



УДК. 631.362.3.004.4

## МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНЫХ МАШИН И АГРЕГАТОВ

Михайлов Е.В., д.т.н.,<sup>1</sup>Волик Б.А., к.т.н.<sup>2</sup><sup>1</sup>Таврический государственный агротехнологический университет<sup>2</sup>Днепропетровский государственный аграрно-экономический университет

Тел. (0619) 421265

**Аннотация** – в статье представлены методические аспекты прогнозирования показателей качества функционирования зерноочистительных машин и агрегатов агропредприятий Юга Украины.

**Ключевые слова:** методика, прогнозирование, показатели качества, зерноочистительные машины, агрегаты.

*Постановка проблемы.* При обосновании параметров технической оснащённости процесса послеуборочной обработки зерна (ПУОЗ) используются многолетние значения производства зерна в хозяйствах и среднесуточной производительности зерноочистительных машин и агрегатов. В реальных же условиях часто имеет место несогласованность типа агрегата или модели машины потребностям хозяйства. Это происходит вследствие того, что зерноочистительные машины представляют собой сложные многомерные динамические системы с входными и выходными процессами в виде случайных функций времени. Между тем, в основе всех почти без исключения, методик испытаний лежат статические модели машин. Этим и можно объяснить то, что в ряде случаев машины, рекомендованные к производству по результатам испытаний, оказываются недостаточно надёжными в условиях нормальной эксплуатации.

*Анализ последних исследований.* В некоторых научных статьях предлагается использовать методы экстраполяции и экспертных оценок. Это представляет собой этап решения отдельных задач прогнозирования, но не учитывает связи характеристик отдельных технических средств. Методы моделирования при этом необоснованно исключены [1, 2].



Установлено, что недостаточная временная глубина обоснований и дефицит прогнозной информации приводят к неверным оценкам, а принятые на их основе плановые решения - к диспропорциям, устранение которых вызывает значительные затраты на их устранение в последствии.

Без прогноза невозможно достичь ясности в иерархии целей, выявить полный круг затрат, установить комплекс согласованных во времени подцелей для достижения конечного результата.

Прогноз развития зерноочистительных машин и агрегатов требует системного анализа, что позволяет существенно уменьшить субъективность решений и получить количественные оценки путем формализации задач, построения их математических моделей, выявления необходимой информации при анализе и интерпретации полученных результатов решений на базе этих моделей.

Особую научную ценность имеют методы математического моделирования, которые, однако, для целей прогнозирования разработаны еще недостаточно. Для решения поставленной задачи используется метод идентификации, в основе которого лежат положения статистической динамики [3-10].

*Цель исследований* – разработка методов расчета параметров технической оснащенности процесса ПУОЗ и качества работы агрегатов с учетом вероятностной природы условий их функционирования.

*Основная часть.* Машина, агрегат работают в условиях случайных воздействий в вероятностно-статистическом смысле. При этом входные воздействия перерабатываются в качественные технологические или энергетические выходные показатели. Получается математическая связка, которая может идентично заменить машину, т.е. вместо машины - математическая модель, адекватно описывающая работу машины в реальных условиях ее функционирования. Полученные результаты используются для изучения вероятностно-статистических связей исследуемых систем и разработки математических моделей прогноза качества функционирования машин и агрегатов.

В качестве объектов исследования могут быть приняты зерноочистительные машины и агрегаты:

- линия для обработки вороха семенников трав и злаковых культур на стационаре включающая питатель-дозатор, молотильно-сепарирующее устройство, аспирационную систему, пневмосепарирующую камеру, решетный сепаратор, домолачивающее устройство;
- ворохоочиститель скальператорного типа;
- машинапервичной очистки зерна ЗВС-20;
- зерноочистительный агрегат ЗАВ-40 (одна линия) с дополнительно установленной машиной ЗВС-20;



– полнокомплектная семяочистительная линия, включающая машину предварительной очистки, машину первичной очистки, блоки триерные, машину вторичной очистки, пневматический сортировальный стол, весовыбойный аппарат, мешкозашивочную машину.

В качестве входных воздействий для всех моделей принимаются подача  $P_i(t)$ , исходная засоренность  $S_i(t)$  и натура  $H_i(t)$  зерна. Выходные переменные – производительность  $Q(t)$ , конечная засоренность  $S_k(t)$ , натура  $H_k(t)$  и для модели ворохоочистителя потери зерна в отходы  $\Pi(t)$ .

В моделях функционирования используются многостадийные динамические системы, состоящие из отдельных моделей машин, где вход последующей модели является выходом предыдущей. Это относится к

$$P^1(t), P^2(t), \dots, P^4(t)$$

$$S_n^1(t), S_n^2(t), \dots, S_n^4(t)$$

$$H_n^1(t), H_n^2(t), \dots, H_n^4(t)$$

Влажность исходного зернового материала (за исключением риса) в южных районах Украины практически не оказывает влияние на показатели качества машин и поэтому не принимается в качестве входного воздействия.

Учитывается вероятность нахождения на допустимых уровнях потерь зерна в отходы  $\Pi(t)$  и качество разделения материала  $t(t)$ .

Исследования проводятся в региональных условиях в период уборки урожая зерновых.

Исходным материалом для проведения опытов является поступающий от комбайнов зерновой ворох. Методика экспериментов принимается следующей.

Машины и агрегаты размещаются в стационарных технологических линиях. Экспериментальный ворохоочиститель скальператорного типа устанавливается в технологической линии параллельно серийной ворохоочистительной машине.

Для получения реализации входных и выходных процессов машин синхронно, с интервалом квантования  $\Delta t = 10 \dots 12$  мин, отбираются пробы для определения  $P(t)$ ,  $S_i(t)$ ,  $H_i(t)$  и  $Q(t)$ ,  $S_k(t)$ ,  $H_k(t)$ ,  $\Pi(t)$ .

Методика обработки информации предусматривает первичный просмотр полученной информации и исключение случайных выбросов и грубых ошибок записи. Непрерывные записи приводятся к дискретному виду, пригодному для ввода в компьютер.

Вычисляются статистики процессов, корреляционные, взаимно-корреляционные функции и условные вероятностные характеристики в виде моделей регрессии технологического процесса. Для вычисле-



ния безусловных характеристик процессов используется следующий алгоритм /2/.

1. Определяются  $X_{max}$  и  $X_{min}$  массива, а также классовой интервал:

$$\Delta X = \frac{X_{max} - X_{min}}{k} \tag{1}$$

где  $k$  – число классов определяется по выражению:

$$k = 1 + 3,32 \lg N \tag{2}$$

2. Вычисляются границы классов, количество ординат попадающих в каждый классовой интервал и частность  $P_i$  попадания в каждый классовой интервал.

$$P_i = \frac{H_i}{N} \tag{3}$$

3. Средние значения  $m_x$  и дисперсия  $D_x$  определяются по выражениям:

$$m_x = \sum_{i=1}^n x P_i \tag{4}$$

$$D_x = \sum_{i=1}^k (x_i - m_x)^2 P_i \tag{5}$$

где  $X$  – середина классовой интервала.

Вычисляются величины среднеквадратичного отклонения  $\sigma$  и коэффициента вариации  $v$ .

$$\sigma_x = \sqrt{D_x}$$

$$v = \frac{\sigma_x}{m_x} \cdot 100\%$$

Условные вероятностные характеристики вычисляются по следующему алгоритму (на примере (Q-P)).

1. После ввода программы с пульта заносится число ординат ( $N=50.. 100$ ) процессов  $P(t)$  и  $Q(t)$ , а также количество классов  $K$ , определяемое по формуле (2).

2. По заданному числу классов вычисляются классовой интервалы

$$\lambda_P = \frac{P_{max} - P_{min}}{K}$$

$$\lambda_Q = \frac{Q_{max} - Q_{min}}{K} \tag{8}$$

3. Определяются границы классов, средние значения классов и строятся корреляционные таблицы, в элементах которой записывается наличие совместного попадания ординат в соответствующие классы.

4. Вычисляются частоты  $P_{ij}(P,Q)$  совместного появления  $P_i$  и  $Q_i$ .



5. По корреляционной таблице вычисляются безусловные вероятностные характеристики

$$m_P = \sum_{i=1}^k P_i^{cp} P_i(P)$$

$$m_Q = \sum_{j=1}^k Q_j^{cp} P_j(Q)$$
(9)

$$D_P = \sum_{i=1}^n (P_i^{cp} - m_P) P_i(P) - \frac{(\lambda_P)^2}{12}$$

$$D_Q = \sum_{j=1}^n (Q_j^{cp} - m_Q) P_j(P) - \frac{(\lambda_Q)^2}{12}$$
(10)

где поправка  $\frac{(\lambda_P)^2}{12}$  и  $\frac{(\lambda_Q)^2}{12}$

$$\rho_{PQ} = \frac{\sum_{j=1}^k (P_i^{cp} - m_P)(P_j^{cp} - m_Q) P_{i,j}(P)}{(N-1) \sigma_P \sigma_Q}$$
Г(11)

7. Определяется условное математическое ожидание (регрессия) P(t) относительно Q (t) относительно P(t)

$$m_{P/Q} = \frac{1}{P_i(Q)} \sum_{j=1}^k P_i^{cp} P_{ij}(Q)$$

$$m_{Q/P} = \frac{1}{P_j(P)} \sum_{i=1}^k Q_i^{cp} P_{ij}(Q)$$
(12)

Аналогичные вычисления выполняются и по другим каналам связи рассматриваемых объектов.

В соответствии с рассматриваемыми моделями функционирования получают линейные математические модели в виде парных регрессий по каналам связи P - Q, S<sub>и</sub>- S<sub>к</sub>, H<sub>и</sub>- H<sub>к</sub> и S<sub>и</sub>—П.

1. Для линии обработки вороха семенников трав и злаковых культур

$$Q_1 = a_1^Q + b_1^Q P_1$$

$$S_{k1} = a_1^S + b_1^S S_{и1}$$

$$H_{k1} = a_1^H + b_1^H H_{и1}$$
(13)

2. Для ворохоочистителя скальператорного типа

$$Q_2 = a_2^Q + b_2^Q P_2$$

$$S_{k2} = a_2^S + b_2^S S_{и2}$$

$$S_{k2} = a_2^H + b_2^H \Pi_2$$
(14)



3. Для машины первичной очистки ЗВС-20

$$\begin{aligned}Q_3 &= a_3^Q + b_3^Q P_3 \\S_{k3} &= a_3^S + b_3^S S_{и3} \\H_{k3} &= a_3^H + b_3^H H_{и3}\end{aligned}\quad (15)$$

4. Для зерноочистительного агрегата ЗАВ-40 (одна линия) с дополнительно установленной машиной ЗВС-20

$$\begin{aligned}Q_4 &= a_4^Q + b_4^Q P_4 \\S_{k4} &= a_4^S + b_4^S S_{и4} \\H_{k4} &= a_4^H + b_4^H H_{и4}\end{aligned}\quad (16)$$

5. Для полнокомплектной семяочистительной линии

$$\begin{aligned}Q_5 &= a_5^Q + b_5^Q P_5 \\S_{k5} &= a_5^S + b_5^S S_{и5} \\H_{k5} &= a_5^H + b_5^H H_{и5}\end{aligned}\quad (17)$$

Математические модели прогноза качества функционирования всех 5 объектов представляются линейными уравнениями множественной регрессии (в последовательности по п.п. 1...5)

$$Q_1 = a_0^1 + a_1^1 P_1 + a_2^1 S_{и1} + a_3^1 H_{и1} \quad (18)$$

$$Q_2 = a_0^2 + a_1^2 P_2 + a_2^2 S_{и2} + a_3^2 H_{и2} \quad (19)$$

$$Q_3 = a_0^3 + a_1^3 P_3 + a_2^3 S_{и3} + a_3^3 H_{и3} \quad (20)$$

$$Q_4 = a_0^4 + a_1^4 P_4 + a_2^4 S_{и4} + a_3^4 H_{и4} \quad (21)$$

$$Q_5 = a_0^5 + a_1^5 P_5 + a_2^5 S_{и5} + a_3^5 H_{и5} \quad (22)$$

Для анализа внутренней структуры случайных процессов используются корреляционные функции входных и выходных процессов. Определяется степень идентичности полученных моделей. При степени идентичности 0,6...0,8 и более принимается, что модели с достаточной тонкостью описывают технологические процессы исследуемых объектов.

*Вывод.* На основании этих моделей можно прогнозировать качественные показатели функционирования машин и агрегатов, что позволит производить обоснованный подбор машин и оборудование для зерноочистительных комплексов.

*Литература*

1. *Игнатов В.Д.* Прогнозирование и оценка надежности функционирования технологических уборочно-транспортных систем /*В.Д. Игнатов* //Науч.-техн.бюл./Сиб.НИИ механизации и электрификации сел. хоз-ва. - 1989. - с. 10...16.
2. *Леженкин А.Н.* Повышение эффективности работы ворохоочистителя за счет интенсификации его технологического процесса / *А.Н. Леженкин* //Дис... канд.техн.наук.– Л.,1989. – 166 с.
3. *Михайлов Є.В.* Післязбиральна обробка зерна у господарствах півдня України: монографія / *Є.В. Михайлов.* – Мелітополь: Люкс. 2012. – 260 с.
4. *Михайлов Є.В.* Проблеми післязбиральної обробки зерна в південних районах України / *Є.В.Михайлов* // Труды Таврической государственной агротехнической академии – Вип. 1. Техника в сельском хозяйстве, т.4 – Мелітополь, 1998. – С. 51 – 54.
5. *Михайлов Е.В.* О моделюванні параметрів технологічної оснащуності післязбиральної обробки зерна / *Е.В. Михайлов* // Материалы научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, аспирантов и студентов. – Мелитополь,1996. – С. 86.
6. *Михайлов Е.В.* Математические модели прогноза качества работы зерноочистительных машин и агрегатов / *Є.В. Михайлов, В.С. Еремеев* // Труды Таврической государственной агротехнической академии – Вип. 2. Отраслевое машиностроение, т.3 – Мелітополь, 1998. – С. 83 – 87.
7. *Михайлов Є.В.* Основи розрахунку основних параметрів технічної оснащеності процесу післязбиральної обробки зерна / *Є.В.Михайлов, В.Т.Надикто* // Праці ТДАТУ. – Мелітополь, 2006. – Вип. 41. – С. 5 – 11.
8. *Михайлов Е.В.* Использование метода имитационного моделирования при обосновании параметров процесса послеуборочной обработки зерна / *Е.В. Михайлов, В.М. Дегтев* // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь, 2010. – Вип. 10, т. 8. – С. 209 – 214.
9. *Михайлов Е.В.* Методология обоснования состава и функциональных параметров технических средств послеуборочной обработки зерна / *Е.В. Михайлов* // Известия Международной академии аграрного образования.– СПб, 2013. – Вып. 19. – С. 73 – 80.
10. *Михайлов Е.В.* Многоуровневая модель системы технической оснащенности процесса послеуборочной обработки зерна / *Е.В. Михайлов* // Актуальные проблемы научно-технического прогресса в АПК: Сборник научных статей по материалам IX международной научно-практической конференции. – Ставрополь: Агрус, 2013. – С. 66 – 71.



## **МЕТОДИЧНІ АСПЕКТИ ПРОГНОЗУВАННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЗЕРНООЧИСНИХ МАШИН І АГРЕГАТІВ**

Є.В.Михайлов, Б.А. Волик

*Анотація* – в статті представлені методичні аспекти прогнозування показників якості функціонування зерноочисних машин і агрегатів агропідприємств Півдня України.

## **METHODICAL ASPECTS OF FORECASTING INDICATORS QUALITY OF FUNCTIONING GRAIN CLEANING MACHINES AND PLANTS**

E. Mikhailov, B.Volik

### *Summary*

The article presents the methodological aspects of forecasting of indicators of quality of functioning of the grain-cleaning machines and units of agricultural enterprises of the South of Ukraine.