

УДК 631.362

ШЛЯХИ ЗНИЖЕННЯ ЕНЕРГОЄМНОСТІ ПРОЦЕСІВ СЕПАРАЦІЇ ЗЕРНОВИХ СУМІШЕЙ

**О.В. Богомолов, В.М. Михайлов, О.І. Завгородній, П.В. Гурський,
О.О. Богомолов, Е.М. Науменко, Є.В. Бойко**

Розглянуті питання енергозбереження в переробній галузі при сепарації зернових сумішей. Наведено результати сепарації насіння проса засміченістю 6,2% насінням мишію та курячого проса, та результати сепарації насіння гороху засміченістю 5,9% його половинками. Встановлено, що за один пропуск сумішей можна отримати 81,6% насіння проса та 89,2% насіння гороху 1-го класу без витрат енергії на процес сепарації.

Ключові слова: зерно, процес, сепарація, енергоємність, обладнання.

WAYS OF REDUCING THE ENERGY CONSUMPTION OF GRAIN MIXTURE SEPARATION PROCESSES

**O. Bogomolov, V. Mykhailov, O. Zavorodniy, P. Gurskyi,
O. Bogomolov, E. Naumenko, E. Boyko**

Abstract. *Ways to increase the energy efficiency of agricultural equipment in relation to processing and food industries are considered, in particular due to excessive and unjustified consumption of electricity during the separation of grain mixtures. It has been proven that cleaning grain from impurities improves storage conditions, reduces transportation costs, reduces grain contamination by pests, and improves the quality of food raw materials used for production. The problem of separation of grain mixtures on modern grain cleaning machines is analyzed from the point of view of their energy efficiency. The choice of methods with minimum consumption of electrical energy for the process of grain separation is offered, which is guaranteed by the differences in the basic physical and mechanical properties of the grain material. The energy efficiency of the use of grain cleaning machines, which ensure the process of dividing the grain mass into fractions according to the set of physical and mechanical properties relative to one working body, is substantiated. Ways of reducing the energy consumption for the separation of grain mixtures to a minimum are proposed. An algorithm for the separation of grain mixtures, taking into account the minimization of energy consumption on modern grain cleaning machines, and an algorithm for the separation of hard-to-separate grain mixtures, using the equipment developed by the authors, have been developed. It is shown that with the help of gravitational shock separators developed by the authors for separating grain mixtures according to their elastic properties, it is possible to clean the seeds of many agricultural crops from weeds and impurities that are difficult to separate. The results of the separation of millet seeds with 6.2% contamination by mouse and chicken millet*

seeds, and the results of the separation of pea seeds with 5.9% contamination with its halves are given. It was established that 81.6% of millet seeds and 89.2% of pea seeds of the 1st class can be obtained in one pass of the mixtures without spending energy on the separation process.

Key words: grain, process, separation, energy intensity, equipment.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Необґрунтоване і часто невиправдано надмірне споживання електроенергії під час виробничого процесу спричиняє погіршення екологічної безпеки населення внаслідок інтенсивного використання водних і земельних ресурсів і призводить до забруднення атмосфери.

На процеси виробництва та переробки сільськогосподарської продукції споживається значна кількість енергії, яка, в першу чергу, найбільше використовується під час сушіння зернової продукції. Наступними за споживанням енергії є процеси сепарації зернового матеріалу під час його сортування та видалення домішок сміттєвих культур. Наукові дослідження багатьох вітчизняних і зарубіжних вчених присвячені енергоефективності процесів переробки і зберігання зернових культур. Однак більшість з них були в основному спрямовані на розгляд питань зменшення енерговитрат лише під час сушіння і подрібнення зерна, а окремі з них на переміщення потоків повітря під час зберігання зернової маси.

Протягом тривалого часу в Україні пріоритетним напрямком наукових досліджень було підвищення продуктивності та якості сепарації зернових культур не зважаючи на питомі витрати енергії на ці процеси. Наукові дослідження енерговитратності обладнання і процесів для сепарації зернових культур практично не проводилися, шляхи зниження енергоємності процесів сепарації зерна не розглядалися, тому ці завдання на сьогодні є безумовно важливими і актуальними.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В пріоритетах реалізації політики енергозбереження в Україні безсумнівно одним з напрямків наукових досліджень є зниження енергоємності в сільському господарстві [1]. Найбільш успішно це завдання може бути реалізовано в переробній галузі, а саме при переробці і зберіганні зерна.

Завжди серед вітчизняних і зарубіжних вчених велике значення і важливість мали дослідження процесів переробки і зберігання зернової продукції, що є основою зміцнення продовольчої безпеки будь-якої країни. Значна кількість наукових досліджень була спрямована на удосконалення процесів переробки зернових культур, удосконалення конструкцій машин з підвищенням їх продуктивності без аналізу енергоефективності та шляхів зменшення їх енергоємності. Тобто, зважаючи на концептуальний підхід щодо максимального підвищення

продуктивності машин, зниженню енерговитратності процесів сепарації зернових сумішей з боку науковців приділялось недостатньо уваги

Тому останнім часом особливого значення набувають наукові дослідження енергоефективності процесів переробки і зберігання зернової продукції, зокрема під час її сушіння, зберігання та здрібнення [2-10]. Заслужують на увагу наукові дослідження зниження енерговитратності процесів переробки зернових культур в роботах авторів [11-13] та зниження енергоємності процесів сепарації в роботах авторів [14-20]. Зважаючи на важливість для промисловості України аналіз та шляхи зниження енергоємності процесів сепарації зернових сумішей нині є особливо актуальним завданням.

Метою статті є розробка алгоритмів сепарації звичайних і важкороздільних зернових сумішей з діапазонами енерговитрат на основі аналізу енергоємності процесу.

Виклад основного матеріалу дослідження. Природно-кліматичні умови, науково-технічний потенціал та працьовиті і відповідальні фахівці агропромислової сфери забезпечили Україні провідну світову роль у виробництві зернових, зернобобових і круп'яних культур. В переробній і харчовій промисловості широкого використання набули такі зернові культури, як горох, просо, ріпак, гірчиця, нут, коноплі, що останнім часом мають значне поширення в якості посівних культур агропромислового комплексу.

Післязбиральний стан зерна навіть після попереднього очищення містить певну частку органічних і мінеральних домішок, насіння бур'янів і зернин інших культур, дрібних, дефектних або пошкоджених зернин основної культури, що призводить до погіршення якості основної зернової культури, тому однією з ключових умов забезпечення кількісно-якісного зберігання зерна є його своєчасна сепарація, тобто видалення цих шкідливих включень з метою очищення основної зернової культури. Очищення основної зернової культури від домішок сприяє підвищенню якості зернового матеріалу, покращує умови і збільшує тривалість її зберігання, зменшує її зараженість шкідниками, знижує вартість перевезення, створює сприятливі умови для сушіння, забезпечує необхідну якість борошна і крупи через відсутність насіння бур'янів.

Сепарація зернових сумішей ґрунтується на принципах відмінності часток суміші за фізико-механічними властивостями. Основними фізико-механічними властивостями зернових сумішей є: довжина, ширина, товщина, форма, аеродинамічні властивості, пружність, щільність, коефіцієнт тертя, шорсткість, колір,

електрофізичні властивості. Під час вибору способу сепарації насамперед враховуються ознаки зернової суміші, які забезпечують максимально повне розділення вихідної суміші на фракції, що мають певні задані показники якості.

За ознаками, які враховуються в конструкціях зерноочисних машин, можна виділити три основні групи зернових сепараторів.

До першої групи відносяться сепаратори, в конструктивних елементах яких використовують одну або дві ознаки поділу зернового матеріалу на одному робочому органі. Це сепаратори з робочими органами решетами з круглими отворами, що розділяють зернові суміші за однією ознакою – шириною; решетами з трикутними отворами, що розділяють зернові суміші за двома ознаками – формою і шириною.

До другої групи відносяться зернові сепаратори, конструкції яких дозволяють послідовно розділяти зернові суміші за трьома і більше ознаками. Це сепаратори повітряно-решітно-трієрні. Процес сепарації зернових сумішей на таких сепараторах, що використовують ознаки послідовного поділу, називають процесом за комплексом фізико-механічних властивостей.

В третю групу входять зернові сепаратори, конструкція яких дозволяє одночасно використовувати комбінацію властивостей на одному робочому органі. Це вібраційні сепаратори з фрикційними неперфорованими поверхнями, падді-машини та інші. Процес поділу на цих сепараторах називають сепарацією за сукупністю фізико-механічних властивостей.

Зазвичай агропромислові підприємства використовують сепаратори усіх трьох груп для очищення зернових сумішей. Більшість зерноочисних машин, що випускаються промисловістю, в залежності від призначення традиційно мають пневмо-решітно-трієрні робочі органи, або один з них, або їх комбінацію.

Суміші, компоненти яких мають розбіжності в розмірах та аеродинамічних властивостях, можна назвати звичайними або традиційними. Для сепарації таких сумішей застосовують, як правило, зерноочисні машини з пневмо-решітно-трієрними робочими органами.

Поділ сумішей, компоненти яких мають близькі характеристики розмірів та аеродинамічних властивостей, на машинах з пневмо-решітно-трієрними робочими органами виконати практично неможливо, тому такі суміші називають важкороздільними. Для поділу на фракції важкороздільних зернових сумішей використовуються сепаратори, що розділяють за такою сукупністю фізико-механічних властивостей, як форма зерна, питома вага, шорсткість, колір, фрикційні і пружні властивості. Але при поділі за щільністю, шорсткістю і

кольором сукупність ознак не використовується. Однак, варто зазначити, що нині ще не всі фізико-механічні властивості компонентів зернових сумішей досліджені і повною мірою розкриті науковцями.

Протягом тривалого часу дослідження енерговитрат на процес сепарації не проводилися через незначну масу зернового матеріалу, який знаходиться в робочому органі зерноочисної машини, відносно маси самого робочого органу, зважаючи на те, що основні витрати енергії спрямовані на приведення його в рухлий стан.

Останнім часом важливим напрямком досліджень вчених, щодо сепарації зерна є зниження енерговитрат на процес поділу зернових сумішей на фракції. Одним із можливих шляхів зниження енергоємності процесу розглядалась і аналізувалася доцільність застосування коливання зерна на нерухомих решетах за рахунок пульсуючого повітряного потоку замість коливання самих решіт сепаратора. Така ідея безперечно заслуговує на увагу, але дослідження у цьому напрямку поки що не проводилися. Крім того, для створення пульсуючого повітряного потоку також необхідні витрати енергії, які можуть бути співставні з витратами на колівальних решетах. Можливо коливання зерна на нерухомих решетах за рахунок його підкидання на решетах не пульсуючим повітряним потоком а, наприклад, за допомогою електростатичного поля і дозволить зменшити енерговитрати на процес сепарації, але для того щоб ця ідея мала практичне застосування також необхідно провести комплекс відповідних досліджень.

Деякими вченими розглядалася перспектива зниження енерговитрат на процес сепарації зерна із застосуванням резонансу. Однак цей метод поки не застосовується для розробки конструкцій зерноочисних машин внаслідок розбіжності режимів робочих органів, що забезпечують якісне очищення зерна та резонансних режимів.

На основі системного підходу нами було проаналізовано такі характеристики сучасних зерноочисних машин, як продуктивність, потужність приводу та питомі витрати енергії. Встановлено, що у більшості сучасних зерноочисних машин енергоємність знаходиться в межах від 0,1 до 0,3 кВт год/т. Найбільшою вона є у спеціальних зерноочисних машин – від 0,3 до 3,5 кВт·год/т., призначених, як правило для сепарації важкороздільних зернових сумішей. Тобто існує зерноочисне обладнання має досить високу енергоємність. У середньому вона становить приблизно 0,5 кВт·год/т. При виробництві зерна тільки на попереднє та первинне очищення за останні роки в Україні витрати електроенергії становлять не менше 100 млн. кВт·год.

Для сепарації важкороздільних зернових сумішей особливо

високу енергоємність мають машини спеціального призначення. У багатьох випадках через брак коштів для придбання спеціальних машин, при сепарації важкороздільних зернових сумішей на виробництві використовують багаторазові перепуски сумішей через робочі органи існуючих машин, з пневмо-решітно-трієрними робочими органами, якими забезпечені практично всі агропідприємства. Це призводить не тільки до збільшення енергоємності, але й до зниження якості зерна та втрат зерна у відходи.

Якими ж повинні бути напрями зниження енерговитрат на процеси сепарації зернових сумішей?

На основі результатів комплексу досліджень по розділенню зернових сумішей на сепараторах з різними діапазонами енерговитрат нами розроблено алгоритм сепарації зернових сумішей (рис.1), компоненти яких мають розбіжності в розмірах, аеродинамічних властивостях і щільності компонентів суміші та алгоритм сепарації важкороздільних зернових сумішей (рис.2), компоненти яких мають розбіжності в пружних і аеродинамічних властивостях, формах і коефіцієнтах тертя.

На наш погляд, під час вибору способу сепарації насамперед варто застосовувати ознаки, які забезпечують максимально повне розділення зернової суміші, одночасно враховуючи кореляцію ознак та енергоємність процесу. Застосування кореляційних ознак для поділу за товщиною або шириною зерна можливе, наприклад, під час вибору першого решета сепаратора. Однак, ми вважаємо, що для мінімізації енерговитрат на процес розділення сепарацію зернової суміші варто здійснювати у такій послідовності: починати поділ треба за розмірами з використання решіт з продовгуватими отворами, тобто за товщиною зерна, потім з використанням решіт з круглими отворами, тобто з шириною зерна. Це пояснюється тим, що інтенсивність коливання решітного стану з продовгуватими отворами решіт нижча ніж решіт з круглими отворами, тому що для проходження зернової частки крізь продовгуватий отвір їй достатньо перевернутися на бік. Тобто у цьому випадку зерно потрібно підкидати на половину його ширини, а у випадку з круглими решетами підкидати на половину його довжини. А отже на цей процес буде витрачатися більше енергії. Крім того потім сепарацію за шириною необхідно проводити одночасно із сепарацією за аеродинамічними властивостями на комбінованих машинах. Після чого проводять сепарацію за довжиною на трієрах, а потім за аеродинамічними властивостями та щільністю на каменевідбірних машинах та пневматичних сортувальних столах.

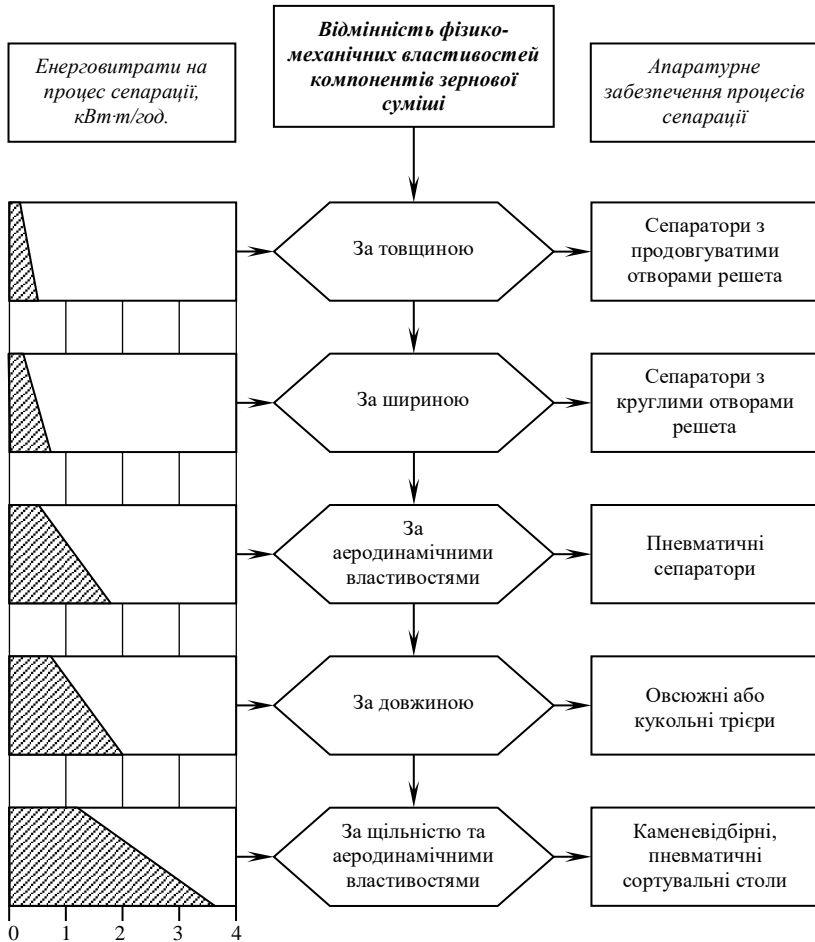


Рис. 1. Схема алгоритму сепарації зернових сумішей традиційними засобами з діапазонами енерговитрат на процес сепарації

Для алгоритму сепарації важкороздільних зернових сумішей (рис.2) пропонується використовувати сепаратори розроблені за участі авторів цієї статті.

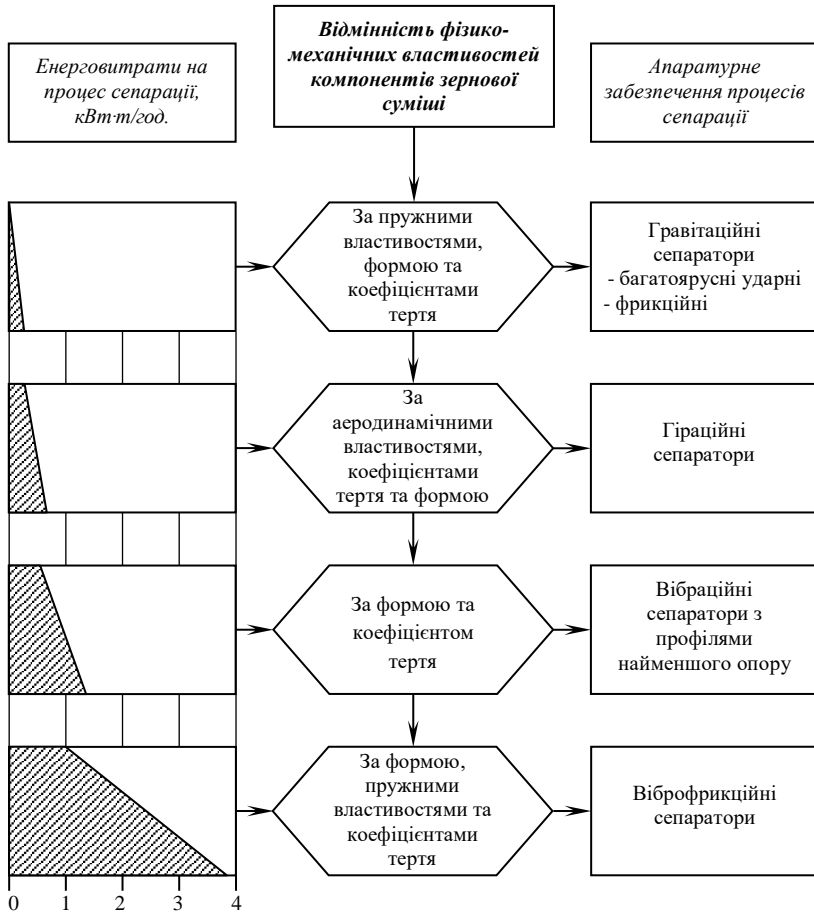


Рис. 2. Схема алгоритму сепарації важкороздільних зернових сумішей з діапазонами енерговитрат на процес сепарації

Енергоємність процесів сепарації на деяких з них наближається до нуля, це гравітаційні фрикційні та ударні сепаратори. Якщо, наприклад, завантаження в бункер такого сепаратора здійснювати вручну, а при сепарації насіння деяких овочевих культур, лікарських, квіткових рослин об'єми купи незначні, на практиці це так і відбувається, то витрати електроенергії дійсно нульові. Сепарацію важкороздільних зернових сумішей теж, як правило, здійснюють спочатку за першим алгоритмом, для видалення легких, малих та великих домішок, якщо такі є в суміші, а вони зазвичай є. Потім для

видалення вже важковіддільних домішок, з огляду на мінімізацію витрат енергії на процес сепарації, сепарацію слід здійснювати на гравітаційних фрикційних сепараторах за формою та коефіцієнтами тертя, або гравітаційних ударних сепараторах за пружними властивостями, формою та коефіцієнтом тертя.

Потім поділ на гіраційних сепараторах за аеродинамічними властивостями, розмірами, коефіцієнтами тертя та формою. Після цього поділ на вібраційних сепараторах з профілями найменшого опору за формою та коефіцієнтами тертя і на останок на віброфрикційних сепараторах за пружними властивостями, коефіцієнтами тертя та формою.

На наш погляд ці алгоритми слід використовувати після проведення повного аналізу вихідної суміші на засміченість та враховувати вимоги до якості кінцевого продукту.

На особливе місце в ряду обладнання для сепарації сипких сумішей можна поставити сепаратори, що здійснюють сепарацію за кольором частинок сумішей. Ці сепаратори нещодавно з'явились в продажу на промисловому ринку України, вартість їх на порядок вища ніж традиційних сепараторів, обслуговування дуже складне, але за якістю сепарації зарекомендували вони себе добре. Можна їх включити в кінець другого алгоритму, але, на наш погляд, питання використання сепараторів за кольором частинок заслуговує окремого дослідження, очевидно розвиток їх буде відбуватися так стрімко, що знадобиться розробка спеціального алгоритму для сепарації сумішей за кольором.

На даний час, найбільш ефективно очищення зерна від важко відокремлюваних домішок здійснюється на розроблених за участю авторів гравітаційних багатоярусних ударних сепараторах, в яких енергія на процес сепарації зовсім не витрачається. Рух суміші в робочому органі сепаратора здійснюється за рахунок сили тяжіння та пружних властивостей зерна.[21].

Розроблений сепаратор ефективно застосовувати для очищення насіння дрібнонасінневих культур, таких як ріпак, гірчиця, просо, коноплі, овочеві, трави лікарські рослини тощо. У деяких випадках його ефективно використовувати навіть для сепарації відходів у яких важко відокремлюваних домішок більше 50%.

На рис. 3 і 4 в якості прикладу наведені результати сепарації на розробленому багатоярусному ударному сепараторі насіння проса засміченістю 6,2% насіннями мишію та курячого проса та результати сепарації насіння гороху засміченістю – 5,9% половинками гороху.

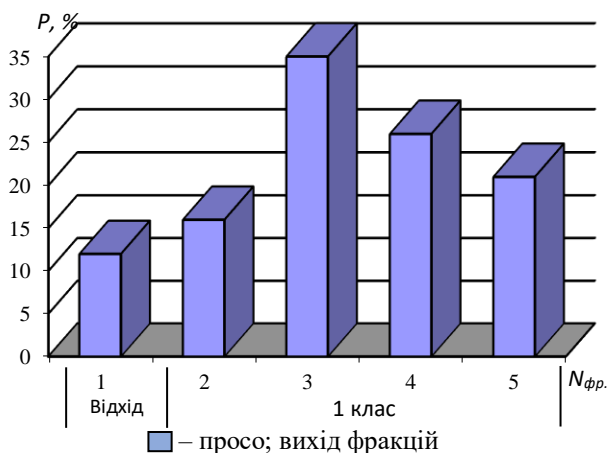


Рис. 3. Результати сепарації насіння проса на багатоярусному ударному сепараторі: засміченість суміші – 6,2%

З аналізу рис. 3 видно, що після сепарації зерна проса можна отримати 89,2% насіння 1-го класу, якщо об'єднати останні чотири фракції, при цьому у відходи піде 11,8% це перша фракція

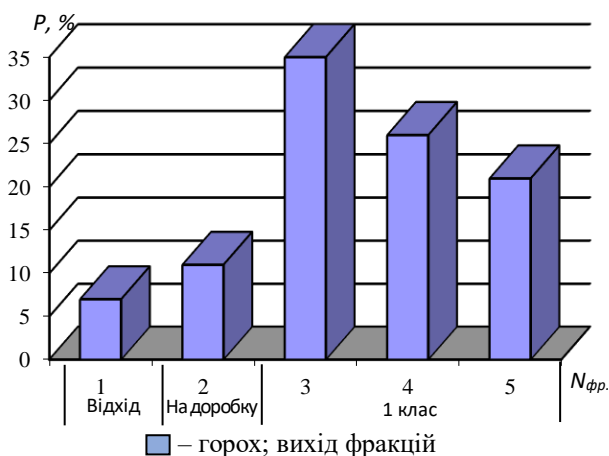


Рис. 4. Результати сепарації насіння гороху на багатоярусному ударному сепараторі: засміченість суміші – 5,9%

Як видно із рис. 4, якщо змішати останні три фракції насіння відсепарованого на багатоярусному ударному сепараторі можна отримати до 79,6% очищеного насіння гороху 1-го класу, перша фракція

7,0% піде у відходи, другу фракцію 11,4% можна направити на повторне доочищення, майже половина цієї фракції 47% половинки гороху, цю фракцію можна використовувати для переробки в крупу.

Висновки.

Отже на основі результатів комплексу досліджень розроблено алгоритми мінімізації енерговитрат під час сепарації традиційних зернових сумішей, компоненти яких мають розбіжності в розмірах, аеродинамічних властивостях та щільності і важкороздільних зернових сумішей, компоненти яких мають розбіжності в пружних і аеродинамічних властивостях, формах та коефіцієнтах тертя.

Наведено результати сепарації на розробленому багатоярусному ударному сепараторі насіння проса засміченістю 6,2%. Показано, що за один пропуск суміші можна отримати 89,2% насіння 1-го класу. За результатами сепарації насіння гороху встановлено, що за один пропуск зернової суміші можна отримати 79,6% насіння 1-го класу.

Список джерел інформації /References.

1. Матвийчук Н.М. Приоритеты реализации политики энергосбережения в Украине. *ECONOMICS AND MANAGEMENT. Juvenis scientia* 2016 № 1 Восточноевропейский национальный университет имени Леси Украинки. Луцк.

Matvyichuk N.M. Pryorytety realizatsyy polytyky enerhosberezhennya v Ukrainе. *ECONOMICS AND MANAGEMENT. Juvenis scientia* 2016 № 1 Vostochnoevropeiskiy natsyonalnyi unyversytet imeny Lesy Ukrainky. Lutsk.

2. Атаназевич. В. Енергоекономна все таки схема сушіння зерна вдень та охолодження вночі. *Зерно і хліб*. 2006. №1. - с.54.

Atanazevych. V. Enerhoekonomna vse taky skhema sushinnia zerna vden ta okholodzhennia vnochi. *Zerno i khlib*. 2006. №1. - s.54.

3. Бурдо. О. Проаналізуємо питомі витрати і невинправдані втрати тепла при сушінні збіжжя. *Зерно і хліб*. 2006. №1. - с.52 - 54.

Burdo. O. Proanalizuiemo pytomi vytraty i nevypravdani vtraty tepla pry sushinni zbizhzhia. *Zerno i khlib*. 2006. №1. - s.52 - 54.

4. Shevchenko, I. A., Aliev, E. B. (2018).Study of the process of calibration confectionery sunflower seeds. *Food Science and Technology*. Volume 12 Issue 4. P. 135-142.

Shevchenko, I. A., Aliev, E. B. (2018).Study of the process of calibration confectionery sunflower seeds. *Food Science and Technology*. Volume 12 Issue 4. P. 135-142.

5. Panasiewicz M. The technique and analysis of the process of separation and cleaning grain materials / M. Panasiewicz, P. Sobczak, J. Mazur, K. Zawislak, D. Andrejko// *Journal of Food Engineering*, 2012.-P. 603-608.

Panasiewicz M. The technique and analysis of the process of separation and cleaning grain materials / M. Panasiewicz, P. Sobczak, J. Mazur, K. Zawislak, D. Andrejko// *Journal of Food Engineering*, 2012.-P. 603-608.

6. Gunaji Ashok Sawant, V. Murali Mohan, Sandip Ashok Savant.(2016). Study and Analysis of Deck inclination angle on Efficiency of Vibration Screen. International Journal of Engineering Development and Research. Volume 4. Issue 1. P. 631-635.

Gunaji Ashok Sawant, V. Murali Mohan, Sandip Ashok Savant.(2016). Study and Analysis of Deck inclination angle on Efficiency of Vibration Screen. International Journal of Engineering Development and Research. Volume 4. Issue 1. P. 631-635.

7. Zhanfu Li. Xin Tong. (2015). A study of particles penetration in sieving process on a linear vibration screen. Int J Coal Sci Technol. No. 2(4). P. 299-305.

Zhanfu Li. Xin Tong. (2015). A study of particles penetration in sieving process on a linear vibration screen. Int J Coal Sci Technol. No. 2(4). P. 299-305.

8. Mohammad Saeid Emami Naeini. (2011). Discrete Element Modeling of Granular Flows in Vibrationally – Fluidized Beds. A thesis of Doctor of Philosophy. Industrial Engineering University of Toronto. 130 p.

Mohammad Saeid Emami Naeini. (2011). Discrete Element Modeling of Granular Flows in Vibrationally – Fluidized Beds. A thesis of Doctor of Philosophy. Industrial Engineering University of Toronto. 130 p.

9. Aliev, E. B., Bandura, V. M., Pryshliak, V. M., Yaropud, V. M., Trukhanska, O. O. (2018). Modeling of mechanical and technological processes of the agricultural industry. INMATEN – Agricultural Engineering. Vol.54, No. 1. P. 95-104.

Aliev, E. B., Bandura, V. M., Pryshliak, V. M., Yaropud, V. M., Trukhanska, O. O. (2018). Modeling of mechanical and technological processes of the agricultural industry. INMATEN – Agricultural Engineering. Vol.54, No. 1. P. 95-104.

10. Aliev, E. B., Yaropud, V. M., Dudin, V. Yr., Pryshliak, V. M., Pryshliak, N.V., Ivlev, V. V. (2018). Research on sunflower seeds separation by airflow. INMATEN - Agricultural Engineering. Vol.56, No. 3. P. 119-128.

Aliev, E. B., Yaropud, V. M., Dudin, V. Yr., Pryshliak, V. M., Pryshliak, N.V., Ivlev, V. V. (2018). Research on sunflower seeds separation by airflow. INMATEN - Agricultural Engineering. Vol.56, No. 3. P. 119-128.

11. Gheorghe Voicu, Tudor Casandroi, Constantin Tarcolea. (2008). Testing Stochastic Models for Simulating the Seeds Separation Process on the Sieves of a Cleaning System, and a Comparison with Experimental Data. Agric. conspec. sci. Vol. 73. No. 2. P. 95-10

Gheorghe Voicu, Tudor Casandroi, Constantin Tarcolea. (2008). Testing Stochastic Models for Simulating the Seeds Separation Process on the Sieves of a Cleaning System, and a Comparison with Experimental Data. Agric. conspec. sci. Vol. 73. No. 2. P. 95-10

12. Богомолов А.В. Снижение потребления энергоресурсов сепараторов для предварительной очистки зерна / А.В. Богомолов, Б.М. Цымбал //Вісник ХНТУСГ ім. Петра Василенка. Харків-2010. Вип.106 С. 38-41. – X.: – 2016. – № 2. – С. 55–61.

Bohomolov A.V. Snyzhenye potreblenyia enerhoresursov separatorov dlia predvartelnoi ochystky zerna / A.V. Bohomolov, B.M. Tsymbal //Visnyk

KhNTUSH im. Petra Vasylenka. Kharkiv-2010. Vyp.106 S. 38-41. – Kh.: – 2016. – № 2. – S. 55–61.

13. Гурський П.В., Токолов Ю.І., Іващенко С.Г., Домніч М.І. Дослідження енерговитратності технологічного процесу помелу зерна. Вісник ХНТСТ ім. Петра Василенка. Харків-2014. Вип. 152 С. 59-64.

Hurskyi P.V., Tokolov Yu.I., Ivashchenko S.H., Domnich M.I. Doslidzhennia enerhovytratnosti tekhnolohichnoho protsesu pomelu zerna. Visnyk KhNTSH im. Petra Vasylenka. Kharkiv-2014. Vyp. 152 S. 59-64.

14. Богомолов О.В. Енергозберігаючий процес сепарації насіння ріпаку / О.В. Богомолов, М.В. Брагінець, О.О. Богомолов // Матеріали третьої міжнародної науково-практичної конференції «Інноваційні аспекти розвитку обладнання харчової і готельної індустрії в умовах сучасності». – Харків – Мелітополь – Кирилівка, Україна. – 2019. – С. 17–19.

Bohomolov O.V. Enerhozberihaiuchy protses separatsii nasinnia ripaku / O.V. Bohomolov, M.V. Brahynets, O.O. Bohomolov // Materialy tretoi mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii «Innovatsiini aspekty rozvytku obladnannia kharchovoi i hotelnoi industrii v umovakh suchasnosti». – Kharkiv – Melitopol – Kyrylivka, Ukraina. – 2019. – S. 17–19.

15. Богомолов О.В. Підвищення ефективності роботи зернових норій / О.В. Богомолов, І.М. Лук'янов, Л.В. Кісь, О.О. Богомолов // Тези доповідей міжнародної науково-практичної конференції «Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарства і торгівлі: проблеми, перспективи, ефективність». – Харків, ХДУХТ. – 2018. С. 309–310.

Bohomolov O.V. Pidvyshchennia efektyvnosti roboty zernovykh norii / O.V. Bohomolov, I.M. Lukianov, L.V. Kis, O.O. Bohomolov // Tezy dopovidei mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii «Rozvytok kharchovykh vyrobnystv, restorannoho ta hotelnoho hospodarstva i torhivli: problemy, perspektivy, efektyvnist. – Kharkiv, KhDUKht. – 2018. S. 309–310.

16. Бакум М. В. До обґрунтування ефективності використання пневматичного сепаратора з нахиленим повітряним каналом для попередньої сепарації насінневих сумішей петрушки/ М.В. Бакум, М.М. Крекот, М.М. Абдуев, О.А. Шептур, О.С. Вотченко, М.В. Могільний //Вісник ХНТУСГ ім. Петра Василенка. Харків-2010. Вип.103 С. 267-274.

Bakum M. V. Do obhruntuvannia efektyvnosti vykorystannia pnevmatichnoho separatora z nakhylenym povitrianyim kanalom dlia poperednoi separatsii nasinnievyykh sumishey petrushky/ M.V. Bakum, M.M. Krekot, M.M. Abduev, O.A. Sheptur, O.S. Votchenko, M.V. Mohilnyi //Visnyk KhNTUSH im. Petra Vasylenka. Kharkiv-2010. Vyp.103 S. 267-274.

17. Ghosh Tathagata. (2013). Modeling of an air-based density separator. Theses and Dissertations Mining Engineering. University of Kentucky UKnowledge. 139 p.

Ghosh Tathagata. (2013). Modeling of an air-based density separator. Theses and Dissertations Mining Engineering. University of Kentucky UKnowledge. 139 p.

18. Богомолов А.В., Мырадов Д.М. Повышение эффективности сепарации зерновых смесей. //Инженерия переробних і харчових виробництв//

Харків.-2016, №1 (1), С. 48-52.

Bohomolov A.V., Myradov D.M. Povyshenye efektyvnosti separatsyy zernovykh smesei. //Inzheneriia pererobnykh i kharchovykh vyrobnytstv// Kharkiv.-2016, №1 (1), S. 48-52.

19. Котов Б.І. Моделювання технологічних процесів в типових об'єктах післязбиральної обробки і зберігання зерна (очищення, сепарація, сушіння, активне вентилявання, охолодження): Колект. монографія / Котов Б.І. та ін.; Нац. акад. аграр. наук України. – Київ, 2017. – С. 504-551.

Kotov B.I. Modeliuvannia tekhnolohichnykh protsesiv v typovykh ob'ektakh pisliazybalnoi obrobky i zberihannia zerna (ochyshchennia, separatsiia, sushinnia, aktyvne ventyliuvannia, okholodzhennia): Kolekt. monohrafiia / Kotov B.I. ta in.; Nats. akad. ahrar. nauk Ukrainy. – Kyiv, 2017. – S. 504-551.

20. Шелест А.Г. Сепарування зернових мас із використанням сил гравітації/ А.Г. Шелест, Т.П. Чернишук, В.С. Кошулько // Ж. Хранение и переработка зерна,2017. –№11.– С.47–49.

Shelest A.H. Separuvannia zernovykh mas iz vykorystanniam syl hravitatsii/ A.H. Shelest, T.P. Chernyshuk, V.S. Koshulko // Zh. Khraneny e y pererabotka zerna,2017. –№11.– С.47–49.

21. Багатоюрусний ударний сепаратор: Патент на корисну модель №62244, Україна, МКВ В07 В13/00, Богомолов О.В., Богомолова В.П. №201014867. Опубл. 25.08.2011. Бюл. №16.-4с.

Bahatoiarusnyi udarnyi separator: Patent na korysnu model №62244, Ukraina, MKV V07 V13/00, Bohomolov O.V., Bohomolova V.P. №201014867. Opubl. 25.08.2011. Biul. №16.-4s.

22. ДСТУ 2240-93 Насіння сільськогосподарських культур: Сортові та посівні якості. Технічні умови.-К.: Держспоживстандарт України, 1993.-74с.

DSTU 2240-93 Nasinnia silskohospodarskykh kultur: Sortovi ta posivni yakosti. Tekhnichni umovy.-K.: Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 1993.-74s.

Богомолов Олексій Васильович, д. т. н., професор кафедри обладнання та інжинірингу переробних і харчових виробництв, Державний біотехнологічний університет, вул. Алчевських, 44, м. Харків, Україна, 61002, E-mail: oipxv@ukr.net.

Bogomolov Oleksiy, Doctor of Technical Sciences, Professor Department of Equipment and Engineering of Processing and Food Production State Biotechnological University, street Alchevskikh, 44, Kharkiv, Ukraine, 61002 Email: bogomolov.ph@gmail.com.

Михайлов Валерій Михайлович, д. т. н., професор кафедри обладнання та інжинірингу переробних і харчових виробництв, Державний біотехнологічний університет, вул. Алчевських, 44, м. Харків, Україна, 61002, Email: yami2209@gmail.com.

Mikhailov Valeriy, Doctor of Technical Sciences, Professor Department of Equipment and Engineering of Processing and Food Production State Biotechnological University, street Alchevskikh, 44, Kharkiv, Ukraine, 61002, Email: yami2209@gmail.com.

Завгородній Олексій Іванович, д. т. н., професор кафедри фізики та

математики, Державний біотехнологічний університет, вул. Алчевських, 44, м. Харків, Україна, 61002, Email: alexey.z.2014@gmail.com.

Zavhorodniy Oleksiy, Doctor of Technical Sciences, Professor Department of Physics and Mathematics State Biotechnological University, street Alchevskikh, 44, Kharkiv, Ukraine, 61002, Email: alexey.z.2014@gmail.com.

Гурський Петро Васильович, к. т. н., доцент кафедри обладнання та інжинірингу переробних і харчових виробництв, Державний біотехнологічний університет, вул. Алчевських, 44, м. Харків, Україна, 61002, E-mail: gurskyi.petro@ukr.net.

Gurskyi Petro, Doctor of Philosophy, Associate Professor Department of equipment and engineering of processing and food production, State Biotechnological University, Alchevskikh str., 44, Kharkiv, Ukraine, 61002, E-mail: gurskyi.petro@ukr.net.

Богомолов Олександр Олександрович, аспірант кафедри обладнання та інжинірингу переробних і харчових виробництв, Державний біотехнологічний університет, вул. Алчевських, 44, м. Харків, Україна, 61002, e-mail: bogomolov25@gmail.com.

Bogomolov Oleksandr, PhD student Department of equipment and engineering of processing and food production, State Biotechnological University, Alchevskikh str., 44, Kharkiv, Ukraine, 61002, E-mail: bogomolov25@gmail.com.

Бойко Євгеній Володимирович, аспірант кафедри обладнання та інжинірингу переробних і харчових виробництв, Державний біотехнологічний університет, вул. Алчевських, 44, м. Харків, Україна, 61002, e-mail: Bev0930@gmail.com.

Boyko Yevgeny, PhD student Department of equipment and engineering of processing and food production, State Biotechnological University, Alchevskikh str., 44, Kharkiv, Ukraine, 61002, e-mail: Bev0930@gmail.com.

УДК 664.8.047.014

ВИРОБНИЦТВО ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ХАРЧОВИХ ПОРОШКІВ

О.А. Маяк, М.О. Василенко, О.Д. Косточка

Розглянуто класифікацію та напрямки використання харчових порошків, проведено аналіз ринку. Визначено основні проблеми під час виробництва порошків з рослинної сировини, а саме економічні, екологічні, ресурсоефективності, якості продукту, конструктивної складності обладнання.

Зазначено, що високий рівень термічного впливу на сировину в процесі переробки визначає основні недоліки виробництва: енергоємність обладнання, тривалість технологічного процесу, втрату легколетких ароматичних та