

*Амиров Н.Р.*

**АЗЫК ТАМЫРЛАРДЫ КӨП ФУНКЦИОНАЛДУУ АЗЫКТАНДЫРГЫЧ-МАЙДАЛАГЫЧТЫН ИШТӨӨ ПРОЦЕССИН СТАТИСТИКАЛЫК ОПТИМАЛДАШТЫРУУ**

*Амиров Н.Р.*

**СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПИТАТЕЛЯ-ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ КОРНЕКЛУБНЕПЛОДОВ**

*N.R. Amirov*

**STATISTICAL OPTIMIZATION WORKFLOW MULTIPURPOSE FEEDER-CHOPPER ROOT CROPS**

УДК: 631.3.001.

*Илимий макалада азыктандыргыч-майдалагычты жумуш процессин оптималдаштыруу критерийлерин тандоону негиздөө, негизги таасир этүүчү факторлор, экспериментти пландоо матрицасы, коэффициенттерди аныктоо менен регрессия теңдемелери жана кабыл алынган моделдин дал келүү гипотезасын текшерүү келтирилди.*

*В статье приводится обоснование выбора критериев оптимизации рабочего процесса питателя – измельчителя, основные факторы воздействия, матрица ротatable планирования эксперимента, уравнения регрессии с определением коэффициентов и проверка гипотезы адекватности принятой модели.*

**Ключевые слова:** *критерий оптимизации, действующие факторы, интервалы и уровни варьирования, матрица, планирование эксперимента, уравнение регрессии, гипотезы адекватности модели.*

*The article presents the rationale for the selection criteria to optimize workflow-grinder feeder main factors affecting the matrix rotatable experimental design, the regression coefficients with the definition and verification of the adequacy of the adopted model hypothesis.*

**Key words:** *Optimization criteria, acting factors, ranges and levels variation, matrix, planning eksperiment, regression equation, the hypothesis model adequacy.*

Для измельчения сочных кормов на примере сахарной свеклы в Таджикском аграрном университете на базе измельчителя «Волгарь-5» и изготовлен многофункциональный питатель-ориентатор корнеклубнеплодов.

В качестве критерия оптимизации работы питателя (единичного критерия) принимаем степень фиксации массы  $K_{\Phi}$  корнеклубнеплодов поступающих на переработку (резанию) выраженного в процентном отношении от общей их массы, поступившие на переработку.

$$K_{\Phi} = \frac{K_{об} - K_{нсп}}{K_{об}} \cdot 100\% \quad (1)$$

где  $K_{об}$  - общая масса корнеклубнеплодов, поступающих на переработку;

$K_{нсп}$  - масса незафиксированных корнеклубнеплодов от общей массы,

Из формулы (1) видно, что по выбранному критерию оптимизации можно оценить его количественно с достаточной статистической эффективностью, он имеет физический смысл, понятен исследователю, прост и удобен. Он соответствует всем требованиям, предъявляемым к критерию оптимизации рабочего процесса питателя.

Одним из факторов, влияющих на степень производства качественных частиц является фиксация корнеклубнеплодов при резании зависящий от:

$v_k$  – скорости перемещения корнеклубнеплодов питающим транспортёром к ножу, м/с;

$C_k$  – степени давления на корнеклубнеплоды для их фиксирования перед резанием, определяемая упругостью пружин (жесткости) создающих давление прижимных пластин (роликов) питателя на корнеклубнеплоды, Н/м.

Выбранные факторы, как стало известно по предварительным исследованиям, являются независимыми переменными, соответствующими одному разумному, в рассматриваемом случае, воздействию на корнеклубнеплод при резании. Их можно измерить имеющимися средствами с достаточно высокой гарантированной точностью. Они являются управляемыми и однозначными, совместимыми один с другим и не связаны между собой линейными корреляционными связями. В свою очередь поддаются количественному измерению и соответственно отвечают всем требованиям, предъявляемым к исследуемым факторам.

Так как задача относится к таким факторам, которые связаны с максимизацией критериев оптимизации, то есть к экстремальным задачам (поиска экстремума) из предварительной схемы эксперимента стало известно, что линейное приближение недостаточно для математического описания объекта с нужной точностью, поэтому для ее описания использовано рототабельное планирование второго порядка.

Из теоретических исследований стало известно, что предел варьирования этих факторов соответствуют максимальному значению критерия оптимизации. Скорость перемещение ленты питателя подающего транспортера с корнеплодами, по данным теоретических исследований, должна находиться в пределах  $v_k = 0,1$  и  $0,2$  м/с, а жесткость пружин упругого элемента  $C=100-200$  Н/м, соответственно за нуле-

вой уровень принимаем значение факторов, которые соответствуют средней скорости подачи корнеклубнеплодов  $v_k = 0,15$  м/с и жесткость пружин  $C = 150$  Н/м в рассматриваемой области.

После установления нулевых точек выбираем интервалы варьирования факторов (масштабные коэффициенты). Интервал варьирования фактора выбираем с учетом того, что значения факторов, соответствующие уровням  $+1$  и  $-1$ , должны быть больше удвоенной квадратичной ошибки фиксирования данного фактора ( $\varepsilon > 2\sigma$ ) {3}

Кодирование факторов, их интервалы и уровни варьирования для поставленного эксперимента приведены в таблице. 1.

Табл.1 - Кодированные факторы их интервалы и уровни варьирования

Факторы	Уровни варьирования					Интервал варьирования, $\varepsilon$
	-1,414	- 1	0	+ 1	+ 1,414	
$v_k$ -скорость подачи орнеклубнеплодов, м/с ( $X_1$ )	0,08	0,10	0,15	0,20	0,22	0,05
C- жесткость пружины (упругих элементов),Н/м ( $X_2$ )	80	100	150	200	120	50

Значения факторов в «звездных» точках (-1,414 и +1,414) были найдены с помощью следующих соотношений, характеризующих связь между именованными кодированными величинами

$$X_1 = \frac{v_k - 0,15}{0,05}; X_2 = \frac{C - 150}{50};$$

Матрица планирования эксперимента приведена в таблице 2.

Табл. 2 - Матрица рототабельного планирования эксперимента

№ опыта	Матрица планирования		Рабочая матрица			Расчет адекватности	
	$X_1$	$X_2$	$v_k$ , м/с	C, Н/м	Y	$\hat{y}$	$(y-\hat{y})^2$
1	+	+	0,20	200	73,8	74,4	0,36
2	-	+	0,10	200	79,0	80,5	2,25
3	+	-	0,20	100	68,5	69,6	1,21
4	-	-	0,10	100	72,8	74,4	3,60
5	-1,414	0	0,08	150	80,5	78,3	4,84
6	+1,414	0	0,22	150	71,3	70,4	0,81
7	0	- 1,414	0,15	80	73,4	71,5	3,61
8	0	+1,414	0,15	220	80,3	79,0	1,69
9	0	0	0,15	150	81,6	80,8	0,64
10	0	0	0,15	150	80,0	80,8	0,64
11	0	0	0,15	150	82,2	80,8	1,96
12	0	0	0,15	150	80,9	80,8	0,01
13	0	0	0,15	150	79,3	80,8	<u>2,25</u> 5,5

$$\sum_1^{13} Y = 1003,6 \quad \sum_1^{13} (Y - \hat{Y})^2 = 23,87$$

В данной задаче необходимые значения коэффициентов регрессии уравнения

$$\hat{Y} = \vartheta_0 + \vartheta_1 x_1 + \vartheta_2 x_2 + \vartheta_{12} x_1 \cdot x_2 + \vartheta_{11} x_1^2 + \vartheta_{22} x_2^2. \quad (2)$$

Для определения этих коэффициентов используем уравнения, приведенные в специальных литературных источниках, которые являются общеизвестными для случая K=2:

$$\begin{aligned} \vartheta_0 &= 0,2 \sum_1^{13} Y - 0,1 \sum_1^2 \sum_1^6 x_i^2 \cdot Y = 0,2 \cdot 1003,6 - 0,1(597,7 + 601,5) = \\ &= 200,72 - 119,92 = +80,8; \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \vartheta_1 &= 0,125 \sum_1^6 x_1 \cdot Y = 0,125(73,8 - 79,0 + 68,5 - 72,8 - 1,414 \cdot 80,5 + \\ &+ 1,414 \cdot 71,3) = -2,81; \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \vartheta_2 &= 0,125 \sum_1^6 x_2 Y = 0,125(73,8 + 79,0 - 68,5 - 72,8 - 1,414 \cdot 73,4 + \\ &+ 1,414 \cdot 80,3) = +2,65; \end{aligned} \quad (5)$$

$$\vartheta_{12} = 0,25 \sum_1^4 x_1 \cdot x_2 \cdot Y = 0,25(73,8 - 79,0 - 68,5 + 72,8) = -0,22; \quad (6)$$

$$\begin{aligned} \vartheta_{11} &= 0,125 \sum_1^6 x_1^2 \cdot Y + 0,0187 \sum_1^2 \sum_1^6 x_i^2 \cdot Y - 0,100 \sum_1^{13} Y = 0,125(73,8 + 79,0 + \\ &+ 68,5 + 72,8 + 2 \cdot 80,5 + 2 \cdot 71,3) + 0,0187(597,7 + 601,5) - \\ &- 0,100 \cdot 1003,6 = -3,23; \end{aligned} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} \vartheta_{22} &= 0,125 \sum_1^6 x_2^2 Y + 0,0187 \sum_1^2 \sum_1^6 x_i^2 \cdot Y - 0,100 \sum_1^{13} Y = 0,125(73,8 + 79,0 + 68,5 + \\ &+ 72,8 + 2 \cdot 73,4 + 2 \cdot 80,3) + 0,0187(597,7 + 601,5) - 0,100 \cdot 1003,6 = -2,75 \end{aligned} \quad (8)$$

После чего уравнение регрессии принимают вид:

$$\hat{Y} = 80,8 - 2,81 X_1 + 2,65 X_2 - 0,22 X_1 \cdot X_2 - 3,23 X_1^2 - 2,75 X_2^2 \quad (9)$$

Гипотезу об адекватности уравнения проверяли с помощью формул из таблиц 4,5 [1,2] для случая, когда опытные данные при рототабельном планировании повторяются только в центре эксперимента.

$$S_{ag}^2 = \frac{S_R - S_E}{f_{ag}} = \frac{\sum_1^{13} (Y - \hat{Y})^2 - \sum_1^5 (Y_0 - \bar{Y}_0)^2}{13 - 6 - 4} = \frac{23,87 - 5,5}{3} = 6,12; \quad (10)$$

Ошибки опыта определялись по уравнению

$$S_{\{\bar{Y}\}}^2 = \frac{\sum_1^5 (Y_0 - \bar{Y}_0)^2}{n_0 - 1} = \frac{5,5}{5 - 1} = 1,375; \quad (11)$$

$$F_{расч} = \frac{S_{ag}^2}{S_{\{\bar{y}\}}^2} = \frac{6,12}{1,375} = 4,45. \quad (12)$$

Зная число степеней свободы, для большей ( $f_{ag} = 3$ ) и меньшей дисперсии ( $f_E = 4$ ), находим табличные значение критерия Фишера для 95%-ной доверительной вероятности:  $F_{таб} = 6,59$ .

Так как  $F_{расч} = 4,45 < F_{таб} = 6,59$ , то данное уравнение можно считать адекватным с доверительной вероятностью 0,95, что означает достоверности принятой гипотезы.

Значимость коэффициентов регрессии проверяется по выражению [3]

$$S_{\{\epsilon_0\}}^2 = 0,20 \quad S_{\{\bar{y}\}}^2 = 0,20 \cdot 1,375 = 0,275; \quad S_{\{\epsilon_0\}} = 0,52; \quad (13)$$

$$S_{\{\epsilon_i\}}^2 = 0,125 \quad S_{\{\bar{y}\}}^2 = 0,125 \cdot 1,375 = 0,1718; \quad S_{\{\epsilon_i\}} = 0,41; \quad (14)$$

$$S_{\{\epsilon_{ii}\}}^2 = 0,1438 \cdot S_{\{\bar{y}\}}^2 = 0,1438 \cdot 1,375 = 0,1977; \quad S_{\{\epsilon_{ii}\}} = 0,44; \quad (15)$$

$$S_{\{\epsilon_{ij}\}}^2 = 0,25 \cdot S_{\{\bar{y}\}}^2 = 0,25 \cdot 1,375 = 0,343; \quad S_{\{\epsilon_{ij}\}} = 0,58; \quad (16)$$

$$\Delta\epsilon_0 = \pm 2S_{\{\epsilon_0\}} = \pm 2 \cdot 0,52 = \pm 1,04; \quad (17)$$

$$\Delta\epsilon_i = \pm 2S_{\{\epsilon_i\}} = \pm 2 \cdot 0,41 = \pm 0,82; \quad (18)$$

$$\Delta\epsilon_{ii} = \pm 2S_{\{\epsilon_{ii}\}} = \pm 2 \cdot 0,44 = \pm 0,88; \quad (19)$$

$$\Delta\epsilon_{ij} = \pm 2S_{\{\epsilon_{ij}\}} = \pm 2 \cdot 0,58 = \pm 1,16 \quad (20)$$

Сравнение абсолютных величин коэффициентов регрессии и соответствующих погрешностей в их оценке показывает, что с доверительной вероятностью 0,95 в уравнениях можно считать значимыми все коэффициенты, кроме  $\epsilon_{12}$ , так как  $\epsilon_{12} = 0,22 < \Delta\epsilon_{ij} = \pm 1,16$ . В связи с этим рассматриваемое уравнение можно упростить

$$\hat{Y} = 80,8 - 2,81X_1 + 2,65X_2 - 3,23X_1^2 - 2,75X_2^2. \quad (21)$$

### Выводы

1. В качестве критерия оптимизации при исследовании рабочего процесса многофункционального питателя-измельчителя Кф - степень фиксации массы.
2. Основными параметрами, влияющими на критерий оптимизация является  $\vartheta$  – скорость перемещения корнеклубнеплодов, и Ск - степень давления корнеклубнеплодов для их фиксации.
3. Принятая матрица планирования эксперимента и полученное уравнение регрессии подтверждает адекватность модели.

### Литература:

1. Тихомиров В.Б. Планирование и анализ эксперимента. –М.: Легкая индустрия, 1974.
2. Мельников С.В. и др. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов. – Л.: Колос, 1980.
- 4 Проектирование и расчет подъемно-транспортных машин с.х. назначения/ М.Н. Ерохин, А.В. Карп, Н.А. Выхребенцев, В.Ф. Дубинин. М.: Колос, 1999.

Рецензент: д.с.-х.н, профессор Орозалиев Т.