

ОБҐРУНТУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПОТОКОМ ПОВІТРЯ В АЕРОДИНАМІЧНОМУ СЕПАРАТОРІ НАСІННЄВОГО МАТЕРІАЛУ

Алієв Е.Б.,

Інститут олійних культур НААН

Гаврильченко О.С.

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

Як відомо генератори повітряного потоку (вентилятори різних типів, турбіни, каскади форсунок) на виході мають нерівномірний розподіл швидкості. Для забезпечення якісної роботи аеродинамічного сепаратора необхідно, щоб потік повітря був рівномірний. Це можна досягти шляхом встановлення на виході повітряного потоку каскаду заслінок, які з використанням автоматизованої системи керування відкриваються або закриваються. Це забезпечує пропускання або затримання потоку повітря на певній висоті. Метою досліджень є підвищення ефективності роботи аеродинамічного сепаратора насіння, шляхом створення і застосування автоматизованої системи керування потоком повітря. Для обґрунтування даної системи вирівнювання потоку повітря за його швидкістю і визначенню алгоритму роботи каскаду заслінок проведемо чисельне моделювання в програмному пакеті STAR-CCM+. В результаті досліджень встановлено розподіл швидкостей потоку повітря в сепараційній камері аеродинамічного сепаратора при різних швидкостях вихідного потоку, які підпорядковується законам $V \sim u^4$, $V \sim u^5$, $V \sim u$. Спираючись на отримані дані чисельного моделювання можна зробити висновок, що з використанням автоматизованого каскаду заслінок можна досягти вирівнювання швидкості повітряного потоку ($\pm 0,2-0,4$ м/с) в сепараційній камері аеродинамічного сепаратора, до складу якого може входити будь-який генератор потоку. Однак при цьому відбувається втрата номінальної швидкості на 5-15 %. Підвищення її може бути здійснено за рахунок збільшення продуктивності генератора повітряного потоку (наприклад, за рахунок збільшення частоти обертання лопатей вентилятора), що приводить до збільшення енерговитрат на 5-15 %. Але враховуючи пріоритетність якості виконання технологічного процесу сепарації на аеродинамічному сепараторі даними втратами можна знехтувати.

Ключові слова: насіння, аеродинамічний сепаратор, потік повітря, моделювання, автоматизована система

Постановка проблеми. Згідно діючого державного стандарту України ДСТУ 2240-93 [1] насіннєвий матеріал за сортовими та посівними якостями, визначається, головним чином його сортовою чистотою, яка повинна складати для елітного насіння (еліта, супереліта) – 99,6–99,9 %. Задля одержання генетично чистого насіннєвого матеріалу, необхідно уникнути небажаного переzapилення батьківських компонентів: посіви ділянок розмноження батьківських компонентів здійснюються в просторовій або часовій ізоляції [2]. В результаті чого збирання насіннєвого матеріалу здійснюється в той час коли зернозбиральна техніка вже засмічена іншими генотипами. Тому ускладнюється доробка та одержання кондиційного насіннєвого матеріалу високих репродукцій.

Існуюче обладнання для виконання технологічних процесів сепарації насіння за морфологічними (в тому числі маркерними) показниками та фізико-механічними

властивостями до зазначеної сортової чистоти в селекційно-насінницькому процесі створення нових сортів або гібридів вимагає великих капітальних вкладень і значних питомих експлуатаційних витрат, що підвищує собівартість насіннєвого матеріалу. Одним з варіантів вирішення цієї проблеми є удосконалення існуючих технічних засобів шляхом проектування систем автоматизованого керування їх конструктивно-режимних параметрів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сепарація насіннєвої суміші в повітряному потоці ґрунтується на відмінності аеродинамічних властивостей її компонентів [3]. При відносному русі в повітрі частинка насіннєвої суміші зустрічає з його боку опір, що залежить від форми, стану поверхні, маси і розташування частинки в повітряному середовищі [4]. На сьогодні існує велика кількість аеродинамічних сепараторів. Однак розглянемо більш узагальнену конструкцію на прикладі аеродинамічних сепараторів «Сад», «Алмаз», СПС та ін. (рис. 1).

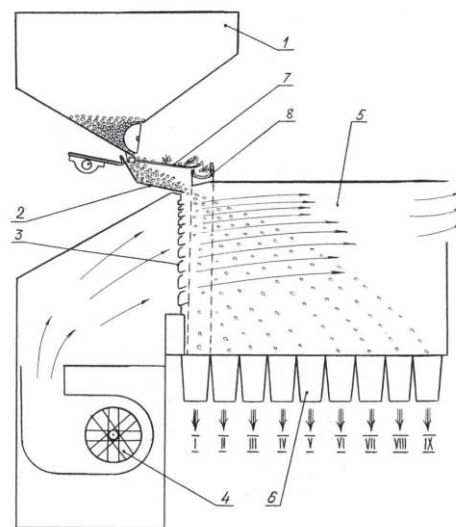


Рис.1. Конструктивно-технологічна схема та загальний вигляд аеродинамічних сепараторів «Сад», «Алмаз», СПС та ін. 1 – бункер; 2 – віброток; 3 – генератор каскаду повітряних струменів; 4 – джерело подання повітря; 5 – сепараційна камера; 6 – збірники фракцій; 7 – скальператорна гребінка; 8 – збірник великих домішок

Аеродинамічний сепаратор містить бункер 1 для завантаження насіннєвого матеріалу, що підлягає сепаруванню, з віброток 2, встановлений під ними генератор 3 каскаду повітряних струменів, який пов'язаний з джерелом 4 подання повітря під тиском у генератор 3, та сепараційну камеру 5. Під сепараційною камерою 5 розташовані збірники фракцій 6 (I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII, IX). На початку віброток 2, між ним та виходом з бункера 1 встановлена скальператорна гребінка 7. Під вільним консольним кінцем гребінки 7 розташований збірник великих домішок, виконаний у вигляді двоскатного каналу 8, що сполучається зі збірником першої фракції 6 (I) [5, 6].

Як відомо генератори повітряного потоку (вентилятори різних типів, турбіни, каскади форсунок) на виході мають нерівномірний розподіл швидкості. Для забезпечення якісної роботи аеродинамічного сепаратора необхідно, щоб потік повітря був рівномірний. Це можна досягти шляхом встановлення на виході повітряного потоку каскаду заслінок, які з використанням автоматизованої системи керування відкриваються або закриваються. Це забезпечує пропускання або затримання потоку повітря на певній висоті.

Мета досліджень. Підвищення ефективності роботи аеродинамічного сепаратора насіння, шляхом створення і застосування автоматизованої системи керування потоком повітря.

Результати досліджень. Для обґрунтування даної системи вирівнювання потоку повітря за його швидкістю і визначенню алгоритму роботи каскаду заслінок проведемо чисельне моделювання. Для цього в програмному пакеті STAR-CCM+ [7, 8] створимо модель сепараційної камери аеродинамічного сепаратора із каскадом заслінок. На вході будемо створювати потоки повітря, які мають різноманітні градієнти швидкості по висоті, що наближені до реальних типів генераторів повітряного потоку. Після каскаду заслінок на відстані 0,05-0,4 м будемо визначати розподіли швидкостей перетвореного потоку повітря. В якості критеріїв вирівнювання потоку повітря приймемо середнє значення швидкості V_m і його середньоквадратичне відхилення V_σ .

З початку розглянемо ідеальний випадок, коли на виході генератора створений рівномірний повітряний потік із швидкістю 15 м/с. В результаті у випадку коли всі заслінки відкриті швидкість створеного потоку практично не змінюється на будь якій відстані від каскаду заслінок (рис. 2).

Розглянемо випадок коли на виході генератора створений повітряний потік характеризується швидкістю, яка розподіляється за параболічним законом ($V \sim y^4$). При всіх відкритих заслінках швидкість створеного потоку практично не змінюється на будь якій відстані від каскаду заслінок (рис. 3). Швидкість при цьому змінюється від 10 до 15 м/с, її середнє значення складає 13,8 м/с, а середнє квадратичне відхилення – 1,5 м/с.

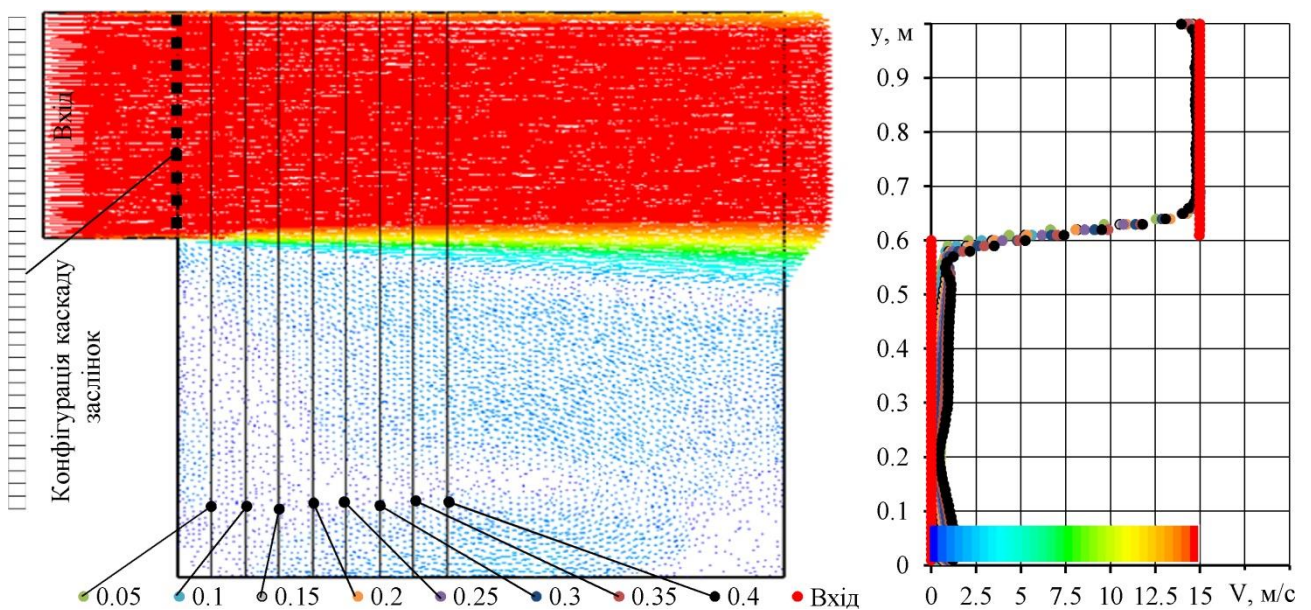


Рис.2. Розподіл швидкостей потоку повітря в сепараційній камері аеродинамічного сепаратора із відкритими заслінками при ідеальному вхідному потоку

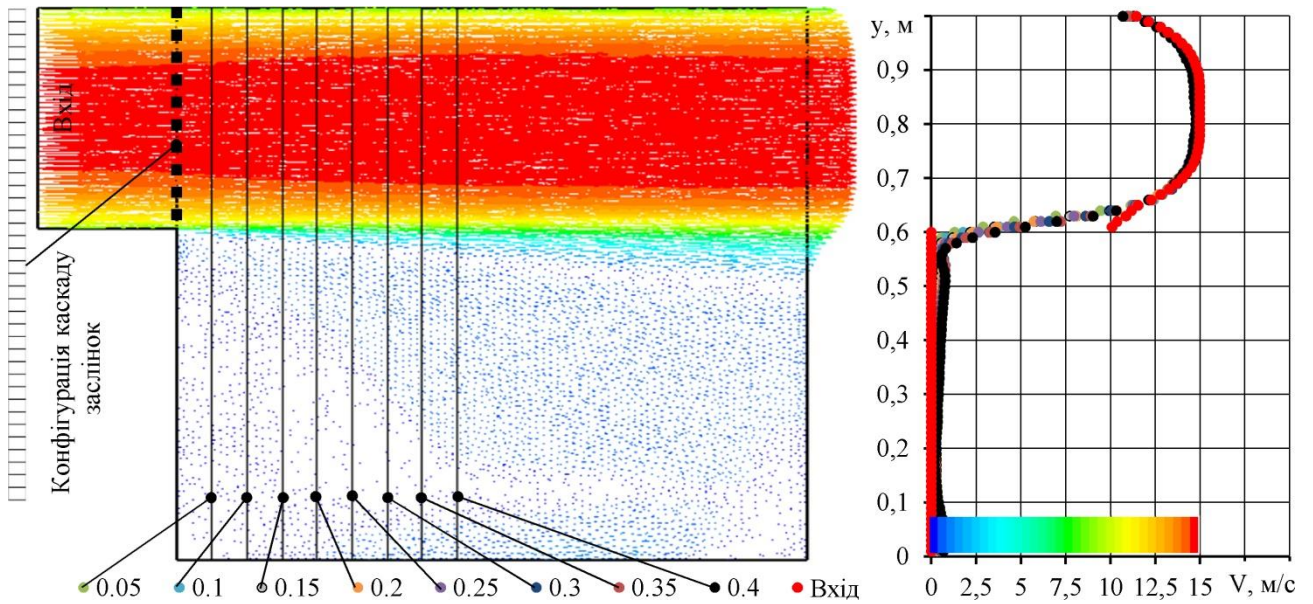


Рис.3. Розподіл швидкостей потоку повітря в сепараційній камері аеродинамічного сепаратора із відкритими заслінками при швидкості вихідного потоку, яка підпорядковується параболічному закону ($V \sim y^4$)

Для вирівнювання швидкості потоку повітря необхідно закрити каскад заслінок у певній конфігурації (рис. 4). В результаті створений повітряний потік є вирівняний. Швидкість при цьому змінюється від 14,4 до 15 м/с, її середнє значення складає 14,8 м/с, а середнє квадратичне відхилення – 0,2 м/с.

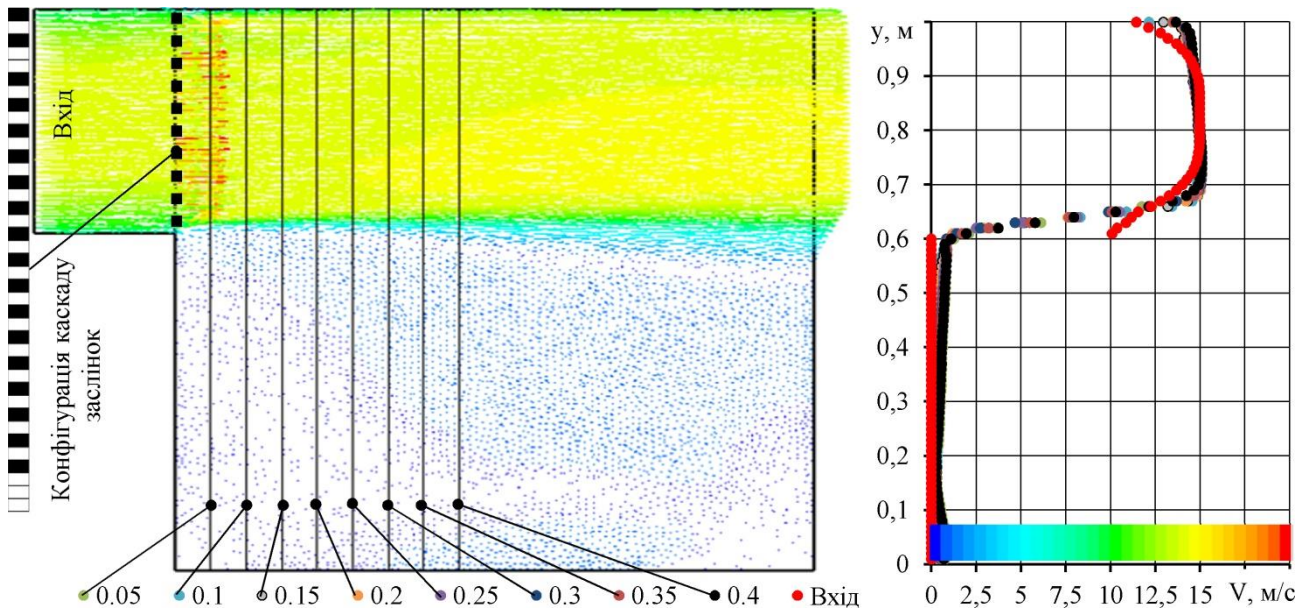


Рис.4. Розподіл швидкостей потоку повітря в сепараційній камері аеродинамічного сепаратора із закритими заслінками при швидкості вихідного потоку, яка підпорядковується параболічному закону ($V \sim y^4$)

Розглянемо ще один випадок коли на виході генератора створений повітряний потік характеризується швидкістю, яка розподіляється за параболічним законом ($V \sim y^5$). При всіх відкритих заслінках швидкість створеного потоку практично не змінюється на

будь якій відстані від каскаду заслінок (рис. 5). Швидкість при цьому змінюється від 10 до 15 м/с, її середнє значення складає 13,6 м/с, а середнє квадратичне відхилення – 1,4 м/с.

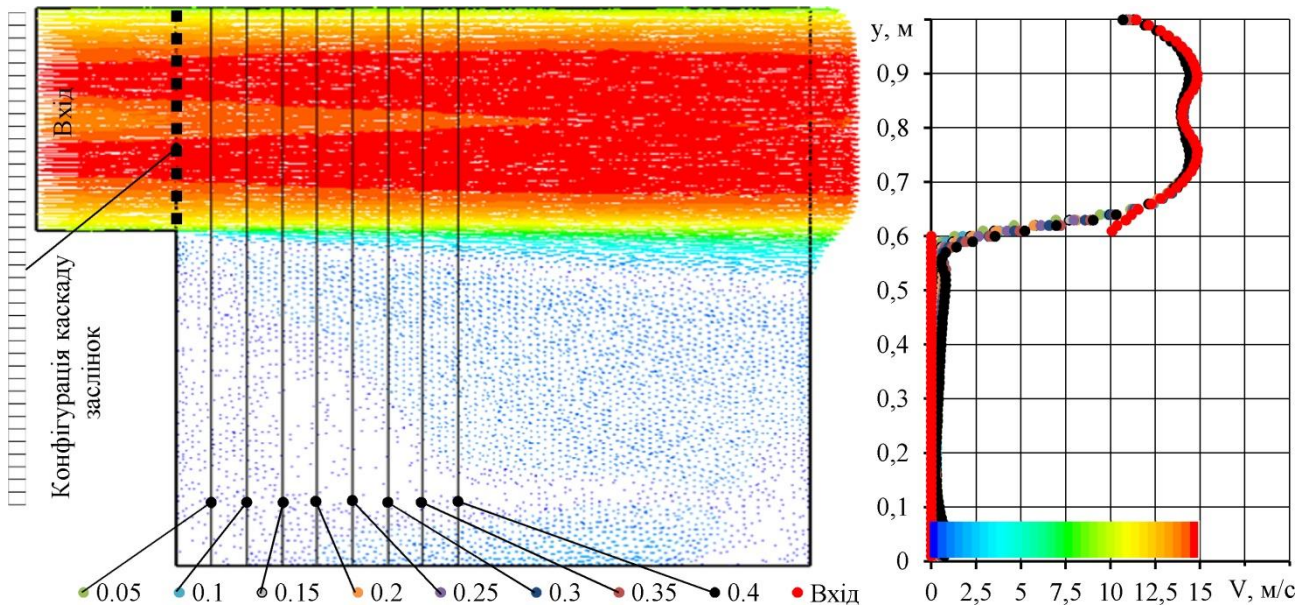


Рис.5. Розподіл швидкостей потоку повітря в сепараційній камері аеродинамічного сепаратора із відкритими заслінками при швидкості вихідного потоку, яка підпорядковується параболічному закону ($V \sim y^5$)

Для вирівнювання швидкості потоку повітря необхідно закрити каскад заслінок у певній конфігурації (рис. 6). В результаті створений повітряний потік є вирівняний. Швидкість при цьому змінюється від 14,1 до 14,8 м/с, її середнє значення складає 14,5 м/с, а середнє квадратичне відхилення – 0,3 м/с.

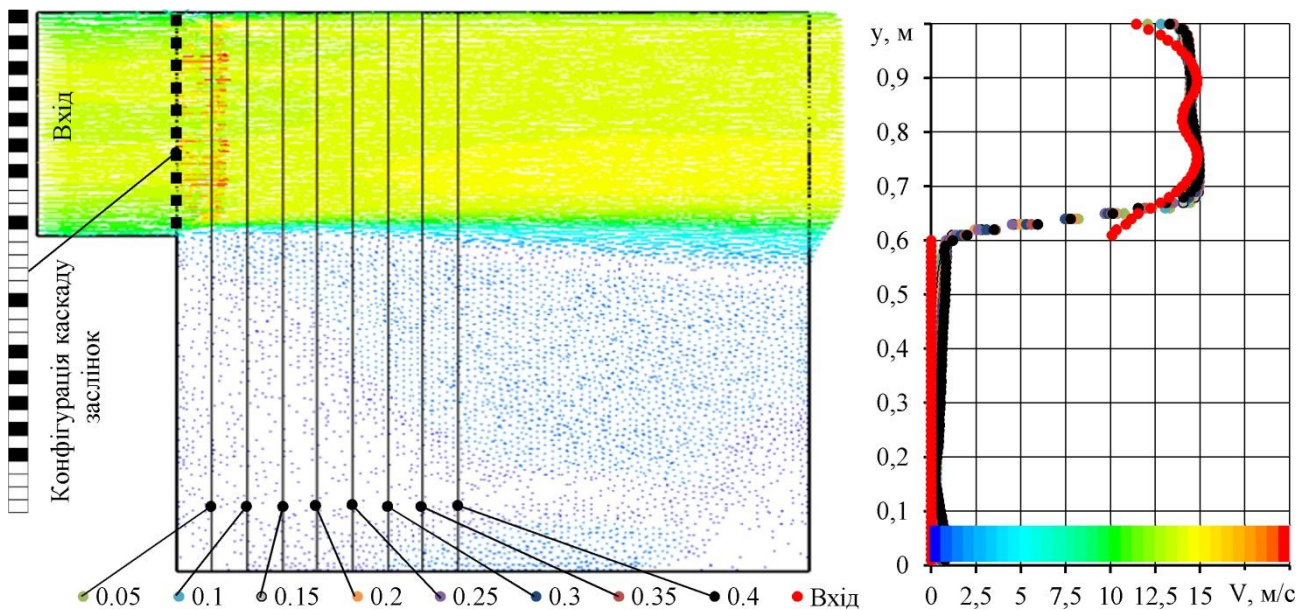


Рис.6. Розподіл швидкостей потоку повітря в сепараційній камері аеродинамічного сепаратора із закритими заслінками при швидкості вихідного потоку, яка підпорядковується параболічному закону ($V \sim y^4$)

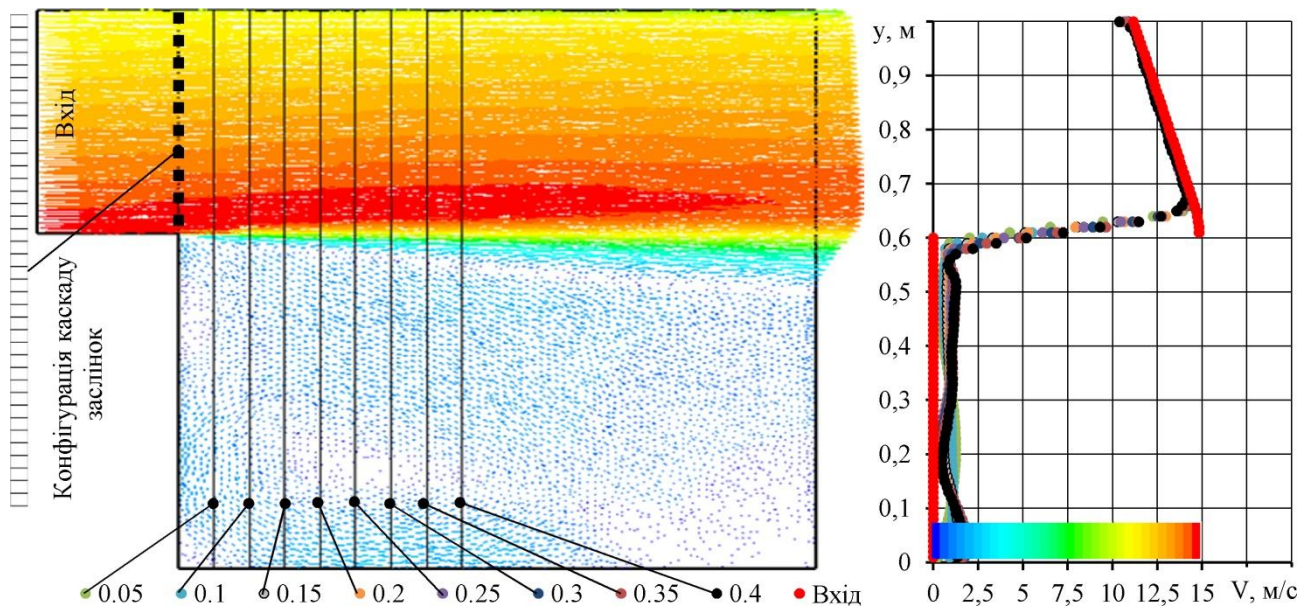


Рис.7. Розподіл швидкостей потоку повітря в сепараційній камері аеродинамічного сепаратора із відкритими заслінками при швидкості вихідного потоку, яка підпорядковується лінійному закону ($V \sim y$)

Розглянемо випадок коли на виході генератора створений несиметричний повітряний потік характеризується швидкістю, яка розподіляється за лінійним законом ($V \sim y$). При всіх відкритих заслінках швидкість створеного потоку практично не змінюється на будь якій відстані від каскаду заслінок (рис. 7). Швидкість при цьому змінюється від 11 до 15 м/с, її середнє значення складає 13,1 м/с, а середнє квадратичне відхилення – 1,8 м/с.

Для вирівнювання швидкості потоку повітря необхідно закрити каскад заслінок у певній конфігурації (рис. 8). В результаті створений повітряний потік є вирівняний. Швидкість при цьому змінюється від 12,7 до 13,8 м/с, її середнє значення складає 13,0 м/с, а середнє квадратичне відхилення – 0,4 м/с.

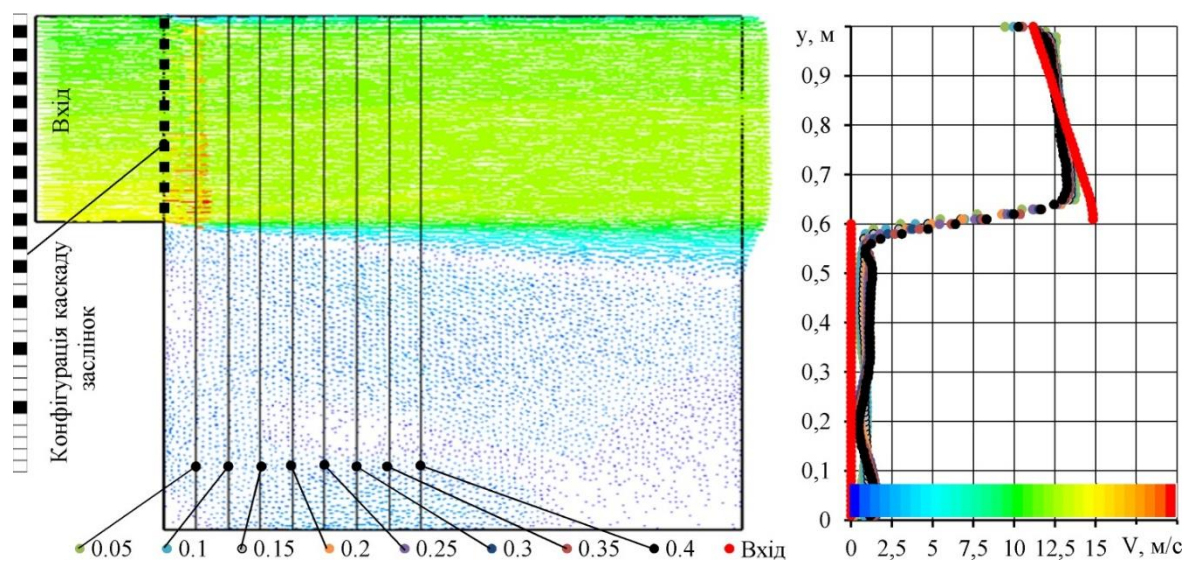


Рис.8. Розподіл швидкостей потоку повітря в сепараційній камері аеродинамічного сепаратора із закритими заслінками при швидкості вихідного потоку, яка підпорядковується лінійному закону ($V \sim y$)

Висновки

Спираючись на отримані дані чисельного моделювання можна зробити висновок, що з використанням автоматизованого каскаду заслінок можна досягти вирівнювання швидкості повітряного потоку ($\pm 0,2-0,4$ м/с) в сепараційній камері аеродинамічного сепаратора, до складу якого може входити будь-який генератор потоку. Однак при цьому відбувається втрата номінальної швидкості на 5-15 %. Підвищення її може бути здійснено за рахунок збільшення продуктивності генератора повітряного потоку (наприклад, за рахунок збільшення частоти обертання лопатей вентилятора), що приводить до збільшення енерговитрат на 5-15 %. Але враховуючи пріоритетність якості виконання технологічного процесу сепарації на аеродинамічному сепараторі даними втратами можна знехтувати.

Список використаних джерел

1. ДСТУ 2240-93. (1993). Насіння сільськогосподарських культур. Сортові та посівні якості. Технічні умови. Київ: Держстандарт України. 74 с.
2. Кириченко В. В. (2016). Основи управління продукційним процесом польових культур. Харків. 711 с.
3. Чеботарев, В. П., Барановский, И. В., Князев, А. А., Немцев П. М. (2010). Анализ тенденций развития современных зерноочистительных и сортировальных машин. Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы Междунар. науч.-практ. конф. Минск. Т. 1. С.184-189.
4. Анискин, В. И., Батарчук, А. И, Весна, Б. А. (1980). Промышленное семеноводство. Справочник под ред. И.Г Строны. М.: Колос. 267 с.
5. Фадеев, Л. В. (2008). Патент на корисну модель UA 36999 U, МПК В07В 4/02 (2008.01). Струминний сепаратор Фадеева. Заявник Фадеев Л. В. № u200808062. Заявл. 13.06.2008. Опубл. 10.11.2008, Бюл. № 10.
6. Гапонюк, О. І., Гросул, Л. Г., Мосієнко, Г. А., Яцкова, Т. Й., Гончарук, Г. А. (2011). Патент на корисну модель UA 63368 U, МПК В07В 4/04 (2006.01). Повітряно-гравітаційний сепаратор. Заявник Одеська національна академія харчових технологій. № u201102177. Заявл. 24.02.2011. Опубл. 10.10.2011, Бюл. № 19.
7. 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. INMATEH – Agricultural Engineering. Vol. 54, No. 1. P. 95-104.
8. 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. INMATEH – Agricultural Engineering. Vol. 56, No. 3. P. 119-128.

Аннотация

ОБОСНОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПОТОКОМ ВОЗДУХА В АЭРОДИНАМИЧЕСКОМ СЕПАРАТОРЕ СЕМЕННОГО МАТЕРИАЛА

Алиев Э.Б.

Институт масличных культур НААН

Гаврильченко А.С.

Днепровский государственный аграрно-экономический университет

Как известно генераторы воздушного потока (вентиляторы различных типов, турбины, каскады форсунок) на выходе имеют неравномерное распределение скорости. Для обеспечения качественной работы аэродинамического сепаратора необходимо, чтобы поток воздуха был равномерный. Это можно достичь путем установки на выходе воздушного потока каскада заслонок, которые с использованием автоматизированной системы управления открываются или закрываются. Это обеспечивает пропускание или задержку потока воздуха на определенной высоте. Целью исследований является повышение эффективности работы аэродинамического сепаратора семян, путем создания и применения автоматизированной системы управления потоком воздуха. Для обоснования данной системы выравнивания потока воздуха по его скорости и определению алгоритма работы каскада заслонок проведем численное моделирование в программном пакете STAR-CCM+. В результате исследований установлено распределение скоростей потока воздуха в сепарационной камере аэродинамического сепаратора при различных скоростях выходного потока, которые подчиняется законам $V \sim y^4$, $V \sim y^5$, $V \sim y$. Опираясь на полученные данные численного моделирования можно сделать вывод, что с использованием автоматизированного каскада заслонок можно достичь выравнивания скорости воздушного потока ($\pm 0,2-0,4$ м/с) в сепарационной камере аэродинамического сепаратора, в состав которого может входить любой генератор потока. Однако при этом происходит потеря номинальной скорости на 5-15 %. Повышение ее может быть осуществлено за счет увеличения производительности генератора воздушного потока (например, за счет увеличения частоты вращения лопастей вентилятора), что приводит к увеличению энергозатрат на 5-15 %. Но учитывая приоритетность качества выполнения технологического процесса сепарации на аэродинамическом сепараторе данным потерями можно пренебречь.

Ключевые слова: семена, аэродинамический сепаратор, поток воздуха, моделирование, автоматизированная система

Abstract

JUSTIFICATION OF THE AUTOMATED AIR FLOW MANAGEMENT SYSTEM IN THE AERODYNAMIC SEPARATOR OF SEEDABLE MATERIAL

Aliiev E.B., Ph.D.,

Institute of Oilseed Crops NAAS

Gavrilchenko A.S., Ph.D., Associate Professor

Dniprovsky State Agrarian-Economic University

As is well known, air flow generators (fans of various types, turbines, nozzle stages) have uneven speed distribution at the outlet. To ensure the quality of the aerodynamic separator, it is

necessary that the air flow be uniform. This can be achieved by installing at the outlet of the air flow of a cascade of flaps that open or close using an automated control system. This ensures the transmission or delay of air flow at a certain height. The aim of the research is to increase the efficiency of the aerodynamic seed separator, through the creation and application of an automated air flow control system. To substantiate this system for equalizing the air flow according to its speed and determining the algorithm for the operation of the cascade of dampers, we will conduct numerical simulation in the STAR-CCM + software package. As a result of the research, the distribution of air flow rates in the separation chamber of an aerodynamic separator at various output flow rates, which obeys the laws $V \sim y^4$, $V \sim y^5$, $V \sim y$, is established. Based on the obtained numerical simulation data, we can conclude that using an automated cascade of dampers, it is possible to achieve equalization of the air flow velocity ($\pm 0.2-0.4$ m / s) in the separation chamber of an aerodynamic separator, which may include any flow generator. However, this leads to a loss of the nominal rate of 5-15%. Its increase can be carried out by increasing the performance of the air flow generator (for example, by increasing the frequency of rotation of the fan blades), which leads to an increase in energy consumption by 5-15%. But given the priority of the quality of the implementation of the separation process at the aerodynamic separator, this loss can be neglected.

Keywords: *seeds, aerodynamic separator, air flow, modeling, automated system*