

**ИНЕРЦИОННЫЙ СПОСОБ ОЧИСТКИ ПЛАСТИНЧАТЫХ РЕШЕТ  
ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНЫХ МАШИН ОТ ЗАСТРЯВШИХ ПРИМЕСЕЙ****INERTIAL METHOD OF CLEANING PLATE SIEVES OF GRAIN CLEANING MACHINES  
FROM STUCK IMPURITIES**

**Ключевые слова:** *пластинчатое решето, зерноочистительная машина, забиваемость решета, математическая модель, инерционный способ, очистка.*

В зерноочистительной машине с решетным блоком, состоящим из плоских пробивных решет, настройка решет для очистки определенной культуры производится заменой решет, что зачастую требует значительного времени, поэтому вызывает интерес использование в зерноочистительных машинах пластинчатых решет. Одной из проблем их использования в зерноочистительных машинах является очистка от застрявших примесей. Известные устройства, такие как щеточные или шариковые очистители, для данного типа решет неприемлемы. В связи с этим объектом исследования является очистка от застрявших примесей пластинчатого решета. Сепарирующая поверхность предлагаемого решета выполнена в виде пластин, содержащих отбойные пальцы и оси, установленные в пазы боковин решета. Регулировка зазора между пластинами происходит за счет перемещения регулировочной рейки. Определено условие освобождения застрявшей в рабочем зазоре частицы с учетом известных математических моделей, описывающих поведение частицы на пластине решета. Введен коэффициент, показывающий отношение освобождающей силы к весу частицы и оценивающий способность пластинчатого решета к самоочистке. Выявлено, что способность пластинчатого решета к самоочистке в основном зависит от показателя кинематического режима решета, а угол наклона пластины влияет незначительно (при некотором снижении указанной способности при увеличении угла). Уменьшить силу, удерживающую частицу в рабочем зазоре, можно за счет кратковременного увеличения зазора между пластинами в конце периода колебаний, установив ограничитель перемещения регулировочной

рейки. Определены зависимости, определяющие конструктивные параметры устройства, реализующего предлагаемый способ очистки пластинчатых решет.

**Keywords:** *plate sieve, grain cleaning machine, sieve clogging, mathematical model, inertial method, cleaning.*

In a grain cleaning machine with a sieve block consisting of flat punched sieves, setting the sieves for cleaning a specific crop is done by replacing the sieves which often requires considerable time. Therefore, the use of plate sieves in grain cleaning machines is of interest. One of the problems of using plate sieves in grain cleaning machines is cleaning sieves from stuck impurities. Known devices such as brush or ball cleaners are not suitable for this type of screen. The research target is the cleaning of stuck impurities from a plate sieve. The separating surface of a proposed sieve is made in the form of plates containing bumper pins and axles installed in the grooves of the sidewalls of the sieve. The gap between the plates is adjusted by moving the adjustment rail. The condition for releasing a particle stuck in the working gap is determined taking into account known mathematical models that describe the behavior of a particle on a sieve plate. A coefficient has been introduced showing the ratio of the releasing force to the weight of the particle and assessing the self-cleaning ability of the plate sieve. It has been revealed that the self-cleaning ability of a plate sieve mainly depends on the kinematic mode of the sieve, and the angle of inclination of the plate has a slight effect. The force holding the particle in the working gap may be reduced by briefly increasing the gap between the plates at the end of the oscillation period by installing a movement limiter for the adjustment rail. The dependencies that determine the design parameters of the device that implements the proposed method of cleaning plate gratings are determined.

**Сороченко Сергей Федорович**, д.т.н., профессор кафедры, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет имени И.И. Ползунова», г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: sorochenkof@list.ru.

**Чуклин Никита Михайлович**, аспирант, ассистент, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет имени И.И. Ползунова», г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: chuklin1996@gmail.com.

**Sorochenko Sergey Fedorovich**, Dr. Tech. Sci., Prof., Polzunov Altai State Technical University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: sorochenkof@list.ru.

**Chuklin Nikita Mikhaylovich**, post-graduate student, Asst., Polzunov Altai State Technical University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: chuklin1996@gmail.com.

### Введение

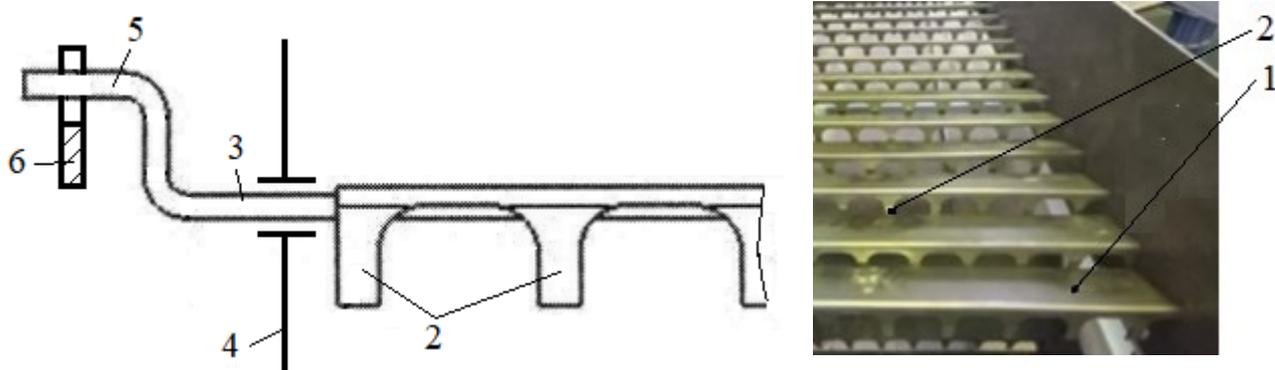
В зерноочистительной машине с решетным блоком, состоящим из плоских пробивных решет, настройка решет для очистки определенной культуры производится их заменой, что зачастую требует значительного времени. В связи с этим вызывает интерес использования в зерноочистительных машинах пространственных пластинчатых решет [1], к которым относятся жалюзийные и ламельные решета, широко используемые в системе очистки зерноуборочных комбайнов. Преимущество пространственных пластинчатых решет в сравнении с плоскопробивными, струнными, проволочными и др. заключается в возможности изменения рабочего размера отверстий решет (рабочего зазора) без их замены. Однако, как известно, качественные показатели работы решет ухудшаются при увеличении количества застрявших частиц в отверстиях, что оценивается коэффициентом забиваемости решет [1]. Для устранения забиваемости решет используются различные способы очистки и конструкции очистителей решет [2-7]. Наибольшее распространение получили щеточ-

ные и шариковые очистители [2, 4, 5], которые не применимы для пластинчатых решет из-за конструктивных особенностей последних. Близким способом очистки к предлагаемому способу стала самоочистка решет, которая достигается за счет геометрии рабочих отверстий или кинематического режима [2], в том числе резонансного режима [6] и круговых движений решета [7].

**Целью** работы является обоснование способа очистки и параметров устройства для очистки пластинчатых решет от застрявших примесей.

### Объект и методы исследования

Объектом исследования является пластинчатое (ламельное) колосовое решето, примененное в зерноочистительной машине по патенту на полезную модель № 206747. Сепарирующая поверхность выполнена в виде пластин 1 (ламелей), содержащих отбойные пальцы 2 (рис. 1), и оси 3, установленных в пазы боковин 4 решета и коленами 5 в пазы регулировочной рейки 6, перемещением которой достигается изменение рабочего зазора.



**Рис. 1. Сепарирующая поверхность колосового пластинчатого решета**

Зерновой ворох, поступающий на колеблющееся пластинчатое решето, при перемещении по поверхности решета сегрегируется, более плотные частицы, в том числе зерно, опускаются вниз и попадают на пластины (ламели), установленные под наклоном к горизонту. Под действием силы тяжести и силы инерции зерновки перемещаются вниз по пластине и затем проходят через рабочий зазор. Проходу крупных примесей, в том числе солоmistых, препятствуют кромки пластин, образующих рабочий зазор, и отбойные пальцы. Забиваемость решет происходит при совпадающих размерах рабочих зазоров решета и размеров частиц.

Рассмотрим очистку пластинчатых решет от застрявших частиц. Как было отмечено ранее, пластинчатое решето выступает в качестве колосового решета зерноочистительной машины, поэтому рабочий зазор « $\alpha$ » определен из предположения, что зерновой материал скользит по поверхности пластины плашмя или на боку, т.е. сепарация зернового вороха происходит по ширине зерновок. Так как ширина (или диаметр) семян большинства зерновых и зернобобовых культур находится в интервале от 2 до 9 мм, а рабочий зазор должен превышать наибольшую ширину семян, поэтому интервал варьирования данного параметра от 4 до 10 мм.

Расстояние между отбойными пальцами лапелей не должно препятствовать проходу длинных зерновок, но, с другой стороны, препятствовать проходу соломистых частиц, поэтому расстояние между кромками отбойных пальцев может быть принято равным от 15 до 20 мм.

Определим условие освобождения застрявшей в рабочем зазоре частицы с учетом извест-

ных математических моделей, описывающих поведение частицы на пластине (лепестке) решета [8-11]. На зерновку, застрявшую в рабочем зазоре пластинчатого решета, действуют силы, приведенные на рисунке 2. Рассмотрим случай, когда зерновка расположена длинной осью вдоль пластины и находится на ребре.

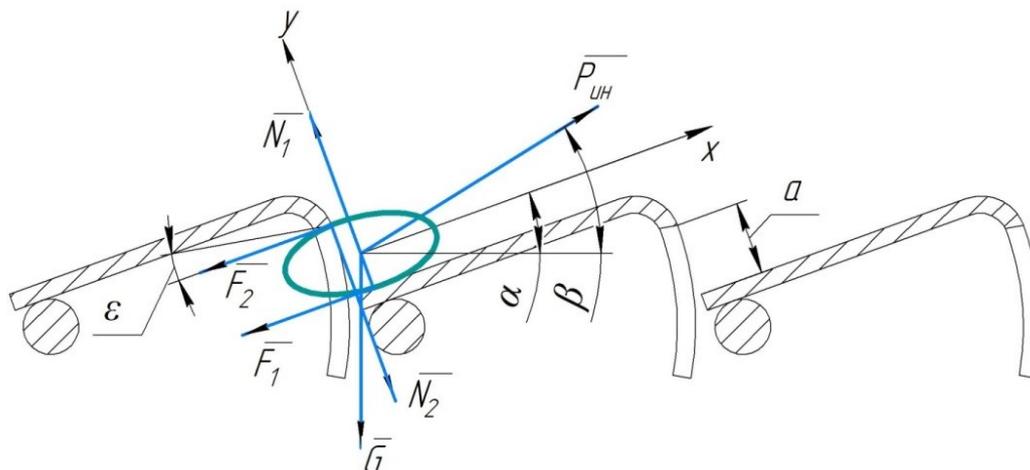


Рис. 2. Схема сил, действующих на застрявшую зерновку:

$a$  – рабочий размер отверстий решета;  $F_1, F_2$  – силы трения-сцепления, удерживающие застрявшую частицу;  $N_1, N_2$  – нормальные реакции;  $P_{ин}$  – сила инерции, действующая на частицу при колебаниях решета;  $G$  – сила тяжести;  $\alpha$  и  $\beta$  – углы наклона пластины и направления колебаний к горизонту

Значение угла  $\epsilon$  зависит от рабочего размера  $a$  и ширины застрявшей частицы (зерновки)  $b$ . Предположим, что зерновка застрянет в положении, когда кромка отверстия почти достигнет меньшей полуоси зерновки. В этом случае  $\epsilon \approx 0$ , силы  $F_1$  и  $F_2$  направлены вдоль оси  $x$ , а  $N_1$  и  $N_2$  – оси  $y$ .

Дифференциальные уравнения, описывающие поведение частицы, застрявшей между пластинами в рабочем зазоре, имеют следующий вид:

$$\begin{cases} m\ddot{x} = P_{ин} \cdot \cos(\beta - \alpha) - G \cdot \sin \alpha - F_1 - F_2 \\ m\ddot{y} = P_{ин} \cdot \sin(\beta - \alpha) - G \cdot \cos \alpha + N_1 - N_2' \end{cases} \quad (1)$$

где  $m$  – масса частицы;

$\ddot{x}$  и  $\ddot{y}$  – проекции ускорения частицы в относительном движении на оси  $X$  и  $Y$  соответственно.

Освобождение зерновки произойдет при  $\ddot{x} > 0$ , т.е.

$$P_{ин} \cdot \cos(\beta - \alpha) - G \cdot \sin \alpha - F_1 - F_2 > 0. \quad (2)$$

Допустим, что при зацеплении зерновки  $F_1 = F_2$ , учитывая, что сила инерции имеет наибольшее значение при  $\cos \omega t = 1$ , получим:

$$m\omega^2 r \cdot \cos(\beta - \alpha) - mg \cdot \sin \alpha > 2 \cdot F.$$

Таким образом, сила, выталкивающая частицу из отверстия, равна

$$R_F = m(\omega^2 \cdot r \cdot \cos(\beta - \alpha) - g \cdot \sin \alpha) \quad (3)$$

или после преобразований

$$R_F = mg(K \cdot \cos(\beta - \alpha) - \sin \alpha), \quad (4)$$

где  $K$  – показатель кинематического режима работы решета,  $K = \omega^2 \cdot \frac{r}{g}$ .

### Результаты и обсуждение

Сила  $R_F$  прямо пропорциональна весу застрявшей между кромками пластин частицы, поэтому введём коэффициент, показывающий отношение выталкивающей силы к весу частицы и оценивающий способность пластинчатого решета к самоочистке:

$$K_F = \frac{R_F}{G} = (K \cdot \cos(\beta - \alpha) - \sin \alpha). \quad (5)$$

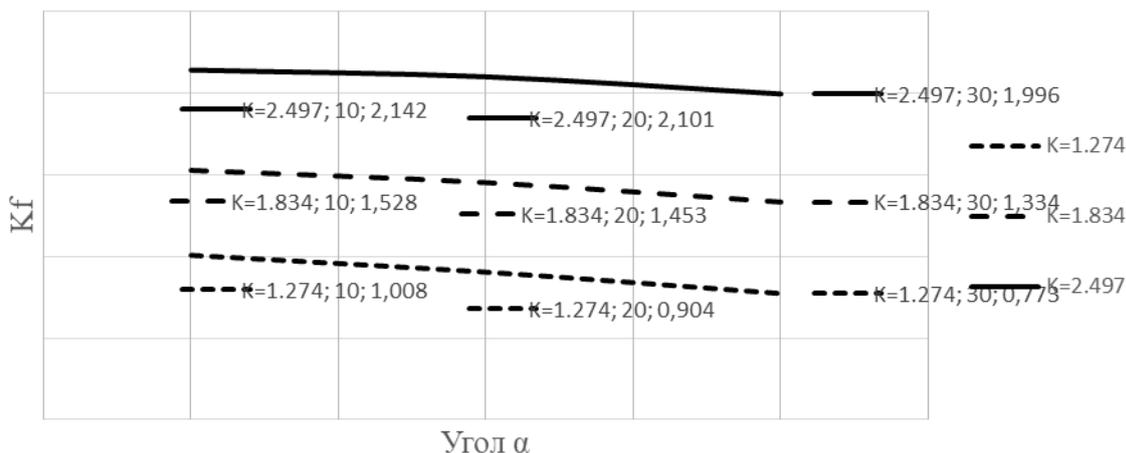


Рис. 3. График зависимости коэффициента  $K_F$  от угла наклона пластины при различных значениях показателя кинематического режима решета

Исходя из приведенных данных, можно утверждать, что способность пластинчатого решета к самоочистке в основном зависит от показателя кинематического режима решета, а угол наклона пластины влияет незначительно (при некотором снижении указанной способности при увеличении угла).

Уменьшить удерживающую силу  $F$  можно за счет кратковременного увеличения зазора между пластинами в конце периода колебаний, установив ограничитель перемещения регулировочной рейки. Для уменьшения шума, возникающего от удара рейки по ограничителю,

целесообразно установить на регулировочную рейку (или на ограничитель) эластичный буфер. После касания рейки с ограничителем вначале выбирается зазор между коленами и рейкой  $\delta_r$ , затем происходит сжатие эластичного буфера на величину  $\delta_b$ , зависящую от жесткости материала буфера, и лишь затем происходит перемещение рейки относительно рамы решета на расстояние  $t$ .

Предположим, что рабочий зазор необходимо увеличить на величину  $\delta_a$ , что достигается поворотом пластины на угол  $\Delta\alpha$  (рис. 4).

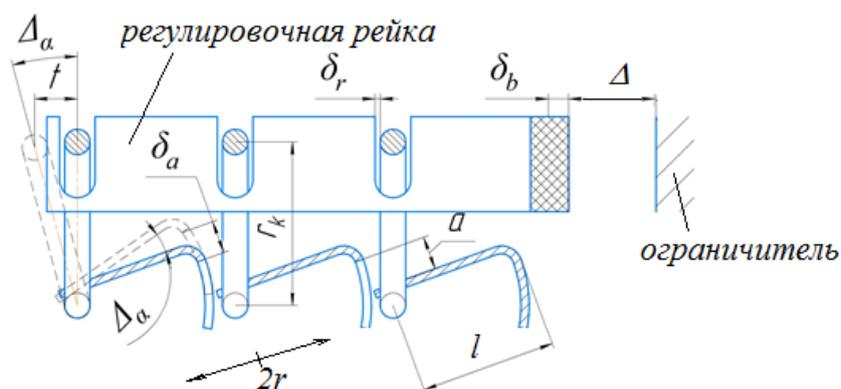


Рис. 4. Схема к определению регулировочных параметров

Так как пластина жестко связана с коленом, регулировочная рейка перемещается параллельно раме решета, а пластина поворачивается относительно оси колена, то получим

$$t = r_k \cdot \sin \Delta\alpha = r_k \cdot \sin \left( \frac{\delta_a}{l} \right), \quad (6)$$

где  $r_k$  — радиус колена, мм;

$l$  — ширина пластины (ламели), мм.

Исходя из вышесказанного, разность между проекцией размаха колебаний решета на плоскость установки решета относительно горизонта и проекцией перемещения регулировочной рейки на эту же плоскость, обеспечивающую увеличение рабочего зазора на величину  $\delta_a$ , определим по формуле:

$$\Delta = 2 \cdot r \cdot \cos \beta - (t + \delta_r + \delta_b). \quad (7)$$

Определим по полученным зависимостям параметр  $\Delta$  для пластинчатого решета, имеющего следующие параметры:  $l = 15 \text{ мм}$ ;  $r = 20 \text{ мм}$ ;  $\beta = 25^\circ$ ;  $\delta_b = 1 \text{ мм}$ .

Примем  $\delta_a = 2 \text{ мм}$ , тогда

$$t = 20 \cdot \sin\left(\frac{2}{15}\right) = 2,7 \text{ мм};$$

$$\Delta = 2 \cdot 20 \cdot \cos(25) - (2,7 + 1 + 0,1) = 32,5 \text{ мм}.$$

### Выводы

1. Для очистки пластинчатых решет от застрявших примесей целесообразно применить инерционный способ очистки, заключающийся в увеличении рабочего зазора между пластинами решета в конце периода колебаний.

2. Выявлено, что способность пластинчатого решета к самоочистке в основном зависит от показателя кинематического режима решета, а угол наклона пластины влияет незначительно.

3. Выявлены зависимости, определяющие конструктивные параметры устройства, обеспечивающего инерционную очистку пластинчатого решета.

### Библиографический список

1. Леканов, С. В. Классификация сепарирующих поверхностей зерноочистительных машин / С. В. Леканов, Н. И. Стрикунов. – Текст: электронный // Молодой ученый. – 2016. – № 11 (115). – С. 406-409. – URL: <https://moluch.ru/archive/115/30510/> (дата обращения: 20.01.2024).

2. Леканов, С. В. К вопросу классификации способов очистки решет зерноочистительных машин / С. В. Леканов, Н. И. Стрикунов, А. А. Хижников. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2012. – № 6 (92). – С. 91-94.

3. Стрикунов, Н. И. К вопросу забиваемости отверстий центробежных решет / Н. И. Стрикунов, Б. Т. Тарасов, С. В. Леканов. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2003. – № 1. – С. 34-35.

4. Оробинский, В. И. Влияние размеров ячейки и типа очистителя плоских решет на эффективность их работы / В. И. Оробинский, А. С. Корнев. – Текст: непосредственный // Вестник аграрной науки Дона. – 2018. – № 3 (43). С. 56-61.

5. Совершенствование конструкции шариковой очистки решет / В. И. Оробинский, А. Ю. Че-

ремисинов, А. А. Сундеев, А. С. Корнев. – Текст: непосредственный // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2012. – № 2 (33). – С. 126-128.

6. Лапшин, П. Н. Применение антирезонансных колебаний для очистки решет от застрявших частиц в процессах сепарации зерна / П. Н. Лапшин, Г. И. Амосов, Н. П. Лапшин. – Текст: непосредственный // Вестник Курганской ГСХА. – 2016. – № 2. – С. 71-73.

7. Куринная, Н.О. Повышение эффективности сепарации зерна круговыми колебаниями решет в режиме самоочистки отверстий от застрявших частиц: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Куринная Наталья Олеговна. – Челябинск, 2009. – 22 с. – Текст: непосредственный.

8. Алферов, С. А. Воздушно-решетные очистки зерноуборочных комбайнов / С. А. Алферов. – Москва: Агропромиздат, 1987. – 160 с. – Текст: непосредственный.

9. Муратов, Д. К. Относительное перемещение компонентов зернового материала по лепесткам жалюзи жалюзийного решета / Д. К. Муратов. – Текст: непосредственный // Вестник Донского государственного технического университета. – 2012. – Т. 12, № 7 (68). – С. 115-119.

10. Сороченко, С. Ф. Исследование движения компонентов зернового вороха по решетку зерноуборочного комбайна при уборке зерновых культур на склонах / С. Ф. Сороченко. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2016. – № 8 (142). – С. 162-168.

11. Чуклин, Н. М. К вопросу сепарации зерна на ламельном решетке без использования воздушного потока / Н. М. Чуклин, А. И. Загородников, С. Ф. Сороченко. – Текст: электронный // Наука и молодежь: сборник материалов: в 8 частях / XVII Всероссийская научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых, Барнаул, 01-05 июня 2020 года / АлтГТУ им. И. И. Ползунова. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2020. – Ч. 4. – С. 59-62. – URL: [https://journal.altstu.ru/konf\\_2020/2020\\_1/48](https://journal.altstu.ru/konf_2020/2020_1/48).

### References

1. Lekanov, S.V. Klassifikatsiia separiruiushchikh poverkhnostei zernoochistitelykh mashin / S.V. Lekanov, N.I. Strikunov // Molodoi uchenyi. – 2016. – No. 11 (115). – S. 406-409. – URL:

<https://moluch.ru/archive/115/30510/> (data obrashcheniia: 20.01.2024).

2. Lekanov, S.V. K voprosu klassifikatsii sposobov ochistki reshet zernoochistitelnykh mashin / S.V. Lekanov, N.I. Strikunov, A.A. Khizhnikov // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2012. – No. 6 (92). – S. 91-94.

3. Strikunov, N.I. K voprosu zabivaemosti otverstii tsentrobeznykh reshet / N.I. Strikunov, B.T. Tarasov, S.V. Lekanov // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2003. – No. 1. – S. 34-35.

4. Orobinskii, V.I. Vliianie razmerov iacheiki i tipa ochistitelia ploskikh reshet na effektivnost ikh raboty / V.I. Orobinskii, A.S. Kornev // Vestnik agrarnoi nauki Dona. – 2018. – No. 3 (43). – S. 56-61.

5. Sovershenstvovanie konstruksii sharikovoii ochistki reshet / V.I. Orobinskii, A.Iu. Cheremisinov, A.A. Sundeev, A.S. Kornev // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2012. – No. 2 (33). – S. 126-128.

6. Lapshin, P.N. Primenenie antirezonsnykh kolebaniy dlia ochistki reshet ot zastriavshikh chastits v protsessakh separatsii zerna / P.N. Lapshin, G.I. Amosov, N.P. Lapshin // Vestnik Kurganskoi GSKhA. – 2016. – No. 2. – S. 71-73.

7. Kurinnaia, N.O. Povyshenie effektivnosti separatsii zerna krugovymi kolebaniiami reshet v

rezhime samoochistki otverstii ot zastriavshikh chastits: avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk / N.O. Kurinnaia. – Cheliabinsk, 2009. – 22 s.

8. Alferov, S.A. Vozdushno-reshetnye ochistki zernouborochnykh kombainov / S.A. Alferov. – Moskva: Agropromizdat, 1987. – 160 s.

9. Muratov, D.K. Otnositelnoe peremeshchenie komponentov zernovogo materiala po lepestkam zhaliuzi zhaliuziinogo resheta / D.K. Muratov // Vestnik Donskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2012. – T. 12. – No. 7 (68). – S. 115-119.

10. Sorochenko, S.F. Issledovanie dvizheniia komponentov zernovogo vorokha po reshetu zernouborochnogo kombaina pri uborke zernovykh kultur na sklonakh // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2016. – No. 8 (142). – S.162-168.

11. Chuklin N.M., Zagorodnikov A.I., Sorochenko S.F. K voprosu separatsii zerna na lamelnom reshete bez ispolzovaniia vozdushnogo potoka // Nauka i molodezh: materialy XVII Vserossiiskoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh (01-05 iunია 2020 goda, g. Barnaul): v 8 ch. / AltGTU im. I.I. Polzunova. – Elektron. tekstovye dan. (1 fail: 2,6 MB). – Barnaul: Izd-vo AltGTU, 2020. – Ch. 4. – S. 59-62. – Rezhim dostupa: [https://journal.altstu.ru/konf\\_2020/2020\\_1/48](https://journal.altstu.ru/konf_2020/2020_1/48).



УДК 62-531.3

DOI: 10.53083/1996-4277-2024-236-6-101-108

**И.Ю. Игнаткин, Н.А. Шевкун, Д.М. Скороходов,  
М.Н. Бобров, С.П. Казанцев, О.М. Мельников**  
I.Yu. Ignatkin, N.A. Shevkun, D.M. Skorokhodov,  
M.N. Bobrov, S.P. Kazantsev, O.M. Melnikov

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МОДЕЛИ ВЫРАВНИВАЮЩЕГО АППАРАТА ВЕНТИЛЯТОРА НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СТРУИ ПРИТОЧНОЙ ВОЗДУХА

### INVESTIGATION OF THE EFFECT OF THE FAN EQUALIZING DEVICE MODEL ON THE SUPPLY AIR JET DISTRIBUTION

**Ключевые слова:** вентиляция, микроклимат, регуляция тепла, корректировка направления вектора.

Параметры микроклимата существенно влияют на сохранность и продуктивность животных. Проектирование систем микроклимата производится по усредненным показателям. В процессе эксплуатации важно, чтобы в зоне обитания животных и по всей площади их

содержания параметры микроклимата имели оптимальные параметры. С экономической точки зрения наиболее оптимальными являются системы струйной вентиляции. Проведенный анализ систем струйной вентиляции свиноводческих помещений показал, что существующие конструкции обеспечивают средние показатели микроклимата по объему помещения, но в отдельных боксах и по высоте помещения могут сильно изменяться. На основании этого возникла необо-