

УДК 664.6 : 664.65

Федорів В. М.,

fedoriv55@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-4499-0910,

к.т.н., доц., доцент кафедри харчових технологій виробництва й стандартизації харчової продукції, Заклад вищої освіти «Подільський державний університет», м. Кам'янець-Подільський, Хмельницька область

Підлісний В. В.,

v.pidlisnyj37@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-4718-7787,

к.т.н., доц., доцент кафедри харчових технологій виробництва й стандартизації харчової продукції, Заклад вищої освіти «Подільський державний університет», м. Кам'янець-Подільський, Хмельницька область

Семенов О. М.,

som_s78@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-9990-2658,

к.т.н., доц., доцент кафедри харчових технологій виробництва й стандартизації харчової продукції, Заклад вищої освіти «Подільський державний університет», м. Кам'янець-Подільський, Хмельницька область

Єрменчук О. О.,

здобувач вищої освіти,

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет», м. Кам'янець-Подільський, Хмельницька область

ОБҐРУНТУВАННЯ ВПЛИВУ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ПРОЦЕСУ ПРОСІЮВАННЯ НА АДГЕЗІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ СИПКИХ МАТЕРІАЛІВ

Анотація. У статті досліджуються актуальні проблеми просіювання сипких матеріалів за допомогою повітряного потоку як у комбінації із ситовими установками, так і окремо у разі провіювання і пересипання; оптимальний розмір отворів сит, а також фракційні характеристики просіювальних харчових сипких мас, від яких залежать технологічна ефективність і питома продуктивність просіювальних машин. Метою статті є оцінка механіки процесу вібраційного просіювання та визначення меж інтенсивності коливань робочої поверхні, які є основними факторами щодо адгезійних властивостей шару сипких матеріалів. У ході дослідження встановлено, що зниження негативних наслідків адгезії і раціональне використання сил адгезійної взаємодії шару сипких часток з контактуючою робочою поверхнею дозволяє інтенсифікувати процес просіювання. Виявлено, що наявність адгезійного зв'язку часток з контактуючою просіюючою поверхнею істотно впливає на процес вібропереміщення сипких матеріалів. Доведена залежність процесу просіювання сипких матеріалів і параметрів вібропереміщення шару часток борошна від параметрів коливань деки, які істотно впливають на технологічну ефективність і питому продуктивність процесу просіювання. Визначено механіку процесу вібраційного просіювання; межі інтервалу інтенсивності коливань просіювальної поверхні; теоретичні залежності параметрів вібропереміщення шару часток борошна від параметрів коливань деки і конструктивну схему вібраційного просіювача сипких матеріалів. Сформульовані конкретні завдання щодо підвищення ефективності процесу інтенсифікації просіювання, продуктивності та зменшення енерговитрат у разі вібропереміщення сипких матеріалів. Подальші дослідження повинні бути спрямовані на покращення конструкцій вібраційних просіювачів, більш значного зменшення фізичного опору потоку матеріалу, раціонального використання енергії приводу та підвищення ефективності просіювання сипких матеріалів.

Ключові слова: сипкий матеріал, сито, просіювання, адгезія, вібропереміщення.

Fedoriv V. M.,

fedoriv55@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-4499-0910,

Ph.D., Associate Professor; Associate Professor of the Department of Food Production Technologies and Food Standardization,

Higher Educational Institution “Podillia State University”, Kamianets- Podilskyi, Khmelnytsk region

Pidlisnyy V. V.,

v.pidlisnyj37@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-4718-7787,

Ph.D., Associate Professor; Associate Professor of the Department of Food Production Technologies and Food Standardization,

Higher Educational Institution “Podillia State University”, Kamianets- Podilskyi, Khmelnytsk region

Semenov O. M.,

som_s78@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-9990-2658,

Ph.D., Associate Professor; Associate Professor of the Department of Food Production Technologies and Food Standardization,

Higher Educational Institution “Podillia State University”, Kamianets- Podilskyi, Khmelnytsk region

Yermenchuk O. O.,

Higher Education Applicant,

Higher Educational Institution “Podillia State University”, Kamianets- Podilskyi, Khmelnytsk region

JUSTIFICATION OF THE INFLUENCE OF THE INTENSIFICATION OF THE SCREENING PROCESS ON THE ADHESION PROPERTIES OF BULK MATERIALS

Abstract. *The article studies the current problems of screening of bulk materials by airflow, both in combination with sieve installations, and separately during screening and pouring; the optimal size of the holes of the sieves, as well as the fractional characteristics of the sifting food bulk masses, which depend on the technological efficiency and specific productivity of sifting machines. The purpose of the article is to evaluate the mechanics of the vibration screening process and determine the limits of the intensity of vibrations of the working surface, which are the main factors in the adhesive properties of a layer of bulk materials. In the course of the study, it was found that the reduction of the negative consequences of adhesion and the rational use of the forces of adhesive interaction of a layer of loose particles with a contacting working surface makes it possible to intensify the sifting process. It was found that the presence of the adhesive bond of the particles with the contacting sieving surface significantly affects the process of vibrational movement of bulk materials. It is proved that the dependence of the sifting process of bulk materials and the parameters of the vibrational displacement of a layer of flour particles on the parameters of the deck oscillations, which have a significant impact on the technological efficiency and specific productivity of the sifting process. The mechanics of the process of vibratory screening; limits of the intensity interval of vibrations of the screening surface; theoretical dependences of the parameters of vibration displacement of a layer of flour particles on the parameters of vibrations of the deck and the design scheme of the vibrating sifter of bulk materials are determined. Specific tasks have been formulated to increase the efficiency of the process of intensification of screening, productivity, and reduction of energy consumption during vibratory movements of bulk materials. Further research should be aimed at improving the design of vibrating screens, more significantly reducing the physical resistance of the material flow, rational use of drive energy, and increasing the efficiency of screening of bulk materials.*

Key words: bulk material, sieve, screening, adhesion, vibration displacement.

JEL Classification: L 66.

DOI: <https://doi.org/10.36477/2522-1221-2022-29-10>

Постановка проблеми. Для поділу сипких продуктів на фракції за величиною часток використовуються машини, робочим органом яких є система рухомих сит, або повітряний потік. Ці машини вико-

ристовуються для видалення сторонніх домішок із сипких матеріалів [1, с. 163–166; 9, с. 234–236].

Класифікація сипких продуктів за допомогою повітряного потоку застосовується як у комбіна-

ції із ситовими установками (повітряні і ситові сепаратори), так і окремо у разі провіювання і пересипання (аспіраційні колонки та ін.). Якість і обсяг виробництва готової продукції, безсумнівно, залежать від ефективності роботи просіювальних машин. Розмір отворів сит, а також фракційні характеристики просіювальних харчових сипких мас є визначальними факторами, від яких залежать технологічна ефективність і питома продуктивність просіювальних машин.

Зменшення прохідного перетину отворів сита сприяє їхньому забиванню високодисперсним сипучим продуктом. І, як наслідок, таке явище призводить до зниження ефективності і питомої продуктивності процесу просіювання [3, с. 18–19; 5, с. 51–54].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Просіювання і переміщення сипких матеріалів, які широко використовуються на харчових підприємствах і підприємствах ресторанного господарства, розглянуто в роботах П.А. Вечерського, С.Ф. Абдуліна, В.Д. Анахіна, Й.Й. Блехмана та інших вітчизняних і закордонних учених.

До основних способів просіювання, які мають практичне значення, належать: ситове, пневмопросіювання, електрогравітаційне та вібропросіювання.

Ситове просіювання використовується давно і постійно вдосконалюється. Основний недолік цього способу просіювання полягає в тому, що його роздільна здатність і питома продуктивність знижуються зі зменшенням граничної крупності часток внаслідок забивання вічок сита високодисперсним сипким продуктом.

Пневматичне просіювання, яке здійснюється в потоці повітряного середовища, набуло широкого використання у виробництві легкосипких порошків. Проте для просіювання борошна цей спосіб не знайшов практичного використання.

В останні десятиріччя широкого розвитку набуло вібропросіювання [4, с. 45–47; 5, с. 51–54; 8, с. 24–25]. До найважливіших переваг цього способу просіювання належать висока питома продуктивність і низька енергоємність у разі досить високої ефективності просіювання. Вібропросіювач з еліптичними коливаннями створено у Львівському політехнічному інституті В.Д. Анахіним. Проведено теоретичні й експериментальні дослідження просіювання у разі вібропереміщення порошкоподібних продуктів поверхню, яка виконує бігармонійні коливання. Теорія вібраційного розділення тісно пов'язана із теорією вібропереміщення і достатньою мірою розроблена для випадку грубозернистих сипких

матеріалів. Взаємодія частин сипкого продукту з вібруючою поверхнею апроксимується законом сухого тертя Амонтона.

В основу способу вібраційного просіювання грубозернистих сипких матеріалів покладено переміщення в різних напрямках незв'язаних між собою досить важких часток просіювальною поверхнею деки, яка коливається під гострим кутом до горизонту. Незважаючи на вплив повітряного середовища, процес просіювання здійснюється в розрідженому моношарі за формою, пружністю і властивостями поверхонь часток.

Технологічна ефективність розділення і роздільна здатність процесу вібропросіювання перебуває у зворотній залежності від питомого завантаження просіювальної поверхні деки. Ця обставина стримує подальшу розробку і впровадження у виробництво вібраційного способу просіювання.

Удосконалення та розробка раціональних конструкцій просіювачів сипких матеріалів і збільшення ефективності їх роботи – одне з основних завдань науковців.

Зважаючи на все вищесказане, перспективним є вібропросіювання, яке забезпечує суттєву інтенсифікацію процесу та зменшує питомі витрати електроенергії.

Постановка завдання. Метою дослідження процесу вібропросіювання є визначення переміщення сипких продуктів похилими вібруючими поверхнями з розробкою нових конструкцій просіювачів борошна [6, с. 24–25].

Для досягнення мети вирішено низку взаємозалежних наукових завдань, а саме: досліджено та встановлено механіку процесу вібраційного просіювання; встановлено межі інтервалу інтенсивності коливань просіювальної поверхні; отримано теоретичні залежності параметрів вібропереміщення шару часток борошна від параметрів коливань деки; запропоновано конструктивну схему вібраційного просіювача борошна і оцінено його економічну ефективність.

Аналіз літературних джерел висвітлює залежність коефіцієнта тертя від гранулометричного складу сипучої маси: зі зменшенням розміру часток збільшується значення коефіцієнта тертя. Однак цей фактор пояснюється проявом адгезійного зв'язку високодисперсних часток із контактуючою поверхнею, а не підвищеними фракційними властивостями часток [2, с. 54–57].

З метою виявлення впливу швидкості ковзання U та питомого навантаження S на коефіцієнт тертя μ у русі сипких матеріалів по сталі розроблено дослідну установку (рис. 1).

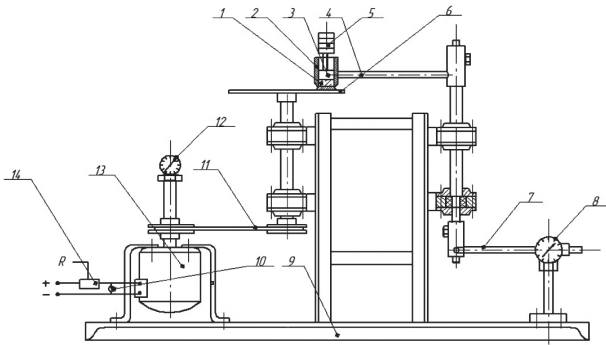


Рис. 1. Дослідна установка для визначення коефіцієнта тертя: 1 – дослідний матеріал; 2 – порожнистий циліндр діаметром 0,05 м; 3 – притисковий поршень; 4, 7 – важелі; 5 – металеві пластини; 6 – диск; 8 – динамометр; 9 – станина; 10 – вольтметр; 11 – пасова передача; 12 – тахометр; 13 – електродвигун; 14 – реостат.

Циліндр 2 закріплений на важелі 4 таким чином, що між циліндром і диском зазор становить 0,2...0,5 мм. Рух диска 6 передається через пасову передачу 11 від електродвигуна 13. Швидкість обертання електродвигуна змінюється за допомогою реостата 14 і визначається тахометром 12.

Основною умовою можливості просіювання продукту через плоске сито є ковзання його по ситі. Розглянуто умову абсолютного і відносного переміщення матеріальної частинки по нерухомому ситі.

Наведено умову граничної рівноваги частинки на ситі, нахиленому під кутом α до горизонталі. На частинку діють три сили (рис. 2, а): сила тяжіння (вага) частинки G , нормальна реакція поверхні сита R , максимальне значення сили тертя F . Трикутник зазначених сил відповідно до умови рівноваги замкнутий. Звідси

$$F = Rtg\alpha = Rtg\varphi, \quad (1)$$

де φ – кут тертя.

Для руху частинки необхідно, щоб виконувалась нерівність $\alpha > \varphi$.

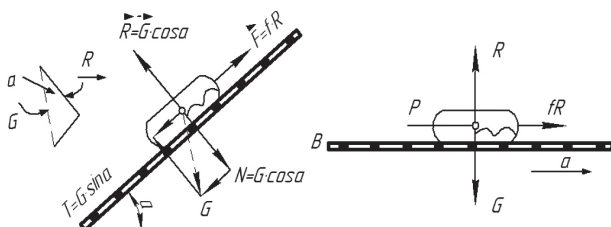


Рис. 2. Розрахункова схема–умова руху частинки по ситі:

- а – рівновага частинки на ситі, нахиленому під кутом α до горизонталі;
- б – нерівномірний рух частинки по ситі.

Для визначення швидкості переміщення матеріальної частинки розроблено диференціальне рівняння прямолінійного руху її вздовж сита:

$$\frac{G}{g} = \frac{dv}{dt} = T - F = G \sin \alpha - f \cos \alpha, \quad (2)$$

звідси

$$\frac{dv}{dt} = g (\sin \alpha - f \cos \alpha); \quad (3)$$

$$dv = g (\sin \alpha - f \cos \alpha) dt; \quad (4)$$

$$V = gt (\sin \alpha - f \cos \alpha) + C. \quad (5)$$

Постійна інтегрування дорівнює нулю за заданих умов: $t=0, V_0=0$, при V_0 – початкова швидкість частинки.

У разі рівношвидкісного руху частинок зі збільшенням t росте V , яка може досягати великих значень. Відповідно, при $V_0=0$:

$$V = gt (\sin \alpha - f \cos \alpha) \quad (6)$$

Нерухомі похилі сита малоефективні. Тому їх майже не використовують, а задіюють рухомі плоскі сита, встановлені під кутом α , значно меншим за кут φ . У зв'язку з цим частинки переміщуються під дією сил, зумовлених нерівномірним рухом самого сита. Під час нерівномірного руху сита (рис. 2, б) з прискоренням a , спрямованим праворуч, сила інерції $P_i=ma$ спрямована ліворуч. Очевидно, при $P_i > fG$ зчеплення частинки із ситом порушено, а при $P_i < fG$ частинки не будуть переміщуватись по ситі.

Замінивши в останній нерівності P_i на рівне йому за абсолютним значенням ma , отримаємо: $ma=fG$ чи $a=f \cdot g$.

Граничне прискорення, за яким сила інерції дорівнює силі тертя, називається критичним прискоренням і визначається за формулами:

$$a_{кр} = fg; \quad (7)$$

$$a_{кр} = \frac{kg}{r}, \quad (8)$$

де k – коефіцієнт тертя коливання, м;

r – радіус частинки, см.

Хоча загальні закономірності опору конструктивних елементів переміщенню і просіюванню сипких матеріалів відомі, можна навести ряд невдалих та знайти високоефективні і прості рішення, які в цих випадках приведуть до зменшення опору потоків матеріалів та покращення умов процесу у робочій камері машини, отже, проблема просіювання сипких матеріалів існує постійно. Вона пов'язана з необхідними або вимушеними суттєвими конструктивними недоліками просіювачів борошна, що визначає актуальність та мету цієї статті.

Виклад основного матеріалу дослідження. Дослідження передбачали визначення процесу

просіювання сипких матеріалів і параметрів вібропереміщення шару часток борошна від параметрів коливань деки, які істотно впливають на технологічну ефективність і питому продуктивність процесу просіювання.

Перш ніж привести будь-які дані, які мають практичний інтерес, відразу обмовимося, що визначальне значення в процесі просіювання сипких матеріалів крізь сито, якщо центр його ваги виявиться на одному горизонті із краєм отвору сита, причому на швидкість проходу чинить вплив швидкість ковзання, діаметр частинок і кут нахилу сита. Ні товщина сита, ні відстань між отворами на величину проходу не впливають.

Основна умова можливості просіювання продукту через плоске сито – це його ковзання. Граничне прискорення, за якого сила інерції дорівнює силі тертя, для кулеподібних частинок залежить від інтенсивності коливань, коефіцієнта тертя коливання, прискорення вільного падіння та радіусу частинки.

У процесі вібропросіювання, заснованого на вібропереміщенні, в найпростішому випадку двох фракцій у протилежних один одному напрямках, переміщення часток вниз по похилій поверхні здійснюється в тонкому дозволеному шарі продукту. Такий шар представлено як сукупність окремих, не зв'язаних одна з одною часток, взаємодії яких з вібруючою площиною апроксимуються законом сухого тертя.

За результатами дослідів було розроблено нову спрощену конструкцію вібраційного просіювача (рис. 3) із застосуванням кривошипно-шатунного механізму для зменшення витрат електроенергії [2, с. 54–57; 3, с. 18–19]. У цьому просіювачі, що складається з каркаса, завантажувального бункера, дерев'яної ситової рамки із ситом, закритої зверху кришкою з оргскла, до середини торцевого боку дерев'яної рамки прикріплюється кривошипно-шатунний механізм, що приводиться в рух від електродвигуна, встановленого на каркасі. Дерев'яна рамка із ситом може встановлюватися не тільки горизонтально, а й під певним кутом за допомогою регульовальних гвинтів. Рамка підвішується з торцевих боків до кронштейна за допомогою дерев'яних пружинних опор, що значно зменшує опір потоку матеріалу і дає можливість ефективніше використовувати енергію привода та поліпшувати процес просіювання.

Завдяки такій конструкції буде більш раціонально використовуватися енергія привода, а також за умови нахиленого розташування сита

більш ефективно проходитиме просування нижнього шару борошна, що поліпшуватиме процес просіювання.

Такі вдосконалення дають можливість підвищити ефективність просіювання сипких матеріалів.

У разі розгляду процесу вібропросіювання, заснованого на вібропереміщенні в найпростішому випадку двох фракцій у протилежних один одному напрямках, переміщення часток вниз по похилій поверхні здійснюється в тонкому дозволеному шарі продукту. Такий шар можна представити як сукупність окремих, не зв'язаних одна з одною часток, взаємодії яких з вібруючою площиною апроксимуються законом сухого тертя Амонтона. Теорія вібраційного переміщення для таких часток достатньою мірою розроблена.

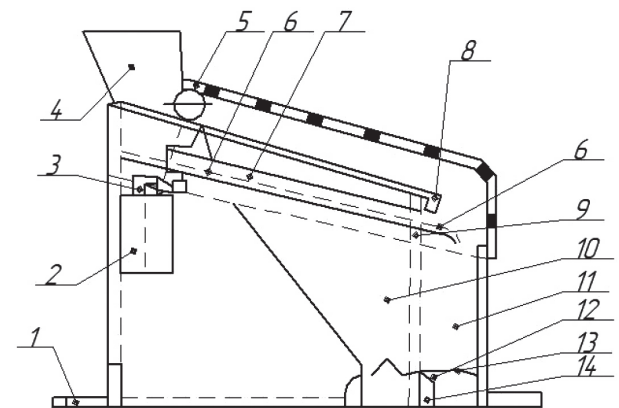


Рис. 3. Вібраційний просіювач:
 1 – каркас; 2 – електродвигун; 3 – кривошипно-шатунний механізм; 4 – завантажувальний бункер; 5 – кришка; 6, 9 – пружинні опори; 7 – пробивне сито; 8 – ситова рамка; 10, 11 – збірник борошна з розвантажувальним патрубком; 12 – патрубок; 13 – магнітний вловлювач; 14 – відкидний лоток.

Вібропереміщення ж високодисперсних часток, з'єднаних між собою адгезійними зв'язками, нагору по похилій поверхні здійснюється в полішарі. Товщина полішару залежить від інтенсивності вібрацій і кута нахилу вібруючої поверхні щодо горизонту.

Графічні залежності початкового базового кута ковзання φ_3 від кута нахилу α , вертикально коливної плоскої поверхні деки для пшеничного борошна вищого сорту, картопляного крохмалю першого сорту і цукрової пудри, що зображені на рис. 4, описуються параболічними функціями.

Значення початкового фазового кута ковзання високодисперсних сипучих харчових продуктів:

а) для пшеничного борошна вищого гатунку:

$$\varphi_3 = 4,57 \cdot 10 - 4(\alpha - \alpha_0)^2 - 8,4 \cdot 10 - 2(\alpha - \alpha_0) + 0,52, \text{ нпу}W = 6; (9)$$

$$\varphi_3 = 4,57 \cdot 10 - 4(\alpha - \alpha_0)2 - 1,24 \cdot 10 - 2(\alpha - \alpha_0) + 0,47, \text{ при } W = 7. (10)$$

б) для цукрової пудри:

$$\varphi_3 = 4,57 \cdot 10 - 4(\alpha - \alpha_0)2 - 1,16 \cdot 10 - 2(\alpha - \alpha_0) + 0,54, \text{ при } W = 7. (11)$$

в) для картопляного крохмалю першого гатунку:

$$\varphi_3 = 2,86 \cdot 10 - 4(\alpha - \alpha_0)2 - 9,6 \cdot 10 - 2(\alpha - \alpha_0) + 0,71, \text{ при } W = 7. (12)$$

Аналіз цих залежностей (рис. 4) показує, що початковий фазовий кут ковзання φ_3 зі збільшенням кута нахилу площини просіювання деки щодо горизонту зменшується винятково для всіх досліджуваних високодисперсних сипучих харчових продуктів. При цьому для картопляного крохмалю першого гатунку початковий фазовий кут ковзання φ_3 має максимальне, а для пшеничного борошна вищого гатунку – мінімальне значення за будь-якого кута нахилу поверхні просіювання у діапазоні $\alpha=25^\circ-45^\circ$. Причому для пшеничного борошна вищого гатунку збільшення параметра вібрації W від 6 до 7 знижує величину фазового кута φ_3 в діапазоні $25^\circ-45^\circ$.

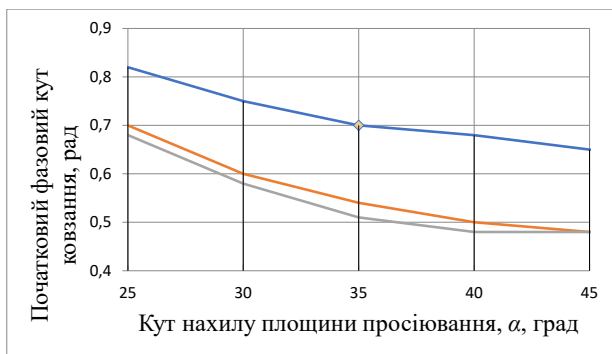


Рис. 4. Початковий фазовий кут ковзання високодисперсних часток сипучих харчових продуктів залежно від кута нахилу площини просіювання: 1 – картопляний крохмаль; 2 – цукрова пудра; 3 – пшеничне борошно.

Висновки і перспективи подальших досліджень у такому напрямі. Спостереження засвідчили, що ефективність процесу просіювання оцінюється відношенням продуктивності до енергозатрат у відповідних засобах. І продуктивність, і енергозатрати значною мірою залежать від опору, який чинить потокові матеріалу конструкція робочої камери або транспортувальні системи.

Крім того, відносний рух з підкиданням виявився ефективнішим за безвідливний. Ефективність просіювання істотно залежить від способу очистки сит від частинок, що застрягли в отворах.

Виходячи з одержаних результатів можна стверджувати, що конструкція вібраційного про-

сіювача дозволяє значно зменшити опір потоку матеріалу, більш раціонально використовувати енергію привода та підвищити ефективність просіювання сипких матеріалів.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Криворотько В.М., Соколенко А.І., Семенов О.М. Замкнені контури енергокористування в харчових технологіях. *Харчова промисловість*. 2013. № 14. С. 163–166.
2. Палилюлько Н.И., Подлесный В.В., Ткач О.В., Сосновский С.И. Обоснование влияния факторов на срок хранения зерна. *MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*. 2015. № 5. С. 54–57.
3. Підлісний В.В., Варфоломєєв А.І., Соколенко А.І. Фізико-хімічні явища в масообміні при зволоженні зерна. *Харчова і переробна промисловість*. 2008. № 1. С. 18–19.
4. Підлісний В.В. Визначення теплотехнічних параметрів кондиціонування повітря. *Зберігання та переробка зерна*. 2012. № 9. С. 45–47.
5. Федорів В.М., Стадник І.Я., Бабко Є.М., Миколів І.М., Ковальов О.В. Ефективність процесу просіювання сипких матеріалів. *Хранение и переработка зерна*. 2015. № 11–12. С. 51–54.
6. Ковальов О.В., Федорів В.М. Просіювання сипких матеріалів. *Харчова і переробна промисловість*. 2004. № 5. С. 24–25.
7. Федорів В.М. Дослідження процесу просіювання сипких матеріалів з метою удосконалення конструкцій просіювачів і збільшення ефективності їх роботи : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.18.12. Київ, 2005. 19 с.
8. Федорів В.М., Бурлака О.М., Ковальов О.В., Бабко Є.М., Осауленко Ю.В. Шляхи удосконалення обладнання для просіювання сипких матеріалів. *Хлебопекарское и кондитерское дело*. 2006. № 6. С. 24–25.
9. Федорів В.М., Ковальов О.В., Лісовенко О.Т. Обладнання для просіювання сипких матеріалів. *Харчова промисловість. Міжвідомчий тематичний науковий збірник УДУХТ*. 2000. № 45. С. 234–236.

REFERENCES:

1. Kryvorot'ko, V.M., Sokolenko, A.I., & Semenov, O.M. (2013), Zamkneni kontury enerhokorystuvannya v kharchovykh tekhnolohiyakh [Closed circuits of energy use in food technology]. *Kharchova promyslovis't', 14*, 163–166 [in Ukrainian].
2. Palylyul'ko, N.Y., Podlesnyy, V.V., Tkach, O.V., & Sosnovskyy, S.Y. (2015), Obosnovanye vlyuyannya faktorov na srok khraneniyya zerna [Substantiation of the influence of factors on the shelf life of grain]. *MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture, 5*, 54–57 [in Ukrainian].

3. Pidlisnyy, V.V., Varfolomyeyev, A.I., & Sokolenko, A.I. (2008), Fizyko-khimichni yavlyshcha v masoobminu pry zvolozhenni zerna [Physics-chemical phenomena in mass transfer during grain moistening]. *Kharchova i pererobna promyslovisht'*, 1, 18–19 [in Ukrainian].
4. Pidlisnyy, V.V. (2012), Vyznachennya teplotekhnichnykh parametriv kondytsionuvannya povitrya [Determination of thermal parameters of air conditioning]. *Zberihannya ta pererobka zerna*, 9, 45–47 [in Ukrainian].
5. Fedoriv, V.M., Stadnyk, I.Y., Babko, E.M., Mykolov, I.M., & Koval'ov, O.V. (2015), Efektyvnist' protsesu prosiyuvannya sypkykh materialiv [The efficiency of the process of sifting bulk materials]. *Khraneniye i pererobka zerna*, 11–12, 51–54 [in Ukrainian].
6. Koval'ov, O.V., & Fedoriv, V.M. (2004), Prosiyuvannya sypkykh materialiv [Screening of bulk materials]. *Kharchova i pererobna promyslovisht'*, 5, 24–25 [in Ukrainian].
7. Fedoriv, V.M. (2005), Doslidzhennya protsesu prosiyuvannya sypkykh materialiv z metoyu udoskonalennya konstruktsiy prosiyuvachiv i zbil'shennya efektyvnosti yikh roboty [Research of process of sifting of loose materials for the purpose of perfection of designs of sifters and increase of efficiency of their work]. Author's ref. dis. ... Cand. Tech. Science: 05.18.12, 19 [in Ukrainian].
8. Fedoriv, V.M., Burlaka, O.M., Koval'ov, O.V., Babko, E.M., & Osaulenko, Y.V. (2006), Shlyakhy udoskonalennya obladnannya dlya prosiyuvannya sypkykh materialiv [Ways to improve equipment for sifting bulk materials]. *Khlebopekarskoe y kondyterskoe delo*, 6, 24–25 [in Ukrainian].
9. Fedoriv, V.M., Koval'ov, O.V., & Lisovenko, O.T. (2000), Obladnannya dlya prosiyuvannya sypkykh materialiv [Equipment for screening of bulk materials]. *Kharchova promyslovisht'*. *Mizhvidomchyy tematychnyy naukovyy zbirnyk UDUKHT*, 45, 234–236 [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції 28.12.2021