

УДК 631.354.2.026

## ЙМОВІРНІСНА МОДЕЛЬ ФУНКЦІОНУВАННЯ РОЗПОДІЛЬНИКА ОБЧІСАНОГО ВОРОХУ ЗЕРНОВИХ КОЛОСОВИХ

Леженкін О. М., д.т.н.,

Рубцов М. О., к.т.н.,

Головльов В. А., аспірант\*

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

Тел. (0619) 44-02-17, e-mail: lan2810@mail.ru

**Анотація** – у статті запропонована конструкція розподільника обчисаного вороху зернових колосових, розглянуто його технологічний процес. Приведена методика побудови математичної моделі на підставі теорії масового обслуговування.

**Ключові слова** – ймовірнісна модель, граф станів, інтенсивність, граничні ймовірності, розподільник вороху, обчисування рослин, обчисаний ворох.

*Постановка проблеми.* Як відомо з робіт [1-4] найбільш ефективним методом збирання зернових є обчисування рослин на корені з доробкою обчисаного вороху на стаціонарі. На сьогоднішній день операція обчисування рослин достатньо обґрунтована в роботах Шабанова П. А. [5], Голубєва І. К. [6], Гончарова Б. І. [7], та інших. Є навіть макетні зразки збиральної машини для обчисування рослин [8-11], але процес доробки обчисаного вороху обґрунтований не в повній мірі. Більшість невирішених питань містить в собі сепарація обчисаного вороху, а саме розробка ефективних технічних засобів.

*Аналіз останніх досліджень.* Теоретичні основи та конструкція робочого органу для сепарації обчисаного вороху розглянуті в роботах Леженкіна І. О. [12-15]. Але для того, щоб спроектувати ефективно працюючий ворохоочісник необхідно розробити розподільник обчисаного вороху між верхнім та нижнім решітним станом ворохоочісника.

*Постановка завдання.* Розробити теоретичні передумови для проектування розподільника обчисаного вороху, а саме побудувати ймовірнісну модель функціонування розподільника обчисаного вороху.

---

© Леженкін О. М., Рубцов М. О., Головльов В. А.

\* Науковий керівник – д.т.н., проф. Леженкін О. М.

*Основна частина.* Як відомо обчісаний ворох пшениці являє собою чотирьохкомпонентну суміш, в якій міститься вільного зерна 39...81% [16], полови 5...14% [17], солом'ястих частинок 12...54% [18], обірваних колосків 1,2...7,8% [19]. Поділити несипучу зерносолом'ясту суміш можливо з допомогою додаткового пристрою, який наведено на рис. 1.

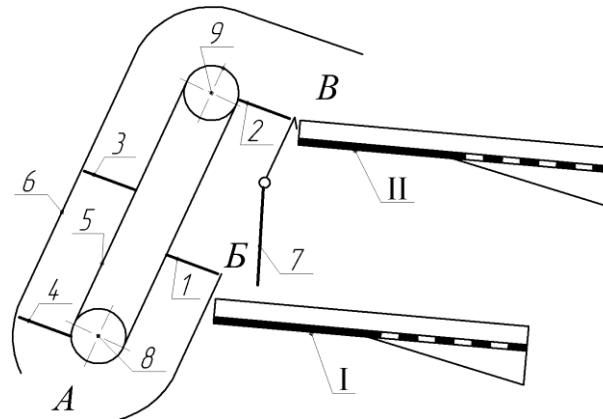


Рис. 1. Технологічна схема розподільника обчісаного вороху зернових колосових

Розглянемо розподільник у спрощеному вигляді, тобто на рис. 1, наведено мінімальну кількість скребків. У реальній ситуації їх може бути більше, але для більш сприятливої подачі інформації кількість скребків зменшено.

Розподільник вороху складається з ланцюгу 5, вдягнутого на ведену 9 та ведучу 8 зірочки. До ланцюгу прикріплені прогумовані скребки 1, 2, 3, 4. Розподільник змонтований в кожусі 6, в якому виконані вікна А, Б, В. Вікно А виконано в зоні заправки скребків ворохом, вікно Б прикривається рухомою заслінкою 7, вікно В постійно відкрито. Вікно А є загрузне вікно, а вікна Б і В – вивантажувальні.

Технологічний процес розподільника здійснюється наступним чином. В зоні А скребок загрузається обчісаним ворохом і рухається вгору. Рухома заслінка 7 може бути відкритою або закритою. Її рух регламентується роботою кулачкового механізму в залежності від кута повороту кулачкового валу. В тому випадку, коли рухома заслінка закрыта скребок, рухається вздовж зони вивантажувального вікна Б, але матеріал не вивантажується. Доходячи до вивантажувального вікна В під дією сили тяжіння ворох вивантажується на верхній решітний стан ІІ.

У той час рухома заслінка 7 відкривається і наступна порція обчісаного вороху вивантажується під дією тієї ж сили тяжіння крізь вивантажувальне вікно Б і потрапляє на нижній решітний стан І. Скребок, з якого матеріал вже вивантажився рухається порожнім в

сторону вивантажувального вікна В. Коли він заходить в зону вікна В, то вивантаження не здійснюється. А потім цикл повторюється. В такий спосіб здійснюється розподіл обчисаного вороху між верхнім та нижнім решітним станом. Технологічний процес розподільника можна представити у вигляді наступного графа (рис. 2).

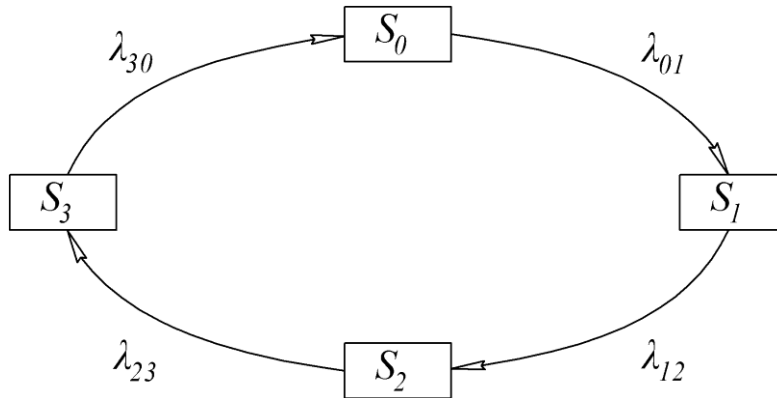


Рис. 2. Граф станів

тут  $S_0, S_1, S_2, S_3$  – стани системи;

$\lambda_{01}, \lambda_{12}, \lambda_{23}, \lambda_{30}$  – інтенсивності.

Виходячи з графу станів (рис. 2) можливі стани системи можна описати наступним чином.

*Стан 0* (рис. 3). Перший і другий скребки рухаються навантаженими обчисаним ворохом. Рухома заслінка починає відкриватися. Третій і четвертий скребки рухаються порожніми в бік зони завантаження.

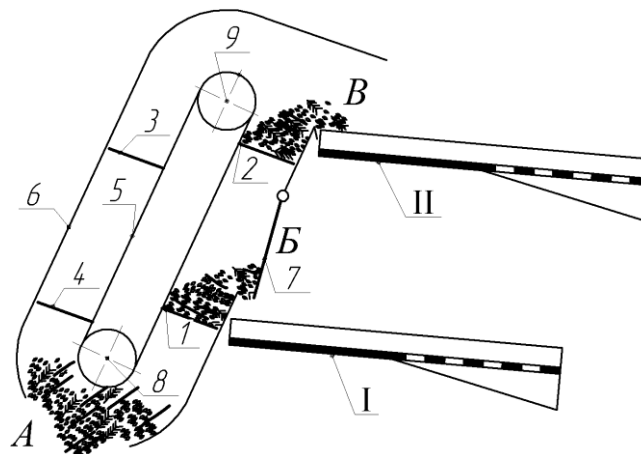


Рис. 3. Стан 0

*Стан 1* (рис. 4). Рухома заслінка відкривається і ворох із першого скребка вивантажується крізь вікно Б. Другий скребок потрапляє в зону постійно відкритого вікна В і також вивантажується. Третій скребок вільно рухається порожнім, а четвертий наближається до зони

завантаження.

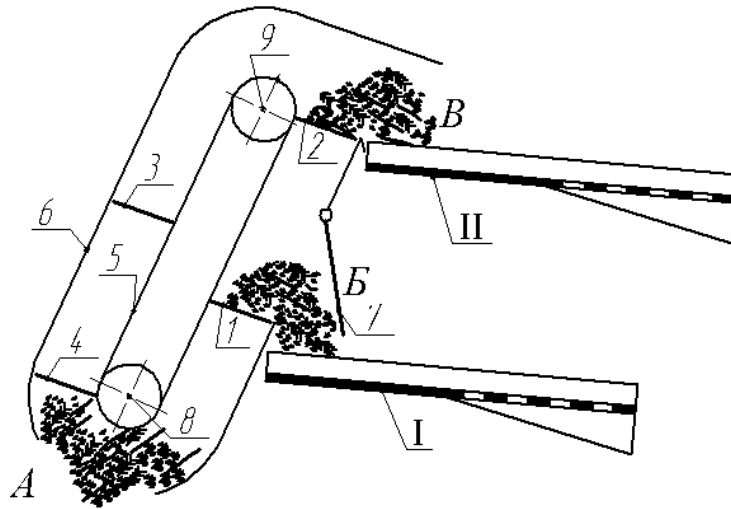


Рис. 4. Стан 1

*Стан 2* (рис. 5). Перший скребок виходить із зони вивантажувального вікна Б порожнім, другий скребок виходить із зони постійно відкритого вікна В порожнім. Рухома заслінка закриває вікно Б. Четвертий скребок завантажується в зоні А. Третій скребок рухається порожнім в бік зони завантаження.

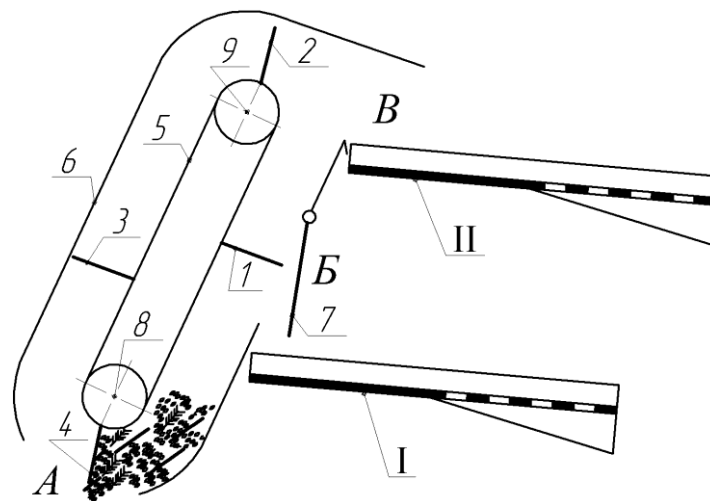


Рис. 5. Стан 2

*Стан 3* (рис. 6). Третій скребок завантажується, четвертий скребок навантажений ворохом рухається вздовж вікна Б рухома заслінка зачинена. Перший скребок порожнім проходить зону постійно відкритого вікна В. Третій скребок завантажується ворохом в зоні А. Другий скребок рухається порожнім.

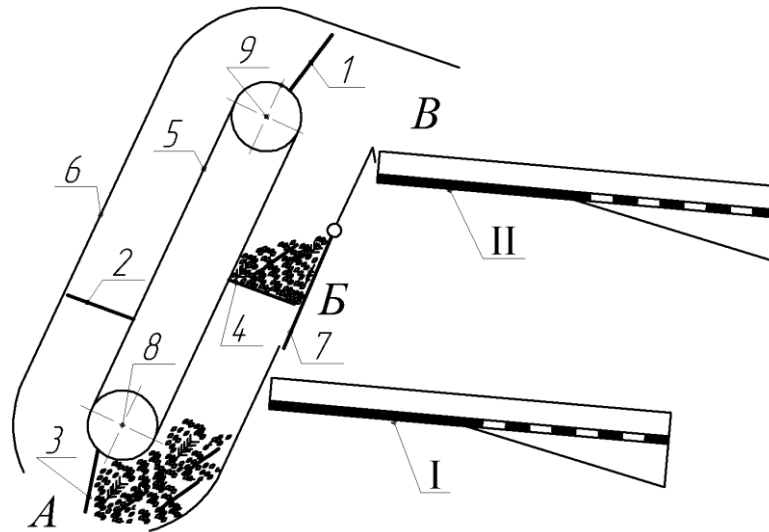


Рис. 6. Стан 3

Оскільки граничні ймовірності сталі, то замінюючи в рівняннях Колмагорова [20, 21] їхні похідні нульовими значеннями, отримаємо систему лінійних алгебраїчних рівнянь, що описують стаціонарний режим:

$$\begin{cases} \lambda_{01}p_0 = \lambda_{30}p_3 \\ \lambda_{12}p_1 = \lambda_{01}p_0 \\ \lambda_{23}p_2 = \lambda_{12}p_1 \\ \lambda_{30}p_3 = \lambda_{23}p_2 \end{cases} \quad (1)$$

де  $p_0, p_1, p_2, p_3$  – ймовірності знаходження розподільника обчисаного вороху у відповідних станах.

Підставляючи в систему (1) значення інтенсивностей і враховуючи, що одне з рівнянь є лінійно залежними від інших, тому замість цього рівняння вводимо нормуючу умову  $p_0 + p_1 + p_2 + p_3 = 1$ .

Тоді система (1) прийме вигляд:

$$\begin{cases} \lambda_{01}p_0 = \lambda_{30}p_3 \\ \lambda_{12}p_1 = \lambda_{01}p_0 \\ \lambda_{23}p_2 = \lambda_{12}p_1 \\ p_0 + p_1 + p_2 + p_3 = 1. \end{cases} \quad (2)$$

Розв'язавши систему, дістанемо її граничні ймовірності в загальному вигляді:

$$p_3 = \frac{\lambda_{01}}{\lambda_{30}} p_0; \quad p_1 = \frac{\lambda_{01}}{\lambda_{12}} p_0;$$

$$p_2 = \frac{\lambda_{12}}{\lambda_{23}} p_1 = \frac{\lambda_{12}}{\lambda_{23}} \cdot \frac{\lambda_{01}}{\lambda_{12}} p_0 = \frac{\lambda_{01}}{\lambda_{23}} p_0.$$

Підставивши значення  $p_1, p_2$  і  $p_3$  в останнє рівняння, матимемо:

$$p_0 + \frac{\lambda_{01}}{\lambda_{12}} p_0 + \frac{\lambda_{01}}{\lambda_{23}} p_0 + \frac{\lambda_{01}}{\lambda_{30}} p_0 = 1;$$

$$p_0 \left( 1 + \frac{\lambda_{01}}{\lambda_{12}} + \frac{\lambda_{01}}{\lambda_{23}} + \frac{\lambda_{01}}{\lambda_{30}} \right) = 1.$$

Звідки отримаємо граничні ймовірності:

$$\begin{aligned} p_0 &= \frac{1}{1 + \frac{\lambda_{01}}{\lambda_{12}} + \frac{\lambda_{01}}{\lambda_{23}} + \frac{\lambda_{01}}{\lambda_{30}}}; \\ p_1 &= \frac{\lambda_{01}}{\lambda_{12}} \cdot \frac{1}{1 + \frac{\lambda_{01}}{\lambda_{12}} + \frac{\lambda_{01}}{\lambda_{23}} + \frac{\lambda_{01}}{\lambda_{30}}}; \\ p_2 &= \frac{\lambda_{01}}{\lambda_{23}} \cdot \frac{1}{1 + \frac{\lambda_{01}}{\lambda_{12}} + \frac{\lambda_{01}}{\lambda_{30}}}; \\ p_3 &= \frac{\lambda_{01}}{\lambda_{30}} \cdot \frac{1}{1 + \frac{\lambda_{01}}{\lambda_{12}} + \frac{\lambda_{01}}{\lambda_{23}} + \frac{\lambda_{01}}{\lambda_{30}}}. \end{aligned} \quad (3)$$

*Висновки.* Встановлено, що підвищення ефективності функціонування ворохоочісника обчисаного вороху зернових колосових можливо за рахунок рівномірної подачі вороху на верхній та нижній решітні стани, для чого запропонована конструкція розподільника обчисаного вороху.

Побудовано модель функціонування розподільника обчисаного вороху зернових, яка встановлює залежність між ймовірністю знаходження розподільника у різних станах та інтенсивностями, що дає можливість за рахунок комп'ютерного моделювання обґрунтувати режими його роботи.

#### *Література*

1. *Леженкин А. Н.* Перспективная технология уборки зерновых для фермерских и крестьянских хозяйств юга Украины / *А. Н. Леженкин* // Актуальные проблемы инженерного обеспечения АПК: междунар. науч. конф. – Ярославль, 2003. – Ч. III. – С. 28-29.

2. *Кушнарёв А. С.* Энергосберегающая технология уборки зерновых для фермерских хозяйств / *А. С. Кушнарёв, А. Н. Леженкин* // Перспективные технологии уборки зерновых культур, риса и семян трав: сб. докл. междунаrod. науч.-техн. конф. / ТДАТУ. – Мелитополь, 2003. – С. 17-21.

3. *Леженкин А. Н.* Энергетическая оценка стационарной технологии уборки зерновой части урожая / *А. Н. Леженкин* // Механиз. и электриф. сел. хоз-ва. – 2007. – №2. – С. 5-7.

4. *Леженкин А. Н.* Формирование стационарной технологии уборки зерновых культур в условиях фермерских хозяйств Украины / *А. Н. Леженкин* // Праці ТДАТУ. – Мелітополь, 2006. – Вип. 40. – С. 195-205.

5. *Шабанов П. А.* Механико-технологические основы обмолота зерновых культур на корню: дис... д-ра техн. наук / *П. А. Шабанов*. – Мелитополь, 1988. – 336 с.

6. *Голубев И. К.* Обоснование основных параметров и режимов работы двухбарабанного устройства для очеса риса на корню:

дис... канд. техн. наук / *И. К. Голубев.* – М., 1989. – 201 с.

7. *Гончаров Б. И.* Исследование рабочего процесса очесывающего устройства для обмолота риса на корню с целью уменьшения потерь зерна: дис... канд. техн. наук / *Б. И. Гончаров.* – М, 1982. – 217 с.

8. *Леженкин А. Н.* Машина с очесывающим устройством / *А. Н. Леженкин* // Сел. механизатор. – 2004. – №12. – С. 2.

9. *Леженкин О. М.* Аналіз виробничої перевірки збиральної машини для фермерських господарств / *О. М. Леженкін, С. М. Григоренко* // Праці ТДАТА. – Мелітополь, 2007. – Вип. 7, т. 2. – С. 194-202.

10. *Леженкин А. Н.* Результаты полевых испытаний полевой уборочной машины для фермерских и крестьянских хозяйств / *А. Н. Леженкин, С. М. Григоренко* // Техніка АПК. – 2007. – №3. – С. 30-32.

11. Пат. 98161 U Україна, МПК А01D41/ 08 (2006. 01) Причіпна збиральна машина / *І. О. Леженкін, С. М. Григоренко* (Україна); заявник і патентоотримувач Таврійський державний агротехнологічний університет. – №U 201408537; заявл. 28.07.2014; опубл. 27.04.2015, бюл. №8.

12. *Леженкин И. А.* Математическое моделирование процесса прохождения зерен через слой очесанного вороха зерновых / *И. А. Леженкин* // Известия Международной академии аграрного образования. – СПб., 2013. – Вып. 19(2013). – С. 59-64.

13. *Леженкин И. А.* Усовершенствование уравнений движения компонентов очесанного вороха зерновых на поверхности плоского решета / *И. А. Леженкин* // Наука: многопроф. науч.-производств. журнал Костанайского инженерно-экономического университета. – Костанай, 2014. – Т. 1. – С. 181-185.

14. *Леженкин И. А.* Математическая модель сепарации зерна через слой очесанного вороха / *И. А. Леженкин* // Проблеми та перспективи сталого розвитку АПК: матер. міжнар. наук.-практ. конф., Мелітополь; 7-14 квітня 2015 року. – Мелітополь, ТДАТУ, 2015. – Т. 4. Технічні науки (ч. 2). – С. 47-49.

15. Пат. 93931 U Україна, МПК В 07 В 1/22 (2006. 01). Очисник обчисаного вороху / *І. О. Леженкін* (Україна); заявник і патентоотримувач Таврійський державний агротехнологічний університет. – №U 201403942; заявл 14.02.2014; опубл. 27.10.2014, бюл. №20.

16. *Леженкин И. А.* Статистический анализ содержания свободного зерна в очесанном ворохе озимой пшеницы / *И. А. Леженкин* // Праці ТДАТУ. – Мелітополь, 2013. – Вип. 13, т. 2. – С. 183-189.

17. *Леженкин И. А.* Статическая модель содержания половы в очёсанном ворохе озимой пшеницы / *И. А. Леженкин* // Технічні системи і технології тваринництва: вісник ХНУСГ. – Харків, 2013. – Вип. 132. – С. 355-360.

18. *Леженкин И. А.* Математическая модель содержания половы в очёсанном ворохе озимой пшеницы / *И. А. Леженкин* // Праці ТДАТУ. – Мелітополь, 2013. – Вип. 13, т. 3. – С. 57-62.

19. *Леженкин И. А.* Анализ содержания оборванных колосков в очесанном ворохе озимой пшеницы / *И. А. Леженкин* // Праці ТДАТУ. – Мелітополь, 2012. – Вип. 12, т. 5. – С. 149-154.

20. *Рубцов М. О.* Теорія ймовірностей, ймовірнісні процеси та математична статистика: навч. посібник / *М. О. Рубцов*. – Мелітополь: МДПУ, 2016. – 486 с.

21. *Кремер Н. Ш.* Теория вероятностей и математическая статистика: учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. / *Н. Ш. Кремер*. – М.: ЮНИТИ – ДАНА, 2004. – 573 с.

## **ВЕРОЯТНОСТНАЯ МОДЕЛЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЯ ОЧЕСАННОГО ВОРОХА ЗЕРНОВЫХ КОЛОСОВЫХ**

Леженкин А. Н., Рубцов Н. А., Головлев В. А.

**Аннотація** – стаття предложена конструкція распределителя очесанного вороха зерновых, рассмотрен его технологический процесс, а также приведена методика построения математической модели на основе теории массового обслуживания.

## **PROBABILISTIC MODEL OF THE FUNCTIONING OF THE COMBED GRAIN HEAP DISTRIBUTOR**

A. Lezhenkin, N. Rubtsov, V. Holovlov

### *Summary*

**The paper proposes the design of the combed grain heap distributor, its technological process is considered. The construction method of the mathematical model based on the mass service theory is presented.**