

## АЛГОРИТМ РАСЧЕТА ПРОЦЕССА СЕПАРАЦИИ НА РЕШЕТНЫХ УСТРОЙСТВАХ

*А.В. ФОМИНЫХ (фото),*

*доктор технических наук, профессор,*

*В.Г. ЧУМАКОВ,*

*кандидат технических наук, доцент,*

*Курганская ГСХА имени Т.С. Мальцева*

**Ключевые слова:** системный подход, вибрационное перемещение, решето, просеиваемость.

Системный подход к исследованию проблемы ориентирует на выбор такого решения, которое в наибольшей степени соответствует целям, стоящим перед системой, в том числе приведение в соответствие решений по частным вопросам. Целью определения рациональных параметров решётного стана зерноочистительных машин является выполнение процес-

са сепарирования с максимальной производительностью и полнотой выделения сорных примесей при минимальных потерях зерна и эксплуатационных затратах.

### Цель и методика исследований

Для рассмотрения возможных способов достижения цели, например, максимальной просеиваемости колосового решета, наглядное представле-



641300, Курганская обл.,  
Кетовский р-н, с. Лесниково;  
тел. 8 (35231) 4-42-30

ние даёт схема системы сепарирования на решете (рис. 1). Просеиваемость решета зависит от технологических параметров вороха и конструктивно-технологических параметров решёт, что и определяет состояние компонентов вороха на решете. Выходные показатели определяют критерий исследуемой системы. Обоснование критерия – очень важный этап исследования, что требует более подробного рассмотрения. В качестве подсистем рассматриваются состояния компонентов вороха на решете, которые на схеме являются элементами подсистемы.

При разработке алгоритмов моделирования идём по принципу построения реализации процесса сепарации снизу вверх, то есть вначале моделируем состояния компонентов вороха на решете как подсистему с учётом функциональных взаимосвязей с другими подсистемами, а затем рассматриваем её как систему (рис. 2). Этих подсистем семь: покой; движение; полёт; переход из одного состояния в другое; разворот частицы относительно оси, проходящей через её центр масс; удар о решето; воздействие соседних частиц. Каждый элемент (состояние частицы на решете) перечисленных подсистем имеет свою расчётную схему и математическую модель. Изучаемый процесс сепарации решетом можно свести к теории вибрационного перемещения частицы [1].

Пример состояния частицы в форме эллипсоида и соответствующая этому состоянию расчётная схема, показанные на рисунке 3, соответствуют в подсистеме 4 переходу этой частицы из состояния движения в состояние полёта, где:

$X$  – расстояние центра масс эллипса от края перемычки, м;

$Y$  – высота расположения центра масс эллипса, м;

$V$  – скорость движения центра масс эллипса, м/с;

$j$  – угол отклонения малой оси эл-



Рис. 1. Схема системы сепарирования зерна на решете

**Systematic method,  
vibration transference,  
sieve, winnowing.**

липа от оси  $Y$ , рад.

Расчётная схема разработана с учётом источников [2, 3]. При этом рисунок 3 показывает два состояния (два элемента из подсистемы 3) частицы: полёт над ближним краем отверстия и начало полёта над отверстием. При переходе центра масс эллипсоида за край перемычки возможны два варианта его движения: безотрывное от перемычки (движение по ближнему краю отверстия, подсистема 2) и соскальзывание эллипсоида в отверстие или полет эллипсоида, когда его край находится над перемычкой, подсистема 3. Безотрывное от перемычки движение эллипсоида в отверстие может продолжаться до прохода эллипсоида в отверстие, то есть до момента просеивания, или эллипсоид полетит, оставаясь краем над перемычкой. Примером состояния частицы из подсистемы 2 (рис. 2) является движение по ближнему краю отверстия с момента перехода центра масс частицы за край отверстия до момента начала полёта, где эллипсоид показан пунктирной линией (рис. 3). Сплошной линией эллипсоид изображён в состоянии полёта над ближним краем отверстия, подсистема 3 (рис. 2). Центр масс эллипсоида находится над отверстием, причём часть эллипсоида находится над перемычкой. Полёт эллипсоида в период, когда его центр масс находится над отверстием, а край – над перемычкой, может закончиться ударом эллипсоида о ближний край перемычки, подсистема 6, дальнейшим скольжением или полётом. При полёте над отверстием эллипсоид просеется или ударится о противоположный край отверстия. После удара эллипсоид полетит назад или соскользнёт в отверстие, находясь в контакте с краем перемычки, и просеется или переместится после удара за отверстие и не просеется. На все перечисленные ситуации (покоя, скольжения, полёта и удара эллипсоида) разработаны расчётные схемы, аналогичные показанной на рисунке 3, и математические модели, которые скомпонованы в алгоритме программы для расчёта просеиваемости (рис. 4).

#### Результаты исследований

На рисунке 4 показана укрупнённая блок-схема алгоритма расчёта просеиваемости решета. Исходными данными для расчёта скорости движения частицы по решету являются: коэффициент трения материала по решету  $f_{тр}$ , угол наклона  $\beta$ , амплитуда  $A$  и частота колебаний решета  $\omega$ :

$$v_x = f(f_{тр}, \alpha, A, \omega), \text{ м/с} \quad (1)$$

Исходными данными для расчёта просеиваемости решета являются: эквивалентный диаметр частицы  $d_{\text{эк}}$ , размеры отверстия решета  $D_{\text{от}}$ , количество отверстий на метр квадрат-

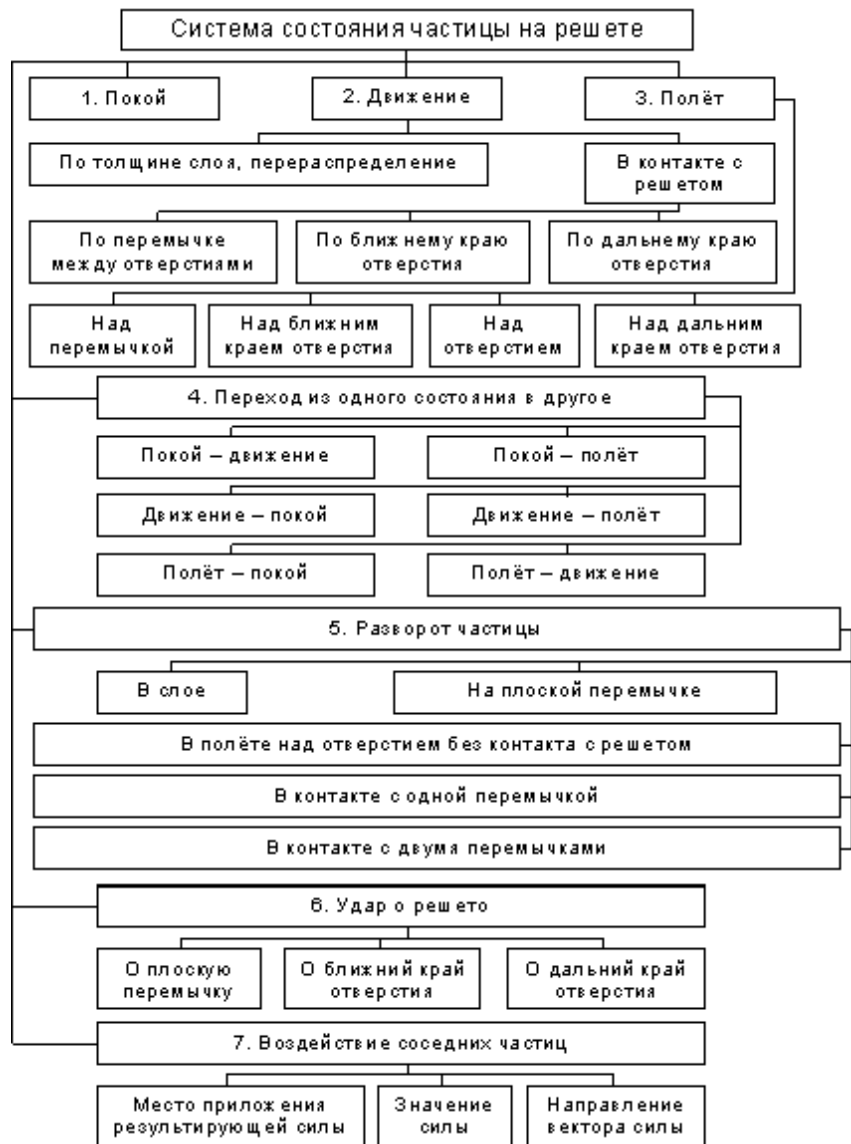
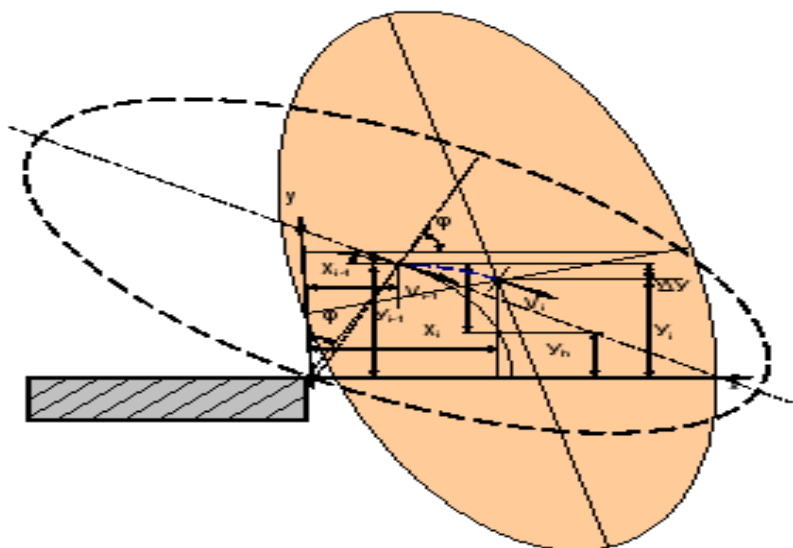


Рис. 2. Схема системы состояния частицы на решете



— — положение эллипсоида в момент отрыва от перемычки;  
 - - - эллипсоид в состоянии полёта

Рис. 3. Расчётная схема скольжения по ближнему краю и отрыва эллипсоида от ближнего края отверстия

ный решета  $n_{отв}$ , скорость движения частицы в момент подхода к краю отверстия  $x_{ч}$ , коэффициент трения материала по решетку  $f_{тр}$ , угол наклона  $\beta$ , амплитуда  $A$ , частота колебаний решета  $\omega$  и масса тысячи зёрен  $m$ :

$$W = f(d_{ч}, D_{отв}, n_{отв}, v_{ч}, f_{тр}, \alpha, A, \omega, m), \text{ кг/ч} \cdot \text{м}^2 \quad (2)$$

В блок-схеме программы расчёта

движения частицы по решетку и её прохождения в отверстие решета переход частицы из одного состояния в другое отражается операторами сравнения. Решение дифференциальных уравнений движения частицы с учётом случайных факторов, действующих на частицу, и использование ме-

тода статистического моделирования (метод Монте-Карло) позволяют рассчитать траектории каждого компонента вороха на каждом конструктивно-кинематическом параметре работы машины. При этом каждый раз получается траектория, отличная от других. Так как таких траекторий каждого компонента вороха на каждом конструктивно-кинематическом параметре работы машины получается много (более 100000), то накопленная статистика, которая обрабатывается в специальном блоке расчётной программы ЭВМ, в значительной степени приближается к статистике действительного процесса сепарации вороха.

Идея метода статистического моделирования сводится к тому, что проводится «розыгрыш» случайного явления по специально разработанной процедуре. Одна из возможных процедур (самая простая) - при равной вероятности всех уровней каждого случайного фактора. Если все учитываемые положения частицы и воздействия соседних частиц принять равновероятными, то проводится полнофакторный детерминированный расчётный эксперимент. После расчёта более 100000 траекторий частиц сферической или эллиптической формы определяется просеиваемость решета:

$$W = 3,6 n_c n_{отв} m, \text{ кг/ч} \cdot \text{м}^2, \quad (3)$$

где  $n_c$  – количество частиц, прошедших через одно отверстие в секунду;

$n_{отв}$  – число отверстий на 1 м<sup>2</sup> решета;

$m$  – масса тысячи частиц, кг.

**Выводы. Рекомендации**

Сто тысяч зёрен пшеницы весят 3-4 кг. Математическая модель позволяет рассчитать траекторию движения каждого компонента вороха, в том числе и примесей. Рассчитав траекторию движения каждого компонента от 5 до 20 кг и более зерновой смеси и проведя обработку этих результатов в специальном блоке расчётной программы с целью получения характеристик процесса сепарации, можно утверждать, что предлагаемая методика расчёта описывает сепарацию зернового вороха и движения потока других сыпучих материалов, а не отдельной частицы.

Представленный алгоритм расчёта позволяет проводить численные исследования влияния параметров вороха и конструктивно-технологических параметров решёт на просеиваемость колосового решета.

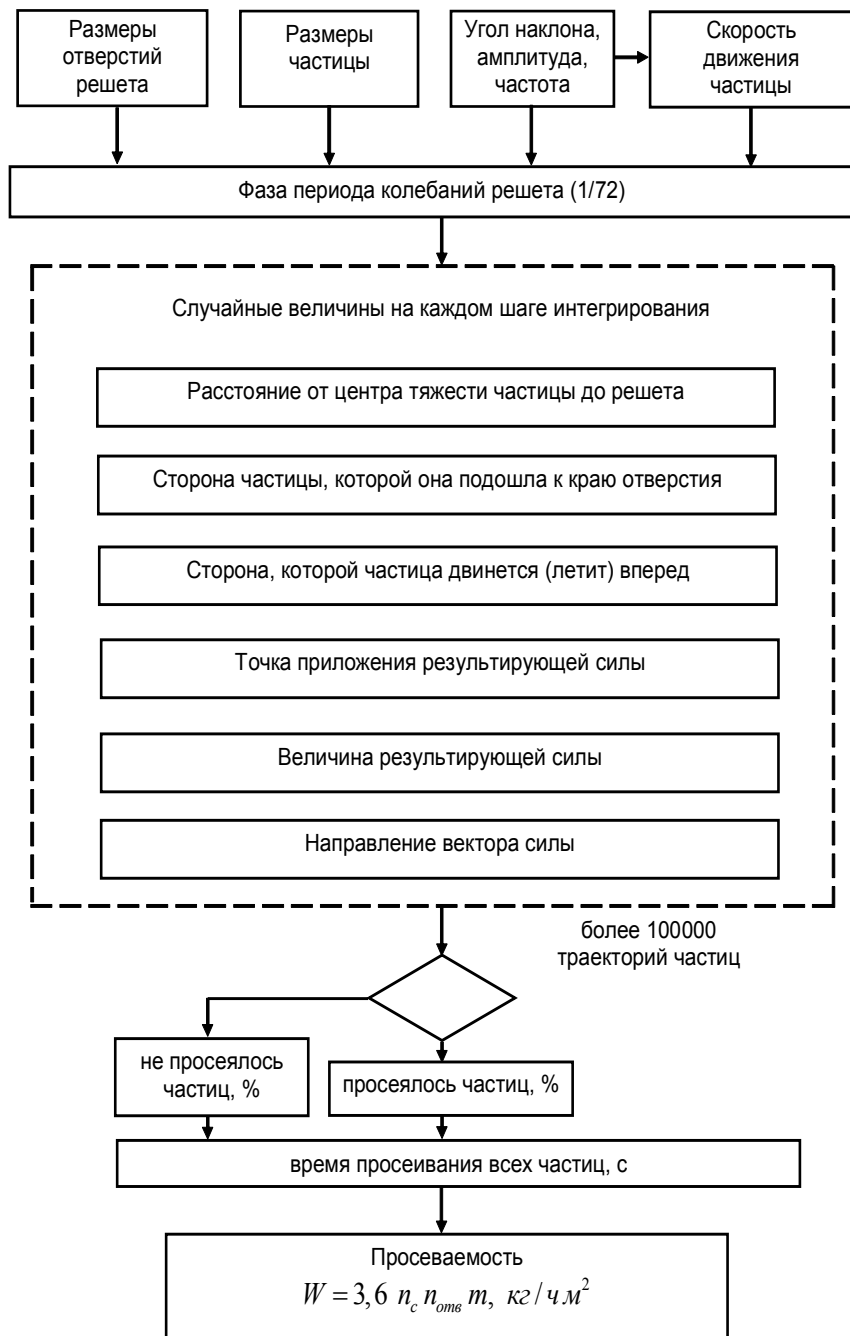


Рис. 4. Укрупнённая блок-схема алгоритма расчёта сепарации вороха на решетке

**Литература**

1. Блехман И. И. Вибрационная механика. М. : Физматлит, 1994. 400 с.
2. Гортинский В. В., Демский А. В., Борискин М. А. Процессы сепарации на зерноперерабатывающих предприятиях. М. : Колос, 1980. 304 с.
3. Фоминых А. В. Расчёт просеиваемости решётных сепараторов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2006. № 9. С. 35-36 .