



VII. ДУМКА МОЛОДОГО ВЧЕНОГО

УДК 631.362

ЗАСТОСУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ В ПРОЦЕСІ ОПТИМІЗАЦІЇ
КОНСТРУКТОРСЬКИХ РІШЕНЬ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ЗЕРНООЧИСНИХ МАШИН

Самчук Юрій Юрійович*, аспірант
Житомирський національний агроєкологічний університет

Y. Samchuk, Postgraduate Student
Zhytomyr National Agroecological University

Проведено аналіз методів моделювання процесу, який відбувається в аспіраційних камерах повітряних сепараторів. За допомогою комп'ютерної програми «SolidWorks» (FlowSimulation) змодельовано процес руху повітряного потоку в аспіраційній камері повітряного сепаратора розробленого на основі запатентованої конструкції [11]. За результатами моделювання проведено аналіз конструкції повітряного сепаратора, виявлено ряд недоліків та подано пропозиції щодо його покращення, здійснено комп'ютерне моделювання процесу руху повітряного потоку в удосконаленій 3D-моделі конструкції повітряного сепаратора.

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

Рис. 6. Літ. 12.

1. Постановка проблеми

Моделювання робочого процесу який відбувається в аспіраційних камерах повітряних сепараторів за допомогою математичних методів наведено в роботах [2, 3, 4]. Проте їх реалізація вимагає значної фундаментальної підготовки фахівця у сфері теоретичної механіки, аеродинаміки і гідродинаміки. Тому з розвитком САПР (систем автоматичного проектування і розрахунку) при розробці та конструюванні техніки, а також при подальшому її доопрацюванні та удосконаленні доцільним є застосування сучасних інженерних САД та САЕ – систем. Ці системи дають можливість спроектувати 3D-модель машини та змодельовати 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 САД/САЕ (систем при проектуванні та моделюванні робочого процесу повітряних сепараторів) – є актуальною науковою проблемою.

2. Аналіз останніх досліджень і публікацій

Аналізуючи відкриті літературні джерела було виявлено ряд досліджень з можливостей застосування комп'ютерного моделювання при вивченні процесу руху повітряного потоку зв'язаного з розробкою зерноочисної техніки, а саме повітряних сепараторів. В дослідженнях [5, 6] описано 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.

Проте в ілюстраціях які відображають процес руху повітряного потоку не спостерігається руху 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 щодо співпадиння 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. Доречі її назви приведено не було.

*Науковий керівник: Стельмах Володимир Миколайович, к.т.н., доцент
V. Stelmah, PhD, Associate Professor



В роботі [7] здійснено 3D-моделювання розробленої авторами конструкції повітряного сепаратора. За допомогою CAE (системи «COSMOSFloWorks») змодельовано процес повітряного потоку у пневмосепаруючій системі. Також змодельовано 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. Проте ширина спроектованої 3D-моделі, з невідомих причин, відрізняється від виготовленої експериментальної конструкції, що не може сприяти високій точності співпадіння результатів комп'ютерного моделювання з результатами реальних досліджень робочих параметрів машини, яких в роботі не наведено. В тій же роботі [7] в CAE - 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.

Отже проаналізувавши доступні дослідження, при проектуванні нового зразка повітряного сепаратора для очистки зернового вороху, були поставлені наступні задачі:

- використовувати сучасні передові CAE – системи для моделювання руху повітряного потоку в пневмосепаруючих каналах;
- для виконання моделювання руху повітряного потоку 3D-модель машини сконструювати в масштабі 1:1, врахувавши негерметичність конструкції та 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.

2. Мета досліджень

Використовуючи сучасні CAD/CAE – системи спроектувати ефективний повітряний сепаратор та створити передумови для проведення порівняння результатів комп'ютерного моделювання руху повітряного потоку з результатами реальних досліджень робочих параметрів машини.

3. Основні результати досліджень

CAD – системи дають можливість проектування машин та механізмів, CAE – системи призначені для моделювання процесів, які проходять у вже спроектованих 3D-моделях машин та механізмів (наприклад: потік рідин або газів). Іншими словами вони дають можливість в реальному часі спостерігати як буде поводити себе спроектована 3D - модель виробу у реальних умовах експлуатації. Існують також гібридні CAD/CAE – системи, які поєднують в собі функції конструювання моделей та моделювання процесів. Логічно буде зробити припущення про те, що правильне застосування вищенаведеного програмного забезпечення також спричиняє підвищення економічного ефекту роботи підприємства внаслідок зменшення затрат на виготовлення експериментальних зразків техніки, зменшення ймовірності помилок при розробці конструкторської документації, її оперативне корегування та доопрацювання.

Розробка 3D-моделі повітряного сепаратора та моделювання робочого процесу (руху повітряного потоку в аспіраційній камері повітряного сепаратора) здійснювались в гібридній CAD/CAE – системі «SolidWorks 2015».

На рис. 1 наведено ілюстрацію комп'ютерного моделювання руху повітряного потоку розробленого на основі [11] повітряного сепаратора, який був виготовлений на підприємстві СВТП «Механік» (м. Житомир). На даній моделі проводили відпрацювання вказаного програмного забезпечення.

Дана конструкція передбачає дві зони сепарації. Ця особливість є її основною перевагою над аналогами. Перша зона знаходиться у 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).

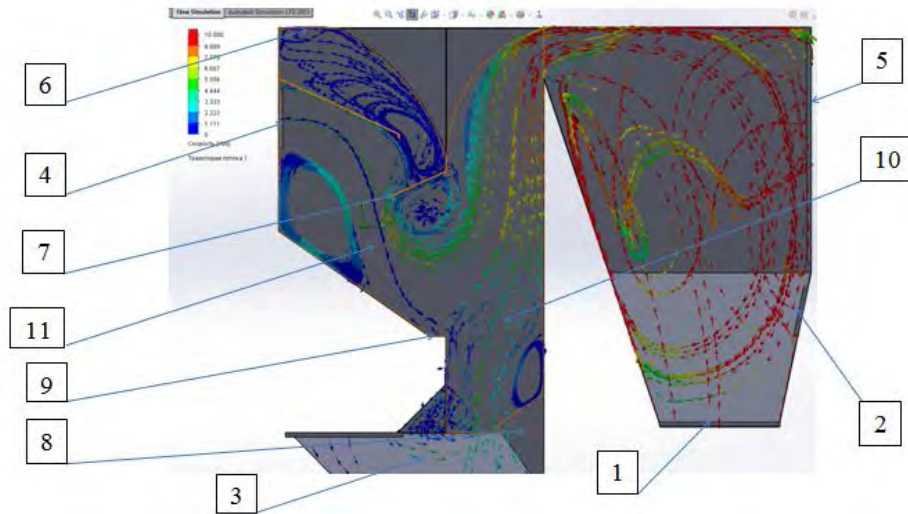
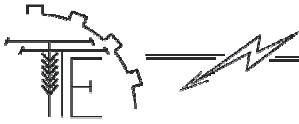


Рис. 1. Моделювання процесу повітряного потоку у спроєктованій 3D-моделі в «SolidWorks» (FlowSimulation) 1, 2, 3, 4 – місця надходження повітря до аспіраційної камери, 5 – місце під'єднання вентилятора до аспіраційної камери; 6 – місце подачі зернового вороху; 7 – середня скатна площина; 8 – призма;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

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 $0,78 \text{ м}^2$ та $0,45 \text{ м}^2$ (при встановленому вентиляторі ВЦП-5, продуктивністю – $5000 \text{ м}^3/\text{год}$);
- 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 осадкової камери (при встановленні в технологічну лінію циклонів потреба в осадкових камерах на повітряних сепараторах зменшується).

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).

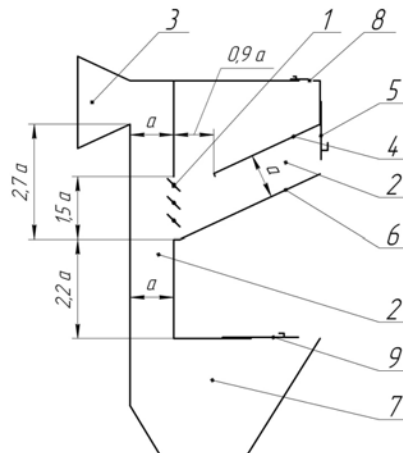
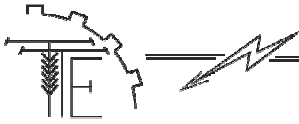


Рис. 2. Схема удосконаленого повітряного сепаратора 1 – жалюзі; 2 – вертикальний і горизонтальний ПСК; 3 – перехідник для під'єднання вентилятора; 4 – перша скатна площина; 5 – заслінка горизонтального ПСК; 6 – друга скатна площина; 7 – перехідник для вивантаження очищеного зерна; 8 – отвір для завантаження зернового вороху; 9 – заслінка-регулятор параметрів повітряного потоку зони сепарації.



В порівнянні з моделлю поданою на рис. 1 в ній встановлено жалюзі 1 для здійснення можливості регулювання ширини ПСК, ширина самих ПСК зменшена в 2 рази, у горизонтальному ПСК відсутні елементи конструкції які б значно ускладнювали рух повітряного потоку. В вертикальному ПСК відсутня призма ефективність встановлення якої є невисокою.

Дана конструкція у масштабі 1:1 була спроектована в програмі «SolidWorks» (рис. 3) із моделюванням повітряного потоку в ній (рис. 4).

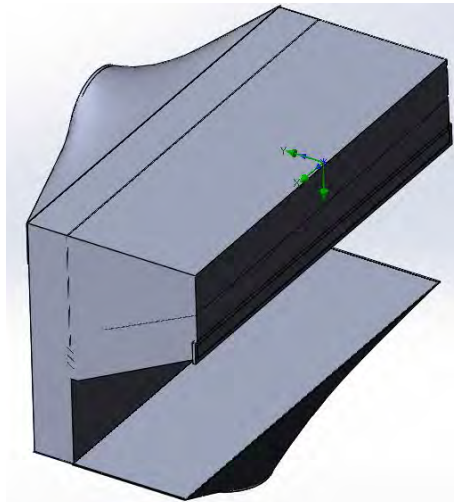


Рис. 3. Спроектвана 3D-модель повітряного сепаратора в програмі «SolidWorks»

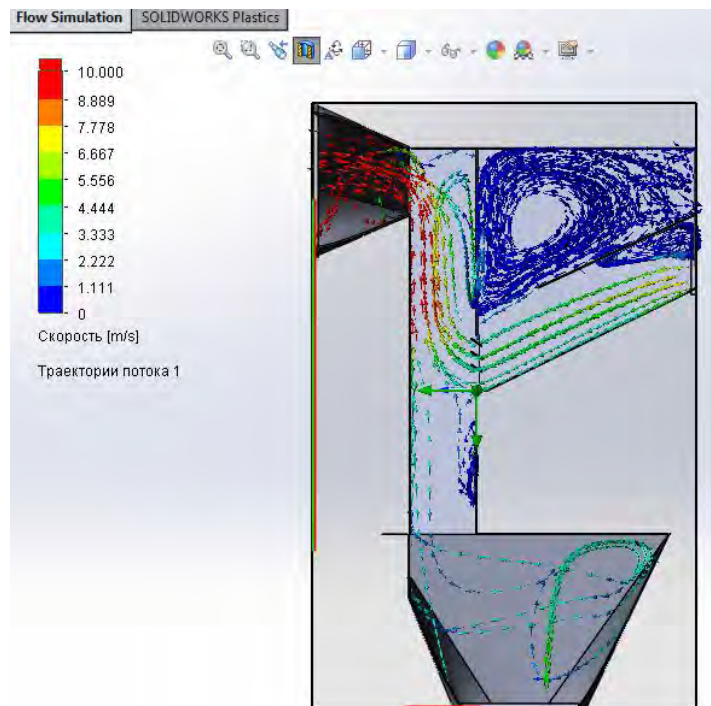


Рис. 4. Моделювання процесу повітряного потоку в удосконаленій 3D-моделі повітряного сепаратора за допомогою САПР «SolidWorks» (FlowSimulation)

Швидкості руху повітряного потоку у першій зоні сепарації в удосконаленій моделі (рис. 4) 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 металоемкою 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 роботи машини виготовленої «в металі». На основі цих порівнянь стане можливим



формування остаточного висновку щодо придатності САПР «SolidWorks» (Flow Simulation) для розробки повітряних сепараторів для очистки зернового вороху.

Конструкторська документація в силу більшого досвіду використання та зручності була виготовлена за допомогою програми «Autodesk Inventor Professional 2015». На рис. 5 зображено загальний вигляд розробленого повітряного сепаратора з поданою авторами назвою «ПС-100».

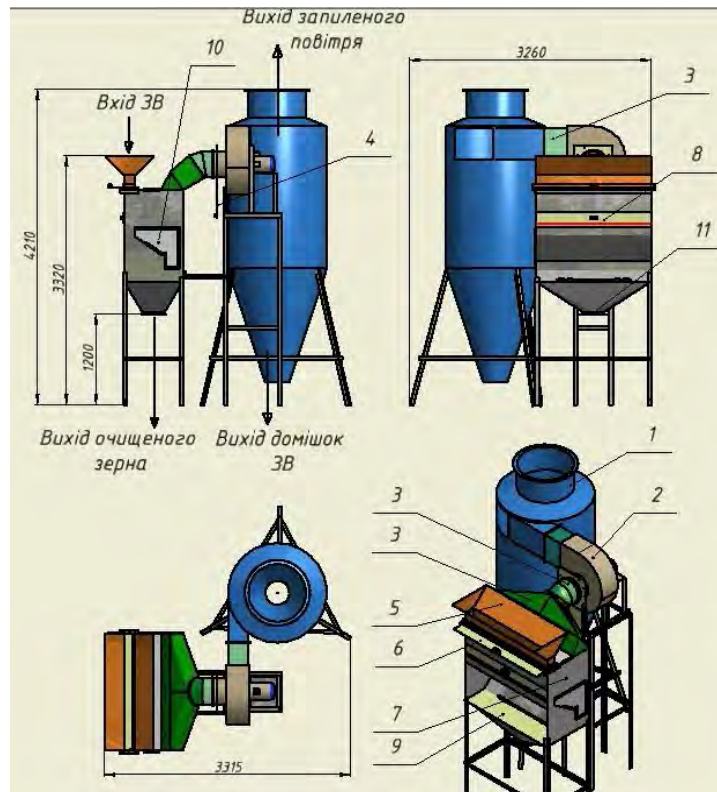


Рис. 5. Загальний вигляд повітряного сепаратора «ПС-100»циклон ЦОЛ-5: 2 – вентилятор ВЦП-5; 3 – перехідники; 4 – заслінка вентилятора; 5 – бункер неочищеного зерна; 6 – заслінка бункера неочищеного зерна; 7 – аспірацій на камера ПС; 8 – заслінка для регулювання аеродинамічних параметрів ПСК; 9 – заслінка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

Під час роботи по даному питанню було виявлено програмне забезпечення, що дозволяє моделювати не тільки рух окремої частинки сферичної форми в спроєктованій 3D-моделі, а й рух потоку зернового вороху з максимальною передачею форми зернівки. Його назва «Rocky Professional». На рис. 6 наведено форми частинок які можливо змодельованих в цій програмі [12].

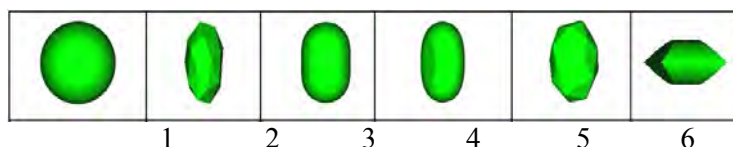
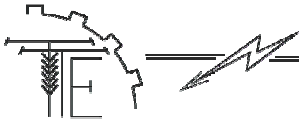


Рис. 6. Форми частинок які можливо змодельованих в «RockyProfessional»сфера; 2 – фацетна; 3 – скруглений циліндр; 4 – полігональна зі скругленням; 5 – скруглений багатокутник; 6 – брикет

Вищенаведений перелік форм частинок дозволяє моделювати форми зернівок більшості основних зернових культур. Можливість їх моделювання при проектуванні зерноочисних машин є безсумнівною перевагою даної САПР над вищенаведеною. У зв'язку з вище наведеним, наступним етапом наукової роботи буде розробка принципів моделювання потоку зернового вороху при проектуванні повітряних сепараторів.

**4. Висновки**

Використовуючи сучасну САПР «Solid Works» (Flow Simulation) спроектовано повітряний сепаратор (рис. 4), швидкість повітряного потоку в першій та другій зонах сепарації якого є вищими за швидкості в аналогічних зонах сепарації базової моделі (4-6 м/с та 5-10 м/с проти 3-7 м/с та 1-4 м/с відповідно), крім того параметри повітряного потоку легше піддаються регулюванню, завдяки встановленим жалюзям.

Розроблено конструкторську документацію на повітряний сепаратор під назвою «ПС-100» (рис. 5).

Створено передумови для проведення порівняння результатів комп'ютерного моделювання руху повітряного потоку з результатами реальних досліджень параметрів роботи машини.

Список використаних джерел

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 2013р. – Луцьк: ЛНТУ, 2013. – Вип. 41(2). – с. 244-250.
2. Дідур В. А. Динаміка дисперсної фази запиленого повітряного потоку у вертикальному потоці пневмосепараторів-рушанки ричини / В. А. Дідур, А. Б. Чебанов // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П.Василенка. – 2012. – №124. – с. 52-63.
3. Лук'яненко В. М. Метод расчёта аэродинамических сил и моментов, действующих на семена растительных культур движущихся по наклонной вибрирующей поверхности в потоке воздуха / В. М. Лук'яненко, А. А. Никифоров // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П.Василенка. – 2013. - №135.
4. Сайтов 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 Сайтов. – 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. Кирилаш. – 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. Кирилаш. – 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, каналы 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. Realistic particle shapes: веб-сайт. URL: http://www.rockydem.com/index.php?pg=particle_shapes (дата звернення: 12.10.2017).

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]



- [3] Didur V. A. Dynamika dyspersnoi fazy zapylenoho povitrianoho potoku u vertykalnomu pototsi pnevmoseparatorivrushanky rytsyny / V. A. Didur, A. B. Chebanov // Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu silskoho hospodarstva im. P.Vasylenka. – 2012. – #124. – s. 52-63.
- [4] Lukianenko V. M. Metod raschëta aerodynamycheskykh syl y momentov, deistviuiushchykh na semena rastytelnykh kultur dvyzhushchyhsia po naklonnoi vybryuiushchei poverkhnosti v potoke vozdukha/ V. M. Lukianenko, A. A. Nykyforov // Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu silskoho hospodarstva im. P.Vasylenka. – 2013. – #135.
- [5] Saytov V. E. Povysheniye effektivnosti funktsyonirovaniya zernoochystitelnykh mashyn putem sovershenstvovaniya ykh osnovnykh rabochykh orhanov y pnevmosystem s fraktsyonnoi separatsyey: dys. doktora tekhn. nauk: 05.20.01 / Vyktor Efymovych Saytov. – Kurov, 2013. – 85 s.
- [6] Matematycheskoe modelirovaniye techeniya vozdukha v pnevmoseparuyuiushchei systeme modifytsirovannoi konstruksyy separatora predvartelnoi ochystky zerna SPO-50: otche o razrabotke nauchno-tekhnicheskoi produktsyy / Khorolskiyi mekhanicheskiyi zavod; yspoln.: V. E. Kostiuk, E. Y. Kyrylash. – Khorol, 2013. – 15 s.
- [7] Matematyche modeliuvaniya techiei povitria v kameri aspiratsiinii BSKh-100.20 modifykovanoi konstruksii: zvit pro rozrobku naukovo-tekhnichnoi produktsii / Khorolskiyi mekhanichniyi zavod; vykon.: V. Ye. Kostiuk, O. I. Kyrylash. – Khorol, 2015. – 19 s.
- [8] Chernyshev D. Yu. Sovershenstvovaniye vozdushnoi systemy kombynyrovannoi zernoochystitelnoi mashyny: dys. kand. tekhn. nauk: 05.18.12 / Chernyshev Dmytryi Yurevych. – M., 2011. – 73 s.
- [9] Romanov H.Y. Protsessy v vozdushnom separatore s dyametralnym ventilyatorom. [Tekst] – Dys. ...kand. tekhn. nauk. – M., 1983. – 255 s.
- [10] Korovkyn A.H. Yssledovaniye aerodynamycheskykh skhem korpusov dyametralnykh ventilyatorov bez vnutrenneho napravliaiushcheho apparata. [Tekst]//Promyshlennaia aerodynamyka. Aerodynamyka lopatochnykh mashyn, kanalovy struinykh techeniy: Sbornyk statei. – M.: Mashynostroeniye, 1986. – s. 71-80.
- [11] Korovkyn A.H. Yssledovaniye rehulyruiushchykh elementov dyametralnykh ventilyatorov. [Tekst] //Promyshlennaia aerodynamyka. Aerodynamyka lopatochnykh mashyn, kanalov y struinykh techeniy: Sbornyk statei. – M.: Mashynostroeniye, 1986. – s. 80-88.
- [12] Patent 115172 UA, МПК (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.
- [13] Realistic particle shapes: veb-sait. URL: http://www.rockydem.com/index.php?pg=particle_shapes (data zvernennia: 12.10.2017).

ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ПРОЦЕССЕ ОПТИМИЗАЦИИ КОНСТРУКТОРСКИХ РЕШЕНИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНЫХ МАШИН

Проведен анализ методов моделирования процесса, который происходит в аспирационных камерах воздушных сепараторов. С помощью компьютерной программы «SolidWorks» (Flow Simulation) смоделирован процесс движения воздушного потока в аспирационной камере воздушного сепаратора разработанного на основе запатентованной конструкции [11]. По результатам моделирования проведен анализ конструкции воздушного сепаратора, выявлен ряд недостатков и представлены предложения для его улучшения, осуществлено компьютерное моделирование процесса движения воздушного потока в усовершенствованной 3D-модели конструкции воздушного сепаратора.

Ключевые слова: воздушный сепаратор, компьютерное моделирование, 3D-модель, «SolidWorks», пневмосепарирующий канал.

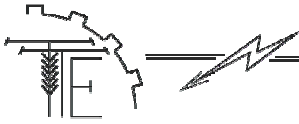
Рис. 6. Лит. 12.

AN APPLICATION OF COMPUTER MODELING IN THE PROCESS OF OPTIMIZATION CONSTRUCTION SOLUTIONS BY DESIGNING THE GRAIN-PURIFICATION MACHINES

Methods analysis of modeling the process that going in aspiration chambers of air separators is carried out. By means of the computer program Solid Works (Flow Simulation) was simulated the air flow process in the aspiration chamber of air separator that developed on the basis of a patented construction [11]. According to the results of the simulation analysis of the air separator construction has been carried out. It identified a number of deficiencies, submitte do ffersto improvement, also computer simulation of the airflow in the 3D - model of the air separator construction was made.

Keywords: air separator, computer modeling, 3D - model, Solid Works, pneumatic separation channel.

Fig. 6. Ref. 12.



ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Самчук Юрій Юрійович – аспірант Житомирського національного агроекологічного університету (Старий бульвар, 7, Житомир, 10002, Україна, e-mail: yurijsamchuk@gmail.com).

Самчук Юрій Юрьевич – аспірант Житомирського національного агроекологічного університету (Старый бульвар, 7, Житомир, 10002, Україна, e-mail: yurijsamchuk@gmail.com).

Samchuk Yuriy – Postgraduate Student of Zhytomyr National Agroecological University (7, Staryi Boulevard, Zhytomyr, 10002, Ukraine, e-mail: yurijsamchuk@gmail.com).