

УДК 631.362.32/34:633.1

DOI: 10.31388/2078-0877-2020-20-3-3-10

МЕТОДИКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО РОЗРАХУНКУ СЕПАРАТОРА ОБЧІСАНОГО ВОРОХУ ЗЕРНОВИХ

Леженкін О. М., д.т.н. <https://orcid.org/0000-0003-2822-8173>

Михайлов Є. В., д.т.н. <https://orcid.org/0000-0001-9906-6699>

Вершков О. О., к.т.н. <https://orcid.org/0000-0001-5137-3235>

Івженко О. В., к.т.н. <https://orcid.org/0000-0003-1559-3825>

Антонова Г. В., інж <https://orcid.org/0000-0001-9269-6356>

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

e-mail: lan2810@ukr.net

Анотація – робота присвячена розробці методів технологічного розрахунку робочих органів для сепарації обчісаного вороху зернових із врахуванням його фізико-механічних властивостей та ймовірнісної природи завантаження сепаруючих робочих органів.

Ключові слова: обчісаний ворох, сепарація, зернові культури, продуктивність.

Постановка проблеми. В Україні зерновиробництво є провідною галуззю сільського господарства, при цьому його технічне оснащення знаходиться на низькому рівні, і, в першу чергу, це стосується зернозбиральної техніки. За чверть століття парк зернозбиральних комбайнів України скоротився майже втричі, а посівні площі під зерновими збільшилися. Це призвело до значного зростання сезонного навантаження на один комбайн і, як наслідок, до порушення агротехнологічних строків збирання, що викликало збільшення втрат і зниження якості зерна. Усунути ці недоліки, як довів засновник мелітопольської школи обчісування рослин на корені професор П. А. Шабанов [1], дозволяє стаціонарна технологія, в основі якої лежить даний метод. Однак, впровадження цієї технології стримується відсутністю технічних засобів сепарації обчісаного вороху зернових, який по своєму фракційному складу суттєво відрізняється від зернового вороху, так вільного зерна у ньому міститься 39...81% [2], соломистих часточок 12...54% [3], полови 5...14 [4] і обірваних колосків 1,2...7,8 [5].

Такий стан речей створює проблему, сутність якої полягає в низькій техніко-економічній ефективності виконання технологічного процесу сепарації обчисаного вороху зернових колосових існуючими технічними засобами. Розв'язання цієї проблеми неможливе без розв'язання відповідного наукового завдання, яке полягає в розробці методики технологічних розрахунків сепаруючих робочих органів.

Аналіз останніх досліджень. Дослідженням процесу сепарації обчисаного вороху присвячені роботи [6, 7, 8, 9]. Але всі ці роботи спрямовані на розробку нових сепаруючих робочих органів та обґрунтування їх конструктивних параметрів та кінематичних режимів роботи. Але досліджень, присвячених науковому обґрунтуванню технологічного розрахунку сепаратора обчисаного вороху, на цей час, на жаль, бракує.

Формування цілей статті. Зважаючи на необхідність інтенсифікації процесу сепарації обчисаного вороху зернових розробити методику технологічного розрахунку сепаратора обчисаного вороху.

Основна частина. Продуктивність сепараторів обчисаного вороха визначається з виразу:

$$g_c = \frac{G_{max} - G_H}{T_M - T_H}, \quad (1)$$

де G_{max} - кількість максимального добового надходження вороха, кг;

G_H - кількість вороха, який надійшов за час роботи з недовантаженням, кг;

T_M - тривалість роботи ворохоочисника за добу, год;

T_H - тривалість добової роботи ворохоочисника з недовантаженням, год;

Для визначення G_H та T_H можна використовувати залежності [10].

$$G_H = \frac{1}{2 \left[\frac{1}{2} T \bar{g}_m - \phi(t) = T g_m \varphi(t) \right]_{t_m}^{t_1}}, \quad (2)$$

$$T_H = \frac{1}{4} T [\phi(t_1) - \phi(t_m)],$$

де $\phi(t)$ - табличний інтеграл ймовірностей;

$\varphi(t)$ - нормована функція щільності ймовірностей;

\bar{g}_m - середнє годинне надходження вороха у день максимального надходження, кг/год;

σ_m - середнєквдратичне відхилення надходження обчисаного вороха у день максимального надходження, кг/год;

t_m - нормоване відхилення, яке відповідає мінімальному годинному надходженню вороха;

t_1 - нормоване відхилення, яке відповідає надходженню вороха, рівному розрахунковій продуктивності ворохоочисника.

Нормовані відхилення визначаються за формулами:

$$t_m = \frac{(g_m)_{\min} - \bar{g}_m}{\sigma_m}, \quad (3)$$

$$t = \frac{g_m - \bar{g}_m}{\sigma_m}.$$

Розрахунок продуктивності здійснюється методом послідовних наближень, повторюючи процес розрахунків t_1 , T_n , G_n , при чому при розрахунках величини t_1 підставляється наближене значення g_c^n :

$$g_c^n \approx \frac{G_m}{T_M}. \quad (4)$$

Даний метод визначення продуктивності сепаратора досить громіздкий. Можна використовувати інший метод, якщо уявити, що в ранкові години надходження вороха збільшується від нуля рівномірно до денного максимуму. Такий процес добре описується β -розподіленням, при відомих значеннях параметрів форми γ та η .

Щільність β -розподілення, визначена у інтервалі (0,1) має вид [10].

$$(x, \gamma, \eta) = \begin{cases} \frac{\Gamma(\gamma+\eta)}{\Gamma(\gamma)\Gamma(\eta)} x^{\gamma-1} (1-x)^{\eta-1}, \\ 0 \leq x \leq 1; & 0 < \gamma; & 0 < \eta \end{cases}.$$

Інтегральна функція β -розподілення описується наступним рівнянням та умовами:

$$F(x, \gamma, r) = \begin{cases} \frac{\Gamma(\gamma+\eta)}{\Gamma(\gamma)\Gamma(\eta)} \int_0^x t^{\gamma-1} (1-t)^{\eta-1} dt, \\ x < 0 & 0 \leq x \leq 1 & x > 1 \end{cases},$$

де 1- оціночне значення.

На рис.1 наведено графік щільності розподілення при параметрах форми у межах:

$$2 > \eta > 1 \quad 2 > \gamma > 1.$$

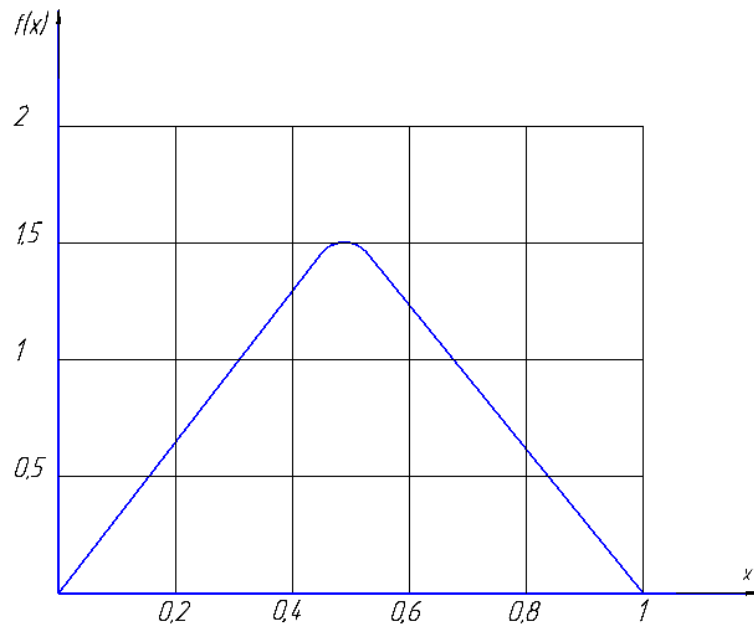


Рис.1. Щільність розподілення денного надходження вороха на доробку

Якщо вважати, що площа під трапецією (рис. 2) у відповідному масштабі, дорівнює добовому надходженню на стаціонарний пункт, а висота трапеції відповідає надходженню вороха у денний час, то отримуємо вираз для визначення продуктивності сепаратора вороха:

$$q_c = \frac{q_n}{b} \left[T_p - \sqrt{T_p^2 - 2b(T_n - b)} \right], \quad (5)$$

де T_n - час надходження обчисаного вороху на стаціонарний пункт за добу, год;

T_p - час праці сепаратора вороха, год;

b - час, в продовж якого надходження вороха на пункт збільшується від 0 до величини надходження у денні години;

q_n - надходження вороха у денний час, кг/год.

Апроксимоване β -розподілення, у якого щільність є рівнобічною трапецією наведено на рис. 2.

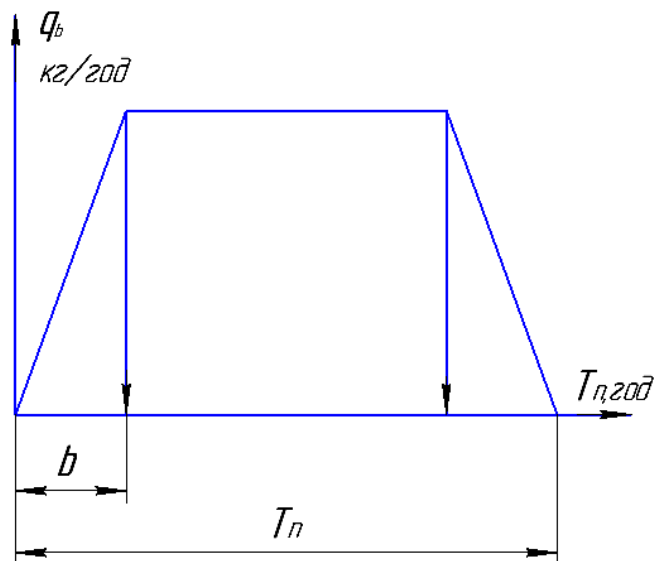


Рис. 2. Апроксимоване β -розподілення, у якого щільність графічно представлена рівнобічною трапецією.

Вираз (5) дає можливість визначити необхідну продуктивність, яку повинен мати сепаратор обчисаного вороху.

Розглянемо технологічний процес двобарабанного сепаратора обчисаного вороху, скальператорного типу. Подачу обчисаної маси на робочу поверхню першого циліндричного решета можна уявити, як суму подач зерносолومистої маси q_{zc} та вільного зерна $q_{вз}$.

$$q_c = q_{zc} + q_{вз}, \quad (6)$$

де q_{zc} - подача зерносолумистої маси, кг/год;

$q_{вз}$ - подача вільного зерна.

Зерносолумиста маса містить в собі крупні солумисті домішки та обірвані необмолочені колоски (волотки).

Враховуючи, що основним фактором визначаючим роботу сепараторів, є вірогідність сепарації вороху $P_n(t)$, то продуктивність по вільному зерну $q'_{вз}$ визначається:

$$q'_{вз} = q_{вз} + P_n(t). \quad (7)$$

Кількість вільного зерна, яке залишається в масі після першого решета:

$$q''_{вз} = q_{вз} [1 - P_n(t)]. \quad (8)$$

На підставі проведених досліджень можна зробити висновок про те, що вірогідність виділення вільного зерна з вороху на першому

решеті складає 0,80...0,85, тоді на друге решето ворохоочисника надходить маса, яка містить:

$$q_{вз}'' = 0,2 \cdot q_{вз}. \quad (9)$$

На другому решеті це зерно йде проходом, і на домолот потрапляє зерносоломиста маса, яка містить зерно у колосі (волоті) та солону.

Продуктивність ворохоочисника можна визначити з виразу:

$$q_c = L \cdot q, \quad (10)$$

де L- довжина решета, м;

q- питома продуктивність, кг/с*м.

Експериментальними дослідженнями [6] встановлено, що питома продуктивність скальператорних робочих органів при сепарації обчисаного вороха риса складає 6,5...7,0 кг/с*м.

Кількість зерносоломистої маси, яку просепарували обидва решета дорівнює:

$$q_g = q_b - q_{вз} \cdot P'_n(t), \quad (11)$$

де $P'_n(t)$ - вірогідність сепарації вороха обома решетами ворохоочисника.

Згідно експериментальних досліджень [6] вірогідність сепарації обчисаного вороха обома решетами ворохоочисника складає 0,99.

Висновки. Отримані аналітичним шляхом з використанням теорії ймовірності дані дозволять визначити продуктивність сепаратора з врахуванням вірогідносної природи його функціонування.

Список використаних джерел

1. Шабанов П. А. Механико-технологические основы обмолота зерновых культур на корню: дис... докт. техн. наук. Мелітополь, 1988. 336 с.

2. Леженкин И. А. Статистический анализ содержания свободного зерна в очесаном ворохе озимой пшеницы. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2013. Вип. 13, т. 2. С. 183-189.

3. Леженкин И. А. Математическая модель содержания соломы в очесаном ворохе озимой пшеницы. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2013. Вип. 13, т. 3. С. 57-62.

4. Леженкин И. А. Статистическая модель содержания половы в очесаном ворохе озимой пшеницы. *Вісник ХНТУСГ імені Петра Василенка*. Харків, 2013. Вип. 132. Технічні системи і технології тваринництва. С. 355-360.

5. Леженкин И. А. Анализ содержания оборванных колосков в очесаном ворохе озимой пшеницы. *Праці Таврійського державного*

агротехнологічного університету. Мелітополь, 2012. Вип. 12, т. 5. С. 149-154.

6. Аблогин Н. Н. Обоснование технологической схемы и параметров устройства для сепарации очесаного вороха риса: дисс... канд. техн. наук. Мелітополь, 1977. 215 с.

7. Шкіндер В. Н. Обоснование параметров и разработка молотильно-сепарирующего устройства перспективных рисоуборочных комбайнов: дисс... канд. техн. наук. Мелітополь, 1991. 226 с.

8. Шкіндер В. Н. Обоснование параметров молотильно-сепарирующего устройства рисоуборочного комбайна очесывающего типа. *Тезисы докладов Всесоюзной научно-технической конференции по современным проблемам земледельческой механики* (г. Мелітополь, 20-22 июня 1989 г.). Мелітополь, 1989. С. 56-57.

9. Леженкін І. О. Обґрунтування параметрів та режимів функціонування робочого органу для сепарації обчисаного вороху пшениці: автореф. дис... канд. техн. наук. Мелітополь, 2017. 20 с.

10. Хан Г., Шапира С. Статистические модели в инженерных задачах. Москва: Мир, 1969. 397 с.

МЕТОДИКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАСЧЕТА СЕПАРАТОРА ОЧЕСАННОГО ВОРОХА ЗЕРНОВИХ

Леженкин А. Н., Михайлов Е. В., Вершков А. А.,
Ивженко А. В., Антонова Г. В.

Аннотация

В статье отмечается, что наиболее эффективным способом уборки зерновых является способ уборки методом очесывания растений на корню с доработкой очесаного вороха на стационаре. Однако широкое широкое внедрение данной технологии сдерживается из-за отсутствия серийно выпускаемых ворохоочистителей для сепарации очесаного вороха. Первым этапом решения данной проблемы является разработка методики технологического расчета ворохоочистителя. В статье приведена методика расчета ворохоочистителя очесаного вороха, в основе которой положена теория вероятностей. В начале рассмотрен расчет ворохоочистителя с учетом вероятностной природы поступления очесаного вороха на доработку, а затем произведен расчет производительности ворохоочистителя с рабочими органами скальператорного типа.

TECHNOLOGIKAL CALCULATION METHOD FOR THE SEPARATOR FOR COMBED GRAIN HEAPS

O. Lezhenkin, E. Mikhailov, O. Vershkov, O. Ivgenko, G. Antonova

Summary

The article notes that grain production is a key branch of agriculture, but its technical equipment is at a low level. The way out of this situation is the introduction of the technology of combing standing plants with the completion of the combed heap at the hospital.

However, the widespread use of this technology is hindered by the lack of commercially available heap cleaners for separating the combed heap of grain. The first step in solving this problem is the development of a technique for the technological calculation of the heap cleaner. Based on this fact, the purpose of this article is to substantiate the methods for calculating the performance of the separator.

A feature of the development of such a technique is the probabilistic nature of the arrival of the combed heap at the stationary point, as well as the complexity of the fractional composition of the combed heap of grain. The combed heap is a four-component mixture of free grain, straw impurities, torn spikelets and chaff. Moreover, each grain crop has its own fractional composition. Thus, free grain winter wheat contains 39 ... 81%, straw impurities 12 ... 54%, chaff 5 ... 14% and torn spikelets 1.2 ... 7.8%.

Therefore, the basis for the development of a methodology for calculating the productivity of a combed heap cleaner was based on the theory of probability.

At the first stage, the calculation of the heap cleaner with the position of its load with a combed heap was considered. In this case, the unevenness of the flow of the combed heap to the stationary point was taken into account. The article discusses two methods for determining the performance of a heap cleaner, the method of successive approximations, and a method based on the assumption that in the arrival of a heap for revision in the daytime hours it changes slightly, and in the morning hours it increases from zero to the daytime maximum. The first method is somewhat cumbersome, while the second is well described by the β -distribution. The article provides a graph of the distribution density, as well as an expression for determining the performance of the combed heap separator.

The article provides a calculation of the performance of a combed heap separator with scalper working bodies.