

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ АПК

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК 631.362.36

DOI: 10.26897/2687-1149-2023-5-4-10



Исследование инерционного отделителя пневмозагрузчика клеверотёрки

Бурков Александр Иванович, д-р техн. наук, профессор

burkov.46@mail.ru; [https:// orcid.org/0000-0002-5287-1532](https://orcid.org/0000-0002-5287-1532)

Глушков Андрей Леонидович, канд. техн. наук

glandrey@yandex.ru; [https:// orcid.org/0000-0002-1448-9930](https://orcid.org/0000-0002-1448-9930)

Лазыкин Виктор Алексеевич, канд. техн. наук

ellestar@bk.ru; [https:// orcid.org/0000-0002-3910-8620](https://orcid.org/0000-0002-3910-8620)

Мокиев Валентин Юрьевич, канд. техн. наук

dizel154@bk.ru; [https:// orcid.org/0000-0002-3368-1151](https://orcid.org/0000-0002-3368-1151)

Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого; 610007, Российская Федерация, г. Киров, ул. Ленина, 166а

Аннотация. Клеверотёрка с пневматическим загрузчиком, имеющая инерционный жалюзийно-противоточный отделитель, отличается простотой устройства и эксплуатации, надёжностью и долговечностью работы, удобной компоновкой с другими элементами пневмосистемы и сравнительно небольшим гидравлическим сопротивлением. Осадочная камера (отделитель) клиновидной формы со смещённым по горизонтали выгрузным отверстием в сторону входного окна снабжена жалюзийной перегородкой, установленной в месте сопряжения входного и выходного окон. С целью обоснования основных конструктивных параметров инерционного жалюзийно-противоточного отделителя клеверотёрки на экспериментальной установке исследовалась пыжина клевера лугового влажностью 12...14% следующего состава: 57,4% бобиков с семенами; 16,6% свободных семян; 25,0% лёгких примесей; 1,0% тяжёлых примесей. В результате установлены следующие конструктивные параметры отделителя: жалюзийная решётка длиной 210 мм; шаг, длина и угол установки жалюзийных пластин – соответственно 40, 50 мм, 30°; высота входного и выходного окон отделителя – 120 и 280 мм; высота выходных окон жалюзийного и противоточного очистителей – 190 и 80 мм; глубина выгрузного патрубка осадочной камеры – 570 мм. Эффективность работы пневматического загрузчика при подаче 0,3 т/ч: количество выделенных тяжёлых примесей – 100%; лёгких примесей – 33,6%; потери полноценных семян в отходы – 0,8%; гидравлическое сопротивление – 196 Па. Результаты исследований дают основание рекомендовать данную конструкцию к применению.

Ключевые слова: клеверотёрка, инерционный отделитель, пыжина, жалюзийная решетка, степень выделения лёгких примесей, воздушный поток

Формат цитирования: Бурков А.И., Глушков А.Л., Лазыкин В.А., Мокиев В.Ю. Исследование инерционного отделителя пневмозагрузчика клеверотёрки // Агроинженерия. 2023. Т. 25, № 5. С. 4-10. <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2023-5-4-10>.

© Бурков А.И., Глушков А.Л., Лазыкин В.А., Мокиев В.Ю., 2023

ORIGINAL ARTICLE

Study of the inertial separator of the clover thresher with a pneumatic loader

Aleksandr I. Burkov, DSc (Eng)

burkov.46@mail.ru; [https:// orcid.org/0000-0002-5287-1532](https://orcid.org/0000-0002-5287-1532)

Andrey L. Glushkov, CSc (Eng)

glandrey@yandex.ru; [https:// orcid.org/0000-0002-1448-9930](https://orcid.org/0000-0002-1448-9930)

Viktor A. Lazykin, CSc (Eng)

ellestar@bk.ru; [https:// orcid.org/0000-0002-3910-8620](https://orcid.org/0000-0002-3910-8620)

Valentin Yu. Mokiev[✉], CSc (Eng)

dizel154@bk.ru[✉]; [https:// orcid.org/0000-0002-3368-1151](https://orcid.org/0000-0002-3368-1151)

Federal Agricultural Research Centr of the North-East named after N.V. Rudnitsky; 166a, Lenina str., Kirov, 610007, Russian Federation

Abstract. The clover thresher with a pneumatic loader, having an inertial louvered counterflow separator, is characterized by a simple design and operation, reliability and durability, convenient arrangement with other elements of the pneumosystem and relatively low hydraulic resistance. The wedge-shaped sedimentation chamber (separator) with a horizontally displaced discharge opening towards the inlet window is equipped with a louvered partition installed at the junction of the inlet and outlet windows. To determine the basic design parameters of the inertial louvered counterflow separator of the clover thresher, the authors experimentally studied the hull of meadow clover with a humidity of 12 to 14% of the following composition: 57.4% of beans with seeds; 16.6% of free seeds; 25.0% of light impurities; 1.0% of heavy impurities. As a result, the main design parameters of the separator have been determined: the length of the louver grille is 210 mm, the pitch, length, angle of installation of the louver plates are 40mm, 50 mm, 30°, respectively, the height of the inlet and outlet windows of the separator is 120 and 280 mm, the height of the outlet windows of the louver and counterflow cleaners is 190 and 80 mm, the depth of the discharge pipe of the sedimentary chamber is 570 mm. The efficiency of the pneumatic loader when feeding 300 kg/h: the amount of released heavy impurities – 100%, light impurities – 33.6%, loss of full-fledged seeds to waste – 0.8% hydraulic resistance – 196 Pa. The research results give grounds to recommend this design for application.

Keywords: clover thresher, inertial separator, clover hull, louver grating, amount of light impurities separated, air flow.

For citation: Burkov A.I., Glushkov A.L., Lazykin V.A., Mokiev V.Yu. Study of the inertial separator of the clover thresher with a pneumatic loader. *Agricultural Engineering (Moscow)*, 2023;25(5):4-10. (In Rus.). <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2023-5-4-10>.

Введение. Для повышения эффективности очистки вытертых семян и надёжности технологического процесса тёрочного устройства клеверотёрки целесообразно снабдить её осадочной камерой (отделителем), который из загружаемого материала (пыжины) будет удалять лёгкие примеси в отходы при допустимых потерях семян и бобиков с семенами.

Отделители для осаждения перемещаемого материала из потока аэросмеси по принципу действия подразделяются на объёмные (гравитационные) [1, 2], инерционные [3, 4] и центробежные (инерционно-гравитационные) [5-7]. Объёмные отделители отличаются небольшим гидравлическим сопротивлением (50...200 Па), большими габаритными размерами и способствуют осаждению наиболее тяжёлых частиц материала. Жалюзийные отделители в зависимости от назначения и конструктивных особенностей имеют гидравлическое сопротивление 100...1000 Па, являются неспособными осаждавать менее упругие и мелкие частицы. Центробежные отделители (циклоны) по сравнению с другими устройствами обладают более высокой эффективностью осаждения, но их гидравлическое сопротивление достигает 1200 Па и более.

Цель исследований: обосновать основные конструктивные параметры инерционного отделителя клеверотёрки с пневматическим загрузчиком, выделяющего 100% тяжёлых и 30...50% лёгких примесей

при потерях семян в отходы не более 1,0% и гидравлическом сопротивлении не более 200 Па.

Материалы и методы. Для исследования конструктивных параметров инерционного отделителя пневмозагрузчика клеверотёрки изготовлена экспериментальная установка, включающая в себя загрузочное устройство, пневматический транспортировочный канал, инерционный отделитель, циклон, радиальный вентилятор с электродвигателем, тканевый фильтр, регулятор расходов воздуха, приемники фракций (рис. 1).

Материалом для экспериментов служил ворох пыжины клевера лугового влажностью 12...14%, из которого предварительно выделено большинство лёгких, крупных, мелких примесей и свободных от оболочек семян. Состав пыжины: 57,4% бобиков с семенами; 16,6% свободных семян; 25,0% лёгких примесей; 1,0% тяжёлых примесей. Скорость витания лёгких примесей составляла 0,1...3,3 м/с, бобиков с семенами – 3,3...6,0 м/с, семян клевера – 4,2...7,6 м/с, тяжёлых примесей – более 10,0 м/с.

Экспериментальная установка работает следующим образом. Пыжина, полученная после сушки и очистки вороха от крупных и мелких примесей, загружается в приёмный бункер 5, из которого с помощью ворошилки 4 и питающего валика 3 подаётся через окно ввода 2 в пневматический транспортировочный канал (ПТК) 1. Воздушный поток, создаваемый радиальным вентилятором 12, поступает

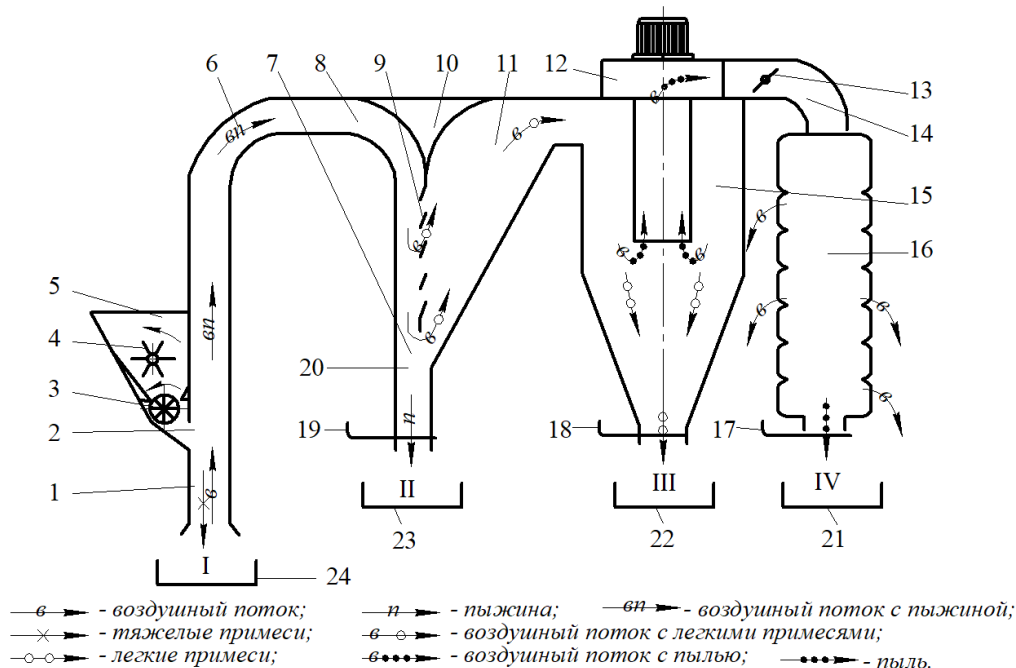


Рис. 1. Технологическая схема экспериментальной установки для исследования инерционного отделителя пневмозагрузчика клеверотёрки:

- 1 – пневматический транспортировочный канал; 2 – окно ввода материала; 3 – питающий валик; 4 – ворошилка; 5 – приёмный бункер; 6 – отвод; 7 – осадочная камера инерционного отделителя; 8 – входное окно инерционного отделителя; 9 – жалюзийная решетка; 10 – инерционный отделитель; 11 – выходное окно инерционного отделителя; 12 – радиальный вентилятор; 13 – дроссельная заслонка; 14 – отвод циклона; 15 – циклон; 16 – тканевый фильтр; 17, 18, 19 – задвижки; 20 – выгрузной патрубков; 21, 22, 23, 24 – приёмники фракций

Fig. 1. Technological scheme of the experimental installation for the study of the inertial separator of the clover thresher:
 1 – pneumatic conveying duct; 2 – material input window; 3 – feeding roller; 4 – agitator; 5 – receiving hopper; 6 – outlet; 7 – sedimentary chamber of inertial separator; 8 – inlet window of inertial separator; 9 – louvered grille; 10 – inertial separator; 11 – outlet window of inertial separator; 12 – radial fan; 13 – throttle valve; 14 – cyclone outlet; 15 – cyclone; 16 – fabric filter; 17, 18, 19 – valves; 20 – discharge pipe; 21, 22, 23, 24 – fraction receivers

в ПТК 1 из атмосферы, воздействует на пыжину с определённой скоростью и перемещает её по отводу 6 через входное окно 8 в инерционный отделитель 10. При этом тяжёлые примеси из ПТК падают вниз – в приемник 24 (фракция I). В инерционном отделителе воздушный поток с пыжиной движется вдоль жалюзийной перегородки 9 в осадочную камеру 7 и разворачивается в её нижней части вверх. При этом тяжёлые бобки и семена клевера под действием силы инерции и тяжести опускаются на дно осадочной камеры – в выгрузной патрубков 20, в исходном положении закрытый задвижкой 19. Лёгкие примеси, содержащие мелкие частицы соцветий и стеблей растений, проходят вместе с воздушным потоком через жалюзийную решетку 9 и зазор между её нижним концом и наклонной стенкой камеры в выходное окно 11 инерционного отделителя и поступают в циклон 15. Под действием сил инерции и тяжести лёгкие примеси осаждаются вниз конической части циклона 15, закрытой в исходном положении задвижкой 18, а воздушный поток с пылью всасывается вентилятором 12 и нагнетается по отводу 14 в тканевый фильтр 16. Воздух проходит через ткань,

очищается от пыли и удаляется в атмосферу. Уловленная пыль осаждается в нижней части фильтра, закрытого в рабочем положении задвижкой 17. Минимально необходимая скорость воздушного потока в ПТК устанавливается поворотом дроссельной заслонки 13, расположенной в отводе циклона 14. Регулирование подачи материала осуществляется изменением частоты вращения питающего валика 3 с помощью частотного преобразователя.

После окончания опыта все фракции материала I, II, III, IV собираются в приёмники 24, 23, 22, 21 и взвешиваются. Во фракциях III и IV определяется содержание семян (потери).

Для исключения потерь полноценных семян в отходы при максимальном удалении лёгких примесей необходимо в выходном окне 11 инерционного отделителя выровнять воздушный поток и снизить его среднюю скорость до минимальной скорости витания семян в бобках (3,3 м/с). Поскольку скорость воздушного потока при транспортировании исходного вороха пыжины составляет 10,0...15,0 м/с, то данная задача решается за счёт превышения высоты выходного окна 11 в 4...5 раз по сравнению с глубиной

ПТК 1 и регулированием количества воздуха, проходящего через жалюзийную перегородку 9 и нижнюю часть осадочной камеры 7 путём оптимизации их конструктивных параметров. При этом минимальная высота h_v входного окна (рис. 2) инерционного отделителя конструктивно принимается равной глубине h_T ПТК – 70 мм, максимальная высота h_w выходного окна – 350 мм. Максимальная длина L_R жалюзийной решётки с учётом максимальной глубины осадочной камеры $H_K = 900$ мм по компоновочным соображениям может составлять до 600 мм. Параметры решётки для обеспечения низкого гидравлического сопротивления и с учётом результатов исследований¹ приняты постоянными: шаг $S = 40$ мм; длина $l_g = 50$ мм; угол установки пластин $\beta = 30^\circ$. Верхняя кромка жалюзийной решётки установлена в месте сопряжения входного и выходного окон. Нижняя кромка жалюзийной решётки расположена выше выгрузного патрубка на расстоянии $Y = 200$ мм. Высота h_p выгрузного патрубка осадочной камеры равна высоте загрузочной горловины клеверотёрки КС-0,2 и составляет 120 мм [8].

Подлежит изучению положение нижней кромки жалюзийной решётки относительно стенок осадочной камеры, определяемое высотами h_{WG} и h_{WP} выходных окон жалюзийного и противоточного очистителей (угол γ наклона фронтальной поверхности решётки по отношению к набегающему потоку аэросмеси). Необходимо также установить длину L_R жалюзийной решётки, глубину входного и выходного окон инерционного отделителя h_v и h_w , глубину H_W выгрузного патрубка осадочной камеры.

Параметры h_{WG} и h_{WP} изменяли перемещением нижнего конца жалюзийной решётки с учётом длины L_R жалюзийной решётки и габаритных размеров осадочной камеры в пределах 50...265 и 10... 225 мм соответственно. Длину L_R жалюзийной решётки регулировали количеством жалюзийных пластин и устанавливали на четырех уровнях: 210, 360, 480, 600 мм. Для сравнения один опыт проводили без жалюзийной решётки. Глубину H_W выгрузного патрубка устанавливали на трех уровнях (400, 485, 570 мм), исходя из общей компоновки клеверотёрки. Высоту h_v входного окна увеличивали до 120 и 170 мм за счёт уменьшения высоты h_w выходного окна до 300 и 250 мм (при постоянном габаритном размере по длине осадочной камеры).

Эффективность работы инерционного отделителя клеверотёрки оценивали степенью выделения лёгких примесей в отходы ($E_{л}$, %), потерями полноценных семян (свободных и в бобиках) в отходы (a , %) и его

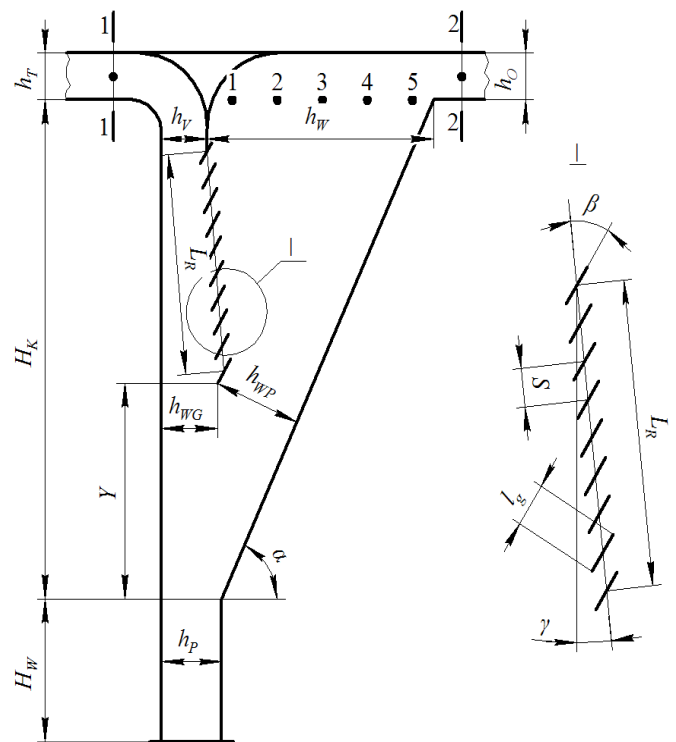


Рис. 2. Схема экспериментального инерционного отделителя пневматического загрузчика клеверотёрки
Fig. 2. Structural diagram of the experimental inertial separator of the clover thresher

гидравлическим сопротивлением (P_{SV} , Па) по следующим выражениям:

$$E_{л} = (m_{ц} / m_{н}) \cdot 100, \% \quad (1)$$

$$a = (m_{цц} / m_{сн}) \cdot 100, \% \quad (2)$$

$$P_{SV} = P_{V2} - P_{V1}, \text{ Па}, \quad (3)$$

где $m_{ц}$ и $m_{сн}$ – масса лёгких примесей и семян в циклоне и тканевом фильтре, г; $m_{н}$ и $m_{сн}$ – масса лёгких примесей и семян в исходном материале, г; P_{V1} и P_{V2} – полное давление на входе и выходе из инерционного отделителя, Па. При равной площади входного и выходного отверстий инерционного отделителя его гидравлическое сопротивление определяли по разности статических давлений в сечениях 1-1 и 2-2: $P_{SV} = P_{SV2} - P_{SV1}$. Качество воздушного потока в выходном окне отделителя оценивали коэффициентом μ вариации средней скорости.

При сравнительной оценке работы инерционного отделителя наиболее важными являются показатели $E_{л}$ и a , отражающие технологическую эффективность, и P_{SV} , учитывающий энергетическую эффективность. Коэффициент μ отражает равномерность воздушного потока в выходном окне и является вспомогательным показателем.

Опыт выполняли в такой последовательности. В инерционном отделителе 10 (рис. 1) устанавливали конструктивные параметры на заданных уровнях.

¹ Бурков А.И. Инерционные пылеуловители зерно- и семяочистительных машин. Разработка, исследование, применение. Киров: ГНУ НИИСХ Северо-Востока Россельхозакадемии, 2013. 156 с.

Загружали в приёмный бункер 5 некоторое количество отсортированной пыжины. Включали установку в работу при закрытых задвижках 17, 18, 19 (сначала вентилятор 12, затем – привод питающего валика 3 и ворошилки 4). Изменением частоты n вращения питающего валика 3 устанавливали подачу материала $q = 0,3 \pm 0,02$ т/ч, положением дроссельной заслонки 13 – скорость воздушного потока в ПТК $V_r = 9,8 \pm 0,1$ м/с. Затем очищали все выходы фракций материала, засыпали в приёмный бункер навеску пыжины массой 1 кг.

В процессе пропуски пыжины измеряли в сечениях 1-1 и 2-2 статическое давление P_{SV1} и P_{SV2} на входе и выходе из отделителя, а также динамическое давление P_{dV} в центрах пяти равных прямоугольников (1, 2, 3, 4, 5) в выходном окне отделителя. После пропуски навески пыжины открывали задвижки 17, 18, 19, собирали в приемники 21, 22, 23, 24 и взвешивали с точностью до 0,1 г массу фракций I, II, III, IV. Далее, в соответствии с ГОСТ 12036-85, отбирали из фракции II пробу массой 100 г, из фракции III – 25 г. На решетке с круглыми отверстиями диаметром 2 мм подразделяли пробы материала на крупную и мелкую фракции. Крупные фракции перетирали на лабораторной клеверотёрке КПЛ-100 [9], мелкие фракции обрабатывали на пневматическом классификаторе К-293

при скорости воздушного потока $3,3 \pm 0,1$ м/с и определяли массу лёгких примесей и семян в осадочной камере, циклоне и тканевом фильтре. С учётом массового содержания фракций I и IV (тяжёлые примеси и пыль) выполняли расчёты по определению $E_{дл}$ и a , а также рассчитывали P_{SV} и коэффициент μ вариации скорости воздуха в выходном окне отделителя. Эксперименты проводили в трехкратной повторности.

Результаты и их обсуждение. Изучали влияние высоты h_{WG} и h_{WP} выходных окон жалюзийного и противочного очистителей (положения нижней кромки жалюзийной решётки относительно стенок осадочной камеры) на степень $E_{дл}$ выделения лёгких примесей в отходы, потери a полноценных семян в отходы и гидравлическое сопротивление P_{SV} проточной части отделителя при длине L_R жалюзийной решетки 600, 480, 360 мм, при постоянных других параметрах (высота $h_V = 70$ мм, высота $h_W = 350$ мм, глубина $H_W = 400$ мм, расстояние нижней кромки жалюзийной решётки от выгрузного патрубка $Y = 200$ мм). С целью уменьшения прорыва аэросмеси через начало решётки первая жалюзийная пластина установлена вертикально (угол $\beta = 0^\circ$).

Результаты исследования влияния конструктивных параметров инерционного отделителя на показатели эффективности его работы приведены в таблице.

Таблица

Эффективность работы инерционного отделителя при различном сочетании конструктивных параметров

Table

Efficiency of the separator with a different combination of design parameters

№ опыта Experiment number	Значения переменных конструктивных параметров инерционного отделителя, мм Values of variable design parameters of the separator, mm					Показатели эффективности Performance indicators			
	L_R	h_{WG}	h_{WP}	H_W	h_V	$E_{дл}$, %	a , %	P_{SV} , Па	μ
1	600	50	130			31,3	5,5	235	0,38
2		65	110			20,9	2,5	204	0,46
3		95	85			16,7	0,8	120	0,65
4		110	65			24,6	4,7	161	0,27
5	480	50	130			25,0	3,0	239	0,97
6		65	110			18,6	1,0	226	1,03
7		95	85			16,1	0,8	157	0,55
8		150	40			22,9	2,1	184	0,04
9	360	50	140			18,1	0,8	239	0,99
10		155	45			20,1	0,3	193	0,16
11*	360	50	140	400	-	25,6	1,8	232	0,72
12*				485	-	25,8	1,2		-
13*				570	-	26,1	0,7		-
14	Без решётки / Without the grille			570	-	16,8	0,1	95	-
15	210	50	225	570	70	25,1	0,3	226	0,99
16		165	110		70	25,2	0,1	259	0,99
17		215	60		120	36,5	0,8	261	1,10
18		265	10		170	51,1	4,2	285	0,93
19		195	80		120	33,6	0,8	196	0,95
20		175	100		120	26,9	0,3	165	0,80

*Первая жалюзийная пластина установлена под углом $\beta = 0^\circ$ / First louvered plate is installed at an angle $\beta = 0^\circ$

Исследования показали, что наибольшее влияние на эффективность работы отделителя оказывает высота выходных окон жалюзийного и противоточного очистителей (h_{WG} и h_{WP}). При малых значениях h_{WG} и больших значениях h_{WP} повышается степень выделения лёгких примесей ($E_{Л}$) и одновременно увеличиваются потери полноценных семян (a) в отходы и гидравлическое сопротивление (P_{SV}). При больших значениях h_{WG} и малых значениях h_{WP} степень выделения лёгких примесей и потери полноценных семян имеют также относительно высокие значения, но меньшее гидравлическое сопротивление (не более 200 Па).

В первом варианте происходящее обусловлено повышением эффективности работы жалюзийного очистителя за счёт поддержания в нём постоянной скорости движения аэросмеси и высокой скорости воздуха между жалюзийными пластинами.

Во втором варианте $E_{Л}$ и a повышаются в связи с увеличением скорости воздушного потока в выходном отверстии противоточного очистителя, а снижение гидравлического сопротивления отделителя – в связи с уменьшением сопротивления жалюзийного очистителя.

Длина жалюзийной решётки L_R оказывает незначительное влияние на показатели эффективности работы отделителя. При меньшей длине решётки наблюдаются более низкие значения $E_{Л}$ и a , гидравлическое сопротивление повышается, но не существенно. Заданным требованиям по потерям полноценных семян в отходы и гидравлическому сопротивлению соответствуют опыты № 3, 5, 10. Однако степень выделения лёгких примесей при данных конструктивных параметрах отделителя находится на низком уровне ($E_{Л} = 16...20\%$).

В опыте № 11 установка первой жалюзийной пластины под углом $\beta = 0^\circ$ за счёт большего перетока воздуха через решётку повысила $E_{Л}$ от 18,1 до 25,6% и a от 0,8 до 1,8%. Увеличение глубины H_W выгрузного патрубка осадочной камеры от 400 до 485 и 570 мм при отмеченных конструктивных параметрах отделителя (опыты 12 и 13) повысило $E_{Л}$ соответственно до 25,8 и 26,1% и снизило a до 1,2 и 0,7%. Гидравлическое сопротивление отделителя при этом не изменилось.

Дальнейшее увеличение H_W ограничивалось габаритным размером установки по высоте. Значительное снижение потерь a семян обусловлено отводом осаждаемого материала из зоны выходных окон жалюзийного и противоточного очистителей на большее расстояние – в зону малых скоростей воздушного потока.

Все дальнейшие опыты проводили при максимально возможной глубине выгрузного патрубка $H_W = 570$ мм.

В опыте № 14 (без жалюзийной решётки) создаются хорошие условия осаждения компонентов пыжины при низком гидравлическом сопротивлении и малых потерях семян. Ввиду малой степени выделения лёгких примесей в отходы $E_{Л} = 16,8\%$ продолжены исследования при укороченной длине жалюзийной решётки $L_R = 210$ мм и постоянной глубине осадочной камеры $H_K = 660$ мм и выгрузного патрубка $H_W = 570$ мм. Поисковые опыты проведены при $h_{WG} = 50$ мм, $h_{WP} = 225$ мм и $h_{WG} = 165$ мм, $h_{WP} = 110$ мм. При этих параметрах наблюдаются низкие потери a семян в отходы (0,3 и 0,1%), но недостаточные значения $E_{Л}$ (25,1 и 25,2%) и завышенные значения P_{SV} (226 и 259 Па).

С целью снижения скорости частиц, движущихся вдоль жалюзийной решётки, и улучшения условий сепарации лёгких примесей высота входного окна увеличена до $h_V = 120$ и 170 мм за счёт уменьшения высоты выходного окна до $h_W = 300$ и 250 мм. В опыте № 17 $E_{Л}$ повышается до 36,5%, потери семян a находятся в пределах допуска (0,8%), а сопротивление P_{SV} превышает норматив (261 Па). В опыте № 18 $E_{Л}$ повышается до 51,1%, потери a – до 4,2%, сопротивление P_{SV} – до 285 Па. В опытах № 19 и 20 показатели находятся на требуемом уровне: a – не более 1,0%, P_{SV} – не более 200 Па. По степени выделения лёгких примесей лучшим является вариант 19 ($E_{Л} = 33,6\%$).

Сравнительный анализ потерь a семян в отходы и значений коэффициента вариации μ скорости воздушного потока в выходном окне отделителя во всех опытах показывает, что их прямая связь между собой не наблюдается.

Выводы

Определены в первом приближении конструктивные параметры инерционного жалюзийно-противоточного отделителя клеверотёрки: длина жалюзийной решётки – 210 мм; шаг, длина, угол установки жалюзийных пластин – соответственно 40 мм, 50 мм, 30°; высота входного и выходного патрубков отделителя – 70 мм; высота входного и выходного окон отделителя – 120 и 300 мм; высота выходных окон жалюзийного и противоточного очистителей – 190 и 80 мм; глубина осадочной камеры – 660 мм; глубина выгрузного патрубка осадочной камеры – 570 мм. При данных параметрах количество выделенных тяжёлых примесей составляет 100%, лёгких примесей – 33,6%; потери полноценных семян в отходы – 0,8%; гидравлическое сопротивление – 196 Па.

Список использованных источников

1. Гиевский А.М., Оробинский В.И., Чернышов А.В., Баскаков Д.С., Тарабрин Д.С. Обоснование размеров осадочных камер двух аспирационной пневмосистемы зерноочистительной машины // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2016. № 4 (51). С. 87-95. EDN: XUVHCB.
2. Сычугов Ю.В., Казаков В.А. Новые технологии и технические средства после уборочной обработки и переработки зерна // Проблемы интенсификации животноводства с учётом охраны окружающей среды и производства альтернативных источников энергии, в том числе биогаза. Т. XXVII. Варшава: Технологический институт, национальный исследовательский институт, 2021. С. 199-205. EDN: WYWDYL.
3. Andreev V.L. Calculation of the effective separation of light impurities in the inertial jalousie-countercurrent dust collector. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019;537:032097. <https://doi.org/10.1088/1757899X/537/3/032097>
4. Холоденина Г.С. Показатели, характеризующие работу пылеуловителей // Приоритетные направления инновационной деятельности в промышленности: Сборник научных статей по итогам Десятой Международной научной конференции. Ч. 1. Казань: Конверт, 2020. С. 255-257.
5. Muratova K.M., Makhnin A.A., Volodin N.I., Chistyakov Ya.V. Treatment of Industrial Dust-Air Flows in Centrifugal-Inertial Apparatuses // *Chemical and Petroleum Engineering*. 2017;53:185-189. <https://doi.org/10.1007/s10556-017-0319-5>
6. Kazakbaev S.Z., Karymsakov N.S. Progressive machines for pre-cleaning of grain // *ISJ Theoretical & Applied Science*. 2020;05 (109):870-879. <https://doi.org/10.15863/TAS.2022.05.109.84>
7. Карманов В.В., Кузнецов С.И. Анализ пылеулавливающего оборудования льнозаводов // Вестник Херсонского национального технического университета. 2017. № 2 (61). С. 147-154. EDN: ZURQMT.
8. Бурков А.И., Симонов М.В., Мокиев В.Ю. Клеверотёрка барабанного типа с тангенциальной подачей // Сельский механизатор. 2016. № 4. С. 12. EDN: VUYLGR.
9. Коньшев Н.Л., Симонов М.В., Клеверотёрка КПЛ-100 // Сельский механизатор. 2012. № 6. С. 8-9. EDN: PAVMVZ.

Вклад авторов

- А.И. Бурков – формулирование основной концепции исследования, формирование выводов исследования.
 А.Л. Глушков – разработка методологии исследования, анализ и описание результатов.
 В.А. Лазыкин – изготовление экспериментальной установки, обработка результатов опытов, подготовка начального варианта текста.
 В.Ю. Мокиев – изготовление экспериментальной установки, анализ литературы.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов и несут ответственность за плагиат.

Статья поступила 28.03.2023, после рецензирования и доработки 11.09.2023, принята к публикации 11.09.2023

References

1. Gievskiy A.M., Orobinskiy V.I., Chernyshov A.V., Baskakov D.S., Tarabrin D.S. Determining the sizes of sedimentary chambers of the two-air pneumatic system of the grain cleaning machine. *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2016;4(51):87-95. (In Rus.) <https://doi.org/10.17238/issn2071-2243.2016.4.87>
2. Sychugov Yu.V., Kazakov V.A. New technologies and technical means for post-harvesting grain processing and treatment. *Problemy intensifikatsii zhivotnovodstva s uchetom okhrany okruzhayushhey sredy i proizvodstva alternativnykh istochnikov energii, v tom chisle biogaza. Vol. XXVII. Warsaw: Technological and Natural Sciences Institute, National research institute*. 2021. P. 199-205. (In Rus.)
3. Andreev V.L. Calculation of the effective separation of light impurities in the inertial jalousie-countercurrent dust collector. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering International Workshop “Advanced Technologies in Material Science, Mechanical and Automation Engineering”. 2019;537:032097. <https://doi.org/10.1088/1757899X/537/3/032097>
4. Kholodenina G.S. Indicators characterising the performance of dust collectors. *Prioritetnye napravleniya innovatsionnoy deyatel'nosti v promyshlennosti: Collection of the proceedings of the 10th International Scientific Conference. M.: Konvert, 2020. 255-257*. (In Rus.)
5. Muratova K.M., Makhnin A.A., Volodin N.I. et al. Treatment of Industrial Dust-Air Flows in Centrifugal-Inertial Apparatuses. *Chem Petrol Eng*. 2017;53:185-189. <https://doi.org/10.1007/s10556-017-0319-5>
6. Kazakbaev S.Z., Karymsakov N.S. Progressive machines for pre-cleaning of grain. *ISJ Theoretical & Applied Science*. 2020;05(109):870-879. <https://doi.org/10.15863/TAS.2022.05.109.84>
7. Karmanov V.V., Kuznetsov S.I. Analysis of the dust-collecting equipment of flax plants. *Vestnik Khersonskogo natsionalnogo tekhnicheskogo universiteta*. 2017;2(61):147-154.
8. Burkov A.I., Simonov M.V., Mokiev V.Yu. Drum-type clover thresher with tangential feed. *Selskiy mekhanizator*. 2016;4:12. (In Rus.)
9. Konyshov N.L., Simonov M.V., Clover thresher KPL-100. *Selskiy mekhanizator*. 2012;6:8-9. (In Rus.)

Contribution of the authors

- A.I. Burkov – conceptualization, conclusions.
 A.L. Glushkov – research methodology, formal analysis and description of the results.
 V.A. Lazikin – designing the experimental installation, processing experimental results, original draft preparation
 V.Yu. Mokiev – designing the experimental installation, literature review.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this article and bear equal responsibility for plagiarism.

Received 28.03.2023; revised 11.09.2023; accepted 11.09.2023