



Переробка та зберігання сільськогосподарської продукції Processing and storage of agricultural products

УДК 631.362

Дослідження можливості застосування комп'ютерного моделювання в процесі оптимізації конструкторських рішень при проектуванні зерноочисних машин

Ю.Ю. Самчук¹; В.М. Стельмах²; Ю.І. Тростенюк³

^{1,2}Житомирський національний агроекологічний університет (м. Житомир, Україна)
¹yurij.samchuk@gmail.com; ²stelmah81163@gmail.com;

³Житомирський державний технологічний університет (м. Житомир, Україна)
juri1952@meta.ua

В статті представлено результати комп'ютерного моделювання процесу руху повітряного потоку в аспіраційній камері повітряного сепаратора, конструкція якого базується на основі [11]. Комп'ютерне моделювання здійснено з використанням програми «Solid Works» (Flow Simulation). За його результатами проведено аналіз роботи машини, виявлено ряд недоліків та внесено відповідні зміни в її конструкцію для підвищення ефективності роботи. Повторно здійснено комп'ютерне моделювання в удосконаленій 3D-моделі конструкції повітряного сепаратора, яке демонструє більшу ефективність останньої над попередніми конструкціями.

Основними критеріями оцінки ефективності функціонування конструкції повітряного сепаратора під час виконання комп'ютерного моделювання були швидкість повітряного потоку в зонах сепарації, а також характер його руху.

Отримані під час комп'ютерного моделювання дані стануть вихідними для співставлення та порівняння їх з результатами реальних досліджень параметрів роботи машини виготовленої «в металі». На основі цих порівнянь стане можливим формування остаточного висновку щодо придатності САПР «Solid Works» (Flow Simulation) для розробки повітряних сепараторів для очистки зернового вороху та моделювання робочого процесу, що протікає в них. Загальний вигляд конструкції машини в складі якої присутня аспіраційна камера параметри якої є ідентичними з параметрами досліджуваної 3D – моделі подано в матеріалі статті.

Поряд з комп'ютерним моделюванням процесу руху повітряного потоку, також виконано математичне моделювання руху зернівки в аспіраційній камері повітряного сепаратора. Результати математичного моделювання підтверджують працездатність та ефективність роботи машини.

Ключові слова: повітряний сепаратор, комп'ютерне моделювання, 3D-модель, САПР, пневмосепаруючий канал.

Постановка проблеми та її актуальність. Моделювання робочого процесу який відбувається в зерноочисних машинах за допомогою математичних методів наведено в роботах [2, 3, 4]. Проте виконання аналогічних розрахунків вимагає значної фундаментальної підготовки фахівця у сфері теоретичної механіки, аеродинаміки, гідродинаміки та інших наук. На сучасному етапі розвитку САПР (систем автоматичного проектування і розрахунку) при розробці та конструюванні техніки, а також при подальшому її доопрацюванні та удосконаленні доцільним є застосування сучасних інженерних CAD та CAE – систем. Ці системи дають можливість спроектувати 3D-

модель машини та змодельувати її робочий процес [1]. Проте можливість їх використання при розробці саме зерноочисної техніки є питанням, яке недостатньо висвітлене у відкритих літературних джерелах. З огляду на вищенаведене, дослідження можливості використання сучасних CAD/CAE (систем при проектуванні та моделюванні робочого процесу повітряних сепараторів) – є актуальною науковою проблемою.

Аналіз результатів останніх досліджень і публікацій. Аналізуючи дані з відкритих літературних джерел були виявлені дослідження, що описують можливість використання комп'ютерного моделювання при вивченні процесу руху

повітряного потоку в аспіраційних камерах повітряних сепараторів. Дослідження [5, 6] демонструють моделювання процесу повітряного потоку у пневмосепаруючій системі сепаратора попередньої очистки зерна «СПО-50» та аспіраційній камері БСХ-100.20 відповідно. У даних роботах було здійснено 3D-моделювання базової конструкції машини та її удосконалених модифікацій, проведено ряд комп'ютерних експериментів які відображали рух повітряного потоку в них, змодельовано і показано траєкторії руху окремих зернівок. За результатами проведених моделювань було визначено оптимальну конструкцію зерноочисної машини. До недоліків вищенаведених досліджень можна віднести те, що в ілюстраціях які відображають процес руху повітряного потоку не спостерігається рух повітря (підсмоктування) до зони вивантаження очищеного зерна та домішок, також незрозумілим є наявність чи відсутність руху повітряного потоку до зони завантаження зернового вороху, хоча проаналізувавши наведені конструкції можна сказати, що такі рухи повітря мали би бути присутніми. Також, авторами не наведено даних що до співпадіння результатів комп'ютерного моделювання з результатами реальних досліджень робочих параметрів машин. Тобто, за результатами досліджень неможливо однозначно судити про достовірність отриманих результатів при використанні такої САЕ – системи, її назви приведено не було.

В роботі [7] здійснено 3D-моделювання розробленої автором конструкції повітряного сепаратора. За допомогою САЕ (системи «COSMOSFloWorks») змодельовано процес повітряного потоку у пневмосепаруючій системі. Також змодельовано і показано траєкторії руху окремих зернівок. На відміну від робіт [5, 6] в 3D – моделі конструкції передбачені місця для «підсмоктування» повітря, що збільшує точність отриманих результатів. До недоліків даної роботи можна віднести те, що ширина спроектованої 3D-моделі, з невідомих причин, відрізняється від виготовленої експериментальної конструкції, що не може сприяти високій точності співпадіння результатів комп'ютерного моделювання та результатів реальних досліджень робочих параметрів машини, до речі, яких в роботі не наведено. В тій же роботі [7] в САЕ – системі «COSMOSFloWorks», проводилось моделювання роботи діаметрального вентилятора яке показало неспівпадіння результатів моделювання з результатами опублікованими в роботах [8, 9, 10]. Тому, самим же автором доцільність використання вищенаведеного програмного забезпечення пропонується розглядати при виході удосконалених її версій.

Здійснивши аналіз вищенаведених досліджень, при проектуванні нового зразка

повітряного сепаратора для очистки зернового вороху доцільним буде:

- використання сучасних, передових САПР, а конкретніше САЕ – систем для моделювання руху повітряного потоку в пневмосепаруючих каналах;

- при виконанні моделювання руху повітряного потоку, 3D – модель машини виконувати в масштабі 1:1, врахувавши негерметичність конструкції, тобто можливі місця підсмоктування повітря з атмосфери;

- створити передумови для порівняння результатів комп'ютерного моделювання з результатами реальних досліджень робочих параметрів машини;

- для перспективних досліджень здійснити проведення пошуку програмного забезпечення яке б дозволяло моделювати не тільки рух повітряного потоку або окремої його частинки в спроектованій 3D – моделі, а й рух потоку зернового вороху, з максимально можливим урахуванням форм зернівок, під дією повітряного потоку.

Ціль роботи: Використовуючи сучасні САПР сконструювати ефективний повітряний сепаратор та створити передумови для проведення порівняння результатів комп'ютерного моделювання руху повітряного потоку з результатами реальних досліджень робочих параметрів машини для визначення доцільності застосування сучасних автоматизованих систем проектування при конструюванні зерноочисної техніки.

Результати досліджень: На рис. 1 наведено ілюстрацію комп'ютерного моделювання руху повітряного потоку розробленого на основі [11] повітряного сепаратора. Результати модифікацій конструкції базованої на [11] наведено в [12].

Дана конструкція передбачає дві зони сепарації. Ця особливість є її основною перевагою над аналогами. Перша зона знаходиться в горизонтальному пневмосепаруючому каналі (ПСК) 11 нижче скатної площини 7. Відповідно до рис. 1 швидкості повітряного потоку в ній знаходяться в межах 3 - 7 м/с. Друга зона сепарації знаходиться у вертикальному ПСК 10 на рівні горизонтальної ділянки нижньої скатної площини 9. Відповідно до рис. 1 швидкості повітряного потоку в ній знаходяться в межах 1 - 4 м/с.

Однак, в даній робочій конструкції виявлено ряд суттєвих недоліків які істотно впливають на якість очистки зернового вороху, а саме:

- занадто велика площа перерізу як горизонтального, так і вертикального ПСК 0,78 м² та 0,45 м² (при встановленому вентиляторі ВЦП-5, продуктивністю – 5000 м³/год);

- середня скатна площина 7 значно заважає руху повітряного потоку з місця надходження повітря до зони сепарації вертикального ПСК;

- відсутність можливості регулювання ширини ПСК в зонах сепарації;
- завеликі габарити та металоємкість осадової камери (при встановленні в технологічну лінію циклонів потреба в осадових камерах на повітряних сепараторах зменшується).

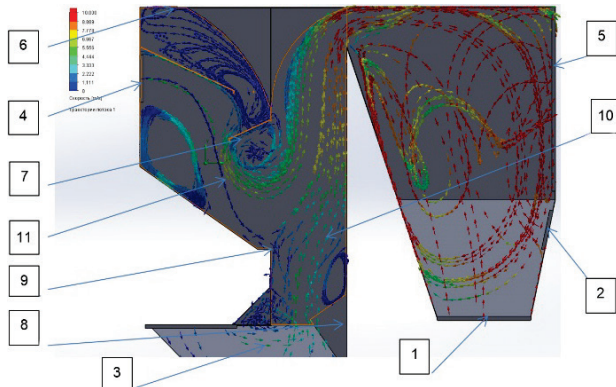


Рис. 1. Моделювання процесу руху повітряного потоку у спроектованій у «Solid Works» (Flow Simulation) 3D-моделі повітряного сепаратора: 1, 2, 3, 4 – місця надходження повітря до аспіраційної камери, 5 – місце під'єднання вентилятора до аспіраційної камери; 6 – місце подачі зернового вороху; 7 – середня скатна площина; 8 – призма; 9 – нижня скатна площина; 10 – вертикальний пневмосепаруючий канал; 11 – горизонтальний пневмосепаруючий канал

І як наслідок вищенаведених недоліків, швидкості в зоні сепарації коливаються в межах 1...7 м/с. Що є недостатнім для ефективного здійснення сепарації зернового вороху.

З огляду на вищенаведені недоліки було запропоновано наступну удосконалену конструкцію повітряного сепаратора (рис. 2, 4).

В порівнянні з моделлю поданою на рис. 1 в ній встановлено жалюзі 1 (показано стрілкою) для здійснення можливості регулювання ширини ПСК, ширина самих ПСК зменшена, у горизонтальному ПСК відсутні елементи конструкції які б значно ускладнювали рух повітряного потоку. В вертикальному ПСК відсутня призма ефективність встановлення якої є невисокою.

Швидкості руху повітряного потоку у першій зоні сепарації в удосконаленій моделі (рис. 2) знаходяться в межах 4 - 6 м/с, в другій зоні сепарації 5 - 10 м/с. Отже ефективність процесу сепарації ЗВ в удосконаленій конструкції буде вищою. Також вона є менш металоємкою та має менші габаритні розміри.

Отримані дані щодо швидкості повітряного потоку в зонах сепарації зернового вороху є вихідними даними для співставлення та порівняння їх з результатами реальних досліджень параметрів

рів роботи машини виготовленої «в металі». На основі цих порівнянь стане можливим формування остаточного висновку щодо придатності САПР «Solid Works» (Flow Simulation) для розробки повітряних сепараторів для очистки зернового вороху.

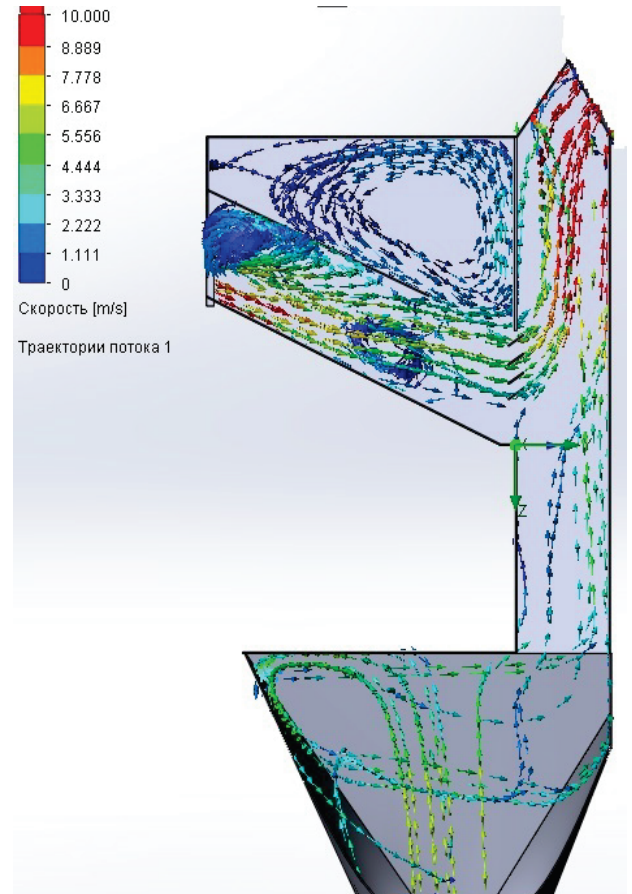


Рис. 2. Моделювання процесу руху повітряного потоку у спроектованій у «Solid Works» (Flow Simulation) 3D – моделі удосконаленого повітряного сепаратора

Конструкторська документація в силу більшого досвіду використання та зручності була виготовлена за допомогою програми «Autodesk Inventor Professional 2015». На рис. 3 зображено загальний вигляд розробленого повітряного сепаратора з поданою авторами назвою «ПС-100».

Для повноти та завершеності вищенаведених досліджень, здійснимо математичне моделювання процесу руху зернівки в зоні сепарації зернового вороху розробленого повітряного сепаратора Розглянемо рух зернівки в зоні сепарації. При формулюванні задачі будемо враховувати той відомий факт, що можливо розглядати рух зернівки відносно середовища або навпаки рух потоку відносно нерухомої зернівки.

Для вентилятора, що створює потік повітря (який відокремлює домішки зернового вороху (ЗВ), у даному сепараторі відомі наступні дані: Q – номінальна продуктивність вентилятора, $Q_{\text{год}} = 5000 \text{ м}^3/\text{год}$; P – повний тиск при номінальному режимі, $P = 155 \text{ кгс}/\text{м}^2$.

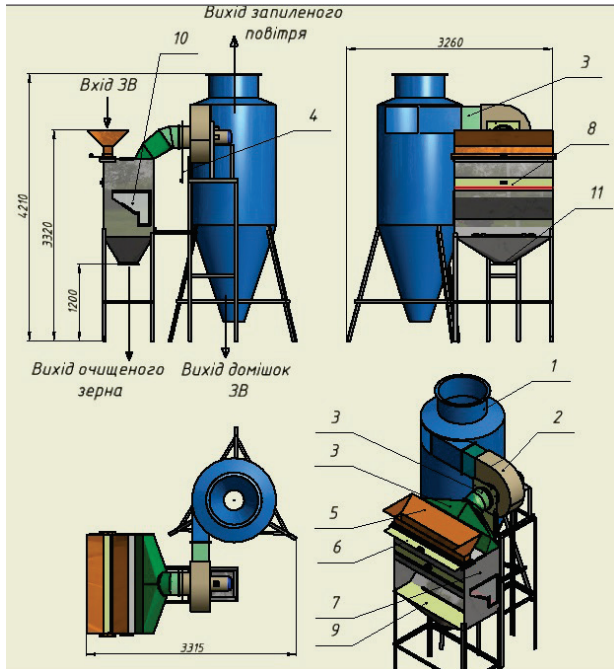


Рис. 3. Загальний вигляд повітряного сепаратора «ПС-100»: циклон ЦОЛ-5; 2 – вентилятор ВЦП-5; 3 – перехідники; 4 – заслінка вентилятора; 5 – бункер неочищеного зерна; 6 – заслінка бункера неочищеного зерна; 7 – аспірацій на камера ПС; 8 – заслінка для регулювання аеродинамічних параметрів ПСК; 9 – заслінка нижня; 10 – оглядовий отвір; 11 – патрубок вивантаження очищеного зерна;

Номінальна продуктивність вентилятора пов'язана зі швидкістю повітряного потоку V (м/с) який створює вентилятор наступною формулою:

$$Q_c = S \cdot V \quad (1)$$

де Q_c – номінальна продуктивність вентилятора, $\text{м}^3/\text{с}$; S – площа поперечного перерізу каналу крізь який проходить повітря, м^2 .

Перейдемо до розгляду руху зернівки при вході в зону сепарації, для цього використаємо прямокутну Декартову систему координат початок якої відповідає точці входу зернівки в камеру сепаратора (рис. 1): V_0 – початкова швидкість подачі ЗВ в зоні сепарації, м/с (зону сепарації зображено на рис. 1 справа); S_1 , S_2 – площі вказаних на рисунку отворів та перерізів, м^2 ; $F_{\text{оп}}$ – сила опору повітря руху зернівки, Н; F – сила динамічного тиску, розмірність, Н; mg – сила

тяжіння, Н; V_0 – початкова швидкість зернівки, м/с; φ – кут нахилу скатної площини по якій рухається зернівка, град.

Початок системи координат розміщено в точці яка знаходиться на перетині горизонтальної ділянки нижньої скатної площини та стінки вертикального ПСК (див. зону сепарації рис. 1).

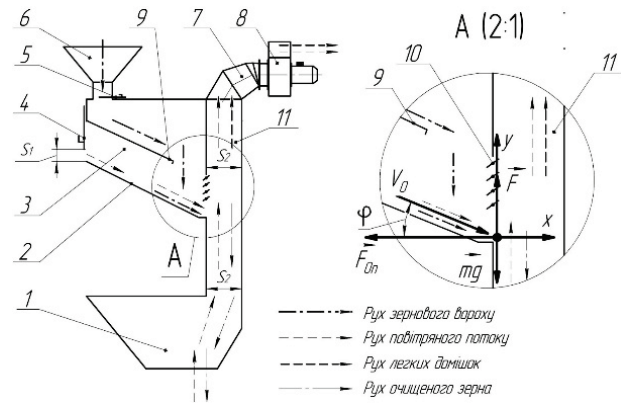


Рис. 4. Розрахункова схема для математичного моделювання процесу руху зернівки в зоні сепарації зернового вороху розробленого повітряного сепаратора: 1 – перехідний патрубок для вивантаження очищеного зерна; 2 – нижня скатна площина; 3 – горизонтальний пневмосепаруючий канал (ПСК); 4 – заслінка горизонтального ПСК; 5 – заслінка бункера завантаження ЗВ; 6 – бункер завантаження ЗВ; 7 – перехідник; 8 – вентилятор; 9 – верхня скатна площина; 10 – жалюзі; 11 – вертикальний ПСК

Внаслідок руху повітря з отвору площею S_1 зернівка буде мати початкову швидкість V_0 яка направлена під кутом φ . На зернівку будуть діяти наступні сили: сила тяжіння mg ; сила опору повітря $F_{\text{оп}}$; всмоктуюча сила F яка виникає внаслідок руху потоку повітря через переріз отвору шириною S_1 та S_2 .

Будемо вважати, що рух зернівки відбувається в одній площині, тобто осьове переміщення в напрямку перпендикулярному до неї відсутнє або нікчемно мале, оскільки відсутні сили які б обумовлювали рух в цьому напрямку. Запишемо диференціальне рівняння руху зернівки в площині ПСК, тобто:

$$\begin{cases} m\ddot{x} = -F_{\text{оп}} \\ m\ddot{y} = F - mg \end{cases} \quad (2)$$

$$F_{\text{оп}} = c \frac{\rho S_m}{2} V^2 \quad (3)$$

де ρ – щільність повітря, $\text{кг}/\text{м}^3$; c – безрозмірний коефіцієнт лобового опору; S_m – площа міделевого перерізу зернівки, тобто площа проекції зернівки на площину нормальну до вектора відносної швидкості зернівки в повітряному потоці, м^2 ; V – швидкість руху зернівки, м/с.

Динамічний тиск $p_{\text{дин}}$ який діє на зернівку збоку перерізу отвору S вертикального ПСК описує формула (3.4) яка витікає з рівняння Бернуллі:

$$p_{\text{дин}} = \frac{\gamma}{2g} V^2,$$

де γ - об'ємна вага повітря, Н/м³.

Тобто сила F буде дорівнювати:

$$F = p_{\text{дин}} \cdot S_m. \quad (4)$$

Позначимо через K_x та K_y коефіцієнти отримані в формулах (3) та (4) діленням їх на масу m .

$$K_x = c \frac{\rho S_m}{2m}. \quad (5)$$

$$K_y = \frac{\gamma S_m}{2mg}. \quad (6)$$

Тоді диференціальні рівняння будуть мати наступний вигляд:

$$\begin{cases} \dot{x} = -K_x \dot{x}^2, \\ \dot{y} = K_y \dot{y}^2 - g. \end{cases} \quad (7)$$

Перший інтеграл для першого диференціального рівняння системи має вигляд:

$$\dot{x} = \frac{1}{(t + C_1)K_x}. \quad (8)$$

Перший інтеграл другого рівня має вигляд:

$$\dot{y} = \frac{g}{K_y} \left(\frac{1 + e^{2(t+C_3)\sqrt{gK_y}}}{1 - e^{2(t+C_3)\sqrt{gK_y}}} \right). \quad (9)$$

Другий інтеграл першого диференціального рівняння має вигляд:

$$x = \frac{1}{K_x} \int \frac{dt}{(t + C_1)} = \frac{1}{K_x} \ln|t + C_1| + C_2. \quad (10)$$

Тобто другий інтеграл другого диференціального рівняння має вигляд:

$$y = \frac{1}{2K_y} \ln \left| \frac{e^{2(t+C_3)\sqrt{gK_y}}}{(1 - e^{2(t+C_3)\sqrt{gK_y}})^2} \right| + C_4. \quad (11)$$

Для знаходження сталих інтегрування C_1, C_2, C_3, C_4 формулюємо початкові умови, а саме при $t = 0$.

$$x = 0 \quad \dot{x} = V_0 \cos \varphi \quad y = 0 \quad \dot{y} = -V_0 \sin \varphi.$$

Тобто підставляючи в (8) другу початкову умову маємо:

$$C_1 = \frac{1}{K_x V_0 \cos \varphi}. \quad (12)$$

Підставляючи (10) першу початкову умову маємо:

$$C_2 = -\frac{1}{K_x} \ln \left| \frac{1}{K_x V_0 \cos \varphi} \right|. \quad (13)$$

Далі четверта початкова умова та (9):

$$-V_0 \sin \varphi = \sqrt{\frac{g}{K_y}} \left(\frac{1 + e^{2C_3 \sqrt{gK_y}}}{1 - e^{2C_3 \sqrt{gK_y}}} \right),$$

тобто:

$$C_3 = \frac{1}{2\sqrt{gK_y}} \ln \frac{V_0 \sin \varphi + \sqrt{\frac{g}{K_y}}}{V_0 \sin \varphi - \sqrt{\frac{g}{K_y}}}. \quad (14)$$

Третя початкова умова та (11):

$$C_4 = \frac{1}{2K_y} \ln \left| \frac{e^{2C_3 \sqrt{gK_y}}}{(1 - e^{2C_3 \sqrt{gK_y}})^2} \right|. \quad (15)$$

Тобто для розв'язків системи диференціальних рівнянь (7) які визначаються формулами (8), (9), (10), (11) сталі інтегрування визначаються формулами (12), (13), (15).

За отриманими результатами з використанням програми «MathCAD» були побудовані залежності цих величин від часу для кукурудзи. При чому вихідні дані для розрахунків маси, розмірів, коефіцієнту аеродинамічного опору брались середні значення цих величин [13] оскільки в процесі руху зернівка змінює свою орієнтацію відносно потоку за стохастичним законом і в першому наближенні це цілком обґрунтовано. На рис. 5 наведено графік зміни горизонтальної координати.

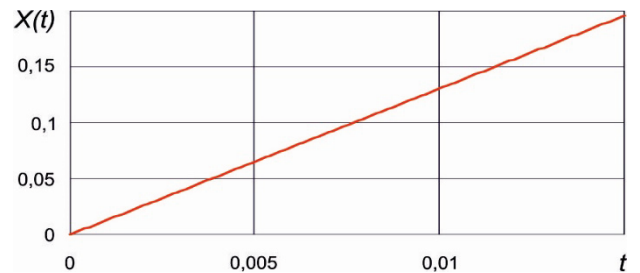


Рис. 5. Графік зміни горизонтальної координати руху зернівки

Залежність координати X (в метрах) від часу t (в секундах). Для даної культури шлях котрий долає зернівка до правої стінки сепаруючого каналу складає 0,012 с.

Якщо розглянути зміну вертикальної складової швидкості $V_y(t)$, то для обраної системи координат ця швидкість має від'ємне значення (рис. 6), тобто вона направлена донизу і збільшується в цьому напрямку від початкового значення 6,08 при вході в зону сепарації (для вибраної культури) до значення -6,2, тобто вона має тенденцію до збільшення.

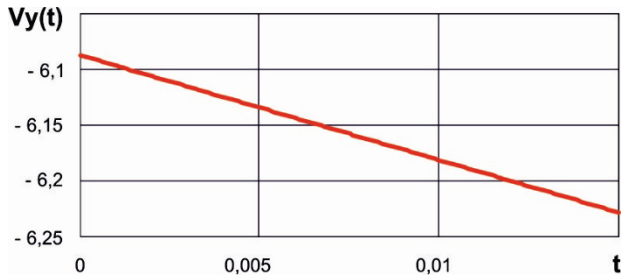


Рис. 6. Залежність вертикальної складової швидкості від часу

Початкове значення горизонтальної швидкості V_x складає 13,05 м/с і воно змінюється за період руху до значення 13,065, тобто ця швидкість суттєво не змінюється від початкового значення і практично миттєво вона сягає величини близькій до нуля за рахунок зіткнення з правою стінкою сепаруючого каналу. Це відбувається за час 0,012 с. Суттєвого впливу на процес сепарації вона не має. Для нас визначальною є вертикальна складова швидкості. Її значення для даного прикладу складає близько 5,08 м/с у відємному напрямку відносно обраних осей тобто ця швидкість в 2 - 3 рази менша швидкості витання для даної культури [13] тобто сепаратор створює умови для впевненого руху зернівки до низу (в зону очищеного зерна). Таким чином сепаратор забезпечує нормальне виконання своїх функцій.

Висновки: Використовуючи сучасну САПР «Solid Works» (Flow Simulation) змодельовано рух повітряного потоку в розробленому повітряному сепараторі (рис. 2). Швидкості повітряного потоку в першій та другій зонах сепарації якого є вищими за швидкості в аналогічних зонах сепарації базової моделі наведеної на рис. 1 яка ґрунтується на [11] (4 - 6 м/с та 5-10 м/с проти 3 - 7 м/с та 1 - 4 м/с відповідно), крім того в удосконаленій конструкції параметри повітряного потоку легше піддаються регулюванню, завдяки встановленим жалюзям (рис. 4, поз 10). Розроблено конструкторську документацію на повітряний сепаратор (рис. 3) та здійснено його виготовлення «в металі», підготоване відповідне обладнання для дослідження параметрів повітряного потоку в аспіраційній камері повітряного сепаратора, а саме дифманометр-термоанемометр моделі «DT-8920. Передумови для проведення порівняння результатів комп'ютерного моделювання руху повітряного потоку з результатами реальних досліджень параметрів роботи машини створено, а отже поставленої цілі досягнуто.

Література

1. Цейко А.В. Аналіз існуючих CAD/CAM/CAE – систем, їх потенційні можливості при постановці

експерименту / А.В. Цейко // Наукові нотатки: міжвузівський збірник: квітень-травень 2013 р. – Луцьк: ЛНТУ, 2013. – Вип. 41(2). – с. 244 - 250.

2. Дідур В.А. Динаміка дисперсної фази запиленого повітряного потоку у вертикальному потоці пневмосепараторів рушанки рицини / В.А. Дідур, А.Б. Чебанов // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка. – 2012. – №124. – с. 52 - 63.

3. Лукьяненко В.М. Метод расчёта аэродинамических сил и моментов, действующих на семена растительных культур движущихся по наклонной вибрирующей поверхности в потоке воздуха / В.М. Лукьяненко, А.А. Никифоров // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка. – 2013. – №135.

4. Саитов В.Е. Повышение эффективности функционирования зерноочистительных машин путем совершенствования их основных рабочих органов и пневмосистем с фракционной сепарацией: дис. доктора техн. наук: 05.20.01 / Виктор Ефимович Саитов. – Киров, 2013. – 85 с.

5. Математическое моделирование течения воздуха в пневмосепарирующей системе модифицированной конструкции сепаратора предварительной очистки зерна СПО-50: отчет о разработке научно-технической продукции / Хорольский механический завод; исполн.: В. Е. Костюк, Е. И. Кириллш. – Хорол, 2013. – 15 с.

6. Математичне моделювання течії повітря в камері аспіраційній БСХ-100.20 модифікованої конструкції: звіт про розробку науково-технічної продукції / Хорольський механічний завод; викон.: В.Є. Костюк, О.І. Кириллш. – Хорол, 2015. – 19 с.

7. Чернышев Д.Ю. Совершенствование воздушной системы комбинированной зерноочистительной машины: дис. канд. тех. наук: 05.18.12 / Чернышев Дмитрий Юрьевич. – М., 2011. – 73 с.

8. Романов Г.И. Процессы в воздушном сепараторе с диаметральной вентилятором. [Текст] – Дис. ...канд. техн. наук. – М., 1983. – 255 с.

9. Коровкин А.Г. Исследование аэродинамических схем корпусов диаметральных вентиляторов без внутреннего направляющего аппарата. [Текст] //Промышленная аэродинамика. Аэродинамика лопаточных машин, каналов и струйных течений: Сборник статей. – М.: Машиностроение, 1986. – С. 71 - 80.

10. Коровкин А.Г. Исследование регулирующих элементов диаметральных вентиляторов. [Текст] //Промышленная аэродинамика. Аэродинамика лопаточных машин, каналов и струйных течений: Сборник статей. — М.: Машиностроение, 1986. – С. 80 - 88.

11. Патент 115172 UA, МПК (2017.01) B07B 4/00, B02B 1/00 Повітряний сепаратор / Стельмах В.М., Самчук Ю.Ю.; заявники Стельмах В.М.,

Самчук Ю.Ю. – u2016.09203; заявл. 02.09.2016; опубл. 10.04.2017, Бюл. №7, 2017р.

12. Самчук Ю.Ю. Дослідження можливості застосування комп'ютерного моделювання процесу руху повітряного потоку при проектуванні аспіраційних камер зерноочисних машин / Ю.Ю. Самчук, В.М. Стельмах // Біоенергетичні системи в агропромисловому виробництві: зб доп. І всеукраїнської науково-практичної конференції, 16-17 листопада 2017 р. / Міністерство аграрної політики та продовольства України, «Житомирський національний агроекологічний університет». – Житомир. – ЖНАЕУ, 2016. – 715 с.

13. Технологічне обладнання зернопереробних та олійних виробництв: навч. посібн. для студ. вищ. навч. закл. / О.В. Дацишин, О.В. Гвоздев, Ф. Ю. Ялпачик [та ін.]. – Вінниця: Нова книга, 2008. – 486 с.

References

1. Tseiko A.V. Analiz isnuichykh CAD/CAM/CAE – system, yikh potentsiini mozhlyvosti pry postanovtsi eksperymentu / A. V. Tseiko // Naukovi notatky: mizhvuzivskyi zbirnyk: kviten-traven 2013r. – Lutsk: LNTU, 2013. – Vyp. 41(2). – S. 244 - 250.

2. Didur V.A. Dynamika dyspersnoi fazy zapylenoho povitrianooho potoku u vertykalnomu pototsi pnevmoseparatoriv rushanky rytsyny / V.A. Didur, A.B. Chebanov // Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu silskoho hospodarstva im. P. Vasylenka. – 2012. – №124. – S. 52 - 63.

3. Luk"yanenko V.M. Metod raschyota aehrodinamicheskikh sil i momentov, dejstvuyushchih na semena rastitel'nykh kul'tur dvizhushchihysya po naklonnoj vibriruyushchej poverhnosti v potoke vozduha / V.M. Luk"yanenko, A.A. Nikiforov // Visnik Harkivs'kogo nacional'nogo tekhnichnogo universytetu sil'skogo gospodarstva im. P. Vasilenka. – 2013. – №135.

4. Saitov V.E. Povyshenie ehffektivnosti funkcionirovaniya zernoochistitel'nykh mashin putem sovershenstvovaniya ih osnovnykh rabochih organov i pnevmosistem s frakcionnoj separaciej: dis. doktora tekhn. nauk: 05.20.01 / Viktor Efimovich Saitov. – Kirov, 2013. – 85 s.

5. Matematicheskoe modelirovanie techeniya vozduha v pnevmosepariruyushchej sisteme modifitsirovannoj konstrukcii separatora predvaritel'noj

ochistki zerna SPO-50: otche o razra-botke nauchno-tekhnicheskoj produkcii / Horol'skij mekhanicheskij zavod; ispoln.: V.E. Kostyuk, E.I. Kirilash. – Horol, 2013. – 15 s.

6. Matematychno modeliuвання tehhii povitria v kameri aspiratsiinii BSKh-100.20 modyfikovanoi konstruktsii: zvit pro rozrobku naukovo-tekhnichnoi produktsii / Khorolskyi mekhanichnyi zavod; vykon.: V.Ye. Kostiuk, O.I. Kyrylash. – Khorol, 2015. – 19 s.

7. Chernyshev D.Yu. Sovershenstvovanie vozduhnoy sistemy kombinirovannoj zernoochistitel'noj mashiny: dis. kand. tekhn. nauk: 05.18.12 / Chernyshev Dmitriy Yur'evich. – M., 2011. – 73 s.

8. Romanov G.I. Processy v vozduhnom separatore s diametral'nym ventilyatorom. [Tekst] – Dis. ...kand. tekhn. nauk. – M., 1983. – 255 s.

9. Korovkin A.G. Issledovanie aehrodinamicheskikh skhem korpusov diametral'nykh ventilyatorov bez vnutrennego napravlyayushchego apparata. [Tekst] // Promyshlennaya aehrodinamika. Aehrodinamika lopatochnykh mashin, kanalov i strujnykh techenij: Sbornik statej. – M.: Mashinostroenie, 1986.-s. 71 - 80.

10. Korovkin A.G. Issledovanie reguliruyushchih ehlementov diametral'nykh ventilyatorov. [Tekst] // Promyshlennaya aehrodinamika. Aehrodinamika lopatochnykh mashin, kanalov i strujnykh techenij: Sbornik statej. — M.: Mashinostroenie, 1986. – S. 80 - 88.

11. Patent 115172 UA, MPK (2017.01) V07V 4/00, V02V 1/00 Povitrianyi separator / Stelmakh V.M., Samchuk Yu.Yu.; zaiavnyky Stelmakh V.M., Samchuk Yu.Yu. – u2016.09203; zaiavl. 02.09.2016; opubl. 10.04.2017, Biul. №7, 2017r.

12. Samchuk Yu.Yu. Doslidzhennia mozhlyvosti zastosuvannya kompiuternoho modeliuвання protsesu rukhu povitrianooho potoku pry proektuvanni aspiratsiinykh kamer zernoochysnykh mashyn / Yu.Yu. Samchuk, V.M. Stelmakh // Bioenerhetychni systemy v ahropromyslovomu vyrobnytsvtvi: zb dop. I vseukrainskoi naukovo-praktychnoi konferentsii, 16-17 lystopada 2017 r. / Ministerstvo aharnoi polityky ta prodovolstva Ukrainy, «Zhytomyrskyi natsionalnyi ahroekolohichnyi universytet». – Zhytomyr. – ZhNAEU, 2016. – 715 s.

13. Tekhnolohichne obladnannia zernopererobnykh ta oliinykh vyrobnytsvtv: navch. posibn. dlia stud. vyshch. navch. zakl. / O.V. Datsyshyn, O.V. Hvozdiev, F.Yu. Yalpachyk [ta in.]. – Vinnytsia: Nova knyha, 2008. – 486 s.

Аннотация

Исследование возможности применения компьютерного моделирования в процессе оптимизации конструкторских решений при проектировании зерноочистительных машин

Ю.Ю. Самчук, В.Н. Стельмах, Ю.И. Тростенюк

В статье представлены результаты компьютерного моделирования процесса движения воздушного потока в аспирационной камере воздушного сепаратора, конструкция которого базируется на основе

[11]. Компьютерное моделирование выполнено с использованием программы «Solid Works» (Flow Simulation). По его результатам проведен анализ работы машины, выявлен ряд недостатков и внесены соответствующие изменения в ее конструкцию для повышения эффективности работы. Повторно осуществлено компьютерное моделирование в усовершенствованной 3D-модели конструкции воздушного сепаратора, которое демонстрирует большую эффективность последней над предыдущими конструкциями.

Основными критериями оценки эффективности функционирования конструкции воздушного сепаратора при выполнении компьютерного моделирования были скорость воздушного потока в зонах сепарации, а также характер его движения.

Полученные в ходе компьютерного моделирования данные станут исходными для сопоставления и сравнения их с результатами реальных исследований параметров работы машины изготовленной «в металле». На основе этих сравнений станет возможным формирование окончательного заключения о пригодности САПР «Solid Works» (Flow Simulation) для разработки воздушных сепараторов для очистки зернового вороха и моделирования рабочего процесса, протекающего в них. Общий вид конструкции машины в составе которой присутствует аспирационная камера параметры которой идентичны с параметрами исследуемой 3D – модели представлены в материале статьи.

Наряду с компьютерным моделированием процесса движения воздушного потока, также выполнено математическое моделирование движения зерновки в аспирационной камере воздушного сепаратора. Результаты математического моделирования подтверждают работоспособность и эффективность работы машины.

Ключевые слова: *воздушный сепаратор, компьютерное моделирование, 3D-модель, САПР, пневмосепарующий канал.*

Abstract

Researching of possibility an application of computer modeling in the process of optimization construction solutions by designing the grain-purification machines

Y. Y. Samchuk, V.N. Stelmah, Y.I. Trosteniuk

In the article presents the results of computer simulation of the air flow process in the aspiration chamber of an air separator, which construction is based on [11]. Computer simulation was done using «Solid Works» (Flow Simulation). According to it results, has been carried out an analysis of the machine work, revealed a number of shortcomings and brought corresponding changes in it's design to improve the efficiency of the work. Computer simulation was carried out repeatedly in advanced 3D-model of the design of the air separator which demonstrates the greater efficiency it over the previous construction.

The main criteria for evaluating efficiency of an air separator design during computer simulation were the speed of air flow in the separation zones, and also character of it's movement.

The data received during computer modeling will be the starting point for comparison and comparing them with results of real studies of the working machine parameters made in "metal". Based on these comparisons, it will be possible to formulate a final conclusion of the suitability of CAD "Solid Works" (Flow Simulation) for the development of air separators for cleaning the grain compound and modeling the working process that happens in it. The general view of machine design that consist of an aspiration chamber whose parameters are identical with the parameters of the investigated 3D – model is given in the article.

Along with the computer simulation of the air flow movement, a mathematical modeling of the grains movement in the aspiration chamber of the air separator was also performed. The results of mathematical modeling prove the efficiency and performance of the machine.

Keywords: *air separator, computer modeling, 3D – model, CAD, pneumatic separation channel.*

Представлено від редакції: В.М. Лук'яненко / Presented on editorial: V.M. Lukianenko

Рецензент: М.В. Бакум / Reviewer: M.V. Bakum

Подано до редакції / Received: 12.03.2018