

УДК 631.362:621.928

Чеботарев В.П.¹, доктор технических наук, профессор;

Колоско Д.Н.¹, кандидат технических наук, доцент;

Перепечаев А.Н.², кандидат технических наук;

Жилич Е.Л.², заведующий лабораторией;

Кувшинов А.С.², научный сотрудник

¹*Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет»,*

г. Минск, Республика Беларусь,

²*РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства», г. Минск, Республика Беларусь*

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ РЕШЕТНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

***Аннотация.** В статье представлены результаты экспериментальных исследований влияния частоты колебаний решетного стана, количества очистителей в клетках поддона и диаметра шариков на эффективность очистки решет.*

Зерноочистительные машины остаются основными устройствами очистки семенного материала, рабочими органами которых являются плоские решета. Производительность решет зависит от технологического процесса машины, от порядка прохождения зерна по рабочим органам очисток. Интенсивность процесса сепарации зерновых смесей оценивается удельной производительностью, т.е. производительностью единицы площади поверхности сепарирующего органа при заданном качестве работы.

Для поддержания заданного качества сепарации зерновых смесей необходимо производить очистку сепарирующего органа. Без очистки в отверстиях решет застревают частицы продукта, что постепенно приводит к уменьшению количества прохода.

Проведение экспериментальных исследований по определению забиваемости решет при использовании шариковых очистителей позволит установить зависимость забиваемости от частоты колебаний и количества шариков в ячейке, а также определить рациональные параметры для очистки решет шариками [1].

Изготовленная в РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства» экспериментальная установка для исследования механизмов очистки решетчатых поверхностей представлена на рисунке 1, позволяет провести исследования забиваемости решет в зависимости от типа отверстий решета, частоты колебаний решётного стана, амплитуды колебаний решетчатого стана, размеров ячейки и числа очистителей в ней.



Рисунок 1 – Экспериментальная установка для исследования механизмов очистки решетчатых поверхностей

В ходе экспериментальных исследований изучалось влияние на эффективность очистки решет следующих факторов:

- частоты колебаний решётного стана;
- количество шариков в клетках поддона;
- размер (диаметр) шариков.

Качество очистки решет оценивают коэффициентом использования живого сечения решета [2]:

$$K = \frac{L - ln}{L}, \quad (1)$$

где L – суммарная длина отверстий решета, мм;

l – средняя длина зерновки, мм;
 n – число застрявших зерновок, шт.

Также качество очистки решет оценивается забиваемостью решет, определяемой по выражению:

$$\Delta = (1 - K) \cdot 100 \quad (2)$$

Зависимость забиваемости решет от частоты вращения вала привода, количества очистителей устанавливается путем определения ее на различных режимах работы экспериментальной установки. Частоту вращения вала привода измерялась с помощью тахометра часового типа и устанавливалась в пределах от 250 до 320 мин⁻¹. Амплитуда колебаний решётного стана была постоянной и равной 15 мм. Также изменялось количество шариков в клетках поддона. В клетке размером 150x150 мм размещалось по 3, 4 и 5 шариков.

Для проведения экспериментальных исследований факторы кодировались по формуле:

$$x_i = \frac{2z_i - z_{i1} - z_{i2}}{z_{i2} - z_{i1}}, \quad (3)$$

где z_i – натуральное значение i -го фактора;

z_{i1} и z_{i2} – соответственно нижняя и верхняя границы изменения величины z_i (уровни её стабилизации при проведении опытов).

При этом значениям z_{i1} и z_{i2} соответствуют кодированные значения $x_{i1} = -1$ и $x_{i2} = +1$. Результаты кодирования факторов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Кодирование факторов

Варьируемые параметры	n	m
Единицы измерения	об/мин	шт
Кодовые обозначения факторов	x_1	x_2
Основные уровни ($x_i = 0$)	285	4
Интервалы варьирования	35	1
Нижние уровни ($x_i = -1$)	250	3
Верхние уровни ($x_i = +1$)	320	5

Поверхность отклика, полученная в результате проведения экспериментальных исследований, представлена на рисунке 2.

Проверка гипотезы об однородности дисперсий выполнялась по критерию Кохрена [3].

$$G = \frac{0,3250}{2,1099} = 0,154 < G_{кр} = 0,477$$

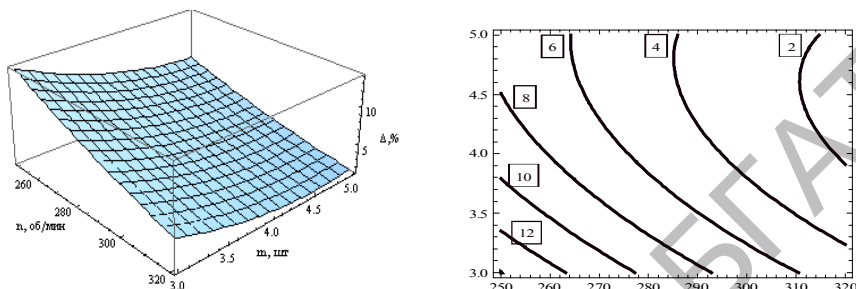


Рисунок 2 – Поверхность отклика и линии уровней функции

$$\Delta = f(n; m) \quad (4)$$

Дисперсия воспроизводимости опытов равна:

$$s^2 \{y\} = \frac{2,1099}{9} = 0,2344$$

Коэффициенты уравнения регрессии, вычисленные по формулам:

$$b_i = \frac{\sum_{u=1}^k x_{uj} \tilde{y}_u}{\sum_u x_{uj}^2} \quad \text{и} \quad b_0 = b'_0 - \bar{x}_i^2 \sum_{i=1}^k b_{ij}, \quad (5)$$

представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Коэффициенты уравнения регрессии

z-переменная	x_0	x_1	x_2	$x_1 x_2$	x'_1	x'_2
b_j	6,3830	-3,7061	-2,4522	0,7917	0,5518	1,5302

Дисперсии коэффициентов регрессии будут равны:

$$s^2 \{b_0\} = \frac{0,2344}{3 \cdot 9} = 0,00087; s^2 \{b_i\} = \frac{0,2344}{3 \cdot 6} = 0,01302;$$

$$s^2 \{b_{ij}\} = \frac{0,2344}{3 \cdot 4} = 0,01954; s^2 \{b_{ii}\} = \frac{0,2344}{3 \cdot 2} = 0,03907.$$

Доверительные интервалы соответствующих коэффициентов представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Доверительные интервалы коэффициентов уравнения регрессии

z -переменная	x_0	x_j	x_{ij}	x_{ii}
Δb_j	0,1957	0,2397	0,2935	0,4151

Согласно условию

$$|b_j| > \Delta b_j = s\{b_j\} \cdot t(\gamma; \nu_B),$$

где $t(\gamma; \nu_B)$ – табличное значение t – распределения при двустороннем ограничении, доверительном уровне γ и числе степеней свободы ν_B , все коэффициенты являются значимыми.

Уравнение регрессии запишется в виде:

$$y = 6,383 - 3,7061x_1 - 2,4522x_2 - 0,7917x_1x_2 + 0,5518x_1 + 1,5302x_2.$$

Адекватность полученного уравнения экспериментальным данным проверялась по критерию Фишера [4]:

$$F = \frac{0,5271}{0,2344} = 2,22 < F_{\text{кр}} = 2,9.$$

Так как расчетное значение F -критерия не превышает табличное, то с вероятностью $\alpha_0 = 0,95$ можно утверждать, что полученное уравнение адекватно представляет экспериментальные данные.

Для перехода к обычной форме записи определим по формуле (5) значение свободного члена:

$$b_0 = 6,383 - 0,67(0,5518 + 1,5302) = 4,995,$$

тогда уравнение регрессии примет следующий вид:

$$y = 4,995 - 3,7061x_1 - 2,4522x_2 + 0,7917x_1x_2 + 0,5518x_1 + 1,5302x_2.$$

В результате проведенных экспериментов установлено, что наибольшее влияние на эффективность очистки решет при прочих равных условиях оказывает частота колебаний поддона с шариками. С увеличением частоты колебаний забиваемость решет уменьшалась с 13–15 % до 1–2 % (оставались застрявшие в отверстиях решет зёрна в так называемых «мёртвых зонах», вблизи перегородок клеток с шариками).

Диаметр шариков (использовали два размера – 28 и 33 мм) не оказал существенного влияния на эффективность очистки решет.

Также изменялось количество шариков в клетках поддона. В клетке размером 150x150 мм размещали по 3, 4 и 5 шариков. Наилучший результат получен при размещении 4–5 шариков в клетке. Забиваемость сортировальных решет с увеличением числа шариков снижалась с 7–8 % до 1–2 %.

Следовательно, при использовании шариковых очистителей для очистки плоских решет следует устанавливать частоту колебаний близкой к 320 мин^{-1} , количество шариков в ячейке размером 150x150 мм следует принять равным 4 штукам.

Таким образом, анализ результатов экспериментальных исследований по очистке плоских решет вибрационных зерноочистительных машин показывает, что применение для этих целей упругих элементов в виде шариков наиболее целесообразно в связи с тем, что значительно снижается, метало- и энергоемкость, не требуется сложная система привода.

Список использованных источников

1. Веденяпин, В.Г. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных. – М.: Колос, 1973. – 199с.
2. Основы планирования эксперимента в сельскохозяйственных машинах: руководящий технический материал / ВИСХОМ; авт.-сост. М.Н. Фатеев, М.М. Фирсов. – М., 1974. – 116 с.
3. Основы планирования эксперимента в сельскохозяйственных машинах. РТМ 23.2.36-73. М., 1974.
4. Шторм, Р. Теория вероятностей, математическая статистика, статистический контроль качества. – М.: Мир, 1970. – 368 с.

Abstract. The article presents the results of experimental studies of the influence of the oscillation frequency of the sieve mill, the number of cleaners in the cells of the pan and the balls' diameter on the cleaning efficiency of sieves.