

УДК 631.354:633.1

ОБҐРУНТУВАННЯ РЕЖИМІВ ФРАКЦІЙНОГО РОЗПОДІЛЕННЯ ЗЕРНОВОГО ВОРОХУ ПРИ ПІДГОТОВЛЕННІ НАСІННЯ

Д. А. Дерев'янюк, канд. с.-г. наук, доцент — ЖНАЕУ

В статті аналізуються дослідження та проводяться теоретичні розрахунки впливу ширини отворів сортувальних решіт, швидкості руху в пневмосепарувальному каналі та витання зернівок.

Вплив ширини отворів решіт та швидкості руху повітря у каналі на середньоквадратичні відхилення швидкості та витання.

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

Постановка 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 із 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 велику роль у продовольчій потребі, виникає нагальна потреба у високоякісному насінні.

Але якщо реально оцінювати ситуацію, то виникають випадки, що залежно від природно-кліматичних умов, особливостей сівби та перезимівлі, обробки зернового вороху, що значно впливає на валові заготівлі цих культур, то створюються обов'язкові потреби 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 та обґрунтували, що тільки високоякісне насіння за всіх інших однакових можливостей забезпечує формування більше половини майбутнього врожаю.

Поряд з цим важливим є також факт, що існує до певної міри відставання із удосконаленням і запровадженням новітніх технологій

збирання, післязбиральної доробки зернового вороху, підготовки насіння та сівби.

Дослідження показують, що ефективними є застосування фракційної технології післязбиральної обробки зернового вороху, що дає можливість 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 основним джерелом на фоні значної кількості травмованих зернівок.

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

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

Щодо високоефективного підготовлення насіння високої якості, то дослідження показують, що перспективою такого 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 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. Дринчи свідчать, що травмування зернівки комбайнами становить навіть більше 35 %, під час оброблення зернового вороху після збирання та підготовлення насіння досягають 50 %, а наступними агрегатами травмування в межах 6 %. За його даними при вологості 14-16 % гранична величина удару, при якому проявляються зовнішні ознаки травмування, знаходиться в межах 0,11-0,16 Дж, що впливає на зниження польової схожості на 23 %.

Дослідження Інституту зернового господарства НААН 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. 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. М. Василенко, Л. В. Погорілий, В. П. Горячкін, О. П. Тарасенко, В. М. Дринча, 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 підготовленні 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. Обробляння зернового вороху після поступання його на тік та підготовку насіння озимих зернових культур проводили насіннеочисними машинами ОВС-25, ОВП-20, ЗАВ-20, МС-4.5, СВС-25, БЦСМ-25, «Petkus» на сільськогосподарських підприємствах різних ґрунтово-кліматичних зон Лісостепу та Полісся України.

З метою виконання теоретичної частини відокремлення основної та фуражної фракцій, що здійснювалось сортувальними решетами і рухом повітря, враховуючи, що розподілення зернівок по товщині після розподілення на решетах підпорядковується закону паралельного розподілення, було розраховано числові характеристики (Mb , Mov , Mmv) — математичні ймовірності товщини зернівок на початку розподілення вороху та швидкості їх руху, (σ_b , σ_{ov} , σ_{mv}) середньоквадратичні відхилення товщини зернівок і швидкості їх руху та ймовірності (Pb , Pov , Pmv) потрапляння зернівок у передбачувані інтервали.

Для цього проводимо дослідження по розподіленню зернового вороху озимої пшениці на решітному класифікаторові із кроком різних розмірів на два класи.

Чистоту кожного класу визначали за формулою:

$$Pb_i = \frac{m}{\sum_{i=1}^n m_i} = \frac{m}{m_i}, \quad (1)$$

де m_i — маса зернівок на кожному решеті після розподілення, кг;

n — число класів (решіт, на яких було зерно), шт.;

m — маса наважки зернового вороху, кг.

Середню товщину зернівок початкового вороху визначали за формулою:

$$Mb = \sum_{i=1}^n b_{icp} \cdot P_{bi}, \quad (2)$$

де b_{icp} — середня товщина кожного класу, мм.

$$b_{icp} = \frac{bp(i+c) + bpi}{2}, \quad (3)$$

де bpi і $bp(i+1)$ — ширина отворів відповідного решета, на якому знаходиться зернова маса, а також попереднього, мм.

Середньо квадратичне відхилення товщини зернівок визначали за формулою:

$$\sigma b = \sqrt{\sum_{i=1}^n (bcio - Mb)^2 P_{bi}}. \quad (4)$$

Для підтвердження гіпотези про відповідність розподілення товщини зернівок нормальному закону використали критерій Пірсона (χ^2):

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(m_i - m \cdot P_{bi})^2}{m \cdot P_{bi}}, \quad (5)$$

де P_{bi} — теоретична, таблична ймовірність потрапляння розмірів зернівок.

$$P_{bi} = \Phi\left(\frac{b - Mb}{\sigma b}\right) - \Phi\left(\frac{bi - Mb}{\sigma b}\right), \quad (6)$$

де $\Phi(X)$ — інтегральна нормальна функція розподілення, або функція Лапласа:

$$\Phi(X) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \int_{-\infty}^x e^{-\frac{r^2}{2}} dx. \quad (7)$$

Число степенів свободи для визначення табличного значення критерію Пірсона визначили за формулою:

$$r = n - s, \quad (8)$$

де s — число накладених зв'язків ($s=3$).

Характеристика розподілення за розмірами зернівок зернового вороху озимої пшениці по товщині ϵ у додаткових розрахунках.

Теоретичну ймовірність, частку виділення початкового зернового вороху в дрібну фуражну фракцію при розподіленні на сортувальних решетах визначали за формулою:

$$P_{mi}^T (i \min < b < bp) = \Phi\left(\frac{br - Mb}{\sigma b}\right) - \Phi\left(\frac{b \min - Mb}{\sigma b}\right), \quad (9)$$

де $b \min$ — мінімальна товщина зернівок початкового вороху озимої пшениці, мм;
 br — ширина отворів сортувального решета, мм.

При виконанні розрахунків ширину отворів змінювали в межах $bp=2,0 \dots 2,6$ мм. Ймовірність виділення початкового вороху в дрібну фракцію з урахуванням повноти розподілення на решетах Eb визначали за формулою:

$$P_{mi} = P_{mi}^T \cdot Eb. \quad (10)$$

Потім зернова маса основної фракції після розподілу на сортувальних решетах потрапляє на колосове решето, а внаслідок виконання вимог до його підбирання — $b_p^k \geq Mb + 3\sigma_b$ і з урахуванням повноти його розподілення E_b^k виділення початкового вороху в основну фракцію визначили за рівнянням

$$P_{ob} = (1 - P_{mi}^T \cdot Eb) \cdot E_b^k. \quad (11)$$

Втрати доброякісного виповненого насіння основної фракції з урахуванням повноти розподілення колосовим решетом визначали за формулою:

$$P_{ob}^k = (1 - P_{mi}^T \cdot Eb) \cdot (1 - E_b^k). \quad (12)$$

Результати розрахунків виділення основної фракції після розподілення на решетах показані в додаткових матеріалах, а графічна залежність виділення основної фракції з урахуванням повноти розподілення в залежності від ширини отворів сортувального решета показані на рисунку.

У цьому випадку повноту розподілення сортувальними решетами сприймали при очищенні вороху на насінневі цілі $E_B = 0,80$, а при попередньому очищенні – $E_B = 0,60$.

Повне розподілення колосовими решетами враховували, виходячи із допустимих втрат зернової маси у фракцію відходів, але не більше 0,5 %, тобто $E_B = 0,0995$.

Аналіз отриманих результатів засвідчив, що при використанні сортувальних решіт з шириною отворів до 2,6 мм і повноті розподілення, що відповідає насінневому матеріалу, виділення основної фракції становить більше 70 %. Для отримання якісного насіння краще використовувати решета з шириною отворів 2,4 і 2,6 мм, ніж меншої ширини. У цьому випадку середня товщина зернівок збільшується відповідно до 2,839 і 2,885 мм, а середньоквадратичне відхилення зменшується до 0,257 та 0,239 мм.

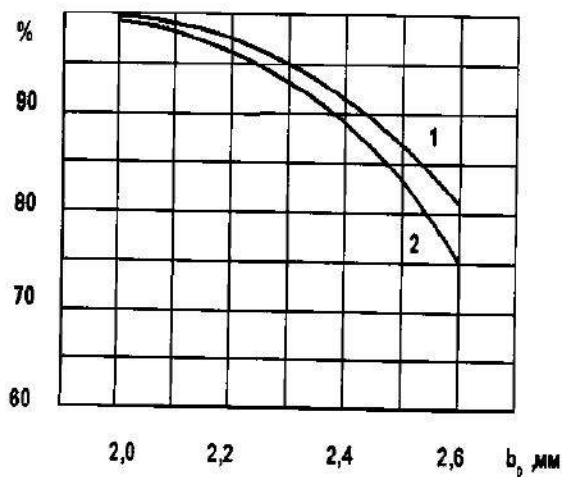


Рис. Вплив ширини отворів сортувального решета на виділення основної фракції зернового вороху:

$$1 - E_B \geq 0,60; 2 - E_B \geq 0,80; E_B = 0,8 E_B$$

Для визначення кількісних характеристик законів нормального розподілення (M_{ou} , M_{tu} , σ_{ou} , σ_{tu}) ймовірності співпадання швидкостей руху зернівок у запрограмованому інтервалі (P_{ou} ; P_{tvi}) дослідження проводились по розподіленню основної і дрібної фракцій, які отримали після розподілення на сортувальних решетах з шириною отворів 2,0- 2,2- 2,4- 2,6 мм на повітряному класифікаторі, а значення основних числових характеристик визначали за формулами, аналогічними розглянутим для розподіленням зернової маси по товщині.

Ймовірність виділення біологічно незрілого, шуплого та неякісного зерна, яке відноситься до фуражної фракції, та знаходиться в основній після решітного очищення, можна визначити за формулою:

$$P_{mivj} = (P_{mi}^T - P_{mi}^T \cdot E_b) \cdot P \cdot E_v, \quad (13)$$

де P_{tu} – теоретична ймовірність відокремлення біологічно неповноцінного, неякісного, шуплого зерна із залишкової неякісної фуражної фракції у пневмосепарувальному каналі.

Вірогідність відокремлення біологічно неповноцінного, неякісного, шуплого насінневого матеріалу основної фракції у пневмосепарувальному каналі з урахуванням повноти розподілення можна визначити за формулою:

$$P_{oivj} = (1 - P_{mi}^T \cdot E_b) \cdot E_b^k \cdot P_{oivj}^T \cdot E_v, \quad (14)$$

де P_{ou} — теоретична ймовірність виділення біологічно неповноцінного, шуплого, легкого зерна основної фракції в каналі.

При виконанні розрахунків використовували різні швидкості повітряного потоку в каналі в межах $V_k = 7,0 \dots 8,5$ м/с, повноту розподілення сортувальними решетами при очищенні на насінневі цілі $E_u = 0,80$, а при попередньому очищенні $E_u = 0,60$ повноту розподілення колосовим решетом $E_b^k = 0,995$.

Залежність виділення незрілих легких і шуплих зернівок при повноті розподілення $E_b = E_u = 0,80$ подається рівнянням регресії:

$$P_{ou} = 0,8367 - 0,5736V + 0,9243bp + 0,0676V^2 - 0,1302Vbp - 0,0227b^2p.$$

Залежність виділення легкого, шуплого, незрілого зерна при повноті розділення $E_b = E_u = 0,60$ показується рівнянням регресії:

$$P_{oy}=0,9183-0,4758V+0,05765bp+0,0521V^2-0,0864Vbp-0,0087b^2p.$$

Збільшення швидкості руху повітря у пневмосепарувальному каналі із 7,0 до 8,5 м/с призведе до збільшення частки зернової маси у фуражну фракцію із основної у 5,45...11,94 раза, причому більша кількість буде при використанні решіт із шириною отворів 2,00 мм. Збільшення кількості відокремлення одночасно решетами і повітряним потоком призводить до виділення неякісних, біологічно незрілих, щуплих зернівок із основної фракції.

При збільшенні ширини отворів сортувальних решіт з 2,0 до 2,6 мм відокремлення збільшується у 9...21 разів, причому більша різниця спостерігається при швидкості руху повітря у пневмосепарувальному каналі 8,0...8,5 м/с, а менша при швидкості руху повітря 7,0 м/с.

Залежність відокремлення неповноцінного і неякісного зерна, що залишилося в основній фракції, при повноті розподілення $Eb=Ev=0,80$ розраховується рівнянням регресії:

$$P_{mv}=0,3946-0,323V-0,2839bp-0,001V^2+0,0229Vbp+0,0323b^2p \quad (15)$$

Зростання швидкості руху повітря у пневмосепарувальному каналі з 7,0 до 8,5 м/с збільшує виділення біологічно неповноцінного, незрілого зерна яке залишилося невиділеним, в 1,05...2,2 раза. Менша різниця характерна для решіт з шириною отворів 2,0 мм, а більша для решіт з шириною отворів 2,6 мм.

Залежність відокремлення нерозвиненого, неповноцінного зерна, що залишилося в основній фракції, засвідчується рівнянням регресії:

$$P_{mv}=0,5877-0,0477V-0,4246bp-0,0015V^2+0,0341Vbp+0,486b^2p \quad (16)$$

При меншій повноті розподілення у виразі $Eb=Ev=0,60$ збільшується виділення неповноцінного, легкого зерна, що залишилося у фуражній фракції, в порівнянні з виділенням при $Eb=Ev=0,80$. Причому, чим більша ширина отворів сортувального решета і швидкість руху повітря у пневмосепарувальному каналі, тим більша різниця у відокремленні неповноцінного зерна, що залишилося у фуражній фракції при повноті розподілення $Eb=Ev=0,60$ у порівнянні з повнотою розподілення $Eb=Ev=0,80$.

Різні швидкості руху повітря у пневмосепарувальному каналі більше впливають на середню швидкість обертання-витання зернівок основної фракції, ніж застосування решіт із різною шириною отворів. Внаслідок збільшення

швидкості руху повітря у пневмосепарувальному каналі із 7,0 до 8,5 м/с, і ширині отворів 2,0 мм та повноті розподілення $E_b=E_y=0,80$ середня швидкість обертання-витання зернівок збільшується в 1,03 раза із 8,798 м/с до 9,063 м/с і в 1,06 раза при $E_b=E_y=0,60$, тобто із 8,727 до 8,890 м/с.

Тобто, кожній використовуваній ширині отворів сортувальних решіт відповідає відповідна швидкість руху повітря у пневмосепарувальному каналі, що забезпечує мінімум середньоквадратичного відхилення швидкості руху і обертання зернівок основної фракції. При ширині сортувальних решіт $bp=2,0;2,2;2,4$ мм мінімум середньоквадратичного відхилення спостерігається при швидкості руху повітря у пневмосепарувальному каналі $V=7,0...7,5$ м/с.

Краще вирівнювання зернівок основної фракції по швидкості руху і обертання при ширині отворів сортувального решета $bp=2,6$ мм, спостерігається при швидкості руху повітря в пневмосепарувальному каналі $V=7,5...8,0$ м/с.

Такий стан залежностей визначається кореляційним зв'язком товщини зернівок з їх швидкістю руху і обертання та неповнотою розподілення як по товщині, так і за аеродинамічними властивостями.

Наступні дослідження та теоретичні розрахунки залежностей відокремлення фракцій зернового вороху озимої пшениці, змінення середньої товщини, швидкості руху і витання зернівок і їх середньоквадратичні відхилення залежності від повноти розподілення решетами з різною шириною отворів та відповідними швидкостями руху повітря у пневмосепарувальному каналі показали, що найкращі показники якості фракційного розподілення досягаються при застосуванні сортувальних решіт з шириною отворів 2,6 мм і швидкості руху повітря у пневмосепарувальному каналі вторинної аспірації 7,5 м/с.

Висновки.

1. Аналіз проведених досліджень показує, що для отримання основної фракції з кращим вирівнюванням зернівок по товщині та швидкості обертання 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 при меншій швидкості обертання, а при товщині зернівок 2,4 ... 2,6 мм максимальний коефіцієнт кореляції 0,543...0,695 спостерігався при більшій швидкості обертання.
2. 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 в межах 8,0 ... 8,5 м/с.

3. На середню товщину зернівок, середню швидкість обертання-витання і вирівнювання по товщині головний вплив здійснює ширина отворів використуваних сортувальних решіт і повнота розподілення, а також вирівнювання зернівок по швидкості обертання у значній мірі залежить від повноти розподілення зернового вороху та від впливу руху повітря у каналі.
4. Теоретичні розрахунки фракційної технології очищення зернової маси у 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, такої ж швидкості руху повітря та продуктивності насіннеочисної машини 20 т/год.

Бібліографія

1. *Василенко П. М.* Теория движения частицы по шероховатым поверхностям сельскохозяйственных 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 зерноматеріалів. / 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 розпушуючих робочих органів / Б. І. Котов, С. П. Степаненко, Р. А. Калініченко. — К.: Науковий вісник НАУ, 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.* 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.

ОБОСНОВАНИЯ РЕЖИМОВ ФРАКЦИОННОГО РАЗДЕЛЕНИЯ ЗЕРНОВОГО ВОРОХА ПРИ ПОДГОТОВКЕ СЕМЯН

В статье рассматриваются исследованиями и теоретические расчёты влияния ширины отверстий сортировочных решет, скорости движения в пневмосепарирующем канале и витания зерновок.

Влияние ширины отверстий решет и скорости движения воздуха в канале на среднеквадратические отклонения скорости и витания.

Ключевые слова: *толщина, отверстия, скорость движения, витания, зерновки.*

THE SUBSTANTIATION OF THE REGIMES FOR FRACTIONAL DISTRIBUTION OF THE GRAIN CHAFF WHEN PREPARING SEEDS

The paper considers the research and the theoretical calculations concerning the effects of the holes size of the sorting sieves, the speed of the movement in the pneuma-separating canal as well as weevil whirling. the effects of the width of the sieves holes and the speed of the air movement in the canal on the average-quadratic deviations of speed and weevil whirling.

Key words: *weevil, thickness, holes, speed, of the movement, whirling.*