

УДК 631.362.3.004.4

РЕГРЕСІЙНІ МОДЕЛІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ПІСЛЯЗБИРАЛЬНОЇ ОБРОБКИ ЗЕРНА

Є. В. Михайлов, Н. О. Задосна

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, Україна.

Стаття зі спеціальності: 133 – галузеве машинобудування.

Кореспонденція авторів: geleantus2017@gmail.com.

Історія статті: отримано – червень 2021, акцептовано – листопад 2021, опубліковано – 17 грудня 2021 року.
Бібл. 17, рис. 4, табл. 0.

Анотація. В роботі наведені регресійні моделі технологічних процесів післязбиральної обробки зерна (ПЗОЗ). У технологічній моделі функціонування системи ПЗОЗ взаємопов'язані показники якості роботи обладнання з вірогідністю знаходження на допустимому рівні умов роботи, технологічного стану системи і внутрішніх перешкод. Представлена технологічна модель системи ПЗОЗ і регресійні моделі функціонування зерноочисних машин (ЗОМ) у вигляді одної і трьох підсистем.

Розроблена технологічна модель функціонування технічної оснащеності (ТО) ПЗОЗ показує необхідність визначення технологічних допусків показників якості роботи зерноочисних машин (ЗОМ) в умовах їх нормального функціонування, що має бути враховано при розробці методів розрахунку параметрів ТО процесу ПЗОЗ.

Регресійні моделі технологічних процесів ПЗОЗ в нормованому вигляді є основою для отримання математичних моделей прогнозу показників якості функціонування машин і агрегатів в польових умовах і проведення машинного експерименту методом імітаційного моделювання.

Ключові слова: післязбиральної обробки зерна, матеріал, модель, показники функціонування.

Постановка проблеми

При створенні нових технологічних комплексів для ПЗОЗ необхідно використовувати методики, що враховують реальні умови функціонування машин і устаткування. Найбільш достовірні результати при цьому може дати метод імітаційного моделювання, що враховує комплекс якісних показників функціонування зерноочисних машин [1, 2].

Аналіз останніх досліджень

В останніх дослідженнях встановлено, що ефективність функціонування комплексу машин для ПЗОЗ щільно взаємопов'язана з умовами та

показниками роботи використовуємого обладнання. Побудова лінійних моделей об'єктів технічної оснащеності ПЗОЗ в деякій мірі спотворює фізичну сутність явищ, що відбуваються в системі, але, проте, це дозволяє вирішувати складні завдання проектування технологічних об'єктів і проводити якісну і кількісну оцінку їх вихідних координат [3-9]

Мета досліджень

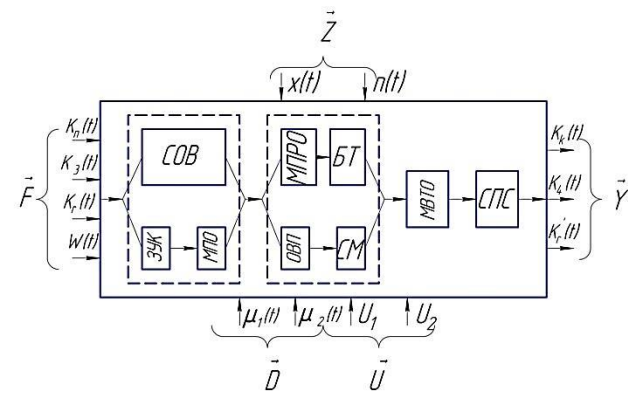
Метою досліджень є підготовка необхідних даних для моделювання програми та складання плану реалізації експериментів по обґрунтуванню параметрів ПЗОЗ.

Результати досліджень

У технологічній моделі функціонування системи ПЗОЗ (рис. 1) Показники якості роботи обладнання тісно взаємопов'язані з вірогідністю знаходження на допустимому рівні умов роботи, технологічного стану системи і внутрішніх перешкод.

Для заданої технологічної моделі функціонування ТО ПЗОЗ введені індекси машин, які служать для обробки матеріалу "Невійка" у відділенні, складеному з молотарно-сепаруючого пристрою, зернозбирального комбайну (ЗУК) та машини попереднього очищення (МПО), або експериментального молотарно-сепаруючого блоку (СОВ).

Подальша обробка такого матеріалу або купи, що надходить від комбайна з поля, може проводитися на стаціонарному комплексі типу ЗАВ, до складу якого входять машина первинного очищення (МПрО) і трієрний блок (БТ). В інших випадках матеріал може оброблятися на ворохоочиснику (ОВП) і зерноочиснику (СМ). Насіннєвий матеріал передбачається додатково пропустити через машину вторинного очищення (МВТО) і пневмостіл (СПС).



$\vec{Z}$ – вектор функція стану системи;

$\vec{F}$ – вектор функція умов роботи;

$\vec{Y}$ – вектор функція показників роботи;

$\vec{U}$ – вектор функція управління;

$\vec{D}$ – вектор функція внутрішніх процесів (перешкод).

Рис. 1. Технологічна модель системи післязбиральної обробки зерна

$\vec{Z}$ – vector of the system state function;

$\vec{F}$ – vector of the function of operating conditions;

$\vec{Y}$ – vector of the function of performance indicators;

$\vec{U}$ – vector of the control function;

$\vec{D}$ – vector of the function of internal processes (noise).

Fig. 1. Technological model of the post-harvest grain processing system

Розроблена технологічна модель функціонування ТО ПЗОЗ показує необхідність визначення технологічних допусків показників якості роботи зерноочисних машин (ЗОМ) в умовах їх нормального функціонування, що має бути враховано при розробці методів розрахунку параметрів ТО процесу ПЗОЗ.

Розглянемо модель функціонування окремо працюючої ЗОМ, представленій у вигляді однієї підсистеми (рис. 2).

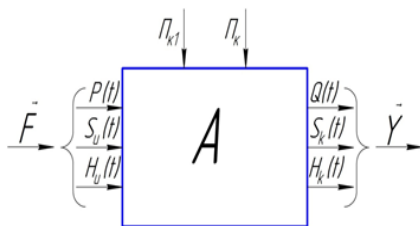


Рис. 2. Модель функціонування зерноочисної машини у вигляді однієї підсистеми.

Fig. 2. Model of functioning of the grain cleaning machine in the form of one subsystem.

Розроблена модель функціонування ТО ПЗОЗ показує необхідність визначення технологічних допусків показників якості роботи ЗОМ в умовах їх нормального функціонування, що має бути враховано при розробці методів розрахунку параметрів ТО процесу ПЗОЗ.

На вході моделі діє вектор-функція умов роботи, складовими якої є подача $P(t)$, вихідна засміченість

$Su(t)$, натура зерна $Hu(t)$. Як зазначено в дослідженнях, вологість W вихідного зернового матеріалу в південних районах України практично не впливає на показники функціонування ЗОМ (за винятком рису-зерна). Втрати повноцінного зерна у відходи і ефект очищення фіксуються в поле заданого допуску.

Вихідні параметри представлені вектором-функцією показників якості роботи машини. Це продуктивність $Q(t)$, кінцева засміченість $Sk(t)$ і натура очищеного матеріалу $Hk(t)$.

Керуючими впливами в моделі прийняті конструктивно-технологічні параметри PK_1 (геометричні розміри і тип ґратчастих отворів, параметри повітряних потоків, ступінь відкриття поживних заслінок і т.п.) і кінематичні параметри решіт, дек, пневмостолів, барабанів трієрів і ін. .

Для оцінки якості розрахунка схема моделі функціонування ЗОМ доповнюється вектором

$$y_n = \{Q_n(t), S_{kn}(t), H_{kn}(t)\}, \quad (1)$$

який регламентує роботу ворохоочисника. Відхилення вектору $\vec{y}$ від вектору $\vec{y}_i$ визначає точність роботи ЗОМ [14], причому відхилення

$$E_t = \vec{y} - \vec{y}_i, \quad (2)$$

утворює в загальному випадку вектор

$$E_m = \{e_m^1(t), e_m^2, \dots, e_m^i(t), \dots, e_m^l(t)\} \quad (3)$$

Вектор можна розглядати як вихідний вектор якоїсь ідеальної машини, що забезпечує її функціонування без помилок ($E_t = 0$) відповідно до встановлених для неї технологічними, експлуатаційними, енергетичними та іншими вимогами [14].

Розглянемо модель функціонування ЗОМ, представлену в вигляді трьох підсистем (рис. 3.), Кожна з яких має один вихід $Q(t)$, $Sk(t)$, $Hk(t)$, і три входи $P(t)$, $Su(t)$, $Hu(t)$.

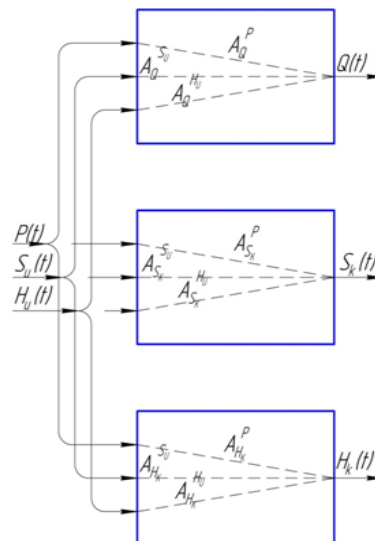


Рис. 3. Модель функціонування зерноочисної машини у вигляді трьох підсистем.

Fig. 3. Model of functioning of the grain cleaning machine in the form of three subsystems.

Оператор A_i ($i = Q, Sk, Hk$) визначає властивості кожної з підсистем і характеризує перетворення вхідних впливів $P(t)$, $Su(t)$, $Hu(t)$ на вихідні. Вхідний

процес $F(t)$ ЗОМ перетворюється за допомогою оператора A_i в вихідний процес $y(t)$ так [15]:

$$y_{(t)} = A_i[F_{(t)}], \quad (4)$$

Встановлено, що процеси $F(t)$ і $Y(t)$ є випадковими і задаються безліччю їх реалізацій, тобто

$$\vec{F}_{(t)} = \{P_{(t)}, S_{(t)}, H_{u(t)}\} \\ \vec{Y}_{(t)} = \{Q_{(t)}, S_{k(t)}, H_{k(t)}\} \quad (5)$$

Оператор системи визначає установку, по якій кожної реалізації вхідного сигналу ставляться у однозначну або взаємоднозначну відповідність реалізації вихідного сигналу [15]. Для кожної моделі, представленій на рис. 3, при такому визначенні оператора можна записати наступні співвідношення:

$$Q(t) = AQP[P(t) + AQS_u[S_u(t)] + AQH_u[H_u(t)] \\ Sk(t) = APSk[p(t) + ASuSk[S_u(t)] + ASkHu[H_u(t)] \\ Hk(t) = APHk[p(t) + ASuHk[S_u(t)] + AHkHu[H_u(t)]] \quad (6)$$

З цього виразу (6) видно, що оператори AQ_i , ASK_i , AHK_i встановлюють відповідність між вхідними впливами $P(t)$, $S_u(t)$, $H_u(t)$ і вихідними змінними $Q(t)$, $Sk(t)$, $Hk(t)$.

Аналітичний метод побудови математичних моделей ЗОМ зводиться практично до опису їх робочих органів і навіть елементів цих органів. При цьому виникає складна задача через численні внутрішні і зовнішні сил, що діють на зерновий матеріал при різних етапах проходження його по робочих органах. Так, до уваги береться стохастична природа умов функціонування машин, і отримати прогноз показників якості роботи досліджуваних об'єктів в умовах їх нормального функціонування при використанні аналітичного методу неможливо [17].

У зв'язку з цим побудова моделей здійснюється методом ідентифікації – ототожненні моделі об'єкту-оригіналу по відомим "вхідними" і "вихідними" даними [16].

Побудова математичної моделі технологічного процесу об'єкта ПУОЗ (зерноочисної машини або агрегату) методом ідентифікації передбачає наступне. При сталих режимах роботи (з урахуванням культури, її призначення, якості вихідного матеріалу, виконання допусків на показники функціонування ЗОМ і ін.), синхронно відбирають реалізації вхідних і вихідних змінних. За цих реалізацій визначаються оцінки оператором A . Близькість оцінки оператора A до його істинного значення визначає відповідність реального об'єкту і моделі.

Кількісною оцінкою може бути дисперсійна міра ідентичності моделі [15]:

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

де D_y – дисперсія вихідної змінної;

D_y^1 – частина дисперсії D_y , обумовлена вхідними змінними $P(t)$, $S_u(t)$, $H_u(t)$ або дисперсія прогнозу.

Для ідентифікації статичних моделей використовується регресійний аналіз. Для ідентифікації динамічних моделей використовуються відомі співвідношення в тимчасовій і частотній областях (кореляційні функції, спектральні щільності, амплітудно-частотні характеристики, передавальні функції та ін.) [14].

Сукупність названих двох типів моделей дає досить вичерпні характеристики при дослідженні

робочих органів з метою їх оптимізації, для прогнозу показників якості роботи машин, для складання технічних завдань на проектування та ін.

Уявімо багатовимірну модель об'єктів у вигляді одновимірних моделей (рис. 4.), використовуючи для цього принцип суперпозиції. Оператор A (рис. 2.) можна уявити при цьому сукупністю приватних операторів для випадку, якщо на "вході" і "виході" по три змінних – відповідно: $P(t)$, $S_u(t)$, $H_u(t)$ і $Q(t)$, $Sk(t)$, $Hk(t)$.

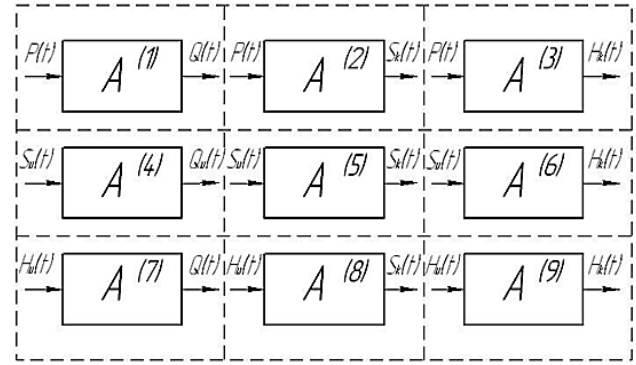


Рис. 4. Одновимірні розрахункові моделі

Fig. 4. One-dimensional calculation models

$$A = \{A_0^{(1)}, A_0^{(2)}, A_0^{(3)}, A_0^{(4)}, A_0^{(5)}, A_0^{(6)}, A_0^{(7)}, A_0^{(8)}, A_0^{(9)}\} \quad (8)$$

У разі, якщо на "вході" дві змінні $P(t)$ і $S_u(t)$, а на "виході" три – $Q(t)$, $Sk(t)$, $Hk(t)$, то отримаємо вираз:

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

Завдання побудови моделі регресії технологічного процесу будь-якої сільськогосподарської машини зводиться до визначення оцінки умовного математичного очікування $m_{y/f}$ вихідної реалізації $y_{(t)}$ відносно фіксованих рівнів вхідних реалізацій $f_{(t)}$ [14].

Умовне математичне сподівання $m_{y/f} = M \cdot \left[\frac{y(t)}{f} \right]$ випадкового процесу $y_{(t)}$ по фіксованому значенню іншого процесу $F_{(t)} = f$ у фіксований момент часу t_1 визначається виразом:

$$m_{y/f} = \int_{-\infty}^{\infty} [yf(y)f; t_1] dy. \quad (10)$$

Цей вираз представляє функцію – регресію – залежність умовного математичного очікування реалізації випадкового вхідного процесу $y_{(t)}$ від значень реалізації випадкового вихідного процесу $f_{(t)}$. Рівняння регресії можуть бути лінійними і нелінійними.

Оскільки для вирішення нашої задачі не висувається програма досліджень по обґрунтуванню раціональних або оптимальних значень конструктивних, кінематичних і інших параметрів робочих органів сільськогосподарських машин, а розглядається прогнозне завдання з визначення показників якості роботи об'єкту, то зупинимося на лінійній регресії.

Рівняння лінійної регресії реалізації $y_{(t)}$ стаціонарного випадкового процесу щодо значення f_i реалізації $f_{(t)}$ іншого випадкового процесу має вигляд [196]:

$$m_{y/f} = m_y + \frac{S_y R_{yf}}{S_f} (f - m_f), \quad (11)$$

де m_y і m_f – середні значення вхідних і вихідних процесів;

S_y і S_f – середньоквадратичне відхилення;

R_{yf} – значення коефіцієнта кореляції.

Якщо уявити

$$\frac{S_y R_{yf}}{S_f} = b$$

$$m_y - b m_f = a,$$

тоді

$$m_{y/f} = a + b f, \quad (12)$$

де a і b – коефіцієнти лінійної регресії.

Значення коефіцієнтів a і b обчислюється відомими методами (наприклад, методом найменших квадратів).

Використовуючи принцип суперпозиції, багатовимірну математичну модель об'єкта можна уявити як сукупність його одновимірних моделей.

Таким чином, багатопараметричну регресійну модель технологічного процесу досліджуваного об'єкта з трьома вхідними та вихідними перемінними, з урахуванням виразу (7), можна представити у вигляді:

$$\left. \begin{aligned} m_{Q/P} &= a_{PQ} + b_{PQ} \cdot P \\ m_{S_k/P} &= a_{PS_k} + b_{PS_k} \cdot P \\ m_{H_k/P} &= a_{PH_k} + b_{PH_k} \cdot P \\ m_{Q/S_u} &= a_{S_u Q} + b_{S_u Q} \cdot S_u \\ m_{S_k/S_u} &= a_{S_u S_k} + b_{S_u S_k} \cdot S_u \\ m_{H_k/S_u} &= a_{S_u H_k} + b_{S_u H_k} \cdot S_u \\ m_{Q/H_u} &= a_{H_u Q} + b_{H_u Q} \cdot H_u \\ m_{S_k/H_u} &= a_{H_u S_k} + b_{H_u S_k} \cdot H_u \\ m_{H_k/H_u} &= a_{H_u H_k} + b_{H_u H_k} \cdot H_u \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

Для об'єкта з двома вхідними і трьома вихідними змінними багатопараметричну регресійну модель, з урахуванням виразу (10), можна уявити так:

$$\left. \begin{aligned} m_{Q/P} &= a_{PQ} + b_{PQ} \cdot P \\ m_{S_k/P} &= a_{PS_k} + b_{PS_k} \cdot P \\ m_{H_k/P} &= a_{PH_k} + b_{PH_k} \cdot P \\ m_{Q/S_u} &= a_{S_u Q} + b_{S_u Q} \cdot S_u \\ m_{S_k/S_u} &= a_{S_u S_k} + b_{S_u S_k} \cdot S_u \\ m_{H_k/S_u} &= a_{S_u H_k} + b_{S_u H_k} \cdot S_u \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

Отримані математичні моделі застосовні до об'єктів, дослідженими нами в умовах нормального функціонування при випробуваннях їх в південному регіоні України.

Висновки

1. Регресійні моделі технологічних процесів ПЗОЗ в нормованому вигляді є основою для отримання математичних моделей прогнозу показників якості функціонування машин і агрегатів в польових умовах і проведення машинного експерименту методом імітаційного моделювання.

Список літератури

1. Михайлов Е. В. Методология обоснования состава и функциональных параметров технических средств послеуборочной обработки зерна (на примере Юга Украины) дис.. док. техн. наук: 05.05.11. Мелітополь, 2014. 413 с.
2. Михайлов Є. В. Післязбиральна обробка зерна у господарствах півдня України (монографія). Мелітополь. Люкс. 2012. 260 с.
3. Киреев М. В., Григорьев С. М., Ковальчук Ю. К. Послеуборочная обработка зерна в хозяйствах. Ленинград. Колос. 1981. 224 с.
4. Елизаров В. П. Предприятия послеуборочной обработки и хранения зерна (расчет на ЕОМ). Москва. Колос, 1977. 216 с.
5. Киреев М. В., Дегтев В. М. Имитационное моделирование при испытаниях зерноочистительно-сушильных комплексов. Повышение эффективности технологических процессов и совершенствование рабочих органов сельскохозяйственных машин. Ленинград. 1982. С. 80-83.
6. Михайлов Е. В. Дегтев В. М. Использование метода имитационного моделирования при обосновании параметров процесса послеуборочной обработки зерна. Праці ТДАТУ. Мелітополь. 2010. Вип. 10. Т. 8. С. 209-214.
7. Дегтев В. М. Обоснование основных параметров технологического оборудования и машин для послеуборочной обработки зерна в условиях Северо-запада Нечерноземной зоны: дис... канд. техн. наук: 05.20.01. Ленинград. 1984. 202 с.
8. Пичугин О. С. Имитационное моделирование в оценке надежности сложных технических систем. Вестник ФГОУ ВПО МГАУ, 2005. №3. С. 138-141.
9. Манасян С. К. Имитационное моделирование процессов сушки зерна в зерносушилках сельскохозяйственного назначения: дис... докт. техн. наук. Красноярск. 2008. 350 с.
10. Лурье А. Б. Статистическая динамика сельскохозяйственных агрегатов. Ленинград. Колос. 1970. 170 с.
11. Лурье А. Б. Основы теории эффективности функционирования рабочих процессов сельскохозяйственных машин и их систем управления. Науч. труды ЛСХИ. 1981. Т. 415. С. 3-6.
12. Пастушенко С., Огиенко Н. Теоретические аспекты исследования процесса сепарации технологической семенной массы овощебахчевых культур. Motrol, Motoryzacja i energetyka rolnictwa. Lublin. 2012. Vol. 14(2). P. 13-20.
13. Думенко К., Огиенко Е. Моделирование процесса обеспечения надежности зерноуборочных комбайнов. Motrol. Motoryzacja i energetyka rolnictwa. Lublin. 2012. Vol. 14(2). P. 51-56.
14. Mikhailov E., Postnikova M., Zadosnaia N., Afanasyev O. Methodological Aspects of Determining Parameters of a Scalper-Type Air-Sieved Separator Airflow. Springer Nature: Switzerland AG. 2019. P.133-137.
15. Postnikova M., Mikhailov E., Nesterchuk D., Rechina O. Energy saving in the technological process of

the grain grinding. Springer Nature: Switzerland AG. 2019. P. 395-403.

16. Mykhailov Ye. Economic and Technical Efficiency of Sunflower Seed Treatment. Monograph, Warszawa. 2020. 158 p.

17. Kharchenko S., Kovalyshyn S., Zavgorodniy A., Kharchenko F., Mikhaïlov E. Effective sifting of flat seeds through sieve. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2019. Vol. 58. № 2. P. 17-26.

References

1. Mikhaïlov E. V. (2014). Methodology of substantiation of the composition and functional parameters of technical means of post-harvest grain processing (on the example of the South of Ukraine) dis...doc. tech. sciences: 05.05.11. Melitopol, 413.

2. Mikhaïlov E. V. (2012). Post-harvest grain processing in the farms of the south of Ukraine (monograph). Melitopol. 260.

3. Kireev M. V., Grigoriev S. N., Kovalchuk Yu. K. (1981). Post-harvest processing of grain on farms. Kolos, 224.

4. Elizarov V. P. (1977). Enterprises of post-harvest processing and storage of grain (computer calculations). Moscow. Kolos. 216.

5. Kireev M. V., Degtev V. M. (1982). Simulation modeling when testing grain cleaning and drying complexes. Increasing the efficiency of technological processes and improving the working bodies of agricultural machines. 80-83.

6. Mikhaïlov E. V., Degtev V. M. (2010). The use of the method of imitation modeling in the substantiation of the parameters of the post-harvest processing of grain. Labor TDATU. 10(8). 209-214.

7. Degtev V. M. (1984). Substantiation of the main parameters of technological equipment and machines for post-harvest processing of grain in the conditions of the North-West of the non-chernozem zone: dis...cand. tech. sciences: 05.20.01. 202.

8. Pichugina A. S. (2005). Simulation modeling in assessing the reliability of complex technical systems. Bulletin of FGOU VPO MGAU. 3. 138-141.

9. Manasyan S. K. (2008). Simulation modeling of grain drying processes in agricultural grain dryers: dis...dokt. tech. sciences. 350.

10. Lurie A. B. (1970). Statistical dynamics of agricultural aggregates. Kolos. 170.

11. Lurie A. B. (1981). Fundamentals of the theory of the efficiency of functioning of working processes of agricultural machines and their control systems. Proceedings of the Leningrad Agricultural Institute. 415. 3-6.

12. Pastushenko S., Ogienko N. (2012). Theoretical aspects of the study of the separation process of the technological seed mass of vegetable and melon crops. Motrol, Motoryzacja i energetyka rolnictwa. 14(2). 13-20.

13. Dumenko K., Ogienko E. (2012). Modeling of the process of ensuring the reliability of grain harvesters. Motrol. Motoryzacja i energetyka rolnictwa. 14(2). 51-56.

14. Mikhaïlov E., Postnikova M., Zadosnaia N., Afanasyev O., (2019). Methodological Aspects of

Determining Parameters of a Scalper-Type Air-Sieved Separator Airflow. Springer Nature: Switzerland AG. 133-137.

15. Postnikova M., Mikhaïlov E., Nesterchuk D., Rechina O. (2019). Energy saving in the technological process of the grain grinding. Springer Nature: Switzerland AG. 395-403.

16. Mykhailov Ye. (2020). Economic and Technical Efficiency of Sunflower Seed Treatment. Monograph. Warszawa. 158.

17. Kharchenko S., Kovalyshyn S., Zavgorodniy A., Kharchenko F., Mikhaïlov E. (2019). Effective sifting of flat seeds through sieve. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 58(2). 17-26.

РЕГРЕСИОННЫЕ МОДЕЛИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПОСЛЕУБОРОЧНОЙ ОБРАБОТКИ ЗЕРНА

Е. В. Михайлов, Н. А. Задосная

Аннотация. В работе приведены регрессионные модели технологических процессов послеуборочной обработки зерна (ПУОЗ). В технологической модели функционирования системы ПУОЗ взаимосвязанные показатели качества работы оборудования с вероятностями нахождения на допустимом уровне условий работы, технологического состояния системы и внутренних помех. Представлена технологическая модель системы ПУОЗ и регрессионные модели функционирования зерноочистительных машин (ЗОМ) в виде одной и трех подсистем.

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

Регрессионные модели технологических процессов ПУОЗ в нормированном виде являются основой для получения математических моделей прогноза показателей качества функционирования машин и агрегатов в полевых условиях и проведения машинного эксперимента методом имитационного моделирования.

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

REGRESSION MODELS OF TECHNOLOGICAL PROCESSES POST-HARVESTING GRAIN

E. V. Mikhaïlov, N. A. Zadosnaya

Abstract. The paper presents the regressive models of technological processes of post-harvest grain processing (PHGP). In the technological model of the functioning of the EMP system, there are interrelated indicators of the quality of equipment operation with the probability of being at acceptable levels of operating conditions, the technological state of the system and internal obstacles. Presented is a technological model of the PHGP system

and regressive models of the functioning of grain cleaning machines in the form of one and three subsystems.

The developed technological model of the functioning of the technical equipment of the PHGP shows the need to determine the technological tolerances of the performance indicators of the grain cleaning machine in the conditions of their normal functioning, should be taken into account when developing methods for calculating the parameters of the technical equipment process of the PHGP.

Regressive models of technological processes of the PHGP in a normalized form is the basis for obtaining mathematical models for predicting the quality indicators of the functioning of machines and units in field conditions and for carrying out a machine experiment by the method of simulation.

Key words: post-harvest grain processing, material, model, performance indicators.

Є. В. Михайлов ORCID 0000-0001-9906-6699.

Н. О. Задосна ORCID 0000-0001-7780-235X.