

УДК 631.354:633.1

Дерев'яно Д., канд. с-г. наук, доцент (ЖНАЕУ)

## Обґрунтування розподілення зернового вороху сортувальними решетами з різною шириною отворів

*У статті наведено результати досліджень та теоретичні розрахунки впливу ширини отворів сортувальних решіт, швидкості руху в пневмосепарувальному каналі на витання зернівок, а також на середньоквадратичні відхилення цих показників.*

**Ключові слова:** товщина, отвори, швидкість руху, витання, зернівки.

**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 мешканці спостерігали, що саме з цієї частини зернівки відокремлювалися краще і швидше, а таке насіння було якісним і забезпечувало багатий намолот.

Враховуючи той факт, що озима пшениця та жито займають великі площі посіву та відіграють значну роль у продовольчій потребі, виникає гостра потреба у високоякісному насінні.

Але якщо реально оцінювати ситуацію, то виникають випадки, коли залежно від природно-кліматичних умов, особливостей сівби та перезимівлі, обробітку зернового вороху, що значно впливає на валові заготівлі цих культур, виникає нагальна потреба у підготовці та заготівлі певних запасів високоякісного насіння цих та всіх інших зернових культур.

Упродовж багатьох десятиків років, а особливо в

другій половині попереднього століття науковці-дослідники, селекціонери та виробники довели та обґрунтували, що лише високоякісне насіння за всіх інших однакових можливостей забезпечує формування більше половини майбутнього врожаю.

Поряд з цим, існує до певної міри відставання з удосконаленням і запровадженням новітніх технологій збирання, післязбиральної доробки зернового вороху, підготовки насіння та сівби.

Дослідження показують, що ефективним є застосування фракційної технології післязбирального обробітку зернового вороху, що дозволяє після обмолочування на ранніх стадіях відокремити велику масу дрібних засмічувачів, а також подрібнене, біологічно неповноцінне, недозріле, щупле, забруднене сирим насінням бур'янів зерно основної культури, що є (на тлі значної кількості травмованих зернівок) сприятливим середовищем для інтенсивного та бурхливого розвитку великої кількості мікроорганізмів та

призводить до різкого зниження якості насіння.

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

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

Щодо високоефективного та високопродуктивного підготовки насіння високої якості, то дослідження показують, що перспективою такого підготовки є застосування фракційної технології післязбиральної обробки зернового вороху, яка забезпечує відокремлення із зернового вороху на початковій ранній стадії після збирання дрібних та сирих засмічувачів, а також біологічно неповноцінних і незрілих зернівок.

Результати досліджень І. Строни, О. 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. Дрінча свідчать, що травмування зернівки комбайнами становить навіть більше 35 %, під час оброблення зернового вороху після збирання та підготовки насіння досягає 50 %, а посівними агрегатами – травмування отримуємо в межах 6 %. За його даними, при вологості 14-16 % гранична величина удару, під дією якого проявляються 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. Фадеєвим 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. Василенко, Л. Погорілий, В. Гарячкін, О. Тарасенко, В. Дрінча, В. Адамчук, Л. Тищенко, П. Заїка, Б. Котов та інші.

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

**Результати досліджень.** Для підтвердження теоретичних розрахунків фракційної технології очищення зернової маси та оцінювання якісних показників роботи робочих органів відбирали зразки початкового вороху, а також після очищення на сортувальних решетах та очищеного зернового матеріалу після проходження пневмосепарувального каналу другої аспірації. Сортувальні решета використали з продовгуватими отворами шириною 2,4 і 2,6 мм, швидкість другої аспірації становила 7,5-7,6 м/с. Продуктивність машин з решетами у першому варіанті ширини отворів становила 20 і 55 т/год, у другому – 40 т/год.

На початковій стадії швидкість руху вороху озимої пшениці становила  $M_v = 2,76$  м/с, середня швидкість їх обертання і кружляння –  $M_u = 8,50$  м/с, частка виділення основної фракції зерна при повному розподіленні становила 0,857 і 0,726 за використання решіт з шириною отворів відповідно 2,4 і 2,6 мм.

За використання на машинах сортувальних решіт з шириною отворів 2,4 мм і продуктивністю 55 т/год маса наважки становила 0,942 кг, а маса основної фракції зерна в наважці  $m_{of}$  – 0,900 кг. До останньої входила маса неповноцінного зерна, яке повинно було виділитися внаслідок руху повітря  $m_o = 0,086$  кг. Маса повноцінної фуражної фракції, що залишилася, становила  $m_{ф.зал.} = 0,042$  кг, куди входила частина великого, важкого фуражного зерна,  $m_{ф.зал.} = 0,014$  кг і частка дрібного фуражного зерна  $m_{ф.зал.} = 0,028$  кг, частина якого надалі може бути виділена у пневмосепарувальному каналі.

При використанні на машинах сортувальних решіт з шириною отворів 2,4 мм і продуктивністю 20 т/год маса наважки становила 1,895 кг. Маса основної фракції зерна в наважці  $m_{of}$  – 1,156 кг, куди входило легке, біологічно неповноцінне зерно, яке повинно виділитися під дією повітря  $m_o = 0,111$  кг, а маса залишкової невідокремленої дрібної фуражної фракції становила  $m_{ф.зал.} = 0,025$  кг, куди входило велике, тяжке фуражне зерно,  $m_{ф.зал.} = 0,008$  кг і частина неповноцінного легкого фуражного зерна  $m_{ф.зал.} = 0,017$  кг, що може бути відокремлена у пневмосепарувальному каналі.

При використанні на машинах сортувальних решіт з шириною отворів 2,6 мм і продуктивності 40 т/год, маса наважки становила 0,998 кг, а маса основної фракції зерна в наважці  $m_{of}$  – 0,907 кг, куди входило біологічно неповноцінне, легке зерно, яке повинно було виділитися внаслідок дії руху повітря  $m_{ол.} = 0,069$  кг. Маса дрібної фракції, що входила до кормової, яка залишилася через невідокремлення становила  $m_{ф.зал.} = 0,091$  кг, куди входила частка великого, важкого зерна  $m_{ф.зал.т} = 0,050$  кг і частка неповноцінного, легкого фуражу  $m_{ф.зал.л.} = 0,041$  кг, частина якого може виділитися у пневмосепарувальному каналі.

У цьому випадку початкову масу дрібної фуражної фракції в наважці можна визначити за формулою:

$$m_{др.ф.} = \frac{m_{осн.ф.} \cdot m_{ф.зал.}}{m_{осн.ф.}}, \text{ кг.}$$

де  $m_{осн.ф.}$ ,  $m_{др.ф.}$  – маса основної і дрібної фуражних фракцій в наважці масою 1 кг.

Повноту розподілення сортувальними решетами визначали за формулою:



$$E_b = \frac{m_{\phi.м.} - m_{\phi.м.зал}}{m_{\phi.м.}}$$

Результати розрахунків наведені в таблиці 1.

Загальну повноту розподілення машиною визначали за формулою:

$$E_s = \frac{m_{\phi} - m_{\phi.зал}}{m_{\phi}}$$

Таблиця 1

**Фактичне і розрахункове розподілення вороху озимої пшениці за фракціями**

Повноту розподілення під дією повітря визначали з виразу:

$$E_u = \frac{m_{\phi.н} - m_{\phi.н.зал}}{m_{\phi}}$$

де початкову масу біологічно неповноцінного, недорозвиненого, легкого зерна  $m_{\phi.н}$ , що повинно виділитись від дії повітря, визначали за формулою:

$$M_{\phi.н} = m_{\phi.н}^* \cdot \frac{m_s}{m_s^*}, \text{ кг,}$$

де масу біологічно неповноцінного зерна, що зменшилося після розподілення на решетах в наважці масою 1 кг, визначали з виразу:

$$M_{\phi.н}^* = m_s^* + m_{\phi}^* \cdot (1 - E_b), \text{ кг.}$$

Продуктивність, т/год	Ширина отворів решіт, мм	Рух повітря у каналі, $V_u$ , м/с	Розрахункове розподілення вороху, %				Фактичне розподілення вороху, %				Фактичне виділення		
			головна	фуражна			головна	фуражна			решетами	рухом повітря, $E_v$	Загальна, $E_0$
				виділене решетами	виділене повітрям	загальна		виділене решетами	виділене повітря	загальна			
40	2,6	7,5	72,78	20,12	7,10	27,22	72,70	20,11	7,19	27,3	0,734	0,804	0,827
55	2,4	7,5	82,61	10,34	7,05	17,39	82,54	10,32	7,14	17,46	0,720	0,651	0,711
20	2,4	7,5	79,65	12,49	7,86	20,35	79,56	12,47	7,97	20,44	0,870	0,839	0,906

Для визначення частини фуражного зерна, що залишилося в основній фракції після очищення машиною, повноти розподілення на фракції в цілому і окремо від руху повітря у пневмосепарувальному каналі вторинної сепарації провели дослідження щодо розподілення зернівок відібраних зразків основної фракції вороху після очищення.

У результаті дослідження виявилось, що при використанні на машинах сортувальних решіт з шириною отворів 2,4 мм і продуктивністю 55 т/год маса наважки становила 0,949 кг, а маса основної фракції в наважці  $m_0 = 0,890$  кг, маса загальної фуражної фракції, що не виділилася ні решетами, ні рухом повітря, дорівнювала  $m_{\phi.зал.0} = 0,059$  кг, тут також знаходилося біологічно неповноцінне, легке зерно, що не виділилося під дією вітру –  $m_{\phi.л.зал.} = 0,044$  кг.

При використанні сортувальних решіт з шириною отворів 2,4 мм і продуктивністю 20 т/год маса наважки становила 0,895 кг, а маса основної фракції зерна в наважці була  $m_0 = 0,871$  кг, маса загального фуражного зерна, що не виділилося ні решетами, ні вітром, склала  $m_{\phi.о.зал.} = 0,024$  кг, в тому числі біологічно неповноцінного, щуплого, легкого зерна, що не виділилося повітрям, –  $m_{\phi.л.зал.} = 0,017$  кг.

При використанні на машинах сортувальних решіт з шириною отворів 2,6 мм маса наважки становила 0,983 кг, а маса основної фракції зерна в наважці –  $m_0 = 0,906$  кг, маса невиділеної сортувальними решетами і повітряним рухом загальної фуражної фракції –  $m_{\phi.о.зал.} = 0,077$  кг, тут також знаходилося біологічно неповноцінне незріле щупле зерно, що не відокремлюється внаслідок дії руху повітря –  $m_{\phi.л.зал.} = 0,023$  кг.

Початкову масу загальної фуражної фракції в наважці визначали за формулою:

$$M_{\phi} = \frac{m_s \cdot m_{\phi}^*}{m_s^*}, \text{ кг,}$$

де  $m_0^*$  і  $m_{\phi}^*$  – маса основної і фуражної фракцій в наважці масою 1 кг.

Масу загальної фуражної фракції в наважці масою 1 кг визначали за формулою:

$$M_{\phi.с}^* = m_s^* + m_{\phi}^* + m_{\phi}^*, \text{ кг.}$$

Дані про фактичне і розрахункове розподілення вороху озимої пшениці за фракціями подані в таблиці 1, аналіз яких показує добре поєднання розрахункових і фактичних показників розподілення вороху озимої пшениці за фракціями.

Теоретичне виділення основної фракції вороху 0,07-0,09 % більше від фактичного, розрахункове відокремлення фуражної фракції на сортувальних решетах практично співпадає із фактичним, а розрахункове виділення біологічно неповноцінного, щуплого, легкого зерна внаслідок дії повітря менше від фактичного на 0,09-0,11 %. Така різниця спостерігається від того, що неповноцінна біологічно незріла частина домішок виділяється в каналі першої аспірації, де швидкість руху повітря становить 4,0-4,5 м/с.

Для оцінювання якості отриманого в результаті фракційного очищення зернового матеріалу машиною визначали середню товщину зернівок, середньоквадратичне відхилення товщини зернівок, середню швидкість обертання-кружляння, витання зернівок та середньоквадратичне відхилення швидкості витання та зависання за відібраними зразками.

Порівняння розрахункових і фактичних характеристик зернівок основної фракції озимої пшениці після очищення показано в таблиці 2, аналіз даних якої свідчить, що розрахункові та фактичні значення середньої товщини зернівок і середньоквадратичні відхилення відрізняються менше, ніж середня швидкість обертання і середньоквадратичне відхилення швидкості обертання.

Дані досліджень щодо якісних показників розподілення зернового вороху озимої пшениці на фракції зерноочисною машиною наведені в таблиці 3, аналіз яких показує, що для отримання якісного насіння краще використовувати сортувальні решета з шириною отворів 2,6 мм. У цьому випадку навіть за високої продуктивності (в межах 40 т/год), а відповідно меншої повноти розподілення, що дорівнюватиме  $E_0 = 0,827$ , якість зернівок основної фракції буде кра-

Таблиця 2

Порівняльна таблиця розрахункових і фактичних показників виділення основної фракції

Продуктивність $Q$ , т/год.	Ширина отворів решіт, $b_p$ , мм	Швидкість повітря в каналі, $V_k$ , м/с	Основна фракція після очищення		Середня товщина зернівок, $M_b$ , мм		Відхилення товщини зернівок, $\sigma_b$ , мм		Середня швидкість обертання зернівок, $M_v$ , м/с		Відхилення швидкості обертання, $\sigma_v$ , м/сек	
			розн.	факт.	розн.	факт.	розн.	факт.	розн.	факт.	розн.	факт.
40	2,6	7,5	72,78	72,70	2,892	2,893	0,219	0,220	9,016	9,011	0,727	0,722
55	2,4	7,5	82,61	82,54	2,831	2,838	0,245	0,259	8,893	8,908	0,838	0,795
20	2,4	7,5	79,65	79,56	2,855	2,860	0,229	0,227	8,974	8,981	0,702	0,684

щою, за винятком їх вирівняності за аеродинамічними властивостями, ніж при використанні решіт з шириною отворів 2,4 мм, незважаючи на більшу повноту розподілення –  $E_0 = 0,906$ .

На сортувальні решета з шириною отворів 2,6 мм при їх використанні з продуктивністю 40 т/год припадає більша частина відокремлюваного фуражного матеріалу, ніж при застосуванні решіт з отворами 2,4 мм і продуктивністю 20 т/год, а наслідком є менша повнота розподілення решетами, яка відповідно становить  $E_{b2,6} = 0,734$  і  $E_{b2,4} = 0,870$ . Таким чином, після розподілення на решетах із шириною отворів 2,6 мм середня товщина зернівок становила  $M_b = 2,872$ , а середньоквадратичне відхилення товщини –  $\sigma_b = 0,256$  мм.

Використання сортувальних решіт з шириною отворів 2,6 мм забезпечує отримання зернівок з меншою середньою товщиною  $M_b = 2,846$  мм за продуктивності  $Q = 20$  т/год і  $M_b = 2,831$  мм – за продуктивності  $Q = 50$  т/год і меншим середньоквадратичним відхиленням товщини  $\sigma_b = 0,247$  мм за меншої продуктивності:  $Q = 20$  т/год.

**Висновки.** Після розподілення у другому пневмосепарувальному каналі та використанні сортувальних решіт з шириною отворів 2,6 мм отримані зернівки мали більшу середню товщину –  $M_b = 2,893$  мм і менше середньоквадратичне відхилення товщини  $\sigma_b = 0,22$  мм у порівнянні із застосуванням решіт із отворами 2,4 мм. Середня швидкість обертання-зависання

2,6 мм та продуктивністю 40 т/год.

Середня швидкість обертання-кружляння, витання зернівок основної фракції більша після розподілення на сортувальних решетах з шириною отворів 2,6 мм.

Аналіз досліджень показує, що для отримання основної фракції з кращим вирівнянням зернівок по товщині та швидкості витання і зависання необхідно враховувати кореляційний зв'язок цих параметрів, а саме: при товщині зернівок 2,0-2,2 мм максимальний коефіцієнт кореляції 0,298-0,391 спостерігається за меншої швидкості витання, а при товщині зернівок 2,4-2,6 мм максимальний коефіцієнт кореляції (0,543-0,695) спостерігався за більшої швидкості витання.

Більше виділення зернової маси в основну фракцію з її кращими показниками якості досягається при застосуванні сортувальних решіт з шириною отворів 2,6 мм і швидкості руху повітря у пневмосепарувальному каналі вторинної аспірації 7,5 м/с в порівнянні із використанням сортувальних решіт з меншою шириною отворів (2,4 мм) і більшою швидкістю руху повітря в каналі (у межах 8,0-8,5 м/с).

На середню товщину зернівок, середню швидкість обертання-кружляння, витання і вирівнювання по товщині головний вплив здійснює ширина отворів використаних сортувальних решіт і повнота розподілення, а також вирівнювання зернівок за швидкістю витання у значній мірі залежить від повноти розподілення зернового вороху та від впливу руху повітря в каналі.

Таблиця 3

Порівняльна таблиця розрахункових і фактичних показників виділення основної фракції

Початковий ворох		Продуктивність, $Q$ , т/год.	Ширина отворів решета, $b_p$ , мм	Рух повітря в каналі вторинної аспірації, $V_k$ , м/с	Сортувальні решета			основна фракція		Сепарувальний канал		Повнота розподілення, $E_0$	Після очищення	
					ворох, що на решеті, т/год	ворох для виділення, т/год	повнота розподілення, $E_b$	$M_b$ , мм	$M_v$ , м/с	ворох в каналі	повнота розподілу		$M_b$ , мм	$M_v$ , м/с
$M_b$ , мм	$M_v$ , м/с							$\sigma_b$ , мм	$\sigma_v$ , мм	т/год	$\epsilon_v$		$\sigma_b$ , мм	$\sigma_v$ , мм
2,762	8,592	40	2,6	7,5	1,0	0,274	0,734	2,872	8,775	0,7979	0,804	0,827	2,893	9,011
0,323	1,235				40	10,96		0,256	1,093	31,92			0,220	0,722
2,762	8,502	55	2,4	7,5	1,0	0,1433	0,720	2,831	8,690	0,8968	0,651	0,711	2,836	8,908
0,323	1,235				55	7,88		0,268	1,010	49,33			0,259	0,795
2,762	8,502	20	2,4	7,5	1,0	0,1433	0,870	2,846	8,730	0,8753	0,839	0,906	2,860	8,981
0,323	1,352				20	2,87		0,247	1,076	17,5			0,227	0,684



Теоретичні розрахунки фракційної технології очищення зернової маси в процесі підготовки високоякісного насіння підкріплюються результатами роботи машин в умовах господарської діяльності. Тобто, при використанні сортувальних решіт з шириною отворів 2,6 мм, швидкості руху повітря у пневмосепарувальному каналі 4,5 м/с та продуктивності агрегату 40 т/год, якість насіння основної фракції вища, за винятком їх вирівняності за аеродинамічними властивостями, ніж при застосуванні решіт з шириною отворів 2,4 мм, такій же швидкості руху повітря та продуктивності насіннеочисної машини 20 т/год.

#### Список літератури

1. Василенко П.М. Теория движения частицы по шероховатым поверхностям сельськохозяйственных машин. / П.М. Василенко. – К.: УАСХ. 1960 – 284 с.
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 зерно матеріалів. / Б.І.Котов, С.П. Степаненко, М.Г. Пастушенко / КВЕСГ машин – Кіровоград: КДТУ. 2003. – Вип.33. – С. 53-59.
4. Котов Б.І. та ін. Теоретичне обґрунтування руху частинки зерна на вібропневморешеті при дії розпу-

шуючих 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., і 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. Снижения травмирования семян при уборке и послеуборочной обработке. / А.П.Тарасенко. – Воронеж, 2003. – 331с.

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

**Аннотація.** В статье рассматриваются результаты исследований влияния ширины отверстий сортировочных решет, скорости движения в сепарационном канале на витание зерновок, а также на среднеквадратические отклонения этих показателей.

**Summary.** The paper considers how hole width, air movement and weevil whirling effect the distribution of grain chaff when treating it and preparing seeds.

Стаття надійшла до редакції 2 червня 2014 р.