

## ПАРАМЕТРЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ПОСЛЕУБОРОЧНОЙ ОБРАБОТКИ ЗЕРНА

*Евгений Михайлов*

*Таврический государственный агротехнологический университет  
Пр. Б. Хмельницкого, 18, Мелитополь, Украина.*

*Eugene Mikhailov*

*Tavria State Agrotechnological University  
B. Khmelnitsky Avenue, 18, Melitopol, Ukraine.*

**Аннотация.** При создании новых технологических комплексов для ПУОЗ необходимо использовать методики, учитывающие реальные условия функционирования машин и оборудования. Наиболее достоверные результаты при этом может дать метод имитационного моделирования, учитывающий комплекс качественных показателей функционирования зерноочистительных машин.

В последних исследованиях установлено, что эффективность функционирования комплекса машин для ПУОЗ плотно взаимосвязана с условиями и работой используемого оборудования. Построение линейных моделей объектов технической оснащенности (ТО) ПУОЗ в некоторой степени искажает физическую сущность явлений, происходящих в системе, однако, это позволяет решать сложные задачи проектирования технологических объектов и проводить качественную и количественную оценку их выходных координат.

Цель работы - подготовка необходимых данных для моделирования программы и составление плана реализации экспериментов по обоснованию параметров ПУОЗ.

В работе приведены параметры функционирования комплекса машин системы послеуборочной обработки зерна (ПУОЗ). В технологической модели функционирования системы ПУОЗ показатели качества работы оборудования тесно взаимосвязаны с вероятностями нахождения на допустимых уровнях: условий работы, технологического состояния системы и внутренних помех. Представлена технологическая модель системы ПУОЗ и модели функционирования зерноочистительных машин (ЗОМ) в виде одной и трех подсистем. Аналитический метод построения математических моделей ЗОМ сводится практически к описанию их рабочих органов и элементов этих органов. При этом возникает сложная задача из-за многочисленных внутренних и внешних сил, действующих на зерновой материал на различных этапах прохождения его по рабочим органам. Так, не учитывается стохастическая природа условий функционирования машин, и получить прогноз показателей качества работы исследуемых объектов в условиях их нормального функционирования является невозможным. Построение линейных моделей объектов ТО ПУОЗ в некоторой степени искажает физическую сущность явлений, происходящих в системе, но, тем не менее, это позволяет решать слож-

ные задачи проектирования технологических объектов и проводить качественную и количественную оценку их выходных координат.

**Ключевые слова:** послеуборочная обработка зерна, материал, модель, показатели функционирования.

### ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

При создании новых технологических комплексов для ПУОЗ необходимо использовать методики, учитывающие реальные условия функционирования машин и оборудования. Наиболее достоверные результаты при этом может дать метод имитационного моделирования, учитывающий комплекс качественных показателей функционирования зерноочистительных машин [1, 2].

### АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

В последних исследованиях установлено, что эффективность функционирования комплекса машин для ПУОЗ плотно взаимосвязана с условиями и работой используемого оборудования. Построение линейных моделей объектов технической оснащенности (ТО) ПУОЗ в некоторой степени искажает физическую сущность явлений, происходящих в системе, однако, это позволяет решать сложные задачи проектирования технологических объектов и проводить качественную и количественную оценку их выходных координат [3-13, 18].

### ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

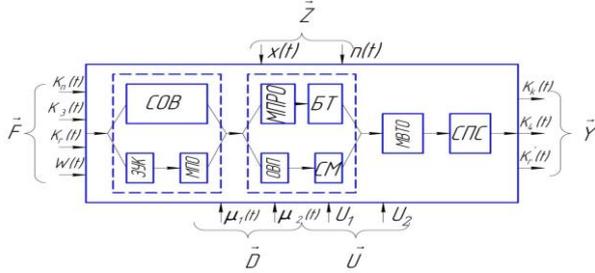
Цель работы – подготовка необходимых данных для моделирования программы и составление плана реализации экспериментов по обоснованию параметров ПУОЗ [1].

### ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

В технологической модели функционирования системы ПУОЗ (рис.1.) Показатели качества работы оборудования тесно взаимосвязаны с вероятностями нахождения на допустимых уровнях: условий работы, технологического состояния системы и внутренних помех.

Для заданной технологической модели функционирования ТО ПУОЗ введены индексы машин, которые служат для обработки материала "Невейка" в отделении, составленном с молотильно - сепари-

рующего устройства, зерноуборочного комбайна (ЗУК) и машины предварительной очистки (МПО), или с экспериментального из молотильно-сепарирующего блока (COB).



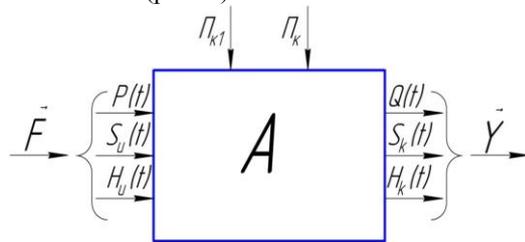
- $\bar{Z}$  – вектор-функция состояния системы;
- $\bar{U}$  – вектор-функция управления;
- $\bar{F}$  – вектор-функция условий работы;
- $\bar{D}$  – вектор-функция внутренних процессов.
- $\bar{Y}$  – вектор-функция показателей помех работы процессов.

**Рис.1.** Технологическая модель системы ПУОЗ  
**Fig. 1.** ANGP System Technological Model

Последующая обработка такого материала или вороха, поступающего от комбайна с поля, может производиться на стационарном комплексе типа ЗАВ, в состав которого входят машина первичной очистки (МПрО) и триерный блок (БТ). В других случаях материал может обрабатываться на ворохоочистителях (ВО) и семяочистительных машинах (СМ). Семенной материал предусматривается дополнительно пропустить через машину вторичной очистки (МВТО) и пневмостол (СПС).

Разработанная модель функционирования ТО ПУОЗ показывает необходимость определения технологических допусков показателей качества работы ЗОМ в условиях их нормального функционирования, что должно быть учтено при разработке методов расчета параметров ТО процесса ПУОЗ.

Рассмотрим модель функционирования отдельно работающей ЗОМ, представленной в виде одной системы (рис. 2).



**Рис. 2.** Модель функционирования зерноочистительной машины в виде одной системы  
**Fig. 2.** The Functioning Model for Grain Cleaning Machine as a Single System

На входе модели действует вектор - функция  $\bar{F}$  условий работы, составляющими которой является подача  $P(t)$ , исходная засоренность  $S_u(t)$ , натура зерна  $H_u(t)$ . Как указано исследованиями, влажность  $W$  исходного зернового материала в южных районах Украины практически не влияет на показатели функционирования ЗОМ (по исключением

риса - зерна). Потери полноценного зерна  $\Pi$  в отходы и эффект очистки  $E_o$  фиксировались в поле заданного допуска.

Выходные параметры представлены вектором - функцией  $\bar{y}_u$  показателей качества работы машины. Это производительность  $Q(t)$ , конечная засоренность  $S_k(t)$  и натура очищенного материала  $H_k(t)$ . Учтены конструктивно – технологические  $\Pi_{k1}$  и кинематические параметры  $\Pi_k$  ЗОМ.

Для оценки качества расчетная схема модели функционирования ЗОМ дополняется вектором регламентирующим работу ворохоочистителя:

$$y_n = \{Qn(t), S_{kn}(t), H_k(t)\}. \quad (1)$$

Отклонения вектора от вектора определяет точность работы ЗОМ [14], причем отклонения:

$$E_T = \bar{y} - \bar{y}_u, \quad (2)$$

образует в общем случае вектор:

$$E_T = \left\{ e \frac{1}{T}(t), e \frac{2}{T}(t), \dots, e \frac{i}{T}(t), \dots, e \frac{i}{T}(t) \right\} \quad (3)$$

Вектор  $\bar{y}_u$  можно рассматривать как исходный вектор некой идеальной машины, что обеспечивает ее функционирование без ошибок ( $E_T = 0$ ) в соответствии с установленными для нее технологическими, эксплуатационными, энергетическими и другими требованиями [14].

Рассмотрим модель функционирования ЗОМ, представленную в виде трех подсистем (рис.3.), каждая из которых имеет один выход  $Q(t)$ ,  $S_k(t)$ ,  $H_k(t)$ , и три входа  $P(t)$ ,  $S_u(t)$ ,  $H_u(t)$ .

Оператор  $A_i$  ( $i=Q, S_k, H_k$ ) определяет особенности каждой из подсистем и характеризует преобразование входных воздействий  $P(t)$ ,  $S_u(t)$ ,  $H_u(t)$  в исходные. Входной процесс  $F(t)$  ЗОМ преобразуется с помощью оператора  $A_j$  в выходной процесс  $y(t)$  так [15]:

$$y_i = A_i[F_i] \quad (4)$$

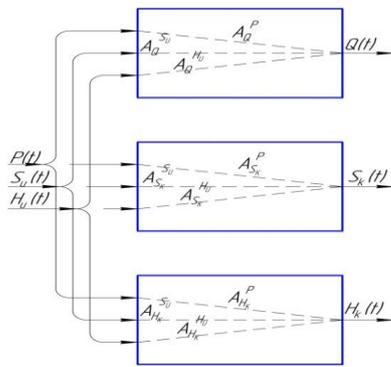
Установлено, что процессы  $F(t)$  и  $y(t)$  являются случайными и задаются множеством их реализаций, то есть:

$$\begin{aligned} \bar{F}(t) &= \{P_t, S_t, H_{u(t)}\} \\ \bar{y}(t) &= \{P_t, S_t, H_{u(t)}\} \end{aligned} \quad (5)$$

Согласно ГОСТ N 21878-76 [17], оператор системы определяет установку, с которой каждой реализация выходящего сигнала ставится в однозначное или взаимнооднозначное соответствие реализации исходного сигнала [15]. Для каждой модели, представленной на рис. 3, при таком определении оператора можно записать следующие соотношения:

$$\begin{aligned} Q(t) &= A_Q^P [P(t)] + A_Q^{S_u} [S_u(t)] + A_Q^{H_u} [H_u(t)] \\ S_k(t) &= A_{S_k}^P [P(t)] + A_{S_k}^{S_u} [S_u(t)] + A_{S_k}^{H_u} [H_u(t)] \\ H_k(t) &= A_{H_k}^P [P(t)] + A_{H_k}^{S_u} [S_u(t)] + A_{H_k}^{H_u} [H_u(t)] \end{aligned} \quad (6)$$

Из этого выражения (6) видно, что операторы  $A_Q^i$ ,  $A_{S_k}^i$ ,  $A_{H_k}^i$  устанавливают соответствие между входными воздействиями  $P(t)$ ,  $S_u(t)$ ,  $H_u(t)$  и исходными переменными  $Q(t)$ ,  $S_k(t)$ ,  $H_k(t)$ .



**Рис. 3.** Модель функционирования зерноочистительной машины в виде трех систем

**Fig. 3.** The Functioning Model for Grain Cleaning Machine as a Triple Subsystem

Аналитический метод построения математических моделей ЗОМ сводится практически к описанию их рабочих органов и элементов этих органов. При этом возникает сложная задача из-за многочисленных внутренних и внешних сил, действующих на зерновой материал при различных этапах прохождения его по рабочим органам.

Так, не учитывается стохастическая природа условий функционирования машин, и получить прогноз показателей качества работы исследуемых объектов в условиях их нормального функционирования является невозможным [19].

В связи с этим построение моделей осуществляется методом идентификации - отождествлении модели объекту - оригиналу по известным "входным" и "выходным" данным [16, 20].

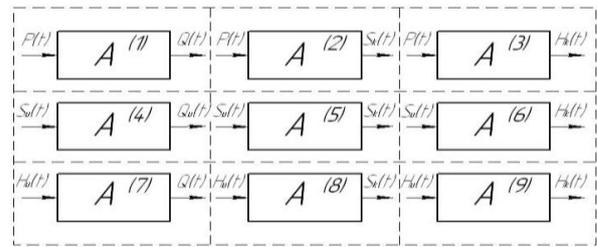
Построение математической модели технологического процесса объекта ПУОЗ (зерноочистительной машины или агрегата) методом идентификации предусматривает следующее. При установившихся режимах работы (с учетом культуры, ее назначения, качества исходного материала, выполнения допусков на показатели функционирования ЗОМ и др.), синхронно отбирают реализации входных и выходных переменных. По этим реализациям определяются оценки оператором  $A$ . Близость оценки оператора  $A$  к его истинному значению определяет соответствие между реальным объектом и моделью.

Количественной оценкой может быть дисперсионная мера идентичности модели [15]:

$$\xi_D = \frac{D_y^1}{D_y}, \quad (7)$$

где  $D_y$  – дисперсия выходной переменной;  $D_y^1$  – часть дисперсии  $D_y$ , которая обусловлена входными переменными  $P(t)$ ,  $S_u(t)$ ,  $H_u(t)$  или дисперсия прогноза.

Для идентификации статических моделей используется регрессионный анализ. Для идентификации динамических моделей используются известные соотношения во временной и частотной области (корреляционные функции, спектральные плотности, амплитудно - частотные характеристики, передаточные функции и др.) [14].



**Рис. 4.** Одномерные расчетные модели  
**Fig. 4.** One-Dimensional Calculated Models

Совокупность названных двух типов моделей дает достаточно исчерпывающие характеристики при исследовании рабочих органов с целью их оптимизации, для прогноза показателей качества работы машин, для составления технических заданий на проектирование и др.

Представим многомерную модель объектов в виде одномерных моделей (рис. 4), используя для этого принцип суперпозиции. Оператор  $A$  (рис. 2.) можно представить при этом совокупностью частных операторов для случая, когда на "входе" и "выходе" по три переменных - соответственно:  $P(t)$ ,  $S_u(t)$ ,  $H_u(t)$  и  $Q(t)$ ,  $S_k(t)$ ,  $H_k(t)$ .

$$A = \{A^{(1)}, A^{(2)}, A^{(3)}, A^{(4)}, A^{(5)}, A^{(6)}, A^{(7)}, A^{(8)}, A^{(9)}\} \quad (8)$$

В случае, если на "входе"  $P(t)$  и  $S_u(t)$ , а на "выходе" три -  $Q(t)$ ,  $S_k(t)$ ,  $H_k(t)$ , то получим выражение:

$$A_0 = \{A_0^{(1)}, A_0^{(2)}, A_0^{(3)}, A_0^{(4)}, A_0^{(5)}, A_0^{(6)}\} \quad (9)$$

Задача построения модели регрессии технологического процесса любой сельскохозяйственной машины сводится к определению оценки условного математического ожидания  $m_{y/f}$  исходной реализации  $y(t)$  относительно фиксированных уровней входной реализации  $f(t)$  [14].

Условное математическое ожидание  $m_{y/f} = M \cdot \left[ \frac{y(t_1)}{f} \right]$  случайного процесса  $y(t)$  относительно

фиксированного значения другого процесса  $F(t) = f$  в фиксированный момент времени  $t_1$  определяется выражением:

$$m_{y/f} = \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} [y_f(y) f; t_1] D_y \quad (10)$$

Это выражение представляет собой функцию регрессии - зависимость условного математического ожидания реализации случайного входного процесса  $y(t)$  от значений реализации случайного выходного процесса  $f(t)$ . Уравнения регрессии могут быть линейными и нелинейными.

Поскольку для решения нашей задачи не выдвигается программа исследований по обоснованию рациональных или оптимальных значений конструктивных, кинематических и других параметров рабочих органов сельскохозяйственных машин, а рассматривается прогнозная задачи по определению показателей качества работы объекта, то остановимся на линейной регрессии.

## ВЫВОДЫ

1. Линейные модели объектов ТО ПУОЗ в некоторой степени искажают физическую сущность явлений, происходящих в системе.

2. Решение сложных задач проектирования

технологических объектов и проведение качественных и количественных оценок их выходных координат возможно на основе линейных моделей.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Михайлов Е. В. 2012. Послеуборочная обработка зерна в хозяйствах юга Украины. Монография. 214. (Украина).
2. Кубышев В. А., Ю. В. Панус 1964. Определение потребного количества машин для обработки зерна на токах. Челябинск, 25 - 30.
1. Киреев М. В., С. М. Григорьев, Ковальчук Ю. К. 1981. Послеуборочная обработка зерна в хозяйствах. М. Колос, 224 .
2. Елизаров В. П. 1977. Предприятия послеуборочной обработки и хранения зерна (расчет на ЕОМ). М. : Колос, 216.
3. Киреев М.В., Дегтев В.М. 1982. Имитационное моделирование при испытаниях зерноочистительно-сушильных комплексов. 80 - 83.
3. Михайлов С. В., Дегтев В. М. 2010. Использование метода имитационного моделирования при обосновании параметров процесса послеуборочной обработки зерна. Вип. 10, Т. 8. Тр.ГДАТУ. 209 - 214.
4. 7.Дегтев В. М. 1984. Обоснование основных параметров технологического оборудования и машин для послеуборочной обработки зер- на в условиях Северо – запада Нечернозем- ной зоны.202.
5. Гозман Г. П., Бабченко В.Д., Зюлин А.Н. 1993. Концепция структурного построения технологических линий обработки семян в элитно-семеноводческих хозяйствах. Науч.-техн. бюл. Всерос. НИИ механизации с. х. Вып. 87. 16 - 18.
6. Шеннон Р. 1978. Имитационное моделирование систем - искусство и наука. 418.
7. 10. Клейнен Дж. 1978.Статистические методы в имитационном моделировании. М.: Мир. Т.1. 560. Т. 2.557.
8. Скирта Б. К. 1990. Имитационное моделирование в управлении сельскохозяйственным производством. 206.
9. Пичугина О.С. 2005. Имитационное моделирование в оценке надежности сложных технических систем.138-141.
10. Манасян С.К. 2008.Имитационное моделирование процессов сушки зерна в зерносушилках сельскохозяйственного назначения. Красноярск, 350.
11. Лурье А.Б.1970. Статистическая динамика сельскохозяйственных агрегатов. 170 .
12. Леженкин А.Н. 1989.Повышение эффективности работы ворохоочистителя за счет интенсификации его технологического процесса. 166.
13. Лурье А.Б. 1981. Основы теории эффективности функционирования рабочих процессов сельскохозяйственных машин и их систем управления. Науч. труды ЛСХИ. Т. 415. 3 - 6.
14. ГОСТ 21878-76. 1976. Случайные процессы и динамические системы. Термины и определения. 33.
15. Пастушенко С., Огиенко Н. 2012. Теоретические аспекты исследования процесса сепарации технологической семенной массы овощебахчевых культур. Motrol. Motoryzacja i energetyka rolnictwa. Lublin. Tom 14. №2.13–20.
16. Думенко К., Огиенко Е. 2012. Моделирование процесса обеспечения надежности зерноуборочных комбайнов.Motrol. Motoryzacja i energetyka rolnictwa. Lublin, Tom 14. №2.51–56.
17. Михайлов Е. В. 2008. Формування оптимальних параметрів средств послеуборочной обработки зерна. Всеукраїнська науко – практична конференція. 70 – 71.(Україна)

#### PARAMETERS OF THE OPERATION POST-HARVEST PROCESSING OF GRAIN

**Summary.** While creating new technological complexes for Post-harvest Care (PHC), methods including real conditions of machinery and equipment operations should be used. At that the most reliable data may be obtained due to the imitation modelling method, accounting for the qualitative characteristics of grain-cleaning machines.

According to the latest researches, efficiency of the Post-harvest Care Machines is heavily tied to the terms and operations of the equipment used. Using linear models of PHC objects falsifies to some extent physical nature of phenomena happening in system, however, it enables to solve difficult tasks of technological objects engineering and estimating qualitative and quantitative characteristics of their exit data.

The purpose of the given project is to prepare necessary data for programme modelling and to make up plans for experiments as to PHC parameters.

In the present project you may trace PHC machines operational parameters. In technological models of PHC system operation the equipment quality factors are dependant on definite levels: working conditions, technological state of system and internal noises. There are technological model of PHC system and models of grain-cleaning machines (GCM) in the form of one and three subsystems correspondingly.

Analytical method of GCM models construction is limited to the description of their working devices and parts of these devices. At that we can face difficulties here because of numerous internal and external forces influencing grain material while its travelling through working devices on different stages.

For instance, stochastic conditions of machine operation is not taken into account, thus it's impossible to predict quality parameters of the objects under research in normal conditions. Using linear models of PHC objects falsifies to some extent physical nature of phenomena happening in system, however, it enables to solve difficult tasks of technological objects engineering and estimating qualitative and quantitative characteristics of their exit data.

**Key words:** Post-harvest Care, material, model, operational data.