

DOI: <https://doi.org/10.17816/0321-4443-183548>

Оригинальное исследование



# Повышение производительности воздушно-решетных зерноочистительных машин при сепарации вороха семян подсолнечника

И.Е. Припоров

Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, Краснодар, Российская Федерация

## АННОТАЦИЯ

**Обоснование.** Производительность зерноочистительных машин (ЗОМ) воздушно-решетного типа и качество очистки зерна зависит от равномерности загрузки решет, которая определяется конструкцией питающее-распределительного устройства. Уменьшение угла наклона поверхности подающего устройства приводит к снижению интенсивности подачи вороха, которое находится ближе к оси, а при дальнейшем их уменьшении и остановке вороха в этой зоне. Поэтому, их уменьшение для подающего устройства находится ниже коэффициента трения, что приводит к снижению равномерности распределения.

**Цель работы** — определение зависимости параметра процесса сортирования вороха семян подсолнечника от его материала для воздушно-решетной ЗОМ типа МВУ-1500.

**Материалы и методы.** Для определения угла наклона подающего устройства в процессе сортирования семян подсолнечника сорта Лакомка, которое влияет на параметры пневматической системы ЗОМ воздушно-решетной типа МВУ-1500 была изготовлена экспериментальная установка для определения скорости перемещения вороха семян. В качестве методик были использованы: частная разработанная методика, методы математической статистики, законы теоретической механики.

**Результаты.** Рассмотрены скорости перемещения вороха семян подсолнечника на поверхности подающего устройства. С помощью подающего устройства определены экспериментальная и теоретическая скорости перемещения вороха семян подсолнечника на его поверхности из металла и фторопласта в серийной и усовершенствованной воздушно-решетной ЗОМ типа МВУ-1500.

**Заключение.** Практическая ценность исследований заключается в определении теоретической скорости перемещения вороха семян подсолнечника на его поверхности, которая зависит от угла его наклона, а также оптимального его материала.

**Ключевые слова:** зерноочистительная машина; скорость перемещения материала; фторопласт; подающее устройство; производительность; сортирование семян подсолнечника.

## Как цитировать:

Припоров И.Е. Повышение производительности воздушно-решетных зерноочистительных машин при сепарации вороха семян подсолнечника // Тракторы и сельхозмашины. 2023. Т. 90, № 2. С. 171–177. DOI: <https://doi.org/10.17816/0321-4443-183548>

DOI: <https://doi.org/10.17816/0321-4443-183548>

Original Study Article

# Increase in performance of air-sieve grain-cleaning machines in separating heap of sunflower seeds

Igor E. Priporov

Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar, Russian Federation

## ABSTRACT

**BACKGROUND:** The performance of grain cleaning machines (GCM) of the air-sieve type and the quality of grain cleaning depend on the uniformity of the loading of the sieves, which is determined by the design of the supply-distribution device. A decrease in the inclination angle of the feeding device surface leads to a decrease in the intensity of supply of the heap closer to the axis, further reduction leads the heap to stop in this area. Therefore, the inclination angle reduction for the feeding device is below the friction coefficient that leads to a decrease in the loading distribution uniformity.

**AIMS:** Determination the dependence of the sorting process parameter of a heap of sunflower seeds on the material for the feeding device surface in the MVU-1500 air-sieve GCM.

**METHODS:** To determine the inclination angle of the feeding device in the process of sorting the Lakomka variety sunflower seeds, which affects the parameters of the pneumatic system of the MVU-1500 air-sieve GCM, an experimental installation was built to determine the heap movement velocity. The used methods were a privately developed methodology, methods of mathematical statistics and laws of theoretical mechanics.

**RESULTS:** The movement velocity of the heap of sunflower seeds on the surface of the feeding device were considered. Using the feeding device, the experimental and theoretical movement velocities of the heap of sunflower seeds on its surface made of metal and fluoropolymer included in the standard and improved MVU-1500 air-sieve GCMs were determined.

**CONCLUSIONS:** The practical value of the study lies in determining the theoretical movement velocity of the heap of sunflower seeds on the GCM's feeding device surface which depends on its inclination angle as well as on the optimal material for it.

**Keywords:** grain cleaning machine; material movement velocity; fluoropolymer; feeding device; productivity; sunflower seed sorting.

## To cite this article:

Priporov IE. Increase in performance of air-sieve grain-cleaning machines in separating heap of sunflower seeds. *Tractors and Agricultural Machinery*. 2023;90(2):171–177. DOI: <https://doi.org/10.17816/0321-4443-183548>

Received: 03.02.2023

Accepted: 20.04.2023

Published: 15.05.2023

## ВВЕДЕНИЕ

К питающим устройствам зерноочистительных машин предъявляются требования по обеспечению равномерной загрузки решетного стана для исключения повреждения зерна. Их равномерная загрузка актуальна на высокопроизводительных машинах, которые имеют большую ширину [1].

В настоящее время валовый сбор зерновых культур в РФ увеличивается с каждым годом за счет использования современных технологий. Поэтому для обработки больших объёмов зерновых культур все чаще используют зерноочистительные машины высокой производительности [2]. В большинстве случаев, высокая производительность зерноочистительных машин достигается за счет увеличения ее рабочей ширины, что приводит к существенному недостатку, нарушается равномерность распределения зерна по ширине решетного стана [3]. Неравномерное распределение зернового материала по ее ширине сопровождается ухудшением качества и снижением производительности очистки. Для решения данной проблемы применяют приёмно-распределительные устройства принудительного действия. Однако, они травмируют семена за счёт применения активных рабочих органов [4].

Приёмно-распределительные устройства (ПРУ) позволяют распределить ворох на движущихся рабочих органах (питающие валики, вибротроки), которые достигают высокой степени равномерности распределения при ограниченном интервале параметров обрабатываемого материала. Данные устройства считаются наиболее опасными с точки зрения травмирования зерна. В основном, они применяются на машинах с загрузкой из бурта питателем, который является скребковым, а пульсация потока отсутствует [5].

В РФ и зарубежных странах для очистки семенного и продовольственного зерна применяют зерноочистительные машины (ЗОМ) [6-8]. В их конструкциях присутствуют элементы, которые подают зерновой ворох на их рабочие органы. Наиболее распространены устройства гравитационного типа, которые не обеспечивают равномерность подачи семян по ширине рабочих органов ЗОМ.

Повышение эффективности процесса распределения материала по ширине рабочих органов машин воздушно-решетного типа невозможно без знаний закономерности его распределения в ПРУ, которые обеспечивают рациональную загрузку ЗОМ, обрабатываемым материалом, для поддержания требуемого количества, т.е. должно обеспечиваться непрерывное и равномерное поступление зернового материала по времени в ЗОМ [9].

Производительность ЗОМ и качество очистки зернового материала зависит от равномерности загрузки решета, которая определяется конструкцией

питающее-распределительного устройства. Для подачи и распределения зерна по ширине решетных станов ЗОМ широко используются распределительные устройства механического и гравитационного действия. В механических устройствах для распределения зерна по ширине решетного стана в большинстве случаев используют шнеки, которые обеспечивают удовлетворительную равномерность, но повреждают зерно, что недопустимо при обработке семенного материала. Устройства гравитационного действия практически не повреждают зерно, однако известные конструкции имеют значительные габаритные размеры. Кроме того, многоступенчатые распределительные устройства делительного типа могут обеспечить равномерное распределение сыпучего материала при условии равного деления его на две равные части в каждой ступени [10].

Уменьшение угла наклона поверхности подающего устройства снижает интенсивность подачи семян ближе к оси ЗОМ и приводит к остановке вороха в этой зоне. Однако, торможение компонентов массы по краям происходит менее интенсивно. Поэтому, уменьшение угла наклона подающего устройства ниже коэффициента трения приводит к снижению равномерности распределения [11].

## ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

Основной целью настоящей работы является определение зависимости параметра процесса сортирования вороха семян подсолнечника от его материала для воздушно-решетной ЗОМ типа МВУ-1500.

Задачи исследования:

- выявить теоретическую взаимосвязь скорости перемещения подающего устройства и угла его наклона;
- провести экспериментальные исследования по определению рационального материала и угла наклона подающего устройства к пневматическому каналу окончательной аспирации в воздушно-решетной ЗОМ типа МВУ-1500.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования С.С. Ямпилова и Ж.Б. Цыбенова [12] позволили установить, что частицы зернового материала начинают движение по поверхности подающего устройства при угле его наклона  $\alpha = 20^\circ$ . Для практического использования подающего устройства представляет интерес движение частиц зернового материала при углах его наклона  $\alpha = 35^\circ \dots 65^\circ$ .

Поэтому, для определения угла наклона подающего устройства в процессе сортирования семян подсолнечника сорта Лакомка, влияющего на параметры воздушной системы ЗОМ типа МВУ-1500 была изготовлена экспериментальная установка (см. рис. 1).

Эксперименты проводились по частной разработанной методике. На экспериментальной установке (см. рис. 1) было установлено подающее устройство 1, изготовленное из металла под углом  $6^\circ$ , как на серийной воздушно-решетной ЗОМ типа МВУ-1500 и фторопласта –  $40^\circ$  к пневматическому каналу окончательной аспирации, привод которой осуществлялся приводным механизмом 2. Производилась видеосъемка движущегося вороха семян подсолнечника (рис. 2) сорта Лакомка на поверхности подающего устройства из металла и фторопласта в 1/25 кадра. Полученные кадры просматривали на компьютере в программе Picasa-3 и определяли перемещение компонентов. При известных



**Рис. 1.** Общий вид экспериментальной установки для определения скорости их ввода в вертикальный воздушный поток: 1 – бункер для семян; 2 – заслонка бункер семян; 3 – направлятель из металла; 4 – приводное устройство; 5 – заслонка; 6 – пневматический канал; 7 – осадочная камера для семян; 8 – вентилятор; 9 – осадочная камера для примесей.

**Fig. 1.** The main view of the experimental installation for determining the input velocity of the heap into a vertical airflow: 1 – a seed tank; 2 – a seed tank flap; 3 – a metal guide; 4 – a drive device; 5 – a damper; 6 – a pneumatic channel; 7 – a sedimentation chamber for seeds; 8 – a fan; 9 – a sedimentation chamber for impurities.

перемещениях и времени, пройденное ими, определяли скорость перемещения вороха семян на поверхности подающего устройства [13].

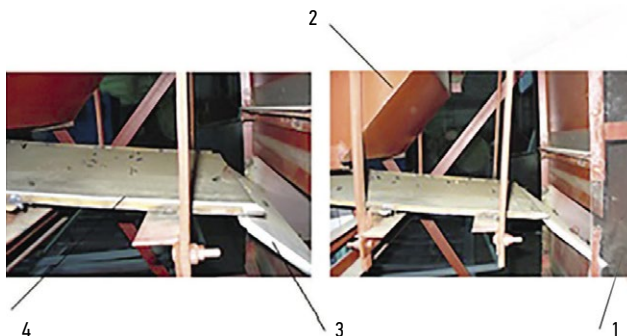
Эксперименты проводились в трехкратной повторности. Статистический анализ проводился с использованием программы Mathcad 15.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Результаты статистического анализа экспериментальной скорости перемещения вороха семян подсолнечника на поверхности подающего устройства приведены в таблице.

Значение экспериментальной скорости перемещения вороха семян подсолнечника на поверхности подающего устройства в зависимости от материала его изготовления изменяется незначительно, что подтверждает коэффициент вариации (таблица 1).

При движении вороха семян подсолнечника сорта Лакомка на поверхности подающего устройства действуют



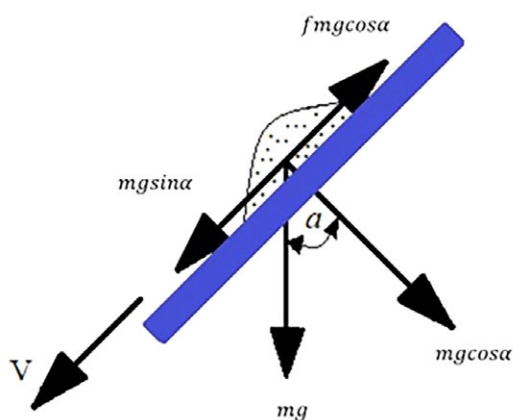
**Рис. 2.** Движение семян подсолнечника по поверхности подающего устройства: 1 – вертикальный пневматический канал; 2 – бункер; 3 и 4 – подающие устройства (направитель) из фторопласта и металла соответственно.

**Fig. 2.** Movement of the sunflower seeds on the feeding device surface: 1 – a vertical pneumatic channel; 2 – a tank; 3, 4 – feeding devices (guides) made of fluoropolymer and metal respectively.

**Таблица 1.** Результаты статистического анализа в программе Mathcad 15

**Table 1.** Results of statistical analysis performed in the Mathcad 15 software

Наименование показателя	Значение показателя		Расчетная формула
	фторопласт	металл	
Среднее квадратическое отклонение, м/с	0,0239	0,0036	$S = stdev(\vartheta)$
Ошибка выборочной средней, м/с	0,0069	0,001	$S_x = \frac{S}{\sqrt{ni \cdot nj}}$
Коэффициент вариации, %	6,033	6,692	$V = \frac{S \cdot 100}{xc}$
Относительная ошибка выборочной средней, %	1,742	1,932	$S_{xp} = \frac{S_x \cdot 100}{xc}$
Дисперсия, м/с	0,0006	0,00001	$var(\vartheta)$
Асимметрия, м/с	1,724	-0,568	$skew(\vartheta)$



**Рис. 3.** Расчетная схема для определения скорости перемещения вороха семян подсолнечника на поверхности подающего устройства.

**Fig. 3.** Analytical model for determining the movement velocity of the heap of sunflower seeds on the feeding device surface.

силы (рис. 3), которые описываются дифференциальным уравнением его движения [14].

$$\frac{d^2x}{dt^2} = mg \cos \alpha, \tag{1}$$

$$\frac{d^2y}{dt^2} = mg \sin \alpha - mgf \cos \alpha, \tag{2}$$

где  $f$  – коэффициент трения.

Проинтегрируем уравнения (1) и (2) при начальных условиях  $\vartheta = \vartheta_0, s = 0$  получим

$$\vartheta_x = \vartheta_0 + gt \cos \alpha, \tag{3}$$

$$\vartheta_y = \vartheta_0 + gt \frac{\sin(\alpha - \phi)}{\cos \phi}, \tag{4}$$

где  $\phi$  – угол трения, образованный между силами равнодействующей и реакции опоры.

Абсолютная скорость перемещения вороха семян подсолнечника на поверхности подающего устройства будет

$$\vartheta = \sqrt{\vartheta_x^2 + \vartheta_y^2}, \tag{5}$$

подставим выражения (3) и (4) в (5). Произведя математические преобразования, получим

$$\vartheta = \sqrt{2\vartheta_0^2 + 2\vartheta_0 gt \cos \alpha + g^2 t^2 \cos^2 \alpha + 2\vartheta_0 gt \frac{\sin(\alpha - \phi)}{\cos \phi} + g^2 t^2 \frac{\sin^2(\alpha - \phi)}{\cos^2 \phi}}, \tag{6}$$

Возможны два случая движения вороха семян подсолнечника сорта Лакомка на поверхности подающего устройства:

- $\alpha > \phi$ , ворох семян под действием собственной силы тяжести равномерно скользит на поверхности подающего устройства, уравнение (6);
- $\alpha = \phi$ , ворох семян на поверхности подающего устройства под действием собственной силы тяжести или равномерно скользит, или находится в покое.

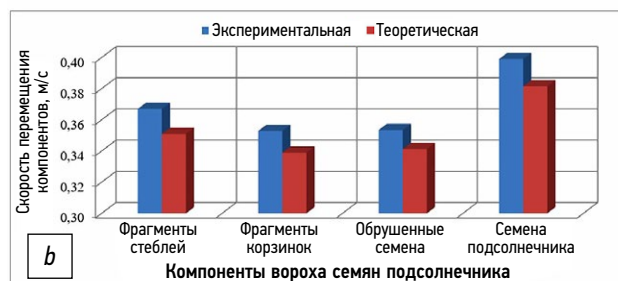
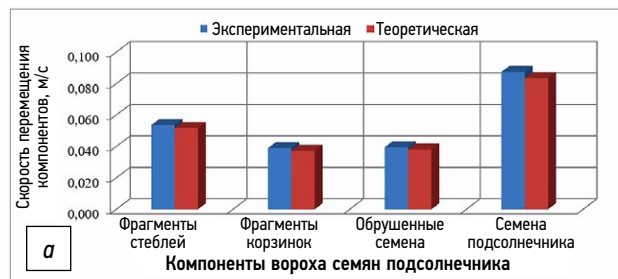
Уравнение (6) с учетом условия (2) примет следующий вид

$$\vartheta = \sqrt{2\vartheta_0^2 + 2\vartheta_0 gt \cos \alpha + g^2 t^2 \cos^2 \alpha}. \tag{7}$$

Анализ уравнения (7) показывает, что скорость перемещения вороха семян подсолнечника на поверхности подающего устройства зависит от угла его наклона.

Для определения теоретической скорости перемещения вороха семян подсолнечника воспользуемся выражением (7) с учетом, когда  $\alpha = \phi$ .

Результаты по определению экспериментальной и теоретической (7) скорости перемещения вороха семян подсолнечника на поверхности подающего устройства, изготовленного из металла и фторопласта в серийной и усовершенствованной воздушно-решетной 30М типа МВУ-1500 представлены на рис. 4.



**Рис. 4.** Результаты определения скорости перемещения компонентов вороха семян подсолнечника с подающего устройства, изготовленного из:  $a$  – металла;  $b$  – фторопласта.

**Fig. 4.** Results of determining the movement velocity of components of the heap from the feeding device made of:  $a$  – metal;  $b$  – fluoropolymer.

Подающее устройство из фторопласта позволяет повысить экспериментальную скорость перемещения вороха семян подсолнечника с 5 до 10 раз по сравнению с ПРУ из металла. Расхождение между экспериментальной и теоретической скоростью перемещения вороха семян подсолнечника на поверхности подающего устройства, изготовленного из металла и из фторопласта, не превышает 5% (см. рис. 4).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Теоретическая скорость перемещения вороха семян подсолнечника на поверхности подающего устройства зависит от угла его наклона.
2. Оптимальным материалом подающего устройства является фторопласт, который имеет низкий коэффициент трения и будет расположен под углом наклона  $\alpha = 40^\circ$  к пневматическому

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ахматов А.А., Оробинский В.И., Солнцев В.Н. Распределение зерна питающим устройством гравитационного типа по ширине зерноочистительной машины // Наука вчера, сегодня, завтра : материалы научно-практической конференции, Воронеж, 05–09 сентября 2016 года. Воронеж: Воронежский ГАУ им. Императора Петра I, 2016. С. 34–39.
2. Авдеев А.В. Перспективы механизации послеуборочной обработки зерна // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2001. №5. С. 18–23.
3. Анискин В.И., Зюлин А.Н. Развитие зерноочистительной техники // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2005. № 1. С. 6–8.
4. Ахматов А.А., Солнцев В.Н., Оробинский В.И. Формирование зернового вороха в бункере питающего устройства // Современные тенденции развития технологий и технических средств в сельском хозяйстве : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию А.П. Тарасенко, доктора технических наук, заслуженного деятеля науки и техники РФ, профессора кафедры сельскохозяйственных машин Воронежского государственного аграрного университета имени императора Петра I, Воронеж, 10 января 2017 года. Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2017. С. 31–36.
5. Жарких В.Ю., Тарасенко А.П. Обзор технических решений для равномерной загрузки зерноочистительных машин // Научно-исследовательские публикации. 2015. № 3(23). С. 76–81.
6. Загоруйко М.Г., Старостин И.А., Коцарь Ю.А. Автоматизированная система управления технологическим процессом зерноочистительной машины // Аграрный научный журнал. 2020. № 6. С. 93–98. doi: 10.28983/asj.y2020i6pp93-98
7. Badretdinov I., Mudarisov S., Tuktarov M., et al. Mathematical modeling of the grain material separation in the pneumatic system

каналу окончательной аспирации в модернизированной воздушно-решетной ЗОМ типа МВУ-1500.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНО

**Конфликт интересов.** Автор декларирует отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

**Источник финансирования.** Автор заявляет об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

## ADDITIONAL INFORMATION

**Competing of interests.** The author declares the absence of obvious and potential conflicts of interest.

**Funding source.** This study was not supported by any external sources of funding.

of the grain-cleaning machine // Journal of Applied Engineering Science. 2019. Vol. 17, N 4. P. 529–534. doi: 10.5937/jaes17-22640

8. Badretdinov I., Mudarisov S., Lukmanov R., et al. Mathematical modeling and study of the grain cleaning machine sieve frame operation // INMATEH - Agricultural Engineering. 2020. Vol. 60, N 1. P. 19–28. doi: 10.35633/inmateh-60-02

9. Ахматов А.А. Совершенствование процесса распределения зернового вороха по ширине рабочих органов воздушно-решетных зерноочистительных машин: дисс. канд. техн. наук. Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2017.

10. Солнцев В.Н., Чернышов А.В. Повышение равномерности загрузки решетного стана зерноочистительной машины // Инновационные технологии и технические средства для АПК: материалы, 2018. С. 411–414.

11. Гиевский А.М., Оробинский В.И., Королев А.И. и др. Результаты исследования гравитационного распределителя зерноочистительной машины // Инновационные направления развития технологий и технических средств механизации сельского хозяйства: сборник. Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2015. С. 266–271.

12. Ямпиллов С.С., Цыбенков Ж.Б. Технологии и технические средства для очистки зерна с использованием сил гравитации. Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2006.

13. Припоров И.Е. Механико-технологическое обоснование процесса разделения компонентов вороха семян подсолнечника на воздушно-решетных зерноочистительных машинах. Краснодар: КубГАУ, 2016.

14. Василенко П.М. Теория движения частицы по шероховатым поверхностям сельскохозяйственных машин. Изд. УАСХН: Киев, 1960. С. 92–94.

## REFERENCES

1. Ahmatov AA, Orobinskij VI, Solncev VN, Kazarov KR. Raspredelenie zerna pitayushchim ustroystvom gravitacionnogo tipa po shirine zernoochistitel'noj mashiny. *Nauka vchera, segodnya, zavtra: materialy*. 2016:34–39. (in Russ.)
2. Avdeev AV. Perspektivy mekhanizacii posleuborochnoj obrabotki zerna. *Tractors and Agricultural Machinery*. 2001;5:18–23 (in Russ.)
3. Aniskin VI, Zyulin AN. Razvitie zernoochistitel'noj tekhniki. *Tractors and Agricultural Machinery*. 2005;1:6–8 (in Russ.)
4. Ahmatov AA, Solncev VN, Orobinskij VI. Formirovanie zernovogo voroha v bunkere pitayushchego ustrojstva. In: *Modern trends in the development of technologies and technical means in agriculture: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the 80th anniversary of A.P. Tarasenko, Doctor of Technical Sciences, Honored Worker of Science and Technology of the Russian Federation, Professor of the Department of Agricultural Machines of the Voronezh State Impact Agrarian University named after Emperor Peter I, Voronezh, January 10, 2017*. Voronezh: Voronezh State Agrarian University. Emperor Peter I. Voronezh: Voronezhskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet im. Imperatora Petra I; 2017:31–36 (in Russ.).
5. Zharkih VYu, Tarasenko AP. Obzor tekhnicheskikh reshenij dlya ravnomernoj zagruzki zernoochistitel'nyh mashin. *Nauchno-issledovatel'skie publikacii*. 2015;3(23):76–81 (in Russ.)
6. Zagorujko MG, Starostin IA, Kocar' YuA. Avtomatizirovannaya sistema upravleniya tekhnologicheskim processom zernoochistitel'noj mashiny. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal*. 2020;6:93–98 (in Russ.) doi: 10.28983/asj.y2020i6pp93-98
7. Badretdinov I, Mudarisov S, Tuktarov M, et al. Mathematical modeling of the grain material separation in the pneumatic system of the grain-cleaning machine. *Journal of Applied Engineering Science*. 2019;17(4):529–534 (in Russ.) doi: 10.5937/jaes17-22640
8. Badretdinov I, Mudarisov S, Lukmanov R, et al. Mathematical modeling and study of the grain cleaning machine sieve frame operation. *IN-MATEH – Agricultural Engineering*. 2020;60(1):19–28. (in Russ.) doi: 10.35633/inmateh-60-02
9. Ahmatov A.A. Sovershenstvovanie processa raspredeleniya zernovogo voroha po shirine rabochih organov vozdušno-reshetnyh zernoochistitel'nyh mashin. [dissertation] Voronezh: Voronezhskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet im. Imperatora Petra I; 2017. (in Russ.)
10. Solncev VN, Chernyshov AV. Povysenie ravnomernosti zagruzki reshetnogo stana zernoochistitel'noj mashiny. *Innovacionnye tekhnologii i tekhnicheskie sredstva dlya APK: materialy*. 2018:411–414. (in Russ.)
11. Gievskij AM, Orobinskij VI, Korolev AI, et al. Rezul'taty issledovaniya gravitacionnogo raspredelitelya zernoochistitel'noj mashiny. *Innovacionnye napravleniya razvitiya tekhnologii i tekhnicheskikh sredstv mekhanizacii sel'skogo hozjajstva: sbornik*. Voronezh: Voronezhskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet im. Imperatora Petra I; 2015:266–271. (in Russ.)
12. Yampilov SS, Cybenov ZhB. *Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva dlya ochistki zerna s ispol'zovaniem sil gravitacii*. Ulan-Ude: Izd-vo VSGTU, 2006. 167 s.
13. Priporov IE. *Mekhaniko-tekhnologicheskoe obosnovanie processa razdeleniya komponentov voroha semyan podsolnechnika na vozdušno-reshetnyh zernoochistitel'nyh mashinah*. Krasnodar: KubGAU, 2016.
14. Vasilenko PM. *Teoriya dvizheniya chasticy po sherohovatym poverhnostyam sel'skohozjajstvennyh mashin*. Kuiv: UASKHN; 1960:92–94. (in Russ.)

## ОБ АВТОРЕ

### \* Припоров Игорь Евгеньевич,

канд. техн. наук,  
доцент кафедры тракторов, автомобилей  
и технической механики;  
адрес: Российская Федерация, 350044, Краснодар,  
ул. Калинина, д. 13;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8201-2819>;  
eLibrary SPIN: 4330-0224;  
e-mail: i.priporov@yandex.ru

## AUTHOR'S INFO

### \* Igor E. Priporov,

Cand. Sci. (Tech.),  
Associate Professor of the Tractors, Automobiles  
and Technical Mechanics Department;  
address: 13 Kalinina street, 350044 Krasnodar,  
Russian Federation;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8201-2819>;  
eLibrary SPIN: 4330-0224;  
e-mail: i.priporov@yandex.ru