

УДК 631.354:633.1

С. В. Кюрчев, доц., канд. техн. наук, И. А. Леженкин, асп.⁴

Таврический государственный агротехнологический университет, г. Мелитополь

Статистические модели механико-технологических свойств очесанного вороха озимой пшеницы

В статье приводятся статистические модели в виде распределений случайных величин механико-технологических свойств очесанного вороха зерновых, а также дается их статистический анализ.

статистическая модель, статистические характеристики, плотность распределения случайных величин, очесанный ворох, озимая пшеница, фракционный состав, плотность вороха

С. В. Кюрчев, І.О. Леженкін

Таврійський державний агротехнологічний університет, м. Мелітополь

Статистичні моделі механіко-технологічних властивостей обчисаного вороху озимої пшениці

В статті наводяться статистичні моделі у вигляді розподілів випадкових величин механіко-технологічних властивостей обчисаного вороху зернових, а також дається їх статистичний аналіз.

статистична модель, статистичні характеристики, щільність розподілу випадкових величин, обчисаний ворох, озима пшеница, фракційний склад, щільність вороху

Постановка проблемы. Уборка зерновых культур является ключевой операцией в процессе производства зерна. Она подводит итог всем предыдущим работам, вложенным средствам, и естественно от качественного ее проведения зависит общий успех земледельца. На сегодняшний день уборочный процесс в основном выполняется зерноуборочными комбайнами, однако их общее количество за последние 20 лет уменьшилось в три раза, а физический износ оставшихся значительно увеличился. В хозяйствах преобладают в основном комбайны импортного производства, которые к сожалению многим зернопроизводителям не по карману. Да и отечественные комбайны многим крестьянам приобрести не под силу. Исправить сложившуюся ситуацию можно за счет внедрения технологии очесывания растений на корню. При этом сбор очесанного вороха осуществляют в поле, а его доработку на стационаре [1]. Очесанный ворох представляет собой многокомпонентную смесь, которую невозможно разделять на существующих ворохоочистителях. Поэтому возникает проблема разработки устройства для сепарации очесанного вороха. Решение данной проблемы прямым образом связано с исследованиями механико-технологических свойств очесанного вороха.

Анализ последних публикаций. Работы по обоснованию технологии очесывания растений на корню начаты в ВИСХОМе в 50-е годы прошлого столетия [2], а затем возобновлены в 70-е годы. Пионерам возрождения очеса был Мелитопольский институт механизации сельского хозяйства (ныне Таврический государственный агротехнологический университет). Выполнен колоссальный объем работы, а именно обоснованы научные основы обмолота растений на корню [3], разработаны и исследованы рабочие органы для очеса растений на корню [4, 5, 6]. Физико-механические свойства очесанного вороха рассмотрены в работе [7]. Однако в этих

© С. В. Кюрчев, И. А. Леженкин, 2013

⁴ Научный руководитель – С. В. Кюрчев, доц., канд. техн. наук

работах рассматривается очесанный ворох риса, существенным образом отличающийся от вороха зерновых колосовых культур.

Работы [8, 9 10, 11] посвящены исследованию содержания отдельных компонентов в очесанном ворохе. Для воссоздания общей картины необходимо выполнить статистический анализ механико-технологических свойств очесанного вороха.

Формулирование целей статьи. Построить статистические модели механико-технологических свойств очесанного вороха озимой пшеницы.

Основная часть. Для получения информации о фракционном составе очесанного вороха был проведен полевой эксперимент. Методика проведения эксперимента заключалась в следующем. Уборочный агрегат (рис. 1) [12], состоящий из колесного трактора, прицепной уборочной машины с очесывающими рабочими



Рисунок 1 – Общий вид уборочного агрегата

органами и прицепа для сбора очесанного вороха, выполнял технологический процесс уборки. В результате воздействия очесывающих рабочих органов на соцветия растений получался очесанный ворох, который транспортировался в прицеп. После прохода зачетной делянки агрегат останавливался и из прицепа отбирались пробы. Для получения репрезентативной выборки эксперимент выполнялся в пятикратной повторности и после каждой повторности отбиралось по 10 проб. Общий объем выборки составил

50 значений.

Получение первичной информации о фракционном составе очесанного вороха осуществлялось путем разбора проб, отобранных в полевых условиях.

Дальнейший анализ первичной информации проводился с использованием методов теории вероятностей [13] и математической статистики [14].

Вначале были определены среднеарифметические значения содержания каждого компонента в очесанном ворохе. Результаты расчетов приведены на диаграмме (рис. 2).

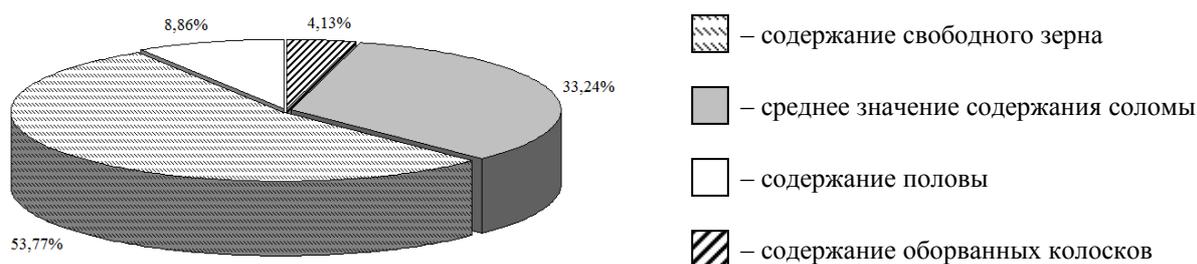


Рисунок 2 – Диаграмма среднеарифметических значений компонентов очесанного вороха пшеницы

Для определения величины рассеивания значений компонентов очесанного вороха были вычислены их среднеквадратические отклонения по формуле [13]:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{X} - X_i)^2}{N-1}} \quad (1)$$

Затем определяем коэффициент вариации содержания каждой фракции в очесанном ворохе, для чего используем формулу [13]:

$$V = \frac{\sigma}{\bar{X}} \times 100\%, \quad (2)$$

где σ – среднеквадратическое отклонение;
 V – коэффициент вариации;
 \bar{X} – среднее значение.

Полученные статистические характеристики содержания каждого компонента в очесанном ворохе приведены на рис. 3.

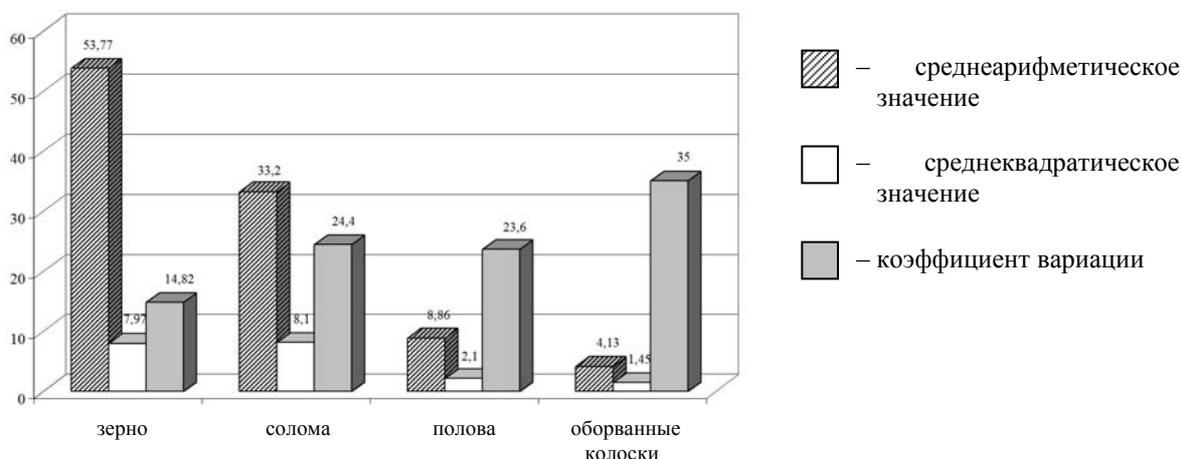


Рисунок 3 – Диаграмма статистических характеристик содержания отдельных компонентов в очесанном ворохе

Анализируя приведенные диаграммы (рис. 2 и рис. 3) следует отметить, что очесанный ворох озимой пшеницы содержит четыре компонента, при этом свободного зерна содержится больше половины 53,77%, соломы и крупных примесей 33,2%, полова 8,86% и оборванных колосков 4,13%. Наибольший разброс значений относительно среднего наблюдается у оборванных колосков, коэффициент вариации составил 35%, наименьшее значение коэффициента вариации у свободного зерна $V = 14,82\%$.

Дальнейшая обработка полученной информации заключалась в нахождении абсолютной и относительной ошибок [13].

$$\Delta X = \frac{\sigma}{\sqrt{N}}, \quad \delta X = \frac{\Delta X}{\bar{X}} \times 100\%, \quad (3)$$

где ΔX – абсолютная ошибка определения среднего арифметического;
 δX – относительная ошибка (показатель точности определения среднего арифметического).

После проведения расчетов оказалось, что среднее арифметическое значение для всех компонентов было определено с достаточной точностью ($\delta X < 5\%$).

Построим кривые плотности распределения вероятностей содержания каждого компонента в очесанном ворохе [13].

Кривые распределения вероятностей фракционного состава очесанного вороха приведены на рисунках 4...7.

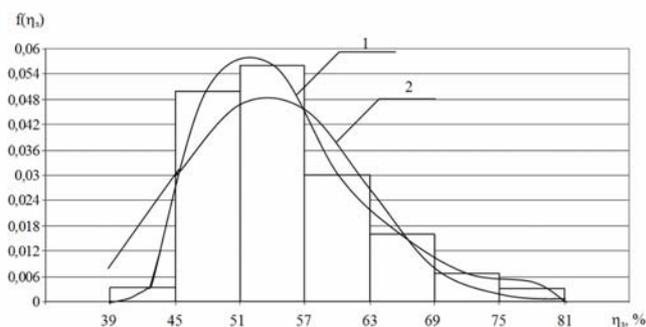


Рисунок 4 – Плотность распределения содержания свободного зерна в очесанном ворохе озимой пшеницы

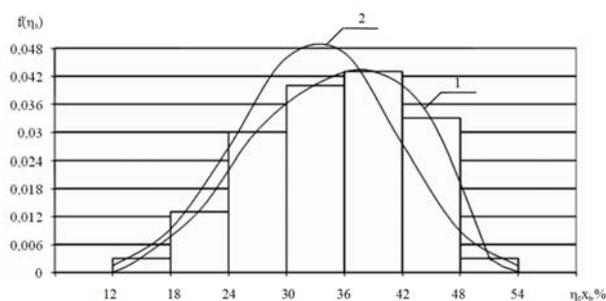


Рисунок 5 – Плотность распределения содержания соломы в очесанном ворохе озимой пшеницы

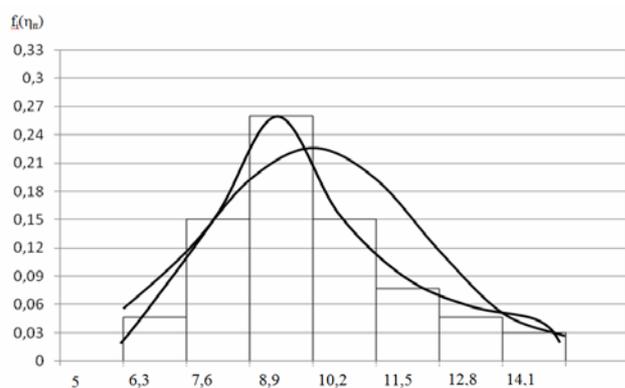


Рисунок 6 – Плотность распределения содержания полова в очесанном ворохе озимой пшеницы

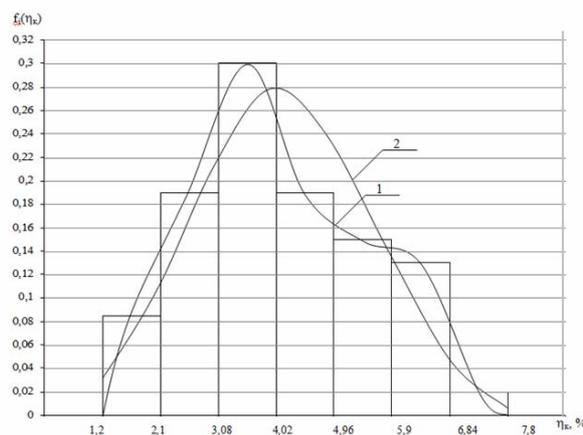


Рисунок 7 – Плотность распределения содержания оборванных колосков в очесанном ворохе озимой пшеницы

Для оценки адекватности полученного закона распределения значений содержания каждого компонента используем критерий Пирсона [13]. Расчет по критерию Пирсона показал, что для всех четырех компонентов значение критерия Пирсона не превышает табличное, т.е. полученные распределения подчиняются нормальному закону. Тогда статистические модели содержания каждого компонента в очесанном ворохе имеют вид:

– для свободного зерна

$$f(\eta_z) = 0,05 \times e^{-\frac{(53,77 - \eta_z)^2}{127}}; \quad (4)$$

– для соломы

$$f(\eta_c) = 0,05 \times e^{-\frac{(33,2 - \eta_c)^2}{131}}; \quad (5)$$

– для половы

$$f(\eta_n) = 0,19 \times e^{-\frac{(8,86-\eta_n)^2}{8,82}}; \quad (6)$$

– для оборванных колосков

$$f(\eta_k) = 0,28 \times e^{-\frac{(4,13-\eta_k)^2}{4,2}}. \quad (7)$$

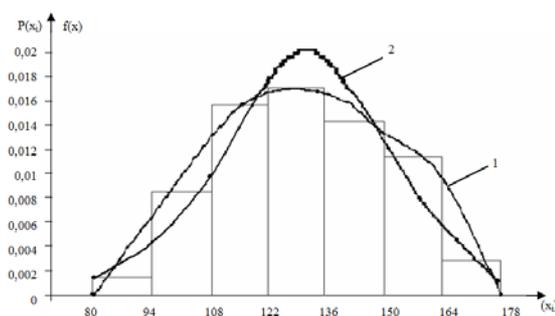
Вторым этапом исследований было определение плотности очесанного вороха. Методика проведения экспериментов заключалась в следующем. В специально изготовленный деревянный ящик размерами 0,5 м × 0,5 м × 0,5 м, отбирались из прицепа пробы очесанного вороха, которые впоследствии взвешивались на весах.

Результаты взвешиваний заносились в журнал первичной информации. Объем выборки составил 50 значений. Были определены по известной методике расчеты статических характеристик плотности очесанного вороха озимой пшеницы, результаты которых представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Статистические характеристики плотности очесанного вороха

№	Наименование статистических характеристик	Единица измерения	Значение
1	Среднеарифметическое значение	кг/м ³	129
2	Среднеквадратическое отклонение	кг/м ³	20,6
3	Коэффициент вариации	%	15,7
4	Абсолютная ошибка определения среднеарифметического значения	кг/м ³	2,91
5	Относительная ошибка определения среднеарифметического значения	кг/м ³	2,26

Строим кривую распределения плотности очесанного вороха (рис. 8).



1 – экспериментальная кривая; 2 – теоретическая кривая

Рисунок 8 – Кривые распределения плотности очесанного вороха

Для проверки адекватности закона распределения используем критерий Пирсона [13]. Расчет показал, что $\chi^2_T > \chi^2_{\alpha}$ (1,145 > 0,013), адекватность полученной статистической модели плотности очесанного вороха пшеницы удовлетворяется.

Статистическая модель плотности очесанного вороха имеет вид:

$$f(x) = \frac{1}{20,6\sqrt{2\pi}} \times e^{-\frac{(129-x)^2}{8,98}}. \quad (8)$$

Третьим этапом исследований явилось установление взаимосвязи между плотностью вороха и содержанием свободного зерна. График зависимости содержания свободного зерна от плотности вороха приведен на рис. 9.

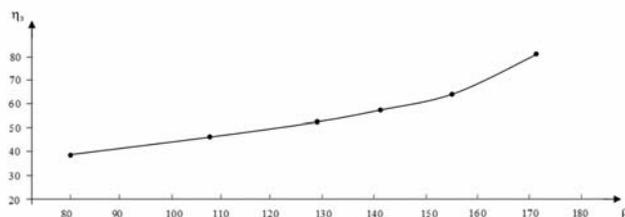


Рисунок 9 – Зависимость содержание свободного зерна от плотности очесанного вороха

Как видно из рис. 9 содержание свободного зерна в очесанном ворохе зависит от его плотности. При увеличении плотности вороха содержание свободного зерна увеличивается по нелинейной зависимости.

Выводы.

1. Выявлено, что среднее значение содержания свободного зерна в очесанном ворохе составляет 53,77%, при этом среднее квадратическое отклонение равно 7,97%, а коэффициент вариации 14,82%.

2. Распределение значений содержания свободного зерна в очесанном ворохе подчиняется нормальному закону, статистическая модель содержания свободного зерна в очесанном ворохе имеет вид: $f(\eta_n) = 0,05 \times e^{-\frac{(53,77-\eta_n)^2}{127}}$.

3. Установлено, что среднее значение содержания соломы в очесанном ворохе составляет 33,2, а среднее квадратическое отклонение равно 8,1% и коэффициент вариации 24,4%.

4. Математическая модель содержания соломы в очесанном ворохе озимой пшеницы имеет вид: $f(\eta_c) = 0,05 \times e^{-\frac{(33,2-\eta_c)^2}{131}}$.

5. Среднее значение содержания полеры в очесанном ворохе озимой пшеницы составило 8,86, при этом среднее квадратическое отклонение равно 2,1%, а коэффициент вариации 23,6%.

6. Значения содержания полеры в очесанном ворохе подчиняется нормальному закону. Статистическая модель имеет вид: $f(\eta_n) = 0,19 \times e^{-\frac{(8,86-\eta_n)^2}{8,82}}$.

7. Определено, что среднее значение содержания оборванных колосков в очесанном ворохе озимой пшеницы составило 4,13%.

8. Выявлено, что среднее квадратическое отклонение содержания оборванных колосков в очесанном ворохе составило 1,45%, при этом коэффициент вариации равен 35%, что свидетельствует о существенном разбросе значений содержания оборванных колосков относительно среднеарифметического.

9. Статистическая модель содержания оборванных колосков в очесанном ворохе озимой пшеницы имеет вид: $f(\eta_k) = 0,28 \times e^{-\frac{(4,13-\eta_k)^2}{4,2}}$.

10. Среднее значение плотности очесанного вороха составляет 129 кг/м³, а среднее квадратическое отклонение равняется 20,6 кг/м³.

11. Статическая модель плотности очесанного вороха имеет вид:

$$f(x) = \frac{1}{20,6\sqrt{2\pi}} \times e^{-\frac{(129-x)^2}{8,98}}$$

12. Установлена корреляционная зависимость между плотностью очесанного вороха и содержанием свободного зерна. С увеличением плотности вороха содержание свободного зерна увеличивается по нелинейному закону.

Список литературы

1. Пат. кор. мод. 20841 Україна, МПК А01D 41/08. Спосіб збирання зернових культур / О. М. Леженкін (Україна). №U200609091; под. 16.08.2006; надр. 15.02.2007, бюл. №2.
2. Машина для обмолота зерновых культур на корню: отчет по НИР / ВИСХОМ; руководитель М. А. Пустыгин. – Тема №1205. – М., 1952. – 71 с.
3. Шабанов П. А. Механико-технологические основы обмолота зерновых культур на корню: дис... докт. техн. наук / П. А. Шабанов; МИМСХ. – Мелитополь, 1988. – 336 с.
4. Повиляй В. М. Исследование процесса уборки селекционных посевов риса методом очесывания метелок на корню и обоснование параметров очесывающего устройства: дис... канд. техн. наук / В. М. Повиляй. – Краснодар, 1980. – 165 с.
5. Данченко Н. Н. Обоснование параметров щеточного устройства для очесывания метелок риса на корню: автореф. дис... канд. техн. наук / Н. Н. Данченко. – Челябинск, 1983. – 15 с.
6. 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.
7. Аблогин Н. Н. Обоснование технологической схемы и параметров устройства для сепарации очесанного вороха риса: дис... канд. техн. наук / Н. Н. Аблогин. – Мелитополь, 1997. – 215 с.
8. 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. 183-187.
9. Леженкин И. А. Математическая модель содержания соломы в очесанном ворохе озимой пшеницы / И. А. Леженкин // Праці ТДАТУ. – Мелітополь, 2013. – Вип. 13. – Т. 3. – С. 57-62.
10. 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.
11. Леженкин И. А. Статистическая модель содержания половы в очесанном ворохе озимой пшеницы / И. А. Леженкин // Вісник ХНТУСГ ім. Петра Василенка. – Харків, 2013. – Вип. №132. Технічні системи і технології тваринництва. – С. 355-360.
12. Леженкин А. Н. Машина с очесывающим устройством. / А. Н. Леженкин // Сел. механизатор. – 2004. – №12. – С. 2.
13. Вентцель Е. С. Теория вероятностей / Е. С. Вентцель. – М.: Изд. Физико-математической литературы, 1962. – 564 с.
14. Боровков А. А. Математическая статистика. Оценка параметров и проверка гипотез / А. А. Боровков. – М.: Наука, 1984. – 472 с.

Sergey Kiurchev, Ivan Lezhenkin

Tavria State Agrotechnological University

Statistic models of mechanical and technological properties of winter wheat combed heap

To build statistic models of mechanical and technological properties of winter wheat combed heap.

A field experiment was carried out to obtain combed heap. A harvesting aggregate included a wheeled tractor, trailed harvesting machine and a trailer for combed heap gathering. The harvester passed a test plot of land.

Then the aggregate stopped and fifty samples have been chosen to define density of the combed heap breakup. Later the samples were sorted out and the primary information about the percentage of every component content was obtained. The primary information has been processed by the probability theory and mathematical statistics methods. Consequently main statistic characteristics of every component content, statistic models in the form of distribution laws of random variables have been got. The same information was obtained for the combed heap.

It was ascertained that the value of the combed heap components content and its density obeyed to the normal distribution law of random variables. The check according Pirson criterion showed that all the received models are adequate.

statistic model, statistic characteristics, the density of random variables distribution, breakup, heap density

Одержано 19.09.13