

ПРОЦЕССЫ И МАШИНЫ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ

УДК 631.362.36

**А.В. Черняков, В.С. Коваль,
М.А. Бегунов, А.В. Евченко,
К.В. Павлюченко**

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ СЕПАРАТОРА ЗЕРНА

**A.V. Chernyakov, V.S. Koval,
M.A. Begunov, A.V. Evchenko,
K.V. Pavlyuchenko**

THE DEFINITION OF CONSTRUCTIVE GRAIN SEPARATOR PARAMETERS

Черняков А.В. – канд. техн. наук, доц. каф. агрономии и агроинженерии Тарского филиала Омского государственного аграрного университета им. П.А. Столыпина, Омская обл., Тарский р-н, г. Тара. E-mail: chernyakovavforester@mail.ru

Коваль В.С. – канд. техн. наук, доц. каф. агрономии и агроинженерии Тарского филиала Омского государственного аграрного университета им. П.А. Столыпина, Омская обл., Тарский р-н, г. Тара. E-mail: koval_v.s@mail.ru

Бегунов М.А. – канд. техн. наук, доц. каф. агрономии и агроинженерии Тарского филиала Омского государственного аграрного университета им. П.А. Столыпина, Омская обл., Тарский р-н, г. Тара. E-mail: maksim-begunov@mail.ru

Евченко А.В. – канд. техн. наук, доц. каф. агрономии и агроинженерии Тарского филиала Омского государственного аграрного университета им. П.А. Столыпина, Омская обл., Тарский р-н, г. Тара. E-mail: evchenko67@mail.ru

Павлюченко К.В. – преп. Отделения среднего профессионального образования Тарского филиала Омского государственного аграрного университета им. П.А. Столыпина, Омская обл., Тарский р-н, г. Тара. E-mail: kirillpavl@mail.ru

Chernyakov A.V. – Cand. Techn. Sci., Assoc. Prof., Chair of Agronomy and Agroengineering, Tarsky Branch, Omsk State Agricultural University named after P.A. Stolypin, Omsk Region, Tarsky District, Tara. E-mail: chernyakovavforester@mail.ru

Koval V.S. – Cand. Techn. Sci., Assoc. Prof., Chair of Agronomy and Agroengineering, Tarsky Branch, Omsk State Agricultural University named after P.A. Stolypin, Omsk Region, Tarsky District, Tara. E-mail: koval_v.s@mail.ru

Begunov M.A. – Cand. Techn. Sci., Assoc. Prof., Chair of Agronomy and Agroengineering, Tarsky Branch, Omsk State Agricultural University named after P.A. Stolypin, Omsk Region, Tarsky District, Tara. E-mail: maksim-begunov@mail.ru

Evchenko A.V. – Cand. Techn. Sci., Assoc. Prof., Chair of Agronomy and Agroengineering, Tarsky Branch, Omsk State Agricultural University named after P.A. Stolypin, Omsk Region, Tarsky District, Tara. E-mail: evchenko67@mail.ru

Pavlyuchenko K.V. – Asst, Department of Secondary Professional Education, Tarsky Branch, Omsk State Agricultural University named after P.A. Stolypin, Omsk Region, Tarsky District, Tara. E-mail: kirillpavl@mail.ru

Послеуборочная обработка зерна является одной из наиболее ответственных и энергоемких операций при его производстве. При анализе различных конструкций сепараторов

можно сделать вывод, что перспективными являются зерноочистительные машины с криволинейной рабочей поверхностью, на которой центробежные силы способствуют

прохождению зерновой смеси через отверстия. Такая конструкция позволяет повысить просеиваемость через решета за счет улучшения ориентирования зерновок относительно отверстий. Цель исследования: выявить математические зависимости для определения конструктивных параметров качающихся решет и их привода. Задачи исследования: получить математические зависимости рациональных параметров подвесок из условия работоспособности механизма; выявить соотношения параметров привода сепаратора. Теоретические исследования процесса сепарации зерна на решетках с прямоугольными отверстиями, расположенными под углом к продольной оси решета, проводились применительно к решетной установке. Были получены системы уравнений движения одного решета. На основе данной математической модели была создана компьютерная имитационная модель. В ней учтена возможность варьировать такими конструктивными параметрами, как параметры решета, длины подвесок и угол размаха решет. Полученные зависимости позволяют рассчитать кинематику решета сепаратора и его конструктивные параметры. Для лабораторного образца они составили: длина шатуна – 380 мм, кривошипа – 150, подвесок решета – 350 и перемычек – 30 мм. В случае разработки сепаратора промышленного масштаба эти размеры будут корректироваться, однако применяемые математические зависимости останутся прежними.

Ключевые слова: решетный стан, зерноочистка, решето, сепарация.

After-harvesting processing of grain is one of the most responsible and energy-intensive operations in its production. Analyzing various designs of separators, it can be concluded that grain cleaning machines with curved working surface on which the centrifugal forces facilitate the passage of the grain mixture through the holes are promising. The design allows increasing the sift through the sieve by improving the orientation of the grain relative to the holes. The purpose of the study was to find mathematical dependencies for determining the design parameters of swinging sieves and their drive. The research tasks were to obtain mathematical dependences of the rational parameters of the sus-

pensions from working condition of the mechanism; to reveal the relationship between the parameters of separator drive. Theoretical studies of the process of grain separation on sieves with rectangular holes located at the angle to the longitudinal axis of the sieve were carried out with reference to sieve installation. There were obtained the systems of equations of one sieve motion. Based on this mathematical model, a computer simulation model was created. It takes into account the possibility of such design parameters as the sieve parameters, the lengths of the suspensions and the angle of the sieve width to vary. Obtained dependences make it possible to calculate the kinematics of the separator sieves and its design parameters. For the laboratory sample they were connecting rod length (380 mm), crank (150), as well as the length of suspension sieves (350) and bridges (30 mm). In case of a commercial scale separator development these dimensions will be adjusted, but the applied mathematical dependencies will remain the same.

Keywords: latticework, grain cleaning, sieve, separation.

Введение. В настоящее время сбор зерна в стране несколько снизился по сравнению с предшествующими десятилетиями. Нынешним СПК и КФХ в наследство от предшествующих времен достались остатки сельскохозяйственной техники. Ввиду выработки этой техникой своего ресурса ее, конечно же, не хватает для обработки всех занятых угодий. В зернотоковом хозяйстве ситуация другая: в прошлом агрегаты и комплексы были рассчитаны на максимальные урожаи и объем посевных площадей. Их пропускная способность составляла 10, 20, 25, 40, 50 т/ч при нормированных показателях засоренности и влажности. Сейчас они остались незагруженными: либо работа осуществляется в одну смену или на неполной мощности. Кроме того, повысилась засоренность полей ввиду некачественной обработки и дороговизны применения средств химизации. Эти моменты создают противоречивые требования к работе комплексов, которые сводятся к следующим:

- обработка зерна с минимальным дроблением и повреждением;
- доведение зерна основной массы до производственных кондиций, а ее части – до семенных;

- зерно, соответствующее классу, намного дороже, чем бункерное;
- сушка, ввиду дороговизны мазута, теряет свою эффективность (имеется возможность перейти на местные более дешевые виды топлива: дрова, торф и т.д., однако их запасы также ограничены);
- техническое состояние машин для очистки и сушки зерна характеризуется как тяжелое;
- база для ремонта машин и оборудования зернокомплексов во многих хозяйствах практически отсутствует.

Таким образом, очистка и сортирование зерна являются актуальным вопросом, но возникают проблемы создания машин данного типа. Дальнейшее совершенствование существующих машин и создание новых требуют проработки теоретических вопросов процесса разделения зерна на фракции качественного семенного материала и фуража [1].

При анализе различных конструкций сепараторов можно сделать вывод, что перспективными являются зерноочистительные машины с криволинейной рабочей поверхностью, на которой центробежные силы способствуют прохождению зерновой смеси через отверстия.

Проводились исследования пневматического сепаратора для фракционного разделения и очистки зерна [2, 3]. Данная машина относится к

области пневматического разделения зернового материала по аэродинамическим свойствам и размерам частиц. Область применения – предварительная и первичная очистка. Для получения качественных семян необходимы машины, удовлетворяющие критериям вторичной очистки.

Нами разработан сепаратор с качающимися рабочими органами, отверстия которых имеют продолговатую форму и располагаются под определенным углом α к движению зернового вороха (рис. 1).

Такая конструкция позволяет повысить просеиваемость через решетку за счет улучшения ориентирования зерновок относительно отверстий [4].

Цель исследования. Выявить математические зависимости для определения конструктивных параметров качающихся решет и их привода.

Задачи исследования: получить математические зависимости рациональных параметров подвесок из условия работоспособности механизма; выявить соотношения параметров привода сепаратора.

Методы исследования. Проектирование кинематического механизма подвешивания решёт и его привода производилось для лабораторного образца (рис. 1) [5].

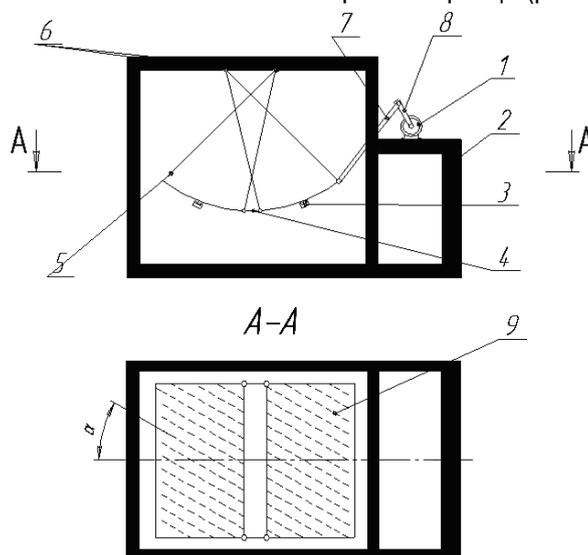


Рис. 1. Схема лабораторного образца машины для сепарации зернового вороха с качающимися рабочими органами:

- 1 – электрический привод; 2 – остов; 3 – очистители решёт; 4 – перемычки; 5 – подвески решета; 6 – крепления подвесок решета; 7 – шатун; 8 – кривошип; 9 – решет; α – угол наклона отверстий относительно образующей решета

Кинематическая схема предлагаемого технического решения (см. рис.1) для упрощения была разделена на три части: кривошип и шатун с

коромыслами и два шарнирных четырехзвенных механизма (решетного стана) (рис. 2).

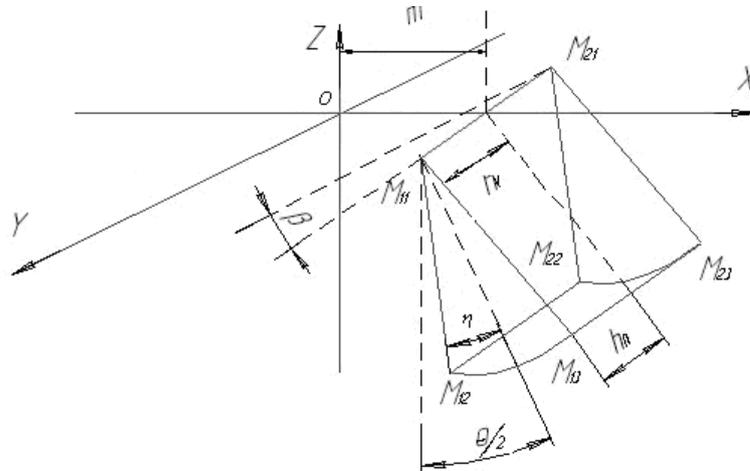


Рис. 2. Кинематическая схема решета

Ориентацию решетного стана в пространстве можно определить следующим образом:

- назначается угол наклона решета в горизонтальной плоскости β ;
- назначается угол между креплениями подвески решета (линии $M_{11}M_{12}$, $M_{11}M_{13}$, $M_{21}M_{22}$, $M_{21}M_{23}$) от оси симметрии (η);
- назначается угол отклонения решетного стана (θ), тогда изменяется угол оси симметрии решета от вертикальной оси ($\frac{\theta}{2}$);

- вычисляются углы отклонения крепления подвесок решета (линии $M_{11}M_{13}$, $M_{21}M_{22}$, $M_{21}M_{23}$) от вертикальной плоскости:

-угол отклонения для левосторонних тяг

$$l = \frac{\theta - \eta}{2}; \quad (1)$$

- угол отклонения для правосторонних тяг:

$$p = \frac{\theta + \eta}{2}; \quad (2)$$

- вычисляется радиус r_1 при различных значениях плеч (верхнего – h_v и нижнего – h_n)

$$r_1 = \sqrt{r^2 - (h_v - h_n)^2}. \quad (3)$$

Далее вычисляется значение угла отклонения тяг относительно вертикального положения при отклонении $\beta=0$

$$f_i = \frac{h_n - h_v}{r_1}; \quad (4)$$

- определяются значения координат точек M_{11} , M_{12} , M_{13} , M_{21} , M_{22} , M_{23} .

Выражения для определения значения координат точек M_{11} , M_{12} , M_{13} , M_{21} , M_{22} , M_{23} примут следующий вид:

Точка M_{11}

$$\begin{cases} x_{11} = m; \\ y_{11} = h_v \cdot \cos(\beta); \\ z_{11} = -h_v \cdot \sin(\beta). \end{cases} \quad (5)$$

Значения координат точек M_{12} , M_{13} рассчитываются в зависимости от координат точки M_{11}

$$\begin{cases} x_{12} = x_{11} - r \cdot \cos(\beta - f_i) \cdot \sin(l); \\ y_{12} = y_{11} - r \cdot \sin(\beta - f_i); \\ z_{12} = z_{11} - r \cdot \cos(\beta - f_i) \cdot \cos(l). \end{cases} \quad (6)$$

$$\begin{cases} x_{13} = x_{11} - r \cdot \cos(\beta - f_i) \cdot \sin(p); \\ y_{13} = y_{11} - r \cdot \sin(\beta - f_i); \\ z_{13} = z_{11} - r \cdot \cos(\beta - f_i) \cdot \cos(p). \end{cases} \quad (7)$$

Таким же образом определяем значения координат точек M_{21} , M_{22} , M_{23} .

Результаты исследования. На основании вышеизложенного выведены уравнения движения решетчатого стана. Принимая величину угла наклона решета β , расстояние между осями колебания подвесок решета $+m$ для правого и $-m$ для левого, значения угла отклонения решетчатого стана относительно осей симметрии $+\frac{\pi}{k}$

для правого и $-\frac{\pi}{k}$ для левого, где k – коэффициент отклонения, можно определить различные кинематические параметры. На основе полученной математической модели разработана имитационная модель. Данная модель позволяет изменять конструктивные параметры, а именно: параметры длины подвесов и значения угла отклонения решет.

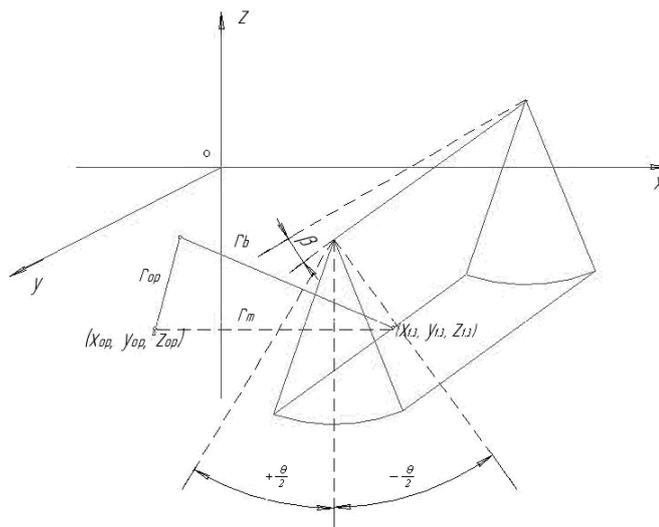


Рис. 3. Схема привода решета

Значения длины шатуна и кривошипа, подвесок решета и перемычек рассчитываются при использовании математической модели.

Для осуществления вышесказанного вычисляются значения координат точек фиксации шатуна к решетчатому стану при его максимальных и минимальных отклонениях $(x_{max}, y_{max}, z_{max})$, $(x_{min}, y_{min}, z_{min})$

Значения длины шатуна и кривошипа, подвесок решета и перемычек рассчитываются при использовании математической модели.

$$\left\{ \begin{array}{l} x_{max} = m - r \cdot \cos(\beta - f_i) \cdot \sin(-\frac{\theta}{2} + \frac{\eta}{2} + \frac{\pi}{k}); \\ y_{max} = h_v \cdot \cos(\beta) - r \cdot \sin(\beta - f_i); \\ z_{max} = -h_v \cdot \sin(\beta) - r \cdot \cos(\beta - f_i) \cdot \cos(-\frac{\theta}{2} + \frac{\eta}{2} + \frac{\pi}{k}). \end{array} \right. \quad (8)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} x_{min} = m - r \cdot \cos(\beta - f_i) \cdot \sin(\frac{\theta}{2} + \frac{\eta}{2} + \frac{\pi}{k}); \\ y_{min} = h_v \cdot \cos(\beta) - r \cdot \sin(\beta - f_i); \\ z_{min} = -h_v \cdot \sin(\beta) - r \cdot \cos(\beta - f_i) \cdot \cos(\frac{\theta}{2} + \frac{\eta}{2} + \frac{\pi}{k}). \end{array} \right. \quad (9)$$

Таким образом, минимальные и максимальные значения точки фиксации шатуна к решетчатому стану относительно оси вращения кривошипа определяются

Значения длины шатуна и кривошипа, подвесок решета и перемычек рассчитываются при использовании математической модели.

$$\begin{cases} r_{\min} = \sqrt{(x_{\min} - x_{op})^2 + (y_{\min} - y_{op})^2 + (z_{\min} - z_{op})^2}; \\ r_{\max} = \sqrt{(x_{\max} - x_{op})^2 + (y_{\max} - y_{op})^2 + (z_{\max} - z_{op})^2}. \end{cases} \quad (10)$$

Значение длины кривошипа

$$r_{op} = \frac{r_{\max} - r_{\min}}{2}. \quad (11)$$

Значение длины шатуна

$$r_b = r_{\min} + r_{op}. \quad (12)$$

Расстояние между осью вращения кривошипа и подвеской решета определяется

$$r_m = \sqrt{(x_{13} - x_{op})^2 + (y_{13} - y_{op})^2 + (z_{13} - z_{op})^2}. \quad (13)$$

Выводы. Представленные выражения относятся к имитационной модели кинематики решетчатого стана сепаратора и дают возможность определить его конструктивные параметры. Для лабораторного образца они составили: длина кривошипа – 150 мм, шатуна – 380, подвесок решета – 350 и перемычек – 30 мм. В случае разработки сепаратора промышленного масштаба эти размеры будут корректироваться, однако применяемые математические зависимости останутся прежними.

Литература

1. Исследование процесса сортирования зернового вороха на коническом сепараторе на различных культурах / А.В. Черняков, К.В. Павлюченко, В.С. Коваль [и др.] // Омский научный вестник. – 2013. – № 3. – С. 108–112.
2. Черняков А.В., Павлюченко К.В., Коваль В.С. Пневматический сепаратор // Сельский механизатор. – 2014. – № 12. – С. 13.

3. Исследование сепаратора зерна с наклонным воздушным каналом путем проведения планируемого эксперимента / А.В. Черняков, К.В. Павлюченко, В.С. Коваль [и др.] // Омский научный вестник. – 2015. – № 2. – С. 95.
4. Коваль В.С., Черняков А.В. Зерноочистительная установка // Сельский механизатор. – 2008. – № 12. – С. 12–15.
5. Патент на полезную модель 79011 РФ, МПК⁶ В07В 1/18. Решетный стан / А.В. Черняков, В.С. Коваль, А.В. Сухов. – № 2008110154. – Заявл. 17.03.2008, опубл. 20.08.2008.

Literatura

1. Issledovanie processa sortirovanija zernovogo voroha na konicheskom separatore na razlichnyh kul'turah / A.V. Chernjakov, K.V. Pavljuchenko, V.S. Koval' [i dr.] // Omskij nauchnyj vestnik. – 2013. – № 3. – S. 108–112.
2. Chernjakov A.V., Pavljuchenko K.V., Koval' V.S. Pnevmaticheskij separator // Sel'skij mehanizator. – 2014. – № 12. – S. 13.
3. Issledovanie separatora zerna s naklonnym vozdušnym kanalom putem provedenija planiruemogo jeksperimenta / A.V. Chernjakov, K.V. Pavljuchenko, V.S. Koval' [i dr.] // Omskij nauchnyj vestnik. – 2015. – № 2. – S. 95.
4. Koval' V.S., Chernjakov A.V. Zernoochistitel'naja ustanovka // Sel'skij mehanizator. – 2008. – № 12. – S. 12–15.
5. Patent na poleznuju model' 79011 RF, MPK⁶ V07V 1/18. Reshetnyj stan / A.V. Chernjakov, V.S. Koval', A.V. Suhov. – № 2008110154. – Zajavl. 17.03.2008, opubl. 20.08.2008.