

ОБОСНОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ РИСОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА

Аннотация

Основная цель исследования – определение оптимальных параметров механизмов и устройств комбайна, на этапе подготовки к обмолоту и отбору зерна из рисовой биомассы. Используются теоретико-прикладные методы, основанные на объективных и воспроизводимых признаках, входящих в многоуровневую методологическую концепцию научного познания динамики физических процессов. Оптимизированы основные параметры рабочих органов комбайна.

Ключевые слова: Комбайн. Входные и выходные параметры. Целевая функция. Модель многоцелевой оптимизации основных параметров управляющего устройства для разравнивания валка риса. Уравнение регрессии. Технологический процесс обмолота риса.

Введение

Для исследования механизма согласованной работы всех устройств комбайна участвующих в разравнивании валка риса используем концепцию «чёрного ящика» (рисунок 1). Система имеет некий «вход» для ввода информации о регулируемых параметрах управляющего устройства и «выход» для отображения результатов разравнивания валка риса, характеризуемых критериями оптимизации. Состояние параметров выходов Y предположительно функционально зависит от состояния входов X . Вид зависимости $Y=f(X)$ неизвестен и ее можно установить по наблюдаемым экспериментальным данным используя корреляционно-регрессионный анализ [1-2].



Рисунок 1. Схема взаимодействия параметров разравнивания валка риса

Основная часть

Регулируемые параметры $X_1, X_2, \dots, X_k$, где k означает их число в эксперименте, представляют собой показатели, характеризующие условия протекания процесса разравнивания валка риса, которые могут контролироваться и целенаправленно изменять ход процесса в нужном нам направлении.

Неконтролируемые возмущения являются случайными переменными, оказывающими воздействия на валок риса. Информация об их физических природе интенсивности и характере изменения во времени отсутствует.

Выходные (результатирующие) параметры $Y_1, Y_2, \dots, Y_m$ оценивают качества процесса, характеризуя параметры оптимизации и экономические показатели эффективности разравнивания валка риса.

В эксперименте по разравниванию валка риса выходные параметры являются функциями отклика на изменяющиеся входные параметры. Каждую функцию отклика Y_s , $s=1, \dots, 4$, зависящую от входных параметров $X_1, X_2, \dots, X_k$ в общем виде можно представить следующим образом:

$$Y_s = f_s(X_1, X_2, \dots, X_k), \quad s = 1, \dots, 4. \quad (1)$$

Геометрическим представлением функции отклика (1) в факторном пространстве $X_1, X_2, \dots, X_k$ является поверхность отклика.

Поскольку в математическом описании процесса разравнивания валка риса могут присутствовать многие взаимосвязанные между собой качественные и количественные факторы, на практике трудно установить универсальную целевую функцию [3].

Существуют различные способы образовать обобщенную целевую функцию и наша задача решить, каким ограничениям должны удовлетворять эти отклики и контролируемые переменные.

В качестве целевой функции может служить выход товарного зерна или коэффициент разравнивания валка риса K_p , а ограничениями - условия, что контролируемые переменные и регулируемые параметры процесса разравнивания должны быть положительными удовлетворять определенным технологическим ограничениям.

Перед началом эксперимента выбранные для оптимизации параметры управляющего устройства $X_1, X_2, \dots, X_k$ кодировались, т.е. осуществлялось линейное преобразование факторного пространства. Это значительно упростило исследование поверхности отклика и его уравнения регрессии, полученные относительно кодированных переменных $x_1, x_2, \dots, x_k$.

Параметры и режимы работы управляющего устройства для разравнивания валка риса и выбранные уровни их варьирования приведены в таблице 1.

Таблица 1. Параметры процесса разравнивания валка риса и их уровни

Контролируемые параметры: кодированные (натуральные)	Кодированные уровни				
	- α	-1	0	+1	α
x_1 - скорость движения валка в наклонной камере (v_b , м/с)	2,5	3	4	5	5,5
x_2 - высота валка (h , мм)		22	27	32	
x_3 - угол установки рабочих органов (α , град)		30	40	50	
x_4 - шаг расстановки рабочих органов (Δ , мм)		200	250	300	

В соответствии с выбранным планом, полученным после рандомизации, наблюдались и регистрировались значения выходных показателей, по которым рассчитывались уравнения регрессии, принятые в качестве целевых функций:

для коэффициента разравнивания валка риса (%)

$$K_p = Y_1(\alpha_1, \dots, \alpha_m; x_1, \dots, x_k) \Rightarrow \max, \quad (2)$$

$$T = Y_2(\beta_1, \dots, \beta_m; x_1, \dots, x_k) \Rightarrow \min,$$

для травмированности зерна риса (%)
для сепарации (%)

$$C_n = Y_3(\gamma_1, \dots, \gamma_m; x_1, \dots, x_k) \Rightarrow \max, \quad (3)$$

и количества товарного зерна (%)

$$M_T = Y_4(\delta_1, \dots, \delta_m; x_1, \dots, x_k) \Rightarrow \max. \quad (4)$$

Как следует из (2) - (4), обоснование параметров управляющего устройства разравнивания валка риса является многоцелевой задачей нелинейного математического программирования со следующими ограничениями на область факторного пространства:

$$x_{j \min} \leq x_j \leq x_{j \max}, \quad j = 1, \dots, k.$$

здесь Y_1, Y_2, Y_3, Y_4 - квадратичные полиномы, построенные по экспериментальным данным;

$\alpha, \beta, \gamma, \delta$ -оценки коэффициентов зависимостей Y_1, Y_2, Y_3, Y_4 ;

$x_{j \min}, x_{j \max}$ - двусторонние ограничения на основные параметры управляющего устройства разравнивания валка риса.

В общем виде предложена модель многоцелевой оптимизации основных параметров управляющего устройства для разравнивания валка риса (2) -(4), которая относится к классу задач математического программирования.

Экстремум (максимум или минимум) перечисленных выше целевых функций K_p, T, C_n и M_T определялся посредством канонического преобразования квадратичных функций отклика.

Используя перечисленные в таблице 2 статистические данные, характеризуем все три повторности имеющиеся опытных данных по разравниванию валка риса: положение среднего, его рассеяние (разброс) и асимметрию.

Стандартные ошибки выходных показателей малы и составляют менее 10% от соответствующих средних значений. Наблюдается примерное равенство среднего, моды и медианы для коэффициента разравнивания валка риса K_p и количества товарного зерна M_T .

При этом значения эксцесса и асимметрии по абсолютной величине не превышают 2; минимальное и максимальное значения примерно равноудалены от среднего, коэффициенты вариации не превышают 33% за исключением показателя M_T (35,5%).

Это свидетельствует о схожести эмпирических распределений с нормальным, логарифмически-нормальным или обобщенно-нормальным законом распределения.

Таблица-2. Основные статистические характеристики выходных показателей разравнивания валка риса

Статистические характеристики	Условные обозначения	Выходные показатели			
		$K_p = Y_1$	$T = Y_2$	$C_n = Y_3$	$M_T = Y_4$
Объем наблюдений (опытов)	N	18	18	18	18
Среднее арифметическое	M	68,34	27,03	68,39	21,74

Стандартная ошибка	<i>m</i>	1,82	1,85	2,16	1,82
Стандартная ошибка, % от М	<i>m, %</i>	2,67	6,85	3,16	8,36
Медиана	<i>med</i>	68,3	24,8	65,9	22,3
Мода	<i>mod</i>	61,0	-	-	22,3
Стандартное отклонение	<i>s</i>	7,740	7,859	9,176	7,717
Дисперсия выборки	<i>s²</i>	59,906	61,769	84,203	59,545
Экссесс	<i>E</i>	-0,220	0,949	1,688	-0,627
Асимметрия	<i>A</i>	0,134	1,260	1,395	0,397
Размах	<i>R</i>	28,2	26,6	32,5	24,6
Минимум	<i>min</i>	55,0	18,9	59,3	12,0
Максимум	<i>max</i>	83,2	45,5	91,8	36,6
Коэффициент вариации, %	<i>V</i>	11,3	29,1	13,4	35,5

Главными предпосылками успешного применения регрессионных методов в моделировании процесса разравнивания валка риса являются, то что:

- при каждом фиксированном значении аргументов $x_1, x_2, \dots, x_k$ зависимая переменная Y (функция отклика) распределена нормально с функцией плотности нормального распределения

$$\phi(x) = N(\mu, \sigma) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{x - \mu}{\sigma} \right)^2 \right], \quad (5)$$

где параметры μ - среднее арифметическое и σ - стандартное оцениваются по экспериментальным данным процесса разравнивания валка риса;

- среднее значение $M\{Y\}$ величины Y является функцией $x_1, x_2, \dots, x_k$

$$Y = f(\beta_1, \dots, \beta_m; x_1, \dots, x_k), \quad (6)$$

содержащей неизвестные параметры $\beta_1, \dots, \beta_m$. Тип этой функции известен, и функция линейна относительно параметров $\beta_1, \dots, \beta_m$.

Анализируя точечные диаграммы рассеяния и взаимосвязи между выходными показателями процесса разравнивания валка риса и влияющими на них факторами, во многих случаях позволил выявить их нелинейный характер относительно контролируемых параметров управляющего устройства[4].

Уравнения квадратичной регрессии в зависимости от скорости движения валка риса в наклонной камере x_1 , высоты валка x_2 , угла установки x_3 и шага расстановки рабочих органов x_4 имеют следующий вид:

для коэффициента разравнивания валка риса K_p (%)

$$\begin{aligned} K_p = & 78,97 + 2,08111 x_1 - 3,37229 x_1^2 - 3,71627 x_2 - 3,10713 x_2^2 + 2,2333 \\ & - 3,47836 x_3^2 + 2,14057 x_4 - 4,04405 x_4^2 + 1,12807 x_1 x_2 + 0,0625 x_1 x_3 - \\ & + 2,32123 x_1 x_4 + 2,6125 x_2 x_3 + 2,06861 x_2 x_4 + 0,5625 x_3 x_4; \end{aligned} \quad (7)$$

для травмированности зерна риса $T(\%)$

$$T = 20,30 - 2,14057 x_1 + 2,03399 x_1^2 + 3,92438 x_2 + 2,14006 x_2^2 - 3,19985 x_3 - \\ + 1,92793 x_3^2 - 2,61626 x_4 + 2,77645 x_4^2 - 1,67876 x_1 x_2 - 0,0625 x_1 x_3 - \\ - 3,13812 x_1 x_4 - 4,4875 x_2 x_3 - 2,42807 x_2 x_4 - 0,2375 x_3 x_4 ; \quad (8)$$

для сепарации $C_n(\%)$

$$C_n = 83,64 + 1,90273 x_1 - 5,00675 x_1^2 - 3,71627 x_2 - 4,21126 x_2^2 + 1,28373 x_3 - \\ - 5,23656 x_3^2 + 1,72435 x_4 - 5,64315 x_4^2 + 0,53685 x_1 x_2 + 0,1625 x_1 x_3 - \\ + 1,59623 x_1 x_4 + 0,98750 x_2 x_3 + 1,44023 x_2 x_4 + 0,7875 x_3 x_4 ; \quad (9)$$

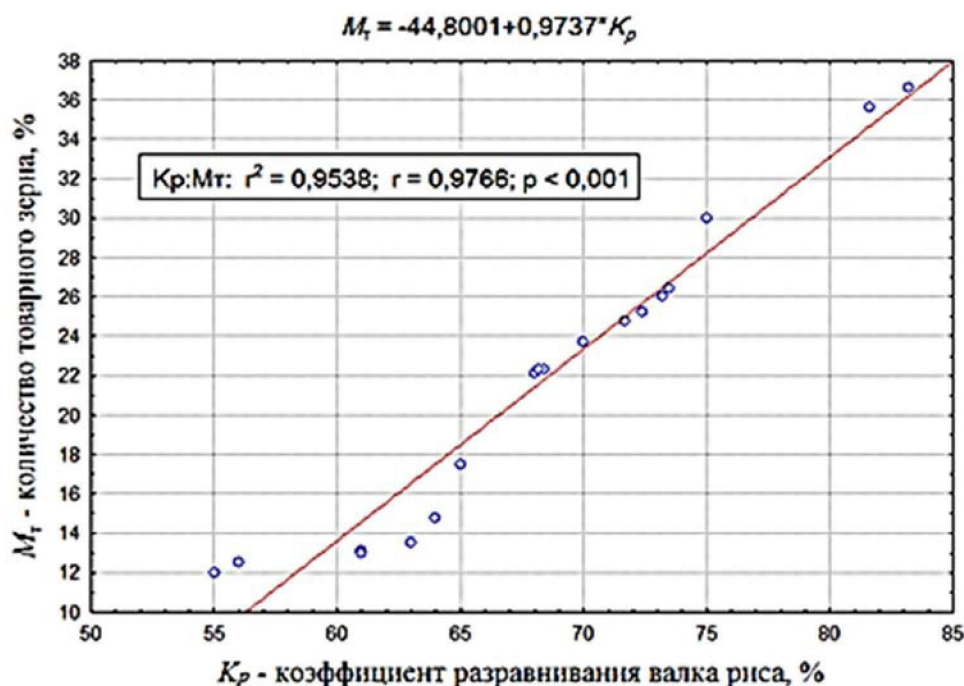
для количества товарного зерна $M_T(\%)$

$$M_T = 31,67 + 3,03248 x_1 - 3,28348 x_1^2 - 3,95411 x_2 - 2,87689 x_2^2 + 2,29287 x_3 - \\ - 3,30116 x_3^2 + 2,76491 x_4 - 3,61935 x_4^2 + 1,37741 x_1 x_2 + 0,0375 x_1 x_3 + 1,28339 x_1 x_4 + \\ + 1,4375 x_2 x_3 + 2,91998 x_2 x_4 + 1,0625 x_3 x_4 . \quad (10)$$

Решенные уравнения регрессии (7)-(10) являются математическим описанием взаимосвязей между показателями разравнивания валка риса K_p , T , C_n и M_T и независимыми факторами - скоростью движения валка риса x_1 наклонной камере x_2 высотой валка x_3 , углом установки x_4 и шагом расстановки рабочих органов x_4 .

Из уравнений квадратичной регрессии четырех регулируемых переменных (7)-(10) можно сделать следующие выводы.

Во всех уравнениях коэффициенты регрессии при линейных членах и квадратах исследуемых переменных имеют противоположные знаки.



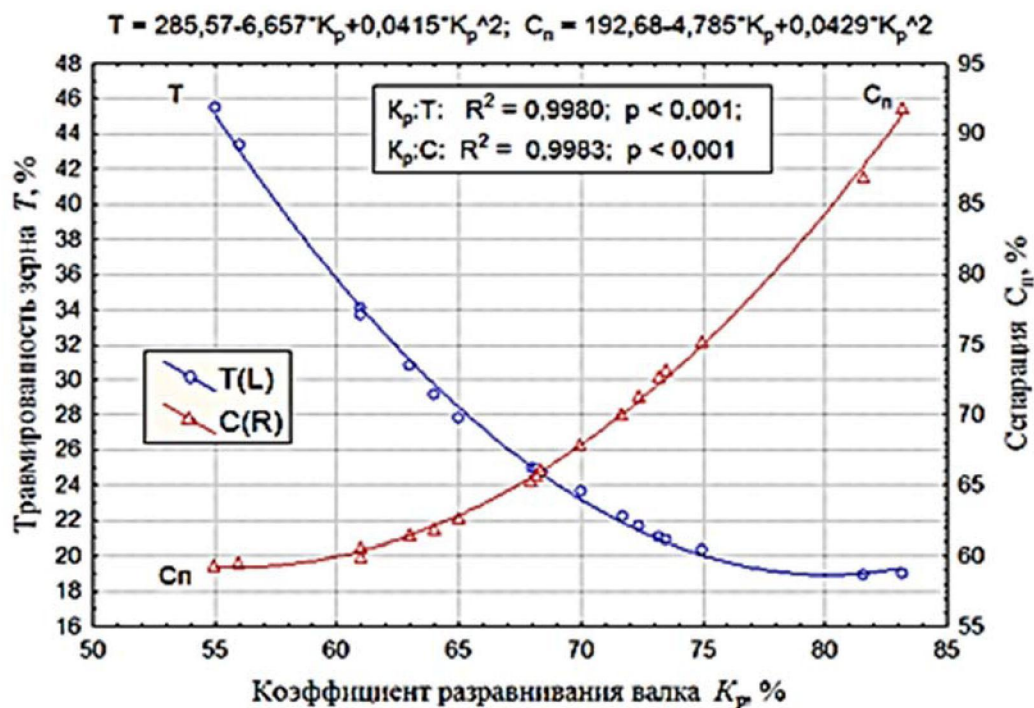


Рисунок 2 – Взаимосвязь между выходными показателями процесса разравнивания валка риса

Это свидетельствует о том, что выходные показатели процесса разравнивания валка риса имеют оптимум [5].

Все парные взаимодействия в уравнениях регрессии (7), (9) и (10) являются положительными, а в (8) - отрицательными. Это означает, что с увеличением любого параметра разравнивающего устройства также происходит увеличение коэффициент разравнивания валка риса K_p , сепарации C_n и количества товарного зерна M_t , в то время как травмированность зерна риса T за счет отрицательных парных взаимодействий снижается.

Как видно из рисунка 2, с увеличением коэффициента разравнивания валка риса K_p линейно растет выход товарного зерна и уменьшается его травмированность по квадратичному закону. Так, при $K_p = 75\%$ выход товарного зерна составит 28-30% при травмированности 20%.

Выводы

Принимая во внимание выявленные взаимосвязи между выходными показателями процесса разравнивания валка риса и по результатам канонического анализа и многоцелевой оптимизации, рекомендуем следующие параметры устройства, разравнивающего валок риса:

- скорость движения валка в наклонной камере $v = 4,4$ м/с;
- высота валка $h = 24,9$ см;
- угол установки рабочих органов $\alpha = 42,8$ град;
- шаг расстановки рабочих органов $\Delta = 262,6$ мм.

Считаем что, при этих параметрах коэффициент разравнивания валка риса K_p возрастет до 80,5%, травмированность зерна риса снизится до 18%, сепарация установится на уровне 84,3%, выход товарного зерна составит 33,9 %.

Литература

1. Умбаталиев Н.А. Совершенствование технологического процесса обмолота и конструкции рисоуборочного комбайна. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук. Алматы, 2010г. - 33с.

2. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Наука, 1976. – 280 с.

3. Джонсон Н., Лион Ф. Статистика и планирование эксперимента в технике и науке. В 2-х томах. – Т.2. Методы планирования эксперимента: пер. с англ. – М.: Мир, 1981. – 520 с.

4. Дэниел К. Применение статистики в промышленном эксперименте. – М.: Мир, 1979. – 299 с.

5. Мельников С.В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов. – Л.: Колос, 1980. – 168 с.

Амантур А.Е., Умбаталиев Н.А., Жетпейсов М.Т.

КҮРІШ ЖИНАЙТЫН КОМБАЙНЫ ПАРАМЕТРЛЕРІН

ОҢТАЙЛАНДЫРУДЫ НЕГІЗДЕУ

Аңдатпа

Зерттеудің негізгі мақсаты – күріш биомассасының ағынынан дәнді дайындау және бөліп алуды жүзеге асыратын комбайн механизмдері мен құрылғыларын онтайлы параметрлерін. Ғылыми танымның көпдеңгейлі әдіснамалық тұғырнамасына кіретін объективті және қайта қалпына келетін белгілерге негізделген теориялық-қолданбалы әдістер пайдаланылады. Комбайнының жұмыс істейтін құрылымдарының негізгі параметрлері онтайландырылған.

Кілт сөздер: комбайн, кіретін және шығатын параметрлер, күріш дестісін тегістеуге арналған басқару құрылымының параметрлерін көп нысаналы онтайландыру моделі, регрессия уравнениясы, күрішті бастырудың технологиялық үрдісі.

Amantur A., Umbataliev N., Jetpeisov M.

RATIONALE FOR OPTIMUM PARAMETERS RISOUBOROCHNOGO HARVESTER

Annotation

The main objective of the study - to determine the optimal parameters of mechanisms and devices combine, in preparation for the selection and threshing grain rice biomass. Used theoretical and applied methods, based on objective and reproducible symptoms included in the multilevel methodological concept of scientific knowledge of the dynamics of physical processes. Optimized basic parameters of the working bodies of the combine.

Keywords: combine, input and output parameters, multi-objective optimization model of the basic parameters of the control device for leveling cooking rice, the regression equation, technological process of the thresh of rice.

ӘОЖ 656.1:502/504

Арипов Е., Альчимбаева А., Сафарғалиев А.

Қазақ ұлттық аграрлық университеті

АВТОКӨЛІК АҒЫНДАРЫНЫҢ ҚОРШАҒАН ОРТАНЫ ЛАСТАУҒА ТИГІЗЕТІН ӘСЕРІ

Аңдатпа

Автокөлік кешенінде экологиялық процессті бағалауда басты сапа өлшемі ретінде жол қабатының тегістігі ұсынылды. Жүргізілген теориялық зерттеулер зиянды заттардың,