

УДК 664.72

## АНАЛИЗ ПРОЦЕССА СЕПАРАЦИИ ОЧЕСАННОГО ВОРОХА ЗЕРНОВЫХ

Пастушенко С.И., д.т.н.

*ОП Национального университета биоресурсов и природопользования  
Украины «Бережанский агротехнический институт»*

Тел. (067) 75-07-972

**Аннотация** – изложены результаты анализа процесса сепарации очесанного вороха зерновых и поставлены задачи решение которых повысит эффективность данного процесса.

**Ключевые слова** –очес зерновых, очесанных ворох, сепарация, случайные процессы, фракционный состав вороха.

*Постановка проблемы.* На сегодняшний день основным способом уборки зерновых культур является комбайновая уборка. Однако несмотря на широкое практическое внедрение данный способ имеет ряд существенных недостатков, главным из которых является высокая стоимость комбайнов, значительные энергозатраты на уборочный процесс, потери зерна при уборке, существенное уплотняющее воздействие ходовых систем комбайнов на почву и другие. Устранить данные недостатки позволит технология, основанная на принципе очесывания растений на корню.

Очесывание растений на корню можно выполнять двумя способами, либо в комбайновом варианте, путем повышения очесывающего устройства на комбайны, либо в стационарном.

Стационарный вариант уборки зерновых предполагает очесывание растений уборочной машиной, сбор очесанного вороха в прицепную тележку и транспортировку наполненной ворохом тележки на стационарный пункт, где происходит обработка очесанного вороха [1, 2, 3].

На наш взгляд стационарный вариант более предпочтительный, чем комбайновый, по многим причинам, во-первых, не требуется наличия самого комбайна, во-вторых, затраты энергии на самопередвижение уборочной машины, значительно меньше, чем комбайна с навешенным очесывающим устройством, в-третьих стационарный вариант позволяет перевести ряд операций уборочного процесса на электропривод, тем самым существенно снизить затраты жидкого освет-

ленного топлива.

По данным [4, 5] стационарный способ уборки зерновых культур с применением метода очесывания растений на корню позволит снизить общие энергозатраты на уборку 1 га на 66%, энергозатраты приходящиеся на уборку и транспортировку на зерноток 1 кг зерна – на 45%, а энергозатраты на уборку, транспортировку и скирдование 1 кг соломы – на 35%.

Однако данная технология несмотря на свое явное преимущество не находит пока широкого практического применения, это связано в первую очередь с отсутствием технических средств реализации данной технологии. Если первая операция – очесывание растений на корню достаточно полно рассмотрены в работах Шабанова П. А. [6], Гончарова Б. И. [7], Данченко Н. Н. [8], Голубева И. К. [9] то остальные операции уборочного процесса обоснованы частично. Поэтому возникает проблема обоснования процесса доработки очесанного вороха. И в этой технологической цепи несомненно первоочередной задачей является сепарация очесанного вороха, при этом сепарация здесь рассматривается, как часть уборочного процесса.

*Анализ последних исследований.* Научные основы стационарной технологии уборки заложены в работе Леженкина А. Н. [10], где рассматриваются операции уборочного процесса с использованием теории массового обслуживания. Однако технологический процесс сепарации очесанного вороха там не рассматривается. Разработкой рабочих органов для сепарации очесанного вороха риса занимались Шкиндрер В. Н. [10] и Аблогин Н. Н. [11].

Шкиндрер В. Н. [10] обосновал технологическую схему ротационного сепаратора для сепарации очесанного вороха риса. Ротационный аппарат представлял собою комбинацию штифтового и молотильного барабанов, работающих совместно с сепарирующими решетками.

Недостатком данного рабочего органа является повышенный уровень травмирования зерна, в результате ударного воздействия штифтов на зерновки. Устранить данный недостаток можно за счет использования для сепарации очесанного вороха риса скальператорных рабочих органов. Эта идея была использована Аблогиным Н. Н. Однако данный рабочий орган, непригоден для сепарации очесанного вороха зерновых колосовых, по причине различия фракционного состава очесанного вороха риса и фракционного состава очесанного вороха зерновых колосовых.

*Формулировка целей статьи (постановка задания).* Проанализировать процесс сепарации очесанного вороха и поставить задачи исследований направленных на разработку универсального ворохоочистителя.

*Основная часть.* При воздействии очесывающих рабочих органов на соцветие зерновых культур получается очесанный ворох. Данный ворох включает в себя свободное зерно, грубые соломистые примеси, оборванные колоски (метелки) и полову. У различных сельскохозяйственных культур получается различный фракционный состав. Коренным образом отличается очесанный ворох метелочных культур от колосовых. Так в очесанном ворохе сорго содержится свободного зерна 72...83% [12], в очесанном ворохе риса – 78% [8], а по данным [13] даже 80...92%, в очесанном ворохе проса 87,3% [14], в тоже время согласно результатов исследований [15] свободного зерна в очесанном ворохе озимой пшеницы содержится 35...43%, по данным [15] – 60...61%.

Таким образом при разработке технологической схемы ворохоочистителя необходимо учитывать ворох каких культур он будет обрабатывать – метелочных или колосовых.

Второй фактор, который необходимо учитывать при обосновании процесса сепарации – это вероятностная природа, условий его функционирования, т.е. входные воздействия являются случайными в вероятностно-статистическом смысле. Рассмотрим модель функционирования ворохоочистителя с позиций статистической динамики [17] (рис. 1).

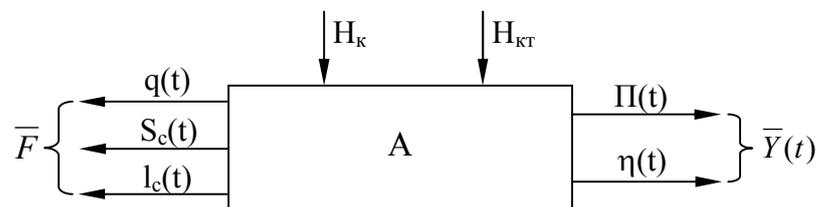


Рис. 1. Модель функционирования

На входе ворохоочистителя действует вектор-функция  $\bar{F}$  внешних воздействий, компонентами которой являются подача очесанного вороха  $q(t)$ , процентное содержание крупных соломистых примесей и оборванных колосков  $S_c(t)$ , а также размерные характеристики сходовой фракции  $l_c(t)$  (главным образом длина соломин).

Выходные параметры описываются вектор-функцией  $\bar{Y}$ , составляющими которой являются производительность  $P(t)$  и качество функционирования ворохоочистителя  $\eta(t)$ , которое определяется количеством соломенных примесей в проходовой фракции.

Рассмотрим более подробно модель функционирования ворохоочистителя (рис. 1).

Полагая некоррелированными входные воздействия модель можно представить в виде двух подсистем, каждая из которых имеет

один выход  $\Pi(t)$  и  $\eta(t)$  и три входа  $q(t)$ ,  $S_c(t)$  и  $l_c(t)$ . Свойства каждой из этих подсистем определяются оператором  $(A_i (i = \Pi, \eta))$ , характеризующим преобразование входных воздействий  $q(t)$ ,  $S_c(t)$  и  $l_c(t)$  в выходные. Оператор  $A(i)$  преобразует входной процесс ворохоочистителя  $F(t)$  в выходной  $Y(t)$  [16] так что:

$$Y(t) = A_i[F(t)]. \quad (1)$$

Процессы  $F(t)$  и  $Y(t)$  являются случайными и задаются множеством их реализаций, т.е.  $F(t) = \{q(t), S_c(t), l_c(t)\}$  и  $Y(t) = \{\Pi(t), \eta(t)\}$ .

ГОСТ 21878-76 определяет оператор системы как правило, по которому каждой реализации входного сигнала ставится в однозначное или взаимно-однозначное соответствии реализации выходного сигнала. При таком определении оператора для каждой модели на рис. 1 можно записать следующие соотношения

$$\begin{cases} \Pi(t) = A_{\Pi}^q[q(t)] + A_{\Pi}^{S_c}[S_c(t)] + A_{\Pi}^{l_c}[l_c(t)] \\ \eta(t) = A_{\eta}^q[q(t)] + A_{\eta}^{S_c}[S_c(t)] + A_{\eta}^{l_c}[l_c(t)] \end{cases} \quad (2)$$

Из выражения (2) видно, что операторы  $A_{\Pi}^i$  и  $A_{\eta}^i$  устанавливают соответствие между входными воздействиями  $q(t)$ ,  $S_c(t)$ ,  $l_c(t)$  и выходными переменными  $\Pi(t)$ ,  $\eta(t)$ .

Управляющими воздействиями в модели являются настроечные конструктивно-технологические параметры  $H_{KT}$  и кинематические параметры  $H_K$ .

Третьим фактором, который необходимо учитывать при разработке конструктивно-технологической схемы ворохоочистителя очесанного вороха является механико-технологические свойства очесанного вороха. Очесанный ворох представляет собой многокомпонентную несипучую смесь (свободное зерно, крупные соломистые примеси, оборванные колоски, полова, мелкие сорные примеси, легкие примеси и т.д.). В классическом смысле просепарировать такую смесь и получить зерно требуемой чистоты невозможно. В данном случае процесс сепарации очесанного вороха можно рассматривать как разделение его на две фракции крупный ворох, включающий в себя соломистые примеси и оборванные колоски и мелкий ворох, состоящий из свободного зерна, половы, мелких примесей, легкой примесей и т.д. Мелкий ворох подлежит дальнейшей обработке на ветрорешетных зерноочистительных машинах, а крупный ворох должен поступать на домолот, с целью выделения зерна из оборванных колосков (метелок).

*Выводы:* В результате анализа установлено, что на процесс сепарации очесанного вороха влияют фракционный состав очесанного вороха, который зависит от вида убираемой культуры (метелочная или колосовая), случайная в вероятностно-статистическом смысле

природа внешних воздействий, механико-технологические свойства очесанного вороха (многокомпонентность его состава, несыпучесть и т.д.). Исходя из изложенного на первом этапе очесанный ворох можно разделить на две фракции крупный ворох и мелкий ворох (зерно с примесями).

Литература:

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

2. *Кушнарев А. С.* Энергосберегающая технология уборки зерновых для фермерских и крестьянских хозяйств / *А. С. Кушнарев, А. Н. Леженкин* // Перспективные технологии уборки зерновых культур, риса и семян трав: сб. докл. междунар. научн.-технич. конф.: сб. докл. междунар. науч.-техн. конф. / ТГАТА. – Мелитополь, 2003. – С. 17-21.

3. Пат. 20841 Україна, МПК А 01 D 41/08.Спосіб збирання зернових культур / *О. М. Леженкін* (Україна) №U200609091; под. 16.08.2006; надр. 15.02.2007, бюл. №2.

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

5. *Леженкин А. Н.* Технологии уборки зерновых культур методом очеса на корню: состояние и перспективы / *А. Н. Леженкин, В. И. Кравчук, А. С. Кушнарев.* – Дослідницькое, 2010. – 400 с.

6. *Шабанов П. А.* Механико-технологические основы обмолота зерновых культур на корню: дис... докт. техн. наук / *П. А. Шабанов.* – Мелитополь – 1988. – 336 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. *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.

9. *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.

10. *Леженкин А. Н.* Методология формирования энерго- и ресурсосберегающей технологии уборки зерновых культур в условиях фермерских хозяйств (на примере Украины): дис. ... докт. техн. наук / *А. Н. Леженкин.* – Санкт-Петербург – Пушкин – Мелитополь, 2008. – 394 с.

11. *Шкиндер В. Н.* Обоснование параметров и разработка моло-

тильно-сепарирующего устройства перспективных рисоуборочных комбайнов: дис... канд. техн. наук / *В. Н. Шкиндер*. – Мелитополь, 1991. – 226 с.

12. *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.

13. Исследование технологии уборки риса методом очеса его на корню: отчет по НИР / МИМСХ; Рук. *П. А. Шабанов*. – тема 32В. – Мелитополь, 1975. – 98 с.

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

15. Разработать и внедрить перспективную технологию уборки зерновых культур в хозяйствах Приазовского района, обеспечивающую повышение производительности в 1,5...2,0 раза, снижение потерь зерна в 2...3 раза; отчет о НИР / МИМСХ; Рук. *В. Н. Цыбульников*. – Мелитополь, 1986. – 67 с.

16. *Цыбульников В. Н.* Результаты исследований уборочной машины / *В. Н. Цыбульников, А. Н. Леженкин, В. В. Масленников* // Совершенствование рабочих органов машин и повышение эффективности их технологических процессов в растениеводстве / ЛСХИ. – Л., 1991. – С. 34-37.

17. *Лурье А. Б.* Статистическая динамика сельскохозяйственных агрегатов / *А. Б. Лурье*. – Л.: Колос, 1970. – 370 с.

## АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ СЕПАРАЦІЇ ОБЧІСАНОГО ВОРОХУ ЗЕРНОВИХ

Пастушенко С. І.

**Анотація** – викладені результати аналізу процесу сепарації обчисаного вороху зернових та поставлені завдання вирішення яких підвищить ефективність даного процесу.

## ANALYSIS OF SEPARATION COMB HEAP OF GRAIN

S. Pastushenko

### *Summary*

**The results of the analysis of process of separation comb heap of grain and set the tasks the solution of which will increase the efficiency of the process.**