

УДК 631.361.43

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ ПАРАМЕТРОВ СЕМЕНОРУШКИ ПНЕВМОМЕХАНИЧЕСКОГО ТИПА

Халиуллин Д.Т., Лукманов Р.Р.

ФГБОУ ВПО «Казанский государственный аграрный университет»,
Казань, e-mail: damirtag@mail.ru

Определены факторы, влияющие на технологическую эффективность обрушивания в семенорушке пневмомеханического типа. Проведены серии экспериментов с различными оборотами ротора вентилятора-метателя и различными углами столкновения семян с рабочей пластиной. В результате экспериментов получены различные значения коэффициента цельности ядра ($K_{ц.я}$) и составлена таблица. Используя «максиминный» критерий, ориентирующий на принятие наилучшего варианта в наихудших условиях, были составлены уравнения и графические зависимости ожидаемых выигрышей и по ним определены оптимальные режимы работы и углы столкновения семян с рабочей пластиной. По полученным результатам следует, что конструктивное исполнение машин должно обеспечивать соударение семян с рабочей пластиной в направлении продольной оси, при этом будет достигаться наибольший показатель значения коэффициента извлечения цельных ядер.

Ключевые слова: семенорушка, вентилятор-метатель, максиминный критерий

THEORETICAL JUSTIFICATION OF SOME PARAMETERS OF THE DEVICE TO REMOVE THE SEEDCOAT PNEUMO MECHANICAL TYPE

Khaliullin D.T., Lukmanov R.R.

Kazan State Agrarian University, Kazan, e-mail: damirtag@mail.ru

Are defined the factors influencing the technological efficiency of hulling device to remove the seed coats. Conducted a series of experiments with different turns of the fan rotor-thrower and different angles of collision with the working seed plate. The experiments yielded different values of the coefficient and the integrity of the nucleus. Using the «maximin» criterion, orienting the adoption of the best options in the worst conditions, were drawn up according to the equation and graphics and on them the optimal operating modes and corners collision with the working seed plate. According to the results it follows that the design of the machine shall be capable of working with seed collision plate in the direction of the longitudinal axis, with the highest rate will be achieved recovery factor value of whole kernels.

Keywords: huller, fan-thrower, maximin criterion

На кафедре машин и оборудования в агробизнесе Казанского ГАУ была разработана и создана пневмомеханическая семенорушка, позволяющая реализовывать технологию переработки семян подсолнечника непосредственно на базе сельскохозяйственных предприятий различной формы организации [2...5]. Семенорушка содержит питающий бункер 1 с загрузочным патрубком, вентилятор-метатель 2 с электродвигателем 3, вертикальный осадитель 4 с вытяжной трубой 5, рабочую пластину 6, сетчатый рабочий орган 7, раму 8 (рис. 1).

В пневмомеханической семенорушке воздушно-зерновая смесь, подаваемая вентилятором-метателем, сталкивается с рабочим органом в виде полусферы [4, 5]. При этом происходит обрушивание – отделение оболочки от ядрицы.

Для оценки эффективности технологического процесса обрушивания используются два показателя: количественный (K_0) и качественный ($K_{ц.я}$) [4]:

$$K_0 = \frac{K_1 - K_2}{K_1}, \quad (1)$$

где K_0 – коэффициент обрушивания; K_1 – содержание необрушенных семян до поступления в семенорушку, %; K_2 – содержание необрушенных семян после однократного пропуска через семенорушку, %.

$$K_{ц.я} = \frac{K_2 - K_1}{(K_2 - K_1) + (D_2 - D_1) + (M_2 - M_1)}, \quad (2)$$

где $K_{ц.я}$ – коэффициент цельности ядра; $K_2 - K_1$ – разность в содержании целых ядер до и после обрушивания, %; $D_2 - D_1$ – разность в содержании дробленых ядер до и после обрушивания, %; $M_2 - M_1$ – разность в содержании мучки в продукте до и после обрушивания, %.

Эти показатели зависят от частоты вращения ротора вентилятора-метателя (контролируемый параметр (n)), и от случайного фактора – наклона осей семян (от тупого к острому концу) к рабочей пластине. Этот угол (α) может быть в пределах от 0 до π .

Целью работы является определение зависимости $K_{ц.я}$ от наклона осей семян (α) и частоты вращения ротора вентилятора-метателя (n).

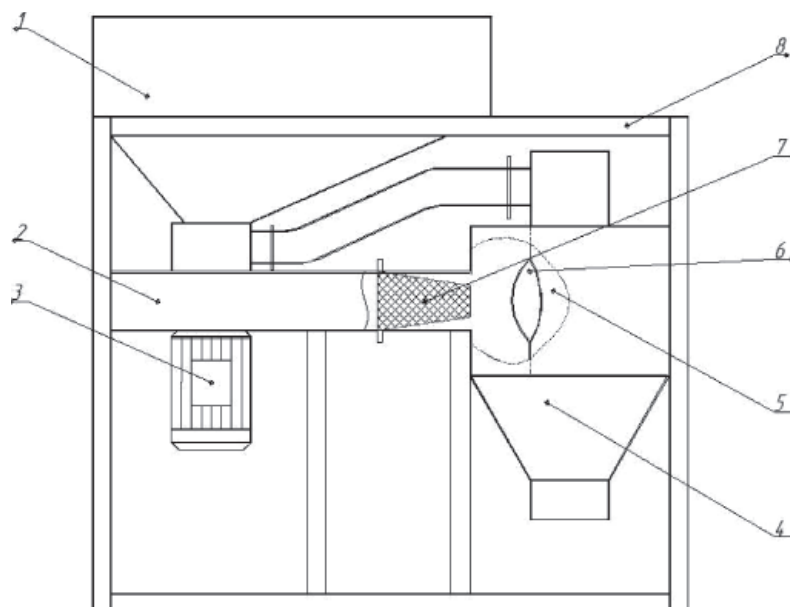


Рис. 1. Общий вид пневмомеханической семенорушки:
1 – бункер с питающим патрубком; 2 – бросковый вентилятор; 3 – электродвигатель;
4 – осадитель; 5 – труба вытяжная; 6 – сферическая рабочая пластина;
7 – сетчатый рабочий орган; 8 – рама

Материалы и методы исследования

Так как выбор режима из числа возможных происходит в условиях неопределенности в отношении угла α , наиболее приемлемым является так называемый максиминный критерий, ориентирующий на принятие наилучшего варианта в наихудших условиях [1].

Результаты исследования и их обсуждение

Для использования данного метода нами были проведены ряд экспериментов на специально изготовленной семенорушке, где возможно осуществить два режима работы с числом оборотов ротора 1000 и 1200 мин⁻¹. В каждом режиме стограммовая порция откалиброванных по длине и ширине семян пропускалась через калибровочное решето с круглыми отверстиями наименьшего диаметра, примыкающими друг к другу, так что через них могли пролететь лишь семена с углом $\alpha = 0 \dots 30^\circ$. Затем подсчитывалось количество цельных ядриц. Опыт повто-

ряли с решетом, через отверстия которого пролетали семена с углом наклона оси до 60° , и проводились такие же подсчеты. Вычитание из значения $K_{ц.я}$ во втором опыте значения $K_{ц.я}$ в первом опыте дает нужную цифру для семян с углами наклона оси от 30 до 60° и т.д. Экран располагался на расстоянии 2 см от решета.

В серии экспериментов нами были получены различные значения $K_{ц.я}$, округленные до целого числа процентов.

Результаты экспериментов приведены в таблице.

Для рассматриваемой задачи допускаем, что часть времени p_1 из всего времени работы семенорушки протекает с частотой вращения ротора 1000 мин⁻¹, а часть $p_2 = 1 - p_1$ с частотой вращения – 1200 мин⁻¹. Такое сочетание дает соответствующий смешанный режим обрушивания семян.

В дальнейшем ввиду непрерывности значений α , отнесем их к левым значениям α , т.е. к $\alpha = 0; \pi/6; \pi/3; \pi/2; 2\pi/3; 5\pi/6$ ($\alpha_j, j \in \{1, \dots, 6\}$).

Результаты экспериментов

$n, \text{ мин}^{-1}$	$\alpha, \text{ рад}$					
	$0 \leq \alpha < \pi/6$	$\pi/6 \leq \alpha < \pi/3$	$\pi/3 \leq \alpha < \pi/2$	$\pi/2 \leq \alpha < 2\pi/3$	$2\pi/3 \leq \alpha < 5\pi/6$	$5\pi/6 \leq \alpha < \pi$
1000	8	13	18	35	20	6
1200	2	12	21	27	28	10

Известно [1], что в подобной ситуации, когда из-за непредсказуемости неконтролируемой величины нельзя отдать предпочтение тому или иному нашему выбору, а в отношении указанной величины α нет даже вероятностей оценки её значений (как и оснований считать их равновероятными), наиболее приемлемым по ряду соображений является максимальный критерий, ориентирующий на принятие наилучшего варианта в наихудших условиях.

Математически это означает, что рекомендуется выбрать то i (для приведенной таблицы $i \in \{1; 2\}$), при котором достигается $\max_i \min_j L(i, j)$ для этой таблицы $j \in \{1, \dots, 6\}$.

То, что выше значения α в соответствующих интервалах были заменены их наименьшими значениями, а не какими-то другими, не играет роли. Это стандартная процедура. Достаточно вспомнить, например, что в сущности то же самое делается при приближенном вычислении определенного интеграла по формуле прямоугольников.

Можно добиться и увеличения выигрыша, если допустить некие смеси вариантов с весами p_i и q_j и вместо функции $L(i, j)$ рассматривать её математическое ожидание

$$E(P, Q) = \sum_i \sum_j p_i q_j L(i, j).$$

Тогда оптимальным будет выбор, обеспечивающий

$$\max_P \min_Q E(P, Q),$$

где P и Q – все возможные распределения весов p, q . Для нашей таблицы это все симплексы $P(p_1, p_2)$, $Q(q_1, q_2, \dots, q_6)$. Здесь все $p, q_j \geq 0$,

$$\sum_{i=1}^2 P_i = 1; \quad \sum_{j=1}^6 q_j = 1.$$

Оптимальным при этом будет некоторый P_0 . (У нас $P_0(p_{10}, p_{20})$). Большого, однако, добиться не удастся, т.к. известно, что

$$\max_P \min_Q E(P, Q) = \min_Q \max_P E(P, Q)$$

и неравенство

$$\max_P \min_Q E(P, Q) > \min_Q \max_P E(P, Q)$$

невозможно.

Иными словами, достигаемое при этом равенство максимина минимаксу равносильно выполнению соотношений $E(P, Q_0) \leq E(P_0, Q_0)$, $E(P, Q_0) \geq E(P_0, Q_0)$, где P_0, Q_0 – это те P, Q , для которых максимин равен минимаксу. Из двух последних неравенств видно, что существует такое значение $\vartheta = E(P_0, Q_0)$, что если отступить от оп-

тимального выбора, взяв P отличным от P_0 , то выигрыш по сравнению с ϑ может только уменьшиться. Аналогично, если окажется, что $Q \neq Q_0$, то выигрыш при выборе именно P_0 (по сравнению с ϑ) может только возрасти. Нахождение P_0, Q_0 и ϑ – есть цель решения математической задачи.

Величины p, p_j при этом могут интерпретироваться по-разному, но естественным для данной технической задачи образом. Что касается весов q_j , то их введение соответствует углу α , вычисляемому как среднее из значений α_j , т.е.

$$\alpha = \sum_j \alpha_j q_j.$$

Вычисление P_0, Q_0, ϑ в общем случае для матрицы произвольных размеров ($m \times n$) ($m, n > 2$) производится на компьютере по одной из стандартных программ решения так называемых матричных игр, например на основе алгоритма решения пары двойственных задач выбора решения в условиях неопределенности, в информативном отношении для принимающего решения лица эквивалентна такой игре.

Для рассматриваемой технической задачи, ввиду наличия у нас всего двух «чистых стратегий», как такое решение осуществляется, будет показано ниже. Пока же остановимся на том, как были получены элементы матрицы.

Обозначим $p_1 = x$. Тогда $p_2 = 1 - x$, $x \in [0; 1]$.

Для ожидаемых выигрышей получены следующие уравнения:

$$\begin{aligned} y_1 &= 8x + 2(1-x) = 6x + 2; \\ y_2 &= 13x + 12(1-x) = x + 12; \\ y_3 &= 18x + 21(1-x) = -3x + 21; \\ y_4 &= 35x + 27(1-x) = 8x + 27; \\ y_5 &= 20x + 28(1-x) = -8x + 28; \\ y_6 &= 6x + 10(1-x) = -4x + 10. \end{aligned} \quad (3)$$

Графические изображения полученных уравнений представлены на рис. 2.

Минимальная кривая здесь – ломаная из отрезков прямых $y_1(x), y_6(x)$ (на рис. 2 – жирным). Её вершина в точке x , определяемой системой уравнений

$$\begin{cases} y = 6x + 2; \\ y = -4x + 10, \end{cases} \quad (4)$$

т.е. при $x = 0,8$. Таким образом, оптимально 0,8 времени работать с частотой вращения – 1000 мин^{-1} и 0,2 – с частотой – 1200 мин^{-1} . При этом ожидаемый процент обрубленных семян составит $6 \cdot 0,8 + 2 = 6,8$.

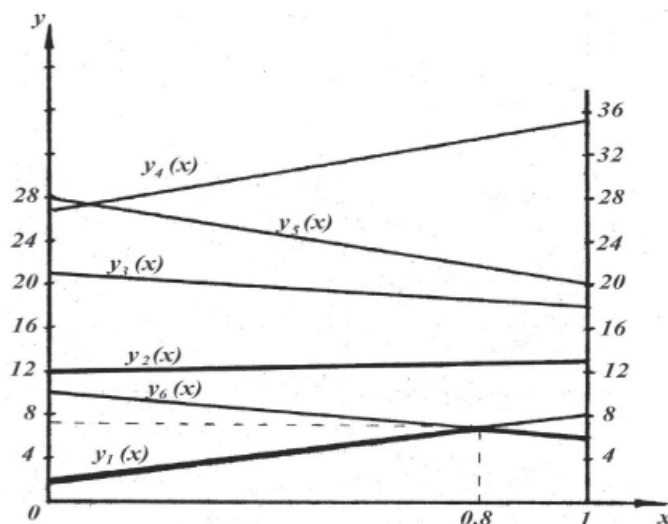


Рис. 2. Зависимости ожидаемых выигрышей

Итак, $t_{10} = 0,8$; $K_{ия} = 6,8$. В решении оказались неучаствующими столбцы матрицы со второго по пятый. Поэтому, исключая их, можно сказать, что исходная матрица эквивалентна следующей:

$$\begin{bmatrix} 8 & 6 \\ 2 & 10 \end{bmatrix}.$$

Но тогда должно быть:

$$\begin{cases} 8q + 6(1-q) = K_{ия}; \\ 2q + 10(1-q) = K_{ия}, \end{cases} \quad (5)$$

где $q = q_{10}$; $q_{20} = q_{30} = q_{40} = q_{50} = 0$; $q_{60} = 1 - q$.

Любое из этих уравнений дает $q = 0,4$. Это значит, что самым нежелательным является угол

$$\alpha = 0 \cdot 0,4 + \frac{5\pi}{6} \cdot 0,6 = \frac{\pi}{2}.$$

Вывод

Для достижения наибольшего значения коэффициента извлечения цельных ядер конструктивное исполнение семенорушек должно обеспечивать соударение семян с рабочей пластиной в направлении продольной оси.

Список литературы

1. Демьянов В.Ф., Малоземов В.Н. Введение в минимакс. – М.: Наука, 1972. – 368 с
2. Патент на полезную модель 88990 РФ, МПК В02В 3/00. – Оpubл. 27.11.2009. Бюл. № 33. Устройство для снятия

плодовой оболочки зерна / Халиуллин Д.Т., Нуруллин Э.Г., Дмитриев А.В.

3. Халиуллин Д.Т. Шелушение семян подсолнечника // Сельский механизатор. – 2009. – № 8. – С. 10.

4. Халиуллин Д.Т. Разработка конструкции и обоснование параметров обрушивателя семян подсолнечника пневмомеханического типа: дис. ... канд. техн. наук. – Казань, 2012. – 194 с.

5. Халиуллин Д.Т. Разработка конструкции и обоснование параметров обрушивателя семян подсолнечника пневмомеханического типа: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Уфа, 2011. – 16 с.

References

1. Demjanov V.F., Malozemov V.N. *Vvedenie v minimaks*. Moscow, Science, 1972. 368 p.
2. Khaliullin D.T., Dmitriev A.V., Nurullin E.G. *Ustrojstvo dlja snjatija plodovoj obolochki zerna* Patent for useful model RU 88990. Publication 27.11.2009.
3. Khaliullin D.T. *Shelushenie semjan podsolnechnika* Magazine Rural machine operator. 2009. no. 8, p.10.
4. Khaliullin D.T. *Razrabotka konstrukcii i obosnovanie parametrov obrushivatelja semja podsolnechnika pnevmomehanicheskogo tipa* masters thesis. Kazan, 2012. 194 p.
5. Khaliullin D.T. *Razrabotka konstrukcii i obosnovanie parametrov obrushivatelja semja podsolnechnika pnevmomehanicheskogo tipa* abstract of the masters thesis Ufa, 2011. 16 p.

Рецензенты:

Галиев И.Г., д.т.н., профессор кафедры инженерного менеджмента, Казанский государственный аграрный университет, г. Казань;

Яхин С.М., д.т.н., профессор кафедры общепрофессиональных дисциплин, Казанский государственный аграрный университет, г. Казань.