

АНАЛІЗ ФАКТОРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ШВИДКОСТІ СХОДУ ЗЕРНОВОЇ ТА ДОМІШКОВОЇ ФАЗ З ТАРІЛЧАСТОГО РОЗКИДАЧА ВІБРОВІДЦЕНТРОВОГО СЕПАРАТОРА

Сліпченко М.В., к.т.нт, Півень М.В., к.т.н., доцент
(Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка)

В статті розглянуто фактори, що впливають на швидкості сходу зернової та домішкової фаз з тарілчастого розкидача пневмосепаруючого пристрою вібровідцентрового сепаратора. Встановлено вплив технологічно-конструктивних параметрів на швидкості сходу фаз.

Постановка проблеми. Очищення зернових сумішей (ЗС) відбувається на сепараторах різноманітного типу. Розділення ЗС на фракції найбільш чітко відбувається на решітних сепараторах. При цьому крім поділення на фракції відбувається вилучення як легких домішок, що можна в подальшому згодувати тваринам, так і насіння бур'янів, що погіршують якість кормів, а також неїстівних решток (камінці, ґрунт, тощо). Найбільш високоефективними сепараторами є вібровідцентрові зернові сепаратори ВАТ «Вібросепаратор» (м. Житомир). Для збільшення ефективності їх роботи розроблено новий пневмосепаруючий пристрій [1]. Він видаляє як легкі домішки, так і частково дрібні (насіння бур'янів, що можна виділити за аеродинамічним признаком розділення) [2]. При дослідженні руху домішок у пневмосепаруючому пристрої треба враховувати умову їх сходу з тарілчастого розкидача (ТР).

Аналіз останніх досліджень. Як відомо, на рух легких домішок та інших часток, що за аеродинамічними властивостями можна віднести до них, впливає не тільки швидкість повітряного потоку (ПП) в пневмосепаруючому каналі (зоні очистки), а й співвідношення швидкостей ПП та легких домішок [3-5]. Тому необхідно виявити фактори, що впливають на швидкість сходу ЗС с ТР.

Ціль роботи. Ціллю роботи є аналіз факторів, що впливають на швидкість сходу ЗС з домішками з ТР та встановлення їх залежностей від техніко-конструктивних параметрів основної зони очистки пневмосепаруючого пристрою вібровідцентрового сепаратора.

Основна частина. Теоретичними дослідженнями встановлено, що на вилучення легких домішок в основній кільцевої зоні істотно впливають швидкості сходу їх з ТР [6], які в свою чергу залежать від геометрії ТР та динаміки ЗС на ньому [7-9]. Теоретичні залежності отримані в попередніх дослідженнях [8, 9], дозволяють отримати їх графіки, які і будемо аналізувати.

Зі збільшенням кутової швидкості ТР від $6,2 \text{ с}^{-1}$ до $21,2 \text{ с}^{-1}$ (рис. 1) швидкість сходу зернових частинок збільшується в 12 разів, з 6,7 до 24 м/с. При значних кутових швидкостях ТР швидкість сходу частинок значна і необхідно контролювати травмування зерна. Це накладає обмеження на конструкцію і кіне-

матичні параметри ТР. З конструктивних міркувань і ґрунтуючись на даних розрахунків, у реальній конструкції встановлена кутова швидкість $11,2 \text{ c}^{-1}$ [10]. Прийемо цю кутову швидкість базовою для подальших розрахунків. Тоді при збільшенні кутової швидкості з $11,2$ до $21,2 \text{ c}^{-1}$ швидкість сходу зернових частинок збільшується в 3,6 рази з $6,7$ до 24 м/с . При зменшенні кутової швидкості з $11,2$ до $6,2 \text{ c}^{-1}$ швидкість сходу зменшується на 70%, з $6,7$ до 2 м/с .

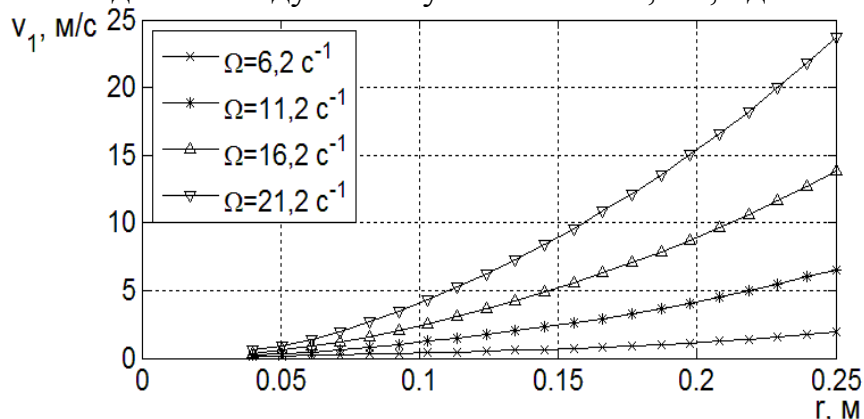


Рисунок 1 – Розподіл швидкостей зернових частинок пшениці уздовж ТР в залежності від його кутової швидкості ($\rho_l = 750 \text{ кг/м}^3$)

Основною зерною культурою, очищення якої проводиться пневмосепаруючим пристроєм, є пшениця. Насипну густину пшениці візьмемо в якості базової. Визначимо як впливає зміна її насипної щільності на швидкість зернових частинок. На рис. 2 представлені залежності розподілення швидкостей зернових частинок вздовж каналу ТР в залежності від насипної щільності оброблюваної культури (несучої зерновий фази).

Визначимо як змінюється швидкість сходу зернових частинок (швидкість v_1 на радіусі ТР, $r = 0,25 \text{ м}$). Як видно з рис. 2,а, зі зменшенням насипної від щільності від 750 до 600 кг/м^3 швидкість сходу зменшується на 22%, з $6,7$ до $5,2 \text{ м/с}$.

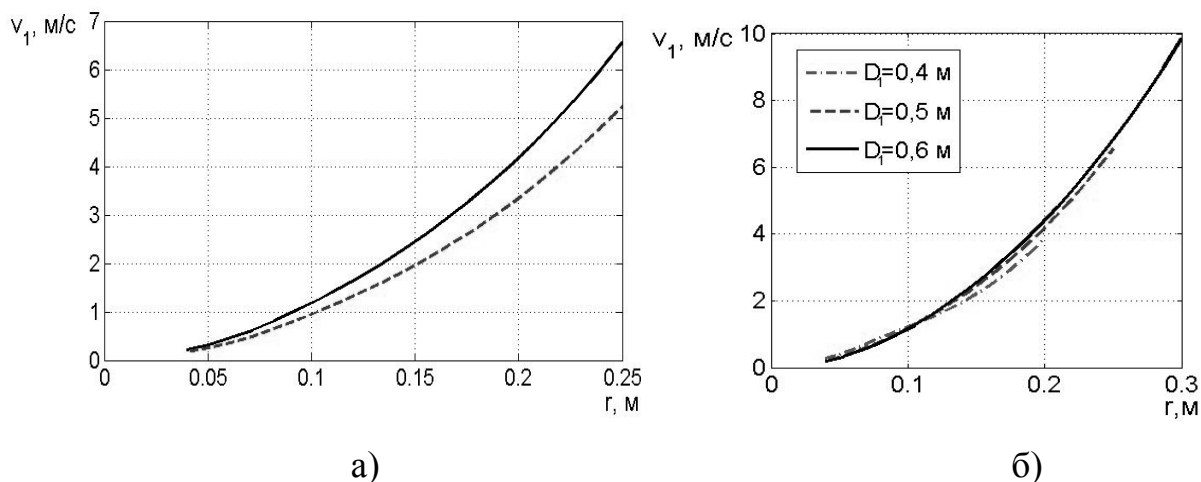


Рисунок 2 – Розподіл швидкостей зернових частинок пшениці вздовж ТР в залежності від: а) – насипної щільності: $---$ – $\rho_l = 600 \text{ кг/м}^3$; $—$ – $\rho_l = 750 \text{ кг/м}^3$ ($\Omega = 6,2 \text{ c}^{-1}$); б) – діаметру ТР ($\rho_l = 750 \text{ кг/м}^3$, $\Omega = 6,2 \text{ c}^{-1}$)

Згідно з аналізом рис. 1, 2, і кінематичні параметри ТР, і фізико-механічні властивості ЗС впливають на швидкість сходу зернових частинок істотно.

Проаналізуємо вплив діаметра ТР як одного з визначальних конструктивних параметрів. Як видно з рис. 2,б, зі збільшенням діаметра ТР з 0,5 до 0,6 м швидкість сходу зернових частинок збільшується в 1,5 рази, з 6,7 до 9,8 м/с, а при зменшенні до 0,4 м - зменшується на 43 %, з 6,7 до 3,8 м/с.

Таким чином, зміна всіх зазначених параметрів впливає на швидкість сходу зернових частинок істотно, особливо кутової швидкості і діаметра ТР.

Легкі домішки є дисперсною фазою ЗС, що визначає їх швидкість руху на ТР. Розглянемо як змінюється швидкість сходу частинок домішки в залежності від їх місця надходження на ТР і його діаметра.

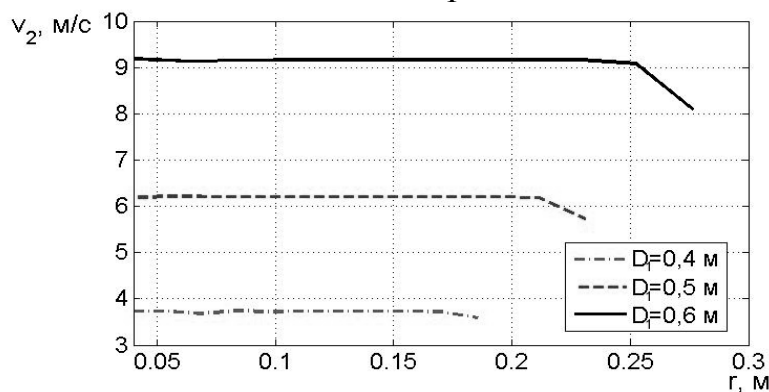


Рисунок 3 – Залежності швидкостей сходу часток домішок від місця їх потрапляння на ТР в залежності від його діаметру ($\rho_1 = 750 \text{ кг/м}^3$, $\Omega = 6,2 \text{ с}^{-1}$, $\rho_2 = 300 \text{ кг/м}^3$, $a_2 = 0,002 \text{ м}$)

Як видно з рис. 3, залежності швидкостей сходу частинок домішок, в обраному масштабі, відрізняються від прямих ліній незначно. Вигин залежностей, спостережуваний для частинок потрапили близько до периферії ТР, в реальних умовах конструкції пневмосепаруючого пристрою сепаратора відсутня. Даніми для частинок, що потрапили близько до периферії ТР знехтуємо.

Проаналізуємо як змінюється швидкість сходу частинок домішок в залежності від діаметру ТР (рис.3) і як вони співвідносяться з відповідними швидкостями зернових частинок (рис. 2).

При збільшенні діаметра ТР від 0,5 до 0,6 м швидкість сходу частинок домішок (рис. 3) збільшується в 1,5 рази, з 6,2 до 9,2 м/с, а при зменшенні до 0,4 м - знижується на 40% до 3,7 м/с. Швидкості сходу частинок домішок при цьому становить 92-97% від відповідних швидкостей зернових частинок, а зміна діаметра ТР впливає на них в рівній мірі. Вид вільної поверхні залежить як від кутової швидкості ТР, так і від насипної щільності зернової фази (рис. 4,а). Збільшення шару ЗС (пагорб) спостерігається в зоні, прилеглий до осі обертання ТР. Уздовж ТР висота шару ЗС монотонно зменшується. Тому дослідження виду вільної поверхні залежно від діаметра ТР не уявляють інтересу.

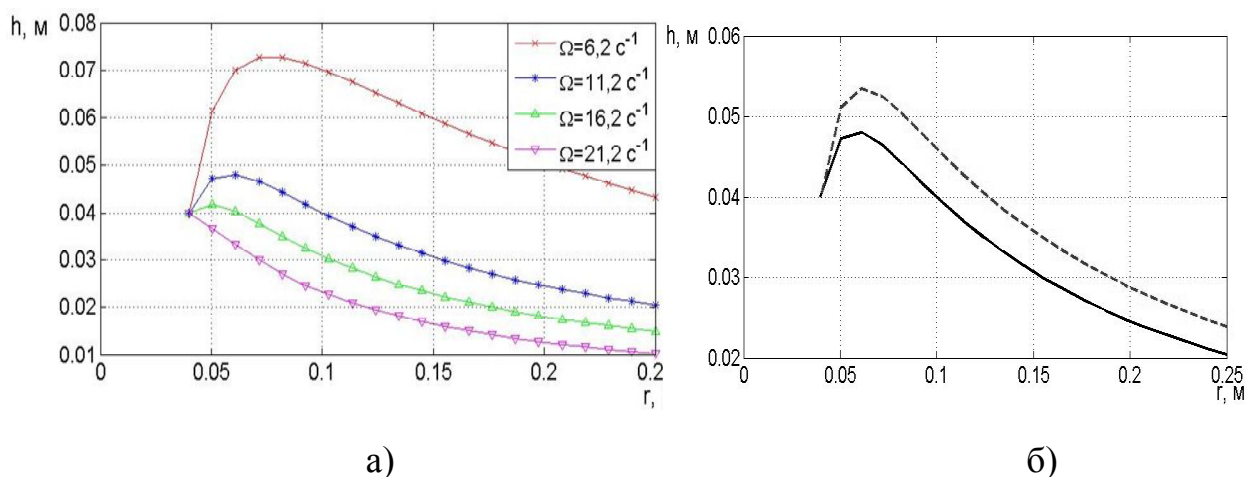


Рисунок 4 – Розподіл висот шару ЗС пшениці вздовж ТР в залежності від: а) – кутової швидкості його обертання ($\rho_l = 750$ кг/м³); б) – насипної щільності зернового шару: - - - - $\rho_l = 600$ кг/м³; — — — $\rho_l = 750$ кг/м³ ($\Omega = 11,2$ с⁻¹)

Так як в якості базової кутової швидкості обрана $\Omega = 11,2$ с⁻¹, то зі зменшенням Ω до $6,2$ с⁻¹ висота вільної поверхні збільшується в 1,5 рази, з 0,048 до 0,074 м. Висота шару суміші при сходженні з ТР збільшується в 2,2 рази, з 0,02 до 0,044 м. Таким чином, зменшення кутової швидкості ТР призводить до значного збільшення товщини шару ЗС, що негативно позначається на подальшій очистці.

Збільшення кутової швидкості до $16,2$ с⁻¹ дозволяє позбутися від застійної зони (пагорба). З підвищенням Ω від $11,2$ до $21,2$ с⁻¹, висота шару при сходженні з ТР зменшується на 45%, з 0,02 до 0,011 м (при висоті шару 4 см). Як видно, збільшення кутової швидкості зменшує висоту шару при сходженні з ТР суттєво. Проте слід враховувати значне збільшення швидкості сходу зернових частинок.

При очищенні зернових культур різної насипної щільності, рис. 4,б, більш висока застійна зона спостерігається зі зменшенням насипної щільності зернової фази. Так, із зменшенням ρ_l від 750 до 600 кг/м³, висота шару в застійній зоні збільшується на 12,5%, з 0,048 до 0,054 м, а висота шару при сході - на 20%, з 0,02 до 0,024 м.

Як видно з рис. 5,а, збільшення кутової швидкості ТР впливає на швидкість сходу частинок домішок суттєво. Розглянемо як вона змінюється для частинок домішок $\rho_2 = 300$ кг/м³, $a_2 = 0,002$ м (вплив розмірів частинок і насипної щільності розглянемо далі). Так, зі збільшенням кутової швидкості ТР від $11,2$ до $21,2$ с⁻¹, швидкість сходу частинок збільшується в 2,8 разів, з 7 до 19,5 м/с. Такі високі швидкості легких домішок негативно позначаються на подальшому вилученні їх в основний кільцевій зоні очищення, швидкість ВП в якій становить 5-7 м/с, і це веде до того, що частинка може вилучатись вже лише в додаткових кільцевих зонах очистки. Зменшення кутової швидкості ТР з $11,2$ до $6,2$ с⁻¹ знижує швидкість сходу частинок домішок на 57%, з 7 до 3 м/с.

Як сказано раніше, зернова фаза є несучою і її насипна щільність робить істотний вплив на швидкість сходу частинок домішок. Так, при зменшенні насипної щільності зернової фази з 750 до 600 кг/м³ (рис. 5,б), швидкість сходу

частинок домішок знижується на 18%, з 6,2 до 5,1 м/с. Звідси випливає, що крім інших факторів, на швидкість сходу частинок домішок впливає і характеристики зернової культури.

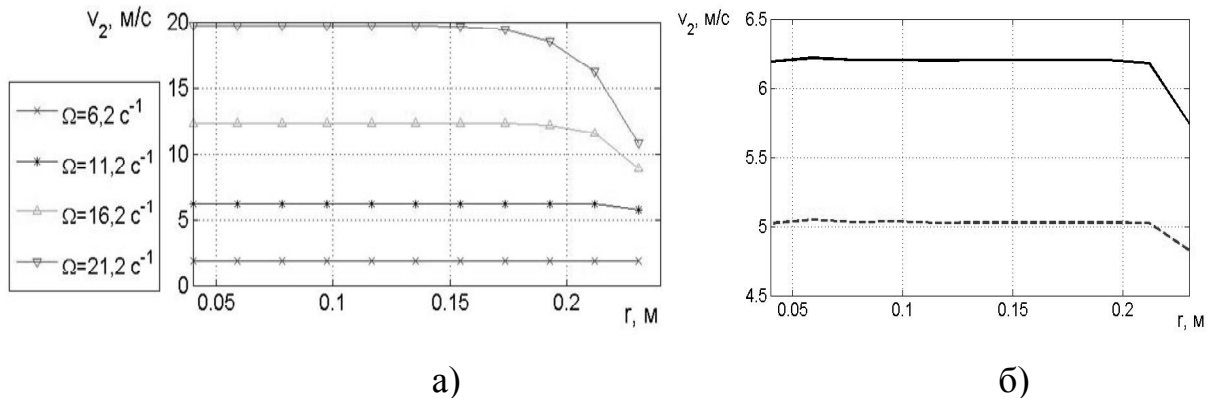


Рисунок 5 – Залежності швидкостей сходу часток домішок від місця їх потрапляння на ТР та: а) – кутової швидкості його обертання ($\rho_2 = 300 \text{ кг/м}^3$, $a_2 = 0,002 \text{ м}$); б) – насипної щільності зернової культури: - - - - $\rho_1 = 600 \text{ кг/м}^3$; — — — — $\rho_1 = 750 \text{ кг/м}^3$ ($\rho_2 = 300 \text{ кг/м}^3$, $a_2 = 0,002 \text{ м}$, $\Omega = 11,2 \text{ c}^{-1}$)

Так як легкі домішки неоднорідні за своїми розмірами і насипною щільністю, то оцінимо, як впливає зміна цих величин на швидкість сходу з ТР.

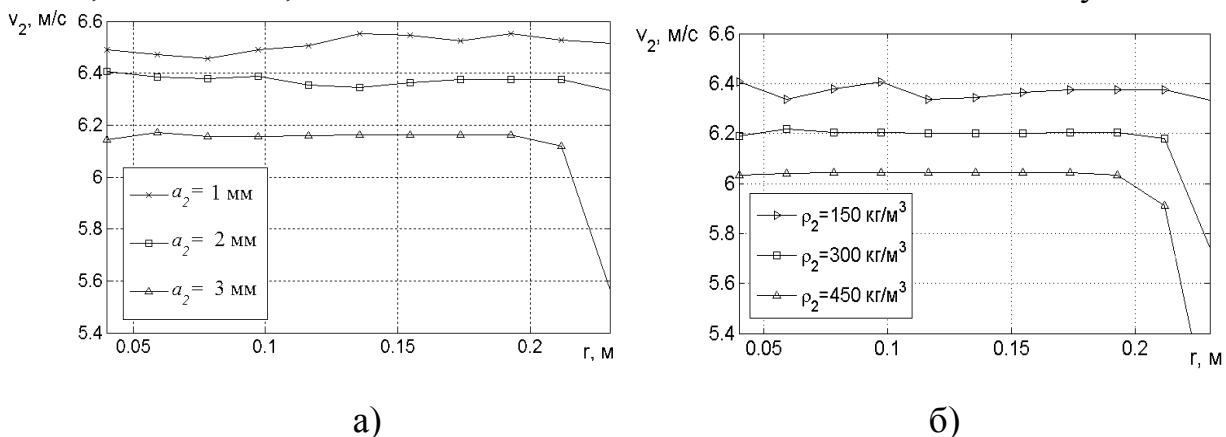


Рисунок 6 – Залежності швидкостей сходу часток домішок від місця їх потрапляння на ТР в залежності від: а) – розмірів часток ($\rho_2 = 300 \text{ кг/м}^3$); б) – насипної щільності домішкової фази ($a_2 = 0,002 \text{ м}$)

Обмежимося розглядом частинок розмірами 1-3 мм. Як видно з рис. 6,а, зі збільшенням розмірів частинок легких домішок від 1 до 3 мм їх середня швидкість сходу зменшується на 5%, з 6,5 до 6,15 м/с.

Зміна насипної щільності також позначається на швидкості сходу незначно. Так, при збільшенні ρ_2 від 150 до 450 кг/м³, рис. 6,б, швидкість сходу частинок домішки в середньому зменшується на 6%, з 6,4 до 6 м/с.

Таким чином, хоч вплив кожного з факторів: розмірів і насипної щільності частинок, на величину швидкості їхнього сходу і незначно, але їх спільна дія враховувати необхідно.

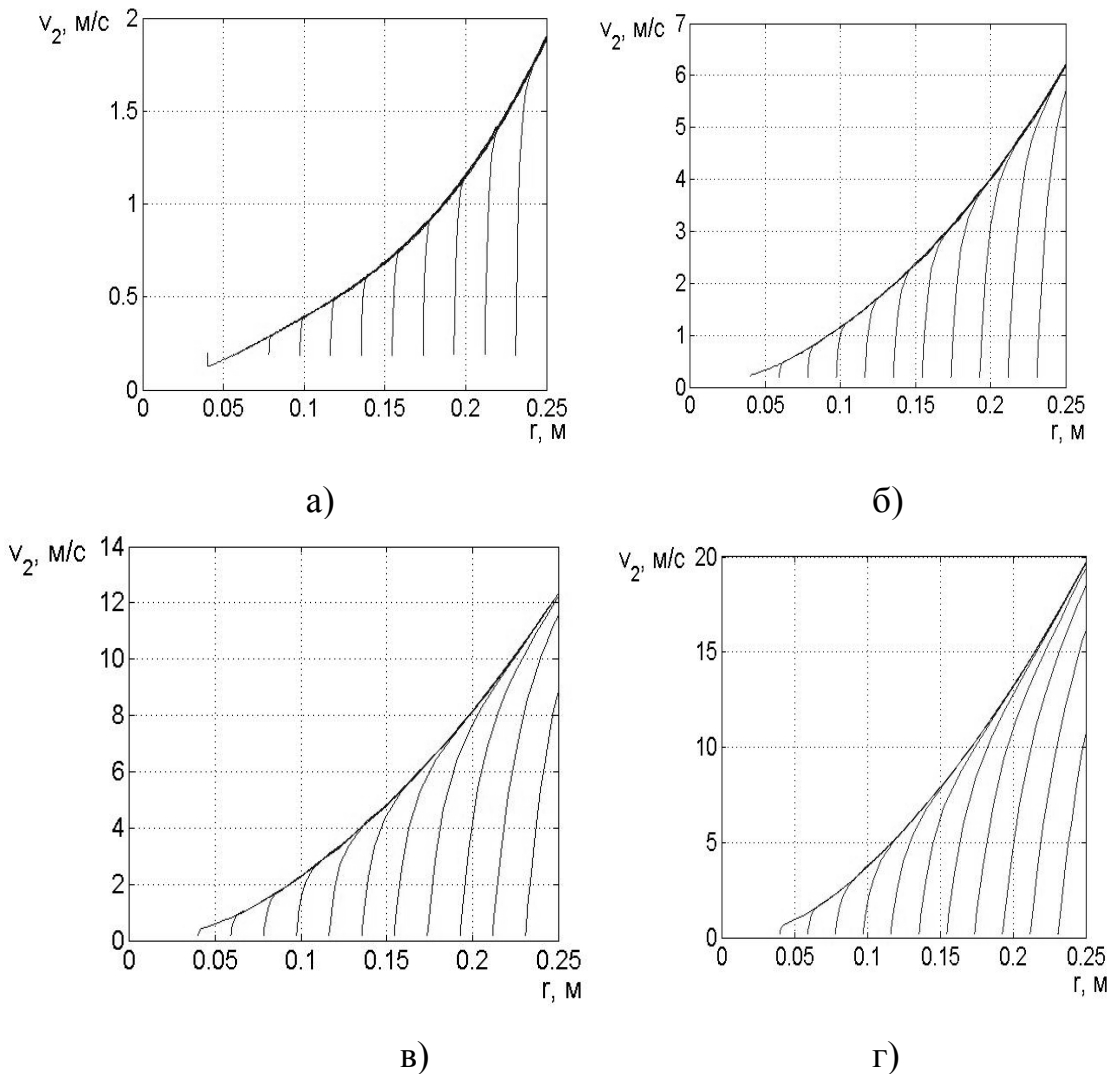


Рисунок 7 – Епюри швидкостей домішок в залежності від їх місця потрапляння на ТР: а) $\Omega = 6,2 \text{ с}^{-1}$; б) $\Omega = 11,2 \text{ с}^{-1}$; в) $\Omega = 16,2 \text{ с}^{-1}$; г) $\Omega = 21,2 \text{ с}^{-1}$ ($\rho_2 = 300 \text{ кг/м}^3$, $a_2 = 0,002 \text{ м}$, $\rho_1 = 750 \text{ кг/м}^3$)

Як видно з рис. 7, швидкість часток легких домішок досить швидко набуває швидкість, яка визначається швидкістю потоку ЗС (як сказано раніше близько 92-97% від її швидкості). Причому при меншій швидкості ТР, рис. 7,а, епюри швидкостей представляють практично вертикальні прямі, і з її підвищенням потрібно, щоб частинка пройшла певний шлях. Так, на рис. 7,в, частці потрапила на $r_1 = 0,1 \text{ м}$, потрібно пройти $0,03 \text{ м}$, а частці на $r_1 = 0,15 \text{ м}$ - в 2,7 рази більшу відстань, тобто $0,08 \text{ м}$.

Епюра швидкості, що має негативні значення (рис. 7), вказує на те, що при малих значеннях кутової швидкості можливий рух ЗС і домішок до осі ТР. Це пояснюється наявністю застійної зони при малих кутових швидкостях ТР.

Висновок. Встановлено, що швидкість сходу частинок легких домішок з ТР залежить від конструктивних і кінематичних параметрів ТР і від фізико-механічних параметрів фаз ЗС. Значення отриманих швидкостей, використовуємо як початкові умови для вирішення завдання очищення ЗС в основний кільцевої зоні.

Список літератури

1. Пат. 50587 Україна, МПК⁹ В07В 1/00, В07В 4/00. Вібровідцентровий сепаратор / Тищенко Л.М., Пастушенко М.Г., Харченко С.О., Слипченко М.В.; заявник та власник Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. Петра Василенка. № u 201000743; заявл. 26.01.10; опубл. 10.06.10, Бюл. №11/2010.
2. Слипченко М.В. К производственным испытаниям ворохоочистителя СВС-15 с разработанным пневмосепарирующим устройством / М.В. Слипченко // Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробних і харчових виробництв: Вісник ХНТУСХ ім. Петра Василенка. – Харків: ХНТУСГ ім. П. Василенка, 2009. – Вип. 88. – С. 88-95.
3. Нилов В.П. Анализ движения компонентов мелкого зернового вороха в воздушном потоке / В.П. Нилов // Совершенствование уборки и послеуборочной обработки зерна: Труды ЧИМЭСХ. – 1981. – Вип. 168. – С. 56-63.
4. Мигреладзе Н.М. Исследование аэродинамических свойств зернового вороха / Н.М. Мигреладзе // Тр. ВНИПТИМЭСХ. – Зерноград, 1974. – Вып. 18. – С. 126-129.
5. Тищенко Л.Н. Динамика виброцентробежной зерноочистки / Л.Н. Тищенко, В.П. Ольшанский, С.В. Ольшанский, Ф.М. Харченко, М.В. Слипченко. – Харьков: Міськдрук, 2013. – 440 с.
6. Слипченко М.В. Исследование очистки зерновых смесей при сходе с тарельчатого разбрасывателя пневмосепарирующего устройства виброцентробежного сепаратора / М.В. Слипченко // Motrol. Commission and Energetacs in Agriculture. – Lublin-Rzeszów, 2014. – Vol. 16, No 7. – P. 89-91.
7. Тищенко Л.Н. Уравнения динамики зерновой смеси на тарельчатом разбрасывателе виброцентробежного сепаратора / Л.Н. Тищенко, М.В. Слипченко // Вібрації в техніці та технологіях. – 2012. – № 1 (65). – С. 123-127.
8. Тищенко Л.Н. К построению внутренних поверхностей тарельчатого разбрасывателя виброцентробежного сепаратора / Л.Н. Тищенко, М.В. Слипченко // Вібрації в техніці та технологіях. – 2011. – № 3 (63). – С. 119-125.
9. Тищенко Л.Н. Осредненные уравнения динамики зернового слоя на тарельчатом разбрасывателе пневмосепарирующего устройства / Л.Н. Тищенко, М.В. Слипченко // Вібрації в техніці та технологіях. – 2011. – № 4 (64). – С. 117-124.
10. Сепаратор-ворохоочиститель самоходный СВС-25. Паспорт. – Житомир: Облполиграфиздат, 2009. – 35 с.

Аннотация

Анализ факторов, влияющих на скорости схода зерновой и примесной фаз с тарельчатого разбрасывателя виброцентробежного сепаратора

Слипченко М.В., Пивень М.В.

В статье рассмотрены факторы, влияющие на скорости схода зерновой и примесной фаз с тарельчатого разбрасывателя пневмосепарирующего устройства виброцентробежного сепаратора. Установлено влияние технологически-конструктивных параметров на скорости схода фаз.

Abstract

Factor analysis affecting come off velocity of grain and impurity phases of vibrocentrifugal separator poppet spreader

M. Slipchenko, M. Piven

The article considers the factors affecting come off velocity of grain and impurity phases of vibrocentrifugal separator air separating device poppet spreader. The influence of technologically-constructive parameters on the phases come off velocity are investigated.