASH AND PUMPKIN

V. Yalpachik, V. Tarasenko, O. Mikhailenko

### Summary

The article is devoted to the study of the adhesive properties of fragments of chopped squash and pumpkin during freezing with the aim of further developing freezing modes and storage technology for fruits and vegetables. Freezing is considered the best way for long-term storage of many vegetables and fruits, since, thus, their taste, color, texture, nutritional value are preserved. Depending on the technological schemes for the further processing of frozen raw materials, squash and pumpkin can be frozen both in whole and in fragmented form (in circles, cubes, etc.). However, in this case, the surface of the sliced pieces is covered with droplets of moisture (juice of damaged cells), which during freezing leads to adhesion of fragments into large blocks. In this regard, there was a need to pre-freeze the crushed fruits of squash before freezing them until moisture is removed on the surface or until an ice layer appears that will prevent pieces from sticking together. To study adhesion, a device was used in which the separation force is measured by the deformation of the strain gauge beam with the result recorded on the oscilloscope tape. When the temperature on the surface of the product decreases, the adhesion decreases, which is explained by the fact that the ice crust created on the surface of the sliced vegetables prevents the sticking of the squash and pumpkin fragments to each other. The temperature at which adhesion is practically absent is minus 4 minus 5 °C. The dependences obtained in this work on the adhesion values of sliced squash and pumpkin fragments on the main factors acting on them during the freezing process make it possible to use them in developing rational modes of cold processing of this plant material. Adhesion depends primarily on the structural and mechanical features of the objects under study. The adhesion of chopped slices of squash and pumpkin is determined by the measurement conditions and depends on the nature of the application of external force.

**Key words:** freezing, ice crust, adhesion, deformation, strain gauge beam.

## ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ЗАМОРОЖУВАННЯ ЯГІД

Кюрчев С. В., д.т.н.,

ORCID: 0000-0001-6512-8118

Верхоланцева В. О., к.т.н.,

ORCID: 0000-0003-1961-2149

Кюрчева Л. М., к.с-г.н,

ORCID: 0000-0002-8225-3399

Самойчук К. О., д.т.н.

ORCID: 0000-0002-3423-3510

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

*імені Дмитра Моторного*

Тел. (0619) 42-13-06

*Постановка проблеми.* На сьогодні існують різноманітні способи зберігання та переробки фруктів, овочів, плодів, ягід. Але пріоритетними напрямками в розвитку сучасного агропромислового господарства є зберігання плодоовочевої продукції у свіжому вигляді та швидке заморожування, адже в такому разі плодоовочева продукція максимально зберігає свої корисні та органолептичні властивості.

Серед ресурсів життєзабезпечення суспільства продовольство посідає найголовніше місце. Україна є провідним виробником продовольства у світі навіть в умовах технологічного відставання галузі. Проте подальший розвиток аграрної сфери вимагає від держави розробки й впровадження продуманої стратегії модернізації аграрного виробництва [1, 2, 7].

Втрати врожаю, в тому числі ягід, вже на стадії зберігання становлять понад 25%. Основною причиною цих втрат є різні мікроорганізми (цвіль, стрептококи, грибки, спорові бактерії тощо), недостатнє або неякісне забезпечення холодильними складами і сховищами. Розвиток сучасного агропромислового господарства, поряд із отриманням високих врожаїв, потребує вирішення проблеми тривалого зберігання і якісної переробки сільгосппродуктів. У зв'язку з цим одним із найбільш важливих завдань є розробка нових технологій зберігання та переробки ягідної продукції, при яких втрати врожаю було б зведено до мінімуму, при цьому зовнішній вигляд і корисні властивості продуктів зберігалися б у природному і незмінному вигляді впродовж усього терміну зберігання.

*Аналіз останніх досліджень.* Агропромисловий комплекс, що виробляє сільськогосподарську сировину та продукти харчування, є гарантом продовольчої безпеки країни. Однією з нагальних потреб аграрної галузі є забезпечення зростання виробництва рослинницької продукції та підвищення конкурентоспроможності вітчизняних аграрних підприємств, що неможливо без державного регулювання та економічної підтримки сільського господарства.

За останні роки дослідженням питання збереження ягід після врожаю займалося багато вчених [2, 3, 4]. Однак, відмічається, що більшість запропонованих варіантів, все ж таки потребують подальшого вдосконалення з метою отримання найбільш кращих показників якості.

Тому необхідно продовжувати проводити дослідження в напрямку розробки модернізованої технології зберігання ягід.

*Формулювання цілей статті (постановка завдання).* Метою даної статті є дослідження ягід у процесі зберігання із застосуванням процесу заморожування.

*Основна частина.* Як було вище зазначено, що до ефективного зберігання ягід потрібна певне середовище, яке можна організувати за допомогою установки для охолодження з попереднім заморожуванням ягід. Процес попереднього охолодження ягід є основною умовою і запорукою збереження їх якості при закладці на тривале зберігання для подальшої переробки. Однак, завдяки цьому можна подовжити термін зберігання фруктів і овочів лише на короткий час. На практиці охолодження використовують лише при тривалому складуванні сировини перед обробкою. Температура складування має бути мінімальною, якомога ближчою до точки замерзання. З точки зору пригнічення всіх біохімічних реакцій зручно складувати при низьких температурах і готові продукти, при цьому краще зберігаються також їх природні та органолептичні властивості.

У нашому регіоне дуже багато фермерів, які вирощують полуницю, тому і в подальших дослідженнях будемо використовувати цю ягіду (рис. 1).



Рис. 1. Полуниця, яка вирощена у Запорізькій області.

Плоди полуниці складаються приблизно з 90% води та 10% твердих розчинних речовин. Вони є важливим джерелом фолієвої кислоти та калію, а також харчових волокон, марганцю й антиоксидантів. Полуниця характеризується високим вмістом вітаміну

С, тому споживання 10 ягід на день відповідає всім рекомендованим дієтичним нормам прийому цього вітаміну. Основні розчинні компоненти цукру - глюкоза та фруктоза. Лимонна кислота є основною [4, 5, 6].

Ключова характеристика - аромат полуниці, що поєднує солодкість, кислотність та аромат ягоди. Плоди з найінтенсивнішим ароматом характеризуються високими показниками TSS і кислотності. Ягоди найкращої якості мають однаковий розмір, глянцеvu шкірку та насичений червоний колір. Вони також повинні бути соковитими, зі стійким ароматом, без цвілі та вм'ятин. Селекція видів також має значення, оскільки кожен сорт має свою типову форму, розмір, смак та текстуру [7, 8].

Нами запропоновано схему факторів, що впливають на процес зберігання ягід (рис. 2).



Рис. 2. Фактори, що впливають до процесу зберігання на ягід.

Нами пропонується розглянути схему факторів, що впливають у процесі зберігання ягід (рис. 3).



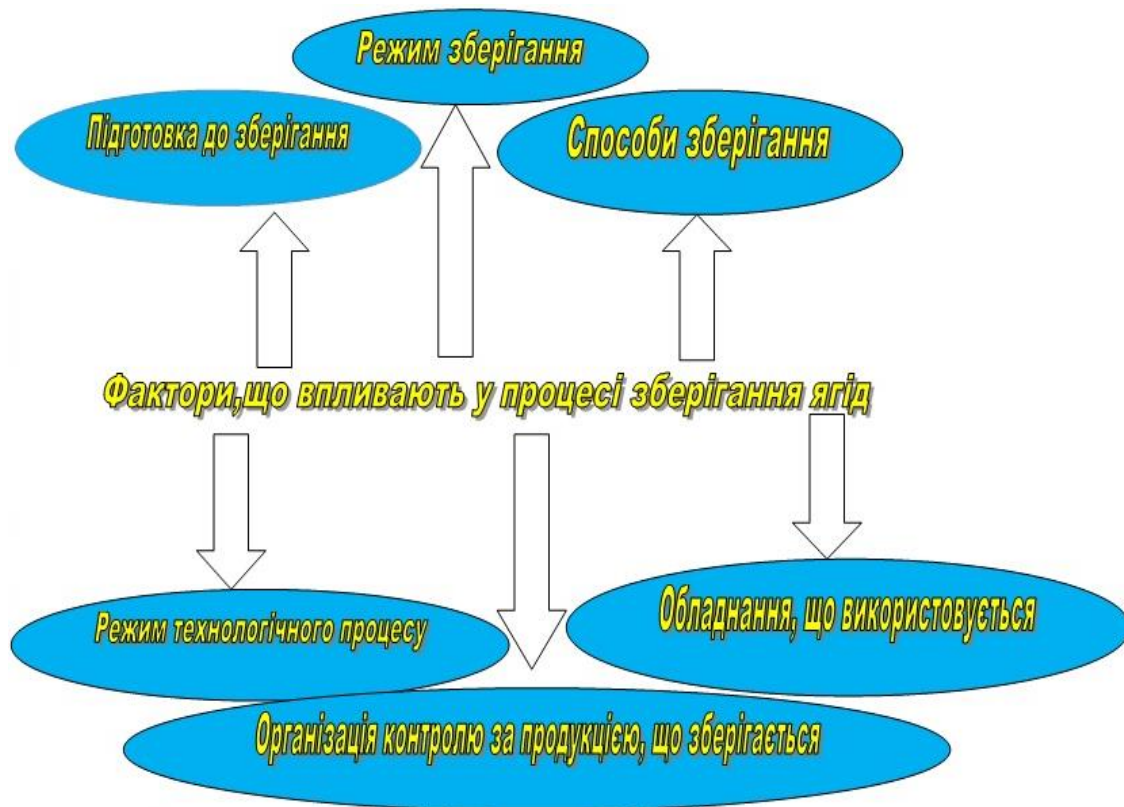


Рис. 3. Фактори, що впливають у процесі зберігання на ягід.

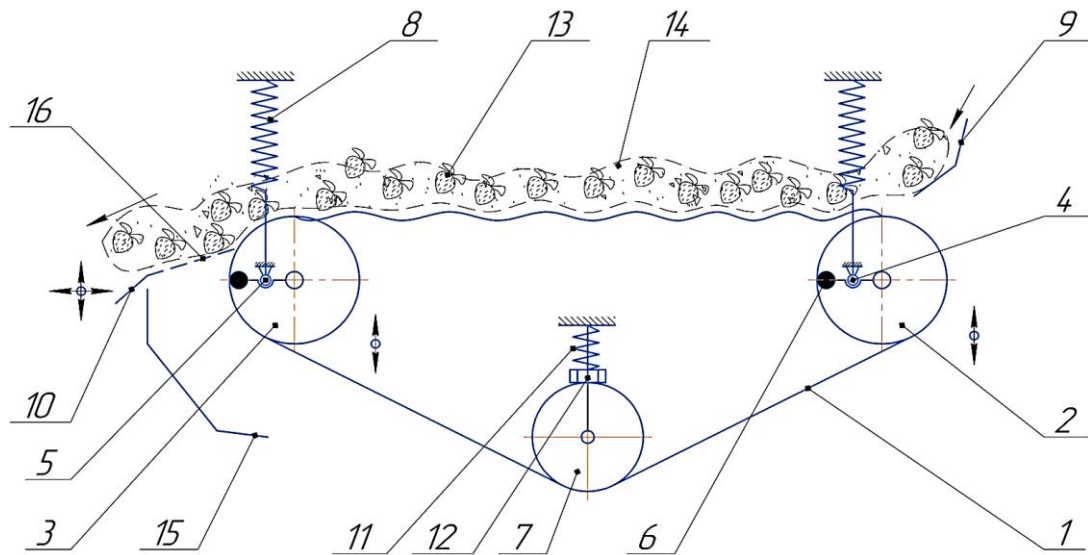
Завдяки цим обом взаємопов'язаним факторам можливо враховувати певні умови у розробці або модернізації обладнання та технології зберігання. Тобто, це істотно допоможе у розробці та реалізації ягід після зберігання та отримати якісні показники та найвищу ціну.

А саме головне на всіх етапах приведене на схемі (рис. 4).



Рис. 4. Головний чиник(фактор) до та під час зберігання.

Спільно зусілями двох кафедр обладнання переробних і харчових виробництв імені професора Ф. Ю. Ялпачика та кафедрою технології конструкційних матеріалів було розроблено експериментальну установку для проведення дослідження, схема якого представлена на рисунку 5 [9, 10, 11, 12].



1 – вантажонесуча стрічка; 2,3 – опорні котки; 3 – вентиль; 4,5 – рухомі вали; 6 – вібробудувач; 7 – натяжний пристрій; 8 – пружні опори; 9 – живильний лоток; 10 – розвантажувальний лоток; 11 – пружний елемент; 12 – регульована гайка; 13 – продукція; 14 – тонкодисперсна крига; 15 – лоток для відведення часток снігової шуби.

Рис. 5. Схема пристрою вібро-шугового підморожування.

Пристрій вібро-шугового підморожування містить вантажонесучу стрічку 1, опорні котки 2, 3, живильний лоток 9, розвантажувальний лоток 10, продукцію 13, що обробляється, дебалансний вібробудувач 6, рухомі вали 4,5, натяжний пристрій 7, пружинні опори 8, пружний елемент 11 натяжного пристрою, регульовальну гайку 12 натяжного пристрою, масу снігової шуби або тонкоподрібненої криги 14, лоток 15 для відведення часток снігової шуби або тонкоподрібненої криги, вібраційний просівач 16 для відділення від продукції часток снігової шуби або тонкоподрібненої криги.

Як підсумок, пристрій вібро-шугового підморожування можливо використовувати в цеху підморожування продукції, де монтують вантажонесучу стрічку 1, опорні котки 2, 3, живильний лоток 9, розвантажувальний лоток 10, дебалансний вібробудувач 6, рухомі вали 4,5, натяжний пристрій 7, пружинні опори 8, пружний елемент 11 натяжного пристрою, регульовальну гайку 12 натяжного пристрою, лоток 15 для відведення часток снігової шуби або

тонкоподрібненої криги, вібраційний просівач 16 для відділення від продукції часток снігової шуби або тонкоподрібненої криги. Після виконання пуско-налагоджувальних робіт, продукцію 13, що обробляється разом з масою снігової шуби або тонкоподрібненої криги 14, через живильний лоток 9, подають на вантажонесучу стрічку 1, де починається його горизонтальне та вертикальне переміщення і формується псевдозріджений шар під дією дебалансного вібробуджувача 6, опорних котків 2,3, встановлених на рухомих валах 4,5 і пружинних опорах 8. Натяжний пристрій 7 обладнаний пружиною 11 і регулювальною гайкою 12 натяжного пристрою стабілізує рух вантажонесучої стрічки 1. Підморожування продукту 13 відбувається за рахунок маси снігової шуби або тонкоподрібненої криги 14 в псевдозрідженому шарі, сформованому завдяки горизонтальному та вертикальному переміщенню вантажонесучої стрічки 1, який делікатно його підкидує, запобігаючи травмуванню, або ушкодженню, як у прототипі. Маса снігової шуби або тонкоподрібненої криги 14 відводиться через лоток 15, завдяки відділенню її у вібраційному просівачі 16 від продукції 13, що обробляється. Підморожена та очищена від снігової шуби продукція 13 потрапляє на наступну операцію. Далі цикл повторюється.

Температуру зберігання підбирають з урахуванням біологічних особливостей культури, сорту, ступеня зрілості та призначення: для споживання у свіжому вигляді вона має бути одна, для переробки – друга, для використання на насіння – третя. Для зберігання більшості видів ягід оптимальною вважається температура від 0 до 8°C [2, 5, 9, 15].

При заморожуванні ягід в направленому псевдооженому шарі на тривалість технологічної обробки впливає також група факторів, обумовлених особливостями транспортування ягід за допомогою направленого потоку охолоджуючої середовища. Темп пересування псевдооженого шару залежить як від виду і властивостей сировини, так і від спрямованості і швидкості повітряного потоку, що, в свою чергу, визначає коефіцієнт тепловіддачі в шарі продукту, а отже час його заморожування. Це дозволяє на основі попередньо обраного технологічного режиму обробки домогтися переваг за рахунок раціонального його здійснення з гідродинамічної і теплофізичної точок зору [13, 14, 15].

*Висновки.* Технологія шокового заморожування відкриває нові можливості для виробників. Вона виводить бізнес на більш високу ступінь його розвитку. Швидке заморожування дає змогу відтермінувати реалізацію сільськогосподарської продукції в часі й перенести місце реалізації у просторі. Для господарств, наприклад, це можливість частину своєї продукції заморозити і надалі реалізувати її



безпосередньо споживачеві за вищою ціною, ніж свіжа, в будь-якому місці та в будь-який час.

Приведені дослідження показали, що питання використання технології заморожування ягід на сьогоднішній день є дуже актуальними. Отже, це все доводить доцільність використання даного обладнання для заморожування в якості енергозберігаючого обладнання.

#### Література:

1. Паламарчук І. П., Кюрчев С.В., Верхоланцева В.О. Віброхвильовий семіфлюїдаційний процес низькотемпературної обробки рослинної сировини. *Соціально-економічний розвиток аграрної сфери: Інженерно-економічне забезпечення* : Міжнар. наук.-практ. конференція, 19-20 квітня. Тернопіль, 2018. С. 283-285.

2. Verkholtantseva V Scientific achievements in enviromental and life science Polish Ukrainian cooperation. Scientific monograph/ Lesya Zbaravska1, Olha Chaikovska1, Oleg Ovcharuk1, Serhii Kiurchev Монографія Scientific monograph. Vol. II. Монографія ISBN: 978-83-65180-20-9, Kraków, 2018, p.141.

3. Гель І. М. Суниця: біологія, сорти, технології вирощування та переробки / І. М. Гель, І. С. Рожко. – Львів : Український бестселер, 2011. 110с.

4. Priss O., Effect of abiotic factors on the respiration intensity of fruit vegetables during/ O. Priss, V. Yevlash, S. Kiurchev, V.Zhukova, V. Verkholtantseva, I. Kalugina, S. Kolesnichenko, A. Salavelis, O. Zolovska, H. Bandurenko storage //Eastern European Journal of Enterprise Technologies. 2017. Vol. 6/11(90). P. 27–34.

5. Подпратов Г. І., Скалецька Л. Ф., Сеньков А. М. Технологія зберігання і переробки продукції рослинництва : практикум. Київ: Вища освіта, 2004. 271 с.

6. Скалецька Л. Ф., Духовська Т. М., Сеньков А. М. Технологія зберігання і переробки продукції рослинництва : практикум. Київ : Вища школа, 1994. 288 с.

7. Технологічне обладнання для переробки продукції рослинництва: Лабораторний практикум / В.Ф. Ялпачик та ін. Мелітополь: Видавничий будинок Мелітопольської міської друкарні, 2017. 277 с.

8. Микитюк П. П., Крисько Ж. Л., Овсянюк-Бердадіна О. Ф., Скочиляс С. М. Інноваційний розвиток підприємства. Навчальний посібник. – Тернопіль: мПП «Принтер Інформ», 2015. 224 с.

9. Лабораторний практикум з дисципліни «Процеси і апарати»: Навчальний посібник. / В.Ф. Ялпачик та ін. Мелітополь: Видавничий будинок Мелітопольської міської друкарні, 2017. 275 с.

10. Пристрій для визначення криоскопічної температури харчових продуктів: пат. 129352 Україна; МПК G01N 33/02 (2006.01) G01K 7/02 (2006.01). № u201805100; заяв. 08.05.2018; опуб. 25.10.2018, Бюл. 20.

11. Флюїдизаційний пристрій : пат. 130454 Україна: МПК B01F 7/26(2006.01). № u201806110; заяв. 01.06.2018; опуб 10.12.2018, Бюл. 23.

12. Семіфлюїдизаційний пристрій для швидкого заморожування харчових продуктів: пат. 135240 Україна: МПК F25D 17/06 (2006.01). № u201900150; заяв. 04.01.2019; опуб 25.06.2019, Бюл. 12.

13. Поточковий семіфлюїдизаційний морозильний пристрій: пат. 135242 Україна: МПК F25D 17/06 (2006.01). № u201900154; заяв. 04.01.2019; опуб 25.06.2019, Бюл. 12.

14. Оптимізація технології заморожування плодоовочевої продукції: / В. Ф. Ялпачик та ін. мелітополь : Видавничий будинок «ММД», 2018. 198 с

15. Обладнання складів для зберігання плодоовочевої та м'ясомолочної продукції : навч. посібник / К. О. Самойчук та ін. Мелітополь: Видавничий будинок «ММД», 2019. 186 с.

## **ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ЗАМОРОЖУВАННЯ ЯГІД**

Кюрчев С. В., Верхованцева В. О., Кюрчева Л. М., Самойчук К. О.

### **Анотація**

Стаття присвячена розгляду проблеми зберігання ягід із застосуванням нового обладнання. На сьогоднішній день в умовах розвитку ринкової економіки та міжнародної торгівлі успіх окремих підприємств та галузей економіки на зовнішньому і внутрішньому ринках повністю залежить від того, наскільки їх продукція або послуги відповідають стандартам якості. Тому проблема забезпечення і підвищення якості продукції актуальна для всіх країн і підприємств. Від її вирішення в значній мірі залежить успіх і ефективність національної економіки. При цьому необхідно враховувати те, що підвищення якості продукції – завдання довгострокове і безперервне. Рівень якості продукції не може бути постійною величиною. Проведені дослідження показали, що є необхідність у розробці обладнання з врахуванням усіх факторів, що впливають до та під час зберігання.

**Ключевые слова:** зберігання, ягода, заморожування, фактор, температура, якість, обладнання, умови, охолодження.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ЗАМОРОЗКИ ЯГОД**

Кюрчев С. В., Верхованцева В. А., Кюрчева Л. Н., Самойчук К. О.

### **Аннотация**

Статья посвящена рассмотрению проблемы хранения ягод с применением нового оборудования. На сегодняшний день в условиях развития рыночной экономики и международной торговли успех отдельных предприятий и отраслей экономики на внешнем и внутреннем рынках полностью зависит от того, насколько их продукция или услуги соответствуют стандартам качества. Поэтому

проблема обеспечения и повышения качества продукции актуальна для всех стран и предприятий. От ее решения в значительной степени зависит успех и эффективность национальной экономики. При этом необходимо учитывать, что повышение качества продукции - задача долгосрочная и непрерывная. Уровень качества продукции не может быть постоянной величиной. Проведенные исследования показали, что есть необходимость в разработке оборудования с учетом всех факторов, влияющих до и во время хранения.

**Ключевые слова:** хранение, ягода, замораживания, фактор, температура, качество, обладання, условия, охлаждения.

## USE OF BERRIES FREEZING TECHNOLOGY

S. Kiurchev, V. Verkholtantseva, L. Kiurcheva, K. Samoichuk

### Summary

The article is devoted to the problem of storing berries with the use of new equipment. Today, in a market economy and international trade, the success of individual enterprises and sectors of the economy in foreign and domestic markets depends entirely on the extent to which their products or services meet quality standards. Therefore, the problem of ensuring and improving product quality is relevant for all countries and enterprises. The success and efficiency of the national economy largely depend on its solution. It should be borne in mind that improving product quality is a long-term and continuous task.

The level of product quality cannot be a constant value. Studies have shown that there is a need to develop possession taking into account all the factors that affect before and during storage. This explains the rapid growth in the last decade of the production of frozen fruits and berries and, as a result, the intensive development of food low-temperature technologies. The experimental data obtained during the studies were obtained. The temperature regimes for storing berries with the preservation of quality indicators are given more.

Low-temperature processing is sometimes the only feasible method of practically year-round storage and transportation for unlimited distances, so freezing in growing areas is a promising method to solve the problem of delivering berries at any distance, to eliminate the seasonality of its consumption, which ensures the stability of nutritional value. Fluidization freezing, similar to drying in the suspended state, is characterized by very intense heat exchange. Freezing berries is a special method of preserving them retains the nutritional value and taste of the product. Due to the high the speed of the process, the formation of the smallest ice of crystals, which prevents the loss of moisture by the berries.

**Key words:** storage, berry, freezing, factor, temperature, quality, equipment, conditions, cooling.

## ВИКОРИСТАННЯ ПРОЦЕСА ОХОЛОДЖЕННЯ У ЗЕРНОСХОВИЩІ В ПЕРІОД ЗБЕРІГАННЯ ЗЕРНОВОЇ ПРОДУКЦІЇ

Кюрчев С. В., д.т.н.,

ORCID: 0000-0001-6512-8118

Паламарчук І. П., д.т.н.,

ORCID: 0000-0002-0441-6586

Верхоланцева В. О., к.т.н.,

ORCID: 0000-0003-1961-2149

Кюрчева Л. М., к.с-г.н.,

ORCID: 0000-0002-8225-3399

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

*імені Дмитра Моторного*

Тел. (0619) 42-13-06

*Постановка проблеми.* Найважливішим завданням зернопереробної промисловості є розробка системи заходів по скороченню кількісних і якісних втрат зерна при його зберіганні. На жаль є питання, які потребують дослідження та визначення необхідних підходів для збереження зерна.

З метою приведення зерна в стійкий для зберігання стан, забезпечення кількісно-якісного збереження і безпеки зерна, застосовують різні технологічні прийоми, серед яких найбільш ефективним є охолодження зерна. Завдання його полягає, перш за все, у зниженні вологості зерна до рівня нижче критичної, при якій фізіологічні процеси сповільнюються, а зернова маса перебуває в анабіотичних стані[1, 2, 3, 7, 9, 13].

Охолодження харчових продуктів з подальшим зберіганням при відповідних низьких температурах - один з найкращих методів запобігання або уповільнення пошкодження продукту, що забезпечує найбільш повне зберігання їх первісних природних властивостей. Внаслідок цього призупиняється життєздатність мікроорганізмів та патогенної життєздатності мікрофлори, а також знижується швидкість хімічних та біохімічних процесів, що відбуваються в продукті під впливом власних ферментів, кисню, повітря, тепла і світла.

Відсутність пріоритетності зерна і насіння для ринкової сфери на підприємствах хлібопродуктів веде, як правило, до невиправданих втрат продукції, додаткових інвестицій та, в кінцевому рахунку, до зниження продовольчої безпеки України.

*Аналіз останніх досліджень.* Удосконалення технології і техніки післязбиральної обробки зерна обґрунтовано розвитком сучасної науки про зберігання зерна, визначальний внесок в яку внесли вчені: Агрономов Є. О., Демьяненко М. П., Казаков Є. Д., Клеєв І. О., Козьміна Н. П., Макаров В. В., Сергунов В. С., Некрасов Б.П.,

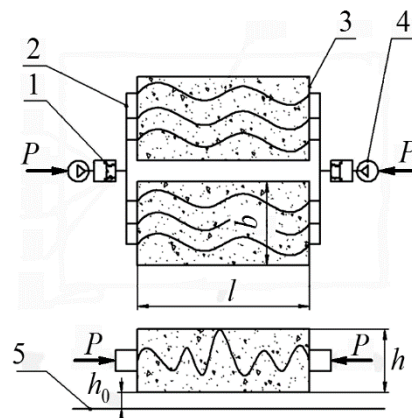
Трисвятський Л. О., Уколова В. С., Чурсінова Ю.О., Станкевича Г.М., Лукіна Г. Д., Кирпа М. Я. та інші[5,8,13,14,15].

Разом з тим, технічний рівень більшості зерносховищ і систем активного вентилявання ще не в повній мірі відповідає сучасним вимогам. Поряд з цим, зниження інтенсивності надходження зерна в господарство і введення його товарної класифікації визначило необхідність вдосконалення технології післязбиральної обробки, в тому числі для різних за обсягом і якістю партій зерна.

Тому необхідно продовжувати дослідження в напрямку розробки вдосконалення зерносховища та технології післязбиральної обробки зерна.

*Формулювання цілей статті (постановка завдання).* Метою даної статті є дослідження процесу охолодження та вдосконалення зерносховища.

*Основна частина.* Пропонуємо у зерносховище застосовувати додаткове пневмоімпульсний зворушувач зернової маси запропонованої конструкції за рахунок встановлення між вентиляторами та колекторами імпульсних пневмогенераторів і відмови від пруткового механічного зворушувача, як у прототипі, дозволяє спростити конструкцію та зменшити енерговитрати. Опозитне розташування вентиляторів з імпульсними пневмогенераторами з протилежних боків піддонів, дозволяє завдяки суперпозиції зустрічних хвиль створити стоячу хвилю, яка має змогу передавати енергію у поперечному напрямі відносно спеціальних вузлових точок, що розташовуються на осевій лінії розповсюдження хвилі [1, 3, 4, 14].



1 – імпульсний пневмогенератор; 2 – колектори; 3 – піддони; 4 – вентилятори; 5 – підлога.

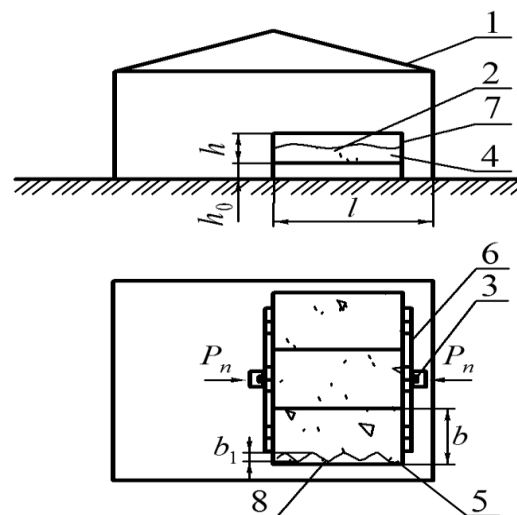
Рис. 1. Пневмоімпульсний зворушувач зернової маси.

Така специфіка імпульсної пневмодинамічної дії дозволяє підвищити ефективність процесу ворошіння зернової маси як у повздовжньому, так і у поперечному напрямках. Розміщення зернової

продукції на піддонах, встановлених на певній відстані від підлоги, значно зменшує зволоження нижніх шарів зернової маси.

Зернова продукція розміщується на піддонах 3, встановлених на певній відстані від підлоги 5. Після включення вентиляторів 4, розмішених опозитно з протилежних боків піддонів 3, імпульсні пневмогенератори 1 встановлені між вентиляторами 4 та колекторами 2 починають генерувати, змінні за тиском, імпульси потоку повітря. Утворений імпульс потоку повітря формує пневмодинамічну хвилю у дисперсному середовищі зернової маси на піддонах 3 за осьовим напрямком, а опозитне розташування вентиляторів 4 з імпульсними пневмогенераторами 1 з протилежних боків піддонів 3, дозволяє завдяки суперпозиції зустрічних хвиль створити стоячу хвилю, яка має змогу передавати енергію у поперечному напрямі відносно спеціальних вузлових точок, що розташовуються на осьовій лінії розповсюдження стоячої хвилі. Утворення стоячої хвилі дозволяє за порівняно низьких енерговитрат, значно інтенсифікувати контактну взаємодію потоку повітря всередині зернової маси. Така специфіка імпульсної пневмодинамічної дії дозволяє підвищити ефективність процесу ворошіння зернової маси як у повздовжньому, так і у поперечному напрямках по всій площі піддону і відмовитись від додаткових механічних зворушувачів. Далі цикл повторюється.

Нами було запропоновано зерносховище із застосуванням пневмоімпульсного зворушувача зерна для дослідження процесу охолодження пшениці з використанням різних режимів зберігання та встановлення показників якості пшениці, що зберігається (рис.2).



1 – зерносховище; 2 – піддон з продукцією; 3 – імпульсний пневмогенератор (барботер); 4 – зернова маса; 5 – оброблений шар продукції; 6 – колектор; 7 – стійка; 8 – робоча пневмодинамічна хвиля.

Рис. 2. Схема розташування піддонів з продукцією при зберіганні.

Розрахунок технологічних характеристик проектованого процесу барботування проводимо, виходячи із можливості здолання опору зернової маси, що зберігається енергією імпульсної пневмодинамічної дії. Теоретично визначені параметри біжучої хвилі достатньо адекватно відповідають імпульсному пневмодинамічному генераторові Буча – К, для якого енергія хвилі складає 2 КДж при енерговитратах порядку 1,2...1,5 кВт.

Шукані технологічні параметри мають дозволити здійснити прогнозоване координатне розміщення джерел пневматичних потоків по площині та висоті ємкостей для розміщення продукції, їх кількість та можливість забезпечення ефективного зворушення у заданих масивах сипкої маси.

При розміщенні зернової маси об'єм продукції на одному піддоні складає:

$$V_1 = h_n \cdot l \cdot b = 1,8 \cdot 5 \cdot 3 = 27 \text{ м}^3, \quad (1)$$

де  $m_{np} = V_1 \cdot \rho_{np} \cdot n_n = 27 \cdot 760 \cdot 10 = 205200$  кг – маса продукції, що можливо розмістити у піддонах;  $l$  та  $b$  – відповідно довжина та ширина експериментального піддона, м;  $h_n$  – висота шару продукції у піддоні, м; приймаємо  $l = 5$  м,  $b = 3$  м,  $h_n = 1,8$  м;  $\rho_{np}$  – щільність продукції, кг/м<sup>3</sup>;  $n_n$  – кількість піддонів.

Необхідну кількість імпульсних пневмодинамічних генераторів або барботерів для ефективного зворушення сипкої маси у піддонах визначали з розрахунку відповідного опору технологічного зернового середовища при розповсюдженні у ньому динамічних хвиль повітряного потоку за наступною формулою [ 5, 6, 7, 15]:

$$P_{об} = k_{acn} \cdot \frac{h_{np}}{d_{екв}} \cdot \frac{6 \cdot k_\rho \cdot k_\varphi}{(1 - k_\rho)} \cdot \rho \frac{v_n^2}{2}, \quad (2)$$

$k_{acn} = 0,184 \dots 0,265$  – для турбулентного потоку:

$k_{acn} = 0,21$  – аеродинамічний коефіцієнт у процесі аспірації.

$k_{acn} = \frac{k_1}{R_e} + \frac{k_2}{R_e^n}$  для турбулентного потоку:  $k_1 = 9$ ;  $k_2 = 1$ ;  $n = 0,16$

[5, 6, 12];

$d_{екв} = 6,0$  → приймаємо за розміром зернини, мм – еквівалентний діаметр зернівки;

$k_\rho = \frac{\rho_3}{\rho_n} = \frac{1330}{760} = 1,75$  – коефіцієнт щільність продуктової маси;

$\rho_3 = 1,2 \dots 1,5 \text{ т/м}^3$  →  $\rho_3 = 1330 \text{ кг/м}^3$  – щільність зернової маси для пшениці;

$\rho_n = 730...850 \text{ т/м}^3 \rightarrow \rho_3 = 760 \text{ кг/м}^3$  – насипна щільність продукції для пшениці;

$k_\phi = 0,52$  – коефіцієнт форми для пшениці;

$\rho = 1,2255 \text{ кг/м}^3$  – щільність повітря;

$v = 8,9 - 11,5 \text{ м/с} \rightarrow v = 100 \text{ м/с}$  – швидкість переміщення імпульсів повітряного потоку.

У результаті шуканий опір, що складає сипке середовище повітряному потоку, становить:

$$P_{on} = 0,21 \cdot \frac{0,7}{6 \cdot 10^{-3}} \cdot \frac{6 \cdot 0,52}{(1-1,75)^3} \cdot 1,2255 \cdot \frac{10^2}{2} = 11,1 \cdot 10^3 \text{ Н/м}^2. \quad (3)$$

Робочий тиск у системі, що забезпечує пневмоімпульсний генератор становить:

$$P_p = 0,8...1,0 \text{ МПа} \rightarrow P_p = 0,9 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2. \quad (4)$$

Тоді кількість повітряних потоків, що може забезпечити один імпульсний пневмогенератор визначається як:

$$n_n = \frac{P_p}{P_{on}} = \frac{0,9 \cdot 10^6}{11,1 \cdot 10^3} = \frac{900}{11,1} = 81 \text{ потік}. \quad (5)$$

Таким чином, енергії хвилі двох опозитно розташованих пневмоімпульсних генераторів вистачає для здолання опору зернового середовища для однієї робочої ємкості, що достатньо для забезпечення у ній ефективного зворушення сипкої маси потоком холодоносія.

*Висновки.* Одним з ефективних способів, як з точки зору інтенсифікації самого процесу зберігання зерна, так і збереження якісних характеристик оброблюваної продукції, є активний спосіб зберігання продукту за допомогою вентилявання сировини з пониженою температурою холодоагента.

Приведено розрахунок технологічних характеристик проектного процесу барботування. Отримані дані дозволяють зрозуміти необхідну висоту насипу, робочий тиск у системі  $P_p = 0,9 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2$ ; кількість потоків (81 потік) на усіх подонах, тобто надає чітку інформацію для реалізації даної конструкції у зерносховищі. Отже, це все доводить доцільність використання даного обладнання для зерносховища, яке у свою чергу дозволить отримати найкращий результат зернової маси після зберігання.

Література:

1. Кюрчев С. В. Конструктивні особливості зерносховища із застосуванням охолодження. *Науковий вісник Національного*



університету біоресурсів і природокористування України. Київ, 2018. Вип. 298. С. 105 - 110.

2. Кюрчев С. В., Верхоланцева В. О. Визначення важливого фактора якості пшениці у процесі зберігання із застосуванням охолодження. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету: зб. наук. праць*. Мелітополь, 2018. Вип. 18, т. 1. С. 20 - 28

3. Prokopova O., Liaska O., Verkholantseva V. Peculiarities Of The Competitive Specialists Training In Agricultural Higher Education Institutions: Social And Humanitarian Dimensions. *Scientific Achievements In Enviromental And Life Science : Scientific Monograph*. Kraków: Traicon SC, 2018. Vol. II. p. 141.

4. Optimization of the parameters for the process of grain cooling / I. Palamarchuk, S. Kiurchev, V. Verkholantseva [et al.]. *ODNAWIALNE ŹRÓDŁA ENERGII: V Jubileuszowa Międzynarodowa Konferencja* (20 – 22 червня 2018., м. Кринниця). Кринниця, 2018. С. 91.

5. Геліоабсорбційний пристрій для охолодження й сушіння сільськогосподарських продуктів: пат. 129217 Україна: МПК51 F25/08 (2006.01). № 129217 ; заявл. 17.04.2018 ; опубл. 25.10.2018, Бюл. №20. 4 с.

6. Кюрчев С. В., Верхоланцева В. А. Конструктивные особенности установки для сушки и охлаждения зерна активным вентилированием. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2015. Вип. 5, т. 1. С. 108 - 113.

7. Кюрчев С. В., Верхоланцева В. О., Паляничка Н. О. Візуалізація конструкції зерносховища та процесу охолодження. *Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі: проблеми, перспективи, ефективність: матеріали міжнар. наук.-практ. конф., присвяченої 50-річчю заснування Харківського державного університету харчування та торгівлі (18 травня 2017 р., м. Харків)*. Харків, 2017. Ч. 1. С. 258 - 260.

8. Ялпачик В. Ф., Кюрчев С. В., Стручаєв М. І., Верхоланцева В. О. Дослідження процесу теплообміну при охолодженні шару зерна пшениці. *Вісник Харківського національного технічного університету сільськогосподарства ім. Петра Василенка*. Харків, 2015. Вип. 166. С. 50 - 56.

9. Скалецька Л. Ф., Духовська Т. М., Сеньков А. М. Технологія зберігання і переробки продукції рослинництва : практикум. Київ : Вища школа, 1994. 288 с.

10. Технологічне обладнання для переробки продукції рослинництва: лабораторний практикум / В. Ф. Ялпачик та ін. Мелітополь: Видавничий будинок «ММД», 2017. 277 с.

11. Лабораторний практикум з дисципліни «Процеси і апарати»: навч. посібник / В. Ф. Ялпачик та ін. Мелітополь: Видавничий будинок «ММД», 2017. 275 с.

12. Кюрчев С. В., Верхованцева В. А. Разработка рекомендации по хранению пшеницы в зернохранилище. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2017. Вип. 17, т. 3. С. 166 - 173.

13. Трисвятский Л. А., Лесик Б. В., Курдина В. Н. Хранение и технология сельскохозйственных продуктов. Изд. 2 - е. Москва: Колос, 1975. 448с.

14. Машини і обладнання для зберігання та комплексної обробки зерна / А. С. Кобець, Ю. О. Чурсінов, С. А. Черних [та ін.]. Дніпропетровськ: ДДАЕУ, 2014. 614 с.

15. Обладнання складів. Зберігання зерна і зернопродуктів : навч. посібник / В. Ф. Ялпачик, Н. П. Загорко, О. Г. Скляр, С. В. Кюрчев [та ін.]. Мелітополь: Видавничий будинок «ММД», 2018. 293 с .

### **ВИКОРИСТАННЯ ПРОЦЕСА ОХОЛОДЖЕННЯ У ЗЕРНОСХОВИЩІ В ПЕРІОД ЗБЕРІГАННЯ ЗЕРНОВОЇ ПРОДУКЦІЇ**

Кюрчев С. В., Паламарчук І. П., Верхованцева В. О., Кюрчева Л. М.

#### **Анотація**

Стаття присвячена розгляду проблеми зберігання зернової продукції із застосуванням нового обладнання для зерносховища. Запропонований імпульсний пневмодинамічний барботер забезпечує активне зворушення часток сипкого зернового середовища як у повздовжньому, так і в поперечному напрямках за рахунок генерації зустрічних хвильових потоків охолодженого повітря без використання механічних робочих органів інтенсифікації процесу за достатньо простого та надійного конструкційного виконання. Дана принципова схема сховища для зберігання сільськогосподарської продукції, яка реалізує ідею комплексної технологічної обробки зернової маси за рахунок ефективного розподілу охолодженого потоку повітря, що проходить крізь сировину, регулюючи його газовий склад у міжзернових проміжках, температуру, вологість та інтенсивність фізико-мікробіологічних процесів в оброблюваній продукції.

**Ключевые слова:** зберігання, зерно, барботер, зерносховище, процес, зворушення, повітря, хвиля.

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОХЛАЖДЕНИЯ В ЗЕРНОХРАНИЛИЩЕ В ПЕРИОД ХРАНЕНИЯ ЗЕРНОВОЙ ПРОДУКЦИИ**

Кюрчев С. В., Паламарчук И. П., Верхованцева В. А., Кюрчева Л. Н.

#### **Аннотация**

Статья посвящена рассмотрению проблемы хранения зерновой продукции с применением нового оборудования для зернохранилища. Предложенный

импульсный пневмодинамичний барботер забезпечує активне волнення частиць сыпучого зернової середовища як в продольному, так і в поперечному напрямках за рахунок генерації зустрічних хвильових потоків охолодженого повітря без використання механічних робочих органів інтенсифікації процесу за достатньо простого і надійного конструктивного виконання. Дана принципова схема хранилища для зберігання сільськогосподарської продукції, реалізує ідею комплексної технологічної обробки зернової маси за рахунок ефективного розподілу охолодженого потоку повітря, що проходить через сировину, регулюючи його газовий склад в міжзернових проміжках, температуру, вологість і інтенсивність фізико-мікробіологічних процесів в оброблюваній продукції.

**Ключевые слова:** зберігання, зерно, барботер, зернохранилище, процес, волнення, повітря, хвиля.

## **USE OF THE COOLING PROCESS IN THE GRAIN STORAGE DURING THE PERIOD OF STORAGE OF GRAIN PRODUCTS**

S. Kiurchev, I. Palamarchuk, V. Verkholtantseva, L. Kiurcheva

### **Summary**

The article is devoted to the problem of storage of grain products with the use of new equipment for granaries. The proposed pulsed pneumodynamic bubbler provides active movement of bulk grain particles in both longitudinal and transverse directions by generating counter-wave flows of cooled air without the use of mechanical working bodies to intensify the process with a fairly simple and reliable design. The basic scheme of storage for storage of agricultural products is given, which realizes the idea of complex technological processing of grain mass due to effective distribution of the cooled stream of air passing through raw materials, regulating its gas composition in intergrain intervals, temperature, humidity and intensity of physical and microbiological processes.

The support surface of the pallet is made of metal, which is lined with sheet metal around the perimeter to increase the load-bearing capacity of the structure and the possibility of securing the pallet system on special support posts.

Grain products are supposed to be stored not on the floor in bulk, but at a certain distance from it to prevent unwanted moisture in the products. At the same time placement of grain is carried out in special pallets on the end walls of which the developed pneumopulse generators or bubblers are mounted opposite to each other. The products are located some distance from the floor, the distribution of air flows to the flowing medium is effected through a manifold that connects separately to each pallet, which are parallel to each other for ease of access and ability to form a standing wave.

As a result of the interaction of counterpropagating pneumatic waves and their superposition, standing waves are formed, which transfer kinetic energy both in the longitudinal and in the flows, which in turn touch the grain mass. Under such conditions of storage of the grain mass, the caking and activation of undesirable microbiological processes are practically excluded.

**Key words:** storage, grain, bubbler, granary, process, touch, air, wave.

*ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ*

УДК 635.82:613.2

DOI: 10.31388/2078-0877-20-2-132-141

**КСИЛОТРОФНІ ГРИБИ ЯК ДЖЕРЕЛО БІОАКТИВНИХ РЕЧОВИН ДЛЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ХАРЧУВАННЯ**

Бандура І. І., к.с.-г.н.,

ORCID: 0000-0001-7835-3293

Кулик А. С., к.т.н.,

ORCID: 0000-0001-5403-3084

Коляденко В. В.

ORCID: 0000-0002-0949-1374

*Таврійський державний агротехнологічний університет**імені Дмитра Моторного*

Тел. (067) 72-09-304

*Постановка проблеми.* Авторство крилатого вислову «Ми є те, що ми їмо» приписують багатьом славнозвісним особам від Гіппократа до Фейербаха. Таке відповідальне відношення до ролі їстівних продуктів у житті людини є основою сучасної теорії функціонального харчування, яка знайшла практичне втілення в Планах дій Всесвітньої організації охорони здоров'я (Данія, вересень 2014). МОЗ України в «Ключових рекомендаціях щодо здорового харчування» підкреслює необхідність «споживання щодня достатньої кількості корисних харчових продуктів: овочів, бобових, фруктів, цільних злаків, горіхів, насіння, яєць, нежирного м'яса, риби та молочних і кисломолочних продуктів». Вже сьогодні відомо близько 300 тисяч найменувань продуктів харчування функціонального призначення. На думку американських і японських учених, саме така продукція повністю змінить існуючу структуру продовольчих товарів [1].

Один з перспективних шляхів розвитку харчової промисловості у цьому напрямку - використання грибною сировини, отриманої в штучних умовах. Встановлено, що у світі культивується більш, ніж 200 видів грибів з визначеними корисними властивостями [2]. Доведено, що грибні полісахариди є потенційними пробіотиками з багаторазово підтвердженою імуномодуляторною та протипухлинною дією [3].

*Аналіз останніх досліджень.* Дослідники з Познані розкривають потенціал макроміцетів, як ресурсу унікальних полісахаридних комплексів, через наявність у грибах протеїн- та пептидглюканових з'єднань, особливих РНК, протеаз та лектинів - класу білків або глікопротеїнів неіммунної природи, здатних вибірково та обернено зв'язувати вуглеводи та глікополімери без порушення їх структури [4]. Ці випробування повністю підтверджують висновки вітчизняних вчених, котрі довели високі радіопротекторні та імуномодуляторні

властивості ксилотрофів [5–8]. Харчові волокна грибів все частіше привертають увагу дієтологів та лікарів, які шукають шляхи зниження вмісту ліпопротеїдів низької щільності у крові людини. Таким ефектом володіють вищі гриби, зокрема опеньок зимовий, глива звичайна та багато інших [9, 10].

Питання збереженості цінних інгредієнтів плодових тіл грибів в процесі переробки, зберігання або довготривалого заморожування, є дуже актуальним, що підтверджується чисельними науковими публікаціями [11–15]. Особливу увагу науковці приділяють створенню продуктів з мінімальною термічною обробкою [16, 17].

*Формулювання цілей статті (постановка завдання).* Промислове вирощування дереворуйнівних грибів в Україні розпочалося лише в 90-ті роки минулого тисячоліття, але активно розвивається. Надлишок грибної сировини потребує своєчасної та обґрунтованої технології переробки, за якої будуть збережені біоактивні речовини. Попередні дослідження дали змогу розробити м'ясо-рослинні консерви з підвищеною функціональною цінністю та високими органолептичними показниками на основі плодових тіл гливи звичайної та легеневої [18]. Цей досвід дозволив визначити основні напрями подальших пошуків з використанням інших видів грибної сировини. Протягом останніх п'яти років у лабораторії практичної мікології ТДАТУ ім. Дмитра Моторного розроблено наукові засади технології культивування всесвітньо відомих, але нових для українського ринку базидіоміцетів: гливи степової, опенька тополевого та зимового [19]. Вперше в Україні було апробовано технологію промислового культивування тропічного виду *Calocybe indica*, відомого як «milky mushroom», або молочний гриб.

Тому метою дослідження стало визначення біохімічного складу плодових тіл ксилотрофних грибів роду *Pleurotus* (Fr.) P. Kumm. трьох видів: *P. ostreatus* (Fr.) P. Kumm (штами 2301, 2316, 2456, Z); *P. pulmonarius* (Fr.) Quél (штам 2314); *P. eryngii* (DC.) Quél. (штам 2032) та інших: *Calocybe indica* Purkayastha & A. Chandra; *Cyclocybe aegerita* (V. Brig.) Vizzini (штам 2230) та *Flammulina velutipes* (Curtis) Singer (штам 2039). Плодові тіла цих грибів вивчали як джерело біоактивних речовин: дієтичних волокон, протеїнів, водорозчинних полісахаридів, тощо, придатних для розробки інноваційних продуктів функціонального призначення як для харчової промисловості в цілому, так і в ресторанному бізнесі зокрема.

Основним завданням було визначення вмісту біологічно цінних речовин: протеїнів та ендополісахаридів - водорозчинних β- глюканів, які володіють лікарськими властивостями [20–22]. Порівнювали отримані дані з результатами закордонних дослідників для оцінки можливості використання місцевих сільськогосподарських залишків як сировини для культивування екзотичних грибів.

Досліди проводили в умовах лабораторії практичної мікології ТДАТУ ім. Дмитра Моторного з 2015 по 2019 роки.

*Основна частина.* Відомо, що на біохімічні характеристики плодових тіл грибів впливають складові рослинної сировини, на якій вони вирощуються [23, 24]. Тому формулу субстрату розраховували за даними фізико-хімічного аналізу залишків сільського господарства місцевого виробництва таким чином, щоб баланс поживних речовин відповідав співвідношенню карбон/нітроген (C/N) на рівні 35-50/1 [25, 26]. Визначена формула субстрату з розрахунку на суху речовину мала наступний вигляд: солома (подрібнена до 2-5 мм) 20 %; лушпиння соняшнику 40 %; гранули паливні з лушпиння соняшнику 20 %; кукурудза подрібнена 10 %; сіно люцерни подрібнене 5 %; зерно ріпаку 4 %; крейда 1 %. Субстрат доводили до відносного вмісту вологи 65-70 % та пакували у поліпропіленові пакети з 4 стрічками повітряних фільтрів. Стерилізували пакети за температури  $123 \pm 2$  °C (1,5-1,7 атм) в промислових умовах ТОВ НВП «ГРИБНИЙ ЛКАР» (м. Мелітополь). Середня маса пакету з субстратом після термообробки становила  $3078 \pm 39$  г.

Культури грибів отримували з Колекції культур шапинкових грибів ІВК Інституту ботаніки ім. М. Г. Холодного НАН України та власної колекції ТДАТУ [27]. Посівний міцелій культур виготовляли за ТУ У 01.3-41163069-001:2017.

Інокуляцію проводили в асептичних умовах посівним зерновим міцелієм у кількості 3 % від маси субстрату (у середньому 90 г на пакет).

Інкубація відбувалася в умовах контрольованого мікроклімату за температури  $27 \pm 1$  °C (для культури *Calocybe indica* температура повітря протягом інкубації  $32 \pm 2$  °C). Відносну вологість повітря підтримували на рівні  $67 \pm 2$  %.

На 14 добу від дати інокуляції (для штамів гливи звичайної та легеневої) та на 23-25 добу – для інших видів, блоки субстрату у кількості 30 штук на кожен варіант досліду виставляли рандомно у лабораторії ТДАТУ ім. Дмитра Моторного, де створювали оптимальні умови для плодоношення відповідно до особливостей кожного виду [22–24].

Плодові тіла (ПТ) досліджували на стадії технічної (збиральної) стиглості. Визначали вміст сухих речовин термогравіметричним методом за температури 102 °C; загальну кількість азоту, зольних елементів та ендополісахаридів в абсолютно сухій сировині – за стандартними методиками.

Протеїни розраховували за показником загального азоту, визначеного за К'ельдалем (модифікація Починка), помноженого на коефіцієнт 4,38 [28].

Відомо, що загальна кількість ліпідів у грибах коливається в межах 1...8 % від маси сухих речовин. За результатами семи дослідів, що виконувались у різних країнах незалежними групами дослідників, в плодових тілах тих видів, характеристики яких вивчала наша лабораторія, цей показник не перевищував 5 %, що дало змогу спростити розрахунки та визначати загальну кількість вуглеводів за приблизною формулою:

$$\text{Вуглеводи} = 100 - \text{протеїни} - \text{зола} - 5 (\text{ліпіди}) (\%)$$

Спрощений, відповідно до визначення домінантних речовин, хімічний склад грибно́ї сировини представлений на рис. 1.

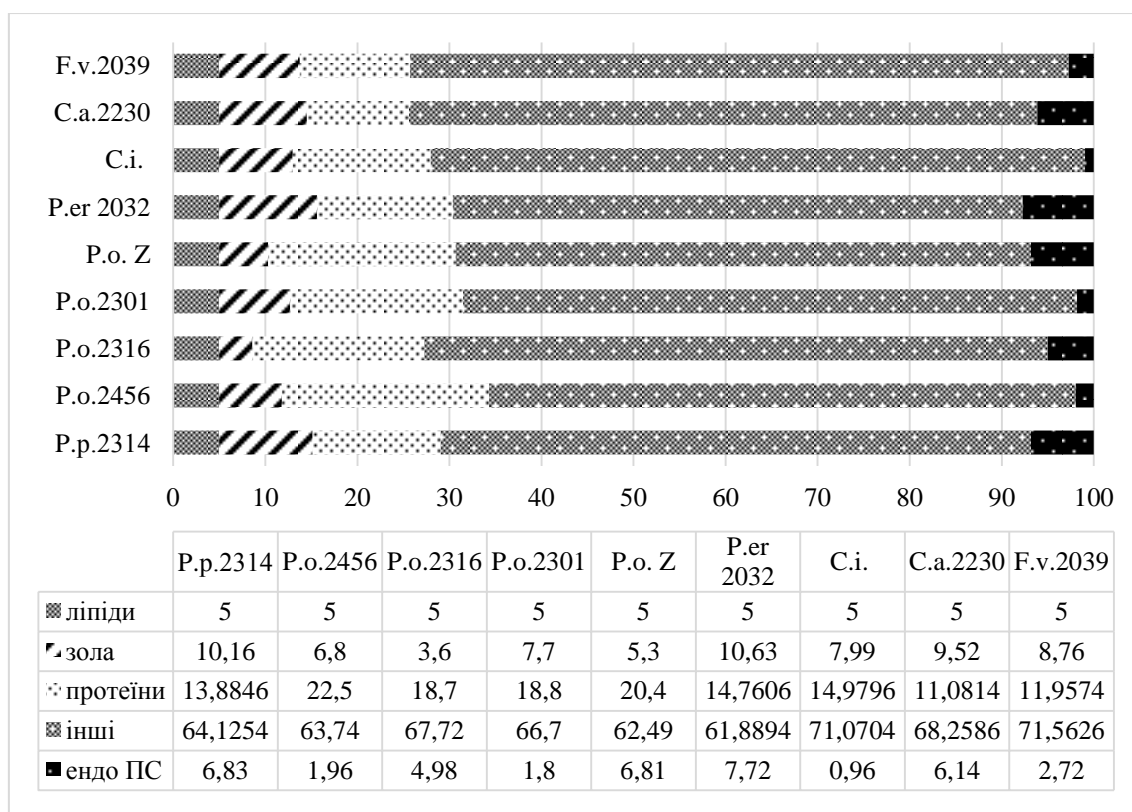


Рис. 1. Хімічний склад (з умовним вмістом ліпідів 5%) плодових тіл технічної стиглості грибів *P. ostreatus* (P.o. 2301, 2316, 2456, Z) *P. pulmonarius* (P.p. 2314) *P. eryngii* (P. er. 2032), *C. indica* (C.i.), *C. aegerita* (C.a. 2230) та *F. velutipes* (F.v. 2039)

Відомо, що вуглеводний комплекс грибів дуже складний і містить як поживно цінну фракцію (розчинні ендополісахариди), так і баластні речовини, які не перетравлюються у кишковому тракті людини. Звичайно, це структурні елементи грибно́ї клітини - екзополісахариди, представлені комплексами манан - β - глюкан та хітин-манан. Їх називають грубими або грибною клітковиною [29]. Кількість таких полісахаридів, залежно від віку плодового тіла, становить 10...50 % маси сухої речовини [28]. Саме ці розгалужені

структурні форми мають високу абсорбційну силу, що дозволяє їх використовувати для виведення радіонуклідів та важких металів [30].

Отримані дані підтверджують високий вміст загальної кількості вуглеводів у плодових тілах вивчених видів з найвищими показниками у 74,4 % - опеньок зимовий та 74,3 % - опеньок тополевий. На 8 % менше вуглеводів містилося у ПТ гливи звичайної штаму 2456, який відзначався достовірно найвищим вмістом сирих протеїнів 22,5 % ( $p < 0,01$ ).

Ми встановили суттєві відмінності кількості ендopolісахаридів в ПТ штамів *P. ostreatus*, а також міжвидові розбіжності за цим показником. Штам 2032 *P. eryngii* містив  $7,7 \pm 0,5$  % ендоПС і суттєво відрізнявся від інших видів з дослідної групи ( $p < 0,01$ ). Таку особливість гливи степової підкреслюють й інші дослідники, які повідомляють про наявність у ерінгі полісахариду - склероглюкану, що підвищує резистентність організмів до інфекцій [31].

Доведеними є імунопротекторні властивості полісахаридів ксилотрофних базидіоміцетів, зокрема, саме водорозчинних  $\beta$  (1-3-D) – глюканів. Науковці стверджують, що їх дія неспецифічна, тому вони можуть використовуватися з профілактичною метою і як допоміжні лікарські засоби у випадках загального зниження імунітету [32]. Гриби опенька тополевого *S. aegerita* 2230, гливи легеневої *P. pulmonarius* 2314 та штаму *P. ostreatus* Z гливи звичайної, вміст ендоПС у яких перевищує 6 %, також можна рекомендувати у якості потенційного джерела цих біоактивних речовин.

Враховуючи особливості будови полісахаридів грибів, можна стверджувати про доцільність їх використання як структурних та стабілізуючих речовин у виготовленні соусів, супів, паштетів. Ці полісахариди є термостабільними, стійкими до дії кислот, але наявність глюкан-протеїнових комплексів зумовлює погіршення текстури під час температурної обробки. Саме тому особливості переробки плодових тіл потребують подальшого вивчення.

**Висновки.** Отримані дані підтверджують перспективність використання сировини з різних видів грибів, вирощених у штучних умовах, з використанням для виготовлення субстрату місцевих сільськогосподарських залишків, для виготовлення інноваційних продуктів функціонального призначення.

Загальна кількість вуглеводів в плодових тілах перевічених видів становила 68-74 % від маси сухої речовини, з них водорозчинна фракція ендopolісахаридів досягала 7,7 % у штаму 2032 гливи степової.

Грибна сировина є джерелом високозасвоєваних протеїнів, вміст яких є видовою особливістю. Плодові тіла гливи звичайної містили підвищену кількість білків (18,7 - 22,5 %) порівняно з іншими видами, що узгоджується з даними літератури.



## Література:

1. Афонин В. В. Функциональные продукты питания - новое направление пищевых технологий. *Наука и инновации*. 2013. № 4. С. 33-39.
2. Friedman M. Mushroom polysaccharides: chemistry and antiobesity, antidiabetes, anticancer, and antibiotic properties in cells, rodents, and humans. *Foods*. 2016. Vol. 5, № 4. P. 80. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods5040080>.
3. Bhakta M., Kumar P. Mushroom polysaccharides as a potential prebiotics. *International Journal of Health Sciences & Research*. 2013. Vol. 3 (8). P. 77-84. URL: [https://www.researchgate.net/publication/322498606\\_Mushroom\\_Polysaccharides\\_as\\_a\\_Potential\\_Prebiotics](https://www.researchgate.net/publication/322498606_Mushroom_Polysaccharides_as_a_Potential_Prebiotics) (Last accessed: 01.04.2020).
4. Stachowiak B., Reguła J. Health-promoting potential of edible macromycetes under special consideration of polysaccharides: a review. *European Food Research and Technology*. 2012. Vol. 234 (3). P. 369–380. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00217-011-1656-9>.
5. Экстракты мицелия вешенки (*Pleurotus ostreatus*): медико-биологические эффекты и возможные механизмы действия: монография / ред. В. П. Герасименя, В. Ю. Поляков. Москва, 2013. 224 с.
6. Маркова М. Е. Сорбция тяжелых металлов высшими грибами и хитином разного происхождения в опытах *in vitro*. *Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского*. 2008. № 6. С. 118–124. URL: [http://www.unn.ru/pages/e-library/vestnik/99999999\\_West\\_2008\\_6/18.pdf](http://www.unn.ru/pages/e-library/vestnik/99999999_West_2008_6/18.pdf) (дата обращения: 07.04.2020).
7. Даниляк М. І., Горовий Л. Ф., Баглай В. О. Фізико-хімічні особливості хітин-глюканового комплексу клітинних стінок вищих базидіальних грибів. *Український ботанічний журнал*. 1992. № 49 (1). С. 68-71.
8. Гродзинська Г. А. Радіонуклідне забруднення макроміцетів. *Вісник Національної академії наук України*. 2017. № 6. С. 61-76.
9. Yeh M.-Y., Ko W.-C., Lin L.-Y. Hypolipidemic and Antioxidant Activity of Enoki Mushrooms (*Flammulina velutipes*). *BioMed research international*. 2014. Vol. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1155/2014/352385>.
10. Robinson J., Anike F. N., Willis W., Isikhuemhen O. S. Medicinal Mushrooms Supplements Alter Chicken Intestinal Microbiome. *International journal of medicinal mushrooms*. 2008. Vol. 20(7). P. 685-693. DOI: <https://doi.org/10.1615/IntJMedMushrooms.2018026969>.
11. Гуньоко С. М., Тринчук О. О. Якість грибів Глива звичайна залежно від тривалості та температури зберігання. *Научные труды SWorld*. 2014. Т. 8. № 2. С. 68-71. URL: <https://www.sworld.com.ua/konfer35/314.pdf> (дата звернення: 07.04.2020).
12. Кравченко О. А., Росляков Ю. Ф. Технология получения и применения продуктов переработки грибов вешенка в производстве

хлебобулочных изделий повышенной пищевой и биологической ценности. *Известия вузов. Пищевая технология*. 2011. № 322 (4). С. 76-78. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/>

15. tehnologiya-polucheniya-i-primeneniya-produktov-pererabotki-gribov-veshenka-v-proizvodstve-hlebobulochnyh-izdeliy-povyshennoy (дата обращения: 07.04.2020).

16. Способ переработки грибов гранулированием и устройство для его осуществления: пат. 2572305 Российская Федерация: МПК А23L 1/28, А23Р 1/02, В01J 2/10. № 2014113314/13; заявл. 04.04.2014; опубл. 10.10.2015 Бюл. № 28.

17. Jaworska G., Bernaś E. Qualitative changes in *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kumm. mushrooms resulting from different methods of preliminary processing and periods of frozen storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2009. Vol. 89, № 6. P. 1066-1075. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.3557>.

18. Effect of processing on the content and biological activity of polysaccharides from *Pleurotus ostreatus* mushroom / W. Radzki et al. *LWT-Food Science and Technology*. 2016. Vol. 66. P. 27-33. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.10.016>.

19. Тринчук О. О., Гунько С. М., Тринчук С. В. Спосіб переробки культивованих грибів після зберігання. 2011. URL: <https://www.sworld.com.ua/index.php/ru/technical-sciences-311/technology-of-food-products-311/7941-sposb-pererobki-kultivovanih-gribov-pslya-zbergannya> (дата звернення: 31.03.2020).

20. Спосіб приготування порошкоподібного напівфабрикату з грибів глива звичайна (*P. ostreatus*): пат. 41147 Україна: МПК А23L 3/40. № 200813211; заявл. 14.11.08; опубл. 12.05.09, Бюл. № 9.

21. Кулик А. С., Бандура І. І., Сердюк М. Є., Севастьянович О. С., Булгаков І. В., Гапріндашвілі Н. А. Розробка рецептури м'ясних консервів з грибами. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2019. № 9(1). DOI: <https://doi.org/10.31388/2220-8674-2019-1-60>.

22. Бандура І. І., Кулик А. С., Макогон С. В., Синяговський С. С. Дослідження особливостей інтродукції продуктивних штамів екзотичних грибів *Cyclocybe aegerita* (V. Brig.) Vizzini та *Pleurotus eryngii* (DC.) Quel. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2018. № 8(2). DOI: <https://doi.org/10.31388/2220-8674-2018-2-52>.

23. Glucans from fruit bodies of cultivated mushrooms *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus eryngii*: Structure and potential prebiotic activity / A. Synytsya et al. *Carbohydrate polymers*. 2009. Vol. 76, № 4. P. 548-556. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2008.11.021>.

24. Anju R. P., Ukkuru M. Health Impact and Medicinal Properties of Nutritionally Edible Milky Mushroom (*Calocybe Indica*). *International*

*Journal of Advanced Engineering Research and Science*. 2016. Vol. 3, № 11. P. 235-237. DOI: <https://dx.doi.org/10.22161/ijaers/3.11.36>.

25. Khan A. A., Gani A., Khanday F. A., Masoodi F. A. Biological and pharmaceutical activities of mushroom  $\beta$ -glucan discussed as a potential functional food ingredient. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*. 2018. Vol. 16. P. 1-13. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bcdf.2017.12.002>.

26. Elattar A. M., Hassan S. M., Awd-Allah S. F. A. Evaluation of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) cultivation using different organic substrates. *Alexandria Science Exchange Journal*. 2019. Vol. 40 (July-September). P. 427-440. DOI: <https://doi.org/10.21608/asejaiqsae.2019.49370>.

27. Dundar A., Acay H., Yildiz A. Effect of using different lignocellulosic wastes for cultivation of *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm. on mushroom yield, chemical composition and nutritional value: 4. *African Journal of Biotechnology*. 2009. Vol. 8. № 4. P. 662-666. URL: [https://www.researchgate.net/profile/Abdurrahman\\_Duendar/publication/237564756\\_Effect\\_of\\_using\\_different\\_lignocellulosic\\_wastes\\_for\\_cultivation\\_of\\_Pleurotus\\_ostreatus\\_Jacq\\_P\\_Kumm\\_On\\_mushroom\\_yield\\_chemical\\_composition\\_and\\_nutritional\\_value/links/00b49531de637bafd0000000.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Abdurrahman_Duendar/publication/237564756_Effect_of_using_different_lignocellulosic_wastes_for_cultivation_of_Pleurotus_ostreatus_Jacq_P_Kumm_On_mushroom_yield_chemical_composition_and_nutritional_value/links/00b49531de637bafd0000000.pdf) (Last accessed: 07.04.2020).

28. Ponmurugan P., Nataraja S. Y., Sreesakthi T. R. Effect of Various Substrates on the Growth and Quality of Mushrooms. *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 2007. Vol. 10, № 1. P. 171-173. URL: <http://www.docsdrive.com/pdfs/ansinet/pjbs/2007/171-173.pdf> (Last accessed: 07.04.2020).

29. Dowom S., Rezaeian S., Pourianfar H. Agronomic and environmental factors affecting cultivation of the winter mushroom or Enokitake: achievements and prospects. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2019. Vol. 103. P. 2469-2481. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00253-019-09652-y>.

30. Бисько Н. А., Ломберг М. Л., Митропольська Н. Ю., Михайлова О. Б. Колекція культур шапинкових грибів (ІВК) / Інститут ботаніки імені М. Г. Холодного НАН України. Київ: Альтерпрес, 2016. 120 с.

31. Бухало А. С., Бабицкая В. Г., Бисько Н. А. Биологические свойства лекарственных макромицетов в культуре / ред. С. П. Вассер. Киев: Альтерпрес, 2011. Т. 1. 212 с.

32. Камзолкина О., Дунаевский Я. Биология грибной клетки. Litres, 2018. 248 с.

33. Сорбция радионуклидов хитинмеланин глюкановым комплексом Микотон / И. Е. Велешко и др. *Химия растительного сырья*. 2011. Вып. 4. С. 39-48.

34. A  $\beta$ -glucan from the fruit bodies of edible mushrooms *Pleurotus eryngii* and *Pleurotus ostreatus* / E. R. Carbonero et al. *Carbohydrate*

*Polymers.* 2006. Vol. 66, № 2. P. 252-257. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2006.03.009>.

35. Щерба В. В., Бабицкая В. Г. Полисахариды ксилотрофных базидиомицетов. *Прикладная биохимия и микробиология.* 2008. Т. 44. № 1. С. 90-95.

## **КСИЛОТРОФНІ ГРИБИ ЯК ДЖЕРЕЛО БІОАКТИВНИХ РЕЧОВИН ДЛЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ХАРЧУВАННЯ**

Бандура І. І., Кулик А. С., Коляденко В. В.

### **Анотація**

Здоровий образ життя передбачає застосування спеціальних дієт направлених на зміцнення організму та підвищення резистентності до впливу несприятливих факторів довкілля. Відомо, що біоактивні речовини макроміцетів сприяють підтримці імунної системи людини, знижують рівень ліпідів та цукру в крові. У плодкових тілах 6 видів базидіомицетів, що були культивовані на місцевих рослинних залишках, визначено вміст протеїнів, ендополісахаридів та зольних елементів. Завдяки отриманим даним зроблено висновок про перспективність використання грибів вивчених штамів у технологіях інноваційних продуктів функціонального призначення.

**Ключові слова:** базидіомицети, функціональні речовини, глива звичайна, глива легенева, глива степова, ерінгі, опеньок тополевий, опеньок зимовий, калоцибе індіка (молочний гриб).

## **КСИЛОТРОФНЫЕ ГРИБЫ КАК РЕСУРС БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ДЛЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПИТАНИЯ**

Бандура И. И., Кулик А. С., Коляденко В. В.

### **Аннотация**

Здоровый образ жизни предполагает использование специальных диет, направленных на укрепление организма, повышение его устойчивости к внешним факторам окружающей среды. Известно, что биологически активные вещества макромицетов способствуют поддержанию иммунитета, снижают уровень липидов и сахара в крови. В плодовых телах 6 видов базидиомицетов, выращенных на местных растительных остатках, определено содержание протеинов, ендополисахаридов и зольных элементов. На основании полученных данных сделан вывод о перспективности использования грибов изученных штаммов в технологиях инновационных продуктов функционального назначения.

**Ключевые слова:** базидиомицеты, функциональные вещества, вешенка обыкновенная, вешенка легочная, вешенка степная, эринги, опенок тополевый, опенок зимний, калоцибе индика (молочный гриб).

## **XYLOTROPHIC MUSHROOMS AS A SOURCE OF BIOACTIVE SUBSTANCES FOR FUNCTIONAL NUTRITION**

I. Bandura, A. Kulyk, V. Koliadenko

### **Summary**

A healthy lifestyle involves the use of special diets aimed at strengthening the body, increasing its resistance to external environmental factors. Many scientific works have proved the medicinal and functional properties of macromycetes, such as antitumor, immunomodulating, antioxidant, cholesterol-lowering and many others. Xylotrophic mushrooms are known as an important source of bioactive substances: proteins, polysaccharides and essential elements that we can use for health restaurant dishes and daily foods. The effect of substrate composition to chemical characteristics of mushrooms is known. Therefore, the purpose of the research was to find the nutrient value of locally cultivated mushrooms.

Fruit bodies of 6 species of basidiomycetes (*P. ostreatus* 2301, 2316, 2456, Z; *P. pulmonarius* 2314; *P. eryngii* 2032; *C. indica* (or «milky mushroom»); *Cyclocybe aegerita* 2230; *F. velutipes* 2039), which have grown on the sterile substratum from local plant residues were studied. The total content of proteins, endopolysaccharides and ash elements was determined. The high level of crud proteins was obtained in the mushroom of *Pleurotus* strains (18,7-22,5 % DW). The fruit bodies of *P. eryngii* have contained 7,7% (DW) of water-soluble polysaccharides that have confirmed known data.

Based on these results, we can conclude that the use of fungi of the studied strains in the technologies of innovative functional products is promising. We should highlight the fact of changing the structure of mushrooms during processing requires further investigation.

**Key words:** Basidiomycetes, functional substance, *Pleurotus ostreatus*, *Pleurotus pulmonarius*, *Pleurotus eryngii*, *Cyclocybe aegerita*, *Flammulina velutipes*, *Calocybe indica* (milky mushroom).

УДК 637.04:637.247

DOI: 10.31388/2078-0877-20-2-142-150

## ДОСЛІДЖЕННЯ ОРГАНОЛЕПТИЧНИХ ТА ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ НИЗЬКОКАЛЬЦІЄВОГО КОПРЕЦИПІТАТУ ЗІ СКОЛОТИН

Дейниченко Г. В., д.т.н.,

ORCID: 0000-0003-3615-8339

Золотухіна І. В., к.т.н., докторант\*

ORCID: 0000-0003-1900-2682

*Харківський державний університет харчування та торгівлі*

Тел. (057) 349-45-56

Юдіна Т. І., д.т.н.

ORCID: 0000-0001-9863-878X

*Київський національний торговельно-економічний університет*

Тел. (050) 933-51-82

*Постановка проблеми.* Молочна галузь посідає важливе місце в економіці будь-якої країни й забезпеченні населення продуктами харчування першої необхідності. Створений природою продукт містить у своєму складі все необхідне для організму людини і здоров'я нації. Висока біологічна цінність молока та молочних продуктів, що визначається вмістом білків, жирів, вуглеводів, вітамінів та мінеральних речовин у легкозасвоюваній формі, заклали основу для розвитку молочної промисловості [1].

Технологія промислової переробки молока традиційними способами не дозволяє використовувати усі його складові частини в такі молочні продукти, як вершкове масло, кислий сир, сир твердий і ін. При їх виробництві неминуче одержують білково-вуглеводну молочну сировину (БВМС) у вигляді знежиреного молока, сколотин і молочної сироватки.

Одним із видів БВМС, що утворюється при переробці молока, є сколотини, які одержують при виробництві вершкового масла [2]. У загальному обсязі виробленої БВМС сколотини характеризуються відносно невисокою питомою вагою, чим, на наш погляд, і пояснюється недостатня увага до розробки питань їх подальшого використання в харчуванні людини.

Найбільший інтерес у цій сировині представляють білкові речовини, що обумовлюють біологічну цінність сколотин [3]. Однак, існуючі технології переробки сколотин далеко не в повній мірі використовують їх харчовий потенціал, зокрема, білковий комплекс.

Розробка способів і режимів процесу копреципітації білків сколотин, технологій одержання з цієї сировини низькокальцієвих копреципітатів (НКК) із комплексом необхідних технологічних властивостей для наступного використання в технологіях продукції ресторанного господарства є задачею актуальною.

*Аналіз останніх досліджень.* Аналіз способів виділення молочних білків і властивостей коагулятів показав, що найбільш доцільний при виробництві молочно-білкових концентратів із сколотин термокислотний спосіб, який забезпечує миттєву коагуляцію білків, не потребує дефіцитних реактивів і складного технологічного устаткування та забезпечує комплексне виділення казеїну і сироваткових білків [2, 4-6]. Тому необхідним був пошук шляхів удосконалення способу термокислотної коагуляції.

На підставі серії попередніх експериментів була розроблена технологічна схема одержання низькокальцієвого копреципітату зі сколотин, результатом якої є максимальне витягання сухих речовин сколотин з урахуванням структурно-механічних властивостей білкового продукту, що одержується. Технологічна схема одержання НКК наведена на рис. 1.

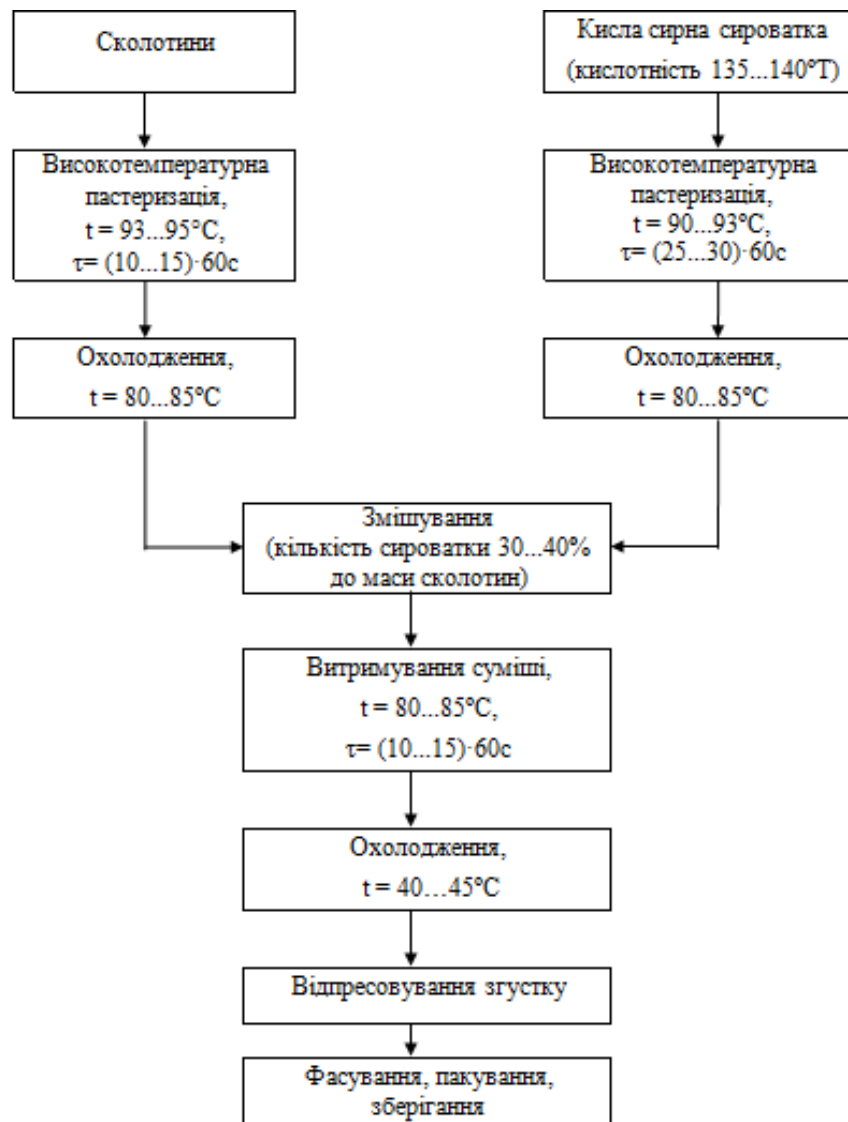


Рис. 1. Технологічна схема виробництва низькокальцієвого копреципітату зі сколотин.

Спосіб одержання НКК здійснюється таким чином. Сколотини і кислу сирну сироватку, титруємою кислотністю 135...140°Т, пастеризують роздільно друг від друга при температурі 93...95°С та 90...93°С протягом (10...15)·60 с та (25...30)·60 с відповідно, після чого охолоджують до 80...85°С. Далі у сколотини вносять кислу сирну сироватку, в кількості 30...40%. Суміш після перемішування витримують протягом (10...15)·60 с, згусток швидко охолоджують до 40...45°С і відокремлюють самопресуванням у бязевих мішках .

Запропонований спосіб одержання НКК зі сколотин дозволяє збільшити вихід молочних білків на 15...20% порівняно з традиційним нежирним кислим сиром (НКС), тому що при цьому вилучаються і сироваткові білки. Тому НКК, як сировина для виробництва кулінарної продукції, є більш кращим. Крім того, тривалість процесу виробництва копреципітату зі сколотин у порівнянні з процесом отримання традиційного нежирного сиру значно скорочується – 1...1,5 години для НКК проти 10...12 годин для НКС.

*Формулювання цілей статті (постановка завдання).* Оскільки НКК зі сколотин, що одержуємо за розробленим способом є нетрадиційним продуктом, який планується у подальшому використовувати для виробництва кулінарної продукції, необхідно виконати дослідження його харчової цінності та фізико-хімічних показників. Дослідження проводили паралельно з визначенням якісних характеристик НКС, який використовували в якості контрольного зразка.

*Основна частина.* Досліджували органолептичні показники якості НКК (табл. 1).

Таблиця 1 – Органолептичні показники молочно-білкових продуктів

Показники	Характеристика	
	НКК	НКС
Зовнішній вигляд	Однорідна, пластична маса	Однорідна крупчаста маса
Смак і запах	Чисті, характерні для молочних продуктів, без сторонніх присмаків і запахів	Чисті, без сторонніх присмаків і запахів
Консистенція	Однорідна, ніжна, така, що маститься	Однорідна, пухка
Колір	Однорідний, від білого до білого з кремівим відтінком	Білий, злегка синюватий
Органолептична оцінка якості, бал	5,0	4,8



Отримані дані свідчать про високий рівень органолептичних показників копреципітату зі сколотин, що дає можливість його широкого використання при виробництві кулінарної продукції у закладах ресторанного господарства.

Хімічний склад низькокальцієвого копреципітату в порівнянні з нежирним кислим сиром приведений у табл. 2.

Таблиця 2 – Хімічний склад НКК і нежирного кислого сиру, %

Показники	Низькокальцієвий копреципітат	Нежирний кислий сир
Волога	71,84±1,3	77,4
Сухі речовини	28,16±1,2	22,6
Білок	20,80±0,5	18,0
Жир	1,34±0,1	0,6
Зола	2,19±0,1	1,2
БЕР	1,01±0,05	0,8
Органічні кислоти	1,39±0,1	1,22
	1,43±0,1	0,78

Аналіз даних табл. 2 показує, що за вмістом сухих речовин НКК перевершує нежирний кислий сир на 24,6%, за вмістом білка – на 15,6%. Збільшується також у продукті вміст жиру, зольних елементів, безазотистих екстрактивних речовин, вітамінів.

Оскільки досліджувані продукти є високобілковими, значний вплив на їх харчову цінність має саме якість білка. Дослідження форм азоту при одержанні НКК дозволило визначити фракційний склад його білків, поданий у табл. 3.

Таблиця 3 – Фракційний склад білків молочно-білкових продуктів

Назва продукту	Білковий азот			Вміст білка		
	Усього	В тому числі		Усього	В тому числі	
		казеїновий	сироваткових білків		казеїн	сироваткові білки
НКК	3,26	2,41	0,85	20,8	15,4	5,4
Нежирний сир	2,82	2,82	–	18,0	18,0	–

Як випливає з табл. 3, білки НКК містять у своєму складі крім казеїну і сироваткові білки, кількість яких складає 26% від маси протеїну. Нежирний сир, як і очікувалось, у складі білків містить тільки казеїн і не містить сироваткових білків.

Дослідження амінокислотного складу білків молочно-білкових продуктів подано у табл. 4.

Таблиця 4 – Амінокислотний склад білків молочно-білкових концентратів (% на натуральну речовину)

Назва амінокислоти	НКК	Нежирний сир
Незамінні:	7,769	7,680
лізин	1,417	1,450
треонін	0,912	0,800
валін	1,384	0,990
метіонін	0,502	0,480
ізолейцин	0,997	1,000
лейцин	1,742	1,850
фенілаланін	0,594	0,930
триптофан	0,221	0,180
Замінні :	12,767	10,270
гістидин	0,490	0,560
аргінін	0,605	0,810
аспарагінова	2,016	1,000
серин	2,348	0,820
глутамінова	4,311	3,300
пролін	1,004	2,000
гліцин	0,246	0,260
аланін	0,524	0,440
цистин	0,337	0,150
тирозин	0,886	0,930
Усього :	20,536	17,950

Як впливає з табл. 4, у білках обох продуктів ідентифіковано вісімнадцять амінокислот, у тому числі всі незамінні. НКК зі скотин перевершує нежирний кислий сир як за кількістю замінних (на 29,2%), так і за кількістю незамінних амінокислот (на 1,16%). Частка останніх у білках НКК складає 37,8% від загальної суми амінокислот. Особливо великий вміст мають у концентраті лейцин (до 8% від загальної суми амінокислот і до 22% від суми незамінних амінокислот), лізин (відповідно до 7 і до 18%), валін (відповідно до 7% і до 18%).

Із замінних амінокислот у НКК відмічено високий вміст аспарагінової (до 10%), глутамінової (до 21%) кислот і серина (до 11% від загальної суми амінокислот), що є характерним для молочних продуктів.

Для визначення біологічної цінності й наявності лімітуючих амінокислот розраховували скор незамінних амінокислот і порівнювали його зі стандартом ФАО/ВООЗ [7].

Розрахунок амінокислотного скор незамінних амінокислот досліджуваних продуктів і його зіставлення зі стандартними даними ФАО/ВООЗ наведені в табл. 5.

Таблиця 5 – Амінокислотний скор молочно-білкових продуктів

Найменування амінокислоти	Рекомендований ФАО/ВООЗ рівень вмісту, мг у 1г білка	НКК		Нежирний кислий сир	
		мг	% до стандарту	мг	% до стандарту
Ізолейцин	40	47,9	120	55,6	139
Лейцин	70	83,8	120	102,7	147
Метіонін + цистин	35	40,3	115	35,0	100
Лізин	55	68,1	124	80,5	146
Фенілаланін + тирозин	60	71,2	119	103,3	172
Треонін	40	43,9	110	44,4	111
Триптофан	10	10,6	106	10	100
Валін	50	66,5	133	55	110

Аналіз даних табл. 5 свідчить, що в складі білків НКК із скотин рівень всіх незамінних амінокислот перевищує стандарт ФАО/ВООЗ, що свідчить про високу біологічну цінність продукту. Підвищений рівень сірковмісних амінокислот (метіонін+цистин) у НКК є слідством наявності в ньому сироваткових білків.

НКК, як і всі молочні продукти, відноситься до швидкопсувних [8, 9]. У процесі зберігання в НКК можуть розвиватися патогенні мікроорганізми роду *St.aureus*, що викликають харчові отруєння; бактерії групи *Salmonella*; різноманітні види дріжджів, що надають продукту дріжджовий присмак; різноманітні види плісневих грибків; а також бактерії роду *Cyτροφactor*, *Ceracia*, *Enterofactor*.

Для запобігання розвитку цих процесів, а також уповільнення росту різноманітних мікроорганізмів НКК необхідно зберігати за температури 0...2°C. Дана температура гнітюче впливає на ріст вищевказаних мікроорганізмів і бактерій у мікрофлорі НКК.

Ще одним із показників якості продукту, що визначає його нешкідливість для організму, є рівень утримання гранично-припустимих концентрацій (ГПК) важких металів у даному продукті.

Таблиця 6 – Вміст важких металів у НКК, мг/кг

Найменування аажких металів	ГПК для групи молочних продуктів, мг/кг, не більше	Вміст в НКК, мг/кг
Свинець	0,3	0,04
Миш'як	0,2	не виявлений
Кадмій	0,1	не виявлений
Ртуть	0,02	не виявлена
Мідь	5,0	1,2
Цинк	40,0	2,8

Аналіз даних табл. 6 показує, що вміст важких металів у НКК знаходиться в припустимій для групи молока і молочних продуктів концентрації [10].

*Висновки.* Отримані дані підтверджують високий рівень якості розробленого продукту і доцільність його використання в технологіях напівфабрикатів і кулінарних виробів на молочно-білковій основі. У подальшому необхідно визначити основні напрямки використання НКК у виробництві продукції ресторанного господарства.

#### Література:

1. Россоха В. В., Петриченко О. А. Розвиток ринку молока та молокопродукції в Україні. *Економіка АПК*. 2018. № 8. С. 43-54.
2. Дейниченко Г. В., Мазняк З. О., Золотухіна І. В. Ультрафільтраційні процеси та технології раціональної переробки білково-вуглеводної молочної сировини. Харків: Факт, 2008. 208 с.
3. Гунькова П. И., Горбатова К. К. Биотехнологические свойства белков молока: монография. Санкт-Петербург: ГИОРД, 2015. 214 с.
4. Gnitsevich V. A., Yudina T. I., Deynichenko L. G. Technology and biological value of milk-protein co-precipitates. *Tovary i ryinki*. 2016. № 2. P. 148-158.
5. Protein co-precipitates: A review of their preparation and functional properties / M. Alu'datt et al. *Food and Bioproducts Processing*. 2013. Vol. 91, № 4. P. 327-335.
6. Al-Saadi J. M. S., Deeth H. C. Preparation and functional properties of protein co-precipitate from sheep milk. *Int. J. Dairy Technol.* 2011. Vol. 64. P. 461-466.
7. Barakat H., Hassan M. F. Y. Chemical, nutritional, rheological, and organoleptical characterizations of stirred pumpkin–yoghurt. *Food and Nutrition Sciences*. 2017. № 8. P. 746-759.
8. Abdel R. I. E., Dirar H. A., Osman M. A. Microbiological and biochemical changes and sensory evaluation of camel milk fermented by selected bacterial starter cultures. *African Journal of Food Science*. 2009. № 3. P. 398-405.
9. Color, microbiological and sensory properties of low-fat probiotic yogurt supplemented with *Spirulina platensis* and *Ferulago angulata* hydroalcoholic extracts during cold storage / A. Aghajani et al. *Banat's Journal of Biotechnology*. 2019. № 19. P. 20-34. DOI: 10.7904/2068-4738-X(19)-20.
10. Дослідження вмісту важких металів у молоці як елемент реалізації системи НАССР / Н. Буяльська та ін. *Технічні науки та технології*. 2017. № 2 (8). С. 179-187. DOI: 10.25140/2411-5363-2017-2(8)-179-187.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ОРГАНОЛЕПТИЧНИХ ТА ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ НИЗЬКОКАЛЬЦІЄВОГО КОПРЕЦИПІТАТУ ЗІ СКОЛОТИН

Дейниченко Г. В., Золотухіна І. В., Юдіна Т. І.

### Анотація

У статті обґрунтовано актуальність розробки технологій одержання концентратів із сколотин з комплексом необхідних технологічних властивостей.

На підставі серії попередніх експериментів розроблено технологічну схему одержання низькокальцієвого копреципітату зі сколотин, результатом якої є максимальне вилучення сухих речовин сколотин. Досліджено органолептичні показники низькокальцієвого копреципітату зі сколотин, які свідчать про високий рівень якості отриманого продукту.

Визначено фракційний склад білків низькокальцієвого копреципітату, який показав, що білки містять у своєму складі крім казеїну і сироваткові білки, кількість яких складає 26% від маси протеїну.

З метою визначення біологічної цінності й наявності лімітуючих амінокислот розраховано скор незамінних амінокислот, який показав, що в складі білків низькокальцієвого копреципітату зі сколотин рівень всіх незамінних амінокислот перевищує стандарт ФАО/ВООЗ, що свідчить про високу біологічну цінність продукту.

**Ключові слова:** копреципітат, сколотини, технологія, якість, біологічна цінність.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИХ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НИЗКОКАЛЬЦИЕВОГО КОПРЕЦИПИТАТА ИЗ ПАХТЫ

Дейниченко Г. В., Золотухина И. В., Юдина Т. И.

### Аннотация

В статье обоснована актуальность разработки технологий получения концентратов пахты с комплексом необходимых технологических свойств.

На основании серии предварительных экспериментов разработана технологическая схема получения низькокальцієвого копреципітату, результатом которой является максимальное извлечение сухих веществ пахты. Исследованы органолептические показатели низькокальцієвого копреципітату из пахты, которые свидетельствуют о высоком уровне качества полученного продукта.

Определен фракционный состав белков низькокальцієвого копреципітату, свидетельствующий, что белки содержат в своем составе кроме казеина и сывороточные белки, количество которых составляет 26% от массы протеина.

С целью определения биологической ценности и наличия лимитирующих аминокислот рассчитан скор незаменимых аминокислот, который показал, что в составе белков низькокальцієвого копреципітату из пахты уровень всех незаменимых аминокислот превышает стандарт ФАО/ВОЗ, что свидетельствует о высокой биологической ценности продукта.

**Ключевые слова:** копреципітат, пахта, технологія, качество, биологическая ценность.

## STUDY OF ORGANOLEPTIC AND PHYSICO-CHEMICAL PARAMETERS OF LOW-CALCIUM COPRECIPITATE BUTTERMILK

G. Deynichenko, I. Zolotukhina, T. Yudina

### Summary

In the article the urgency of development of technologies for obtaining of concentrates of buttermilk with a set of necessary technological properties.

On the basis of a series of preliminary experiments and based on the information available in the scientific literature, we have developed a technological scheme of obtaining of low-calcium coprecipitate from buttermilk, which results in maximum extraction of solids buttermilk. The investigated sensory characteristics of low-calcium coprecipitate from buttermilk, which indicate a high level of quality of the resulting product.

Since the resulting product is a high protein, a significant impact on its nutritional value is the protein quality. Determined the fractional composition of proteins of low-calcium coprecipitate, which showed that the proteins contain in their composition in addition to casein and whey proteins, which account for 26% by weight of protein.

To determine biological value and the presence of limiting amino acids is expected soon essential amino acids, which showed that the composition of proteins low-calcium of coprecipitate buttermilk the level of all essential amino acids exceeds the standard of FAO/WHO, indicating the high biological value of the product.

Nesicarily coprecipitate of buttermilk, like all dairy products, is perishable To prevent the development of these processes and slow the growth of various microorganisms low-calcium coprecipitate of buttermilk should be stored at temperature 0 to 2°C. This temperature depressing effect on the growth of microorganisms and bacteria in the microflora of low-calcium coprecipitate buttermilk.

One of the indicators of the quality of the product that determines its harmlessness for the organism is the levels of maximum permissible concentrations of heavy metals in the product. The data obtained determine the concentration of heavy metals showed that in low-calcium coprecipitate buttermilk these connections are valid for the group of milk and dairy products concentration.

**Key words:** coprecipitate, buttermilk, technology, quality, biological value.

## АНАЛІЗ СУЧАСНОГО ВИКОРИСТАННЯ ПЕКТИНОПРОДУКТІВ У ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

Дейниченко Г. В., д.т.н.,

ORCID: 0000-0003-3615-8339

Гузенко В. В., к.т.н.

ORCID: 0000-0001-8407-2404

*Харківський державний університет харчування та торгівлі*

Омельченко О. В., к.т.н.

ORCID: 0000-0003-0704-5909

*Донецький національний університет економіки і торгівлі*

*ім. Михайла Туган-Барановського*

Мельник О. Є., к.т.н.

ORCID: 0000-0002-7517-6815

*Криворізький національний університет*

Тел. (057) 349-45-56

*Постановка проблеми.* Нестача у харчуванні людини харчових волокон негативно позначається на здоров'ї людини, знижуючи протидію його організму на несприятливу дію навколишнього середовища. Харчові волокна – це складний комплекс полісахаридів, целюлози, лігніну та зв'язаних з ними білкових речовин, що утворюють кліткові стінки рослин [1].

На сьогодні харчова промисловість випускає різноманітні кондитерські, хлібобулочні, м'ясні, молочні та рибні вироби, напої, консерви, тенденція яких направлена на збагачення раціону харчування населення країни біологічно активними добавками (БАД). Використання в якості БАД пектинових екстрактів (ПЕ), пектинових концентратів (ПК) та сухого пектину дозволяє не тільки отримувати продукти споживання з заданими технологічними властивостями, а й запроваджувати пектинопрофілактику населення країни для забезпечення мінімальної профілактичної норми споживання ПР [2].

*Аналіз останніх досліджень.* Одним з головних напрямків підвищення ефективності сучасних харчових виробництв є створення маловідходних та енергозберігаючих процесів, залучення в харчову промисловість вторинних сировинних ресурсів. Дослідження в області отримання високоякісних пектинових концентратів відповідає цьому завданню, тому що, з одного боку, дозволяє залучати у виробництво вторинну пектинвмісну сировину, зокрема (соняшник, фрукти, ягоди, коренеплоди, гарбузові), а з іншого – сприяє розширенню асортименту харчових продуктів на їх основі для споживача [4].

Одним з елементів рослинної сировини є полігалактуронан, завдяки якому в очищеному вигляді – пектин має низку цінних біологічних властивостей, насамперед – здатність створювати комплекси з важкими і радіоактивними металами, фенолами, амінами

та здатність до виведення їх з організму. В якості кінцевого продукту на основі пектинових речовин, що містяться в пектинвмісній сировині, можна виробляти різні препарати лікувально-профілактичної дії у вигляді полісахаридних комплексів, які можуть бути використані самостійно, або у складі харчових продуктів – молочних, кондитерських і хлібобулочних виробів. Раціональне використання всіх полісахаридних складових пектинвмісної сировини, що переведені в активний стан, дозволяють одержувати пектинопродукти, використовуються в якості засобів широкого лікувально-профілактичного призначення.

*Формулювання цілей статті.* Метою роботи є аналіз і характеристика сучасного стану використання пектинопродуктів для потреб харчової промисловості з метою визначення потреби розробки нових технологій одержання пектину.

*Основна частина.* В харчовій промисловості використовуються основні властивості пектину – комплексо- та драглеутворювальна здатності, що дозволяє збагачувати харчові продукти пектинопродуктами, які мають лікувально-профілактичне значення [5].

Пектин широко використовується при виробництві кондитерських виробів пастило-мармеладної групи (зефіру, желейного мармеладу, пастили) та цукерок (желейних та фруктово-желейних), що користуються великим попитом у населення [6].

Так, на кондитерських фабриках «Харків'янка», «Харківська бісквітна фабрика» корпорації Бісквіт-Шоколад, фабриках міжнародної кондитерської корпорації «Рошен» та української кондитерської компанії «АВК» використовуються як традиційні, так і новітні технології з виробництва пастильно-мармеладних виробів на основі пектину, що використовується поряд з агаром. До такої продукції відноситься неглазурований зефір, мармелад желейний формовий, цукерки желейні та шоколадні з желейною начинкою [7, 8].

Фірмою «Хербстрайт & Фокс КГ» (Франція) [3, 9] виробляються жувальні желейні цукерки на основі пектину з додаванням та без додавання фруктових компонентів. При виробництві цих жувальних цукерок використовується високоетирифікований пектин. М'які та приємні на смак в'язко-желейні жувальні цукерки виробляються на основі пектину з дозуванням 2,5%.

У консервній промисловості пектин та пектиновий концентрат використовується для виготовлення желе, конфітурів, джемів, повидла та інших виробів лікувально-профілактичної дії (пюре, киселі, соки, овочеві консерви тощо) [2].

Науковцями Одеського інституту харчових технологій було розроблено технологію отримання овоче-фруктових соків з пектиноюю добавкою [2]. При цьому використовували суміш яблучного та бурякового пектину (2 : 1) при співвідношенні пектину з



соком не менше 1 : 10. В одержаних консервованих соках з вмістом пектину 0,9...1,5% практично не змінилися показники в'язкості та прогріваємості продукту.

У Болгарії розроблено технологію отримання низькоцукрового продукту типу мармелад на основі низькометоксильованих пектинів з вмістом сухих речовин 35...45% [2].

У Білорусії кондитерською фабрикою «Слодич» та ОАО «Червоний харчовик» випускаються нові види желейного мармеладу, на пектині для дієтичного профілактичного та спеціалізованого харчування [10].

У Греції налагоджено виробництво пектинового напівфабрикату помаранчевого джему «Чибро» [3]. До складу такого напівфабрикату входять сік, нарізані кубиками апельсини, підготовлена вода, лимонна кислота, пектин.

На сьогодні в асортименті безалкогольних напоїв лікувально-профілактичної дії все більшого значення надають напоям, збагачених пектиновими речовинами, які справляють на організм людини велику ефективну фізіологічну дію.

Так, науковцями Одеського технологічного університету на базі яблучного соку з вмістом СР 10, 55 та 70% та бурякового пектину розроблено напої «Яблучно-пектиновий профілактичний» та «Томатно-пектиновий профілактичний» [5]. Вміст пектину в них складає 0,8...1,0%.

Науковцями Київського національного університету харчових технологій спільно з компанією «Альянс» було розроблено нектари з використанням пектину або пектинового концентрату на основі фруктових та овочевих пюре. Наявність пектинопродукту у напоях надають їм властивість зв'язувати іони токсичних металів, радіонуклідів, пестицидів, підвищувати імунітет організму тощо [11].

Вченими університету Хоенхайм (Германія) було встановлено, що пектин, в якості стабілізатора у виробництві помутнілих напоїв, утворює зв'язок з частинками помутнілої суспензії, які після додавання пектину стають негативно зарядженими. При цьому за органолептичною оцінкою напою відмічали «водянистий» смак, а при збільшенні концентрації пектину напої мали насичений смак [3].

Вченими інституту винограду та продуктів його переробки «Магарач» встановлено, що процес стабілізації марочних вин, пов'язаний з виділенням пектинових речовин, що відбувається протягом двох років і в кінці третього року практично завершується [12].

Вченими багатьох країн проведені дослідження з використанням в технології хлібобулочних виробів різних видів пектинопродуктів. Встановлено, що додавання пектину в тісто впливає на біологічні, колоїдні та мікробіологічні процеси виготовлення хлібобулочних

виробів, пришвидшується процес бродіння та спостерігається зміцнення клейковини.

Вченими Національного університету харчових технологій розроблено рецептуру та технологію нового сорту хліба, куди входить борошно, дріжджі, цукор, рослинна олія, 2%-й буряковий пектин. За вживання 300 г на добу цього хліба, людина одержує 4 г пектину – добову профілактичну дозу [3, 5].

Спеціалістами Могилівського технологічного інституту (Білорусь) розроблено спосіб виробництва пшеничного хлібу з введенням в рецептуру пектину разом з сирною сироваткою в якості джерела білку [2]. При цьому підвищувалися якісні показники та біологічна цінність хлібу за рахунок збільшення вмісту білка, кальцію, магнію, натрію, калію.

Пектинові речовини відіграють важливу роль у структуруванні компонентів макаронного тіста. При цьому клейковина у макаронному виробництві виконує функції пластифікатору і зв'язуючої речовини, що поєднує крохмальні зерна у єдину тістову масу.

Вченими Національного університету харчових технологій проводилися дослідження впливу пектину на якісні показники макаронного тіста [13]. Встановлено, що для повного набрякання желатину достатній гідромодуль 1:10, а для модифікованих пектинів гідромодуль сягає 1:20. При цьому пектинові речовини покращують пластичні та структурні властивості макаронних виробів. За результатами досліджень було отримано оптимальну концентрацію пектину для макаронних виробів. Вона становить 1,0%.

Вологоутримувальна, комплексоутворювальна та емульгуюча здатності пектинових речовин дають змогу застосовувати їх у виробництві молочних, м'ясних, рибних виробів масового асортименту, які мають лікувально-профілактичну дію [2, 5, 14].

Пектинові речовини використовують у виробництві йогуртів, майонезів, маргарину та вершкового масла в якості стабілізатора. Застосування пектину у виробництві маргарину дозволяє знизити у ньому вміст масложирової фази до 40%. У виробництві фруктових йогуртів вони надають желейним начинкам м'яку структуру та посилюють смак фруктових сировин.

Пектин застосовується для фракціонування та концентрування компонентів молочної сировини [2, 15]. Одержані продукти мають високу біологічну цінність, високі функціональні та технологічні властивості.

Вченими компанії «Союзоптторг» розроблено технології молочно-сокових напоїв, сировиною для яких є пектин, молоко, кисломолочна основа та сироватка [16]. Використання пектинів у виробництві напоїв дає можливість підвищити термін їх зберігання до 30 діб.

Компанія «CP Kelco» (США) розробила рецептуру та технологію стійкого фруктового молочного напою «Галактика», що містить 12% пектинового концентрату [3].

Ефективне блокування при потраплянні радіонуклідів до організму людини та їх декорпорація пектиновими речовинами зумовили застосування пектинових речовин у виготовленні ковбасних виробів [2, 6].

При застосуванні пектинових речовин у ковбасних виробках спостерігається не тільки покращення якості кінцевого продукту, а й збільшення виходу цільового продукту, покращення смаку, зменшення мікрофлори на поверхні виробів за тривалого зберігання.

Значну увагу заслуговує використання пектину у виробництві ряду морепродуктів.

Компанією HERBAFOOD розроблено та запроваджено використання пектинових речовин у рецептурі крабових паличок на основі маси сурімі за концентрації пектину 0,3...0,6% [2].

Розроблено технології функціональних продуктів на основі рибного фаршу та м'яса безхребетних (кальмари, мідії) з додаванням пектину [17]. Вміст у розроблених технологіях морепродуктів, пектину, БАВ молочної сироватки, вітамінів та комплексу мінеральних речовин дозволяє використовувати їх в профілактично-лікувальних цілях багатьох захворювань.

Сьогодні для профілактики та лікування ряду захворювань рекомендується застосування біологічно активних добавок (БАД). Однією з складових таких добавок є пектин та пектинопродукти. Фізико-хімічні властивості пектинових речовин обумовлюють широке використання їх у виробництві БАД для профілактики та лікування різних захворювань.

Так, Київською фармацевтичною фабрикою АО «Фармація» було запроваджено виробництво натуральної БАД «Вітапектин» [5]. БАД Вітапетин виробляється на основі вітамінів антибіотиків та екологічно чистого пектину. Добавка застосовується при інтоксикаціях, променевих пошкодженнях, порушеннях обміну речовин, у профілактичних цілях, тощо.

У Болгарії виробляють БАД пектин з вітаміном С у вигляді пігулок. Добавка забезпечує щодену потребу організму в харчових волокнах та вітаміні С [2].

Науково-виробничою фірмою «Востокфарм» розроблено серію БАД «Полисорбовит-50» та «Полисорбовит - 95», що виготовляються на основі високо- та низькоетерифікованих пектинів [18]. Добавки мають ентеросорбційні, антацидні й обволікаючі властивості і використовуються для лікування та профілактики захворювань органів шлунково-кишкового тракту.

*Висновки.* Таким чином, сьогодні в усьому світі існує достатня кількість технологій виробництва продуктів харчування з додаванням пектинопродуктів з різної рослинної сировини. Проте, даних про використання пектинових концентратів високої харчової цінності у виробництві харчових продуктів обмаль і вони розрізнені, що й визначило подальшу мету та актуальність досліджень одержання високоякісних пектинопродуктів.

#### Література:

1. Белоусова І. О., Безусова А. Т., Нікітчина Т. І. Порівняльна характеристика гелеутворення низькометоксильованих пектинів, отриманих за допомогою рослинних пектинметилестираз. *Харчова наука і технологія*. 2008. № 3 (4). С. 33-35.
2. Застосування мембранних процесів у технології одержання пектинових концентратів: монографія / Г. В. Дейниченко та ін. Харків: Факт, 2016. 176 с.
3. Донченко Л. В., Фирсов Г. В. Пектин: основные свойства, производство и применение : [монография]. Москва: ДеЛи, 2007. 276 с.
4. Hui Y. H. *Handbook of food science technology and engineering: in 3 t.* Т. 3. New York: Woodhead Publishing Limited, 2006. 712 p.
5. Домарецький В. А., Остапчук М. В., Українець А. І. Технологія харчових продуктів: підручник. Київ: НУХТ, 2003. 572 с.
6. Виробництво та використання пектину у харчовій промисловості (фруктові препарати, консерви, мармелади, джеми, желе, йогурти, пасти, соуси, кетчупи, компоти, десерти, напої) / ред. І. С. Гулий. Харків, 2001. 120 с.
7. Корпорація «Бісквіт – Шоколад». URL: <http://www.biscuit.com.ua> (дата звернення: 03.02.2020).
8. Кондитерська фабрика АВК, кондитерські виробы, солодоці. URL: <http://www.avk.ua> (дата звернення: 03.02.2020).
9. Никитчина Т. И. Биофактор, определяющий эффективность экстрагирования пектиновых веществ из свежих яблочных выжимок. *Харчова наука і технологія*. 2009. № 4(9). С. 30-32.
10. Шевчук А. А. О Развитии кондитерской отрасли Республики Беларусь. *Пищевая промышленность*. 2015. № 1(27). С. 53.
11. Воинова С. М., Крапивницкая И. О. Новая песня о старом, или снова о производстве пектина в Украине. *Пищевая промышленность*. 2006. № 6. С. 38-39.
12. Москалюк І. В. Спосіб отримання пектинового екстракту з відходів рослинної сировини. *Аграрний вісник Причорномор'я*. 2009. Вип. 2(49). С. 38-42.
13. Волощук Г. І. Розробка технології макаронних виробів з пектином та пектиновмісною сировиною: автореферат ... канд. техн. наук: 05.18.01. Київ, 2000. 20 с.

14. Phillips G. O., Williams P. A. Handbook of hydrocolloids. New York: Woodhead Publishing Limited, 2009. 1003 p.

15. Хрундин Д. В., Романова Н. К., Решетник О. А. Пектин: основные и потенциальные возможности применения в пищевой промышленности. *Известия Санкт-Петербургского государственного университета низкотемпературных и пищевых технологий*. 2008. № 2. С. 32-35.

16. Берегова И. Применение пектина при производстве молочно-соковых напитков. *Молочная сфера*. 2009. № 3-4. С. 58-59.

17. Родина Т. В., Борк Д. А., Новикова М. В. Технология функциональных продуктов на основе рыбного фарша и мяса безпозвоночных. *Рыбпром*. 2008. № 1. С. 22-23.

18. Научно-производственная фирма «Востокфарм». URL: [www.vostokfarm.ru](http://www.vostokfarm.ru) (дата звернення: 04.03.2020).

## **АНАЛІЗ СУЧАСНОГО ВИКОРИСТАННЯ ПЕКТИНОПРОДУКТІВ У ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ**

Дейниченко Г. В., Гузенко В. В., Омельченко О. В., Мельник О. Є.

### **Анотація**

У роботі висвітлено питання щодо використання пектинопродуктів у харчовій промисловості. Аналітичні дослідження показали, що на основі пектинових речовин, що містяться в пектинвмісній сировині, можна виробляти різні препарати лікувально-профілактичної дії у вигляді полісахаридних комплексів, які можуть бути використані самостійно, або у складі харчових продуктів – молочних, кондитерських і хлібобулочних виробів. Надано аналіз і характеристику розроблених технологій виготовлення продукції на основі пектинопродуктів у різних галузях харчової і переробної промисловості. Визначено перспективність розробки нових технологій одержання пектинопродуктів з рослинної сировини для потреб харчової промисловості.

**Ключові слова:** пектинопродукти, процес, технологія, харчування, промисловість.

## **АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПЕКТИНОПРОДУКТОВ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Дейниченко Г. В., Гузенко В. В., Омельченко А. В., Мельник О. Е.

### **Аннотация**

В работе освещены вопросы использования пектинопродуктов в пищевой промышленности. Аналитические исследования показали, что на основе пектиновых веществ, содержащихся в пектинсодержащем сырье, можно производить различные препараты лечебно-профилактического действия в виде полисахаридных комплексов, которые могут быть использованы самостоятельно, либо в составе пищевых продуктов – молочных, кондитерских и хлебобулочных изделий. Дан анализ и характеристика разработанных технологий изготовления продукции на основе пектинопродуктов в различных отраслях пищевой и перерабатывающей промышленности. Определены перспективность разработки

новых технологий получения пектинопродуктов из растительного сырья для нужд пищевой промышленности.

**Ключевые слова:** пектинопродукты, процесс, технология, питание, промышленность.

## **ANALYSIS OF THE MODERN USE OF PECTIN PRODUCTS IN THE FOOD INDUSTRY**

G. Deynichenko, V. Guzenko, O. Omelchenko, O. Melnik

### **Summary**

This work is devoted to the question about use of pectin products in the food industry. One element of plant raw materials is polygalacturonan, which, in its purified form – pectin has a number of valuable biological properties, first of all – the ability to create complexes with heavy and radioactive metals, phenols, amines and the ability to exclude them from the body. The analysis and characterization of the developed technologies of production of products on the basis of pectin products in various branches (confectionery, canning, dairy, meat, fish, bakery, production of beverages and therapeutic and preventive biologically active additives) of the food and processing industry is given. On the basis of pectic substances contained in the pectin-containing raw materials, it is possible to produce various drugs for therapeutic and prophylactic action in the form of polysaccharide complexes, which can be used alone or in the composition of food – dairy, confectionery and bakery products. The rational use of all polysaccharide components of pectin-containing raw materials, which are converted to the active state, allow to obtain pectin products, used as means of wide therapeutic and prophylactic purpose. In the food industry, the main properties of pectin are used – complex and drag-forming ability, which allows enriching food products with pectin products that have therapeutic and preventive value. Analytical studies show that today there are enough food production technologies around the world with the addition of pectin products from various plant raw materials. The prospect of development of new technologies for production of pectin products from vegetable raw materials for the needs of the food industry has been determined. Research in the field of obtaining high-quality pectin concentrates is consistent with this task, since, on the one hand, it allows to attract secondary pectin-containing raw materials, in particular, and on the other – helps to expand the range of food products based on them for the consumer.

**Key words:** pectin products, process, technology, nutrition, industry.

## РОЗРОБКА ТА ОЦІНКА ЯКОСТІ ЖЕЛЕ, ЗБАГАЧЕНОГО АСКОРБІНОВОЮ КИСЛОТОЮ

Євлаш В. В., д.т.н.,

ORCID: 0000-0002-8525-8937

Пілюгіна І. С., к.т.н.,

ORCID: 0000-0001-6159-3258

Железняк З. В., здобувач\*,

ORCID: 0000-0003-3238-3926

Добровольська О. В., ст. викл.

ORCID: 0000-0002-0168-8711

*Харківський державний університет харчування та торгівлі*

Тел. (057) 349-45-66

*Постановка проблеми.* Желе користується стабільно високим попитом у населення незалежно від віку і соціальної категорії. Завдяки особливостям хімічного складу його активно використовують в оздоровчому та профілактичному харчуванні. Посилити профілактичну направленість виробів можна шляхом збагачення їх вітамінами та різноманітними добавками з профілактичними та функціональними властивостями. При цьому слід враховувати можливу хімічну взаємодію інгредієнтів між собою і компонентами желе.

Ідея використання в технології желе продуктів переробки яблук не є новою. Діючими рецептурами на желе передбачено виробництво желе з яблучного соку або яблучного екстракту, або з сиропу яблучного [1]. Відомими є рецептури желе з суміші соків – «Яблучно-сливове», «Яблучно-вишневе», з суміші соку з екстрактом – «Яблучно-мандаринове», «Яблучно-гранатове», з яблучного пюре – «Яблучне з м'якоттю», з додаванням суміші пюре – «Абрикосово-яблучне з м'якоттю».

Використання продуктів переробки яблук в рецептурах желе обумовлено лікувальними властивостями яблук. Антиоксидантні властивості забезпечуються за рахунок наявності фенольних сполук і вітаміну С [2]. Високий вміст Калію сприяє нормалізації серцево-судинної діяльності, а харчові волокна яблук мають послаблюючу дію, виводять шкідливі речовини з організму.

L-аскорбінова кислота (вітамін С) останніми роками знаходить широке застосування як антиоксидант (харчова добавка E300) та збагачувальна добавка в рецептурах харчових продуктів. Аскорбінова кислота активізує функцію клітин, що синтезують колаген, підвищує імунітет та стійкість до стресів, міцність та еластичність стінок капілярів тощо [3].

Таким чином, є актуальним вивчення можливості використання концентрованого яблучного соку та аскорбінової кислоти для

виробництва желе з підвищеною харчовою цінністю. Реалізація задуму дозволить одержати функціональний харчовий продукт, розширити асортимент желе та створити конкурентоспроможну продукцію на ринку кондитерських виробів.

*Аналіз останніх досліджень.* Науковці активно розробляють нові технології харчових продуктів із використанням аскорбінової кислоти та рослинних добавок. Так, до складу желе включають морквяний сік і аскорбінову кислоту, що дозволяє одержати вироби з підвищеною харчовою цінністю та стійким кольором [4, 5]. З метою підвищення харчової цінності повидла доведено доцільність використання аскорбінової кислоти та рослинних добавок, а саме пюре з моркви [6], цукрового буряку [7], журавлини та цукрового буряку [8].

У ряді робіт показано, що введення аскорбінової кислоти до рецептури мармеладу дозволяє покращити збереження у виробах  $\beta$ -каротину [9], вітамінів В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>6</sub>, РР [10]. Доведено можливість заміни частки лимонної кислоти на аскорбінову в технологіях мармеладу на пектині та карагінані [11].

Створено льодяникову карамель пористої структури з додаванням аскорбінової кислоти для надання готовому виробу функціональних властивостей і підвищення харчової цінності готової продукції, а також повної заміни лимонної кислоти [12]. Розроблено технологію жувальної карамелі функціонального призначення з використанням аскорбінової кислоти та борошна зародків пшениці, що дозволило одержати вироби з підвищеною біологічною цінністю для всіх груп населення, у тому числі хворих на цукровий діабет [13].

Однак, питання використання концентрованого яблучного соку та аскорбінової кислоти у виробництві желе не вирішувалось. Тому вирішення цього питання вважаємо доцільним і своєчасним.

*Формулювання цілей статті.* Мета досліджень – розробити рецептуру і провести оцінку желе, що містить концентрований яблучний сік і аскорбінову кислоту.

*Основна частина.* Об'єктами дослідження були органолептичні, фізико-хімічні, мікробіологічні властивості сировини та продукту. Предмет дослідження – концентрований яблучний сік виробництва ТОВ «Яблуневий сад» (м. Вінниця); зразки желе на желатині та концентрованому яблучному соці, збагачені аскорбіновою кислотою.

У виробництві желе використовувалась наступна сировина: желатин харчовий (240 Bloom, Німеччина), желатин харчовий марки П-11 згідно з ГОСТ 11293-89, цукор білий згідно з ДСТУ 4623:2006/ГОСТ 31361-2008; калій сорбат згідно з чинною нормативною документацією; кислота аскорбінова згідно з ГОСТ 4815-76; вода питна згідно з ДСТУ 7525:2014; концентрований яблучний сік згідно з чинною нормативною документацією.



Технологічний процес виробництва желе складався з наступних операцій: підготовка сировини до виробництва; замочування драглеутворювача (желатин замочують у воді з температурою 20...25 °С і залишають для набрякання на (30...40)·60 с); приготування цукро-желатинової суміші (у відкритий варильний котел загрузають рецептурну кількість цукру і додають розраховану кількість води, після розчинення цукру вводять набряклий желатин, який розчиняють при перемішуванні); охолодження і розділ желейної маси (желейна маса охолоджується до температури 60...65°С, після чого при ретельному перемішуванні вводиться концентрований яблучний сік, далі продовжують охолодження маси до 45...50°С і вводять аскорбінову кислоту і калій сорбат); розлив желейної маси (желейна маса з вмістом сухих речовин 26...28% розливається у підготовлену тару і витримується протягом (60...90)·60 с за температури 20...25°С і відносної вологості повітря 60-70%, після чого охолоджується за температури 2...8°С протягом 8-10 годин); пакування й маркування желе (проводяться згідно з ДСТУ 4518 і ГОСТ 13799).

Фізико-хімічні показники якості сировини та желе вивчались наступними методами: масова частка розчинних сухих речовин в соках та зразках желе – рефрактометричним методом за ГОСТ 28562; масова частка титрованих кислот в перерахунку на яблучну кислоту в соках та зразках желе – потенціометричним титруванням за ДСТУ 4957; густина соків – пікнометричним методом; пропускання в соках – спектрофотометричним методом ( $\lambda=440$  нм,  $l=10$  мм); міцність драглів желатину – за допомогою приладу Валента відповідно до ГОСТ 11293-89; масова частка аскорбінової кислоти у збагаченому желе – методом гальваностатичної кулонометрії [16].

Нами було вивчено органолептичні та фізико-хімічні показники якості концентрованого яблучного соку. Дані наведено у таблицях 1, 2.

Під час вибору раціональної масової частки концентрованого яблучного соку і аскорбінової кислоти керувались наступними даними: згідно наказу МОЗ України №1073 від 03.09.2017 р. «Про затвердження Норм фізіологічних потреб населення України в основних харчових речовинах і енергії» рекомендована добова норма аскорбінової кислоти для дорослих складає 80 мг відповідно; у зв'язку з високою чутливістю аскорбінової кислоти до різних чинників можливі його втрати під час виробництва; оптимальний вміст аскорбінової кислоти у желе повинен складати 30–50 % від її добової норми.

Таблиця 1 – Органолептичні показники концентрованого яблучного соку

Найменування показника	Характеристика соку
Зовнішній вигляд	Прозора в'язка сиропоподібна рідина, без домішок і сторонніх включень
Колір	Золотисто-жовтий
Смак	Натуральний, властивий яблучному соку, без стороннього присмаку
Запах	Натуральний, властивий яблучному соку, без стороннього запаху

Таблиця 2 – Фізико-хімічні показники якості концентрованого яблучного соку

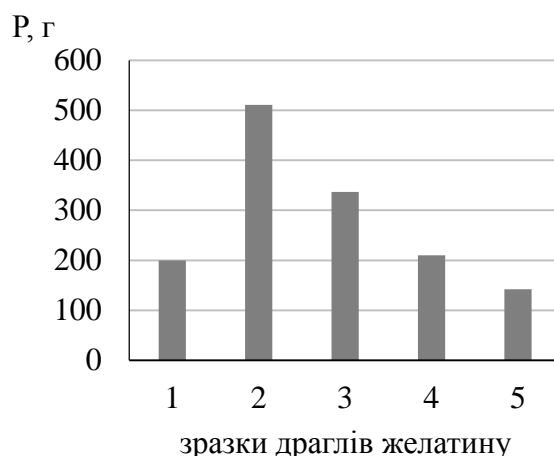
Найменування показника	Значення для соку
Масова частка розчинних сухих речовин, не менше %	70,0
Масова частка титрованих кислот в перерахунку на яблучну кислоту, не менше %	5,20
Густина, кг/м <sup>3</sup>	1350
Пропускання (440 нм), %	19,9

Під час складання рецептур за основу було взято базову рецептуру [1]. В рецептурі желе дозування желатину складає 3 кг/ 100 кг готових виробів. З метою встановлення можливості заміни желатину харчового марки П-11 на желатин Bloom 240 (виробництва Німеччини) був проведений комплекс досліджень. Під час проведення експерименту використовували наступну модельну систему: «вода – желатин». За контрольний зразок прийнято драглі желатину харчового марки П-11. Результати визначення міцності драглів наведено на рис. 1.

Проведені дослідження міцності драглів желатину Bloom 240 (виробництва Німеччини) показали можливість зменшення вмісту желатину до 2% від загальної маси системи.

Для встановлення можливості раціонального використання аскорбінової кислоти та концентрованого яблучного соку під час виробництва желе на желатині був проведений комплекс досліджень. Вводили аскорбінову кислоту до складу желе у кількості 25...40 мг/100 г виробу та концентрований яблучний сік у кількості 12...16 мг/100 г виробу. При цьому досліджували вплив збагачувальних добавок на органолептичні показники виробу та масову частку титрованих кислот у ньому. Аналіз одержаних результатів показав, що при введенні 40 мг аскорбінової кислоти та 14 г соку на 100 г виробу масова частка

титрованих кислот у желе відповідала вимогам чинної нормативної документації на даний вид продукції.



1 – контроль (3% желатин харчовий марки П-11); 2 – 2,50 % желатин Bloom 240; 3 – 2,25 % желатин Bloom 240; 4 – 2,00 % желатин Bloom 240; 5 – 1,75 % желатин Bloom 240.

Рис. 1. Міцність драглів желатину.

Таким чином, було розроблено желе «Мрія», збагачене аскорбіновою кислотою, рецептуру якого наведено у таблиці 3.

Проведена органолептична оцінка зразків желе показала їх повну відповідність вимогам нормативної документації на даний вид продукції (таблиця 4).

Таблиця 3 – Рецептура желе «Мрія», збагаченого аскорбіновою кислотою

Найменування компонентів	Масова частка сухих речовин, %	Витрати сировини на 100 кг желе, кг	
		у натурі	у сухих речовинах
Сік яблучний концентрований	70,00	14,00	9,80
Аскорбінова кислота	99,98	0,040	0,040
Цукор-білий	99,85	16,00	15,98
Желатин харчовий	95,00	2,00	1,90
Калій сорбат	99,00	0,10	0,10
Взагалі		32,14	27,82
Вихід		100	27,72

Таблиця 4 – Органолептичні показники якості желе «Мрія»

Назва показника	Характеристика желе «Мрія»
Зовнішній вигляд	Прозоре в тонкому шарі, без завислих часток, без бульбашок повітря та піни
Смак і запах	Кислувато-солодкий, властивий яблукам, без стороннього присмаку та запаху
Колір	Яскраво вираженого янтарного кольору, однорідного за всією масою
Консистенція	Однорідна рівномірна драгледоподібна маса, яка зберігає свою форму на горизонтальній поверхні і вразно обрисовані грані під час розрізання ножем, без зацукровування

Результати визначення фізико-хімічних та мікробіологічних показників якості желе «Мрія», збагаченого аскорбіновою кислотою наведено в таблицях 5, 6.

Таблиця 5 – Фізико-хімічні показники якості желе «Мрія»

Найменування показника	Значення показника для желе
Масова частка розчинних сухих речовин, %	$27,72 \pm 0,08$
Масова частка титрованих кислот у перерахунку на яблучну кислоту, %	$0,9 \pm 0,21$
Вміст аскорбінової кислоти, мг/100 г	38...40

Таблиця 6 – Мікробіологічні показники желе «Мрія»

Найменування показника	Значення показника для желе	
	Норма	«Мрія»
КМАФАМ, КУО/г, не більше	$1 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^2$
БГКП (коліформи), в 1 г	не допускаються	не виявлено
<i>S.aureus</i> , в 1 г	не допускаються	не виявлено
Патогенні мікроорганізми, в т.ч. бактерії роду <i>Salmonella</i> , в 25 г	не допускаються	не виявлено
Дріжджі, плісеневі гриби, КУО/г, не більше	25	2

Згідно одержаних даних, розроблене желе, збагачене аскорбіновою кислотою за фізико-хімічними та мікробіологічними показниками відповідало вимогам нормативної документації на даний вид продукції.

Встановлено, що вміст аскорбінової кислоти в желе «Мрія» становить не менше 38 мг/100 г виробу і складає 47,5% добової норми для дорослої людини.

*Висновки.* 1. Розроблена рецептура і проведена оцінка якості желе з використанням концентрованого яблучного соку, збагаченого аскорбіновою кислотою в кількості 38 мг/100 г готового виробу.

2. Застосування желатину Bloom 240 (виробництва Німеччини) дозволило зменшити вміст драглеутворювача у рецептурі желе на 33%.

3. Встановлено, що показники якості нового виду желе відповідають вимогам нормативної документації на даний вид продукції.

4. Желе «Мрія», збагачене аскорбіновою кислотою, є функціональним харчовим продуктом, оскільки вміст аскорбінової кислоти у 100 г виробів складає 47,5 % від рекомендованої добової норми споживання для дорослих.

#### Література:

1. Сборник рецептур блюд и кулинарных изделий для предприятий общественного питания / сост. Л. Е. Голунова. Санкт-Петербург: ПрофиКС, 2003. 408 с.

2. Triterpene Acid and Phenolics from Ancient Apples of Friuli Venezia Giulia as Nutraceutical Ingredients: LC-MS Study and In Vitro Activities / St. Sut et al. *Molecules* 2019. № 24(6). P. 1109-1127. <https://doi.org/10.3390/molecules24061109>.

3. Спиричев В. Б. Научное обоснование применения витаминов в профилактических и лечебных целях. Сообщение 1. Недостаток витаминов в рационе современного человека: причины, последствия и пути коррекции. *Вопросы питания*. 2010. № 5. С. 5–14.

4. Морквяне желе : пат. 55071 Україна: МПК А23L 1/06. № u201004332; заявл. 14.04.2010; опубл. 10.12.2010, Бюл. № 23.

5. Желе фруктово-морквяне : пат. 55072 Україна: МПК А23L 1/06. № u201004333; заявл. 14.04.2010; опубл. 10.12.2010, Бюл. № 23.

6. Використання харчових добавок на основі моркви у харчовій промисловості / І. Ф. Малезик та ін. *Проблемы старения и долголетия*. 2016. Т. 25, № 2. С. 318–323.

7. Повидло з цукрового буряку : пат. 54346 Україна: МПК А23L 1/06. № u201004079; заявл. 07.04.2010; опубл. 10.11.2010, Бюл. № 21.

8. Повидло з цукрового буряку та журавлини : пат. 55061 Україна: МПК А23L 1/06. № u201004080; заявл. 07.04.2010; опубл. 10.12.2010, Бюл. № 23.

9. Спиричев В. Б., Трихина В. В., Поздняковский В. М. Обогащение пищевых продуктов микронутриентами – надежный путь оптимизации их потребления. *Ползуновский вестник*. 2012. № 2/2. С. 9–15.

10. Влияние технологических факторов на сохранность витаминов в кондитерских изделиях / Н. Б. Кондратьев и др. *Вестник ЮУрГУ. Сер. Пищевые и биотехнологии*. 2018. Т. 6, № 3. С. 495–496.

11. Дорохович А. Н., Соловьева О. Л., Дорохович В. В. Витаминизация кондитерских изделий. *Продукты и ингредиенты*. 2011. № 3. С. 26–28.

12. Льодяникова карамель пористої структури з додаванням аскорбінової кислоти: пат. 127899 Україна: МПК А23G 3/00. № u201802590; заявл. 15.03.2018; опубл. 27.08.2018, Бюл. № 16.

13. Жувальна карамель функціонального призначення: пат. 99200 Україна: МПК А23G 3/00. № u201412793; заявл. 27.11.2015; опубл. 25.05.2015, Бюл. № 10.

14. Determination of ascorbic acid amount in gelatin aqueous solutions by galvanostatic coulometry using electrogenerated bromine / V. Evlash et al. *Industrial Technology and Engineering*. 2016. № 1(18). P. 22–31.

## **РОЗРОБКА ТА ОЦІНКА ЯКОСТІ ЖЕЛЕ, ЗБАГАЧЕНОГО АСКОРБІНОВОЮ КИСЛОТОЮ**

Євлаш В. В., Пілюгіна І. С., Железняк З. В., Добровольська О. В.

### **Анотація**

У статті наведено дані по розробці рецептури і оцінці якості желе з використанням концентрованого яблучного соку, збагаченого аскорбіновою кислотою. Встановлено раціональні масові частки концентрованого яблучного соку, аскорбінової кислоти та желатину у складі желе. Показано, що новий вид желе за органолептичними, фізико-хімічними та мікробіологічними показниками якості відповідає вимогам нормативної документації на даний вид продукції. Доведено, що новий вид желе є функціональним продуктом оскільки містить не менше 38 мг аскорбінової кислоти на 100 г виробу.

**Ключові слова:** концентрований яблучний сік, аскорбінова кислота, желе.

## **РАЗРАБОТКА И ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ЖЕЛЕ, ОБОГАЩЕННОГО АСКОРБИНОВОЙ КИСЛОТОЙ**

Евлаш В. В., Пилюгина И. С., Железняк З. В., Добровольская Е. В.

### **Аннотация**

В статье приведены данные по разработке рецептуры и оценке качества желе с использованием концентрированного яблочного сока, обогащенного аскорбиновой кислотой. Установлены рациональные массовые доли концентрированного яблочного сока, аскорбиновой кислоты и желатина в составе желе. Показано, что новый вид желе по органолептическим, физико-химическим и микробиологическим показателям качества соответствует требованиям нормативной документации на данный вид продукции. Доказано, что новый вид желе является функциональным продуктом, так как содержит не менее 38 мг аскорбиновой кислоты на 100 г изделия.

**Ключевые слова:** концентрированный яблочный сок, аскорбиновая кислота, желе.

## DEVELOPMENT AND EVALUATION OF QUALITY OF JELLY FORTIFIED ASCORBIC ACID

V. Evlash, I. Piliugina, Z. Zheleznjak, O. Dobrovolska

### Summary

One of the current problems of the modern food industry is the production of health-improving products, that is, functional products. It is possible to strengthen the preventive orientation of products by enriching them with vitamins and various additives with preventive and functional properties, such as concentrated apple juice and ascorbic acid.

The aim of the research is to develop a formulation and evaluation of jelly contains concentrated apple juice and ascorbic acid. The organoleptic and physico-chemical indicators of the quality of the concentrated apple juice produced by TOV Yablunevyi Sad were studied. Concentrated juice is a transparent viscous syrupy liquid of golden-yellow color, free from impurities and inclusions. The taste and smell of the juice is natural, peculiar to apple juice, without any foreign taste and smell.

It was determined that the mass fraction of soluble solids in the juice is 70%, the mass fraction of titrated acids in terms of malic acid is 5.2%, the density is 1350 kg/m<sup>3</sup>, and the transmittance at a wavelength of 440 nm is 19.9%. Established rational mass fractions of concentrated juice, ascorbic acid and gelatin in the jelly. It has been proven that the use of Bloom 240 gel from gelatin (made in Germany) in jelly technology makes it possible to reduce the content of gelatin by 33%.

It was shown that jelly enriched with ascorbic acid in terms of organoleptic, physicochemical and microbiological quality indicators corresponded to the requirements of regulatory documentation for this type of product. It is established that a new type of jelly contains ascorbic acid in an amount of at least 38 mg/100 g, which gives it the status of a functional product. Consumption of 100 g of jelly, enriched with ascorbic acid, will allow to satisfy the daily need of an adult for vitamin C by 47.5%.

**Key words:** apple juice concentrate, ascorbic acid, jelly.

**ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТІ ОБРОБКИ  
ВИНОМАТЕРІАЛІВ НА БАЗІ  
ТОВ «ТОРГІВЕЛЬНО ВИРОБНИЧА КОМПАНІЯ КВАДРО»**

Лозенко С. І., магістрант,\*

ORCID: 0000-0002-6274-8116

Воєвода Н. В., к.т.н.

ORCID: 0000-0002-3324-965X

*Херсонський державний аграрний університет*

Тел. (099) 96-85-629

*Постановка проблеми.* При переробці винограду спеціалісти бродильних виробництв відзначають значну кількість відходів переробки, до яких відносять гребні, кісточки, вичавки, а також продукти осадження. При цьому від техніки обробки виноматеріалу залежить кількість осадів, якість готових вин та їх стабільність у процесі зберігання. Слід зазначити, що хімічні агенти обробки виноматеріалу мають бути доступними для закупівель підприємством, легкими у приготуванні та не позначитись на ціні готової продукції. Ось чому важливим є вивчення та порівняння впливу у реальних виробничих умовах вказаних речовин на показники якості вина та кількість одержаних осадів для мінімізування економічних витрат підприємства.

*Аналіз останніх досліджень.* Спектр наукових досліджень науковців включає дослідження різних зразків препаратів желатину, які призначені для використання у виноробстві, виробництва фірм “Martin Vialatte Oenologie” (Франція), “Erbsloh Geisenheim” (Німеччина), “Esseco” (Італія), Лисичанського желатинового заводу (Україна). Ці дослідження проводились Бабич І. М. [1]. Про перспективи обробки червоних сухих виноматеріалів рідким еножелатином вітчизняного виробництва викладали у наукових публікаціях Гречко Н. Я., Бригідир Х. В., Тураш В. А. [2, 3]. Методика і результати використання комплексного препарату «Полігрин», що містить у своєму складі бентоніт, здійснено такими вченими Ткаченко О. Б., Гураль Л. С., Древова С. С. та Ткаченко Д. П. [4]. Проте аналізу впливу дії бентоніту різних виробників та визначення оптимальних при цьому параметрів виробництва виноматеріалів авторами не виявлено.

*Формулювання цілей статті.* Основною метою публікації є визначення оптимальних технологічних режимів та параметрів процесу обробки виноматеріалів на виноробному виробництві.



*Основна частина.* На виробництві вин ТОВ «Торгівельно виробнича компанія Квадро» (Херсонська обл., с. К. Лагері) після відстою освітлене сусло декантують з осаду і направляють на бродіння. В сусло уводять 1 г чистої культури дріжджів на 1 дал сусла, а також 1,2 г підкормки для дріжджів на 1 дал сусла. В сезонах 2018 – 2019 рр. використовували дріжджі та підкормку фірми «APRO-FERM» виробництва Німеччини [5].

У процесі наповнення бродильних ємностей суслom, для запобігання втрат, у кожній ємності залишають вільний простір. Після бурхливого бродіння ємності доливають. Після закінчення бродіння їх доливають доверху. Доливку періодично повторюють (не рідше як один раз на тиждень) [6].

Для підприємств, які не мають холодильної техніки для охолодження сусла, яке бродить, допускається бродіння на столові вина при температурі не вище 26°C. За процесом бродіння здійснюють постійний контроль. Вміст цукру та температуру реєструють у відповідних журналах ТХМК. У випадку затримання або при зупиненні бродіння вживають заходи, що забезпечують доброжування цукрів. Залишковий цукор у столових сухих білих виноматеріалах не повинен перевищувати – 3 г/дм<sup>3</sup>.

Після відстою, виноматеріали декантують з осадів, проводять їх хіміко-мікробіологічну та органолептичну оцінку для визначення якості та напрямку використання. На підставі висновків дегустаційної комісії визначають асортимент та кількість вироблених в/м а також заплановані втрати в/м із врахуванням зберігання, купажування та технологічної обробки. Дріжджові осадки утилізують після попереднього відокремлення виноматеріалів. Осади потрібно зберігати в умовах, що виключають їх захворювання та псування. До 1 квітня наступного за урожаєм року дріжджові осадки необхідно відпресувати та переробити. Виноматеріали після зняття з дріжджів (первинної переливки), сульфітують з розрахунку 25-30 мг/л і направляють на збереження до початку технологічної обробки.

Через 1-1,5 місяці проводять другу переливку виноматеріалу, при цьому сульфітуючи його з розрахунку 25-30 мг/л діоксиду сірки. Потім виноматеріал купажують, щоб отримати бажаний склад і він готовий до обробки. Під обробкою (обклеюванням), мають на увазі уведення в напій речовин органічних чи неорганічних за природою для його стабільності до різних видів помутніть.

Температура виноматеріалу при його обробці повинна бути від +8°C до +18°C. Спочатку проводять пробну обробку в лабораторних умовах, щоб визначити оптимальні дози бентоніту та желатину і поліакріломіду. В циліндри 250 мл наливають по 200 мл виноматеріалу і вносять різні дози желатину та бентоніту (за

необхідністю поліакріломіду) перемішують і залишають в покої на добу.

Після проведення виробничого дослідження визначимо, який з бентонітів краще використовувати в виробництві: бентоніт «Супер» фірми «Еногруп» [7] чи грузинський. Проаналізуємо результати досліджень, що були занесені до таблиць 1 і 2.

Таблиця 1 – Пробна обробка виноматеріалу грузинським бентонітом

Циліндр Цист. 1	I	II	III	IV
Желатин 0,05%	<u>0,3 г/дал</u> 1,2 мл	<u>0,5 г/дал</u> 2 мл	<u>0,5 г/дал</u> 2 мл	<u>0,7 г/дал</u> 2,8 мл
Бентоніт груз. 5%	<u>15 г/дал</u> 6 мл	<u>20 г/дал</u> 8 мл	<u>30 г/дал</u> 12 мл	<u>30 г/дал</u> 12мл
Поліакріломід 0,05%	<u>0,03 г/дал</u> 1,2 мл	<u>0,03 г/дал</u> 1,2 мл	<u>0,03 г/дал</u> 1,2 мл	<u>0,03 г/дал</u> 1,2 мл

З таблиці 1 очевидно, що найкраще виноматеріал освітлюється в циліндрі III. Оптимальні дози визначили такі:

- желатину 0,5 г/дал;
- бентоніту 30 г/дал;
- поліакріломіду 0,03 г/дал.

Таблиця 2 – Пробна обробка виноматеріалу бентонітом «Супер» фірми «Еногруп»

Циліндр Цист. 1	I	II	III	IV
Желатин 0,5%	<u>0,3 г/дал</u> 1,2 мл	<u>0,5 г/дал</u> 2 мл	<u>0,5 г/дал</u> 2 мл	<u>0,7 г/дал</u> 2,8 мл
Бентоніт «Супер» 10%	<u>5 г/дал</u> 1 мл	<u>7,5 г/дал</u> 1,5 мл	<u>10 г/дал</u> 2 мл	<u>10 г/дал</u> 2мл
Поліакріломід 0,05%	<u>0,03 г/дал</u> 1,2 мл	<u>0,03 г/дал</u> 1,2 мл	<u>0,03 г/дал</u> 1,2 мл	<u>0,03 г/дал</u> 1,2 мл

З таблиці 2 робимо висновок, що найкраще виноматеріал освітлюється в циліндрі II з такою кількістю речовин:

- желатину 0,5 г/дал;
- бентоніту 7,5 г/дал;
- поліакріломіду 0,03 г/дал.

Після визначення оптимальної дози, яка потрібна для стабілізації виноматеріалу, вміст циліндру фільтрували через фільтр-картон і перевіряли на розливостійкість (здатність виноматеріалу підтримувати стабільність протягом певного строку зберігання).

З таблиці 1 і 2 видно, що для обробки виноматеріалу на 1000 дал потрібно:

а) Обробка грузинським бентонітом [9]:

- желатину – 500 гр.;
- бентоніту – 30 кг.;
- поліакріломіду – 30 гр..

б) Обробка бентонітом «Супер» фірми «Еногруп» [8] (зазначимо, що осаду спостерігалось значно менше):

- желатину – 500 гр.;
- бентоніту – 7,5 кг.;
- поліакріломіду – 30 гр..

Желатин зважували і замочували на 2-3 години холодною водою. Потім розводили дуже гарячою водою і вносили до виноматеріалу з ретельним перемішуванням. Після желатину вводять заздалегідь запарений бентоніт і теж ретельно перемішують. Поліакріломід вводять останнім, ретельно перемішують. Його готують заздалегідь, заливаючи водою 70°C і настоюють для набрякання декілька діб. Залишають виноматеріал в покої на 12 діб за розробленими технологічними схемами, які показані в таблиці 3, а потім декантують з бентонітових осадів і направляють на фільтрацію.

Таблиця 3 – Технологічна схема обробки виноматеріалів на виробництві

Схема 1	1) Обробка бентонітом (при необхідності із додаванням желатину), або в потоці бентонітом з поліакріломідом – 1 день
	2) Освітлення 8-10 днів
	3) Зняття з осаду – 1 день
	4) Фільтрація
Схема 2	1) Обробка желатином – 1 день
	2) Освітлення – 10-12 днів
	3) Зняття з осаду – 1 день
	4) Фільтрація

Згідно отриманих даних рекомендуємо застосування бентоніту «Супер» фірми «Еногруп» на виробництві вин ТОВ «Торгівельно виробнича компанія Квадро» (Херсонська обл., с. К. Лагері) [10]. Це обумовлено, окрім технологічних переваг та зменшення витрат, результатами стабільності вина та його кращими органолептичними характеристиками.

*Висновки.* У результаті проведених досліджень встановлено, що додавання бентоніту «Супер» фірми «Еногруп» в виноматеріали має ряд переваг. Зроблений висновок, що значно покращуються органолептичні показники виноматеріалу, зменшуються бентонітові осади, збільшується вихід виноматеріалу, а також зменшується кількісне використання бентоніту «Супер», а саме у 3-4 рази у порівнянні з грузинським агентом, а отже застосовується менше

бентонітової суспензії і її легше приготувати з мінімальними енергетичними затратами для підприємства.

У процесі досліджень визначені два варіанти технологічної схеми обробки виноматеріалу на виробництві вин ТОВ «Торгівельно виробнича компанія Квадро» (Херсонська обл., с. К. Лагері).

#### Література:

1. Бабич І. М. Удосконалення технології обробки виноматеріалів на основі розробки методів оцінки препаратів рідких желатинів: дис... канд. наук: 05.18.05. Київ, 2008. 185 с.

2. Бабич І. М., Гречко Н. Я., Бригідир Х. В. Перспективи обробки червоних сухих виноматеріалів рідким еножелатином. *Науковий погляд в майбутнє*. 2016. Т. 2, №1. С. 264-268.

3. Бабич І. М., Гречко Н. Я., Тураш В. А. Вплив еножелатину на якість вітчизняних виноматеріалів. *Технологія продовольчих товарів*. 2014. № 3. С. 205-227.

4. Ткаченко О. Б., Гураль Л. С., Древова С. С. Використання комплексного препарату «Полігрин» як елементу в системі захисту виноградного суслу від окислення. *Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С.З. Гжицького*. 2014. Т. 16, № 2(4). С. 198-206.

5. APRO-FERM: офіційний веб-сайт. URL: <https://www.apro-gruppe.com/en/apro-group/> (дата звернення: 09.03.2020).

6. Іванюта В. Ф. Розвиток аграрного виробництва регіону: методологічне забезпечення, стан та перспективи: монографія. Полтава, 2008. 431 с.

7. Инструкция по использованию Bentonit Super. *Комплексные технологические решения в виноделии*. 2014. № 28. С. 142-143.

8. Сравнительная характеристика бентонитов фирмы «Enogrup» для стабилизации белых вин / И. Мельник и др. *Научни трудове та русенския университет*. 2015. Т. 54. С. 82-86.

9. Таран Н. Г., Зинченко В. И. Современные технологии стабилизации вин: монография. Кишинев, 2006. 240 с.

10. ТОВ «Торгівельно виробнича компанія Квадро»: сайт. URL: [https://youcontrol.com.ua/catalog/company\\_details/42135687/](https://youcontrol.com.ua/catalog/company_details/42135687/) (дата звернення: 09.02.2020).

## **ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТІ ОБРОБКИ ВИНОМАТЕРІАЛІВ НА БАЗІ ТОВ «ТОРГІВЕЛЬНО ВИРОБНИЧА КОМПАНІЯ КВАДРО»**

Лозенко С. І., Воєвода Н. В.

#### **Анотація**

Стаття присвячена аналізу технологічного процесу обробки виноматеріалів за допомогою грузинського бентоніту та бентоніту «Супер» фірми «Еногруп». Основною метою публікації є визначення оптимальних технологічних режимів та параметрів процесу обробки виноматеріалів у виробничих умовах. Встановлено,

що додавання бентоніту «Супер» фірми «Еногруп» дозволяє покращити органолептичні показники виноматеріалу, збільшити його вихід, зменшити бентонітові осади, зменшити кількісне використання цього агенту у 3-4 рази у порівнянні з грузинським. Визначено два варіанти технологічної схеми обробки виноматеріалу на виробництві вин ТОВ «Торгівельно виробнича компанія Квадро» (Херсонська обл., с. К. Лагері), що включає обробку бентонітом «Супер» фірми «Еногруп».

**Ключові слова:** бентоніт, виноматеріали, технологічна схема, технологічний режим, виробництво.

## **ИССЛЕДОВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ ОБРАБОТКИ ВИНОМАТЕРИАЛОВ НА БАЗЕ ООО «ТОРГОВО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ КОМПАНИЯ КВАДРО»**

Лозенко С. И., Воевода Н. В.

### **Аннотация**

Статья посвящена анализу технологического процесса обработки виноматериалов с помощью грузинского бентонита и бентонита «Супер» фирмы «Эногруп». Основной целью публикации является определение оптимальных технологических режимов и параметров процесса обработки виноматериалов в производственных условиях. Установлено, что добавление бентонита «Супер» фирмы «Эногруп» позволяет улучшить органолептические показатели виноматериала, уменьшить бентонитовые осадки, увеличить выход виноматериала, уменьшить количественное использование этого агента в 3-4 раза по сравнению с грузинским агентом. Определены два варианта технологической схемы обработки виноматериала на производстве вин ООО «Торгово-производственная компания Квадро» (Херсонская обл., с. К. Лагері), которые включают обработку бентонитом «Супер» фирмы «Эногруп».

**Ключевые слова:** бентонит, виноматериалы, технологическая схема, технологический режим, производство.

## **RESEARCH RESULTS OF WINE PRODUCTS PROCESSING BASED ON QUADRO TRADING PRODUCTION COMPANY**

S. Lozenko, N. Voievoda

### **Summary**

The article is dedicated to the analysis of technological process of wine materials processing using Georgian bentonite and bentonite "Super" of the firm "Enogroup". The main purpose of the publication is to determine the optimal technological modes and parameters of processing process of wine in production conditions. The temperature of the wine material during processing must be from + 8°C to +18°C. First, a test treatment is carried out in the laboratory to determine the optimal doses of bentonite, gelatin and polyacrylamide. After determining the optimum dose required to stabilize the wine, the contents of cylinder are filtered through a carton filter and tested for spill resistance (the wine's ability to maintain stability over a certain shelf life). As a result of the conducted researches it is established that addition of bentonite "Super" of "Enogroup" company in wine materials has several advantages. It is concluded that the organoleptic characteristics of the wine material are significantly improved, the bentonite sediments

are decreased, the wine yield is increased and the quantitative use of bentonite "Super" is reduced, namely 3-4 times compared to the Georgian agent, and therefore less bentonite susceptible is used and prepare with minimal energy costs for the enterprise.

In the course of the research, two variants of the technological scheme of processing of wine material at the production of wines of the Trade and Production Company Kvadro LLC (Kherson region, K.Lagerie village) were identified. In accordance with the first, the bentonite treatment (if necessary with the addition of gelatin) or in the stream of bentonite with polyacrylamide, clarification, sedimentation and filtration is carried out sequentially. In the second embodiment gelatin treatment, clarification, precipitation, and filtration are performed. The article also describes the processing time of each above processes.

**Key words:** bentonite, wine materials, technological scheme, technological mode, production.

УДК 664.6:[663.4–024.42:664.644]

DOI: 10.31388/2078-0877-20-2-175-185

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ БУБЛИКІВ ВАНІЛЬНИХ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ БОРОШНА З ПИВНОЇ ДРОБИНИ

Назаренко І. А., к.т.н.,

ORCID:0000-0002-8602-549X

Горайнова Ю. А., к.т.н.,

ORCID:0000-0003-1228-7793

Боднарук О. А.,

ORCID:0000-0001-9755-8913

Світлична О. О., магістр

ORCID:0000-0002-2054-4801

*Донецький національний університет економіки і торгівлі**імені Михайла Туган-Барановського*

Тел. (095) 128-20-36

*Постановка проблеми.* В області здорового харчування населення України особлива роль відводиться створенню якісно нових харчових продуктів, збагачених функціональними інгредієнтами, які здатні підвищувати захисні властивості організму та знижувати ризик розвитку аліментарних захворювань [1].

Через стрімкі зміни умов життя, погіршення екологічної ситуації та здоров'я населення України постійно змінюються вимоги до фізіологічних властивостей харчових продуктів. При цьому в першу чергу розглядаються продукти щоденного вживання, зокрема хлібобулочні вироби [2].

Відомо, що основною сировиною для виробництва хлібобулочних виробів є пшеничне зерно. Пшеничне зерно – важливе джерело вітамінів, незамінних амінокислот і мінеральних речовин. Однак, при виробництві борошна спостерігаються суттєві втрати мікронутрієнтів, що видаляються разом з оболонкою зерна. Втрати вітамінів і мінеральних речовин відбуваються і під час випікання хлібобулочних виробів. Загалом, починаючи від помелу зерна і закінчуючи випіканням хлібобулочних виробів, втрати вітамінів В<sub>1</sub>, В<sub>6</sub>, В<sub>9</sub>, РР та деяких мінеральних речовин зростають в 2-6 разів [3].

Зважаючи на вищесказане, особливої актуальності набуває необхідність удосконалення технології хлібобулочних виробів, отримання конкурентоспроможної продукції зі збалансованим складом, зниженою енергетичною і підвищеною харчовою цінністю.

*Аналіз останніх досліджень.* Дослідження в галузі створення нових та удосконалення існуючих технологій хлібобулочних виробів, широко відображені у працях багатьох вчених: Дробота В. І., Устинової Ю. В., Доценко В. Ф., Стабровської О. І., Циганової Т. Б., Першиної М. С., Ауерман Л. Я., Вершиніної С. Е., Антіпова С. Т., Фараджева Е. Д., Щахова С. В., Корабліна Р. В., Ковальової А. В.,

Храпко О. П. та ін.

Одним із пріоритетних напрямів в створенні збагачених хлібобулочних виробів є використання харчових добавок рослинного походження, які містять у своєму складі природні антиоксиданти та повноцінний комплекс фізіологічно важливих для організму людини речовин (білки, вітаміни, мінеральні речовини, клітковину та ін.) [3].

Відома технологія виробництва хлібобулочних виробів з гороховим борошном. Введення горохового борошна, як рецептурного компонента хлібобулочних виробів, сприяє збільшенню вмісту білка, вітамінів, харчових волокон і мінеральних речовин в виробах та зниженню їх калорійності [4].

Досліджена можливість використання ісландського моху у технології хлібобулочних виробів. Спостерігається прискорення процесу бродіння, як житнього, так і житньо-пшеничного тіста, а також покращення таких фізико-хімічних показників якості, як пористість м'якушки, питомий об'єм і вихід готових виробів [5].

Для корекції харчування населення розроблена технологія хлібобулочних виробів з додаванням вичавок із плодів яблуні, пектинових екстрактів із яблучних та виноградних вичавок та водних екстрактів лікарських речовин. Використання вказаної сировини дозволило отримати хлібобулочні вироби високої якості [6].

Відомий спосіб виробництва хлібобулочних виробів, що передбачає внесення при замішуванні тіста пюре із суміші моркви, гарбуза, порошку гарбузового насіння і лікарських рослин. Отримані хлібобулочні вироби відрізняються покращеними органолептичними та фізико-хімічними показниками, високою харчовою цінністю [3].

Розроблена технологія виробництва хлібобулочних виробів з додаванням порошку із печериць та лисичок. Отримані вироби характеризуються підвищеною пористістю, питомим об'ємом, зменшенням показника втрати сухих речовин хліба при випічці і зберіганні, сповільненням процесів черствіння хліба [5].

Зважаючи на те, що хлібобулочні вироби є продуктами першої необхідності і постійного невідкладного попиту, при виробництві збагачених хлібобулочних виробів науковці проявляють значний інтерес до харчових добавок, які мають економічну доступність. Практичний інтерес становить використання пивної дробини, яка не має обмежень з точки зору доступності, а за вмістом основних нутрієнтів, біологічною цінністю та технологічними властивостями є перспективною сировиною для хлібопекарської промисловості.

Пивна дробина – побічний продукт пивоваріння, що утворюється як залишок після відділення пивного сула в процесі фільтрації затору. Вона є важливим джерелом білкових речовин, ліпідів, целюлози, екстрактивних і мінеральних речовин, що свідчить про її високу харчову та біологічну цінність. Зважаючи на високий



вміст основних поживних речовин та їх високу засвоюваність пивну дробину широко використовують як харчову добавку при виробництві кулінарної продукції. Відомо ряд технологій хлібобулочних, борошняних кондитерських та макаронних виробів, м'ясних та молочних виробів, дієтичних продуктів з використанням пивної дробини. Доведено можливість та доцільність додавання до рецептури цих виробів пивної дробини у вигляді борошна, екстракту, дріжджового концентрату та ксиліту [4, 7]. Найбільш поширеним є використання борошна із пивної дробини.

У дослідженнях [8] встановлено, що борошно з пивної дробини відрізняється від борошна пшеничного першого сорту підвищеним вмістом білків, ліпідів, клітковини та більшості мінеральних речовин. Аналіз якісного складу білків свідчить, що в борошні з пивної дробини ідентифіковано та кількісно визначено всі незамінні амінокислоти, що є дуже важливим з точки зору забезпечення потреб організму повноцінними білками. У білках борошна із пивної дробини спостерігається підвищений вміст лізину та треоніну, у порівнянні з білками борошна пшеничного першого сорту. Слід також зазначити, що в складі білків борошна із пивної дробини рівень треоніну, фенілаланіну та тирозину перевищує стандарт ФАО/ВООЗ. Доведено [9] перспективність використання борошна з пивної дробини у технології хлібобулочних виробів, зокрема бубличних виробів.

*Формування цілей статті.* Метою даної роботи є розроблення технології бубликів ванільних із використанням борошна з пивної дробини та дослідження основних показників їх якості.

Для досягнення поставленої мети були вирішені такі завдання:

- визначити раціональну кількість борошна з пивної дробини у технології бубликів ванільних;
- розробити технологію бубликів ванільних із використанням борошна з пивної дробини;
- визначити фізико-хімічні та мікробіологічні показники якості розроблених виробів.

*Основна частина.* Предметами досліджень були визначені: свіжа пивна дробина, висушена пивна дробина, борошно з пивної дробини, тісто з додаванням борошна з пивної дробини, бубличні вироби (рис. 1, а–г).

Підготовка пивної дробини включала її висушування, подрібнення та розділення на фракції. Пивну дробину насипали на деко рівним шаром товщиною 20 мм і висушували у духовій шафі при температурі 70°C. Застосування такої температури дозволяє виключити можливість деструкції білка та інших речовин і гарантовано дозволяє зберегти основну біологічну активність кінцевого продукту. У період сушіння кожні 10 хв. дробину інтенсивно перемішували. Загальний час сушіння склав 2 год. 35 хв.



а)



б)



в)



г)

а) – свіжа пивна дробина; б) – борошно з пивної дробини; в) – бубличні вироби (до випікання); г) – бубличні вироби (після випікання).

Рис. 1. Дослідні зразки.

В експериментах використовували пшеничне борошно вищого ґатунку «Varto» (ГСТУ 46.044-99), виробник – ТОВ КВФ «Рома», клейковина якого характеризувалася як добра, I групи якості.

З метою визначення раціональної кількості борошна з пивної дробини у технології бубликів ванільних побудовано модельні харчові композиції (таблиці 1) та проведено вивчення їх органолептичних показників [9]. Досліджували зразки виробів, у яких кількість борошна з пивної дробини варіювали від 10 до 50% від загальної кількості борошна. У ході лабораторних випікань виявлено недоцільність застосування більшої кількості борошна з пивної дробини у технології бубликів ванільних через невисоку якість органолептичних показників.

Встановлено, що збільшення кількості борошна з пивної дробини у рецептурі бубликів ванільних понад 30% призводить до погіршення смаку, запаху та зниження крихкості готових виробів.

Таблиця 1 – Модельні харчові композиції бубликів ванільних із використанням борошна з пивної дробини

№ п/п	Сировина	Співвідношення сировини, мас. %					
		Конт- роль	Дослід 1	Дослід 2	Дослід 3	Дослід 4	Дослід 5
1	Борошно пшеничне	84,37	75,94	67,50	59,06	50,62	42,19
2	Борошно з пивної дробини	-	8,43	16,87	25,31	33,75	42,19
3	Дріжджі хлібопекарські	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42
4	Сіль кухонна харчова	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84
5	Цукор-пісок	12,66	12,66	12,66	12,66	12,66	12,66
6	Масло вершкове	1,69	1,69	1,69	1,69	1,69	1,69
7	Ванілін	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03

Результати органолептичної оцінки [9] свідчать, що раціональне співвідношення борошна із пивної дробини та борошна пшеничного вищого гатунку у технології бубликів ванільних складає 20...30% і 70...80%, відповідно. За внесення означеної кількості борошна з пивної дробини одержані вироби світло-коричневого кольору, добре пропечені, характеризуються правильною формою та глянцевою, гладкою поверхнею, розпушеністю.

На наступному етапі досліджень визначали вплив добавки борошна з пивної дробини на стан вуглеводно-амілазного комплексу пшеничного борошна. Дослідження впливу добавки пивної дробини на стан вуглеводно-амілазного комплексу пшеничного борошна здійснювали за числом падіння. Встановлення числа падіння пшеничного борошна та суміші пшеничного борошна і борошна з пивної дробини здійснювали на приладі ПЧП-7. Для визначення числа падіння у пробірці створювали суспензію з борошна і води, витримували у водяній бані для клейстеризації крохмалю, охолоджували і опускали вантаж. Час, за який він досягне дна пробірки, має назву “число падіння” і визначається в секундах [10].

Число падіння визначають в наважці борошна від 6,6 г до 7,05 г в залежності від його вологості. За допомогою сушильної шафи СЕШ-3МК було визначено вологість пшеничного борошна вищого гатунку «Varto» – 13,7%. Тому його наважка для визначення числа падіння становила 6,9 г. У випадку зразків з добавкою борошна з пивної дробини (10-30% від маси борошна) кількість пшеничного борошна відповідно зменшувалася. Решта наважки – добавка борошна з пивної дробини. Результати дослідження наведені у таблиці 2.

Таблиця 2 – Число падіння пшеничного борошна в присутності добавки борошна з пивної дробини

Зразок	Число падіння, с
Пшеничне борошно без добавок (контроль)	445±20
Пшеничне борошно + пивна дробина (10%)	430±19
Пшеничне борошно + пивна дробина (20%)	412±17
Пшеничне борошно + пивна дробина (30%)	396±16

Встановлено, що добавка борошна з пивної дробини (від 10 до 30%) зменшує число падіння відповідно на 3-11 % в порівнянні з контрольним зразком. Це свідчить про вплив ферментів добавки на крохмаль, про збільшення автолітичної активності композиційної суміші. Число падіння всіх композиційних сумішей відповідає нормативним показникам ГСТУ 46.044-99 (не менше 160 с).

Зважаючи на те, що найважливішим показником якості борошна є кількість та якість сирої клейковини, на наступному етапі досліджень нами було проведено визначення впливу добавки борошна з пивної дробини на ці показники. Визначення кількості сирої клейковини та її пружних властивостей здійснювали на вимірювачі деформації клейковини ИДК-3 міні «ПЛАУН - системы» [10]. Результати вивчення впливу добавки борошна з пивної дробини на кількісні та якісні властивості клейковини наведені у таблиці 3.

Таблиця 3 – Вплив добавки пивної дробини на кількість та якість сирої клейковини пшеничного борошна

Зразок	Кількість сирої клейковини	Деформація $N_{идк}$ , од. приладу	Показники якості	
			Якість клейковини	Колір
Пшеничне борошно без добавок (контроль)	29,4±1,5	67,5±3,5	Група якості I, клейковина хороша	Світлий із жовтуватим відтінком
Пшеничне борошно + пивна дробина (10%)	28,6±1,5	71,7±3,2	Група якості I, клейковина хороша	Темний, трохи коричневий
Пшеничне борошно + пивна дробина (20%)	26,3±1,4	77,0±3,8	Група якості I, клейковина хороша	Темний, коричневий
Пшеничне борошно + пивна дробина (30%)	25,4±1,3	84,6±4,0	Група якості II, клейковина задовільна слабка	Темний, коричневий

Аналіз результатів свідчить, що добавка борошна з пивної дробини в кількості 10-30% від маси пшеничного борошна послаблює клейковину, колір її стає темнішим. Це дозволяє використовувати такі композиційні суміші в технології хлібобулочних виробів, зокрема бубликів ванільних. Добавка борошна з пивної дробини в кількості 30% значно послаблює клейковину.

Таким чином, встановлено, що добавка борошна з пивної дробини в кількості до 20% від маси пшеничного борошна не погіршує його хлібопекарських властивостей. Одержані експериментальні дані свідчать про доцільність використання вказаного співвідношення борошна з пивної дробини та пшеничного борошна у технології хлібобулочних виробів, зокрема бубликів ванільних.

Технологічну схему одержання бубликів ванільних із використанням борошна з пивної дробини подано на рис. 2.

Важливими показниками якості бубликів ванільних є фізико-хімічні показники (таблиці 4).

Таблиця 4 – Фізико-хімічні показники бубликів ванільних із використанням борошна з пивної дробини

Показник	ДСТУ 7042:2009 [11]	Бублики ванільні
Вологість, %	27,0	9,2
Кислотність, °	3,5	2,8

Розроблені бублики ванільні із використанням борошна із пивної дробини мають низьку вологість ( $W < 10\%$ ). Це головний фактор, завдяки якому розвиток мікроорганізмів практично відсутній. У досліджуваних зразках бубликів визначали мікробіологічні показники (табл. 5).

Таблиця 5 – Характеристика мікробіологічних показників бубликів ванільних із використанням борошна з пивної дробини

Назва показника	Значення показника	
	За нормативною документацією	Фактичний вміст
Бактерії групи кишкових паличок (БГКП) в 0,1 г	не допускається	не знайдені
Патогенні мікроорганізми, в т.ч. бактерії роду Сальмонела в 25 г	не допускається	не знайдені
Плісеневі гриби, КУО в 1 г	100	54
Плазмокоагулюючі стафілококи, в 1 г	не допускається	не знайдені
Мезофільні аеробні та факультативно-анаеробні мікроорганізми КУО в 1 г	$1,00 \times 10^4$	$1,05 \times 10^3$

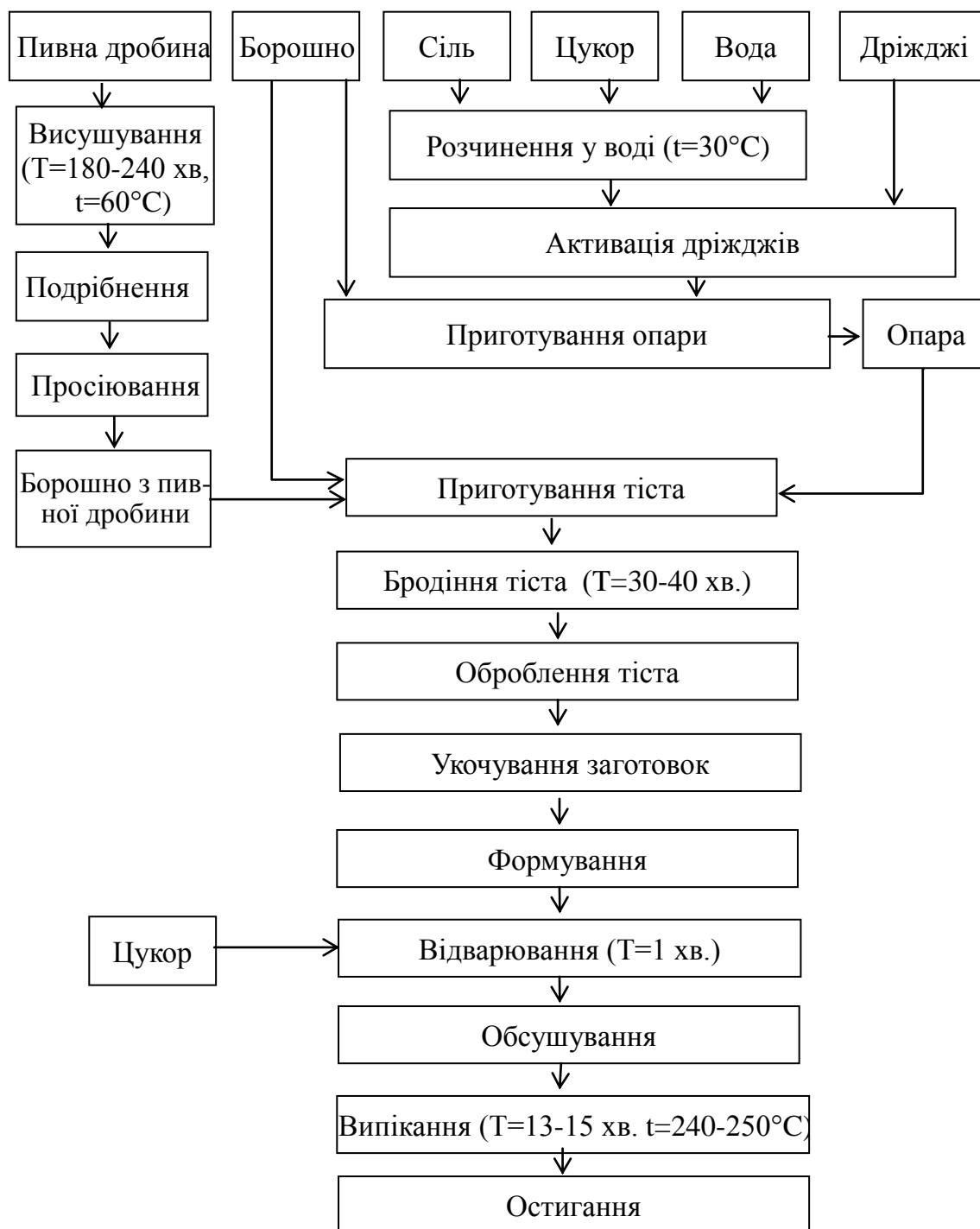


Рис. 2. Технологічна схема одержання бубликів ванільних із використанням борошна з пивної дробини.

Отримані дані (табл. 5) свідчать, що мікробіологічні показники бубликів ванільних із використанням борошна з пивної дробини не перевищують величин, що допускаються санітарними нормами.

*Висновки.* У роботі встановлено, що добавка борошна з пивної дробини в кількості до 20% від маси пшеничного борошна не погіршує його хлібопекарських властивостей. Обґрунтовано доцільність використання у технології хлібобулочних виробів,

зокрема бубликів ванільних, борошна з пивної дробини та борошна пшеничного вищого ґатунку у співвідношенні 20% і 80%, відповідно. Розроблено технологічну схему одержання бубликів ванільних із використанням борошна з пивної дробини. Визначено фізико-хімічні та мікробіологічні показники якості розроблених виробів.

#### Література:

1. Інноваційні технології дієтичних та оздоровчих хлібобулочних виробів: монографія / ред. В. І. Дробот. Київ: Кондор-Видавництво, 2016. 242 с.

2. Іоргачова К. Г., Лебеденко Т. Є. Хлібобулочні вироби оздоровчого призначення з використанням фітодобавок. Київ: К-Прес, 2015. 464 с.

3. Лущик Т. Проблемы в хлебопекарной отрасли. *Хлебопродукты*. 2008. № 12. С. 48–49.

4. Паймулина А. В., Андросова Н. В., Науменко Н. В. Перспективы использования обогащающих добавок в технологии хлебобулочных изделий. *Вестник ЮУрГУ*. 2016. № 4. С. 95–104.

5. Вершинина С. Э., Кравченко О. Ю. Нетрадиционные растительные добавки в хлебопечении. *Биотехнология. Вода и пищевые продукты*. Москва, 2008. С. 196.

6. Храмов А. Г., Суюнчева Б. О. Аспекты использования пребиотика лактулозы в хлебопекарной и кондитерской промышленности для создания функциональных продуктов питания. *Сборник научных трудов СевКавГТУ*. 2006. № 2. С. 25–27.

7. Пивная дробина – ценное пентозосодержащее сырье для получения ксилита / Г. С. Рысбаева и др. *Химия и химическая технология*. Ташкент, 2010. № 1. С. 48–50.

8. Плиева З. А., Цугкиев Б. Г. Химический состав пивной дробини. *Известия ФГОУ ВПО «Горский государственный аграрный университет»*. Владикавказ, 2012. Вып. 49, ч. 4. С. 376–379.

9. Назаренко І. А., Сімакова О. О., Світлична О. О. Технологія хлібобулочних виробів із використанням борошна з пивної дробини. *Обладнання та технології харчових виробництв*. Кривий Ріг, 2019. Вип. 1(38). С. 46–52. DOI : 10.33274/2079-4827-2019 -38-1-46-52.

10. Дробот В. І. Технохімічний контроль сировини та хлібобулочних і макаронних виробів: навч. посібник. Київ: Кондор-Видавництво, 2015. 972 с.

11. ДСТУ 7042:2009. Вироби хлібобулочні бубличні. Загальні технічні умови. [Чинний від 2010-01-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2007. 28 с.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ БУБЛИКІВ ВАНІЛЬНИХ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ БОРОШНА З ПИВНОЇ ДРОБИНИ

Назаренко І. А., Горяйнова Ю. А., Боднарук О. А., Світлична О. О.

### Анотація

У роботі на підставі результатів досліджень впливу добавки борошна з пивної дробини на стан вуглеводно-амілазного комплексу пшеничного борошна, кількісні та якісні властивості клейковини, а також органолептичні показники модельних харчових композицій бубликів ванільних визначено раціональну кількість борошна з пивної дробини у технології бубликів ванільних.

Встановлено, що добавка борошна з пивної дробини в кількості до 20% від маси пшеничного борошна не погіршує його хлібопекарських властивостей.

Обґрунтовано доцільність та можливість використання у технології хлібобулочних виробів, зокрема бубликів ванільних, борошна з пивної дробини та борошна пшеничного вищого гатунку у співвідношенні 20% і 80% відповідно. Розроблено технологічну схему одержання бубликів ванільних із використанням борошна з пивної дробини. Визначено фізико-хімічні та мікробіологічні показники якості розроблених виробів.

**Ключові слова:** борошно з пивної дробини, бубличні вироби, бублики ванільні.

## ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА БУБЛИКОВ ВАНИЛЬНЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МУКИ ИЗ ПИВНОЙ ДРОБИНЫ

Назаренко И. А., Горяйнова Ю. А., Боднарук О. А., Светличная О. А.

### Аннотация

В работе на основании результатов исследований влияния добавки муки из пивной дробины на состояние углеводно-амилазного комплекса пшеничной муки, количественные и качественные свойства клейковины, а также органолептические показатели модельных пищевых композиций баранок ванильных определено рациональное количество муки из пивной дробины в технологии баранок ванильных.

Установлено, что добавка муки из пивной дробины (от 10 до 30%) уменьшает число падения соответственно на 3-11 % по сравнению с контрольным образцом (пшеничная мука высшего сорта без добавок). Это свидетельствует о влиянии ферментов добавки на крахмал, об увеличении автолитической активности композиционной смеси.

Также определено, что добавка муки из пивной дробины в количестве 10-30% от массы пшеничной муки ослабляет клейковину, цвет ее становится темнее. Это позволяет использовать такие композиционные смеси в технологии хлебобулочных изделий, в частности баранок ванильных. Добавка муки из пивной дробины в количестве 30% значительно ослабляет клейковину. Таким образом, установлено, что добавка муки из пивной дробины в количестве до 20% от массы пшеничной муки не ухудшает его хлебопекарных свойств.

Обоснована целесообразность и возможность использования в технологии хлебобулочных изделий, в частности баранок ванильных, муки из пивной дробины и муки пшеничной высшего сорта в соотношении 20% и 80% соответственно. Разработана технологическая схема получения баранок ванильных с использованием муки из пивной дробины. Определены физико-химические и микробиологические показатели качества разработанных изделий. Установлено, что баранки ванильные с использованием муки из пивной дробины



имеют низкую влажность. Это главный фактор, благодаря которому развитие микроорганизмов практически отсутствует. Установлено, что микробиологические показатели баранок ванильных с использованием муки из пивной дробины не превышают величин, допускаемых санитарными нормами.

**Ключевые слова:** мука из пивной дробины, баранки ванильные, клейковина.

## **STUDY OF QUALITY BAGELS VANILLA WITH THE USE OF FLOUR FROM SPENT GRAINS**

I. Nazarenko, Yu. Goryainova, O. Bodnaruk, O. Svetlichnaya

### **Summary**

In this paper, based on the results of studies of the effect of adding flour from beer pellets on the state of the carbohydrate-amylase complex of wheat flour, the quantitative and qualitative properties of gluten, as well as organoleptic indicators of model food compositions of vanilla rams, the rational amount of flour from beer pellets in the technology of vanilla rams is determined.

It was found that the addition of beer shot flour (from 10 to 30%) reduces the number of drops by 3-11%, respectively, compared to the control sample (wheat flour of the highest grade without additives). This indicates the effect of the additive's enzymes on the starch, and an increase in the autolytic activity of the composite mixture.

It is also determined that the addition of flour from beer pellets in the amount of 10-30% of the weight of wheat flour weakens the gluten, its color becomes darker. This allows the use of such composite mixtures in the technology of bakery products, in particular, vanilla rams. Adding flour from beer pellets in an amount of 30% significantly weakens the gluten. Thus, it is established that the addition of flour from beer pellets in an amount of up to 20% of the weight of wheat flour does not worsen its baking properties.

The expediency and possibility of using bakery products in the technology, in particular, vanilla mutton, beer shot flour and wheat flour of the highest grade in the ratio of 20% and 80%, respectively, is proved. The technological scheme of obtaining of bagels vanilla with the use of flour from spent grains. Physical, chemical and microbiological quality indicators of the developed products were determined. It is established that the bagels vanilla with the use of flour from spent grains have a low moisture content. This is the main factor due to which the development of microorganisms is practically absent. It was found that the microbiological indicators of vanilla rams using beer shot flour do not exceed the values allowed by sanitary standards.

**Key words:** flour from beer pellets, vanilla bagels, gluten.

## ТЕХНОЛОГІЯ БЕЗГЛЮТЕНОВОГО ПЕЧИВА ПІСОЧНОГО

Медведєва А. О., к.т.н.,

ORCID: 0000-0002-7991-9161

Антонюк І. Ю., к.т.н.

ORCID: 0000-0003-4629-3403

*Київський національний торговельно-економічний університет*

Тел. (044) 532-48-44

*Постановка проблеми.* Борошняні кондитерські вироби користуються широким попитом у населення. Асортимент борошняних кондитерських виробів дуже різноманітний – торти, тістечка, кекси, печиво тощо. За останні роки виріс випуск виробів дієтичного призначення, у тому числі з пониженим вмістом цукру, збагачених білками, вітамінами, мінеральними речовинами, іншими цінними компонентами. У складі традиційних борошняних кондитерських виробів, в тому числі печива пісочного, входить борошно пшеничне, яке містить глютен.

Глютен – білок рослинного походження. Відзначено, що люди з непереносимістю глютену страждають важким захворюванням – целиакія.

Целиакія — це автоімунне захворювання тонкого кишечника, що виникає у людей різного віку, переважно у дітей внаслідок генетичної схильності. Симптомокомплекс порушень при целиакії включає біль та дискомфорт в ділянці живота, хронічні закрепи або діарею [1, 2].

Люди з діагнозом целиакії не переносять білок глютен, який є в пшениці, житі, ячмені і, можливо, у вівсі. Коли хворі целиакією вживають продукти, що містять глютен, їх імунна система відповідає на це ушкодженням тонкого кишківника. На внутрішній його поверхні відмирають крихітні пальцеподібні ворсинки, так звані "віллі", які виконують в кишківнику важливу роль: через них поживні речовини з їжі всмоктуються в кров. Без цих ворсинок організм виснажується незалежно від кількості вживаної їжі. Поверхня кишківника ушкоджується місцями. На внутрішній поверхні тонкого кишечника одночасно можуть знаходитися одна або декілька "мертвих" плям [1].

В Україні досить складно організувати безглютенову дієту для хворих на целиакію. Це пов'язано з труднощами соціального та психологічного характеру – в нашій країні продукти харчування з пшениці та інших злакових культур є основою раціону харчування населення [1, 11].

За кордоном для хворих на целиакію, а також для людей, що дотримуються здорового харчування, випускається широкий

асортимент безглютенових продуктів, які замінюють хліб, борошно, крупи, печиво, макаронні вироби тощо [2-7].

Сьогодні в нашій країні, як і в інших країнах світу, дуже підвищився попит споживачів на безглютенові борошняні кондитерські вироби, поряд із тим, що їх виробництво продовжує залишатися актуальною проблемою для вчених та кондитерів у ХХІ столітті [8-11].

На продовольчому ринку України з'явилась продукція на безглютеновій основі з різних країн світу, але поряд з високою ціною асортимент її не дуже широкий. Вітчизняна безглютенова продукція представлена дуже в обмеженому обсязі.

*Аналіз останніх досліджень.* У дослідженнях по розробці безглютенових борошняних кондитерських виробів в основному використовували такі види сировини, як борошно з сорго, кукурудзи, рису, гречки, амаранту, кіноа, крохмалю, зеленого банану, які не містять у своєму складі глютен [2-11].

Дослідники із Сполучених Штатів Америки Gao Y., Janes M., Chaiya B. дослідили використання різних альтернативних видів борошна (борошно з бобових, фруктові та овочеві порошки, порошки з морських водоростей), функціональних інгредієнтів (гідроколоїди та камеді, емульгатори, білки та харчові волокна) щодо поліпшення фізико-хімічних та сенсорних якостей хліба, тортів, макаронних виробів. Також обговорені деякі новітні технології, включаючи трансгенез, ензимоліз та ферментацію, які були використані у технології безглютенових продуктів [2].

Науковці Національного університету харчових технологій дослідили вплив безглютенових видів борошна (рисового, гречаного) на структурно-механічні та реологічні показники тіста і готових виробів із нього: кексів, бісквітів і маффінів [9]. Також створено нові технології печива, кексів, маффінів, бісквітів, пряників, вафель на основі безглютенового рисового, гречаного, кукурудзяного, соєвого, амарантового борошна для дітей хворих на целиацію [10].

У Київському національному торговельно-економічному університеті провели дослідження по створенню безглютенових булочних виробів з використанням рисового та кукурудзяного борошна у комбінації з крохмалем [11].

*Формування цілей статті (постановка завдання).* Ціль наукового дослідження – наукове обґрунтування та розроблення технології безглютенового печива і дослідження його якості.

Завдання дослідження – розроблення технології борошняних кондитерських виробів (печива) без глютену з використанням безглютенових видів борошна (рисового та кукурудзяного).

Об'єкт дослідження: технологія безглютенового печива з кукурудзяним та рисовим борошном.

Предмет дослідження: печиво з борошном пшеничним, печиво з борошном рисовим і кукурудзяним; пшеничне, рисове та кукурудзяне борошно.

*Основна частина.* Для розробки технології безглютенового печива за контроль обрано рецептуру і технологію печива пісочного з пшеничним борошном [12].

За допомогою постановочних дослідів визначили, що пшеничне борошно можна замінити на кукурудзяне (40%), рисове (40%) та картопляний крохмаль (20%). А також весь цукор, передбачений рецептурою замінили на подрібнені фініки сушені та родзинки. Смак і аромат печива збагатили за допомогою додавання в тісто цедри лимону та апельсину. Поверхню оздобили білим кунжутом.

У таблиці 1 наведено сировинний склад контрольного і дослідного зразків досліджуваного печива пісочного.

Таблиця 1 – Сировинний склад досліджуваного печива пісочного

Контроль	<i>Традиційне печиво</i> Склад: яйця, цукор, масло вершкове, борошно пшеничне.
Дослід	<i>Печиво безглютенове</i> Склад: яйця, масло вершкове, борошно рисове, борошно кукурудзяне, крохмаль картопляний, цедра апельсина, цедра лимона, фініки, родзинки, кунжут.

Органолептичну оцінку досліджуваних зразків випеченого печива пісочного проведено за 5-баловою шкалою дегустаційною комісією у складі п'яти фахівців (таблиці 2).

Таблиця 2 – Органолептична оцінка розроблених зразків печива пісочного

Показники якості	Коефіцієнт важливості	Контрольний зразок	Дослідний зразок
Смак	0.25	4.5	4.90
Запах	0.10	4.5	4.90
Колір	0.20	4.8	4.80
Консистенція	0.25	4.8	4.80
Зовнішній вигляд	0.20	4.9	4.90
Загальна бальна оцінка	1.0	4.7	4.86

Розроблені борошняні кондитерські вироби мають солодкуватий смак, з присмаком апельсину та лимону; запах – властивий продукту з нотками кунжуту; консистенція – розсипчаста.

Розраховано хімічний склад контрольного та дослідного зразків печива [13], який наведено у таблиці 3.

Таблиця 3 – Порівняльна характеристика хімічного складу контрольного та дослідного зразків печива пісочного (на 100г продукту)

Показники	Контрольний зразок	Дослідний зразок	Різниця	Дослід/ контроль, %
Білки, г	39.13	37.64	-1.49	3,80
Жири, г	178.69	188.01	9.32	5,22
Вуглеводи, г	234.19	355.09	12.90	51,62
Мінеральні речовини, мг				
Калій (K)	2076.50	2641.32	564.82	27.20
Кальцій (Ca)	239.20	743.50	504.30	21.03
Натрій (Na)	327.20	417.10	89.90	27.48
Магній (Mg)	157.88	346.60	188.72	119.53
Залізо (Fe)	11.00	13.30	2.30	20.91
Вітаміни,мг				
Тіамін (В <sub>1</sub> )	0.81	0.98	0.17	20,99
Рибофлавін (В <sub>2</sub> )	0.74	0.82	0.08	10,81
Пантотенова кислота(В <sub>5</sub> )	1.61	2.12	0.51	31,68
Піридоксин (В <sub>6</sub> )	0.41	0.25	-0.16	60,98
Аскорбінова кислота (С)	-	10.00	10.00	-
Ніацин (РР)	4.49	4.83	0.34	07,57
Енергетична цінність, кКал	2667.80	3233.00	565.20	21.19

Відповідно до табл. 3, кількість вітамінів групи В збільшилась: В<sub>1</sub> – на 20.99%; В<sub>2</sub> – на 10.81%; В<sub>5</sub> – 31.68%. Збільшився вміст мінеральних речовин, особливо кальцію – у 3 рази. Кальцій разом з білком становить основу кісткової тканини та зубів. Недоотримання необхідної кількості кальцію тягне за собою проблеми зі здоров'ям. Щоденне надходження в організм кальцію в кількості від 500 до 1000 мг дозволить зберегти обов'язкову норму кальцію. Магній – це саме той елемент, який необхідний для нормального обміну речовин, входить до складу практично всіх тканин і важливий для функціонування клітин організму. Завдяки йому відбувається передача нервових імпульсів, скорочуються м'язи, краще засвоюється кальцій. Його вміст у безглютеновому печиві пісочному – у 3 рази більший, ніж у традиційному. Виріб також збагатився аскорбіновою кислотою, якої не було у контрольному зразку.

На основі отриманих вище даних побудовано модель комплексного показника якості традиційного та безглютенового печива пісочного (рис. 1).

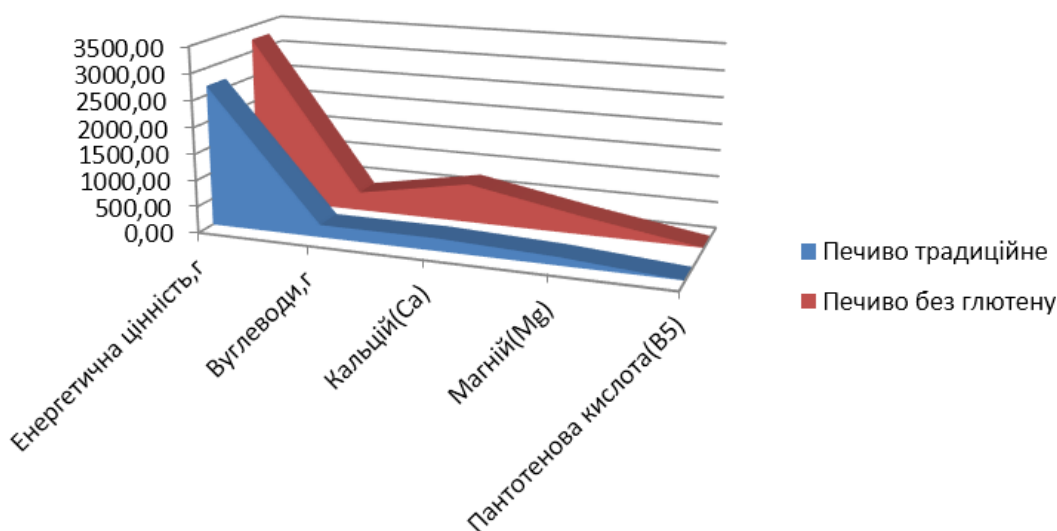


Рис. 1. Модель комплексного показника якості традиційного та безглютенового печива пісочного.

Відповідно до рис. 1 модель комплексного показника якості традиційного печива пісочного поступається по багатьом показникам безглютеновому печиву.

*Висновки.* Визначено оптимальне співвідношення борошна кукурудзяного (40%), рисового (40%) та картопляного крохмалю (20%). А також досліджено, що весь цукор, передбачений рецептурою можна замінити на подрібнені фініки сушені та родзинки.

Безглютенове печиво пісочне має високу органолептичну оцінку, підвищений вміст мінеральних речовин, вітамінів порівняно з виробами традиційного приготування.

Розроблене печиво пісочне впроваджено у виробництво закладів ресторанного господарства. Отже, його рекомендується вживати людям хворим на целиакію, а також іншим верствам населення.

#### Література:

1. Наумова О. А. Особенности питания больных целиакией. *Сучасні медичні технології*. 2010. № 2. С. 124–127.
2. Gluten-free bakery and pastamproducts: prevalence and quality improvement / Y. Gao et al. *International Journal of Food Science & Technology*. 2017. Vol. 53, № 1. DOI: 10.1111/ijfs.13505.
3. Elke A., Dal Bello F. *Science of Gluten-Free Foods and Beverages*. 2009. URL: <https://www.elsevier.com/books/science-of-gluten-free-foods-and-beverages/arendt/978-1-891127-67-0> (дата звернення: 08.03.2020).

4. Taylor J., Awika J. Gluten-Free Ancient Grains. 2017. URL : <https://www.elsevier.com/books/gluten-free-ancient-grains/taylor/978-0-08-100866-9> (дата звернення: 08.03.2020).

5. Perlmutter D., Loberg K. Grain brain: the surprising truth about wheat, carbs, and sugar – your brain's silent killers. New York, USA : Little, Brown i Company, 2013. 336 p.

6. Goodchild van Hilten L. How digesting bread and pasta could be affecting our brains. 2015. URL: <https://www.elsevier.com/connect/how-digesting-bread-and-pasta-could-be-affecting-our-brains> (дата звернення: 08.03.2020).

7. Jeffery C., Atwell W. Gluten-Free Baked Products. Woodhead Publishing. 2016. URL: <https://www.elsevier.com/books/gluten-free-baked-products/casper/978-1-891127-80-9> (дата звернення: 08.03.2020).

8. Грищенко А. М., Дробот В. І. Технологічні властивості безглютенових видів сировини. *Наукові праці [ОНАХТ]*. Одеса, 2010. Вип. 46, т. 1. С.162–166.

9. Дорохович В. В., Лазоренко Н. П. Безглютенові борошняні кондитерські вироби. *Обладнання та технології харчових виробництв*. 2013. Вип. 30. С. 341-347.

10. Безглютенові борошняні кондитерські вироби для дітей хворих на целиацію / А. М. Дорохович та ін. *Дитяче харчування : перспективи розвитку та інноваційні технології: Перша міжнародна конференція спеціалізованих наук* (м. Київ, 19 березня 2013 р.). Київ, 2013. С. 71-73.

11. Медведєва А. О. Технологія безглютенових булочних виробів. *Товари і ринки*. 2018. № 4(28). С. 115-123.

12. Сборник рецептур мучных кондитерских и булочных изделий для предприятий общественного питания. Москва: Экономика, 1985. 295 с.

13. Химический состав пищевых продуктов. Кн. 1. Справочные таблицы содержания основных пищевых веществ и энергетической ценности пищевых продуктов / ред. И. М. Скурихин, М. Н. Волгарев. 2-е изд., перераб. и доп. Москва: Агропромиздат, 1987. 224 с.

## ТЕХНОЛОГІЯ БЕЗГЛЮТЕНОВОГО ПЕЧИВА ПІСОЧНОГО

Медведєва А. О., Антонюк І. Ю.

### Анотація

У статті наведено результати розробки технології безглютенового печива пісочного з використанням рисового та кукурудзяного борошна.

Зроблено аналіз літературних джерел щодо використання різних видів безглютенових інгредієнтів у виробництві борошняних кондитерських виробів.

Проведено органолептичну оцінку, побудовано модель комплексного показника якості розробленого печива пісочного.

Розраховано та порівняно хімічний склад контрольного та дослідного зразків печива.

Розроблене безглютенове печиво впроваджено у виробництво та рекомендовано хворим на целиакию та іншим верствам населення.

**Ключові слова:** глютен, целиакия, борошно пшеничне, борошно рисове, борошно кукурудзяне.

## ТЕХНОЛОГИЯ БЕЗГЛЮТЕНОВОГО ПЕЧЕНЬЯ ПЕСОЧНОГО

Медведева А. А., Антонюк И. Ю.

### Аннотация

В статье приведены результаты разработки технологии безглютенового печенья песочного с использованием рисовой и кукурузной муки.

Сделан анализ литературных источников по использованию различных видов безглютеновых ингредиентов при производстве мучных кондитерских изделий.

Проведено органолептическую оценку, построена модель комплексного показателя качества разработанного печенья песочного.

Рассчитан и сравнен химический состав контрольного и опытного образцов печенья.

Разработанное безглютеновое печенье внедрено в производство и рекомендуется больным целиакией и другим слоям населения.

**Ключевые слова:** глютен, целиакия, мука пшеничная, мука рисовая, мука кукурузная.

## TECHNOLOGY OF GLUTEN-FREE SAND BISCUITS

A. Medvedieva, I. Antonyuk

### Summary

The article presents the results of the development of gluten-free shortbread cookie technology using rice and corn flour.

Today, in our country, as well as in other countries around the world, consumer demand for gluten-free confectionery products has increased dramatically, with the fact that their production continues to be an urgent problem for scientists and confectioners in the 21st century. The analysis of literary sources on the use of various types of gluten-free ingredients in the production of flour confectionery products was made. For the development of gluten-free cookie technology, the formulation and technology of shortbread cookies with wheat flour were selected for control.

Using staging, it was determined that wheat flour could be substituted for corn (40%), rice (40%) and potato starch (20%). And also all the sugar provided by the recipe was replaced with crushed dried dates and raisins. The taste and aroma of the cookies were enriched by adding lemon and orange peel to the dough. The surface was decorated with white sesame.

An organoleptic assessment was carried out, a model of a comprehensive quality indicator of the developed shortbread cookies was built. Organoleptic evaluation of the samples of baked shortbread biscuits was carried out on a 5-point scale by a five-person tasting committee. Developed flour confectionery has a sweet taste, with the taste of orange and lemon; odor - inherent in a product with notes of sesame; consistency - crumbly.

The chemical composition of the control and prototype cookies was calculated and compared. The amount of B vitamins increased: B1 - by 20%; B2 - by 10%; B5 - 31%. The content of minerals has increased, especially calcium - by 3 times.

The developed gluten-free cookies are introduced into production and recommended for patients with celiac disease and other segments of the population.

**Key words:** gluten, celiac disease, wheat flour, rice flour, corn flour.



## **ЗМІНА ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ФАРШУ ІЗ ПРІСНОВОДНИХ ГІДРОБІОНТІВ З РОСЛИННИМИ КОМПОНЕНТАМИ**

Головко Т. М., д.т.н. ORCID: 0000-0001-7059-3620

*Харківський державний університет харчування та торгівлі*

Тел. (067) 70-96-521

Геліх А. О., к.т.н.

ORCID: 0000-0003-3769-1231

*Сумський національний аграрний університет*

Тел. (095) 93-11-596

Применко В. Г., к.т.н.

ORCID: 0000-0001-7856-6678

*ВП «Дніпровський факультет менеджменту і бізнесу Київського університету культури», Дніпро, Україна*

Тел. (067) 65-33-218

Головко М. П., д.т.н.

ORCID: 0000-0002-1778-4847

*Харківський державний університет харчування та торгівлі*

Тел. (095) 59-59-036

*Постановка проблеми.* Досліджуючи актуальність впровадження в обіг виробів на основі фаршів із прісноводних гідробіонтів регіонального розповсюдження, визначався ряд показників якості та їх зміни у процесі зберігання. Важливим аспектом є те, що український ринок морських делікатесів знаходиться в стадії росту, при цьому ринкова кон'юнктура нестійка: велика кількість марок, товаровиробників, різноманіття продукції. Але попит на морські делікатеси, зокрема на варено–заморожену та консервовану мідію постійно збільшується. Існує дуже велика група прісноводної регіональної сировини, а саме прісноводних гідробіонтів – двостулкових молюсків, яка може бути реалізована як самостійний продукт харчування у вигляді цільном'язових та січених виробів.

Проведені попередні дослідження фізико–хімічного складу та структурно–механічних властивостей м'якого тіла молюсків роду *Anodonta* підтверджують їх високу харчову та біологічну цінність [1–3].

Створення фаршів на основі м'якого тіла прісноводних молюсків з комбінованим складом сировини допоможе внести доповнення у питання забезпечення населення якісними та різноманітними продуктами харчування та частково у питання про забезпечення населення повноцінним білком.

Дослідження змін при зберіганні фаршів на основі прісноводних молюсків з додаванням рослинних компонентів (гінкго–білоба) дозволять підтвердити здатність зберігати їх якість протягом встановленого терміну – 6 місяців.

*Аналіз останніх досліджень.* Останнім часом в Україні спостерігається перерозподіл сировинної бази, особливо у сегменті рибної продукції через зниження обсягів вилову морської риби і молюсків, що пов'язано з екологічним становищем [4]. Наразі необхідно переглянути об'єкти сировинної бази, залучення у обіг нових ресурсів регіонального прісноводного походження, таких як прісноводні двостулкові молюски. Актуальною задачею є виробництво різноманітних кулінарних виробів на їх основі. Серед основних напрямів вирішення вищенаведеної проблеми, виявлених в ресурсах світової наукової періодики, можуть бути виділені:

– дослідження молюсків (*mussels Perna perna*) в якості продукту харчування за показниками фізико-хімічних, харчових та споживчих властивостей [5];

– оцінка гістопатологічного моніторингу мідій *Perna perna* та *Itaipu Lagoon* [6];

– вплив термічної та різних видів попередньої обробки (посол, маринування) на кінцеві характеристики м'яса мідій, а саме вихід готового продукту та терміни зберігання [7].

– вплив інфрачервоного способу сушіння на кінетику втрати вологи синіх мідій [8].

Проведено комплексне дослідження м'якого тіла молюсків роду *Anodonta* для підтвердження можливості використання його у якості харчової сировини. Визначено амінокислотний склад білків [1], жирно-кислотний склад ліпідів [2] та мінеральний склад [3].

При виготовленні та зберіганні фаршів з гідробіонтів з рослинними компонентами спостерігаються зміни ліпідів, реологічних, органолептичних, мікробіологічних та інших змін, що впливають на їх якість [9]. Під час заморожування та зберігання, використовуються оптимальні режими, що і формують характер органолептичних, структурно-механічних та мікробіологічних змін фаршів із прісноводних гідробіонтів з рослинними компонентами [10].

*Формулювання цілей статті.* Необхідно дослідити особливості зміни ліпідів, реологічних, мікробіологічних показників під час зберігання фаршів із прісноводних гідробіонтів з рослинними компонентами. Відсутні дані, щодо органолептичних властивостей після заморожування та в процесі зберігання розроблених фаршів. Залишається невизначеним факт, щодо збереження фаршами високих споживчих властивостей протягом зазначеного терміну зберігання. Практичне вирішення поставлених питань дасть можливість підвищити конкурентоспроможність виробів із фаршів на основі гідробіонтів.

Метою статті є *дослідження* зміна показників якості фаршу із гідробіонтів з рослинними компонентами.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні

задачі:

1. Визначити динаміку ВУЗ та реологічних властивостей фаршів із гідробіонтів з рослинними компонентами та їх зміну у процесі заморожування та зберігання.

2. Дослідити органолептичні та мікробіологічні показники фаршів із гідробіонтів з рослинними компонентами та їх зміну у процесі заморожування та зберігання.

3. Дослідити зміни основних констант жирів фаршів із гідробіонтів з рослинними компонентами та їх зміну у процесі заморожування та зберігання.

*Основна частина.* Введення додаткових компонентів в полідисперсну систему січених виробів, зокрема клітковини, у вигляді порошку гінкго-білоба, впливає на вологоутримувальну здатність та стійкість виробів при зберіганні. Дослідження січених виробів на основі прісноводних гідробіонтів з додаванням порошку гінкго білоба у кількості 1%, 3% та 5% сприятливо впливає на органолептичні і реологічні властивості січених виробів.

Показники зміни ВУЗ фаршів із гідробіонтів представлені на рис. 1.

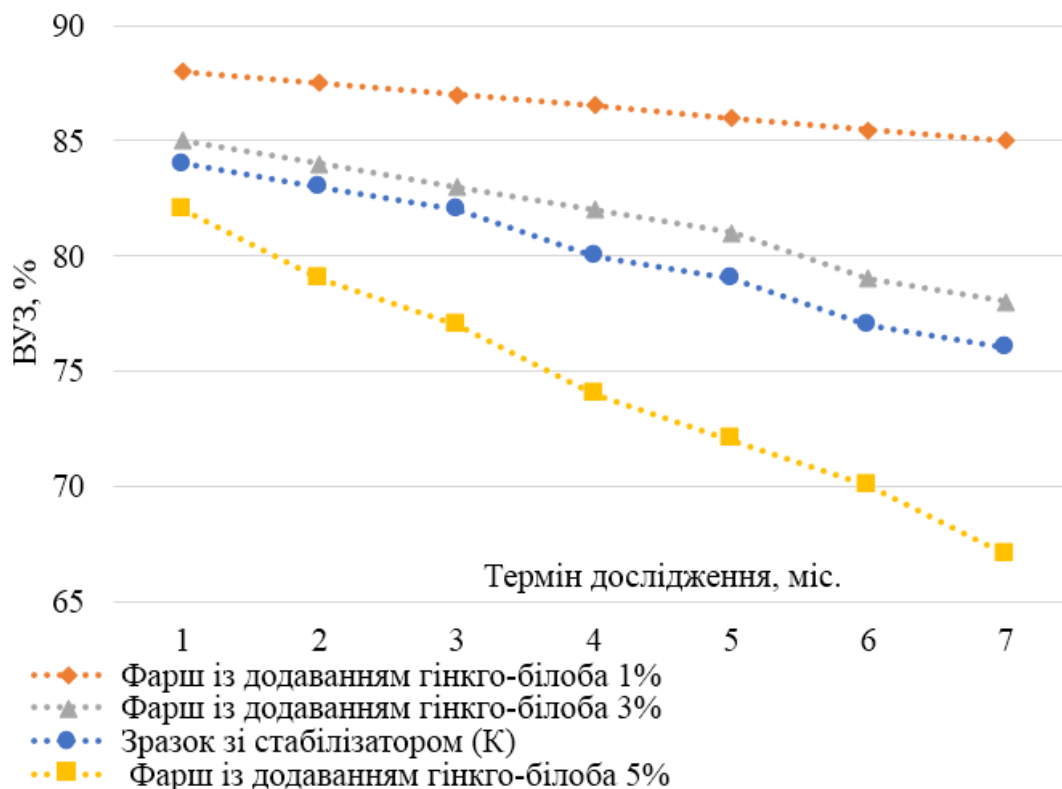


Рис. 1. Показники ВУЗ фаршу із прісноводних гідробіонтів під час зберігання.

Результати приведені на рис. 1. свідчать про зниження ВУЗ в процесі зберігання. Можна відмітити більш високу ВУЗ фаршу із

прісноводних гідробіонтів одразу після заморожування та незначне зниження цього показника протягом 6-ти місяців зберігання. Така тенденція характерна для зразків фаршу з вмістом гінкго-білоба 1%, 3% та 5%.

Розроблені фарші на основі молюска прісноводного та порошку гінкго-білоба – це пластично-в'язкий продукт, який характеризується показником пластичної в'язкості. Консистенція фаршів безпосередньо залежить від вмісту вологи, ВУЗ, ступеня подрібнення. Для оцінки реологічних властивостей фаршів протягом зазначеного терміну зберігання були отримані значення ефективної в'язкості, що наведений в таблиці 1.

Таблиця 1 – Зміни ефективної в'язкості фаршів із гідробіонтів після заморожування та зберігання (n=5, P≥0,95)

Назва зразка	Ефективна в'язкість, Па*с	
	Після заморожування	6 місяців
Контроль	2355,5	2485,4
Фарш із додаванням гінкго-білоба 1%	2386,5	2455,4
Фарш із додаванням гінкго-білоба 3%	2486,9	2514,2
Фарш із додаванням гінкго-білоба 5%	2521,5	2567,7

Фарш із додаванням гінкго-білоба 1% та 3% мають приблизно однакові показники ефективної в'язкості. Кількісний показник ступеня в'язкості у всіх зразках показує темп руйнування структури, найменше його значення у фарші із додаванням гінкго-білоба 5% це вказує на те, що руйнування структури даного зразка відбувається в меншій мірі, а найбільше – у зразка із додаванням гінкго-білоба 5%.

Одним з основних показників, що знижують харчову цінність продуктів є окиснення та гідроліз жирової фази. Проведені дослідження виявили ліпіди у складі м'якого тіла прісноводних молюсків у кількості 1,15%. Оскільки фарш із прісноводних гідробіонтів з рослинними компонентами містить у своєму складі ліпіди, якісні зміни яких у процесі зберігання можуть призводити до погіршення якості та псування. З метою дослідження стійкості до псування жиру під дією кисню у період зберігання за температури мінус – 18 °С проведено дослідження динаміки зміни пероксидного та кислотного чисел. Ступінь окиснення контролювали за величиною кислотного числа (КЧ) та пероксидного числа (ПЧ).

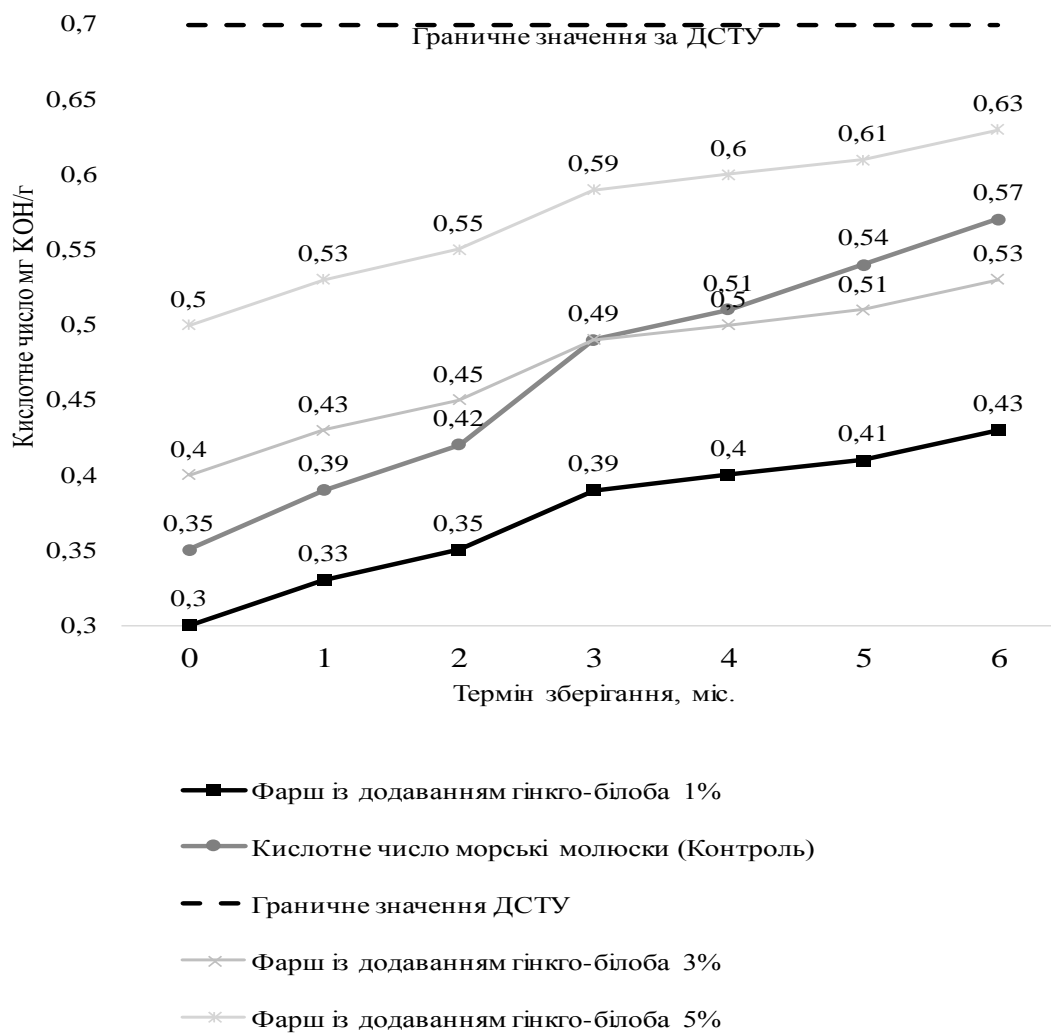


Рис. 2. Динаміка кислотного числа жиру фаршу із прісноводних гідробіонтів при зберіганні.

Результати визначення кислотного числа жиру фаршу із прісноводних молюсків, показують, що кислотне число ліпідів фаршу має стабільну динаміку і майже однакові значення протягом перших 3-х місяців зберігання. Відзначається тенденція до збільшення у проміжку часу від 3-х до 6-ти місяців зберігання. Проте отримані показники навіть після піврічного зберігання не перевищують ГДК по даному показнику серед гідробіонтів. Збільшення даного показника свідчить про те, що в процесі зберігання накопичуються вільні жирні кислоти.

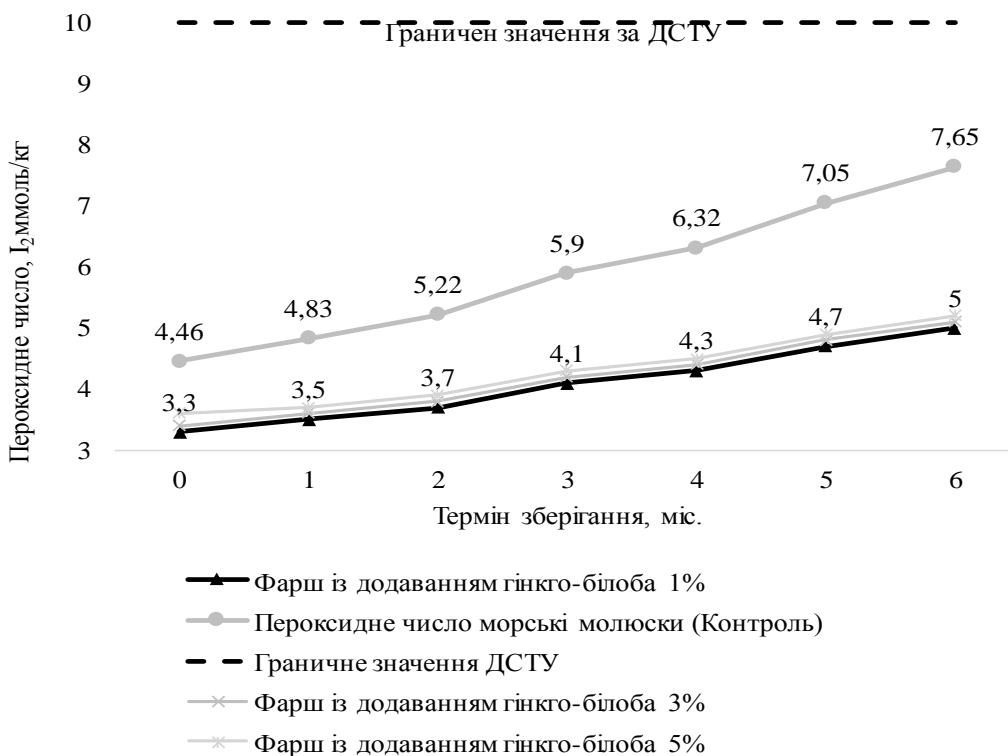


Рис. 3. Динаміка пероксидного числа жиру фаршу із прісноводних гідробіонтів при зберіганні.

Результати експериментальних даних з визначення пероксидного числа жиру фаршу із гідробіонтів з рослинними компонентами під час зберігання, свідчать, що збільшення пероксидного числа жиру говорить про перебіг процесів окиснення та про накопичення первинних продуктів окиснення ліпідів. Збільшення кислотності фаршу із прісноводних молюсків в процесі зберігання свідчить про те, що йде накопичення органічних кислот, які являють собою продукти автолізу. У результаті отриманих даних можна зробити висновок, що протягом 6-ти місяців зберігання за температури мінус 18 °С якісні показники ліпідів фаршу з молюска прісноводного з рослинними компонентами змінюються у припустимих межах. Кислотне та пероксидне числа знаходяться у межах, що відповідають чинним нормативам.

Мікробіологічні показники є визначними при комплексній оцінці якості та безпечності продуктів харчування, а також при встановленні термінів їх зберігання.

Дослідження мікробіологічних показників замороженого фаршу з молюска прісноводного з рослинними компонентами в процесі зберігання показало, що БГКП (коліформи), а також умовно-патогенна і патогенна мікрофлора знаходяться в межах ГДК. Кількість МАФМ в фарші в міру зберігання підвищувалася, але за рівнем цього показника після 6 місяців зберігання відповідала санітарно-епідеміологічним і гігієнічним вимогам стандартів для рибної продукції і узгоджувалася з показниками контрольних зразків.

Таким чином встановлено, що на підставі показників безпеки та якості фаршу із прісноводних гідробіонтів з рослинними компонентами його можна реалізовувати як у свіжовиготовленому вигляді за температури 2 – 4 °С протягом 12 год, а також заморожувати і зберігати за температури мінус 18 °С протягом 6 місяців.

*Висновки.* 1. Визначено динаміку ВУЗ та реологічних властивостей фаршів із гідробіонтів з рослинними компонентами та їх зміну у процесі заморожування та зберігання. ВУЗ у всіх зразків фаршу в процесі зберігання змінювалась незначно. Фарш із додаванням гінкго–білоба 1% та 3% мають приблизно однакові показники ефективної в'язкості. Кількісний показник ступеня в'язкості у всіх зразках показує темп руйнування структури, найменше його значення у фарші із додаванням гінкго–білоба 5% це вказує на те, що руйнування структури даного зразка відбувається в меншій мірі, а найбільше – у зразка із додаванням гінкго–білоба 5%.

2. Досліджено органолептичні та мікробіологічні показники фаршів із гідробіонтів з рослинними компонентами та їх зміну у процесі заморожування та зберігання. На основі отриманих даних про якість та безпечність фаршу із прісноводних гідробіонтів, можна зробити висновок, що він може бути рекомендований для виробництва кулінарної продукції.

3. Досліджено зміни основних констант жирів фаршів із гідробіонтів з рослинними компонентами та їх зміну у процесі заморожування та зберігання. У результаті отриманих даних можна зробити висновок, що протягом 6–ти місяців зберігання за температури мінус 18 °С якісні показники ліпідів фаршу з моллюска прісноводного з рослинними компонентами змінюються у припустимих межах. Кислотне та пероксидне числа знаходяться у межах, що відповідають чинним нормативам.

#### Література:

1. Golovko N., Golovko T., Gelikh A. Investigation amino–acid structure of proteins bivalve freshwater Mussels from the family Anodonta of the northern Ukraine. *Eastern–European Journal of Enterprise Technologies*. 2015. № 5/11 (77). P. 10–16.
2. Golovko N., Golovko T., Gelikh A. Investigation fatty acid and mineral of soft body bivalve freshwater mussels from the family Anodonta of the northern Ukraine. *Technological Audit and Production Reserves*. 2016. № 3/3 (29). P. 17–23.
3. Golovko N., Golovko T., Gelikh A. Research qualitative composition of minerals soft body freshwater bivalve mussels of the genus Anodonta and marine counterpart – the mussels of the genus Mytilus. *Progressive engineering and technology of food production enterprises, catering business and trade*. 2015. № 2 (22). P. 270–278.

4. Development of technology for washed minced fish production from low-profit objects of fishing in the Volga–Caspian Basin / M. D. Mukatova et al. *Vestnik MGTU*. 2016. Vol. 19, № 3. P. 625–632. DOI: 10.21443/1560–9278–2016–3–625–632.

5. Assessment of health claims, content, and safety of herbal supplements containing Selenium / Heidi P. Fransen et al. *Food & Nutrition Research*. 2010. Vol. 54, № 1. P. 1–33. DOI: 10.3402/fnr.v54i0.5221.

6. Delange F. Selenium deficiency in Europe and its consequences: an update. *European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging*. 2002. Vol. 29, № 2. P. 404–416. DOI:10.1007/s00259–002–0812–75.

7. Onibala H. Application of mixing index (IP) for the evaluation of gel-forming ability in myofibril–protein gels of fish pastes. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*. 2010. Vol. 21, № 1. P. 87–90. URL: <https://journal.ipb.ac.id/index.php/jtip/article/view/2417> (Last accessed: 08.03.2020).

8. Kim D. H. Quality characteristics of fish paste prepared with *Astragalus membranaceus* powder. *Food Engineering Progress*. 2011. Vol. 15. P. 362–369.

9. Moraes K., Almeida L. A. Drying conditions of an enzymatic modified paste of anchovy in the lipid oxidation, available lisina and antioxidant activity of the product. *Ciência Rural*. 2013. Vol. 43, № 3. P. 530–536.

10. Development and bacteriological, chemical and sensory characterization of fishburgers made of *Tilapia* minced meat and surimi / S. C. R. P. Mello et al. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*. 2012. Vol. 64, № 5. P. 1389–1397. DOI: 10.1590/S0102–09352012000500041.

## **ЗМІНА ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ФАРШУ ІЗ ПРІСНОВОДНИХ ГІДРОБІОНТІВ З РОСЛИННИМИ КОМПОНЕНТАМИ**

Головко Т. М., Геліх А. О., Применко В. Г., Головко М. П.

### **Анотація**

Визначено зміни реологічних властивостей, мікробіологічних та токсикологічних показників під час зберігання фаршів із прісноводних гідробіонтів з рослинними компонентами, а саме порошком гінкго–білоба у кількості 1%, 3% та 5%. Експериментально досліджено вологоутримувальну здатність розроблених фаршів. Визначено зміни ефективної в'язкості фаршів із гідробіонтів після заморожування та у процесі зберігання. Досліджено органолептичні властивості після заморожування та в процесі зберігання фаршів. Отримано показники констант жирів, таких як кислотне, перекисне та йодне число. Показано, що фарші із гідробіонтів з рослинними компонентами зберігають свої високі споживчі властивості протягом зазначеного терміну зберігання 6 місяців.

**Ключові слова:** прісноводні двостулкові гідробіонти, фарш, кислотне число, перекисне число, гінкго–білоба.



## ИЗМЕНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ФАРШЕЙ ИЗ ПРЭСНОВОДНЫХ ГИДРОБИОНТОВ С РАСТИТЕЛЬНЫМИ КОМПОНЕНТАМИ

Головко Т. Н., Гелих А. А., Применко В. Г., Головко Н. П.

### Аннотация

Определены изменения реологических свойств, микробиологических и токсикологических показателей при хранении фарша из пресноводных гидробионтов с растительными компонентами, а именно порошком гинкго–билоба в количестве 1%, 3% и 5%. Экспериментально исследованы влагоудерживающая способность разработанного фарша. Определены изменения эффективной вязкости фаршей из гидробионтов после замораживания и в процессе хранения. Исследована органолептические свойства после замораживания и в процессе хранения фарша из пресноводных гидробионтов с растительными компонентами. Получены показатели констант жиров, таких как кислотное, перекисное и йодное число. Показано, что фарши из гидробионтов с растительными компонентами сохраняют свои высокие потребительские свойства в течение указанного срока хранения 6 месяцев.

**Ключевые слова:** пресноводные двустворчатые гидробионты, фарш, кислотное число, перекисное число, гинкго–билоба.

## CHANGE OF QUALITY INDICATORS OF FORCEMEAT OF HYDROBYONTS WITH PLANT COMPONENTS

N. Golovko, A. Helikh, V. Prymenko, T. Golovko

### Summary

Changes in rheological properties, microbiological and toxicological parameters during storage of minced freshwater hydrobionts with plant components, namely ginkgo–biloba powder in the amount of 1%, 3% and 5% were determined. The water–holding capacity of the developed mince was experimentally investigated. Changes in the effective viscosity of minced hydrobionts after freezing and during storage are determined. The dynamics of water-holding capacity and rheological properties of forcemeats from hydrobionts with plant components and their change in the process of freezing and storage are determined. It was found that all samples of freshwater hydrobionts with ginkgo-biloba powder varied slightly during storage. Minced meat with ginkgo-biloba 1% and 3% have approximately the same effective viscosity. The number of viscosity in all samples shows the rate of destruction of the structure, the smallest value of it in minced meat with the addition of ginkgo-biloba 5%, indicating that the destruction of the structure of this sample occurs to a lesser extent, and most of all - in the sample with the addition of ginkgo-biloba 5%. Organoleptic properties after freezing and during storage of minced freshwater hydrobionts with plant components were investigated. Fat constants such as acid, peroxide, and iodine were obtained. minced freshwater hydrobionts with plant components have been shown to retain their high consumer properties over a specified shelf life of 6 months. As a result of the obtained data, it can be concluded that, within 6 months of storage at minus 18 ° C, the qualitative indices of freshwater mollusk with plant components change within acceptable limits. Acid and peroxide numbers are within the limits of current standards.

**Key words:** freshwater bivalve hydrobionts, minced meat, acid number, peroxide number, ginkgo–biloba.

## ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЗБЕРЕЖЕННЯ ЯКОСТІ ЗАМОРОЖЕНОЇ СУНИЦІ САДОВОЇ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ХАРЧОВОЇ ПРОДУКЦІЇ

Заморська І. Л., д.т.н.,  
Волкова Т. В., викладач,  
Сасс А. В., студентка\*

ORCID: 0000-0002-2767-1176

ORCID: 0000-0003-3083-7971

ORCID: 0000-0001-7840-2024

Уманський національний університет садівництва  
Тел. (04744) 3-22-12

*Постановка проблеми.* На сучасному етапі розвитку технологій заморожування плодоовочевої продукції значна увага зосереджена на доборі придатних для заморожування сортів, способів і методів її попередньої обробки перед заморожуванням з метою отримання споживних властивостей максимально наближених до свіжої сировини [1, 2].

Ягоди суниці – цінний десертний продукт харчування, сировина для кулінарної продукції та переробної промисловості зі значним експортним потенціалом. За даними компанії EastFruit [3], протягом 2018 року експорт замороженої суниці зріс на 24 %, що зумовлено високим попитом на міжнародному ринку.

Проте, якість замороженої суниці зазнає істотних змін внаслідок зміни мікроструктури тканин, зумовлених анатомічними особливостями, формуванням кристалів льоду в міжклітинному просторі, руйнування пектинових речовин в клітинній стінці і серединній пластинці [4]. Висока здатність до змін мікроструктури тканин зумовлена низьким вмістом сухих речовин в ягодах, що рідко перевищує 10 %, а їх елементи мають бути злагоджені в складній полімерній структурі, здатній підтримувати значну кількість води [5].

Консистенція ягід залежить і від структурних особливостей клітин, зокрема їхнього розміру і форми, об'єму міжклітинного простору та товщини клітинної стінки. Внаслідок заморожування відбуваються розриви паренхімних клітин суниці, тоді як клітини епідермісу та ксилеми зберігають цілісність [6].

*Аналіз останніх досліджень.* Задля збереження первинної форми ягоди суниці витримують в розчинах сахарози, гідроколоїдів, кальцію, пектину тощо.

Застосування розчинів сахарози високої концентрації спричиняє зневоднюючу дію зі зменшенням кількості вільної води в ягодах, що зменшує розриви клітинної стінки та перебудовує вміст клітини під

час заморожування [7]. Внаслідок цього зростає сокоутримуюча здатність тканин, поліпшуються органолептичні та реологічні властивості ягід [8].

Використання розчинів кальцію підтримує структуру клітинної стінки плодів через взаємодію з пектиновою кислотою з утворенням пектату кальцію. Високоєфективними є 3 та 6 % розчини хлориду кальцію [4], хлориду кальцію та пектинової метилстерази [9], 1 % лактату кальцію з 0,4 % лимонної кислоти [10].

Позитивний вплив має попередня обробка у розчинах полісахаридів, за рахунок формування на поверхні ягід захисної плівки, зокрема 0,3 % розчину гуарової камеді [11] та 2 %-ного цукрово-пектинового розчину [12].

В останні роки все більшої популярності набувають нетрадиційні вуглеводи з низькою молекулярною вагою та особливими функціональними характеристиками, що суттєво не змінюють органолептичні властивості продукції, до яких належать і мальтодекстрини.

Мальтодекстрини – продукти неповного ферментативного гідролізу крохмалю з ГЕ (глюкозним еквівалентом) 5-25, що широко використовуються при виробництві харчових продуктів, зокрема, дитячого харчування, хлібобулочних і кондитерських виробів, консервованих фруктових та молочних продуктів, десертів, заморожених страв, соусів тощо. Мальтодекстрин має низьку гігроскопічність, легку розчинність, здатність до утворення плівки на поверхні продукції та м'який смак [13].

Доведено позитивний вплив мальтодекстрину як покриття для кубиків яблук з метою формування бар'єру для запобігання поглинання сухих речовин розчину та втрат вологи під час осмотичної дегідратації [14]. При цьому збільшується цілісність шматочків, підвищується механічна міцність під час змішування, зменшуються втрати забарвлення та основних компонентів хімічного складу плодів.

*Формулювання цілей статті (постановка завдання).* Враховуючи необхідність пошуку способів попередньої обробки для збереження форми замороженої суниці з мінімальними змінами смаку, метою дослідження було встановлення впливу розчину мальтодекстрину різної концентрації на фізичні властивості заморожених ягід.

*Основна частина.* Об'єктом дослідження були ягоди суниці сорту Полка. Ягоди отримували в день збирання, сортували, видаляли чашолистки, мили та підсушували.

Для проведення досліджень використовували мальтодекстрин DE 15-20 польського виробництва. З метою оцінювання впливу мальтодекстрину на смак ягід, нами проведено модельний дослід із використанням розчинів концентрацією 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 %. За

контроль приймали ягоди суниці без попередньої обробки.

Органолептична оцінка оброблених та підсушених на повітрі ягід показала, що розчини мальтодекстрину в концентрації 7, 8, 9, 10 % надавали ягодам стороннього присмаку, натомість, ягоди оброблені розчинами нижчої концентрації мали смак властивий свіжій суниці.

Ягоди з відібраних для подальшої роботи варіантів досліджувані заморожували розсипом за температури мінус  $30 \pm 1^\circ\text{C}$ . Заморожену продукцію фасували у пакети з поліетиленової плівки. призначеної для пакування харчових продуктів масою 0,5 кг і зберігали протягом 6-ти місяців за температури мінус  $18 \pm 1^\circ\text{C}$ .

Якість заморожених ягід суниці оцінювали після заморожування, протягом трьох та шести місяців зберігання за змінами маси, кріорезистентності та індексу висоти [11]. Кріорезистентність встановлювали за різницею маси заморожених і дефростованих ягід та виражали у відсотках; індекс висоти – відношенням висоти дефростованих до висоти свіжих ягід у відсотках, приймаючи індекс висоти свіжих ягід суниці за 100 %.

Статистичний аналіз виконували за допомогою програми StatSoft STATISTICA 6.1.478 Russian, Enterprise Single User (2007).

Придатність соковитої рослинної сировини до заморожування характеризується показником кріорезистентності, тобто здатності утримувати вологу після дефростації зберігаючи свою форму. Дослідження кріорезистентності ягід суниці за попередньої обробки в розчинах мальтодекстрину різної концентрації показали її істотні відмінності залежно від концентрації розчину.

Кріорезистентність досліджуваних зразків суниці коливалася в межах від 69,6 % до 92,2 % (рис. 1). Причому, найнижчою вона була у ягід без попередньої обробки. Слід відмітити, що досить низькі показники кріорезистентності пояснюються низьким рівнем сухих розчинних речовин в ягодах, вміст яких на момент досліджень не перевищував 6,6 %.

Підвищення концентрації розчину мальтодекстрину супроводжувалося зростанням їхньої кріорезистентності від 9,5 до 22,6 %, що зумовлено утворенням на поверхні ягід захисної плівки та запобіганням втрат клітинного соку під час дефростації. Впродовж трьох місяців зберігання ягід у замороженому стані спостерігалось неістотне підвищення показників кріорезистентності ягід (на 0,1-0,3 %).

Збільшення тривалості зберігання дослідних зразків суниці до шести місяців зумовило зниження її кріорезистентності на 0,4-0,7 % від попередніх показників, що зумовлено поступовим виморожуванням вологи з продукції. Слід відмітити, що у ягід, які не були попередньо оброблені, або ж за низької концентрації розчину мальтодекстрину, кріорезистентність зменшилася істотно. В цілому, кріорезистентність попередньо оброблених ягід суниці в кінці періоду

зберігання складала 78,8-92,1 %.

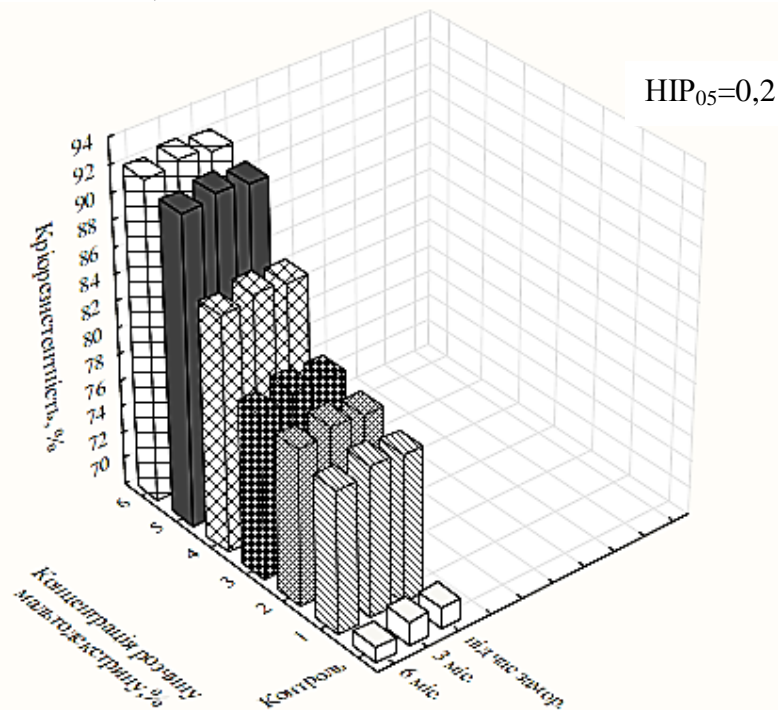


Рис. 1. Кріорезистентність заморожених ягід суниці залежно від концентрації розчину мальтодекстрину та тривалості зберігання, %.

Якість заморожених ягід суниці враховує і їхню форму, що визначається показником «індекс висоти». Встановлено, що індекс висоти заморожених ягід суниці коливався в межах від 78,3% на контролі до 86 % у варіанті з обробкою ягід у розчині мальтодекстрину з концентрацією 6 % (рис. 2). Причому, зі збільшенням концентрації розчину для попередньої обробки ягоди краще зберігали свою форму, що, очевидно, зумовлено збільшенням товщини захисної плівки на поверхні ягід. Гірше утримували форму попередньо не оброблені та оброблені у 1 %-ному розчині мальтодекстрину ягоди.

Протягом трьох місяців зберігання індекс висоти заморожених ягід знизився на 0,1 %-0,3 %, що зумовлено виморожуванням вологи з ягід, за винятком варіанту з обробкою у 6 %-ному розчині мальтодекстрину, де змін не виявлено. Впродовж наступного періоду зберігання індекс висоти замороженої суниці істотно не змінився.

Експериментальними дослідженнями встановлено втрати маси впродовж заморожування на рівні 2,3-3,4 % від маси свіжих ягід. Ягоди заморожені без попередньої обробки втратили 3,4 % маси, натомість, застосування попередньої обробки сприяло зниженню втрат на 0,4-1,1 %. Попередня обробка ягід в розчинах мальтодекстрину з концентрацією 4-6 % спричинила втрати маси на рівні 2,3-2,4 %.

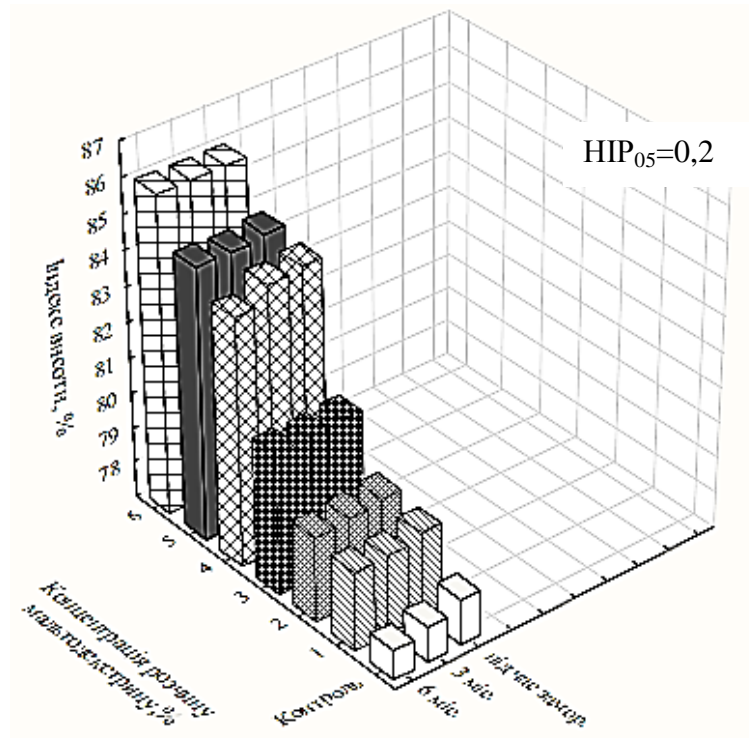


Рис. 2. Індекс висоти заморожених ягід суниці залежно від концентрації розчину мальтодекстрину та тривалості зберігання, %.

Встановлено залежність індексу висоти замороженої суниці від втрат маси та кріорезистентності ягід (рис. 3).

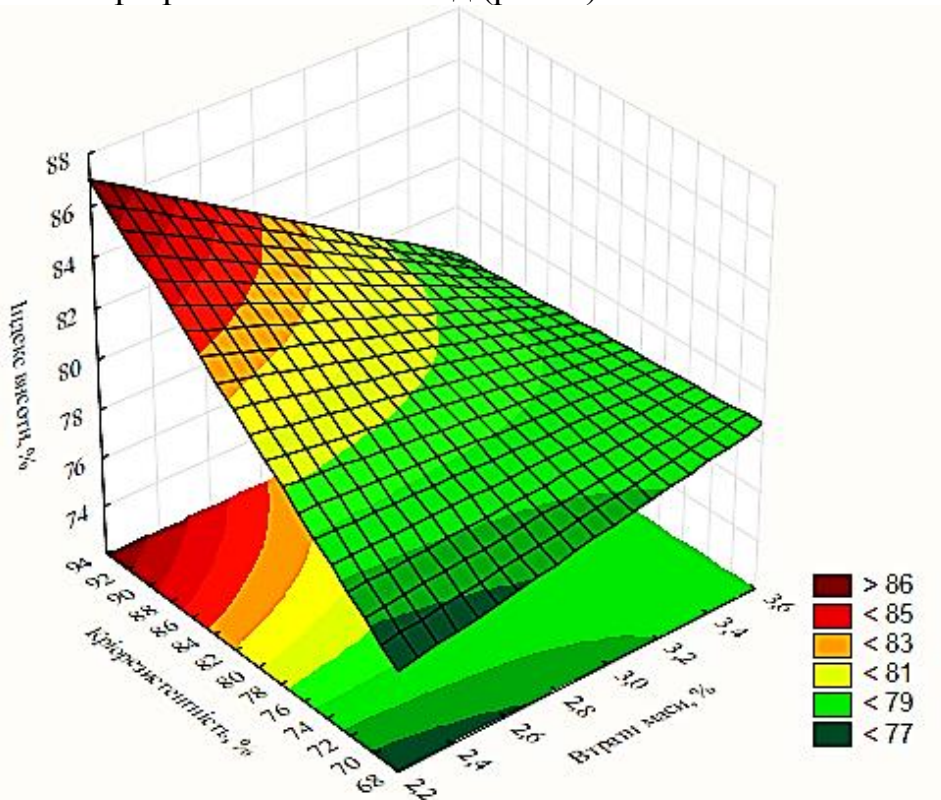


Рис. 3. Залежність індексу висоти заморожених ягід суниці від втрат маси та кріорезистентності.

Краще збереження форми замороженої суниці з індексом висоти на рівні 84 % і вище, можна досягти за умови, коли втрати маси не перевищуватимуть значення 2,5 % за кріорезистентності не нижче 84 %.

З метою об'єктивного встановлення оптимальних значень індексу висоти для замороженої суниці було використано метод оцінки прогнозованих значень і побудови функції бажаності за втратами маси та кріорезистентністю ягід (рис. 4). Мінімально допустимим значенням індексу висоти встановлено 78 %, а максимальним – 90 %.

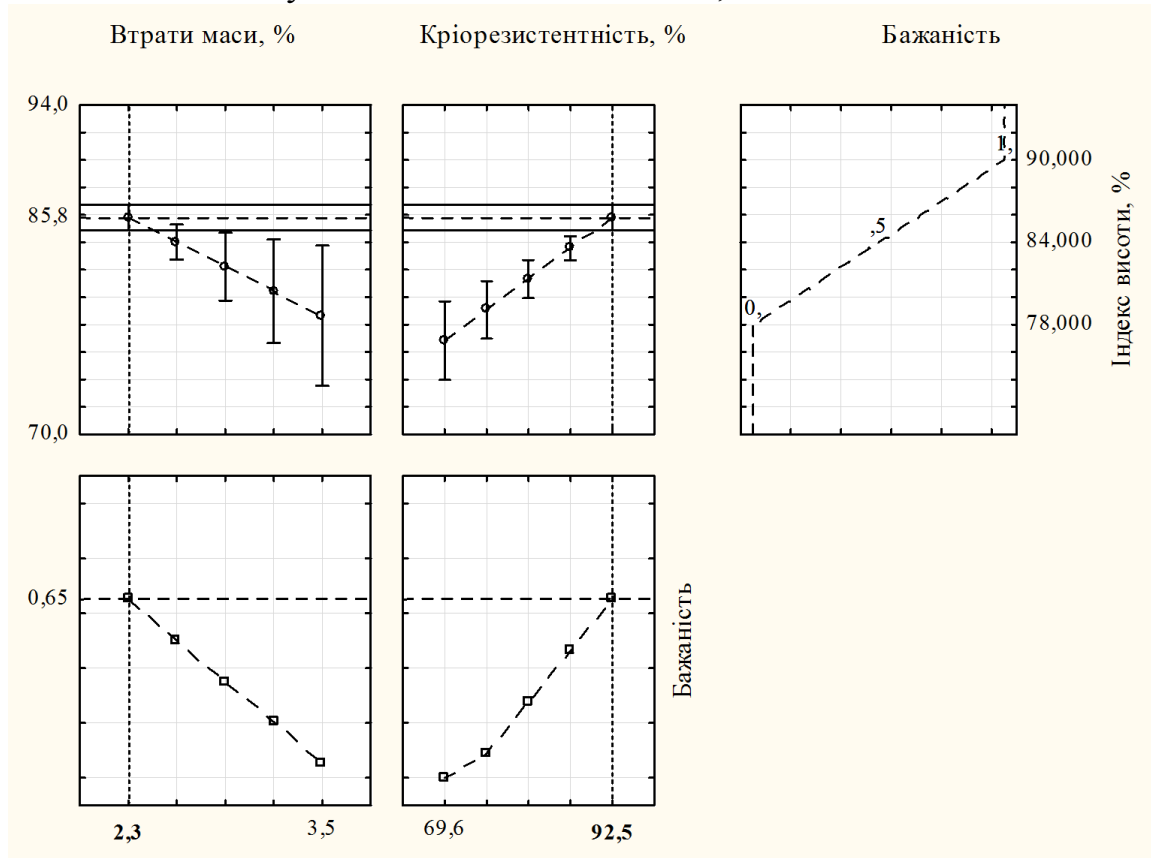


Рис. 4. Профіль прогнозованих значень і функція бажаності за індексом висоти заморожених ягід суниці залежно від втрат маси та кріорезистентності.

Отримані результати свідчать, що задля збереженості форми заморожених ягід суниці з індексом висоти не менше 85,8 % втрати їхньої маси під час заморожування не повинні перевищувати 2,3 %, а кріорезистентність має бути не нижчою 92,5 %. При цьому поставлені перед моделлю вимоги задовольняються на 65 %.

**Висновки.** Застосування розчину мальтодекстрину в концентрації 6 % для попередньої обробки ягід суниці перед заморожуванням сприяє зниженню втрат маси ягід під час заморожування на 1,1 %, підвищенню кріорезистентності – на 22,6 %, а індексу висоти – на 7,3 %. Для збереженості форми заморожених ягід суниці втрати їхньої маси повинні бути нижчими 2,3 %, за кріорезистентності вище 92,5 %.



## Література:

1. Одарченко А. Н., Одарченко Д. Н. Влияние технологических режимов и приемов на качество пищевых продуктов и сырья при замораживании и холодильном хранении: монографія. Харків: ХГУПТ, 2017. 198 с.
2. Белінська С., Орлова Н., Китаєв О. Особливості кристалоутворення під час заморожування суниць. *Товари і ринки*. 2008. № 2. Р. 74–80.
3. Экспорт замороженных ягод принёс Украине рекордную выручку в \$78 млн. URL: <https://delo.ua/business/eksport-zamorozhennyh-jagod-prines-ukraine-rekor-350447> (дата звернення: 09.03.2020).
4. Reno M. J., Prado M. E. T., de Resende J. V. Microstructural changes of frozen strawberries submitted to pre-treatments with additives and vacuum impregnation. *Ciênc. Tecnol. Aliment.* 2011. № 31, № 1. P. 247–256. DOI: 10.1590/S0101-20612011000100038.
5. Suutarinen J., Heiska K., Moss P., Autio K. The effects of calcium chloride and sucrose prefreezing treatments on the structure of strawberry tissues. *LWT-Food Science and Technology*. 2000. Vol. 33, № 2. P. 89–102. DOI: 10.1006/fstl.1999.0616.
6. The effect of different prefreezing treatments on the structure of strawberries before and after jam making / J. Suutarinen et al. *LWT-Food Science and Technology*. 2000. Vol. 33, № 3. P. 188–201. DOI: 10.1006/fstl.2000.0638.
7. Грибова Н. А., Беркетова Л. В. Осмотическая дегидратация ягод: изучение параметров массопереноса. *Вестник ВГУИТ*. 2018. Т. 80, № 2. С. 30–37. DOI:10.20914/2310-1202-2018-2-30-37.
8. Yadav A. K., Singh S. V. Osmotic dehydration of fruits and vegetables: a review. *Journal of food science and technology*. 2014. Vol. 51, № 9. P. 1654-1673. DOI: 10.12692/ijb/4.1.42-57.
9. Modeling of calcium chloride and pectin methylesterase prefreezing treatments of strawberries and jams / J. Suutarinen et al. *Journal of food science*. 2002. Vol. 67, № 3. P. 1240–1248. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2002.tb09484.x.
10. Abd-Elhady M. Effect of citric acid, calcium lactate and low temperature prefreezing treatment on the quality of frozen strawberry. *Annals of Agricultural Sciences*. 2014. Vol. 59, № 1. P. 69–75. DOI: 10.1016/j.aogas.2014.06.010.
11. Белінська С. Оцінка структурно-механічних властивостей швидкозамороженої плодоовочевої продукції. *Харчова та переробна промисловість*. 2008. № 11. С. 23–25.
12. Заморська І. Л. Якість і кріорезистентність заморожених ягід суниць за попередньої обробки в розчинах зі структуроутримуючими властивостями. *Прогресивні техніка та технології харчових*



виробництв ресторанного господарства і торгівлі. Харків: ХДУХТ, 2017. Вип. 2 (26). С.129–136.

13. Hofman D. L., Van Buul V. J., Brouns F. J. P. H. Nutrition, health, and regulatory aspects of digestible maltodextrins. *Critical reviews in food science and nutrition*. 2016. Vol. 56, № 12. P. 2091-2100. DOI: 10.1080/10408398.2014.940415.

14. Khin M. M., Zhou W., Perera C. O. Impact of process conditions and coatings on the dehydration efficiency and cellular structure of apple tissue during osmotic dehydration. *Journal of Food Engineering*. 2007. Vol. 79, № 3. P. 817–827. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2006.02.046.

15. Методические указания по проведению исследований с быстрозамороженными плодами, ягодами и овощами. Москва: ВАСХНИЛ, 1984. 25 с.

## ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЗБЕРЕЖЕННЯ ЯКОСТІ ЗАМОРОЖЕНОЇ СУНИЦІ САДОВОЇ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ХАРЧОВОЇ ПРОДУКЦІЇ

Заморська І. Л., Волкова Т. В., Сасс А. В.

### Анотація

У статті досліджено зміни маси, кріорезистентність та індекс висоти заморожених ягід суниці садової сорту Полка за попередньої обробки в розчинах мальтодекстрину DE 15-20 концентрації 1, 2, 3, 4, 5, 6 %.

Встановлено, що підвищення концентрації розчину мальтодекстрину супроводжувалося збільшенням кріорезистентності ягід на 9,5-22,6 %. Індекс висоти заморожених ягід суниці коливався в межах 78,3-86 %. Під час заморожування втрати маси ягід склали 2,3-3,4 %. Застосування попередньої обробки сприяло зниженню втрат на 0,4-1,1 %.

Доведено, що попередня обробка суниці в 6 %-ному розчині мальтодекстрину знижувала втрати маси ягід на 1,1 %, підвищувала кріорезистентність на 22,6 %, а індекс висоти – на 7,3 %. Для збереження форми заморожених ягід межею допустимих втрат маси є 2,3 % за кріорезистентності понад 92,5 %.

**Ключові слова:** заморожування, суниця, мальтодекстрин, розчин, кріорезистентність, індекс висоти.

## ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СОХРАНЕНИЯ КАЧЕСТВА ЗАМОРОЖЕННОЙ ЗЕМЛЯНИКИ САДОВОЙ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ

Заморская И. Л., Волкова Т. В., Сасс А. В.

### Аннотация

В статье исследованы изменения массы, кріорезистентность и индекс высоты замороженных ягод земляники садовой сорта Полка с предварительной обработкой в растворах мальтодекстрина DE 15-20 концентрации 1, 2, 3, 4, 5, 6 %.

Установлено, что повышение концентрации раствора мальтодекстрина сопровождалось увеличением кріорезистентности ягод на 9,5-22,6%. Индекс высоты замороженных ягод земляники колебался в пределах 78,3-86%. Во время

замораживання потери массы ягод составили 2,3-3,4%. Применение предварительной обработки способствовало снижению потерь на 0,4-1,1%.

Доказано, что предварительная обработка земляники в 6% -ном растворе мальтодекстрина снижала потери массы ягод на 1,1%, повышала криорезистентность на 22,6%, а индекс высоты - на 7,3%. Для сохранения формы замороженных ягод пределом допустимых потерь массы является 2,3% при криорезистентности более 92,5%.

**Ключевые слова:** замораживание, земляника, мальтодекстрин, раствор, криорезистентность, индекс высоты.

## INNOVATIVE TECHNOLOGIES FOR THE PRESERVATION OF FROZEN STRAWBERRIES OF GARDEN VARIETY FOR THE PRODUCTION OF FOOD PRODUCTS

I. Zamorska, T. Volkova, A. Sass

### Summary

This paper is dedicated to establish whether there is an influence of maltodextrin solution of different concentrations on the physical properties of frozen strawberries of garden Polk variety. Previously prepared berries were dipped in solutions of maltodextrin DE 15-20 with concentrations of 1, 2, 3, 4, 5, 6%, dried in air and frozen while being scattered at a temperature minus  $30 \pm 1$  ° C. Frozen products were packaged in plastic packages made out of polyethylene film intended for packaging of food products weighing 0,5 kg, and stored for 6 months at a temperature of minus  $18 \pm 1$  °C. For control measurements berries without prior treatment were taken.

The quality of frozen strawberries was assessed according to the changes in mass, cryo-resistance and height index. Cryo-resistance was expressed as a percentage of a change of the weight of the strawberries in frozen and defrosted states; height index was expressed as the ratio of the height of defrosted to the height of fresh berries, taking the height index of fresh strawberries as 100%.

It has been examined that cryo-resistance of the frozen strawberries ranged from 69,6% to 92,2% with significantly lower values in berries without prior treatment. As the concentration of maltodextrin solution was increased, cryo-resistance of berries also increased by 9,5-22,6% due to formation of a protective film on the surface of the berries. During the storage of frozen berries, their cryo-resistance gradually decreased.

The height index of frozen strawberries was established in the range of 78,3-86,0% with the significant advantage of the berries treated with maltodextrin solution with a concentration of 6%. During long-term storage, the height index of the berries did not change significantly.

During the freezing process berries lost from 2,3 to 3,4% of their mass. The use of prior treatment contributed to the reduction of losses by 0,4-1,1%.

It was proved that preliminary treatment of strawberries in a 6% solution of maltodextrin reduced the mass loss of berries by 1,1%, and increased cryo-resistance by 22,6% and height index by 7,3%. In order to save the shape of frozen berries, the mass loss should be less than 2,3%, with cryo-resistance of more than 92,5%.

**Key words:** freezing, strawberry, maltodextrin, solution, cryoresistance, height index.

## ВІДОМОСТІ ЩОДО ВИРОБНИЦТВА ПЛОДОВО-ЯГІДНИХ ВИН В УКРАЇНІ

Загорко Н. П., к.т.н.,

ORCID: 0000-0003-4828-5343

Коляденко В. В., ст. викладач,

ORCID: 0000-0002-0949-1374

Кашуба А. А., магістр

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

*імені Дмитра Моторного*

Тел. (0619) 44-81-03

*Постановка проблеми.* В Україні плодово-ягідне виноробство до 1985 року розвивалося як виробництво вин із дикорослої сировини та садових плодів та ягід. Об'єм виробництва становив 52 млн. дал плодово-ягідних вин. У зв'язку з антиалкогольною компанією за короткий період цей напрямок майже припинив розвиток і виробництво плодово-ягідних вин скоротилося в 1990 році до 1,0 млн. дал. Тільки в Україні було закрито і перепрофільовано 800 заводів, цехів, технологічних ліній у первинному і вторинному виноробстві. Хоча наука напрацювала більше 100 новітніх конкурентоспроможних розробок: технологій і рецептур плодово-ягідних вин, бальзамів, соків, нектарів, напоїв безалкогольних та іншої продукції [1-4].

Площі садів зменшилися з 922 до 336,6 тис.га. Економіка отримала великі збитки, наслідки яких відчуються і сьогодні. В даний час втрачається або використовується не раціонально до 40 – 50 % врожаю плодів і ягід. В результаті держава не доотримує близько 1 млрд. дол. США, а населення – натуральні цінні продукти харчування. У той час, як у наших сусідів (Білорусі) виробництво плодово-ягідних вин збільшилося у 5 разів – з 5 до 25 млн. дал. Плодово-ягідні вина практично виробляють у всіх країнах світу, а особливо активно – в США, Франції, Великобританії, Німеччині, Італії, Росії, Китаї. Українські вина завоюють світ лише тоді, коли ми будемо розвивати місцеве виробництво і використовувати напрацювання науковців. Продукція фермерського терауарного виробництва за якістю часто переважає виноробну продукцію великих підприємств [9, 10].

*Аналіз останніх досліджень.* Українські вчені і фахівці, починаючи з Симиренка, не уявляли вирощування плодів та ягід без зберігання та переробки. Виробництво напоїв та інших продуктів на основі фруктів, ягід, меду, горіхів і трав – це реальний шанс для садівничих підприємств вийти на нові ринки збуту, шляхом впровадження інноваційних технологій переробки: заморожування,

сушки, консервування, виробництва джемів, пюре, виготовлення плодово-ягідних вин, вермутів, сидрів, натуральних соків.

На науково-практичних конференціях, які відбулися у м. Львові (2016 р.), в м. Вінниці (2017 р.), в м. Черкаси (2019 р.) «Від землі – до готового продукту» розглядалися питання інноваційних технологій переробки плодово-ягідної сировини з метою отримання високоякісної вітчизняної продукції переробних підприємств. Харчова та переробна промисловість переробляє близько 25 % зібраного урожаю, в той час, як у країнах Західної Європи цей показник досягає 60 %.

В Україні більше 100 підприємств займаються переробкою плодово-ягідної продукції. Щорічно на потреби переробної галузі спрямовується близько 600 тис. т фруктів. Загалом на внутрішньому ринку представлено близько 20 видів продукції, отриманої в результаті переробки плодів і ягід. А виробництво алкогольних напоїв здійснюють 20 підприємств. Катастрофічно не вистачає потужностей для переробки садової продукції. Загального асортименту переробленої плодово-ягідної продукції недостатньо для задоволення потреб внутрішнього ринку, тому для вітчизняних фермерів відкривається перспективний напрям бізнесу, всі інструменти для заснування якого були висвітлені на конференціях [5, 6, 11].

За даними Держслужби статистики України динаміка виробництва плодів, ягід і винограду надана в таблиці 1.

Таблиця 1 – Динаміка виробництва плодів, ягід та винограду усіма категоріями господарств України та їх використання

Найменування	2000	2005	2010	2014	2015	2016	2017	2018
Культури плодові і ягідні, тис.	1452,6	1669,9	1746,5	1999,1	2152,8	2007,3	2048	2571,3
Виноград, тис. т	513,8	442,6	407,9	435,6	386,3	377,8	409,6	467,6
Переробка на вино разом з виноградом тис.	336	450	548	491	355	478	497	597
Імпорт, тис. т	179	860	1130	856	588	732	819	878
Експорт, тис. т	88	305	353	350	324	283	291	331
Витрачено на корм та втрати, тис. т	81	191	170	231	218	213	225	285
Фонд споживання, тис. т	1439	1750	2203	2249	2179	2119	2242	2445
У розрахунку на 1 особу, кг	29,3	37,1	48,1	52,3	50,9	49,7	52,8	57,8

Раціональна норма споживання плодів, ягід і винограду в рік становить 90 кг. Мінімальна – 68 кг.

Культура споживання вина в Україні формується дедалі стрімкіше. Щороку збільшується попит на сухі вина, а також напівсолодкі. Наприкінці 2018 року Держстат оцінив зростання споживання вина на 20 %. Чи зможуть вітчизняні виробники і надалі задовольняти попит внутрішнього ринку та витримувати конкуренцію хоча б з Молдовою та Грузією [9, 10]?

*Формулювання цілей статті.* Запорізька область відноситься до тих регіонів України, у яких наявність родючих ґрунтів, сприятливий клімат створюють хороші передумови для розвитку високотоварного садівництва, а також є одним з небагатьох регіонів, де вирощується черешня. Кліматичні умови сприяють вирощуванню практично всіх плодкових і ягідних культур. За рахунок природно – сортової культури різні регіони області спеціалізуються на вирощуванні садівництва: Михайлівський район – вирощуванні яблуні; Якимівський, Мелітопольський – черешні; Бердянський – вишні, ягідників; Запорізький яблуні, ягідників. Сконцентровані багаторічні насадження – у Запорізькому районі біля 6 %, Михайлівському – біля 6,5 %, Якимівському – біля 10%, Василівському – 11,5 %, Мелітопольському – понад 30 %. Площі черешневих садів за останні роки збільшуються і становлять понад 35% від загальної площі багаторічних насаджень, в т. ч. в Мелітопольському районі біля 50 % [7 – 10].

Без удаваної сором'язливості можна сказати, що українські сорти черешні дуже смачні. Багато сортів перевершують світові аналоги. І не можна переоцінити заслуги вчених Мелітопольської дослідної станції садівництва імені Михайла Федоровича Сидоренка Інституту садівництва НААН України у селекції черешні і досягненні особливо вагомих результатів. Науковцями виведено і районовано 43 сорти, за якими Дослідна станція є провідною науковою установою в світі. 12 ранніх сортів черешні – Валерій Чкалов, Дебют, Ласуня, Мелітопольська рання, Мелітопольська червона, Присадибна, Казка, Шанс та інші. 14 сортів середнього терміну дозрівання – Вінка, Дачниця, Ділема, Міраж, Тавричанка, Талісман та інші. 16 сортів пізнього строку дозрівання – Анонс, Аншлаг, Дружба, Зодіак, Крупноплідна, Улюблениця Туровцева, Мелітопольська чорна та інші.

Чим корисна черешня? Вона дозріває раніше інших плодів і тим самим відкриває сезон споживання свіжих плодів в регіоні і Україні. В плодах черешні, в залежності від терміну дозрівання, накопичується від 14 до 18 % сухих речовин, а деяких сортах і до 26 %, цукрів – від 8,7 до 15 %, органічних кислот – 0,35 – 1,5 %, вітаміну С – від 4,0 до 12 мг/100г сирової речовини. В плодах черешні містяться пектинові

речовини, каротин, нікотинова кислота, великий спектр фенольних з'єднань та безліч інших цінних біохімічних елементів.

Споживають черешню в свіжому вигляді, а також для приготування прекрасних смачних компотів, сухофруктів, цукатів, варення, джемів, замороженої продукції, вин, настоянок, міцних та безалкогольних напоїв.

*Метою нашої наукової роботи є дослідження сировинної бази в умовах Південного степу України для виробництва плодово-ягідних вин, в тому числі черешневої сировини.*

Плодово-ягідні вина, як і виноградні, є приємними на смак корисними напоями. Харчова цінність їх обумовлена вмістом в них різних біохімічних з'єднань, які переходять у вино з сировини. Розширення асортименту і покращення якості вин в значній мірі залежить від асортименту і якості сировини, її удосконалення. В розвитку плодово-ягідного виробництва велику роль зіграли дослідження вітчизняних вчених Скрипникова Ю. Г., Токар А. Ю., Литовченка О. М. та багатьох інших. Над проблемою збільшення виробництва вітчизняної продукції, покращенню якості плодово-ягідних вин, здешевлення виготовлення, в т.ч. і за рахунок прийняття законодавчих актів, збільшення асортименту, виходу на міжнародні ринки, зменшення кількості імпортової продукції в Україні займаються науково-дослідні інститути, дослідні станції та інші наукові установи державного та приватного підпорядкування.

Як вважає провідний український фахівець плодово-ягідного виноробства професор Олександр Литовченко – вино можна зробити з усіх плодових і ягідних культур і для цього в Україні існують всі умови. Під його керівництвом була розроблена нормативно-технічна документація – всі технологічні інструкції та правила виробництва плодово-ягідних вин високої якості та на сучасному рівні [10].

*Основна частина.* Плодово-ягідні вина необхідно виробляти з сортових плодів, які могли б конкурувати на міжнародному ринку, мати високу якість та бренди.

З метою вивчення та підбору сировини для виробництва сортових вин на кафедрі харчових технологій та готельно-ресторанної справи Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного розпочато дослідження технології виробництва вина із найбільш розповсюджених в регіоні сортів черешні Валерій Чкалов та Крупноплідна.

Сорт черешні Валерій Чкалов, ранній, виведений із сорту Кавказька рожева вільним опиленням – авторами М. Т. Оратовським та С. В. Жуковим. Плоди крупні, масою 6 – 8 грам, широкосерцевидні з притупленою верхівкою, м'якоть темно-червона з рожевими прожилками, напівхрящувата, соковита. Сік інтенсивно темно червоний. Вміщує сухих речовин 13,5 %, цукрів – 10,7 %, кислот

органічних – 0,6 %, аскорбінової кислоти – 21,5 мг на 100 г сирової маси. Кісточка крупна, масою 0,37 г, майже кругла, добре відділяється від м'якоти. Плодоніжка довжиною 40 – 45 мм, відділяється разом з видаленням соку. Сорт десертного призначення, а також придатний для промислової переробки. Продуктивність середня складає 62 кг з дерева, максимальна – 174 кг у віці 12 років. Основним недоліком є ураження коккомікозом і нестійкість до сірої гнилі.

Сорт Крупноплідна – пізнього терміну дозрівання, відрізняється високою і стабільною врожайністю, крупними транспортабельними плодами. Виведений вченими Мелітопольського НДІ зрошувального садівництва М. Т. Оратовським і Н. І. Туровцевим методом запилення сорту Наполеон біла пилком сорту Жабуле і Валерій Чкалов. Плоди дуже крупні, масою 12 – 14 г, щільні, темно-червоні, з темно-червоною м'якоттю, кисло-солодкі, шкірочка тонка, але міцна. Кісточка велика, легко відділяється від м'якоти. Плоди універсального призначення, які придатні як для вживання в свіжому вигляді, так і для переробки. Врожайність за перші 7 років плодоношення складає 76,2 кг з дерева. Плоди відрізняються хорошою транспортабельністю і стійкістю до бактеріального раку. Новий гібрид наслідував все найкраще від своїх попередників: крупний розмір плодів, соковитість, солодкість плодів. Недоліком сорту є розтріскування ягід при надлишку вологи і наявність сортів опилувачів [2].

Планом науково-дослідної роботи лабораторії зберігання і переробки сільськогосподарської продукції НДІ Агротехнологій та екології було вивчення технології виробництва натуральних сортових некріплених плодово-ягідних вин із вище зазначених сортів черешні. Ці вина виготовляють шляхом зброджування підцукрених плодово-ягідних соків з наступним додаванням цукру до встановлених кондицій. Такі вина можуть бути сортовими і купажними. Сортіві вина готують із одного виду плодів і ягід або з додаванням соків інших видів, але не більше 20 %. Натуральні вини відрізняються від кріплених більш високою якістю, т. я. при їх виробництві застосовують більш тривале зброджування суслу до 120 днів і витримку виноматеріалів до 210 діб. Технологічний процес виробництва складається з трьох етапів: отримання соків, виробництво виноматеріалів і виробництво вина [4].

З метою отримання плодово-ягідного вина були виконані такі основні технологічні операції: збирання плодів черешні у підсобному господарстві ТДАТУ, транспортування на виробництво, зберігання, миття, інспекція, подрібнення, попереднє настоювання на м'яззі, вилучення суслу самопливу, відстоювання, додавання вичавки води (не більше 30% до маси вичавок), повторне настоювання з метою максимального вилучення екстрактивних речовин, отримання суслу пресових фракцій, з'єднання з суслем самопливом, відстоювання з сульфитацією, зброджування з попереднім внесенням цукру з

розрахунку загального вмісту  $270 \text{ г/дм}^3$  та розводку чистих культур дріжджів (раса “Вишнева-33”) у кількості 3 % при температурі  $18 - 20^\circ\text{C}$  протягом 30 діб ( бурне зброджування) і протягом 30 діб – доброджування до накопичення етилового спирту 16 % об. Зброджування проводилося без доступу кисню повітря. Після чого виноматеріал освітлювали з додаванням бентоніту з розрахунку  $20 - 40 \text{ г на дм}^3$  ( в залежності від наявності завислих речовин і пробного оклеювання), знімали з осаду, купажували, здійснювали відпочинок, фільтрували, відправили на витримку.

Технологічна схема виробництва натурального некріпленого вина складається зі зброджування сусла – 60 діб, освітлення і обробка бентонітом – 10 діб, переливка – 1 доба, відстоювання – 10 діб, переливка – 1 доба, купаж – 1 доба, відпочинок – 9 діб, фільтрація – 1 доба, витримка – 210 діб.

В результаті отримали виноматеріал з вмістом спирту 16 % об., кислотністю  $8,0 \text{ г/дм}^3$ .

*Висновки.* У світі всі країни приділяють велику увагу плодoperеробній промисловості, в т. ч. плодово-ягідному виноробству. Англія, Франція, Німеччина, Китай, Японія, Фінляндія та інші виробляють вина, натуральні напої та соки, сидри, використовуючи практично весь спектр плодів та ягід. Цей вид діяльності закріплений законодавчою базою. Активно здійснюється експорт продукції в інші країни світу, в т.ч. і в Україну.

Плодівництвом в Україні, як і плодово-ягідним виноробством, свого часу займалися всі 25 областей. Перероблялося близько 1,2 млн. т плодів і ягід. Працювало 461 підприємство потужністю 1062 тис.т в рік. Нині ж із них працює біля десятка.

У практичному плані ми відстали від Білорусі, Молдови та інших країн, а в науковому поки що випереджаємо їх і маємо можливість відновити плодово-ягідне виноробство на сучасному конкурентоспроможному рівні згідно з вимогами СОТ. Науковими дослідженнями в цій галузі активно займаються в Інституті садівництва НААН України, регіональних державних дослідних станціях, приватних установах.

Питаннями подальших досліджень є використання місцевих рослинних ресурсів України для створення терруарного виноробства фермерськими господарствами, створювати нові вітчизняні конкурентоспроможні види плодово-ягідної продукції для внутрішнього споживання та експорту.

На державному рівні створювати відповідну законодавчу базу, яка б дозволяла забезпечувати розвиток переробних підприємств з отриманням прибутків, забезпечення населення робочими місцями і розширенням асортименту.



## Література:

1. Литовченко О. М. Відновити національне плодово-ягідне і медове виноробство. *Technodrinks. Info*: веб-сайт. URL: <http://techdrinks.info/ru/news/vidnovyty-natsionalne-plodovo-yahidne-i-medove-vynorobstvo> (дата звернення: 21.02.2020).
2. Литовченко О. М. Кращі сорти плодових і горіхоплідних культур української селекції. Київ: Преса України, 2011. 144 с.
3. Литовченко О. М. Токар А. Ю. Виноробство із плодів та ягід. Умань: УВП, 2007. 432 с.
4. Литовченко О. М. Тюрін С. Т. Справочник по плодово-ягодному виноделию. Днепропетровск: Січ. 2002. 509 с.
5. Куц А.М. Технологія напоїв із плодово-ягідної сировини: конспект лекцій. Київ: НУХТ, 2009. 70 с.
6. Матеріали Другої міжнародної науково-практичної конференції “Технології та інновації: від землі до готового продукту” 22-23.06 2018 р.
7. Легеза Д. Г. Ефективність виробництва плодово-ягідної продукції в Південному степу України: дис... канд. екон. наук: 08.07.02. Київ: 2005. 170 с.
8. Аграрна політика Європейського Союзу: виклики та перспективи: монографія / ред. Т. О. Зінчук. Київ: Центр учбової літератури, 2019. 494 с.
9. Сита Є. М. Тенденції та перспективи розвитку виноробних підприємств України в умовах євроінтеграції. *Аграрна політика Європейського Союзу: виклики та перспективи: монографія* / за ред. Т. О. Зінчук. Київ: Центр учбової літератури, 2019. С. 453-465.
10. Виноградарство та виноробство сьогодні: вектор руху та розвитку галузі. URL: [www. Sengenta.ua](http://www.Sengenta.ua) (дата звернення: 16.02.2020).
11. Бондаренко С. А. Теоретико-методологічні засади системи забезпечення стійкого інноваційного розвитку виноробних підприємств: дис.... докт. екон. наук: 08.00.04. Одеса, 2018. 775 с.

## ВІДОМОСТІ ЩОДО ВИРОБНИЦТВА ПЛОДОВО-ЯГІДНИХ ВИН В УКРАЇНІ

Загорко Н. П., Коляденко В. В., Кашуба А. А.

### Анотація

У статті наведені відомості щодо виробництва плодово-ягідної продукції в Україні. Відмічене різке зменшення площ садів і валового збору плодово-ягідної продукції в кінці дев'яностих років минулого і на початку нинішнього століття. У зв'язку з цим виробництво продукції з плодів та ягід, в т. ч. і вин плодово-ягідних, також різко знизилося. Збанкрутували і перестали існувати багато переробних підприємств, які давали значні прибутки до бюджету держави. Місце вітчизняної продукції в торговельній мережі зайняла імпортна, т.я. майже всі країни Європи і світу збільшують виробництво продукції у із плодів та ягід. Ситуація почала змінюватись після двохтисячного року: площі садів поступово почали

збільшуватись і наростало виробництво плодових і ягідних соків, але не плодово-ягідних вин. Хоча передумови для їх виробництва є. Науковцями розроблена нормативно-технічна документація, розроблено технологічні інструкції, рецептури, державні стандарти, працюють науково-дослідні інститути, регіональні дослідні станції, створюються і приймаються закони і постанови на покращення умов для розвитку виноробної галузі. Питаннями вивчення сировинної бази і удосконалення технології переробки плодово-ягідної продукції в південно-східному регіоні України займаються і співробітники кафедри харчових технологій і готельно - ресторанної справи Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного. Вивчаються сорти черешні і особливості технології її переробки на вино та іншу продукцію.

**Ключові слова:** плоди, ягоди, переробні підприємства, плодово-ягідне виноробство, технологія, черешня.

## СВЕДЕНИЯ О ПРОИЗВОДСТВЕ ПЛОДОВО-ЯГОДНЫХ ВИН В УКРАИНЕ

Загорко Н. П., Коляденко В. В., Кашуба А. А.

### Аннотация

В статье приведены сведения о производстве плодово-ягодной продукции в Украине. Отмечено резкое снижение площадей садов и валового сбора плодово-ягодной продукции в конце девяностых годов прошлого, начале двухтысячных годов нынешнего столетия. В связи с этим производство продукции из плодов и ягод, в т. ч. и вин плодово-ягодных, также резко снизилась. Обанкротились и перестали существовать много перерабатывающие предприятия, которые приносили большие прибыли бюджету государства. Место отечественной продукции в торговой сети заняла импортная, т. к. почти все страны Европы и мира увеличивают производство продукции из плодов и ягод. Ситуация начала меняться после двухтысячного года: площади садов постепенно начали увеличиваться и наростало производство плодовых и ягодных соков, но не плодово-ягодных вин. Хотя предпосылки для их производства есть. Учеными разработана нормативно-техническая документация, разработаны технологические инструкции, рецептуры, государственные стандарты, работают научно-исследовательские институты, региональные исследовательские станции, разрабатываются и принимаются законы и постановления для улучшения условий для развития винодельческой отрасли. Вопросы изучения сырьевой базы и усовершенствования технологии производства плодово-ягодной продукции в юго-восточном регионе Украины занимают и сотрудники кафедры пищевых технологий и готельно-ресторанного дела Таврического государственного агротехнологического университета имени Дмитрия Моторного. Изучаются сорта черешни и особенности ее переработки на вино и другую продукцию.

**Ключевые слова:** плоды, ягоды, перерабатывающие предприятия, плодово-ягодное виноделие, технология, черешня.

## INFORMATION ABOUT PRODUCTION OF FRUIT-BERRY WIENS IN UKRAINE

N. Zahorko., V. Koliadenko., A. Kashuba

### Summary

In the article information over is brought about the production of fruit and berry goods in Ukraine. The fall-off of areas of gardens and gross collection of fruit and berry products is marked at the end of the ninety of the past, beginning of two-thousand years of present century. In this connection production of goods from garden-stuffs and berries, including wiens fruit and berry, also went down sharply. Went bankrupt and left off to exist much processing enterprises which brought in large returns to the budget of the state. Place of domestic products in a trade network was taken the by imported, because the almost entire countries of Europe and world increase the production of goods from garden-stuffs and berries. A situation began to change after a two-thousand year: the areas of gardens gradually began to increase to accrued production of fruit and baccate juices, but not fruit and berry wiens. Although pre-conditions are for their production. Scientists are work out normatively-technical documentation, technological instructions, compounding, state standards, are worked out, research institutes, regional research stations, work, laws and decisions are developed and accepted for the improvement of terms for development of wine-making industry. The questions of study of source of raw materials and improvement of technology of production of fruit and berry goods the employees of department of food technologies and hotel and restaurant business of the Dmytro Motornyi Tavria state agrotechnological university engage in the south-east region of Ukraine. The sorts of merry and feature of her processing are studied on wine and other products.

**Key words:** garden-stuffs, berries, processing enterprises, fruit and berry wine making, technology, cherry.

УДК: [664.149:635.62]:613.2 DOI: 10.31388/2078-0877-20-2-220-230

## РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОЦІНКА ЯКОСТІ ЗЕФІРУ ПІДВИЩЕНОЇ ХАРЧОВОЇ ЦІННОСТІ

Прісс О. П., д.т.н.,

ORCID:0000-0002-6395-4202

Жукова В. Ф., к.с.-г.н.

ORCID: 0000-0002-1963-659X

*Таврійський державний агротехнологічний університет**імені Дмитра Моторного*

Тел. (0619) 44-81-03

*Постановка проблеми.* За даними ФАО, у світі більше 1,9 млрд дорослих мають надлишкову вагу чи страждають ожирінням; 33,8 млн дітей у віці до 5 років мають надлишкову вагу. Поряд з цим, 2 млрд людей страждають від дефіциту мікронутрієнтів, особливо вітаміну А, йоду заліза, цинку та інших. Це так званий «прихований голод» [1]. Вищесказане вимагає постійної уваги фахівців сфери харчування щодо розробки харчових продуктів і раціонів збагачених цінними нутрієнтами.

Сьогодні тренд здорового харчування, функціональних і фортифікованих продуктів підтримується виробниками та споживачами всього світу [2-5]. Для збереження конкурентоспроможності підтримати цю тенденцію намагаються і заклади ресторанного господарства. Тож не дивно, що сьогодні знижується калорійність їжі [6, 7] і заклади харчування все частіше пропонують відвідувачам органічні, вегетаріанські, діабетичні страви, продукти функціонального призначення тощо [8, 9].

*Аналіз останніх досліджень.* Солодкі страви чи десерт є невід'ємною частиною меню закладів ресторанного господарства. Як правило, це висококалорійна продукція, що має значний вміст простих вуглеводів і ліпідів. Через дефіцитний рівень вітамінів, біологічно активних речовин, функціональних інгредієнтів у своєму складі, вони мають низьку біологічну цінність [10].

Зефір – популярний пастильний виріб на основі структуроутворювача, масова частка фруктової (овочевої) сировини в якому становить не менше 11% [11]. З широкою доступністю структуроутворювачів та можливістю застосовувати різноманітні смакоароматичні компоненти, такий десерт у різних варіаціях (на печиві, бісквіті, наповнювач тістечок) потрапляє до меню закладів харчування. Проте, енергетична цінність 100 г зефіру досить висока: 304...399 ккал.

За традиційною рецептурою для виробництва зефіру потрібні наступні компоненти: яблучне пюре; цукор-пісок; білок яєчний; вода;

агар, ванільна есенція, кислота молочна [12].

Харчову та органолептичну цінність зефіру можна підвищити шляхом введення в класичну рецептуру збагачуючих натуральних добавок, природних інгредієнтів з високим вмістом мікронутрієнтів [13]. З метою збагачення пастильних виробів цінними нутрієнтами було розроблено рецептури з дієтичними добавками Ламідан та Цикорлакт [14]. Підвищує білкову цінність пастильних виробів біомодифікований продукт з вівса та ячменю [15]. Для профілактики йододефіциту, ожиріння та цукрового діабету у рецептуру пастильних виробів вводять стевію та еламін [16]. Зефір збагаченого складу, із зниженою кількістю цукру, підвищеним вмістом харчових волокон отримують при використанні пасти з цукрового буряка [17]. До основних напрямків підвищення якості та розширення асортименту зефіру відносять розширення видів натуральних добавок та начинок, підвищення харчової цінності, виробництво виробів функціонального призначення [18].

В якості збагачувача нашу увагу привернула така овочева культура як гарбуз. За літературними даними його хімічний склад особливо багатий на каротиноїди та інші біологічно активні речовини з фармакологічними та антиоксидантними властивостями [19, 20]. Окремі каротиноїди гарбуза є попередниками вітаміну А, інші ж мають цінність проти дегенеративних та серцево-судинних захворювань та деяких видів раку [21]. Функціональне значення каротиноїдів гарбуза ( $\beta$ -каротину, віолаксанту, кукурбітаксантіну,  $\alpha$ -кріпоксантіну,  $\beta$ -кріпоксантіну, лютеїну, зеаксантину тощо) забезпечується антиоксидувальними, радіопротекторними, антиканцерогенними властивостями [22]. Мінеральні речовини м'якоті представлені більшою мірою К (263 мг/100 г), Mg (15 мг/100 г), Ca і P (по 24 мг/100 г) [23]. Харчові волокна забезпечують пребіотичний, детоксикаційний ефект. Гарбузова м'якоть є значним джерелом пектинових речовин, масова доля яких становить близько 0,4%. Крім того, в складі плодів містяться цукри (доля моноцукрів – близько 52-91% від загального вмісту цукрів), органічні кислоти (0,8-2,9%), вітаміни: С (8–20 мг/100 г), групи В, Е, РР, Т.

Під час дослідження якості збивної начинки встановлено, що пюре з гарбуза на заміну яблучного пюре забезпечує отримання продукту високої якості [24]. Гарбузове пюре містить високоетерифікований пектин зі ступенем етерифікації 58-60%, а такі пектини створюють не термозворотні гелі [25].

Доцільність варіювати великою кількістю компонентів при виробництві пастильних виробів є можливою лише за умови відповідності готової продукції вимогам повноцінного харчування. Для кількісної та якісної збалансованості харчових інгредієнтів у зефірі потрібні наукові дослідження.

*Формулювання цілей статті.* Для корекції смако-ароматичних характеристик зефіру, підвищення його вітамінної складової та удосконалення консистенції виробу проводили дослідження рецептурних композицій з різним складом і співвідношенням інгредієнтів. В якості натурального збагачувача в дослідних зразках використовували гарбузове пюре. При цьому досить цікавим вважаємо встановлення впливу хімічного складу гарбуза різних сортів в поєднанні з іншими компонентами зефірної маси на показники готової продукції. Важливо встановити втрати біологічно активних речовин та зміни хімічного складу під час виготовлення зефіру для оцінки технологічних та біологічних властивостей функціональних компонентів.

У зв'язку з цим метою дослідження є розробка зефіру з функціональними властивостями для закладів ресторанного господарства. В рамках сформульованої мети вивчали деякі показники хімічного складу гарбуза і гарбузового пюре двох господарсько-ботанічних сортів, удосконалювали рецептуру, аналізували консистенцію та показники якості готових виробів.

*Об'єкти і методи дослідження.* Дослідження проводилися впродовж 2019-2020 рр. на базі лабораторій Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного.

Для збагачення складу зефіру використовували свіжоприготоване пюре гарбуза двох видів і сортів: «Мускат Де Прованс» (*Cucurbita moschata Duch*) і «Ждана» (*Cucurbita maxima Duch*). Пюре з гарбуза виготовляли класичним способом. Свіжий гарбуз мили, видаляли неїстівні частини, подрібнювали та уварювали впродовж 4-5 хвилин після закипання до вмісту сухих речовин  $15 \pm 1\%$ . Далі пюре гарбуза охолоджували, подрібнювали блендером.

У дослідну рецептуру зефіру вводили пектин - природний желуючий і структуроутворюючий компонент. Окрім високих технологічних показників, він має широкий спектр функціональних властивостей для організму [26], основні з яких: бактерицидна, адсорбуюча дія; виведення токсинів, важких металів, радіонуклідів. Для регулювання смако-ароматичних властивостей для посилення можливого функціонального ефекту, використовували свіжоприготований сік червоного грейпфруту та мелену корицю. Як стверджують науковці, вживання грейпфруту сприяє зниженню ваги та прискоренню метаболізму у пацієнтів з ожирінням [27]. Хімічне профілювання компонентів кориці підтверджує її біологічну активність, включаючи протимікробну, протівірусну, антиоксидантну, протипухлинну, антигіпертензійну, антиліпемічну, антидіабетичну, гастропротекторну та імуномодулюючу. Крім того, ця спеція проявляє біоактивність до метаболічного синдрому, пов'язаного з діабетом [28].

В якості контрольного варіанту використовували гарбузовий зефір на агарі, виготовлений за традиційною технологією без додавання пектину.

Органолептичну оцінку готового зефіру здійснювали за бальною шкалою від 0 до 3, оцінюючи смак, аромат, колір, консистенцію, зовнішній вигляд (форму).

В процесі досліджень за загальноприйнятими методиками визначали загальний вміст сухих речовин, вміст сухих розчинних речовин, загальний вміст цукрів, титровану кислотність, каротиноїдів та аскорбінової кислоти [29].

*Результати досліджень.* Хімічний склад плодів гарбуза відрізнявся в залежності від сортових особливостей, що вплинуло і на хімічний склад охолодженого гарбузового пюре (таблиця 1).

Таблиця 1– Хімічний склад гарбуза і гарбузового пюре

$M \pm m, n=3$

Показники	Свіжий гарбуз		Гарбузове пюре	
	Мускат Де Прованс	Ждана	Мускат Де Прованс	Ждана
Сухі речовини, %	9,00±0,10	16,22±0,13	15,01±0,10	16,21±0,11
Сухі розчинні речовини, %	8,04±0,05	13,29±0,08	12,05±0,06	13,28±0,06
Загальний вміст цукрів, г/100г	2,70±0,13	4,26±0,11	4,55±0,09	4,27±0,13
Титрована кислотність, %	0,14±0,01	0,36±0,01	0,15±0,01	0,38±0,01
Сума каротиноїдів мг/100 г	16,84±0,38	8,97±0,09	15,39±0,17	7,75±0,12
Аскорбінова кислота, мг/100 г	17,80±0,35	20,0±0,41	13,20±0,14	15,40±0,49

Як видно з табл.1, гарбузове пюре має дещо нижчі показники за вмістом аскорбінової кислоти та каротиноїдів, адже частина цих біологічно активних речовин деградує внаслідок окиснення киснем повітря та термічного окиснення. Отримані дані співставні з даними інших дослідників [30, 31]. Рецептuru дослідних зразків зефіру гарбузового наведена в табл. 2.

Таблиця 2 – Рецептатура зефіру з гарбузовим пюре

№	Найменування сировини	Витрата сировини на 1 порцію, г	
		контроль	дослід
Напівфабрикат зефір без цукрової пудри:			
1	Гарбузове пюре	250	250
2	Цукор-пісок	210	210
3	Білок яєчний сирий	40	40
4	Ванільний цукор	10	-
5	Кориця мелена	-	1
6	Пектин	-	8
Напівфабрикат клеєвий сироп:			
7	Цукор-пісок	390	390
8	Вода	160	-
9	Сік грейпфрута	-	160
10	Агар-агар	8	4
Для обсіпки			
11	Цукрова пудра	25	25

Отримане пюре (вміст сухих речовин  $15\pm 1\%$ ) змішували з іншими інгредієнтами згідно з рецептурою (див. табл. 2) та готували зефір відповідно до технологічної схеми (рис. 1).

Аналіз органолептичної оцінки готового зефіру показав, що серед двох контрольних партій продукції, дещо вищий загальний дегустаційний бал (2,34 проти 2,28) був при використанні пюре з гарбуза сорту Ждана (рис.2).

Такі результати пояснюються суттєвими відмінностями смаку самого пюре залежно від сорту гарбуза. Можливо, на більш високу оцінку вплинув цукрово-кислотний індекс.

Проте, як видно з рис. 2, з двох дослідних зразків вищу оцінку отримала продукція виготовлена з пюре сорту «Мускат де Прованс» (3 проти 2,92).

Очевидно, що введення у склад рецептури соку грейпфруту і кориці змінило смакові та ароматичні відчуття. Крім того, завдяки вищому вмісту каротиноїдів у гарбуза «Мускат де Прованс», зефір саме з цього пюре мав більш привабливе забарвлення.



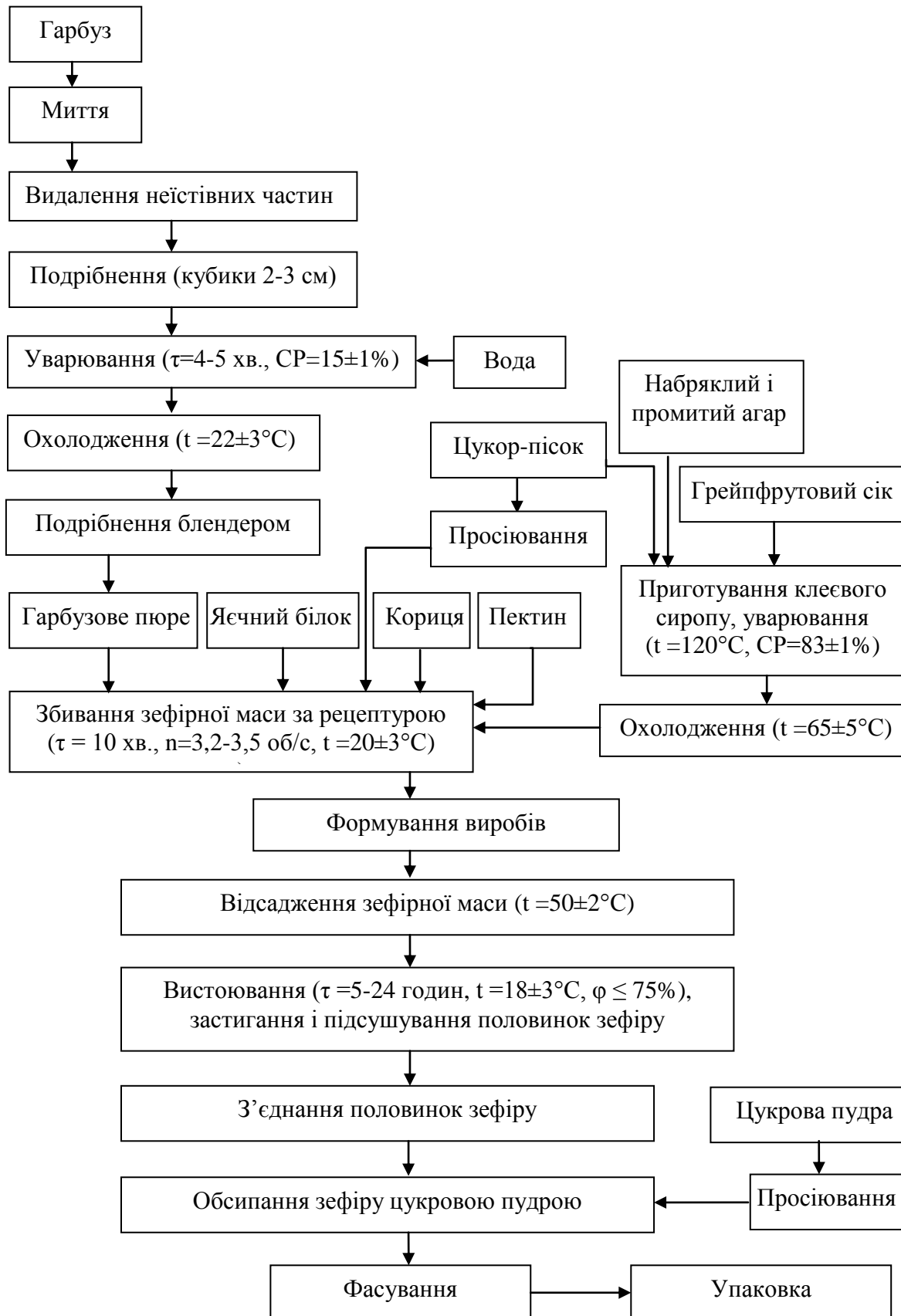
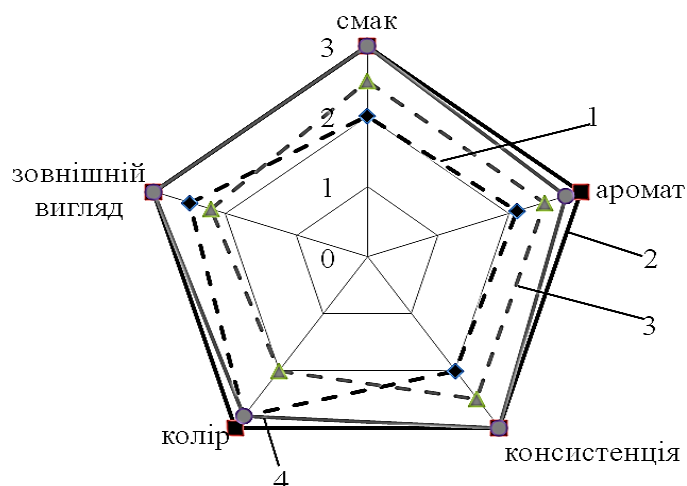


Рис. 1. Технологічна схема виробництва зефіру з пектином.



1 – контроль Мускат де Прованс; 2 – дослід Мускат де Прованс;  
3 – контроль Ждана; 4 – дослід Ждана.

Рис. 2. Органолептична оцінка зефіру.

Введення до рецептури пектину, позитивно позначилось на консистенції та пружності зефіру. Сортові відмінності гарбуза не мали впливу на показник щільності, і обидві контрольні партії мали щільність  $0,38 \text{ г/см}^3$ , а дослідні  $0,42 \text{ г/см}^3$  (табл. 3).

Таблиця 3 – Фізико-хімічні показники гарбузового зефіру

Показник	Мускат Де Прованс		Ждана	
	контроль	дослід	контроль	дослід
Сухі речовини, %	$74,6 \pm 1,11$	$79,1 \pm 1,08$	$78,8 \pm 2,33$	$80,8 \pm 1,27$
Загальний вміст цукрів, г/100г	$58,62 \pm 1,23$	$57,73 \pm 1,14$	$58,55 \pm 1,19$	$57,67 \pm 0,77$
Титрована кислотність, %	$0,10 \pm 0,01$	$1,07 \pm 0,01$	$0,10 \pm 0,01$	$1,11 \pm 0,01$
Сума каротиноїдів, мг/100 г	$2,68 \pm 0,04$	$2,86 \pm 0,18$	$1,54 \pm 0,06$	$1,84 \pm 0,03$
Аскорбінова кислота, мг/100 г	$5,27 \pm 0,14$	$5,61 \pm 0,09$	$6,11 \pm 0,12$	$6,33 \pm 0,08$
Щільність, $\text{г/см}^3$	$0,38 \pm 0,013$	$0,42 \pm 0,003$	$0,38 \pm 0,014$	$0,42 \pm 0,008$

Досить низькі показники титрованої кислотності вимагають введення до рецептури інгредієнтів з високою кислотністю чи органічних кислот.

*Висновки.* Встановлено, що зефір за розробленою на основі гарбузового пюре рецептурою, має високі органолептичні показники. Введення пектину дозволяє покращити органолептичні властивості зефіру, забезпечити формування потрібної консистенції та структури готового виробу і відображається на зростанні щільності до  $0,42 \text{ г/см}^3$ . Зефір, за розробленою рецептурою, містить від 1,84 до 2,86 мг/100 г каротиноїдів, залежно від сорту гарбуза з якого отримали пюре, що

покращує харчову цінність готового виробу, дозволяє поповнити дефіцит незамінних харчових речовин.

Література:

1. FAO, IFAD, UNICEF, WFP, WHO. The State of Food Security and Nutrition in the World 2019. Safeguarding against economic slowdowns and downturns. *Global Food and Nutrition Security*. 2019. № 1. P. 1-5. URL: <http://www.fao.org/3/ca5162en/ca5162en.pdf> (дата звернення: 12.03.2020).
2. Martirosyan D. M., Singh J. A new definition of functional food by FFC: what makes a new definition unique? *Functional foods in health and disease*. 2015. Vol. 5, № 6. P. 209-223. DOI:10.31989/ffhd.v5i6.183.
3. Gulati O. P., Ottaway P. B., Coppens P. Botanical Nutraceuticals (Food Supplements, Fortified and Functional Foods) in the European Union with Main Focus on Nutrition and Health Claims Regulation. *Academic Press. Nutraceutical and Functional Food Regulations in the United States and Around the World*. 2014. № 1. P. 221-256.
4. Niva M. All foods affect health: understandings of functional foods and healthy eating among health-oriented Finns. *Appetite*. 2007. Vol. 48, № 3. P. 384-393. DOI: 10.1016/j.appet.2006.10.006.
5. Гасанова А., Соколовська О., Корзун В. Фортифікація пастильних виробів йодом. *Товари і ринки*. 2015. № 1. P. 98-105.
6. Rehm C. D., Drewnowski A. Trends in consumption of solid fats, added sugars, sodium, sugar-sweetened beverages, and fruit from fast food restaurants and by fast food restaurant type among US children, 2003–2010. *Nutrients*. 2016. Vol. 8, № 12. P. 804. DOI:10.3390/nu8120804.
7. Sloan E. The top ten functional food trends. *Food Technology (Chicago)*. 2014. Vol. 68, № 4. P. 22-45.
8. Rossi J. J. A Brief Intervention to Reduce Sugar Consumption on College Campuses: Doctoral Dissertation / East Carolina University, 2019. URL: <http://hdl.handle.net/10342/7606> (Last accessed: 03.03.2020).
9. Murphy S. A. B. Beyond the Menu: Assessing the Nutritional Quality of Canadian Restaurant Foods : Doctoral dissertation / Nutritional Sciences, 2019. URI: <http://hdl.handle.net/1807/98160> (Last accessed: 03.03.2020).
10. Корзун В. Н., Парац А. М. Проблема мікроелементів у харчуванні населення України та шляхи її вирішення. *Проблеми харчування*. 2007. № 1 (14). С. 5-11. DOI: 10.36074/2617-7064.06.00.006.
11. ГОСТ 6441-2014. Изделия кондитерские пастильные. Общие технические условия. [Дата введения 2016-01-01]. Москва: Стандартинформ, 2015. 12 с.
12. Павлова Н. С. Сборник основных рецептур сахаристых кондитерских изделий. Санкт-Петербург: ГИОРД, 2000. 232 с.
13. Коркач Г. В., Павловський С. М., Боровик І. О. Зміна структурно-реологічних властивостей зефіру з синбіотичним комплексом. *Харчова наука і технологія*. 2014. № 1. С. 63-67.

14. Рудавська Г. Б., Шаповалова Н. П., Лизогуб В. О. Вплив дієтичної добавки Ламідан та цикорлакту на мінеральний склад та органолептичні показники нових пастильних кондитерських виробів. *Новітні тенденції у харчових технологіях та якість і безпека продуктів*: зб. наук. праць II Всеукр. наук.-практ. конф. Львів, 2010. С. 174.

15. Румянцева В. В., Ковач Н. М., Кузнецова М. А. Применение продуктов биомодификации овса и ячменя при производстве пастильных масс. *Хранение и переработка сельскохозяйственного сырья*. 2010. № 9. С 18-21.

16. Соколовская Е. А., Дюкарева Г. И. Дослідження профілактичного впливу і безпеки розроблених видів пастильних виробів з використанням нетрадиційної сировини. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Сер. Механіко-технологічні системи та комплекси*. 2016. № 17. С. 101-104.

17. Магомедов Г. О., Лобосова Л. А., Магомедов М. Г., Барсукова И. Г. Перспективы использования нетрадиционных видов сырья в технологии сбивных изделий. *Кондитерское производство*. 2014. № 2. С. 12-14. DOI: <http://doi.org/10.20914/2310-1202-2017-1-158-164>.

18. Назаренко В. О., Котова З. Я. Сучасні тенденції в формуванні асортименту пастильних виробів. *Сучасне матеріалознавство та товарознавство: теорія, практика, освіта*: матеріали IV Міжнар. наук.-практ. Інтернет-конференції (м. Полтава, 14-15 березня 2017 р.). Полтава, 2017. С.120-123.

19. Critical review: Vegetables and fruit in the prevention of chronic diseases / H. Boeing et al. *Eur. J. Nutr.* 2012. № 51. P. 637–663. DOI: 10.1007/s00394-012-0380-y.

20. Kulczyński B., Gramza-Michałowska A. The Profile of Carotenoids and Other Bioactive Molecules in Various Pumpkin Fruits (*Cucurbita maxima* Duchesne) Cultivars. *Molecules*. 2019. Vol. 24, № 18. P. 3212. DOI: 10.3390/molecules24183212.

21. Hosseinzadeh C. A., Amjadi S. O. Review of pumpkin anticancer effects. *Quran Med.* 2012. Vol. 1, № 4. P. 77-88. DOI: 10.5812.quranmed.8923.

22. Dhiman A. K., Sharma K. D., Attri S. Functional constituents and processing of pumpkin: A review. *Journal of Food Science and Technology*. 2009. Vol. 46, № 5. P. 411.

23. Ражабова Г. Х., Кароматов И. Д., Хошимова Н. А. Тыква как лечебное растение и перспективы его применения в клинике внутренних болезней. *Биология и интегративная медицина*. 2017. № 3. С. 144-155.

24. Двоглазова А. А., Лебезова А. Ю., Васькина В. А. Исследование влияния гидроколлоидов и пюре из тыквы на качество сбивной начинки. *Хлебопекарное производство в России-2018*: материалы докладов XIV Международной конференции (г. Москва, 26-28 ноября 2018 г.). Москва, 2018. С. 69-73.

25. Йовбак У. С., Петренко В. В., Бела Н. І. Технологічні параметри виробництва гарбузової термостабільної начинки. *Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій*. 2014. Вип. 46(1). С. 181-183.

26. Школьникова М. Н., Аверьянова Е. В. Пектин как функциональный пищевой ингредиент в составе зефира. *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Сер. Пищевые и биотехнологии*. 2017. № 5 (1). С. 35-44. DOI: 10.14529/food170105.

27. Dow C. A., Wertheim B. C., Patil B. S., Thomson C. A. Daily consumption of grapefruit for 6 weeks reduces urine F2-isoprostanes in overweight adults with high baseline values but has no effect on plasma high-sensitivity C-reactive protein or soluble vascular cellular adhesion molecule. *Journal of Nutrition*. 2013. Vol. 143, № 10. P. 1586-1592.

28. Shen Y., Jia L. N., Honma N., Hosono T. Beneficial effects of cinnamon on the metabolic syndrome, inflammation, and pain, and mechanisms underlying these effects – a review. *Journal of traditional and complementary medicine*. 2012. Vol. 2, № 1. P. 27-32. DOI:10.1016/s2225-4110(16)30067-0.

29. Дослідницький практикум. Частина 1. Методи дослідження плодоовочевої та ягідної продукції / М. Є. Сердюк, О. П. Прісс, Н. А. Гапріндашвілі, Л. М. Здоровцева, О. І. Сухаренко, І. Є. Іванова. Мелітополь: Люкс, 2020. 370 с.

30. Azizah A. H., Wee K. C., Azizah O., Azizah M. Effect of boiling and stir frying on total phenolics, carotenoids and radical scavenging activity of pumpkin (*Cucurbita moschato*). *International Food Research Journal*. 2009. Vol. 16, № 1. P. 45-51. DOI: /10.1590/fst.2014.0058.

31. Provesi J. G., Dias C. O., Amante E. R. Changes in carotenoids during processing and storage of pumpkin puree. *Food Chemistry*. 2011. Vol.128, № 1. P. 195-202. DOI: 10.1016/j.foodchem.2011.03.027.

## РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОЦІНКА ЯКОСТІ ЗЕФІРУ ПІДВИЩЕНОЇ ХАРЧОВОЇ ЦІННОСТІ

Прісс О. П., Жукова В. Ф.

### Анотація

У статті розроблено технологію отримання зефіру функціонального призначення, збагаченого гарбузовим пюре з пектином, проведено оцінку якості. Проаналізовано різні сорти гарбуза, за показниками хімічного складу рекомендовано використовувати пюре гарбуза сорту «Мускат де Прованс». Для поліпшення форми, консистенції та структури зефіру, підвищення його біологічної цінності запропоновано в якості структуроутворювача додавати до складу зефірної маси агар-агар і пектин. Встановлено, що дослідні зразки гарбузового зефіру мають кращі товарознавчі та органолептичні показники порівняно з контрольним варіантом. Експериментальні зразки гарбузового зефіру мають підвищений вміст каротиноїдів, аскорбінової кислоти.

**Ключові слова:** зефір, гарбуз, пектин, технологія, рецептура, якість, харчова цінність, органолептичний аналіз.

## РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ЗЕФИРА ПОВЫШЕННОЙ ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТИ

Присс О. П., Жукова В. Ф.

### Аннотация

В статье разработана технология получения зефира функционального назначения, обогащенного тыквенным пюре с пектином. Проанализированы различные сорта тыквы, по показателям химического состава рекомендуется использовать пюре тыквы сорта «Мускат де Прованс». Для улучшения формы, консистенции и структуры зефира, повышения его биологической ценности предложено в качестве структурообразователя добавлять в состав зефирной массы агар-агар и пектин. Установлено, что опытные образцы тыквенного зефира имеют лучшие товароведческие и органолептические показатели по сравнению с контрольным вариантом. Экспериментальные образцы тыквенного зефира имеют повышенное содержание каротиноидов, аскорбиновой кислоты.

**Ключевые слова:** зефир, тыква, пектин, технология, рецептура, качество, пищевая ценность, органолептический анализ.

## DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY AND ASSESSMENT OF THE MARSHMALLOWS QUALITY WITH INCREASED NUTRITIONAL VALUE

O. Priss, V. Zhukova

### Summary

Functional marshmallow technology is developed in the article, which is enriched with pumpkin puree with pectin. Different varieties of pumpkin have been analyzed. According to the chemical composition, it is recommended to use pumpkin puree «Musk de Provence». To improve the shape, texture and structure of marshmallows, increase its biological value, it is proposed to add as a structure-forming agent to the marshmallow mass of agar-agar and pectin. Pumpkin marshmallow prototypes were found to have better commodity and organoleptic characteristics than the control variant. Experimental samples of pumpkin marshmallow have a high content of carotenoids, ascorbic acid. It has been found that the enrichment of marshmallows improves the nutritional value of the finished product, allows to fill the deficiency of essential nutrients, to ensure a high level of balance of the product in the vitamin composition. It provides protection of an organism from adverse technogenic influence of environment. Introducing cinnamon and grapefruit juice into the recipe changed the taste and aromatic sensations. Due to the higher content of carotenoids in the pumpkin «Musk de Provence», marshmallows from this puree had a more attractive color. Introduction to recipe the pectin had a positive effect on the consistency and elasticity of marshmallows. Pumpkin varietal differences had no effect on density. Pumpkin puree has slightly lower levels of ascorbic acid and carotenoids than fresh pumpkin. Some of these biologically active substances are degraded by oxygen oxidation and thermal oxidation. Out of two prototypes, the products made from "Muscat de Provence" puree received the highest rating.

**Key words:** marshmallow, pumpkin, pectin, technology, formulation, quality, nutritional value, organoleptic analysis.

*ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА,  
ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА*

УДК 620.92

DOI: 10.31388/2078-0877-20-2-231-240

**ДОСЛІДЖЕННЯ ГІБРИДНОЇ СОНЯЧНОЇ ПАНЕЛІ НА ОСНОВІ  
ЦИЛІНДРИЧНИХ КОГЕНЕРАЦІЙНИХ ФОТОМОДУЛІВ**

Галько С. В., к.т.н.,

ORCID: 0000-0001-7991-0311

Самойчук К. О., д.т.н.,

ORCID: 0000-0002-3423-3510

*Таврійський державний агротехнологічний університет**імені Дмитра Моторного*

Тел. (067) 42-17-508

*Постановка проблеми.* У всьому світі постійно зростає попит на електроенергію. Для його задоволення здійснюється розвиток альтернативних джерел енергії з використанням сонячної, вітрової, геотермальної та інших джерел енергії. Одним з ключових рішень є розвиток нових технологій перетворення сонячної енергії [1]. Сонячна енергія є найбільш ефективним та чистим джерелом енергії, а також дешевим і вічним джерелом відновлюваної енергії, за допомогою якого можна подолати залежність суспільства від звичайних видів палива та ресурсів [2]. У роботі [3] розроблені рекомендації щодо застосування сонячних станцій: кондиціонування, охолодження, нагрівання, використання в якості зарядних пристроїв тощо.

За існуючих темпів нарощування встановленої потужності сонячних фотоелектричних станцій в Україні вже до 2030 року їх сумарна потужність досягне 8,5 ГВт [4]. Одним з варіантів збереження існуючих темпів приросту потужності фотоенергетики в Україні є розвиток та популяризація автономних систем електроспоживання. Досить привабливим у цьому ракурсі є створення автономних зарядних станцій (АЗС) електромобілів (ЕМ) різних типів (як повністю електричних, так і гібридів, що можуть підзаряджатись) [5].

Країни Європи, Китай і Індія заявили, що відмовляться від продажу машин з двигунами внутрішнього згорання через 10-25 років, та і самі автовиробники почали орієнтуватися на виробництво гібридів і ЕМ. Плани переходу на електричні приводи оголосили BMW, Daimler і Volkswagen Group та інші. До кінця поточного року очікується, що кількість ЕМ перетне позначку в 5 млн. До 2035 року кожний четвертий автомобіль в Україні буде електричним, прогнозує центр Разумкова [6,7].

В Україні на 1.01.2019 р. нараховувалося 1179 станцій підзарядки ЕМ. Інфраструктуру АЗС в Україні складають як станції,

спеціалізовані тільки на підзарядці електрокарів, так і позамережеві зарядки біля ресторанів, готелів та інших закладів. Водночас можна зазначити, що в Україні відчувається гостра нестача швидких АЗС - їх в десять разів менше, ніж звичайних [8].

*Аналіз останніх досліджень.* На сьогоднішній день існують практичні приклади реалізації таких АЗС на основі плоских сонячних батарей. Зокрема, в рамках проекту “Smart Solar Charging” компанії LomboXnet в Утрехті (Нідерланди) реалізована АЗС ЕМ. Вона має 20 пунктів заряджання, підключених до фотоелектричних установок (ФЕУ) на 200 модулів і системою буферних акумуляторних батарей (АБ) Tesla Powerpack потужністю 400 кВт та енергоємністю 800 кВт·год. [6]. Компанія Power (США) реалізує проекти АЗС ЕМ на основі ФЕУ номінальною потужністю 16,8 кВт та максимальним зарядним струмом до 40 А [9]. Така розробка є актуальною для ЕМ з невеликою енергоємністю АБ. За більших значень енергоємності АБ ЕМ зростає час заряджання транспортного засобу, що не завжди є зручним. Компанія Envision Solar’s (США) запатентувала та реалізує власну розробку мобільної (пересувної) станції ЕМ, що використовує ФЕУ та буферну АБ [10]. На відміну від існуючих аналогів ця розробка може легко переміщуватися на нове місце, де є необхідність у заряджанні ЕМ, однак потужність її не перевищує 3 кВт, що в свою чергу свідчить про тривалий режим заряджання.

Над проблемою створення АЗС з використанням ФЕУ працюють закордонні науковці [4,5], які в своїх роботах намагаються оптимізувати структуру АЗС, а також зменшити негативний вплив на роботу об’єднаної енергосистеми в разі підключення нових потужностей на основі відновлюваних джерел.

В роботі [11] обґрунтована можливість створення локальних енергетичних мереж для зарядки АБ ЕМ на основі гібридних сонячних фотоелектричних панелей (ГСФП). Для підвищення коефіцієнта корисної дії (ККД) ГСФП, замість плоских сонячних батарей, запропоновано використовувати когенераційні фотоелектричні модулі (ФЕМ) циліндричної форми, що охолоджуються рідиною. Це відкриє можливість створення ГСФП для одночасного отримання електричної і теплової енергії.

*Мета роботи* – дослідження електрофізичних характеристик ГСФП на основі циліндричних когенераційних (гібридних) ФЕМ, що охолоджуються, для використання на АЗС ЕМ.

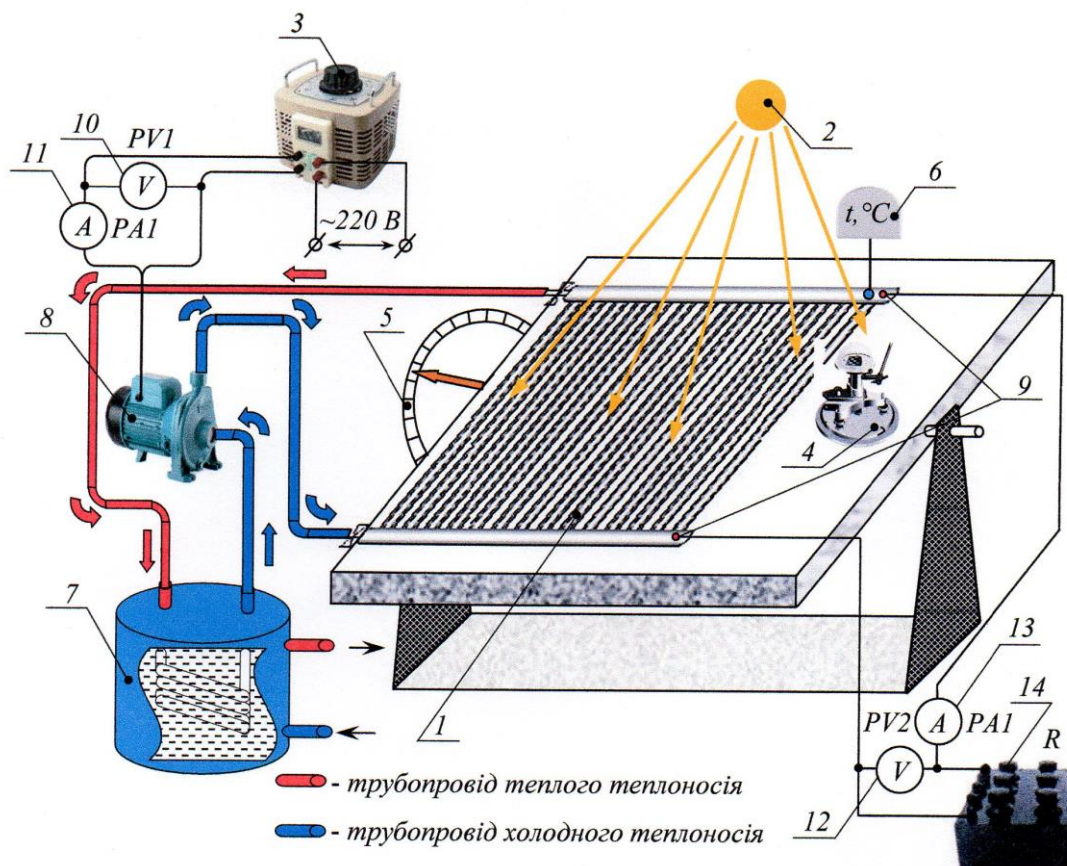
*Основна частина.* Електрофізичні характеристики ГСФП – найважливіші параметри, оцінюючи які, можна зробити обґрунтований вибір про перспективність використання панелі для створення сонячної електростанції з необхідним значенням вихідної електричної потужності [12]. До цих параметрів відносяться: струм короткого замикання, напруга холостого ходу, ККД тощо. Для оцінювання



перелічених параметрів побудовані вольт-амперні характеристики (ВАХ) ГСФП, для дослідження яких розроблена експериментальна установка, схема якої наведена на рис. 1.

### 1. Опис експериментальної установки.

Оснoву експериментальної установки складає стіл з системою зміни кута нахилу дошки (5), на якій нерухомо закріплений ГСФП (1), що досліджується. Дошка (5) пофарбована білою глянцевою фарбою, для максимального відбиття сонячних променів. Розрахункова схема ГСФП на основі циліндричних когенераційних ФЕМ приведена на рис. 2. Для вимірювання інтенсивності надходження світлової енергії використовується піранометр термоелектричний М-80М (4) з гальванометром ГСА-1 (на рис. 1 непоказаний), який закріплений на поворотній дошці установки. При повороті дошки змінюється кут опромінення СФП і піранометра одночасно.

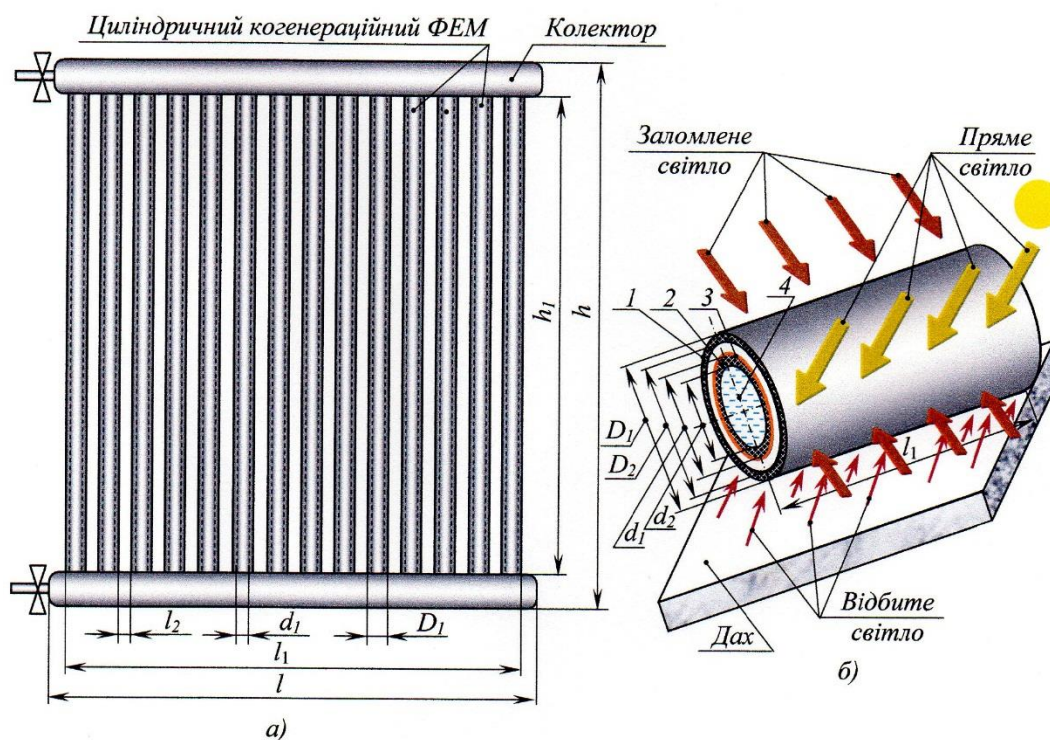


1 – СФП; 2 – Сонце; 3 – ЛАТР; 4 – піранометр; 5 – система зміни кута нахилу СФП; 6 – датчик температури; 7 – тепловий акумулятор системи охолодження; 8 – циркуляційний насос; 9 – вихідні клемі СФП; 10, 12 – вольтметри; 11, 13 – амперметри; 14 – навантаження.

Рис. 1. Схема експериментальної установки для дослідження ГСФП на основі циліндричних когенераційних ФЕМ.

Для вимірювання температури нагрівання фотоелектричного перетворювача (ФЕП) ФЕМ використовується термоперетворювач

опору (6) типу ТЭРА-ТСМ-2-8-100М-В-3-2000-МЭ(-50...180), який закріплений на поверхні ФЕП. Для дослідження характеристик ФЕП від температури його нагрівання, використовується замкнена система охолодження. Система охолодження складається з трубопроводів, циркуляційного однофазного насосу (8) типу Aquatica 775224 потужністю 1,1 кВт і подачею 220 л/хв та теплового акумулятора (7) об'ємом 200 л. Температуру ФЕП гібридного ФЕМ регулюють подачею теплоносія шляхом регулювання швидкості обертання насосу (8), яка змінюється величиною напруги, що подається на насос. Регулювання напруги живлення насосу виконується лабораторним автотрансформатором (3) змінної напруги (ЛАТР) типу TDGC2-2К з номінальною потужністю 2 кВт і номінальним струмом 8 А. В якості теплоносія системи охолодження використовується антифриз. В тепловий акумулятор подається звичайна водопровідна вода. Для регулювання навантаження ГСФП до вихідних клем (9) підключений магазин опорів Р33 (14), а вимірювання напруги живлення насосу (8) і струму, що ним споживається, а також вихідної напруги ГСФП і струму навантаження використовуються мультиметри DT830(832).



а) ГСФП; б) циліндричний когенераційний ФЕМ; 1 – зовнішня трубка; 2 – внутрішня трубка; 3 – ФЕП; 4 – теплоносій.

Рис. 2. Розрахункова схема ГСФП і поглинання сонячних променів когенераційним ФЕМ.

В ГСФП використовується 14 ФЕП, ФЕП яких з'єднані паралельно, тому сумарний струм панелі дорівнює

$$I_{СФП} = n \cdot I_{ФЕМ} = n \cdot I_{ФЕП}, \quad (1)$$

де  $n = 14$  – кількість ФЕМ у ГСФП.

Будова ФЕМ і його геометричні розміри, що вказані на рис. 2, наведені у [13].

2. Дослідження щільності потужності сонячного випромінювання.

Дослідження ГСФП проводилося 8.04.2020 р. у м. Мелітополь Запорізької області в одному з приватних помешкань, який має такі географічні координати:  $46^{\circ}50'$  північної широти і  $35^{\circ}22'$  східної довготи. Тривалість дня – 13 год. 14 хв., схід – 6 год. 3 хв., захід – 19 год. 17 хв. Ультрафіолетовий індекс – помірний.

Для отримання максимальної потужності від ГСФП необхідно орієнтувати його площину на Сонце. Щоб поглинати найбільшу кількість сонячної енергії, площина ГСФП повинна бути завжди перпендикулярною до сонячних променів [14]. Встановлюємо експериментальну установку на горизонтальній поверхні, у місці, щоб у продовж світлої частини доби на ГСФП не падала тінь, під кутом  $46^{\circ}$  і отримуємо максимальну питому потужність сонячного випромінювання, вимірюючи її кожні 2 години. Результати експерименту приведені на рис. 3,а.

Розподіл щільності потужності  $p$ , Вт/м<sup>2</sup>, сонячного випромінювання від часу роботи  $t$ , с, у продовж світлого часу доби  $\tau$ , с, підпорядковується синусоїдальному закону, і її можна визначити за виразом [15]

$$p(t) = p_{max} \sin\left(\frac{\pi t}{\tau}\right). \quad (2)$$

Максимальна щільності потужності  $p_{max}$  дорівнює 825 Вт/м<sup>2</sup> о 13<sup>00</sup> год. (рис. 3,а). На рис. 3,а приведена розрахункова залежність, що отримана за виразом (2). Бачимо незначну похибку експерименту і розрахунку, тому вираз (2) можна використовувати для розрахунку.

Далі при максимальній щільності потужності  $p_{max}$  (13<sup>00</sup> год.), досліджена залежність щільності потужності сонячного випромінювання  $p$  від кута нахилу ГСФП  $\beta$  (рис. 3,б). Як бачимо, максимальна щільність потужності  $p_{max}$  буде при  $\beta = 46^{\circ}$ . Тому для отримання максимальної потужності від ГСФП, її потрібно встановлювати під кутом рівним широті місцевості, де буде працювати сонячна станція.

2. ВАХ ГСФП.

ВАХ ГСФП досліджувалися при постійній температурі ФЕП, яку підтримували  $50^{\circ}\text{C}$ , регулюванням подачі теплоносія насосом. Величину температури  $50^{\circ}\text{C}$  обґрунтовано у [13]. ВАХ ГСФП знімалися починаючи з режиму, близького до розімкненого кола



(великий опір навантаження) – режим холостого ходу. Вимірювання напруги і струму проводилося мультиметрами 12, 13 (рис. 1). Далі зменшувався опір навантаження таким чином, щоб вихідна напруга ГСФП дорівнювала 36 В і далі з дискретністю 6 В. Обов'язково визначалася точка при якій ГСФП буде мати максимальну потужність  $P_{max}$ , якій відповідає максимальний струм  $I_{max}$  і напруга  $U_{max}$ . Досліди проводилися при фіксованій максимальній щільності питомої потужності  $p_{max}$  о 7<sup>00</sup> год. ( $p_{max} = 170 \text{ Вт/м}^2$ ), 9<sup>00</sup> год. ( $p_{max} = 450 \text{ Вт/м}^2$ ), 11<sup>00</sup> год. ( $p_{max} = 700 \text{ Вт/м}^2$ ) і 13<sup>00</sup> год. ( $p_{max} = 825 \text{ Вт/м}^2$ ). Потужність  $P_{ГСФП}$  визначалася за виразом:

$$P_{ГСФП} = U_{ГСФП} I_{ГСФП}. \quad (3)$$

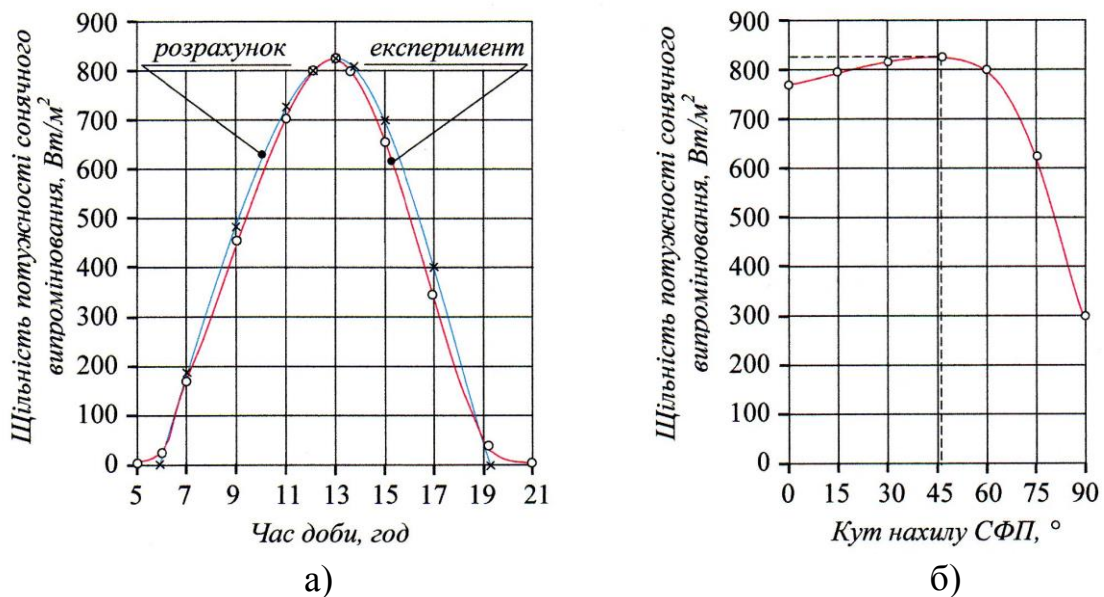


Рис. 3. Залежності щільності потужності сонячного випромінювання від часу доби (а) та кута нахилу СФП (б).

ВАХ і характеристики потужності ГСФП, отриманні експериментальним шляхом, приведені на рис. 4. Вихідна максимальна потужність  $P_{max}$  при щільності питомої потужності сонячного випромінювання  $825 \text{ Вт/м}^2$  становить 381 Вт при вихідній напрузі  $U_{max} = 34 \text{ В}$  і вихідному струмі  $I_{max} = 11 \text{ А}$ . Визначимо вихідну питому максимальну потужність на  $1 \text{ м}^2$  його площі:

$$P_{ГСФП \text{ пит}} = \frac{P_{ГСФП}}{S_{ГСФП}}, \quad (4)$$

де  $S_{ГСФП}$  – площа ГСФП.

Габаритні розміри розробленої ГСФП дорівнюють:  $h = 1,7 \text{ м}$ ,  $l = 1 \text{ м}$ . Для виготовлення ФЕМ використані трубки з боросилікатного скла марки Т-300С з такими параметрами: зовнішня трубка –  $D_1 = 50 \text{ мм}$ , товщина стінки  $\Delta = 2,5 \text{ мм}$ ,  $D_2 = 45 \text{ мм}$ ; внутрішня трубка –  $d_1 = 30 \text{ мм}$ , товщина стінки  $\Delta = 2,5 \text{ мм}$ ,  $d_2 = 25 \text{ мм}$ ; довжина трубок  $h_1 = 1500 \text{ мм}$ . Таким чином,  $P_{ГСФП \text{ пит}} = 381 / (1,7 \cdot 1) = 224 \text{ Вт/м}^2$ .

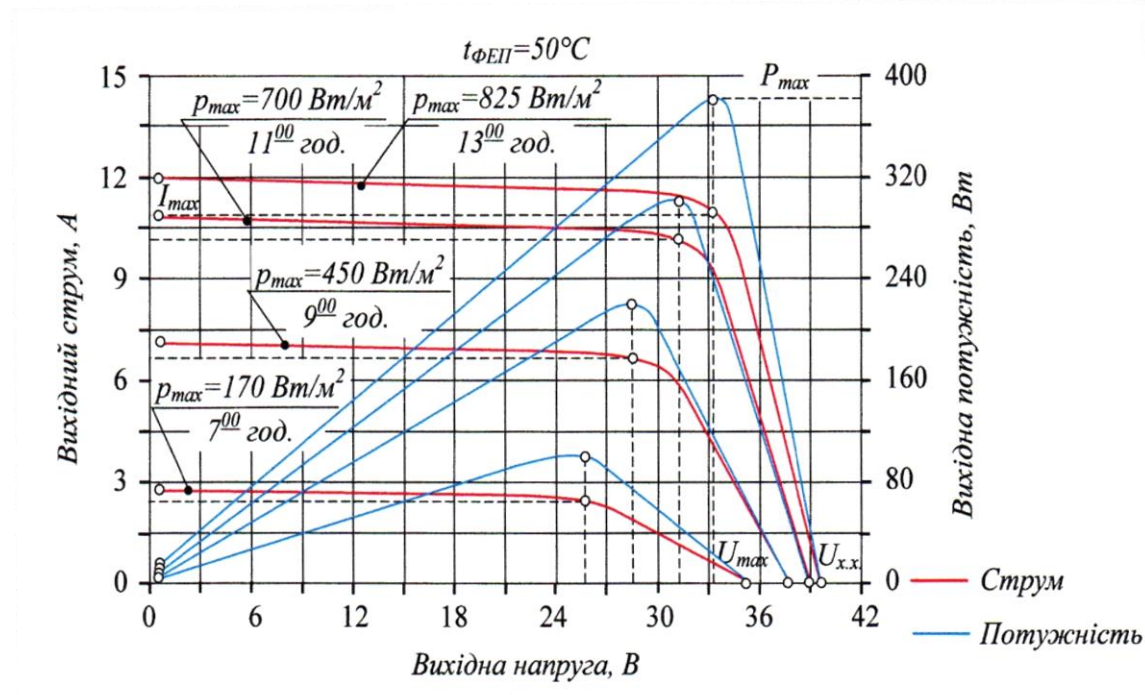


Рис. 4. ВАХ і характеристики потужності ГСФП.

Порівняємо розроблену ГСФП, яка має параметрами, що наведені вище, з сонячною панеллю JA Solar JAM60S09-325PR, що випускається компанією JA Solar і масово застосовується для побудови сонячних електростанцій у всьому світі [16]. Вона має такі технічні характеристики:  $P_{max} = 325$  Вт,  $U_{x.x} = 41,04$  В,  $I_{к.з.} = 10,25$  А,  $U_{max.} = 33,4$  В,  $I_{max.} = 9,72$  А, габаритні розміри –  $1657$  мм  $\times$   $996$  мм  $\times$   $35$  мм.

Площа сонячної панелі JA Solar дорівнює  $S_{СП} = 1,65$  м<sup>2</sup>, тоді вихідна питома максимальна потужність її становить  $P_{СП\ пит.} = 325/1,65 = 197$  Вт/м<sup>2</sup>. Ефективність ГСФП, розробленої нами, у порівнянні з сонячною панеллю JA Solar JAM60S09-325PR дорівнює:

$$k_{ef} = \left(1 - \frac{P_{СП\ пит.}}{P_{СФП\ пит.}}\right) 100\% = \left(1 - \frac{197}{224}\right) 100\% = 12,1\%$$

**Висновки.** Розроблено експериментальну установку для дослідження електрофізичних характеристик ГСФП на основі циліндричних когенераційних ФЕМ, яка дозволяє стабілізувати температуру ФЕП ФЕМ і підвищує достовірність отриманих характеристик панелі. Отримано дослідним і розрахунковим шляхом залежності щільності потужності сонячного випромінювання від часу доби та кута нахилу ГСФП, які мають незначну похибку, що дає можливість використовувати математичну модель (2) для розрахунку цієї залежності. Експериментально досліджені ВАХ і характеристики вихідної потужності розробленої ГСФП. Встановлено, що при максимальній щільності питомої потужності  $825$  Вт/м<sup>2</sup>, ГСФП має вихідну максимальну потужність  $381$  Вт при максимальній вихідній

напрузі  $U_{max} = 34$  В і вихідному струмі  $I_{max} = 11$  А. Виконано порівняльний аналіз розробленої ГСФП з сонячною панеллю JA Solar JAM60S09-325PR, яка має одні з найкращих електрофізичних характеристики серед тих сонячних панелей, що випускаються за кордоном, і визначена ефективність розробленої ГСФП, котра краща на 12,1%, від відомої панелі.

#### Література:

1. Solar energy: Potential and future prospect / E. Kabir et al. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2018. Vol. 82, № 1. P. 894-900. DOI: 10.1016/j.rser.2017.09.094.
2. Ciriminna R., Meneguzzo F., Pecoraino M., Pagliaro M. Rethinking solar energy education on the dawn of the solar economy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2016. Vol. 63. P. 13-18. DOI: 10.1016/j.rser.2016.05.008.
3. Sansaniwal S., Sharma V., Mathur J. Energy and energy analyses of various typical solar energy applications: A comprehensive review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2018. Vol. 82, № 1. P. 1576-1600. DOI: 10.1016/j.rser.2017.07.003.
4. Chandra G., Mouli P., Bauer M. Zeman System design for a solar powered electric vehicle charging station for workplaces. *Applied Energy*. 2016. Vol. 168. P. 434-443. DOI: 10.1016/j.apenergy. 2016.01.110.
5. Rasolomampionona D., Maeght F., Cresson P-Y., Favier P. Experimental solar-based charging station for electric vehicles. *Przegląd Elektrotechniczny*. 2011. R. 87, NR 6. P. 58-62. URL: <http://pe.org.pl/articles/2011/6/9.pdf> (дата звернення: 10.03.2020).
6. Electric cars can now charge on sunlight day and night with Tesla Powerpacks at new “Smart Solar Charging” station. URL: <https://electrec.co/2018/06/05/electric-cars-charge-on-sunlight-tesla-powerpacks-smart-solar-charging-station/> (дата звернення: 10.02.2020).
7. Электромобиль приближает конец нефтяной эры. URL: <http://savenergy.info/page/electric-car-near-end-oil-era/> (дата звернення: 10.02.2019).
8. Галько С. В., Жарков В. Я., Жарков А. В. Технології та засоби перетворення відновлюваних джерел енергії для приватних домогосподарств: монографія. Мелітополь: Люкс, 2019. 215 с.
9. Lead the charge. Drive solar. URL: <https://pairedpower.com/> (дата звернення: 20.02.2019).
10. Electric vehicle autonomous renewable charger. URL: <https://envisionsolar.com/ev-arc/> (дата звернення: 20.01.2019).
11. Галько С. В. Використання когенераційних фотоелектричних модулів для зарядки електромобілів. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2019. Вип. 19, т. 3. С. 130-141. DOI: 10.31388/2078-0877-19-3-130-141.

12. Какурина Н. А., Какурин Ю. Б., Курсай Д. Е., Осипов Н. А. Исследование электрофизических характеристик солнечной панели с помощью компьютеризированного измерительного стенда. *Инженерный вестник Дона*. 2016. № 3. URL: [http://idvon.ru/uploads/article/pdf/IVD\\_37\\_kakurin\\_kakurina.pdf\\_e3a16aeaf8.pdf](http://idvon.ru/uploads/article/pdf/IVD_37_kakurin_kakurina.pdf_e3a16aeaf8.pdf) (дата звернення: 10.02.2020).

13. Галько С. В. Експериментальне дослідження і визначення параметрів когенераційного фотоелектричного модуля для гібридних сонячних електростанцій. *Традиційні та інноваційні підходи до наукових досліджень*: матеріали Міжнар. наук. конф. (10 квіт. 2020 р.) Луцьк: МЦНД, 2020. Т. 1. С. 83-90. DOI: 10.36074/10.04.2020.v1.10.

14. Кашкаров А. П. Ветрогенераторы, солнечные батареи и другие полезные конструкции. Москва: ДМК Пресс, 2011. 125 с.

15. Марахтанов М. К., Духопельников Д. В., Ивахненко С. Г., Крылов В. И. Электрогидравлический баланс солнечного теплоаккумулятора с автономным электроснабжением. *Наука и образование*. 2014. ФС77-48211. С. 332-342. DOI: 10.7463/0214.0697540.

16. Солнечная панель JA Solar JAM60S09-325PR. URL: <http://goingsolar.com.ua> (дата звернення: 20.03.2020).

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ГІБРИДНОЇ СОНЯЧНОЇ ПАНЕЛІ НА ОСНОВІ ЦИЛІНДРИЧНИХ КОГЕНЕРАЦІЙНИХ ФОТОМОДУЛІВ**

Галько С. В., Самойчук К. О.

### **Анотація**

У статті виконаний аналіз відомих закордонних автономних зарядних станцій на основі плоских сонячних фотоелектричних панелей для зарядки акумуляторних батарей електромобілів. Запропоновано замість традиційних панелей використовувати гібридні сонячні фотоелектричні панелі на основі циліндричних когенераційних фотоелектричних модулів. Розроблено експериментальну установку для дослідження електрофізичних характеристик гібридної сонячної панелі. Отримано вольт-амперні характеристики і характеристики потужності панелі, що розробляється. Виконано порівняльний аналіз розробленої панелі з закордонним аналогом традиційної конструкції і визначена її енергетична ефективність, яка краща на 12,1% від аналогу.

**Ключові слова:** сонячна панель, зарядка акумуляторів, електромобіль, гібридна сонячна панель, когенераційний фотоелектричний модуль.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ГИБРИДНОЙ СОЛНЕЧНОЙ ПАНЕЛИ НА ОСНОВЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ КОГЕНЕРАЦИОННЫХ ФОТОМОДУЛЕЙ**

Галько С. В., Самойчук К. О.

### **Аннотация**

В статье выполнен анализ известных зарубежных автономных зарядных станций на основе плоских солнечных фотоэлектрических панелей для зарядки

аккумуляторных батарей электромобилей. Предложено вместо традиционных панелей использовать гибридные солнечные фотоэлектрические панели на основе цилиндрических когенерационных фотоэлектрических модулей. Разработана экспериментальная установка для исследования электрофизических характеристик гибридной солнечной панели. Получены вольт-амперные характеристики и характеристики мощности разрабатываемой панели. Выполненный сравнительный анализ разработанной панели с зарубежным аналогом традиционной конструкции и определена ее энергетическая эффективность, которая лучше на 12,1% от аналога.

**Ключевые слова:** солнечная панель, зарядка аккумуляторов, электромобиль, гибридная солнечная панель, когенерационный фотоэлектрический модуль.

## RESEARCH OF THE HYBRID SOLAR PANEL BASED ON CYLINDRICAL COGENERATING PHOTOMODULES

S. Halko, K. Samoichuk

### Summary

The analysis of the well-known foreign autonomous charging stations, where the use of renewable energy sources based on flat solar photovoltaic panels for charging of electric vehicle batteries is applied, was made in the article. This industry is considered to be one of the most important and promising areas for the development of solar energy in order to save non-renewable energy sources. The refore, instead of traditional flat panels, it was proposed to use hybrid solar photovoltaic panels based on cylindrical cogeneration photovoltaic modules, which make it possible to receive electrical and thermal energy simultaneously, and thereby increase the overall efficiency of the panel. An experimental assembly with stabilization of the temperature of a photoelectric converter has been developed to research the electrical and physical characteristics of a hybrid solar photovoltaic panel. The volt-ampere characteristics and power characteristics of the developed panel were obtained at a temperature of the photoelectric converter of 50 ° C. It was estimated that this coolant temperature is sufficient to provide hot water for administrative buildings of autonomous charging stations. Moreover, it was found that at a maximum density of specific power of solar radiation of 825 W / m<sup>2</sup>, the developed hybrid solar photovoltaic panel has a maximum power of 381 W with a maximum output voltage of 34 V and an output current of 11 A, and an output specific maximum power of 224 W / m<sup>2</sup>. Finally, a comparative analysis of the developed hybrid photovoltaic panel with a foreign analogue of a traditional design was carried out. As a result, it was determined that the energy efficiency of the developed photovoltaic panel was by 12.1% better than the energy efficiency of the analogue.

**Key words:** solar panel, battery charging, electric vehicle, hybrid solar panel, cogeneration photoelectric module.



## ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ АНТЕННОЇ СИСТЕМИ ЗНИЩЕННЯ ШКІДНИКІВ КАРТОПЛІ

Сілі І. І., к.т.н.,

ORCID: 0000-0002-6603-2174

Азархов О. Ю., д.м.н.

ORCID: 0000-0003-0062-0616

ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет»

Тел. (096) 15-00-078

*Постановка проблеми.* При розробці енергоінформаційної радіоімпульсної технології і радіоімпульсної електронної системи випромінювання для пригноблення життєдіяльності колорадського жука [1] важливим елементом є антенна система випромінювання. Визначення конструктивних елементів та розрахунок параметрів якої є вирішальним завданням для якісного опромінення шкідників у рослинному середовищі картоплі та загальної ефективності біотехнології.

*Аналіз останніх досліджень і публікацій.* Відомо, що колорадський жук в процесі еволюції пристосувався до згубливої дії більшості інсектицидів і з легкістю продовжує своє розмноження на нових територіях [2]. В той же час в деяких роботах [3] представлено дослідження, що підвищення температури тіла шкідника вище 50°C несе згубну дію на репродуктивну систему комахи і здатне істотно скоротити його популяцію. Так у роботі [4] пропонується для застосування нова радіоімпульсна біотехнологія знищення шкідників картоплі потужними електромагнітним випромінюванням у міліметровому діапазоні хвиль. Джерелом випромінювання є багатодіодний генератор з підсумовуванням потужностей окремих діодів в загальній електродинамічній системі, працюючих на застосуванні режиму зовнішньої синхронізації генератором, стабілізованого по частоті високочастотним об'ємним резонатором «прохідного» типу. В результаті теоретичних досліджень були отримані рівняння для визначення конструктивних параметрів хвилеводної системи синхронізуючого генератора і розмірів отвору зв'язку резонатора з хвилеводною системою [5]. На основі отриманих даних наступним етапом розробки є вибір та розрахунок антенної системи опромінення рослинного середовища картоплі зі шкідником.

*Формулювання цілей статті.* Провести аналіз існуючих конструкцій секторіальних рупорних випромінювачів та визначити найоптимальніший для біотехнології знищення шкідників картоплі, провести розрахунки та на основі отриманих математичних моделей оцінити ефективність їх використання.

*Основна частина.* З проведених попередніх досліджень [1,4] випливає, що для вирішення завдання по боротьбі з колорадським жуком слід використовувати секторіальні рупорні випромінювачі. Розрізняють *H*-секторіальний рупор з розширенням в площині вектора  $\vec{H}$  основної хвилеводної хвилі  $TE_{10}$ , і *E*-секторіальний рупор з розширенням в площині вектора  $\vec{E}$ . *E*-секторіальний рупор найбільш підходить для вирішення поставленого в роботі завдання, так як забезпечує більш широку діаграму направленості (ДН) в площині, паралельній поверхні землі, а вектор  $\vec{E}$  в розкритті випромінювання буде перпендикулярний поверхні землі [6]. Таким чином, для того, щоб визначитися з конструкцією антеної системи, необхідно обчислити ширину смуги частот, яку займає імпульс опромінення. Як показано в роботі [7], сигнал є стабільним, якщо розмір  $L$  випромінюючої апертури задовольняє наступним умовам:

$$L \ll c\tau_u, \quad (1)$$

де  $c = 3 \times 10^8$  м/с – швидкість світла;  
 $\tau_u$  – тривалість імпульса.

При  $L \approx c\tau_u$  сигнал буде широкосмуговим, а в тому випадку, коли  $L \gg c\tau_u$  сигнал буде надширокосмуговим [8]. У нашому випадку  $\tau_u = 10^{-6}$  с (саме мікросекундні імпульси в підсумку призведуть до незворотніх процесів в клітинах шкідників) при частоті заповнення 20 ГГц і тоді  $L = c\tau_u = 300$  м. А оскільки розмір  $L$  в нашому конкретному випадку буде значно менше 300 м, то можна говорити, що сигнал опромінення буде широкосмуговим. Тому на підставі всього сказано, можна зробити висновок про те, що найбільш придатною антеною системою для боротьби з колорадським жуком є *E*-секторіальний хвилеводний рупор.

Дослідження секторіального рупора будемо проводити методом поділу основного завдання на внутрішнє і зовнішнє. Внутрішнє завдання будемо вирішувати незалежно від зовнішнього. Отримані в результаті цього рішення значення поля в площині розкриття *E*-секторіального рупора використовуємо для вирішення зовнішнього завдання. ДН розглянутого випромінювача по відомому розподілу поля в розкритті розраховується методом хвильової оптики на основі принципу Гюйгенса і формули Кирхгофа [9]. Амплітудний розподіл поля в розкритті розглянутого рупорного випромінювача будемо вважати таким же, як і в хвилеводі.

*E*-секторіальний рупор збуджується прямокутним хвилеводом, через який поширюється основна хвиля  $TE_{10}$ , тому уздовж осі  $x$ , що проходить в площині вектора  $\vec{H}$ , розподіл амплітуди поля косинусоїдальний, а вздовж осі  $y$ , що проходить в площині вектора  $\vec{E}$ ,

амплітудний розподіл рівномірний.

Оскільки фронт хвилі в рупорі трансформується в циліндричній системі, то при проведенні аналізу доцільно перейти до циліндричної системи координат  $x, \rho, \varphi$  (рис. 1). Рупор вважаємо нескінченно довгим, а його стінки - ідеально провідними.

Також вважаємо, що всередині рупора щільності поверхневих електричних і магнітних струмів  $\vec{j}_e$  і  $\vec{j}_m$  дорівнюють нулю. Ці умови означають, що джерела збудження електромагнітного поля знаходяться поза рупором [10].

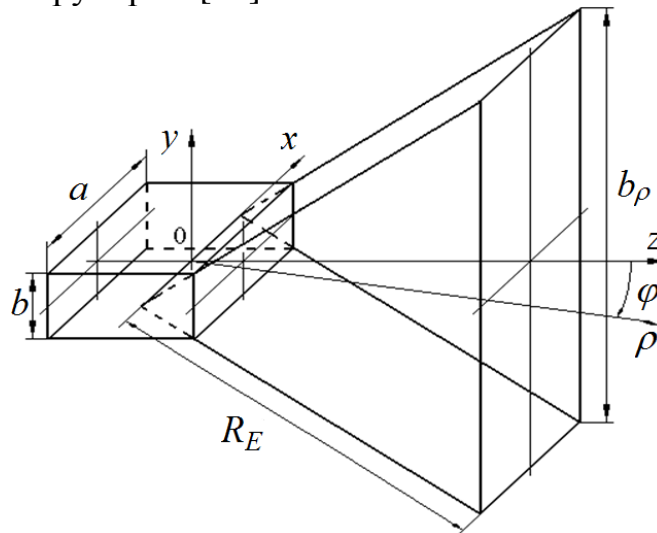


Рис. 1. Умовне зображення  $E$ -секторіального рупора.

Усередині рупора рівняння Максвелла при  $\vec{j}_e = \vec{j}_m = 0$  (середовище - повітря) мають вигляд:

$$\text{rot } \vec{H} = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ \rho & & \rho \\ \frac{\partial}{\partial \rho} & \frac{\partial}{\partial \varphi} & \frac{\partial}{\partial x} \\ H_\rho & \rho H_\varphi & H_x \end{vmatrix} = i\omega \varepsilon_0 \vec{E}, \quad \text{rot } \vec{E} = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ \rho & & \rho \\ \frac{\partial}{\partial \rho} & \frac{\partial}{\partial \varphi} & \frac{\partial}{\partial x} \\ E_\rho & \rho E_\varphi & E_x \end{vmatrix} = -i\omega \mu_0 \vec{H} \quad (2)$$

З (2) складові полів  $\vec{E} = (\vec{i}E_\rho + \vec{j}E_\varphi + \vec{k}E_x)$  і  $\vec{H} = (\vec{i}H_\rho + \vec{j}H_\varphi + \vec{k}H_x)$  в циліндричній системі координат мають вигляд:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{\rho} \frac{\partial H_x}{\partial \phi} - \frac{\partial H_\phi}{\partial x} = i\omega \varepsilon_0 E_\rho, \\ \frac{\partial H_\rho}{\partial x} - \frac{\partial H_x}{\partial \rho} = i\omega \varepsilon_0 E_\phi, \\ \frac{1}{\rho} \frac{\partial(\rho H_\phi)}{\partial \rho} - \frac{1}{\rho} \frac{\partial H_\rho}{\partial \phi} = i\omega \varepsilon_0 E_x, \end{array} \right. \quad (3)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{\rho} \frac{\partial E_x}{\partial \phi} - \frac{\partial E_\phi}{\partial x} = -i\omega \mu_0 H_\rho, \\ \frac{\partial E_\rho}{\partial x} - \frac{\partial E_x}{\partial \rho} = -i\omega \mu_0 H_\phi, \\ \frac{1}{\rho} \frac{\partial(\rho E_\phi)}{\partial \rho} - \frac{1}{\rho} \frac{\partial E_\rho}{\partial \phi} = -i\omega \mu_0 H_x. \end{array} \right. \quad (4)$$

Оскільки в розглянутому  $E$ -секторіальному рупорі, як і в прямокутному хвилеводі, збуджується основна хвиля  $TE_{10}$ , то для неї і обмежимо дослідження. Для хвиль типу  $TE_{mn}$  дорівнює нулю радіальна складова електричного поля ( $E_\rho=0$ ) [11]. Для розглянутої хвилеводної хвилі  $n=0$ , що відповідає рівності нулю ще одна складова електричного поля  $E_x$  (рис. 1) [12]. Таким чином, для  $E$ -секторіального рупора з урахуванням (2)  $E_\rho=E_x=H_\phi=0$ . Тоді з двох систем рівнянь (3) і (4) отримаємо:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{\rho} \frac{\partial H_x}{\partial \phi} = 0, \\ \frac{\partial H_\rho}{\partial x} - \frac{\partial H_x}{\partial \rho} = i\omega \varepsilon_0 E_\phi, \\ \frac{1}{\rho} \frac{\partial H_\rho}{\partial \phi} = 0, \end{array} \right. \quad (5)$$

$$\begin{cases} \frac{\partial E_\varphi}{\partial x} = i\omega\mu_0 H_\rho, \\ \frac{1}{\rho} \frac{\partial(\rho E_\varphi)}{\partial \rho} = -i\omega\mu_0 H_x. \end{cases} \quad (6)$$

Системи рівнянь (5) і (6) будемо вирішувати відносно  $E_\varphi$ . Із системи рівнянь (6) виділимо  $H_\rho$  і  $H_x$ :

$$H_\rho = \frac{1}{i\omega\mu_0} \frac{\partial E_\varphi}{\partial x}, \quad H_x = -\frac{1}{i\omega\mu_0} \frac{1}{\rho} \frac{\partial(\rho E_\varphi)}{\partial \rho}. \quad (7)$$

Підставивши тепер отримані значення  $H_\rho$  і  $H_x$  з (6) в вираз (3), ми отримаємо диференціальне рівняння відносно  $E_\varphi$ . А якщо ми визначимо  $E_\varphi$ , то тоді зможемо знайти і інші компоненти електромагнітного поля.

$$i\omega\varepsilon_0 E_\varphi = \frac{1}{i\omega\mu_0} \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{\partial E_\varphi}{\partial x} \right) + \frac{1}{i\omega\mu_0} \frac{\partial}{\partial \rho} \left[ \frac{1}{\rho} \frac{\partial(\rho E_\varphi)}{\partial \rho} \right]. \quad (8)$$

Якщо тепер помножимо обидві частини виразу (8) на  $i\omega\mu_0$  і позначимо  $k = \omega\sqrt{\varepsilon_0\mu_0} = 2\pi/\lambda$ , то рівняння (8) прийме вигляд:

$$\left( \frac{\partial^2 E_\varphi}{\partial x^2} \right) + \frac{\partial}{\partial \rho} \left[ \frac{1}{\rho} \frac{\partial(\rho E_\varphi)}{\partial \rho} \right] + k^2 E_\varphi = 0. \quad (9)$$

Рівняння (9) будемо вирішувати методом поділу змінних. Для цього змінну представимо у вигляді добутку двох функцій, кожна з яких буде залежати тільки від однієї змінної, тобто

$$E_\varphi(\rho, x) = P(\rho)X(x). \quad (10)$$

Після підстановки значення  $E_\varphi$  з (9) в рівняння (10) отримаємо:

$$P(\rho) \frac{d^2 X(x)}{dx^2} + X(x) \frac{d}{d\rho} \left[ \frac{1}{\rho} \frac{d(\rho P(\rho))}{d\rho} \right] + k^2 P(\rho) X(x) = 0. \quad (11)$$

Розділимо обидві частини (11) на похідні  $P(\rho)X(x)$ :

$$\frac{1}{X(x)} \frac{d^2 X(x)}{dx^2} + \frac{1}{P(\rho)} \frac{d}{d\rho} \left[ \frac{1}{\rho} \frac{d(\rho P(\rho))}{d\rho} \right] + k^2 = 0. \quad (12)$$

Неважко помітити, обидві частини співвідношення (12) будуть рівні один одному тільки в тому випадку, якщо вони будуть рівні постійної величини, яку позначимо через  $s^2$ , тоді:

$$\begin{cases} \frac{1}{X(x)} \frac{d^2 X(x)}{dx^2} = -s^2, \\ \frac{1}{P(\rho)} \frac{d}{d\rho} \left[ \frac{1}{\rho} \frac{d(\rho P(\rho))}{d\rho} \right] + k^2 = s^2. \end{cases} \quad (13)$$

Перепишемо систему рівнянь (13) в вигляді:

$$\begin{cases} \frac{d^2 X(x)}{dx^2} + X(x)s^2 = 0, \\ \frac{d^2 P(\rho)}{d\rho^2} + \frac{1}{\rho} \frac{dP(\rho)}{d\rho} + \left( k^2 - \frac{1}{\rho^2} - s^2 \right) P(\rho) = 0. \end{cases} \quad (14)$$

Таким чином, рішення диференціального рівняння (14) в часткових похідних звелось до вирішення двох звичайних диференціальних рівнянь.

*Висновки.* В результаті проведеної роботи було проаналізовано існуючі конструкції секторіальних рупорних випромінювачів та визначено, що  $E$ -секторіальний рупор найбільш підходить для вирішення поставленого в роботі завдання, так як забезпечує більш широку діаграму направленості (ДН) в площині, паралельній поверхні землі. Оскільки фронт хвилі в рупорі трансформується в циліндричний системі, то при проведенні аналізу було обрано для розрахунку циліндричну систему координат. Наведено умовне зображення  $E$ -секторіального рупора, на базі якого проводились розрахунки. Отримані математичні моделі  $E$ -секторіального рупора, в якому збуджується основна хвиля  $TE_{10}$  біотехнології опромінення дозволяють перейти до наступного етапу – розробки фізичної конструкції рупора.

Література:

1. Сили И. И. Теоретическое исследование для определения параметров  $E$ -секториального рупора. *Вісник Національного*

технічного університету XIII. Сер. Механіко-технологічні системи та комплекси. 2015. № 22 (1131). С. 68-71.

2. Weber D. C., Rowley D. L., Greenstone M. H., Athanas M. M. Prey preference and host suitability of the predatory and parasitoid carabid beetle, *Lebia grandis*, for several species of *Leptinotarsa* beetles. *Journal of Insect Science*. 2006. Vol. 6, № 9. P. 1–14. DOI: 10.1673/1536-2442(2006)6[1:PPANHSO]2.0.CO;2.

3. Ferro D. N., Logan J. A., Voss R. H., Elkinton J. S. Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) temperature-dependent growth and feeding rates. *Environmental Entomology*. 1985. Vol. 14, № 3. P. 343–348.

4. Сілі І. І. Енергоінформаційна радіоімпульсна біотехнологія і електронні системи знищення шкідників картоплі: дис. ... канд. техн. наук : 05.11.17. Харків, 2015. 159 с.

5. Сілі І. І Розрахунок параметрів взаємодії радіоімпульсів НВЧ випромінювання з рослинним середовищем картоплі. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2019. Вип. 9, т. 1. DOI: 10.31388/2220-8674-2019-1-47.

6. Воскресенский Д. И., Гостюхин В. Л., Максимов В. М., Пономарев Л. И. Устройства СВЧ и антенны. Москва: Радиотехника, 2006. 376 с.

7. Касаткин Л. В., Чайка В. Е. Полупроводниковые устройства диапазона миллиметровых волн. Севастополь: Вебер, 2006. 319 с.

8. Хала А. В., Корольков А. В. Алгоритм расчета сверхширокополосной антенны. *Математическая морфология. Электронный математический и медико-биологический журнал*. 2010. Т. 9, № 1. С. 35-42.

9. S-parameter based device-level C-V measurement of p-i-n single-drift IMPATT diode for millimeter-wave applications / W. Zhang et al. *2016 IEEE MTT-S International Wireless Symposium (IWS)*. Shanghai, 2016 P. 1-4. DOI: 10.1109/IEEE-IWS.2016.7585419.

10. Старостенко В. В. Воздействие мощных импульсных полей на биологические объекты и среды. *Радиофизика и электроника*. 2002. Т. 7, № 1. С. 158-161.

11. Midford T. A., Bernick R. L. Millimeter wave CW IMPATT diodes and oscillators. *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*. 1979. Vol. 27, № 5. P. 483–492 DOI: 10.1109/TMTT.1979.1129653.

12. Chernin D., Antonsen T. M., Levust B. Threedeminsionel multy-frequency large signal model for nolix traveling wavetubes. *IEEE Trans. on Electron Devices*. 2002. Vol. 48, №1. P. 3-11.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ АНТЕННОЇ СИСТЕМИ ЗНИЩЕННЯ ШКІДНИКІВ КАРТОПЛІ

Сілі І. І., Азархов О. Ю.

### Анотація

У даній статті приведені результати аналізу існуючих конструкцій секторіальних рупорних випромінювачів та визначено, що  $E$ -секторіальний рупор найбільш підходить для вирішення поставленого в роботі завдання, так як забезпечує більш широку діаграму направленості в площині, паралельній поверхні землі. Оскільки фронт хвилі в рупорі трансформується в циліндричну систему, то при проведенні аналізу було обрано для розрахунку циліндричну систему координат. Наведено умовне зображення  $E$ -секторіального рупора, на базі якого проводились розрахунки. Діаграма направленості розглянутого випромінювача розраховувалась методом хвильової оптики на основі принципу Гюйгенса і формули Кирхгофа. Отримані математичні моделі  $E$ -секторіального рупора, в якому збуджується основна хвиля  $TE_{10}$  технології опромінення дозволяють перейти до наступного етапу – розробки фізичної конструкції рупора.

**Ключові слова:** генератор, НВЧ випромінювання, імпульсний генератор,  $E$ -секторіальний рупор, діаграма направленості.

## ИССЛЕДОВАНИЕ И РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ АНТЕННОЙ СИСТЕМЫ УНИЧТОЖЕНИЯ ВРЕДИТЕЛЕЙ КАРТОФЕЛЯ

Сили И. И., Азархов А. Ю.

### Аннотация

В данной статье приведены результаты анализа существующих конструкций секториальных рупорных излучателей и определено, что  $E$ -секториальный рупор наиболее подходит для решения поставленной в работе задачи, так как обеспечивает более широкую диаграмму направленности в плоскости, параллельной поверхности земли. Поскольку фронт волны в рупоре трансформируется в цилиндрическую систему, то при проведении анализа была выбрана для расчета цилиндрическая система координат. Приведено условное изображение  $E$ -секториального рупора, на основании которого проводились расчеты. Диаграмма направленности рассматриваемого излучателя рассчитывалась методом волновой оптики на основе принципа Гюйгенса и формулы Кирхгофа. Полученные математические модели  $E$ -секториального рупора, в котором возбуждается основная волна  $TE_{10}$  технологии облучения позволяют перейти к следующему этапу - разработке физической конструкции рупора.

**Ключевые слова:** генератор, СВЧ излучение, импульсний генератор,  $E$ -секториальный рупор, диаграмма направленности.

## THE PARAMETERS OF THE PEST MANAGEMENT ANTENNA SYSTEM RESEARCH AND CALCULATION

I. Sili, O. Azarkhov

### Summary

Well known that the Colorado potato beetle, in the stages of evolution, has adapted to the detrimental effects of most insecticides and continues to reproduce with ease in new territories. At the same time, some researches present a study that raising



the body temperature of the pest above 50 ° C has a detrimental effect on the reproductive system of the insect and can significantly reduce its population. Thus, a new radio impulse biotechnology for potato pest eradication by powerful electromagnetic radiation in the millimeter wavelength range is proposed for use. The radiation source is a multi-diode generator, summing the capacities of individual diodes in a common electrodynamic system.

While we are developing energy-information radio-pulse technology and radio-pulse electronic radiation system to suppress the life of the Colorado potato beetle, it's found that an important element of system is the antenna radiation system. Determination of structural elements and calculation of parameters of which is a decisive task for high-quality irradiation of pests in the plant environment of potatoes and the overall efficiency of biotechnology. This article presents the analysis results of existing sector horn emitters designs and determines that E-sector horn is most suitable for solving the problem posed in the work, as it provides a broader pattern of orientation in the plane parallel to the ground surface. Since the wave front in the horn is transformed into a cylindrical system, the cylindrical coordinate system was selected for the analysis. The conditional picture of the E-sector horn was shown, basis on which the calculations were made. The radiation pattern of the considered emitter was calculated by the wave optics method based on the Huygens principle and Kirchhoff formula. The obtained mathematical models of the E-sector horn, in which the main wave TE<sub>10</sub> of irradiation technology is excited, allow us to move to the next stage - the development of the physical construction of the horn.

**Key words:** generator, microwave radiation, pulse generator, E-sector horn, radiation pattern.

*КОМП'ЮТЕРНІ НАУКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ*

УДК 004.55

DOI: 10.31388/2078-0877-20-2-250-261

**ДОСЛІДЖЕННЯ ТА АНАЛІЗ ІНФОРМАЦІЙНО-  
ПОШУКОВОГО WEB-РЕСУРСУ EURES**

Лубко Д. В., к.т.н.,

ORCID: 0000-0002-2506-4145

Строкань О. В., к.т.н.,

ORCID: 0000-0002-6937-3548

Мірошніченко М. Ю. к.т.н.

ORCID: 0000-0001-9647-9762

*Таврійський державний агротехнологічний університет**імені Дмитра Моторного*

Тел. (0619) 42-20-32

*Постановка проблеми.* Перша проблема, з якою стикаються усі під час пошуку, – де і як шукати? Проаналізуємо основні канали пошуку роботи, які можна використовувати і вдосконалювати.

Основні канали пошуку роботи та вакансій наступні: через соціальні мережі; сайти підприємств; сайти відповідних спеціалізованих служб з пошуку роботи; державні служби зайнятості та ярмарки вакансій; друковані видання; пошук через знайомих і родичів; через пошук у Інтернеті (наобум у пошуковому рядку); портали з працевлаштування; благодійні та волонтерські організації; рекрутингові агентства; зовнішня реклама [8–11].

Як ви бачите способів пошуку дуже багато. Для того щоб обрати найбільш якісний та швидкий спочатку необхідно вирішити питання, яку саме роботу ви шукаєте. Оскільки для різних позицій ефективні способи можуть бути різними.

Як вважають багато фахівців з даної проблематики [2–5] та автори статті – одним з найбільш ефективним засобом пошуку роботи та вакансій є спеціалізовані портали з працевлаштування. Саме тому, якісний та глибокий аналіз роботи одного з найбільш вагомих та визнаних з них (порталу EURES) і визначає проблематику статті.

*Аналіз останніх досліджень.* Аналіз останніх досліджень з даної проблемної області показав, що темою аналізу різноманітних інформаційних локальних та web-систем (web-ресурсів) при пошуку роботи та підборі вакансій займалися свого часу такі відомі науковці як: Tessaring M., Ertelt B. J., Baigger D., Porizkova H., de Grip A., Matheeuwsen A., Hoevenberg J. [1–4]. Вони проводили аналіз даної проблеми на прикладі web-порталу EURES та схожих з ним. Однак проблематика даної предметної області потребує додаткових зусиль для більш докладного функціонального аналізу затребуваності професій та існуючих пропозицій на ринку праці [6–7], що і є метою даної статті.

*Формулювання цілей статті (постановка завдання).* Основною ціллю даної статті є аналіз інформаційного web-ресурсу EURES отримання допомоги при пошуку роботи та підбору вакансій. Завданнями роботи є порівняння web-сервісів пошуку роботи з виявленням переваг та недоліків, проведення аналізу роботи web-ресурсу EURES та розгляд її структури.

*Основна частина.* Портал (web-система, web-ресурс) *EURES* – це єдиний інформаційний ресурс по збору даних про наявність робочих вакансій та роботи по всій Європі. Також EURES (European Employment Services) – це Європейська система трудового посередництва, створена Європейською Комісією і об'єднує державні служби зайнятості країн Європи. Ресурс знаходиться адресою: <http://ec.europa.eu/eures/>. По суті EURES – це створена Європейською Комісією мережа трудового посередництва, яка підтримує вільне пересування робочої сили в Європейському Союзі і в державах Європейського Економічного простору.

Найбільшою популярністю портал EURES в Європі користується у громадян Польщі (11%), за якими слідують громадяни Франції, Німеччини та Італії. Велика частина запитів поступає на англійській мові (20%), за ним слідують польський (8,5%), німецький (7%), іспанська (5,5%) і французька (5%).

Портал EURES був створений у вересні 2003 року. Зараз на ньому зареєстровано біля 2 млн. вакансій, якими можуть скористатися громадяни ЄС. Розміщення інформації на сайті є безкоштовним як для тих, хто шукає роботу („пошукувачі”), так і для тих, кому потрібні співробітники („роботодавці”).

*Мета EURESa* запропонувати: здобувачам роботи інформацію і консультування про можливості роботи та умови проживання і роботи в Європі; роботодавцям підтримку в пошуку нових працівників їх Європи; жителям прикордонних територій інформацію про роботу в сусідній державі. Щороку майже у всіх країнах Європи організовуються ярмарки праці, де зустрічаються претенденти роботи і роботодавці. Огляд часу і місць проведення ярмарок праці можна подивитися на порталі EURES в календарі заходів. Якщо ви зацікавлені взяти участь в ярмарках, можна зв'язатися з EURES-консультантом каси по безробіттю.

Крім звичайних ярмарків праці людей запрошують взяти участь в Європейських (online) ярмарках праці, на яких роботодавці зустрічаються з претендентами роботи з усіх країн Європи. На загальноєвропейському порталі [europeanjobdays.eu](http://europeanjobdays.eu) створені можливості для реєстрації учасників, ознайомлення з роботодавцями, зіставлення підходящих кандидатів і вакансій, подачі заявки на пропозиції про роботу, проведення online-співбесід з відповідними

кандидатами і ін. Інформацію про участь у європейських online–ярмарках праці можна отримати у EURES–консультанта.

У якості співставлення та виявлення переваг та недоліків – проведемо аналіз та порівняння web–сервісів (порталів) пошуку роботи та створення резюме для пошукувача (таблиця 1).

Таблиця 1 – Порівняння web–сервісів пошуку роботи та створення резюме для пошукувача.

№	Назва ресурсу / Назва поля	EURO– PASS	CVMAKER	Head– hunter	EURES
1	Контакти (ППП, адреса, телефон, пошта, стать, дата народження, тощо)	+	+	+	+
2	Поточний фах	+	–	–	+
3	Вид роботи, яку бажає	+	+	+	+
4	Освіта	+	+	–	+
5	Досвід роботи	+	+	+	+
6	Фото людини	+	–	–	–
7	Додаткові навички	+	–	–	+
8	Знання мов	+	–	–	+
9	Кваліфікація	+	+	–	+
10	Хобі	–	+	–	+
11	Рекомендації	–	+	–	–
Додаткові можливості сервісів					
1	Без реєстрації	+	Для повно– цінної роботи потрібна	Потрібна реєстрація	Потрібна реєстрація
2	Безкоштовно	+	+ (є тільки базова версія)	+	+
3	Російська мова	–	+	+	–
Недоліки сервісів					
1	Недоліки сервісів	Залишається логотип сервісу. Немає російської мови.	Повноцінна версія вартує 16\$.	Залишається логотип сервісу. Один варіант оформлення інтерфейсу	Немає російської мови. Немає поля для фото.

*Примітка до таблиці 1:* Знак «+» позначає наявність даної ознаки, знак «–» – відсутність ознаки.

Проаналізувавши дані таблиці 1, при порівнянні web–сервісів пошуку роботи та створення резюме для пошукувача нами було зроблено висновок, що web–сервіс (портал) EURES забезпечує найбільшу функціональність та зручність роботи, при мінімумі недоліків. Вважаємо, що саме портал EURES доцільно використовувати для пошукувача при створенні їм свого резюме, так як це дозволить повноцінно, повно та якісно охарактеризувати себе

(як фахівця), свою роботу (навички та досвід), та дозволить в подальшому звернути на себе та своє резюме увагу потенційного роботодавця.

А далі ми проаналізуємо вхідні дані з позиції роботодавця, що саме вказують вони при створенні свого профілю (сторінки) або особистого кабінету. Ці дані потрібні для розуміння внутрішньої структури портфоліо (резюме) роботодавців, а також дозволяють зрозуміти, як саме потрібно формувати запити пошукувачу при обиранні певного підприємства під свій майбутній фах.

Вхідні дані роботодавців наступні (рядки для заповнення):

1) Ім'я компанії; Номер НДС; Реєстраційний номер; Розмір компанії\* (кількість робітників); Класифікація підприємства\*; Бізнес–сектор\*; Опис компанії; Мова опису компанії; Логотип компанії (файл–фото); URL–відео (ролик); Назва робочого місця; Інтернет–сайт компанії; Дані про компанію (країна, адреса, індекс); Телефон, факс; Електронна пошта.

*Деякі докладні пояснення:*

\* Розмір компанії (кількість робітників): мікропідприємство (до 10 людей); мале підприємство (10–50 людей); середнє підприємство (50–250 людей); велике підприємство (більше 250 людей).

\* Класифікація підприємства: корпоративна організація; урядова організація; некомерційна організація; мале або середнє підприємство; школа, технікум, ВНЗ.

\* Бізнес–сектор: сільське–господарство, лісне господарство, рибне господарство; добування: вугляр, нафти, газу, руди, тощо; виробництво: продуктів харчування, одягу, паперу, мебелів, тощо.

Розглянемо основні принципи роботи : як користуватися послугами порталу EURES та її структуру.

При відкритті порталу за адресою – <http://ec.europa.eu/eures/> користувач бачить початкову сторінку (рис. 3) де потрібно буде обрати вашу мову спілкування на сайті (з 26 мов європейських країн).

Карта web–порталу EURES (основні та додаткові підменю та меню) наведені на рисунках 2 та 3.

Загальний вигляд головної сторінки порталу EURES наведено на рис. 4.

Далі розглянемо докладніше безпосередньо деякі функції порталу EURES з боку його використання пошукувачами.

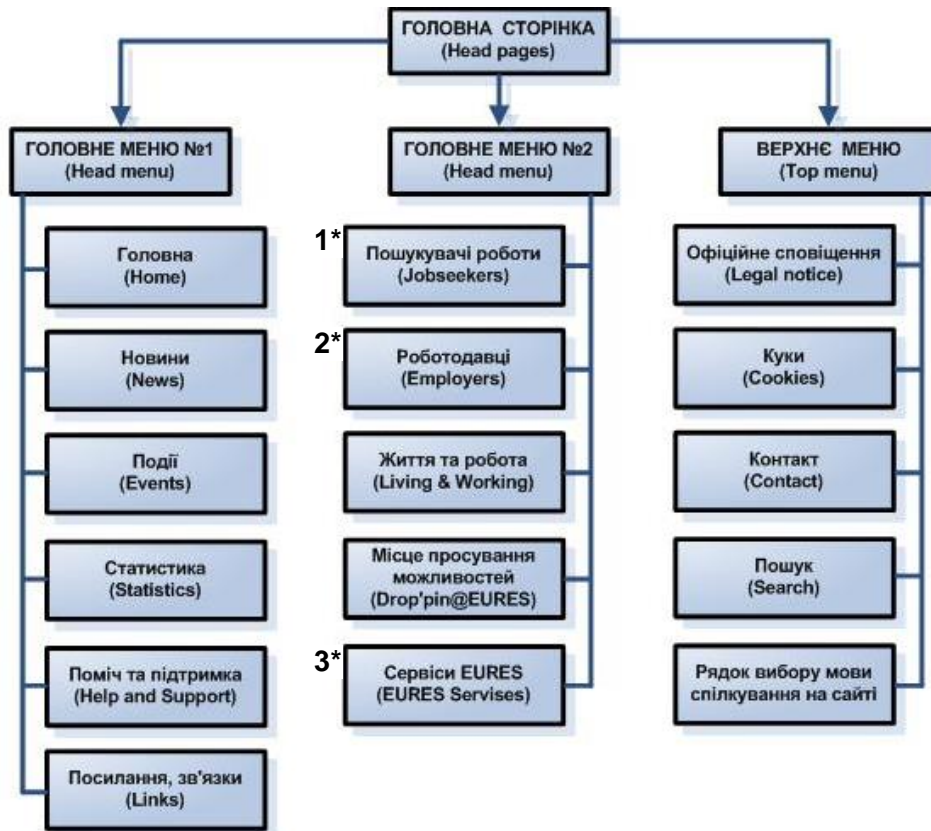


Рис.1. Карта web-порталу EURES (основні меню).

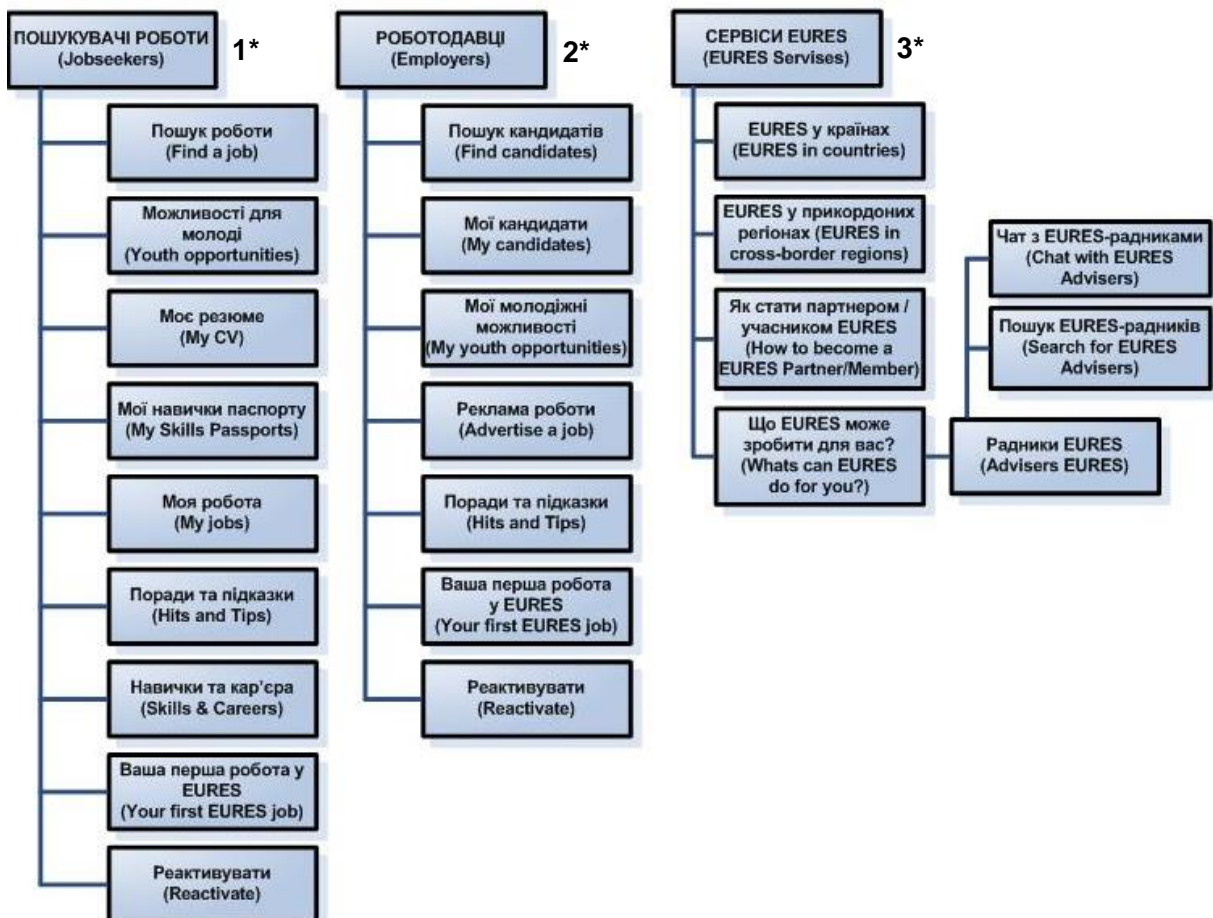


Рис. 2. Карта web-порталу EURES (додаткові підменю – 1\*, 2\*, 3\*).



Рис. 3. Початкова сторінка з можливістю вибору мови спілкування.

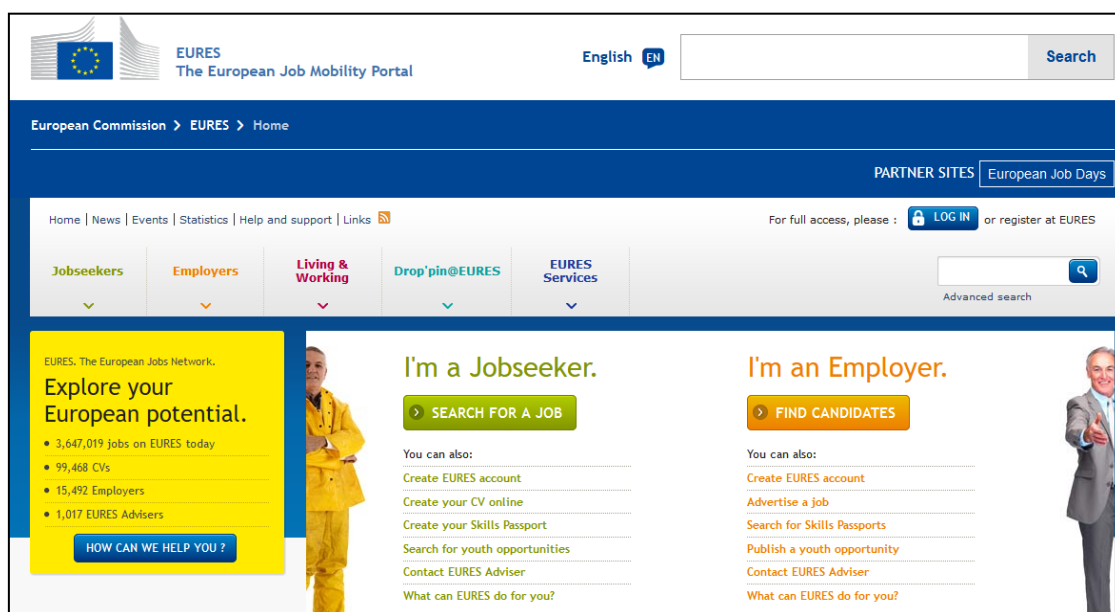


Рис. 4. Загальний вигляд головної сторінки порталу EURES.

По суті пошукувачі – це люди, які шукають на сайті собі роботу (або роботодавців з роботою) або які пропонують свої послуги, знання та вміння для того, щоб ними зацікавилися роботодавці.

Після обрання вашої мови спілкування ви побачите головну сторінку порталу EURES, яка складається з різноманітних вкладок, меню, гіперпосилань та різну інформацію.

Найголовніша вкладка – „JOBSEEKERS” (в перекладі „Той, хто шукає роботу”), яка стосується роботи для пошукувача, наведена на рис. 4.

Для шукаючих роботу у вкладці „JOBSEEKERS” є наступні можливості (опис елементів меню):

1. Меню №1. *Find a job* („Пошук роботи”). Дія меню – проведення пошуку потрібної пошукувачу роботи по ключовим словам;

2. Меню №2. *Youth opportunities* („Можливості для молоді”). Дія меню – проведення пошуку певної роботи по ключовим словам для молодих людей за віком (до 35 років);

3. Меню №3. *My CV* („Моє резюме”). Дія меню – створення власного резюме або імпорт готового резюме з системи EUROPASS;

4. Меню №4. *My Skills Passports* („Мої навички паспорту”). Дія меню – створення та редагування паспорту навичок;

5. Меню №5. *My jobs* (Моя робота).

Підменю 5.1 – *Saved search profiles* („Збережені пошукові профілі”). Дія підменю – робота зі збереженими пошуковими профілями.

Підменю №5.2 – *Received Enquiries* („Отримані запити”). Дія меню – можливість проглядати запити (повідомлення) від роботодавців, які зацікавились в вашому профілі;

6. Меню №6. *Hits and Tips* („Поради та підказки”). Дія меню – отримання порад та підказок по питанням з роботи які виникли;

7. Меню №7. *Skills & Careers* („Навички та кар’єра”). Дія меню – проведення пошуку можливостей навчання перед отриманням роботи.

8. Меню №8. *Your first EURES job* („Ваша перша робота у EURES”).

Дія меню – інформація (підказка) про отримання вашої першої роботи в EURES, з можливістю ознайомлення зі списком вакансій служб зайнятості EURES та їх партнерів та рівні ЄС.

9. Меню №9. *Reactivate* („Реактивувати”). Дія меню – використання автоматизованої системи мобільності робочих місць Європейського Союзу, яка допомагає людям ЄС (до 35 років) знайти роботу, стажування або можливість навчання в іншій країні ЄС, а також допомагає роботодавцям знайти кваліфіковану робочу силу. Через меню *Reactivate* також можна отримувати інформацію, вести пошук роботи, підбирати та отримувати допомогу і підборі персоналу.

Найголовніша вкладка, яка стосується роботодавця – це вкладка „EMPLOYERS” („Роботодавці”) (рис. 4). Для роботодавців у вкладці є наступні можливості (опис меню):

1. Меню №1. *Find candidates* („Пошук кандидатів”). Дія меню – проведення пошуку потрібного кандидата роботодавцем (значок замка позначає закрите до доступу меню для даного аккаунту);

2. Меню №2. *My candidates* („Мої кандидати”). Дія меню – перегляд списку знайдених роботодавцем кандидатів на роботу.

3. Меню №3. *My youth opportunities* („Мої молодіжні можливості”). Дія меню – перегляд списку знайдених роботодавцем молодих (до 35–ти років) кандидатів на роботу.

4. Меню №4. *Advertise a job* („Рекламування роботи”). Дія меню – заходи, реклами роботи від роботодавців.



5. Меню №5. *Hits and Tips* („Поради та підказки”). Дія меню – отримання порад та підказок по питанням для роботодавця які в нього виникли;

6. Меню №6. *Your first EURES job* („Ваша перша робота у EURES”). Дія меню – інформація (підказка) про отримання першої роботи в EURES, з можливістю ознайомлення зі списком вакансій служб зайнятості EURES та їх партнерів та рівні ЄС.

7. Меню №7. *Reactivate* („Реактивувати”). Дія меню – використання автоматизованої системи мобільності робочих місць Європейського Союзу, яка допомагає роботодавцям знайти кваліфікованих робітників та допомагає громадянам ЄС знайти роботу, стажування або можливість навчання в іншій країні ЄС. Зокрема, вона направлена на те, щоб заповнити вакансії з мотивованими кандидатами по всій Європі.

Наведемо загальний вигляд та докладне пояснення головної сторінки порталу EURES з боку роботодавця (рис. 5).

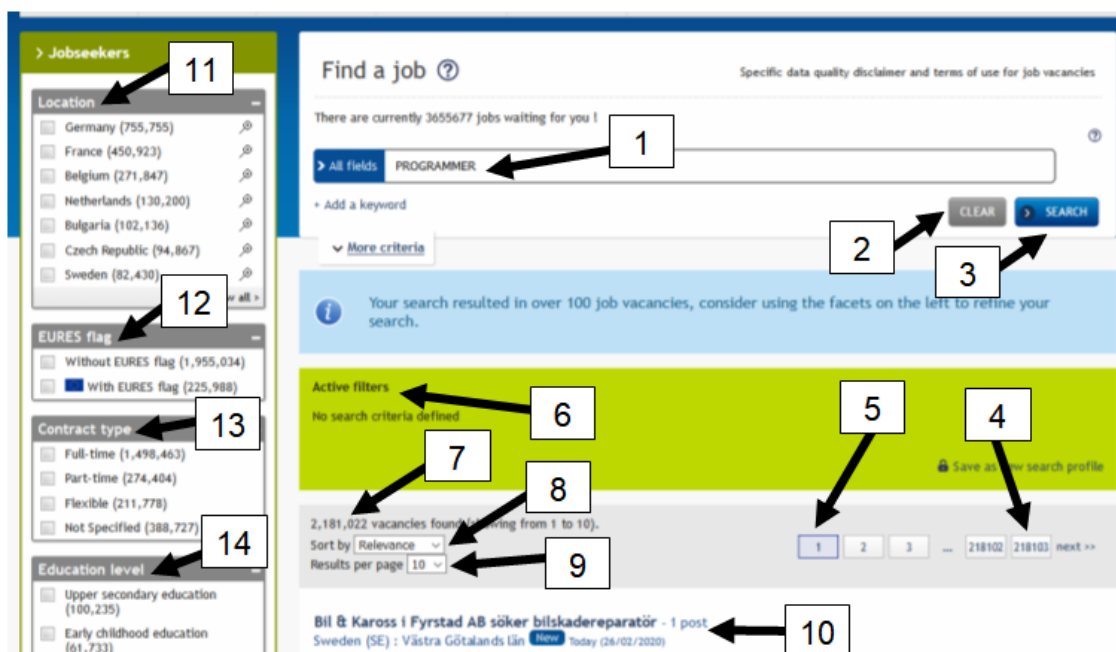


Рис. 5. Загальний вигляд головної сторінки для роботодавця.

Дамо докладне пояснення елементів сторінки (рис.5):

№1 – рядок пошуку для введення фаху вакансії («Find a job»);

№2 – кнопка очищення рядку пошуку («Clear»);

№3 – кнопка активації пошуку («Search»);

№4 – загальна кількість знайдених пошуком сторінок відповідно до введеного у пошуку запиту;

№5 – номер сторінки пошуку;

№6 – вікно, яке показує активність (або не активність) фільтру пошуку («Active filters»);

№7 – знайдена загальна кількість вакансій відповідно до введеного у пошуку запиту;

№8 – обраний (активний) тип сортування вакансій (по релевантності, тощо) – («Sort by...»);

№9 – загальна кількість сторінок знайдених пошуком сторінок відповідно до введеного у пошуку запиту («Result per page»);

№10 – докладна інформація про знайдену вакансію;

№11 – вікно для встановлення бажаної країни (або країн) при пошуку вакансії («Location»);

№12 – вікно для встановлення прапорців для пошуку вакансій з використанням EURES-сервісів або без них («EURES flag»);

№13 – вікно для встановлення прапорців для пошуку вакансій в залежності від того як бажає працювати людина (повний робочий день, півдня, погодинно, тощо) – «Contract type»;

№14 – вікно для встановлення прапорців в вибором бажаного рівня освіти людини («Education level»).

Більш докладна інформація про знайдену вакансію для роботодавця на її структура приведені на рис. 6,7.

**PROGRAMMER - 1 post**  
Cyprus (CY) : Κύπρος (Kypros) 26 day(s) ago (31/01/2020)

**Employer:** IBIT LTD

**Category:** Applications programmers

ANDROID SOFTWARE DEVELOPMENT , UNIVERSITY DEGREE IN THE SPECIFIC FIELD OR ONE YEAR WORK EXPERIENCE KNOWLEDGE OF RUSSIAN, ENGLISH LANGUAGE , Please note that copy of the letter and CV sent to the employer should also be sent to the (EURES ADVISOR , MARIA PITSIILLIDOU , [mpitsillidou@dl.mlsi.gov.cy](mailto:mpitsillidou@dl.mlsi.gov.cy)). Please include the national vacancy reference number

**Available in:** [En]

Translate Page view Expand

Рис. 6. Докладна інформація про знайдену вакансію.

1 **Programmer - 1 post**  
Denmark (DK) : Fyn 6 day(s) ago (20/02/2020)

2 **Employer:** COMASYS ApS

3 **Category:** Software developers

4 We are looking for an ASP Classic programmer  
The job:As a developer at CoMaSys, you will be

5 **Available in:** [En]

Рис. 7. Докладне пояснення структури знайденої вакансії роботодавцю.

Дамо докладне пояснення цих елементів (рис. 7):

№1 – Фах людини, звідки людина (країна), коли був на сайті останній раз, днів («Programmer»);

№2 – Роботодавець (назва фірми, компанії, підприємства, тощо) – «Employer»;

№3 – Категорія фаху людини («Category»);

№4 – Загальна інформація про того, кого шукає роботодавець, його бажані навички, що від повинен вміти, зарплатня, тощо;

№5 – Країна, де пропонується робота («Available in...»).

*Висновки.* Використовуючи web–портал EURES люди, які шукають собі роботу (пошукувачі), або ті хто шукає людей для свого бізнесу (роботодавці) – своїми зусиллями дозволять досягти такого: збільшиться число вакансій у різних країнах Європи; зросте рівень зайнятості людей у різних країнах Європи; будуть скорочуватися терміни тривалості безробіття у країнах Європи; буде збалансовуватися попит і пропозиції робочої сили; можна буде провести якісний аналіз та прогноз середньострокового економічного розвитку та ринку праці у країнах Європи; створяться механізми для регулярного оновлення та розповсюдження інформації про умови життя і праці людей у країнах Європи; створяться умови для підтримки підприємницьких ініціатив; підвищиться рівень поінформованості населення з питань працевлаштування людей нашої країни та країнах ЄС; створяться додаткові можливості працевлаштування.

Використання порталу EURES, як єдиного європейського порталу з послуг трудового посередництва, дозволяє:

А) пошукувачам – значно покращувати пошук достовірної, якісної та швидкої інформації у процесі їх визначення з майбутньою професією з гарною заробітною платою;

Б) роботодавцям – швидко, якісно та з впевненістю у результат шукати людей на роботу, що по суті є єдиним гарантованим засобом покращання послуг трудового посередництва.

За допомогою порталу EURES державні служби зайнятості з країн Європейського Союзу можуть надавати швидкий доступ на ринок праці на місцевому, національному та європейському рівні всіх претендентів на робочі місця, роботодавців і організацій з підбору персоналу.

#### Література:

1. Tessaring M. The future of work and skills: visions, trends and forecasts. Vocational education and training: The european research field. *Background report. Thessaloniki: Cedefop*. 1998. Vol. 1. P. 271–319.

2. Ertelt B. J., Baigger D. Evaluation des Europäischen Vermittlungsdienstleistungsangebotes EURES der Bundesanstalt für Arbeit. *Informationen für die Beratungs und Vermittlungsdienste (ibv) Nr. 2002*. T. 43. P. 2915–2926.

3. Porizkova H. EURES. URL: [http://www.euroskop.cz/gallery/41/12418-prace\\_v\\_eu.pdf](http://www.euroskop.cz/gallery/41/12418-prace_v_eu.pdf). (дата звертання: 30.03.2020).

4. de Grip A., Matheeuwsen A., Hoevenberg J. Future job opportunities in the European Union: towards a EURES database on regional labour market forecasts. *ROA Reports*. 1996. № 5E.

5. European Commission. EURES : the story so far : matching jobs and skills in Europe for 15 years. European Commission Directorate–General for Employment, Social Affairs and Equal Opportunities D. 3 Unit. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2009. 121 p.: col. III.

6. Экономика труда: учебник / ред. Ю. П. Кокин, П. Э. Шлендер. Москва: Магистр, 2011. 686 с.

7. Кузьмина Ю. Рынок труда требует реформирования. Человек и труд. 2009. № 6. С. 18–22.

8. Веревкин Л. П. Рынок труда в условиях интеграции. Энергия: экономика, техника, экология. 2009. № 11. С. 60–64.

9. Иванов Н. П. Мировой кризис и рынок труда. Мировая экономика и международные отношения. 2011. № 11. С. 3–17.

10. Павленков В. А. Рынок труда. Занятость. Безработица: учебник. Москва: Изд–во МГУ, 2004. 368 с.

11. Рофе А. И., Збышко Б. Г., Ишин В. В. Рынок труда, занятость населения, экономика ресурсов для труда. Москва, 2000. 111 с.

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ТА АНАЛІЗ ІНФОРМАЦІЙНО– ПОШУКОВОГО WEB–РЕСУРСУ EURES**

Лубко Д. В., Строкань О. В., Мірошніченко М. Ю.

### **Анотація**

У статті проведено аналіз інформаційного web–ресурсу EURES. Наведені результати аналізу та порівняння web–сервісів (порталів) пошуку роботи та вакансій. Виявляються їх переваги та недоліки. Розглянута структура web–ресурса EURES та принципи її роботи. В статті зазначається, що використання порталу EURES, як єдиного європейського порталу з послуг трудового посередництва, дозволить: пошукувачам – значно покращувати пошук достовірної, якісної та швидкої інформації у процесі їх визначення з їх майбутньою професією з гарною заробітною платою; роботодавцям – швидко, якісно та з впевненістю у результат шукати людей на роботу, що по суті є єдиним гарантованим засобом покращання послуг трудового посередництва.

**Ключові слова:** EURES, інформаційна web–підтримка, пошукувачі, роботодавці, портал послуг, робота, підбір вакансій, пошук роботи.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ И АНАЛИЗ ИНФОРМАЦИОННО– ПОИСКОВОГО WEB–РЕСУРСА EURES**

Лубко Д. В., Строкань О. В., Мирошніченко Н. Ю.

### **Аннотация**

В статье проведен анализ информационного web–ресурса EURES. Приведены результаты анализа и сравнения web–сервисов (порталов) поиска

работы и вакансий. Выявляются их преимущества и недостатки. Рассмотрена структура web-ресурсу EURES и принципы ее работы. В статье отмечается, что использование портала EURES, как единого европейского портала по услугам трудового посредничества, позволит: соискателям – значительно улучшить поиск достоверной, качественной и быстрой информации в процессе их определения со своей будущей профессией с хорошей заработной платой; работодателям – быстро, качественно и с уверенностью в результат искать людей на работу, что по сути является единственным гарантированным средством улучшения услуг трудового посредничества.

**Ключевые слова:** EURES, информационная web-поддержка, соискатели, работодатели, портал услуг, работа, подбор вакансий, поиск работы.

## **ANALYSIS OF EURES WEB-SYSTEM GETTING HELP IN SEARCH WORK AND SELECTION OF VACANCIES**

D. Lubko, O. Strokan, M. Miroshnychenko

### **Summary**

One of the most effective ways of finding jobs and jobs is considered to be specialized job portals. That is why, a qualitative and in-depth analysis of the work of one of the most important and recognized ones (EURES portal) determines the issues of the article. The main job and job search channels are as follows: via social networks; enterprise sites; Sites of relevant specialized job search services; public employment services and job fairs; printed editions; search through friends and relatives; through web search (in your browser's search bar); job portals; charitable and volunteer organizations; recruitment agencies; outdoor advertising. There are actually many ways to search. In order to choose the best and the fastest one you must first decide what kind of job you are looking for.

The article analyzes the information web resource EURES. The results of analysis and comparison of web-services (portals) of job search and vacancies are presented. Their advantages and disadvantages are revealed. The structure of the EURES web resource and the principles of its operation are considered.

By using the EURES web portal, job seekers (job seekers) or job seekers (employers) will help you achieve this by: increasing the number of jobs in different countries in Europe; increase employment of people in different countries of Europe; the duration of unemployment in Europe will be reduced; labor supply and demand will be balanced; it will be possible to carry out a qualitative analysis and forecast of medium-term economic development and the labor market in European countries; mechanisms will be created to regularly update and disseminate information on the living and working conditions of people in European countries; conditions will be created to support entrepreneurial initiatives; increase of the level of awareness of the population on employment of the people of our country and the EU countries; additional employment opportunities will be created.

**Key words:** EURES, information web-support, jobseekers, employers, portal of services, job, selection of vacancies, work searches.

## МАТЕМАТИЧНЕ КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ КВАНТОВО-МЕХАНІЧНИХ ЯВИЩ ТА ПРОЦЕСІВ

Сосницька Н. Л., д.п.н.,

ORCID: 0000-0001-6329-768X

Морозов М. В., к.ф.-м.н.,

ORCID: 0000-0002-5122-8449

Халанчук Л. В., асистент

ORCID: 0000-0002-6055-6233

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

*імені Дмитра Моторного*

Тел. (0619) 42-68-74

*Постановка проблеми.* Методи математичного комп'ютерного моделювання знаходять все більш широке застосування для дослідження різноманітних систем та явищ. Перспективним є моделювання складних абстрактних квантово-механічних явищ та процесів. Це зумовлено тим, що знання з квантової фізики мають важливе значення для розвитку різних технологій в сфері енергетики, транспорту, отримання нових матеріалів з заданими властивостями, розвитку інформаційних технологій та обчислювальної техніки тощо. Тому на сьогодні є актуальним розробка моделей різноманітних квантових точок (quantum dot – QD), які використовуються у багатьох сучасних приладах [1, 2].

*Аналіз останніх досліджень.* В роботах [3-16] розглянуто застосування математичного комп'ютерного моделювання квантово-механічних явищ та процесів, де приведено моделі різноманітних квантових точок (QD) та отримані дискретні спектри власних значень енергії та хвильових функцій електронів. Розглянуто також залежність спектрів власних значень енергії від форми та розмірів квантової точки. В роботі [17] розглянуто структуру енергетичних квантових рівнів у квантовій точці, яка має форму стиснутого тіла обертання. Для розрахунків хвильової функції, щільності ймовірності, хвильових чисел, власних значень енергії та побудови відповідних графіків використовуються пакети програм Scilab, MathCad, дискретні моделі розв'язку диференціальних рівнянь у частинних похідних та дискретні структуровані сітки [19].

Однак дослідниками не розглядалось питання моделювання стану електронів з використанням пакета програм Scilab.

*Формулювання цілей статті.* Розробити модель просторової (3D), прямокутної квантової ями з нескінченно високими стінками та на її основі запропонувати віртуальні імітаційні лабораторні роботи з вивчення та дослідження зонної теорії провідності твердих тіл.

*Основана частина.* Використано методи математичного комп'ютерного моделювання для вивчення та дослідження хвильової функції електрона та власних значень енергії і їх залежності від структури, форми та розмірів квантової точки (QD).

Застосування пакета програми Scilab дозволяє візуалізувати вид хвильової функції та щільності ймовірності для 3D просторової квантової ями.

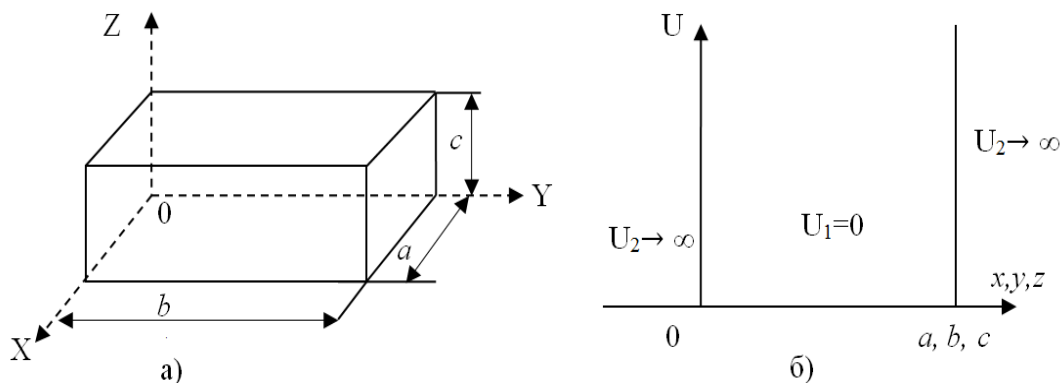
*Постановка задачі.* Знайти розв'язок рівняння Шредінгера для стаціонарних електронів та власні значення енергії і їх залежність від параметрів зразка.

Розглянемо моделювання стану вільних електронів у металах і сплавах та утворення зони провідності у випадку, коли робота  $A$  виходу електрона з металу багато більша, ніж енергія теплового хаотичного руху електрона [18]:

$$A \gg kT.$$

Вважаємо, що область 3D простору, в якій може рухатись електрон, визначається нерівностями (рис. 1.а):

$$0 \leq x \leq a; 0 \leq y \leq b; 0 \leq z \leq c.$$



а) параметри зразка; б) потенціальна енергія електрона.

Рис. 1. Квантова прямокутна 3D потенціальна яма.

Хвильове рівняння Шредінгера для стаціонарних станів  $S$  – електронів має вигляд:

$$\left( \frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial z^2} \right) + \frac{2m}{\hbar^2} E \Psi = 0, \quad (1)$$

Граничні умови для хвильової функції:

$$\Psi(0, y, z) = \Psi(x, 0, z) = \Psi(x, y, 0) = \Psi(a, y, z) = \Psi(x, b, z) = \Psi(x, y, c) = 0 \quad (2)$$

Рішення диференціального рівняння (1) у частинних похідних шукаємо у вигляді (метод Фур'є розділення змінних):

$$\Psi(x, y, z) = A \cdot \sin k_1 x \cdot \sin k_2 y \cdot \sin k_3 z \quad (3)$$

Тоді

$$E = \frac{\hbar^2}{2m} (k_1^2 + k_2^2 + k_3^2) \quad (4)$$

Знаходимо хвильові числа, використовуючи граничні умови:

$$k_1 = \frac{n_1 \pi}{a}; \quad k_2 = \frac{n_2 \pi}{b}; \quad k_3 = \frac{n_3 \pi}{c}$$

де  $n_1, n_2, n_3 = 1, 2, 3 \dots$  - квантові числа.

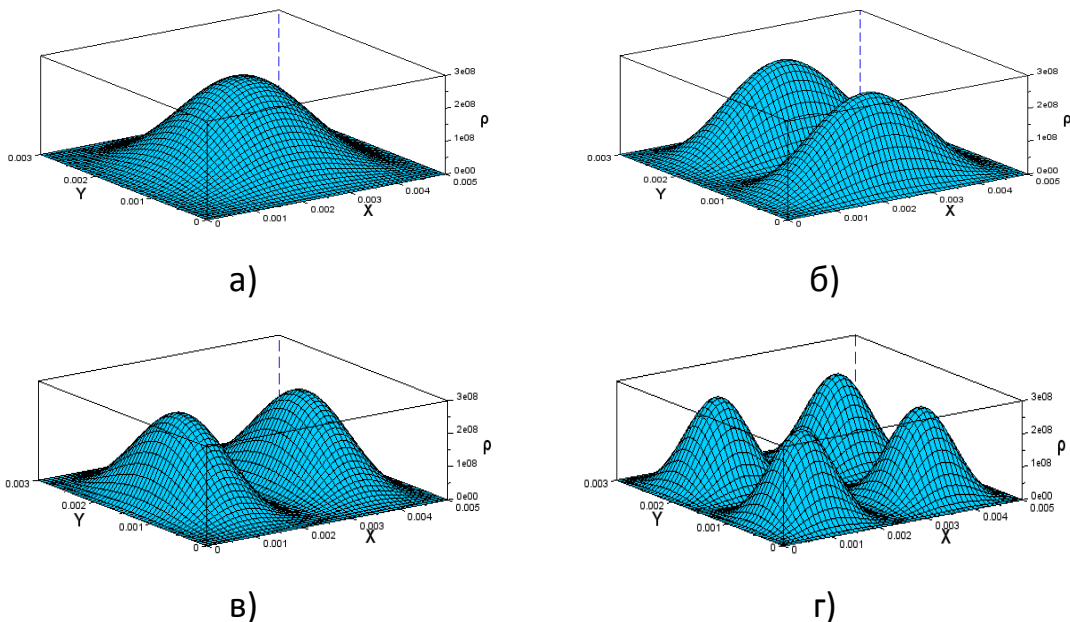
Амплітуду хвильової функції  $A$  визначаємо з умови нормування хвильової функції:

$$\int A^2 \cdot \sin^2 k_1 x \cdot \sin^2 k_2 y \cdot \sin^2 k_3 z dV = 1$$

$$A = \left( \frac{8}{abc} \right)^{1/2} \quad (5)$$

Будуємо графіки щільності ймовірності знаходження електрона в 3D потенціальній ямі (рис. 2) для випадку  $n_{1,1} = n_{1,2} = n_{1,3} = 1$  та  $n_{2,1} = n_{2,2} = n_{2,3} = 2$ :

$$\rho \left( x, y, \frac{c}{2} \right) = \Psi^2 \left( x, y, \frac{c}{2} \right) = \frac{8}{abc} \sin^2 \left( \frac{n_1 \pi}{a} x \right) \sin^2 \left( \frac{n_2 \pi}{b} y \right) \quad (6)$$



а)  $n_1=1, n_2=1$ ; б)  $n_1=1, n_2=2$ ; в)  $n_1=2, n_2=1$ ; г)  $n_1=2, n_2=2$ .

Рис. 2. Графіки щільності ймовірності знаходження електрона в потенціальній ямі.



Використовуючи метод Фур'є розділення змінних, граничні умови та чисельний метод послідовних наближень (ітерацій) визначаємо власні значення енергії  $E_{n,m}$  та хвильові числа.

З метою підвищення якості та ефективності базової фізико-математичної підготовки здобувачів вищої освіти інженерних спеціальностей на основі результатів нашого дослідження було розроблено віртуальні імітаційні лабораторні роботи з дисциплін фізика, фізичні основи сучасних інформаційних технологій, фізико-математичне забезпечення магістерських програм, де вивчаються елементи квантової фізики. Така організація освітнього процесу сприяє актуалізації знань та формуванню наукового стилю мислення студентів; дозволяє створювати проблемні ситуації, що спонукає студентів до пошуку відповіді в процесі самостійної розумової діяльності; сприяє узагальненню й осмисленню знань, отриманих при виконання завдань та розв'язуванні задач.

*Висновки.* Розглянуто математичні, комп'ютерні моделі просторової прямокутної квантової ями з нескінченно високими стінками. Отримані хвильові функції, власні значення енергії та щільності ймовірності знаходження електрона в заданій області простору. Результати дослідження кванторозмірних структур використовуються при організації та проведенні імітаційних віртуальних лабораторних робіт з дисциплін: фізика, фізичні основи сучасних інформаційних технологій і фізико-математичне забезпечення магістерських програм при вивченні розділів «Зонна теорія твердих тіл» та «Електронна провідність металів».

#### Література:

1. Sosnickaya N., Morozov M., Khalanchuk L., Onyshchenko H. Modelling the Electromagnetic Processes and Phenomena in Quantum-Sized Systems in the Course of Physical and Mathematical Support of Master's Programs for the "Electric Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics Specialty". *Proceedings of the International Conference on Modern Electrical and Energy Systems, MEES 2019 (Kremenchuk; Ukraine; 23 September 2019-25 September 2019)*. 2019. DOI: 10.1109/MEES.2019.8896623.

2. Грибачев В. Методы получения и применения квантовых точек. *Компоненты и технологии*. 2009. № 9. С. 127-130.

3. Романова К. А., Галяметдинов Ю. Г. Моделирование квантовых состояний квантовых точек «ядро/оболочка» CdSe/CdS и CdSe/ZnS. *Вестник Казанского технологического университета*. 2017. Т. 20, № 19. С. 15-17.

4. Расчет энергетического спектра S-электронов сферической квантовой точки на основе узкозонных полупроводниковых

соединений  $A''Bv$  в матрице GaP / С. Б. Смирнов и др. *Нетрадиційні і поновлювані джерела енергії*. 2011. С. 164-168.

5. Pokutnyi S. Strongly optical absorbing nanostructure containing metal quantum dots: theory. *Journal of Lasers, Optics & Photonics*. 2017. Vol. 4, № 2. P. 156-158. DOI: 10.4172/2469-410X.1000156.

6. Дьоміна Н. А., Морозов М. В. Моделювання кванторозмірних гетероструктур у лабораторному практикумі з курсу «Фізичні основи сучасних інформаційних технологій». *Наукові записки [Кіровоградського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка]. Сер. Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти*. 2017. Вип. 12 (2). С. 72–79.

7. Морозов М. В., Халанчук Л. В. Моделювання стану електрона у циліндричній квантовій точці з оболонкою. *Вісник Запорізького національного університету. Сер. Фізико-математичні науки*. Запоріжжя, 2019. № 2. С. 117-123. DOI: 10.26661/2413-6549-2019-2-13.

8. Коническая квантовая точка: электронные состояния и дипольный момент / Д. А. Багдасарян и др. *Известия НАН Армении. Сер. Физика*. 2017. Т. 52, № 2. С. 177-188.

9. Айрапетян Д. Б., Двоян К. Г., Казарян Э. М. Прямое межзонное поглощение света в сильно сплюснутой эллипсоидальной квантовой точке. *Известия НАН Армении. Сер. Физика*. 2007. Т. 42, № 4. С. 227-235.

10. Айрапетян Д. Б., Казарян Э. М., Тевосян О. Х. Примесные состояния в цилиндрической квантовой точке с модифицированным потенциалом Пешля–Теллера. *Известия НАН РА. Сер. Физика*. 2014. Т. 49, № 3. С. 190-195.

11. Алексанян А., Арамян К., Никогосян Г., Буниатян В. Управление энергией основного перехода в цилиндрической квантовой точке, покрытой слоем квантовой ямы. *Ученые записки Арцахского государственного университета. Сер. Естественные науки*. 2015. № 1. С. 39-44.

12. Айрапетян Д. Б., Котанджян Т. В., Тевосян О. Х. Моделирование ограничивающего потенциала для цилиндрической квантовой точки. *Известия НАН РА. Сер. Физика*. 2014. Т. 49, № 6. С. 410-414.

13. Арутюнян В. А., Айрапетян Д. Б., Багдасарян Д. А. Одноэлектронное состояние в полупроводниковом наносферическом слое большого радиуса. *Известия НАН Армении. Сер. Физика*. 2016. Т. 51, № 4. С. 471-483.

14. Lozovski V., Piatnytsia V. The Analytical Study of Electronic and Optical Properties of Pyramid-Like and Cone-Like Quantum Dots. *Journal of Computational and Theoretical Nanoscience*. 2013. № 8. P. 2335–2343.

15. Kazaryan E. M., Petrosyan L. S., Shahnazaryan V. A., Sarkisyan H. A. Quasi-conical quantum dot: electron states and quantum transitions. *Communications in Theoretical Physics*. 2015. Vol. 63, № 2. P. 255-260. DOI:10.1088/0253-6102/63/2/20.

16. Hayrapetyan D. B., Chalyan A. V., Kazaryan E. M., Sarkisyan H. A. Direct Interband Light Absorption in Conical Quantum Dot. *Journal of Nanomaterials*. 2015. № 1. P. 1-6. DOI:10.1155/2015/915742.

17. Зегря Г. Г., Константинов О. В., Матвеевцев А. В. Структура энергетических квантовых уровней в квантовой точке, имеющей форму сплюснутого тела вращения. *Физика и техника полупроводников*. 2003. Т. 37, Вып. 3. С. 334-338.

18. Кучерук І. М., Горбачук І. Т., Луцик П. П. Загальний курс фізики: навч. посібник: у 3 т. Т. 2. Електрика і магнетизм. Київ: Техніка, 2001. 452 с.

19. Халанчук Л. В., Чопоров С. В. Огляд методів генерації дискретних моделей геометричних об'єктів. *Вісник Запорізького національного університету. Сер. Фізико-математичні науки*. Запоріжжя, 2018. № 1. С. 139-152. DOI: 10.26661/2413-6549-2018-1-14.

## МАТЕМАТИЧНЕ КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ КВАНТОВО-МЕХАНІЧНИХ ЯВИЩ ТА ПРОЦЕСІВ

Сосницька Н. Л., Морозов М. В., Халанчук Л. В.

### Анотація

У статті розглянуто застосування математичного комп'ютерного моделювання стану електронів у просторовій квантовій ямі з нескінченно високими стінками. Використано хвильове рівняння Шредінгера для стаціонарних станів електрона і граничні умови для отримання власних значень енергії та виду хвильової функції і щільності ймовірності. Для аналітичного розв'язку рівняння Шредінгера використовується метод Фур'є розділення змінних. Для побудови графіків хвильової функції та щільності ймовірності знаходження електрону в заданій області квантової ями використано пакети програм Scilab, MathCad, дискретні моделі розв'язку диференціальних рівнянь у частинних похідних та дискретні структуровані сітки.

**Ключові слова:** математичне комп'ютерне моделювання, рівняння Шредінгера, квантові точки, хвильова функція, власні значення енергії електрона, структуровані дискретні моделі, віртуальні імітаційні лабораторні роботи.

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КВАНТОВО-МЕХАНИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ И ПРОЦЕССОВ

Сосницкая Н. Л., Морозов Н. В., Халанчук Л. В.

### Аннотация

В статье рассмотрено применение математического компьютерного моделирования состояния электронов в пространственной квантовой яме с бесконечно высокими стенками. Использовано волновое уравнение Шредингера для стационарных состояний электрона и граничные условия для получения

собственных значений энергии, вида волновой функции и плотности вероятности нахождения электрона в заданной области квантовой ямы. Для аналитического решения уравнения Шредингера используется метод Фурье разделения переменных. Для построения графиков волновой функции и плотности вероятности нахождения электрона в заданной области квантовой ямы использованы пакеты программ Scilab, MathCad, дискретные модели решения дифференциальных уравнений в частных производных и дискретные структурированные сетки.

**Ключевые слова:** математическое компьютерное моделирование, уравнение Шредингера, квантовые точки, волновая функция, собственные значения энергии электрона, структурированные дискретные модели, виртуальные имитационные лабораторные работы.

## MATHEMATICAL COMPUTER SIMULATION OF QUANTUM-MECHANICAL PHENOMENA AND PROCESSES

N. Sosnyckaya, M. Morozov, L. Khalanchuk

### Summary

The article deals with the application of mathematical computer simulation of the state of electrons in a spatial quantum well with infinitely high walls. Mathematical computer simulation methods were used to study and research the wave function of an electron and the eigenvalues of energy and their dependence on the structure, shape and size of a quantum dot. We used the Schrödinger wave equation for steady state electrons and boundary conditions to obtain the eigenvalues of the energy and the type of wave function and probability density of finding an electron in a given quantum well. The analytical solution of the Schrödinger equation uses the Fourier method of separating variables. Using the Fourier method of separation of variables, the boundary conditions and the numerical method of successive approximations (iterations) determine the eigenvalues of energy and wave numbers. Scilab, MathCad software package, discrete partial differential equation models, and discrete structured grids were used to plot the wave function and the probability density of finding an electron in a given quantum well. Using the Scilab software package, you can visualize the kind of wave function and probability density for a 3D spatial quantum well. The results of the research were used to provide methodological support for the laboratory practicum in the following disciplines: physics, physical foundations of modern information technologies and physico-mathematical provision of master's programs in the study of sections "Zone theory of solids" and "Electronic conductivity of metals".

**Key words:** mathematical computer simulation, Schrödinger equation, quantum dots, wave function, eigenvalues of electron energy, structured discrete models, virtual simulation laboratory works.

## Зміст

стор.

## ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ

1. Надикто В. Т., Тиховод М. А. Роль парів у накопиченні та збереженні вологи ґрунту 3
2. Панченко А. І., Волошина А. А., Панченко І. А. Обґрунтування геометричних параметрів розподільних систем планетарних гідромашин 23
3. Михайлов Є. В., Задосна Н. О., Афанасьєв О. О. Методичне забезпечення лабораторно-виробничих досліджень пневморешітного сепаратора олійної сировини соняшнику 36
4. Науменко О. П., Науменко М. О., Науменко О. О. Моделювання ресурсоощадливого засобу та приладу безконсервантного збереження харчової цінності фруктових-овочевих виробів 46
5. Самойчук К. О., В'юник О. В., Ломейко О. П., Галько С. В. Теорія та практика використання струминного змішування в сільськогосподарській та харчовій галузях економіки України 55
6. Харитоновна А. І., Олексієнко В. О., Петриченко С. В., Ломейко О. П. Лабораторні дослідження впливу технологічних факторів на процес пророщування солоду 65
7. Харкевич В. Г., Євдокімов А. В., Гребенцов Ю. М. Влияние скорости нагружения и ударного воздействия на структурно-механические характеристики хлебных сухарей 72
8. Цвіркун Л. О., Цвіркун С. Л. Оптимізація параметрів енергоефективного керування процесом сортування яблук 81
9. Паляничка Н. О., Циб В. Г., Лівик Н. В., Ломейко О. П. Дослідження коефіцієнту корисної дії та балансу потужності зернової дробарки 88
10. Бойко В. С., Тарасенко В. Г. Теоретичне обґрунтування конструкцій апаратів, що працюють на принципі рухомого потоку рідини або газу 98
11. Ялчак В. Ф., Тарасенко В. Г., Михайленко О. Ю. Методика і результати дослідження адгезійних властивостей кабачків і гарбуза 108
12. Кюрчев С. В., Верхоланцева В. О., Кюрчева Л. М., Самойчук К. О. Використання технології заморожування ягід 115
13. Кюрчев С. В., Паламарчук І. П., Верхоланцева В. О., Кюрчева Л. М. Використання процесу охолодження у зерносховищі в період зберігання зернової продукції 124

## ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

14. Бандура І. І., Кулик А. С., Коляденко В. В. Ксилотрофні гриби як джерело біоактивних речовин для функціонального харчування 132

15. *Дейниченко Г. В., Золотухіна І. В., Юдіна Т. І.* Дослідження органолептичних та фізико-хімічних показників низькокальцієвого копреципітату зі сколотин 142
16. *Дейниченко Г. В., Гузенко В. В., Омельченко О. В., Мельник О. Є.* Аналіз сучасного використання пектинопродуктів в харчовій промисловості 151
17. *Євлаш В. В., Пілюгіна І. С., Железняк З. В., Добровольська О. В.* Розробка та оцінка якості желе, збагаченого аскорбіновою кислотою 159
18. *Лозенко С. І., Воевода Н. В.* Дослідження результативності обробки виноматеріалів на базі ТОВ «Торгівельно виробнича компанія Квадро» 168
19. *Назаренко І. А., Горяйнова Ю. А., Боднарчук О. А., Світлична О. О.* Дослідження якості бубликів ванільних із використанням борошна з пивної дробини 175
20. *Медведева А. О., Антонюк І. Ю.* Технологія безглютенового печива пісочного 186
21. *Головко Т. М., Геліх А. О., Применко В. Г., Головко М. П.* Зміна показників якості фаршу із прісноводних гідробіонтів з рослинними компонентами 193
22. *Заморська І. Л., Волкова Т. В., Сасс А. В.* Інноваційні технології збереження якості замороженої суниці садової для виробництва харчової продукції 202
23. *Загорко Н. П., Коляденко В. В., Кашуба А. А.* Відомості щодо виробництва плодово-ягідних вин в Україні 211
24. *Прісс О. П., Жукова В. Ф.* Розробка технології та оцінка якості зефіру підвищеної харчової цінності 220

*ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА  
ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА*

25. *Галько С. В., Самойчук К. О.* Исследование гибридной солнечной панели на основе цилиндрических когенерационных фотомодулей 231
26. *Сілі І. І., Азархов О. Ю.* Дослідження та розрахунок параметрів антенної системи знищення шкідників картоплі 241

*КОМП'ЮТЕРНІ НАУКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ*

27. *Лубко Д. В., Строкань О. В., Мірошніченко М. Ю.* Дослідження та аналіз інформаційно-пошукового web-ресурсу Eures 250
28. *Сосницька Н. Л., Морозов М. В., Халанчук Л. В.* Математичне комп'ютерне моделювання квантово-механічних явищ та процесів 262



## МЕЛІТОПОЛЬСЬКА ПИВОВАРНЯ «ДИМІОРС»



Пиво "Южная Бавария" - светлое пиво. Изготовлено из светлого ячменного солода и рисовой крупы. Пиво имеет мягкий солодовый вкус и приятную хмелевую горечь. Пиво непастеризованное без консервантов. Массовая доля сухих веществ в начальном сусле - 13%.

Наше пиво виготовлено зі світлого ячменного солоду, рисової крупи, цукру, хмелю з використанням підготовленої артезіанської води, має м'який солодовий смак та приємну гіркоту хмелю.

Пиво неодноразово займало призові місця та було нагороджено золотими та срібними медалями за високу якість напою на щорічному



Пиво "Венское" - светлое пиво. Изготовлено из 100% светлого ячменного солода. Пиво имеет утонченный чистый солодовый и хмелевой вкус и аромат. Пиво непастеризованное без консервантов. Массовая доля сухих веществ в начальном сусле - 11%.

міжнародному конкурсі «Свято пива», який проходить у м. Київ.

Напої безалкогольні виготовлені на натуральних компонентах без додавання консервантів та підсолоджувачів.



Пиво "Мюнхенское" - светлое пиво. Изготовлено из светлого ячменного солода, рисовой крупы и сахара. Пиво имеет мягкий солодовый вкус и приятную хмелевую горечь. Пиво непастеризованное без консервантов. Массовая доля сухих веществ в начальном сусле - 12%.

**НАДМІРНЕ СПОЖИВАННЯ  
АЛКОГОЛЮ ШКІДЛИВЕ ДЛЯ  
ВАШОГО ЗДОРОВ'Я**





**СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКЕ ПІДПРИЄМСТВО  
КТ «ЖЕЛЄВ С.С. І КОМПАНІЯ  
«МЕЛІТОПОЛЬСЬКОГО ЕЛЕВАТОРА»»**

Сільськогосподарське підприємство КТ «Желєв С.С. і компанія «Мелітопольського елеватора»» займається зберіганням та вирощуванням зернових та олійних культур, виробництвом борошна пшеничного та житнього, паливних брикетів та соняшникової олії.



Адреса: вул. Гетьмана Сагайдачного, 53,  
м. Мелітополь  
тел.: +38(067)612-08-02  
+38(067)611-11-27



Наукове фахове видання  
Технічні науки

Праці Таврійського державного агротехнологічного університету  
Випуск 20, том 2

Свідоцтво про державну реєстрацію  
друкованого засобу масової інформації  
Міністерство юстиції  
КВ 24285-14125 ПР від 27.12.2019 р

Відповідальний за випуск – Самойчук К.О.  
Коректори:  
Редакційна група Наукової бібліотеки ТДАТУ.  
Підготовка макету та верстка  
Лівик Н.В.

---

Підписано до друку 20.05.2020 р. друк Rizo.  
Друкарня ТДАТУ.  
17,0 умов. друк. арк. тираж 100 прим.

73312 ПП Верескун.  
Запорізька обл., м. Мелітополь, вул. М. Грушевського, 10  
тел. (06192) 6–88–38