
УДК 631.354:633.1

Дерев'яно Д., канд. с-г. наук, доцент (Житомирський національний аграрний екологічний університет)

Обґрунтування і теоретичні розрахунки руху зернівки у пневмосистемі з кільцевим аспіраційним каналом та дисковим розподільником у вібровідцентровій зерноочисній машині

У статті досліджується рух зернівки по горизонтальній поверхні та диску розподільника вібросепаратора. Розглядаються залежності швидкості руху зернівки по диску за певних значень частоти обертання розподільника.

Ключові слова: зернівка, диск розподільника, лопатки, частота обертання.

Суть проблеми. Відомо, що багато років тому збіжжя збирали в снопи, які обробляли вручну і намагалися отримати насіння із середньої частини колоса, оскільки кмітливі та мудрі сільські жителі спостерігали, що саме з цієї частини зернівки відокремлювалися краще і швидше, а таке насіння було якісним і забез-

печувало багатий намолот.

Враховуючи той факт, що озима пшениця та жито займають великі площі посіву та відіграють велику роль у задоволенні продовольчих потреб, виникає гостра необхідність у високоякісному насінні.

Тому з урахуванням природно-кліматичних умов,

особливостей сівби та перезимівлі, обробітку зернового вороху, що значно впливає на валові заготівлі цих культур, створюються обов'язкові умови для підготовки та заготівлі певних запасів високоякісного насіння цих та всіх інших зернових культур.

Упродовж багатьох десятиків років, а особливо у другій половині попереднього століття науковці, дослідники, селекціонери та виробники довели й обґрунтували, що тільки високоякісне насіння за всіх інших однакових можливостей забезпечує формування більше половини майбутнього врожаю.

Проте слід визнати той факт, що існує до певної міри відставання в удосконаленні і запровадженні новітніх технологій збирання, післязбиральної доробки зернового вороху, підготовки насіння та сівби.

Дослідження показують, що ефективними є застосування фракційної технології післязбиральної обробітку зернового вороху, що забезпечує після обмолочування на ранніх стадіях відокремлення великої маси дрібних засмічувачів, а також подрібненого, біологічно неповноцінного, недозрілого, щуплого, забрудненого сирим насінням бур'янів зерна основної культури, що є джерелом (на фоні значної кількості травмованих зернівок) сприятливого середовища для інтенсивного та бурхливого розвитку великої кількості мікроорганізмів, що різко знижує якість насіння.

Фракціонування зернового вороху здійснюється на основі аеродинамічних властивостей, пневмосепарувальними каналами за розмірами отворів на решетах і з урахуванням товщини, ширини та швидкості руху зернівок.

Аналіз останніх досліджень. Пошкодження та травмування зернівок є наслідком дії механічних навантажень таких елементів робочого процесу, як жниварки, молотильний барабан, решітний стан, шнеки, транспортери, механізми для післязбиральної оброблення зернового вороху, підготовлення насіння, завантажувальні та транспортувальні засоби, а також механізми протруювання і сівби.

Дослідження показують, що перспективою високоєфективного та високопродуктивного підготовлення насіння високої якості є застосування фракційної технології післязбиральної обробки зернового вороху, яка забезпечує відокремлення із зернового вороху дрібних та сирих засмічувачів, а також біологічно неповноцінних і недозрілих зернівок.

Результати досліджень І.Г. Строни, О.П. Тарасенка та інших свідчать про те, що під час збирання зернових культур травмування зернівки сягає більше 20%, а після дороблення зернового вороху та під час виконання наступних технологічних операцій підготовки насіння аж до сівби їх кількість збільшується ще у 2-3 рази.

Дослідження В.М. Дрінчи свідчать, що травмування зернівки комбайнами становить навіть більше 35%, під час оброблення зернового вороху після збирання та підготовлення насіння досягає 50%, а травмування посівними агрегатами – в межах 6%. За його даними, при вологості 14-16% гранична величина удару, при якому проявляється зовнішні ознаки травмування, знаходиться в межах 0,11-0,16 Дж, що впливає на зниження польової схожості на 23%.

Дослідження науково-дослідного інституту зернового господарства країни показують, що навіть після

одноразового проходження зернової маси через трієри та насіннепроводи схожість насіння знижується на 2-3%, а сила початкового росту – на 6-12%.

Протягом останніх років велику роботу проведено Л.В. Фадеевим з розроблення та впровадження у виробництво принципово нових очисно-калібрувальних технологічних ліній.

У створенні фундаменту наукових основ теорії взаємовпливу робочих поверхонь механізмів та різних матеріалів, а також сучасного їх розвитку, в тому числі зернових матеріалів, значний внесок зробили такі визначні вчені, як П.М. Василенко, Л.В. Погорілий, В.П. Гарячкін, О.П. Тарасенко, В.М. Дрінча, В.В. Адамчук, Л.М. Тищенко, П.М. Заїка, Б.І. Котов та інші.

Мета дослідження – виявити вплив травмування зернівок під час збирання, післязбиральної обробки зернового вороху і підготовлення насіння на якісні його показники, дослідити ефективність підготовки високоякісного насіння озимої пшениці та жита на різних стадіях технологічного процесу, в різних ґрунтово-кліматичних умовах та шляхи зниження травмування насіння і пошкодження його мікроорганізмами як одного з головних резервів підвищення урожайності зернових культур.

Результати досліджень. В результаті проведення досліджень та аналізу конструкцій і технічних характеристик повітряно-решітних машин, вібровідцентрових сепараторів і їх повітряних систем пропонується схема пневмосистеми з вертикальним кільцевим аспіраційним каналом (рис. 1).

Враховуючи можливість компонування цієї системи з корпусом вібровідцентрового сепаратора БЦСМ-25 і СВС-25, а також дослідження та розрахунки А.Я. Маліса, А.Р. Демидова, В.А. Андреева щодо ефективності функціонування пневмосепарувальних каналів в залежності від конструкційних параметрів, глибини

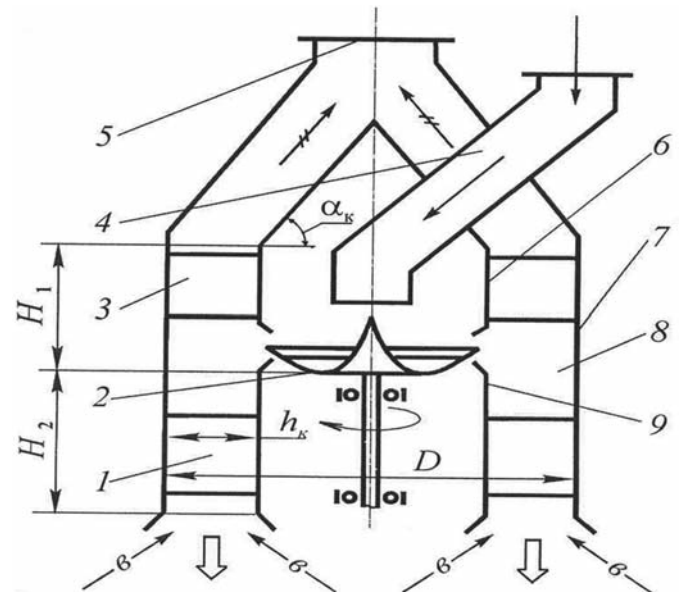


Рис. 1 – Пневмосистема з кільцевим аспіраційним каналом: 1, 3 – розтяжні пластили нижня і верхня; 2 – розподільник зернової маси з похилими секторами; 4 – зернопровід; 5 – патрубок для відведення відпрацьованого повітря; 6, 7, 9 – внутрішні та зовнішні стінки кільцевого аспіраційного каналу; 8 – вертикальний аспіраційний кільцевий канал; -> – початковий матеріал; -v -> – рух повітря без домішок; -/-> – рух повітря з неповноцінними легкими домішками; -> – рух очищеного насіння

аспіраційного каналу приймаємо за $h_k = 0,1$ м, яка в режимі підготовки продовольчого зерна $Q = 88,4$ кг/см·год може забезпечити результативність відокремлення неповноцінних легких домішок із зернового вороху Елд близько 70%, а в режимі підготовки насіння при $Q = 34,4$ кг/см·год – Елп близько 75%.

Як уже відзначалося, такі дослідники, як А. Я. Маліс, А. Р. Демидов, В. А. Андреев та інші встановили залежність продуктивності роботи таких систем і їх головних конструкційних параметрів та технологічних меж виконання робочих операцій.

Отже, рекомендоване співвідношення між глибиною h_k каналу і висотою H_2 його нижньої частини знаходиться в межах $H_2 = (1,5...2) \cdot h_k$. Для отримання оптимальної роботи відокремлення різних засмічувачів висоту H_2 необхідно застосовувати залежно від максимальних можливостей. Висота H_1 верхньої частини каналу в декілька разів більша від висоти H_2 його нижньої частини, яку в більшості випадків роблять не меншою $H_1 = 0,8...1,0$ м при врахуванні конструкційних особливостей і габаритів зерноочисних машин.

На основі вищезрозглянутого вибираємо основні конструкційно-технологічні параметри пневмосистеми з вертикальним кільцевим аспіраційним каналом, що має такі параметри: глибина аспіраційного каналу $h_k = 0,1$ м; його зовнішній діаметр $D = 1,0$ м; питома зернове навантаження відповідно до надходження зернової маси $C = 5...25$ т/год – $q_{\text{пит}} = 4,91...24,56$ г/см²; висота нижньої частини каналу – $H_2 = 0,2$ м; висота верхньої частини каналу – $H_1 = 0,35$ м; загальна висота каналу – більше 0,8 м; кут при основі внутрішнього конусу – не менше $\alpha_k = 45^\circ$.

Рівномірний розподіл швидкості руху повітря в кільцевому аспіраційному каналі пневмосистеми досягається за рахунок однакової глибини каналу по довжині та висоті в зоні сепарації, розміщення та роботи розтяжних пластинок в напрямку руху повітря і засмоктування відпрацьованого повітря з верхньої частини пневмосистеми.

Якщо змінювати початкові умови введення частинок сумішей у пристосуваннях вібровідцентрового типу, то в подальшому це впливатиме на характер їх пересування, а тому необхідно дослідити вплив параметрів пристосування дискового розподільника з похилими секторами на рух зернового матеріалу.

Таким чином, рух частки зернової суміші в такій пневмосистемі можна розглядати з точки зору трьох основних відрізків:

- 1) рух по горизонтальній поверхні навколо лопатки диска;
- 2) рух навколо лопатки по похилому сектору розподільника;
- 3) рух у вертикальному кільцевому аспіраційному каналі.

Кінцеві умови першого і другого відрізків руху зернових часток у пневмосистемі будуть відповідно початковими для другого та третього, тобто середньої і завершальної стадії переміщення.

Розглянемо рух зернівок по горизонтальній поверхні навколо лопатки диска.

Рухаючись по напрямному конусу, частинки зернового матеріалу потрапляють на диск розподільника і рухаються навколо лопаток диска в результаті дії на них сили тяжіння \bar{P}_{g1} , нормальної реакції диска розподільника \bar{N}_1 , відцентрованої сили \bar{P}_{n1} , сили Кориоліса \bar{P}_{k1} , нормальної реакції лопатки розподільника \bar{N}_2 , сили тертя $\bar{P}_{mp} - N_1$ і $\bar{P}_{mp} - N_2$ і сил, що виникають від нормальних реакцій \bar{N}_1 і \bar{N}_2 (рис. 2).

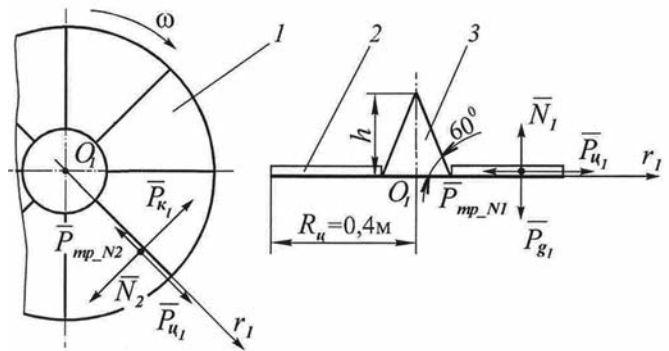


Рис. 2 – Схема руху зернівки по горизонтальній частині пристосування диска розподільника: R_u – зовнішній радіус розподільника, h – висота конуса розподільника, 1 – диск, 2 – лопатка диска, 3 – конус розподільника

Рівняння руху частинок по горизонтальній ділянці пристосування дискового розподільника має вигляд:

$$m\bar{W}_1 = \bar{P}_{n1} + \bar{P}_{k1} + P_{g1} + N_1 + N_2 + P_{mp} (\bar{N}_1 \bar{N}_2),$$

де W_1 – прискорення частинки на горизонтальній ділянці.

Розв'язання цього виразу складатиметься з двох частин:

$$x = x_0 + x^*$$

де x_0 – загальне розв'язання рівняння, x^* – часткове або конкретне розв'язання рівняння.

Загальне рішення рівняння буде мати такий вигляд:

$$\ddot{r}_1 + 2f \cdot w \cdot \dot{r}_1 - w^2 \cdot r_1 = 0.$$

Запишемо загальне розв'язання x_0 однозначного рівняння:

$$x_0 = c_1 \cdot e^{rt} + c_2 \cdot e^{\lambda_2 t},$$

де c_1 і c_2 – коефіцієнти.

Часткове розв'язання неоднозначного рівняння буде мати такий вигляд $x^* = c$, тоді

$$-w^2 c = -f \cdot g; c = \frac{f \cdot g}{w^2}.$$

$$r_1 = c_1 \cdot e^{\lambda_1 t} + c_2 \cdot e^{\lambda_2 t} + \frac{f \cdot g}{w^2}.$$

Візьмемо для розрахунків початкові умови:

$$t(0) = 0, r_1(0) = r_{10}, \dot{r}_1(0) = \dot{r}_{10}.$$

Після перетворення рівняння отримаємо:

$$c_1 = \frac{\lambda_2 \cdot r_{10} - \frac{\lambda_2 \cdot f \cdot g}{w^2} \cdot r_{10}}{\lambda_1 - \lambda_2}.$$

Траєкторії руху частинок біля лапок диска розподільника визначені за допомогою програми Microsoft Excel 97 від конусів направлення висотою $h = 0,07$;

0,14; 0,21; 0,28 м, а кут нахилу твірної конусів до горизонталі становить 60° , що визначає початковий радіус введення частинок: $r_{10} = 0,04; 0,08; 0,12$ і $0,16$ мм.

Розрахунки показують, що при частоті обертання $n_p = 100$ хв⁻¹ найменший початковий радіус входження частинок становить $r_{10} = 0,027$ м, що відповідає конусу з висотою $h_{\min} = 0,047$ м; при $n_p = 150$ хв⁻¹ $r_{10} = 0,012$ м, $h_{\min} = 0,021$ м; при $n_p = 200$ хв⁻¹ $r_{10} = 0,007$ м, $h_{\min} = 0,021$ м; при $n_p = 250$ хв⁻¹ $r_{10} = 0,005$ м, $h_{\min} = 0,009$ м.

У підбиранні більшої висоти конуса немає необхідності через конструкційні обмеження пневмосистеми.

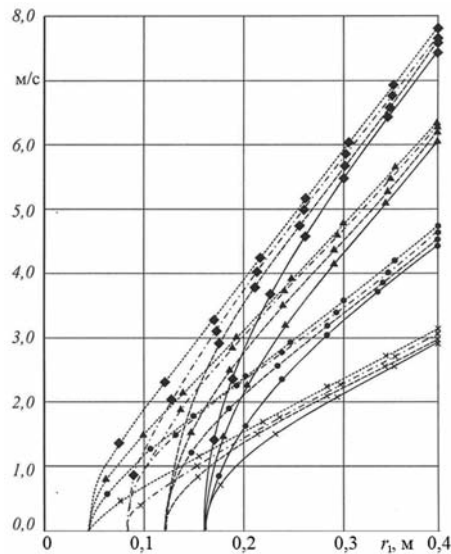


Рис. 3 – Залежність швидкості v_1 руху частинки по горизонтальній поверхні (при відсутності секторів розподільника $r/k = 0,4$ м) від переміщення r_1 (коефіцієнти тертя частинок по розподільнику $f = 0,3$)

Із збільшенням частоти обертання розподільника n_p швидкість руху частинки по диску зростає. При найменшій величині конуса швидкість проходження частинок r/k з диска максимальна при всіх чотирьох значеннях частоти обертання розподільника пр у зв'язку з тим, що початкова координата r_{10} є однією з найменших, яку ми розглядаємо, через що шлях r_1 набирання швидкості, а відповідно і швидкість r/k проходження частинки з диска виявилась найбільшою.

За частоти обертання розподільника $n_p = 100$ хв⁻¹ час одного його обертання $t_{об}$ становить 0,6 с; при $n_p = 150$ хв⁻¹ $t_{об} = 0,4$ с; при $n_p = 200$ хв⁻¹ $t_{об} = 0,3$ с і при $n_p = 250$ хв⁻¹ $t_{об} = 0,24$ с.

Час руху частинки при коефіцієнті її тертя $f = 0,3$ і напрямному конусі висотою $h = 0,28$ м становить: при $n_p = 100$ хв⁻¹ $t_k = 0,19$ с; при $n_p = 150$ хв⁻¹ $t_k = 0,12$ с; при $n_p = 200$ хв⁻¹ $t_k = 0,09$ с; при $n_p = 250$ хв⁻¹ $t_k = 0,07$ с.

При конусі висотою $h = 0,07$ м час руху частинки за частоти обертання n_p , що розглядалися відповідно до значень t_k , становитиме 0,49; 0,26; 0,19; і 0,15 с. Тобто, якщо завантаження зернової маси відбувається нерівномірно по початковому радіусу r_{10} , то її розподілення по довжині каналу може проходити незадовільно.

Надалі необхідно розглянути рух частинки по диску

розподільника з конусом висотою $h = 0,28$ при значеннях частоти обертання $n_p = 100, 150, 200$ і 250 хв⁻¹ та коефіцієнтах тертя $f = 0,2; 0,3; 0,4; 0,5$ і $0,6$ (рис. 4).

Розрахунки показують, що при обертанні розподільника $n_p = 100$ хв⁻¹ швидкість руху частинки після проходження через нього знаходиться в межах r_k

$= 2,0-3,2$ м/с; при $n_p = 150$ хв⁻¹ $r_k = 3,3-4,8$ м/с; при $n_p = 200$ хв⁻¹ $r_k = 4,5-6,5$ м/с; при $n_p = 250$ хв⁻¹ $r_k = 5,8-8,2$ м/с.

Час t_k проходження частинок по горизонтальній ділянці розподільника (без секторів $r/k = 0,4$ м) при направляючому конусі висотою $h = 0,28$ м і коефіцієнті тертя частинок $f = 0,2...0,6$ становить:

при $n_p = 100$ хв⁻¹ $t_k = 0,17...0,25$ с;

при $n_p = 150$ хв⁻¹ $t_k = 0,11...0,15$ с;

при $n_p = 200$ хв⁻¹ $t_k = 0,08...0,11$ с;

при $n_p = 250$ хв⁻¹ $t_k = 0,07...0,08$ с.

Висновки. Таким чином, при висоті конуса $h = 0,8$ м, частотах обертання дискового розподільника пр і нерівномірному завантаженні зернової маси по початковому радіусі r_{10} її розподілення по довжині пневмосепарувального каналу може бути незадовільним через тривалість часу знаходження зернівки або іншої частинки суміші на розподільнику, що становить 26,7...41,7% від часу одного обертання диска при значеннях коефіцієнтів тертя $f = 0,2...0,6$.

Враховуючи умови, в яких можливий рух частинок по диску розподільника без встановлених секторів ($r/i > 0$), і рівномірність їх розподілення по довжині кільцевого каналу, з'ясуємо, що час знаходження зернівки на диску більший або дорівнює часу одного обертання диска, а частота обертання диска n_p при коефіцієнтах f тертя 0,2-0,7 знаходиться в межах від 33,44 до 65,08 хв⁻¹.

Список літератури

1. Василенко П.М. Теория движения частицы по шероховатым поверхностям сельскохозяйственных машин / П.М.Василенко. – К.:УАСХ. – 1960. – 284с.
2. Дринча В.М. Исследования сепарации семян и разработка машинных технологий их подготовки / В.М. Дринча. – Воронеж, 2006. – 382 с.
3. Котов В.І. Тенденції розвитку конструкції машин та обладнання для очищення і сортування зерноматеріалів / Б.І. Котов, С.П. Степаненко, М.Г. Пастушенко / КВЕСГ

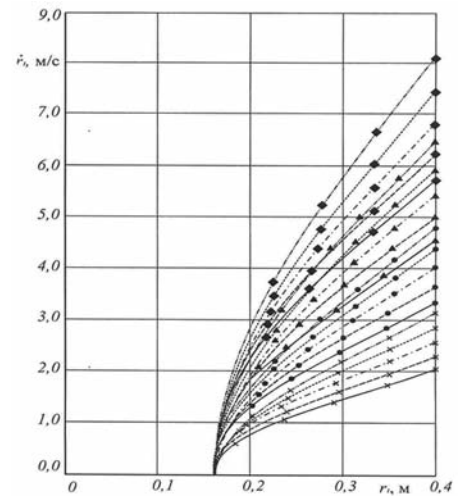


Рис. 4 – Залежність швидкості v_1 руху частинки по горизонтальній поверхні (за відсутності секторів розподільника $r/k = 0,4$ м) від координати r_1 (висота корпусу $h = 0,28$ м)

машин. – Кіровоград: КДТУ, 2003. – Вип. 33. – С. 53-59.

4. Котов Б.І. та ін. Теоретичне обґрунтування руху частинки зерна на вібропневморешеті при дії розпушуючих робочих органів / Б.І. Котов, С.П. Степаненко, Р.А. Калініченко / Науковий вісник НАУ. – К., 2007. – Вип. 115. - С. 112-117.

5. Присяжнюк М.В., Адамчук В.В., та ін. Теорія вібраційних машин сільськогосподарського виробництва / М.В. Присяжнюк, В.В. Адамчук, В.М. Булгаков, О.М. Черниш, В.В. Яременко. – К.: Аграрна наука, 2013. – 439 с.

6. Тарасенко А.П. Снижение травмирования семян при уборке и послеуборочной обработке / А.П. Тарасенко. – Воронеж, 2003 – 331 с.

7. Тищенко Л.Н. Виброрешетная сепарация смесей / Л.Н. Тищенко, В.П. Ольшанский, С.В. Ольшанский. – Харьков: Міськдрук, 2011. – 280 с.

Анотація. В статье исследуется движение зерновки по горизонтальной поверхности и диску распределителя.

Рассматриваются зависимости скорости движения зерновки по диску при определённых значениях частоты вращения распределителя.

Summary. *The weevils shifting on the horizon surface as well as on the disk spreader of the vibroseparator has been investigated in the paper.*

The dependence of the speed of the weevils shifting on the disk surface under certain indexes of the spreader rotation has been considered in the paper.

Стаття надійшла до редакції 7 квітня 2014 р.