

The theoretical justification for grain cleaning machines
Baishugulova Sh. (Republic of Kazakhstan)
Теоретическое обоснование зерноочистительной машины
Байшугулова Ш. К. (Республика Казахстан)

*Байшугулова Шырын Кадрменденовна / Baishugulova Shyryn - докторант PhD,
кафедра технической механики,
Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Астана, Республика Казахстан*

Аннотация: в статье рассматриваются результаты исследований зерноочистительной машины. Также теоретически описан принцип работы рабочего органа зерноочистительной машины.

Abstract: the article describes the results of studies of grain cleaners. Just theoretically the principle of working body grain cleaning machine is described.

Ключевые слова: зерно, зерноочистительные машины, рабочий орган.

Keywords: grain, grain-cleaning machines, working body.

Производство зерна является важнейшей сферой агротехнического комплекса, оказывающее наибольшее влияние на степень обеспечения населения продовольствием и на уровень развития кормовой базы для ряда отраслей Агропромышленного комплекса.

Одной из трудоемких и важных операций при производстве зерна является его послеуборочная первичная (до базисных кондиций продовольственного зерна) и семенная очистка. Однако конструктивные технологические недостатки и несовершенство и износ основных технических средств не позволяют хозяйствам своевременно и качественно проводить послеуборочную обработку зерна.

Замена физически и морально устаревших зерноочистительных машин новыми продолжается многие годы, так как нет заметного сдвига в создании новых отечественных и эффективных зерноочистительных машин, совершенных способов очистки зерна. В связи с тем в хозяйствах отсутствуют высокопроизводительные зерноочистительные машины. В результате, при получении даже высокого урожая, хозяйства несут большие убытки от значительных потерь зерна при послеуборочной обработке.

Важнейшей задачей, стоящей сегодня перед создателями конкурентоспособных зерноочистительных машин и агрегатов, является обоснование рациональных схем и технических средств для поточных технологий очистки и сортировки семян зерна, обеспечивающих высокие показатели с минимальными приведенными затратами, что в дальнейшем обеспечит разработку и выпуск высокопроизводительной сельскохозяйственной техники для послеуборочной обработки зерновых культур.

В настоящее время создание новой техники идет преимущественно по пути совершенствования традиционных принципов и усложнения базовых конструкций, увеличения их металлоемкости и энергонасыщенности, что не привело к существенному улучшению их технологической надежности и удельных показателей технического уровня. Это объясняется тем, что существующие традиционные методы разработки и проектирования технологических процессов и технических средств (зерноочистительных машин и поточных линий) базируются на традиционной последовательности выполнения технологических операций и использовании существующих базовых машин. Повышение послеуборочной очистки и сортировки зерновых невозможно без осуществления прогрессивных технологий и создания зерноочистительных машин нового поколения [1].

В связи с этим, для разработки зерноочистительных машин с высокими технико-экономическими показателями назрела необходимость в решении возникшей проблемы путем оптимизации рациональной совокупности частных операций и параметров зерноочистительных машин, определяющие последовательные или поэтапные высокоэффективные схемы очистки. Они должны обеспечить выполнение заданных показателей назначения при минимизации суммарных приведенных затрат на очистку и получение семенного и продуктового материала.

Одной из важнейших особенностей современных зерноочистительных машин является возвратно-поступательное движение их решет, что является причиной возникновения на ведущих и ведомых валах, в корпусе решетчатого стана и на раме зерноочистительной машины знакопеременных нагрузок. Эти нагрузки приводят к снижению прочности деталей, надежности работы машины в целом, требуются массивные противовесы, увеличивается расход металла и энергии [2]. Для решения этой проблемы предлагается новый принцип очистки и сортировки зерна. Целью предлагаемого теоретического принципа является совершенствование качества работы зерноочистительной машины путем сообщения рабочим органом сложного движения. Это достигается заменой кривошипно-шатунного механизма на планетарный [3].

Предлагаемая машина сконструирована на кафедре технической механики Казахского аграрного университета им. С. Сейфуллина (рис. 1). На него получен инновационный патент [4].

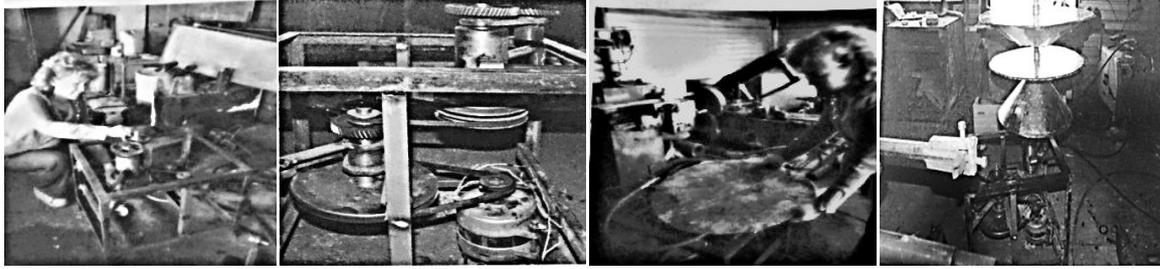


Рис. 1. Рабочие органы зерноочистительной машины

Задачами предлагаемой машины являются повышение качества разделения зерновой смеси и увеличение производительности решетчатого рабочего органа, которые достигаются путем исключения знакопеременных и центробежных нагрузок на него [5].

Схематическое изображение решета с планетарным движением решета показано на рисунке 2. Водило 1 вращает ось решета O_1 с угловой скоростью ω вокруг центра O . На ось решета 2 жестко насажен сателлит 3, который огибает солнечную шестерню 4, при этом решето 2 вращается и вокруг центра O_1 . Зерно поступает на решето из бункера 5.

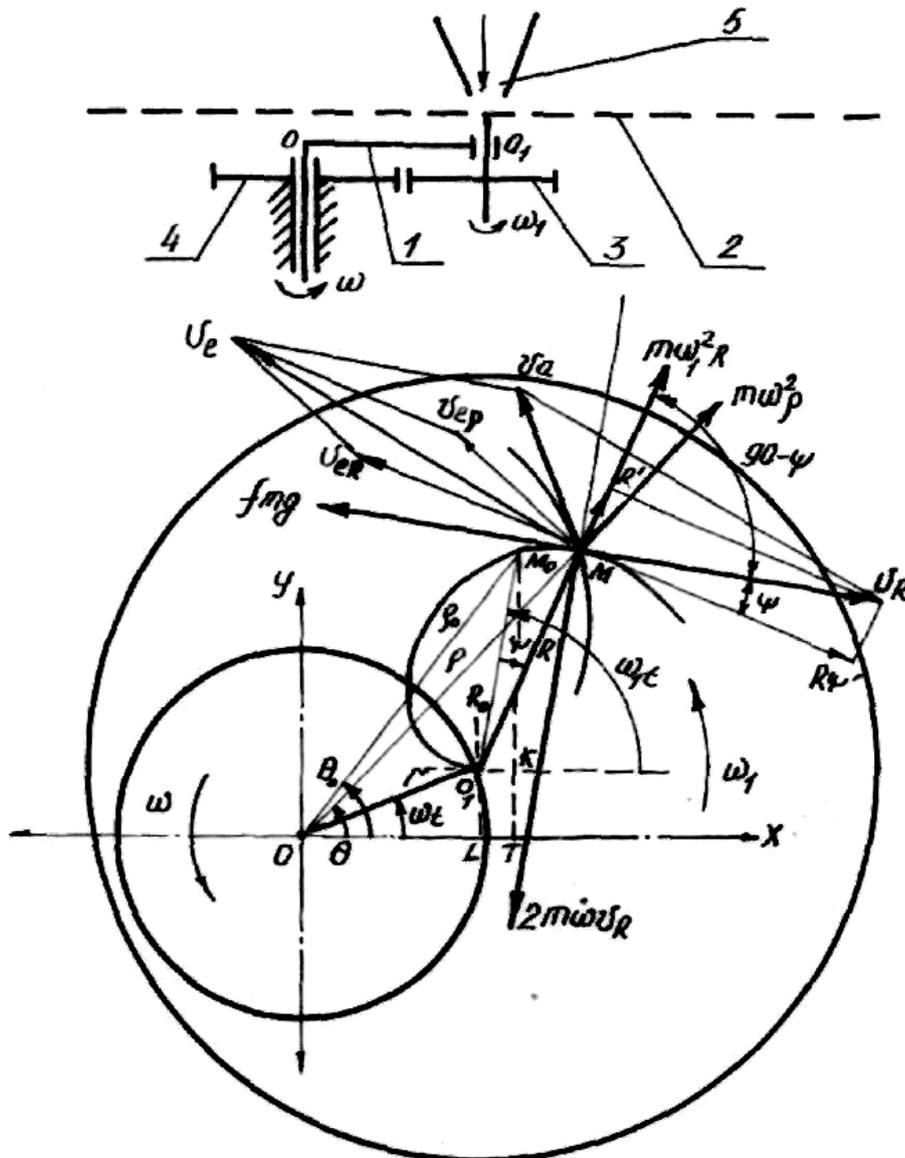


Рис. 2. Решето с планетарным движением

Уравнение движения точки решета M_0 определится из равенств:

$$\begin{aligned} X &= OL + LT \\ Y &= O_1L + M_0K \end{aligned}$$

Откуда

$$\begin{aligned} X &= r \cos \omega t + R_0 \cos \eta \omega t, \\ Y &= r \sin \omega t + R_0 \sin \eta \omega t. \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \rho &= \sqrt{r^2 + R_0^2 + 2rR_0 \cos(1 - \eta)\omega t}; \\ \operatorname{tg} \theta_0 &= \frac{r \sin \omega t + R_0^2 + 2rR_0 \cos(1 - \eta)\omega t}{r \cos \omega t + R_0 \cos \eta \omega t} \end{aligned} \quad (2)$$

$\frac{\omega_1}{\omega} = \eta$ -коэффициент, характеризующий соотношение угловых скоростей водила и решета.

Рассмотрим материальную точку (зерно), находящуюся на решетке, совершающем планетарное движение. Без относительного движения за время t материальная точка M вместе с решеткой занимает положение M_0 . Однако за счет относительного движения, скользя по решетке, за то же время она переместится в положение M .

Принимаем следующие обозначения величин:

V_{er} – скорость точки в переносном движении относительно т. O_1 ;

$V_{e\rho}$ – скорость точки в переносном движении относительно т. O ;

V_e – переносная скорость т. M_1 ;

V_R – переносная скорость т. M ;

R' – радиальная составляющая относительной скорости;

R_φ – тангенциальная составляющая относительной скорости;

V_a – абсолютная скорость материальной точки;

$\angle M_0O_1M$ – угол относительного скольжения;

$m\omega_1^2 R$ – центробежная сила переносного движения около т. O_1 ;

$m\omega^2 \rho$ – центробежная сила переносного движения около т. O ;

$2m\omega' V_R$ – кориолисова сила;

fmg – сила трения;

$\omega' = (\omega + \omega_1)$ – суммарная угловая скорость в т. M .

Исходя из рисунка, можно предположить, что угол между относительной скоростью и ее тангенциальной составляющей примерно равен углу относительного скольжения.

$$\angle O_1M: \angle O_1 = [90 - (\omega_1 t - \varphi) + (90 + \omega t)] = \pi - \omega_1 t + \omega t + \varphi;$$

$$\angle O = \theta - \omega t$$

$$\angle M = [\pi - (\angle O_1 + \angle O)] = \omega_1 t - \theta.$$

Согласно принципу Даламбера составим уравнение действующих сил, в проекции на естественные оси [6]:

$$\begin{aligned} m\omega_1^2 R + m\omega^2 \rho \cos(\omega_1 t - \varphi - \theta) - 2m\omega' \cdot \cos \varphi - fmg \cos(90 - \varphi) &= 0. \\ m\omega^2 \rho \sin(\omega_1 t - \varphi - \theta) + 2m\omega' v_R \sin \varphi - fmg \sin(90 - \varphi) &= 0. \end{aligned} \quad (3)$$

Сократим все члены на m :

$$\begin{aligned} \omega^2 \rho \cdot \cos(\omega_1 t - \varphi - \theta) - 2\omega' v_R \cos \varphi - fg \sin \varphi &= -\omega_1^2 R. \\ \omega^2 \rho \cdot \sin(\omega_1 t - \varphi - \theta) - 2\omega' v_R \sin \varphi - fg \cos \varphi &= 0. \end{aligned} \quad (4)$$

Относительную скорость можно выразить через ее составляющие:

$$V_R = \sqrt{R'^2 + R_\varphi^2} = R\sqrt{1 + \varphi^2} \quad (5)$$

Тогда:

$$\frac{R'}{V_R} = \sin \varphi \qquad \frac{R_\varphi}{V_R} = \cos \varphi. \quad (6)$$

Преобразуем уравнения (4) с помощью выражения (6):

$$\begin{aligned} \omega^2 \rho \cos(\omega_1 t - \varphi - \theta) - 2\omega' R \varphi - tg \sin \varphi &= -\omega_1^2 R. \\ \omega^2 \rho \cdot \sin(\omega_1 t - \varphi - \theta) + 2\omega' R' - tg \cdot \cos \varphi &= 0. \end{aligned} \quad (7)$$

Получена система дифференциальных уравнений первого порядка, характеризующая относительное движение материальной точки на поверхности горизонтального решета, совершающего планетарное движение.

Решение полученных уравнений трудоемко [7].

Поэтому проведем их преобразование:

Из второго уравнения (7) имеем:

$$2\omega' = \frac{1}{R} [tg \cos \varphi - \omega^2 \rho \sin(\omega_1 t - \varphi - \theta)]. \quad (8)$$

Подставим (8) в первое уравнение (7).

$$\frac{R\varphi'}{R'} = \frac{\omega^2 \rho \cdot \cos(\omega_1 t - \varphi - \theta) + \omega_1^2 R - fg \sin \varphi}{tg \cos \varphi - \omega^2 \rho \sin(\omega_1 t - \varphi - \theta)}. \quad (9)$$

Правую сторону (9) обозначим:

$$\frac{\omega^2 \rho \cos(\eta \omega t - \varphi - \theta) - tg \sin \varphi + \eta^2 \omega^2 R}{tg \cos \varphi - \omega^2 \rho \sin(\eta \omega t - \varphi - \theta)} = A \quad (10)$$

Все величины, входящие в (10), зависят от ω и η .

Меняя их значение, можно добиться, чтобы $A = const$. При этом уравнение (9) запишется:

$$\frac{R'}{R\varphi'} = tg \varphi = \frac{1}{A} = const \quad (11)$$

Интегрирование этого уравнения дает: $R = R_0 e^{A\varphi}$.

Получено уравнение логарифмической спирали. Отсюда следует, что материальная точка до схода с решета совершает логарифмическую спираль. Характеристика спирали зависит от A и φ . При $A = const$, чем меньше φ , тем больше будет количество витков спирали и материальная точка дольше будет находиться на решете. При этом зерновая масса очистится отсортируется. Отсутствие знакопеременных нагрузок позволяет задавать решетам возможно высоких угловые скорости, что способствует увеличению их производительности. Лабораторные исследования экспериментальной установки показали высокую эффективность её работы.

Литература

1. *Есхожин Д. З., Байшугулова Ш. К.* Зерноочистительная машина со сложным движением рабочего органа / Сборник научных статей по материалам XI Международной научно-практической конференции, посвященной 65-летию факультета механизации сельского хозяйства «Актуальные проблемы научно-технического прогресса в АПК». г. Ставрополь, 2015. С. 14-18.
2. *Капов С. Н., Шенелев С. Д.* Повышение эффективности зерноуборочного и зерноочистительного процессов согласованием их работы. Достижения науки и техники АПК, 2010. № 12. С. 76-78.
3. *Капов С. Н., Шенелев С. Д.* Структурный анализ технологии уборки зерновых культур. / Вестник ЧГАА, 2010. Т. 56. С. 98-102.
4. *Bayshugulova Sh. K., Eskhozhin D. Z., Capov S. N.* / Improving the quality of the grain cleaning machine by posts working body complex motion / The Seventh international Conference on Eurasian scientific development / Austria. Venna, 30 November 2015.
5. *Bayshugulova Sh. K., Eskhozhin D. Z., Capov S. N.* To improve the quality of grain cleaners cleaning machines // С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университетінің Ғылым жаршысы / Вестник науки Казахского агротехнического университета им. С. Сейфуллина, 2015. № 4 (87). С. 74-82.
6. *Байшугулова Ш. К., Есхожин Д. З.* / Астық тазалағыш машинаның жана үлгісін негіздеу/ Сборник ст. По материалам НЛІ международной заочной науч.-практ. конф. / Н 34 Научная дискуссия: вопаросы технических наук. № 12 (30). М. Изд. «Интернаука», 2015. 182.
7. *Шпиначев В. С.* Высшая математика. 2-е изд. М.: Высшая школа, 1990. 490 с.