

mobilnoi vetroelektricheskoi ustanovke / D.N. Afonichev, S.N. Piliaev, V.V. Vasilev // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2023. – No. 2 (77). – S. 145-156. DOI 10.53914/issn2071-2243_2023_2_145.

2. Singh R.R., Banerjee S., Manikandan R., et al. (2022). Intelligent IoT Wind Emulation System Based on Real-Time Data Fetching Approach. *IEEE Access*, vol. 10, pp. 78253-78267, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3193774.

3. Iusupov K.I. Obzor metodov prognozirovaniia v vetroenergetike / K.I. Iusupova, S.T. Tozhiboev // Santekhnika, Otoplenie, Konditsionirovanie. – 2022. – No. 12 (252). – S. 70-73.

4. Ma X., et al. (2022). Assessment Method of Offshore Wind Resource Based on Multi-Dimensional Indexes System. *CSEE Journal of Power and Energy Systems*. DOI: 10.17775/CSEEJPES.2021.09260.

5. Zhuravlev, G.G. Otsenka vetroenergeticheskogo potentsiala Kemerovskoi oblasti / G.G. Zhuravlev, G.O. Zadde // Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. – 2013. – No. 376. – S. 175-181.

6. Vlazhnyi vozdukh. Sostav i svoistva: ucheb. posobie / S.I. Burtsev, Iu.N. Tsvetkov; M-vo obshch. i prof. obrazovaniia RF. S.-Peterb. gos. akad. khododa i pishch. tekhnologii. – Sankt-Peterburg, – 1998. – 145 s.: il.; 27 sm.; ISBN 5-89565-005-8.

7. Vasilev, V., Kompaneets, B. (2023). Assessment of Meteorological Parameters Group Impact on the Wind Energy Resources of an Area. *2023 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM)*. 136-140. DOI: 10.1109/ICIEAM57311.2023.10139031.



УДК 361.362.333-047.58

DOI: 10.53083/1996-4277-2024-238-8-110-120

С.В. Леканов, С.Ф. Сороченко

S.V. Lekanov, S.F. Sorochenko

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЦЕНТРОБЕЖНО-ВОЗДУШНОГО СЕПАРАТОРА ДЛЯ ПОСЛЕУБОРОЧНОЙ ОБРАБОТКИ ЗЕРНА

SIMULATION OF OPERATION PROCESSES OF CENTRIFUGAL-AIR SEPARATOR FOR POST-HARVEST GRAIN HANDLING

Ключевые слова: зерновой ворох, центробежно-воздушный сепаратор, аспирационная система, кольцевой аспирационный канал, осадочная камера, структурная схема, функциональная схема, моделирование, скорость воздушного потока, приложение KompasFlow.

Представлена структурная и функциональная схемы центробежно-воздушного сепаратора, позволяющие построить математическую модель процесса сепарирования зерновой смеси. Разрабатываемый сепаратор состоит из приемного патрубка, цилиндрического корпуса с воздухозаборными окнами, конуса-сборника, осадочной камеры с заслонкой и механизмом грубой регулировки скорости воздушного потока, выпускного клапана, патрубка вывода легких примесей, патрубка выгрузки очищенного зерна и привода. Внутри цилиндрического корпуса расположен кольцевой пневмосепарирующий канал, образованный коническим отражателем и разбрасывающей тарелкой. Конический отражатель имеет в нижней части обратный конус, а в верхней части – цилиндр с регулировочным стаканом и

механизмом регулировки. Пневмосепарирующий канал соединён через аспирационный канал с осадочной камерой, осадочная камера – с вентилятором с помощью патрубка, который соединен с циклоном посредством аспирационного патрубка. Определены начальные и граничные условия математической модели технологического процесса работы центробежно-воздушного сепаратора. Показаны результаты численного моделирования в приложении KompasFlow. Представлены результаты регулирования скорости воздушного потока. Проведен анализ результатов исследования и определены особенности применения приложения KompasFlow для исследования воздушного потока в центробежно-воздушном сепараторе. Выявлен диапазон расхода воздуха для работы на пшенице и влияние изменения параметров на скорость входа воздушного потока в циклон. Определены пути дальнейшего совершенствования данного типа воздушного сепаратора и возможности технологических регулировок для работы на большом спектре сельскохозяйственных культур. Представлены варианты использования предложенного центробежно-воздушного сепаратора в различных

технологических линиях, как стационарных, так и мобильных, а также в плоскорешетных и центробежно-решетных сепараторах.

Keywords: grain heap, centrifugal air separator, aspiration system, ring aspiration channel, setting chamber, structural diagram, functional diagram, modeling, air flow speed, KompasFlow application.

The structural and functional diagrams of a centrifugal air separator are discussed; they make it possible to construct a mathematical model of the process of separating the grain mixture. The separator being developed consists of an inlet pipe, a cylindrical body with air intake windows, a collecting cone, a setting chamber with a damper and a mechanism for rough adjustment of the air flow speed, an outlet valve, a pipe for removing light impurities, a pipe for unloading purified grain and a drive. Inside the cylindrical body there is an annular pneumatic separating channel formed by a conical reflector and a spreading plate. The conical reflector has a reverse cone in the lower part, and a cylinder with an adjusting cup and an adjustment mecha-

nism in the upper part. The pneumatic separation channel is connected through an aspiration channel to the sediment chamber. The setting chamber is connected to the fan using a pipe which is connected to the cyclone through an aspiration pipe. The initial and boundary conditions of the mathematical model of the technological process of operation of a centrifugal air separator are determined. The results of numerical simulation in the KompasFlow application are shown. The results of air flow speed control are presented. The results of the study were analyzed and the features of using the KompasFlow application to study the air flow in a centrifugal air separator were determined. The range of air flow for handling wheat and the effect of changing parameters on the speed of entry of the air flow into the cyclone were identified. Ways to further improve this type of air separator and the possibility of technological adjustments for working on a wide range of agricultural crops were identified. The options for using the proposed centrifugal air separator in various production lines, both stationary and mobile, as well as in flat screen and centrifugal screen separators are presented.

Леканов Сергей Валерьевич, к.т.н., доцент, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет имени И.И. Ползунова», г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: serrg333@mail.ru

Сороченко Сергей Федорович, д.т.н., доцент, вед. науч. сотр., ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет имени И.И. Ползунова», г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: sorochenkosf@list.ru.

Lekanov Sergey Valerevich, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Polzunov Altai State Technical University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: serrg333@mail.ru.

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

Введение

Цифровое сельское хозяйство подразумевает переход существующих технологий и процессов в области послеуборочной обработки зерна на новый уровень, причем на всех этапах жизни технологического элемента [1]. Поэтому на стадии проектирования необходимо внедрять самые совершенные и наименее ресурсоемкие технологии.

При работе над воздушной системой рассматриваемого сепаратора, нами были проведены: обзор и анализ имеющихся в данной области исследований, теоретические исследования. Полученные результаты позволили классифицировать основные элементы воздушных систем центробежно-воздушных сепараторов, спроектировать новую воздушную систему для центробежного сепаратора [4], рассчитать конструктивные, кинематические и энергетические параметры [5-7]. Возможности использования центробежно-воздушного сепаратора в техноло-

гиях послеуборочной обработки зерна рассмотрены в работах [8-12].

Исследования процессов движения воздушного потока в сепараторах для послеуборочной обработки зерна в различных научных школах проводятся как на отечественном программном обеспечении, так и на иностранном [13-15]. Для исследований используется отечественное приложение KompasFlow программы КОМПАС-3D.

Объект и методы исследования

Объект исследования – аспирационная система центробежно-воздушного сепаратора.

Сепаратор состоит из приемного патрубка 1, цилиндрического корпуса с воздухозаборными окнами 4, конуса-сборника 7, осадочной камеры 13 с заслонкой 12 с механизмом грубой регулировки скорости воздушного потока 11, выпускного клапана 14, патрубка вывода легких примесей 22, патрубка выгрузки очищенного зерна 9 и привода (условно не показан) (рис. 1).

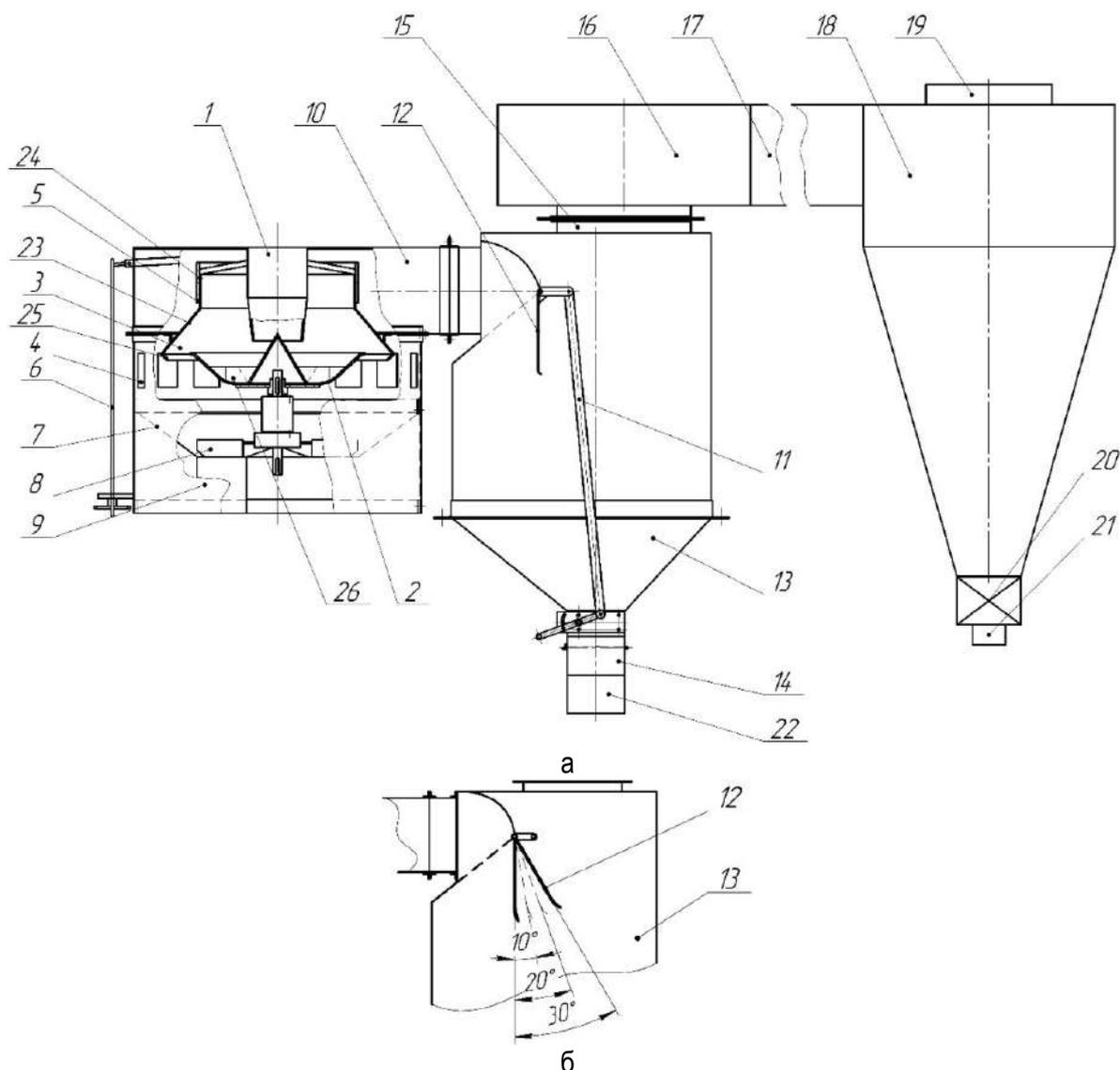


Рис. 1. Центробежно-воздушный сепаратор:
а – структурная схема;

б – изменение положения заслонки в осадочной камере (расшифровка позиций в тексте)

Канал для протекания технологического процесса очистки зернового вороха от легких примесей 3 состоит из отражателя конического 23, тарелки 2 и конуса 25. Внутри цилиндрического корпуса расположен кольцевой пневмосепарирующий канал 3, образованный коническим отражателем 23 с конусом 25, а в верхней части – цилиндр 24 с регулировочным стаканом 5 с механизмом регулировки стакана 6 и разбрасывающей тарелкой 2, соединённый через аспирационный канал 10 с осадочной камерой 13. Разбрасывающая тарелка 2 состоит из разбрасывающего конуса, коротких и длинных лопаток 26, равномерно поочередно установленных по периметру основания, имеющего форму диска и несущего диска со ступицей, с помощью которой

разбрасыватель жестко закреплен на валу привода. Осадочная камера 13 соединяется с вентилятором 16 с помощью патрубка 15, который соединен с циклоном 18 посредством аспирационного патрубка 17. Циклон 18 оснащен патрубком вывода очищенного воздуха 19, шлюзовым затвором 20 и 21 – патрубком вывода пылевидных отходов 22. Для привода разбрасывающей тарелки 2 и скребков механизма выгрузки очищенного зерна 8 установлен мотор-редуктор.

Описание выделения легких примесей в предложенном сепараторе.

Зерновой материал, требующий очистки, направляется через патрубок 1 на разбрасывающую тарелку 2, имеющую горизонтальную и коническую части, а также лопатки 26, для при-

дания зерновой смеси заданной угловой скорости, где зерновой ворох поступает на поверхность разбрасывающего конуса и на диск с закрепленными на нем лопатками 26.

В канале 3 очистки зерна удаляются легкие примеси, которые по воздушному каналу 10 поступают в осадочную камеру 13.

Канал 3 для протекания технологического процесса очистки зернового вороха от легких примесей позволяет эффективно осуществить процесс сепарации за счет конструктивного исполнения входящих в него элементов, которые позволяют осуществить двойной «продув» сходящего равномерного зернового слоя с конической части тарелки 2.

Зерно, прошедшее воздушную очистку, направляется в конус-сборник, откуда скребками 8 посредством патрубка 9 следует за пределы сепаратора.

Запыленный воздух из осадочной камеры 13 через аспирационный патрубок 15 поступает в вентилятор 16, а затем через аспирационный патрубок 17 в циклон 18, где происходит осаждение пыли, которая через шлюзовой затвор 20 выводится в патрубок вывода пылевидных отходов 21. Очищенный воздух посредством патрубка вывода очищенного воздуха 19 удаляется из циклона.

Принятые исходные данные при исследовании в приложении KomrasFlow:

1) опорное давление – 101000 Па; опорная температура – 273 К;

2) вещество: агрегатное состояние – газ; опорная температура вещества – 273 К; молярная масса – 0,029 кг/моль; теплопроводность – 0,022Вт/(мК); удельная теплоемкость – 1000 Дж/(кгК);

3) набор решаемых уравнений: уравнение движения, турбулентность;

4) начальные условия: скорость – 0 м/с (на входе);

5) размеры расчетной сетки: 50x50x50.

6) расход воздуха $Q=3,3$ кг/с (при нормальных условиях).

При проведении расчетов по изменению скорости воздушного потока соответственно изменялся расход.

На рисунке 2 представлена 3D-модель центробежно-воздушного сепаратора с граничными условиями.

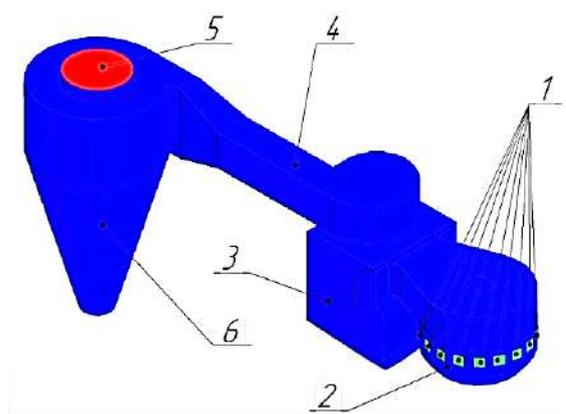


Рис. 2. 3D-модель центробежно-воздушного сепаратора с граничными условиями (синий цвет – стенка; зеленый цвет – вход; красный цвет – выход): 1 – вход (воздухозаборные окна сепаратора); 2 – сепаратор; 3 – осадочная камера; 4 – патрубок аспирационный; 5 – выход; 6 – циклон

Результаты и обсуждение

Результаты, полученные в ходе расчета, представлены на рисунке 3, где скорость воздушного потока отображена линиями тока на участках № 2 и 3 (патрубок аспирационный и циклон соответственно) и № 1 – сепаратор и осадочная камера (заливка).

На рисунке 4 представлено влияние высоты подъема регулировочного стакана на скорость воздушного потока в зоне сепарации, а на рисунках 5 и 6 – изменение скорости воздушного потока в зависимости от высоты подъема регулировочного стакана. Результаты показывают, что целесообразно поднимать регулировочный стакан не более чем на 30 мм, так как в дальнейшем происходит снижение скорости, а при большем подъеме (более 80 мм) можно полностью перекрыть канал аспирации. При подъеме на 20 мм увеличение скорости составит 22%.

Одним из важнейших параметров регулирования в воздушных сепараторах является расход воздуха. Однако при установке циклона, мы должны учитывать его технологические параметры, а именно скорость входа воздушного потока в циклон. Поэтому для работы на различных культурах необходимо установить спаренные циклоны с возможностью отключения одного из технологического процесса при работе с более легковесными семенами и уменьшении расхода воздуха.

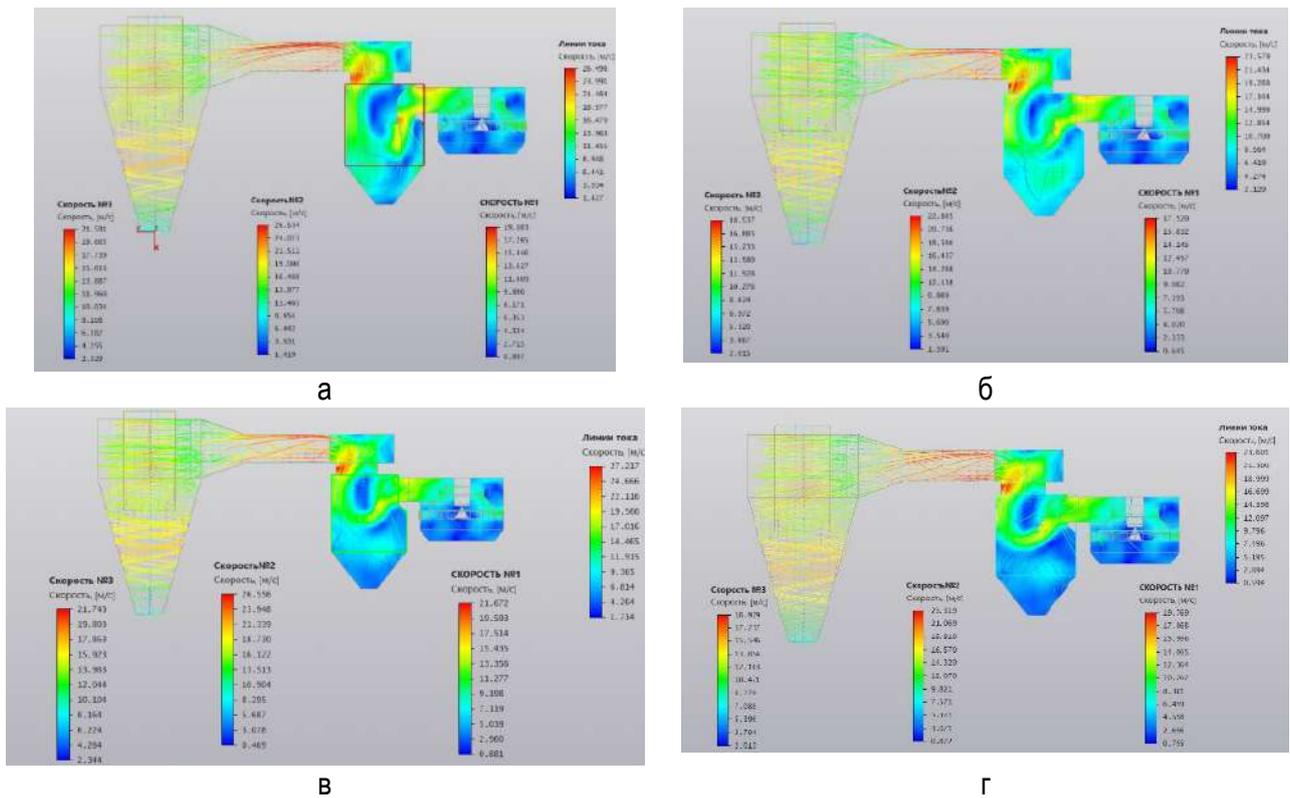


Рис. 3. Влияние угла открытия заслонки на процесс сепарации: а – 0°; б – 10°; в – 20°; г – 30°

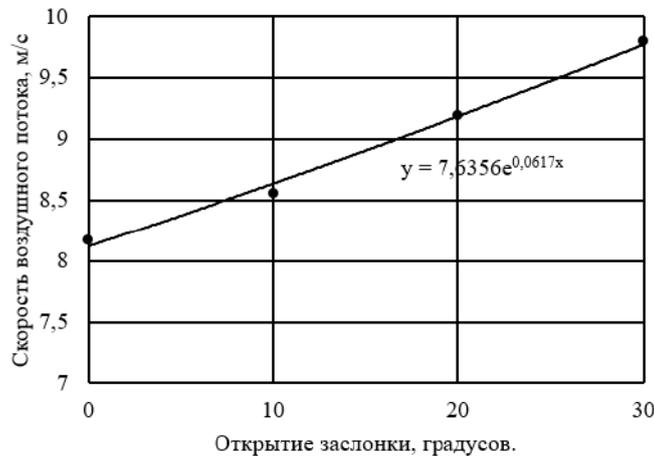


Рис. 4. Изменение скорости воздушного потока в зависимости от угла открытия заслонки

Проведенные нами исследования влияния расхода воздуха (рис. 7, 8) показывают, что при расходе воздуха с 3,0 до 4,0 кг/с изменение скорости воздушного потока в зоне сепарации составляет 47,8%, что позволяет сепарировать достаточно большой спектр сельскохозяйственных культур при использовании одного циклона.

При уменьшении расхода воздуха менее 3 кг/с необходимо использовать спаренные циклоны, как было указано выше.

Варианты использования центробежно-воздушного сепаратора представлены на рисунке 9.

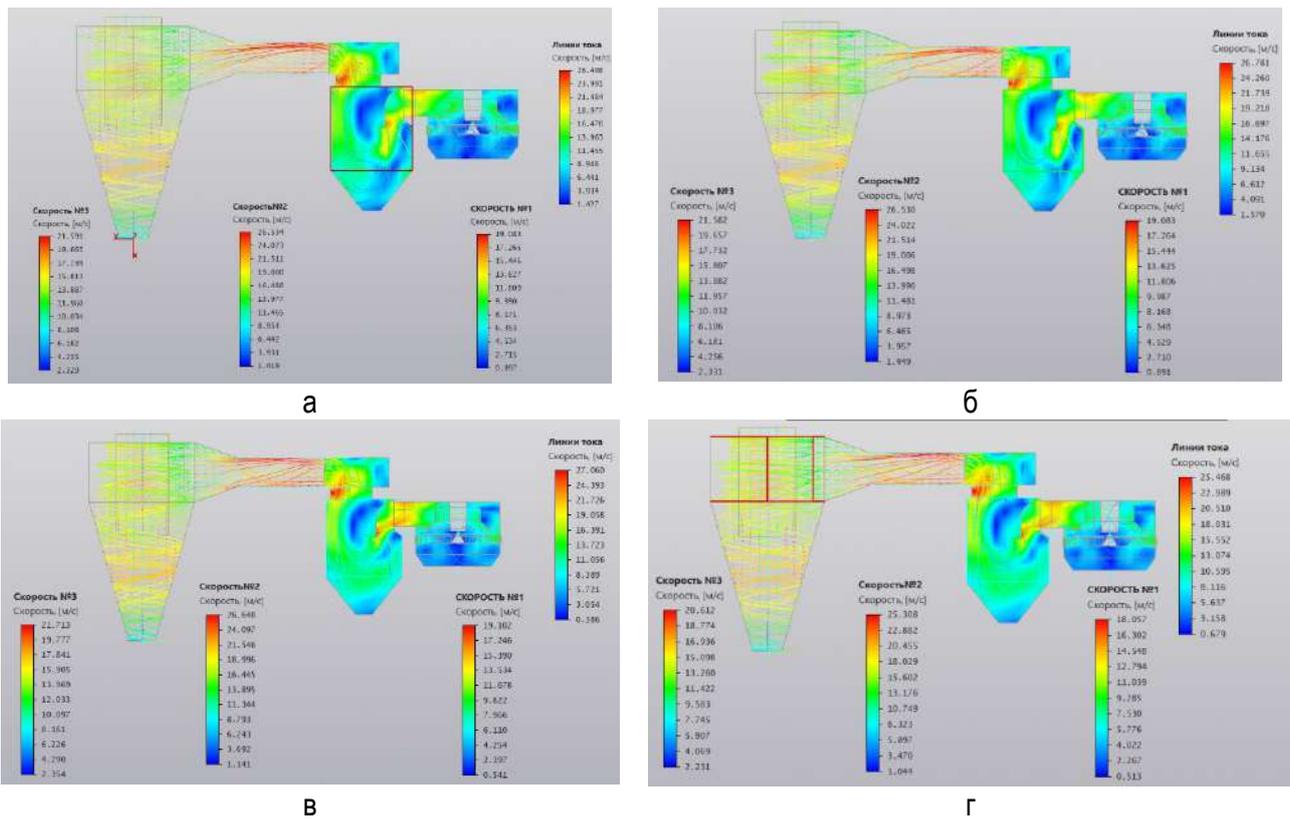


Рис. 5. Влияние высоты подъема регулировочного стакана на процесс сепарации: а – высота 0 мм; б – высота 20 мм; в – высота 40 мм; г – высота 60 мм

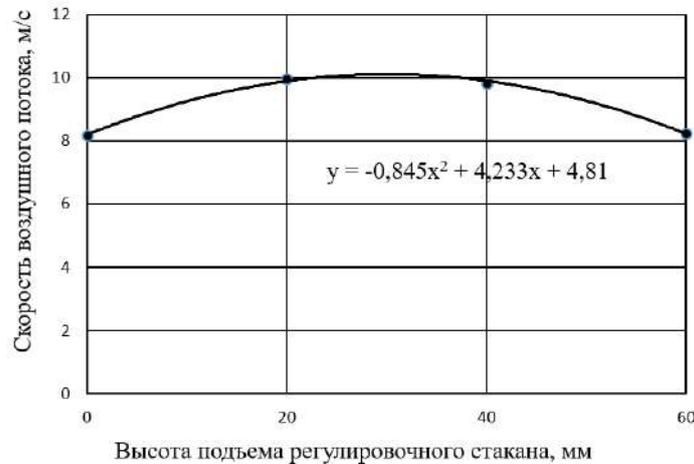


Рис. 6. Изменение скорости воздушного потока в зависимости от высоты подъема регулировочного стакана

Заключение

Использование приложения KompasFlow программы КОМПАС-3D для исследования воздушной очистки зернового вороха может как методом расчета, так и визуально рассмотреть изменения основных технологических параметров (скорость и давление воздушного потока) при внесении конструктивных изменений в 3D-модель сепаратора, а также выбрать необходимые диапазоны регулирования механизмов воздушных заслонок.

Анализ результатов показывает, что в кольцевом аспирационном канале при расходе воздуха до 3,4 кг/с в зоне сепарации скорость воздушного потока составляет менее 9,0 м/с, что меньше критической скорости витания для пшеницы. В данном случае нет необходимости увеличивать скорость воздушного потока. Скорость входа в циклон составляет менее 19,5 м/с, что также является рациональным значением (по данным фирмы «Petkus» для циклона FKA 1250).

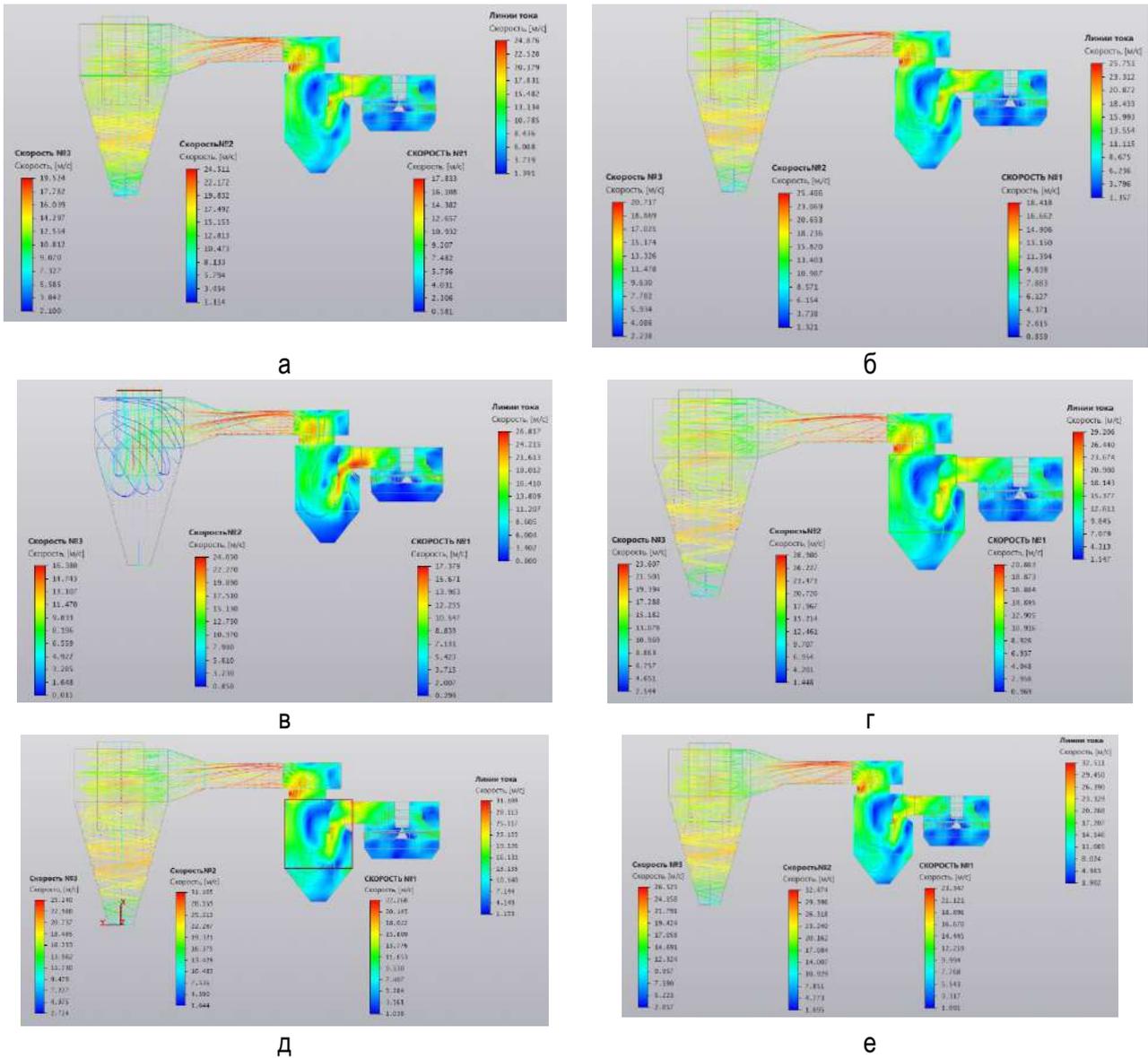


Рис. 7. Влияние расхода воздуха на процесс сепарации:
 а – 3,0 кг/с; б – 3,2 кг/с; в – 3,4 кг/с; г – 3,6 кг/с; д – 3,8 кг/с; е – 4,0 кг/с; д – 3,8 кг/с; е – 4,0 кг/с

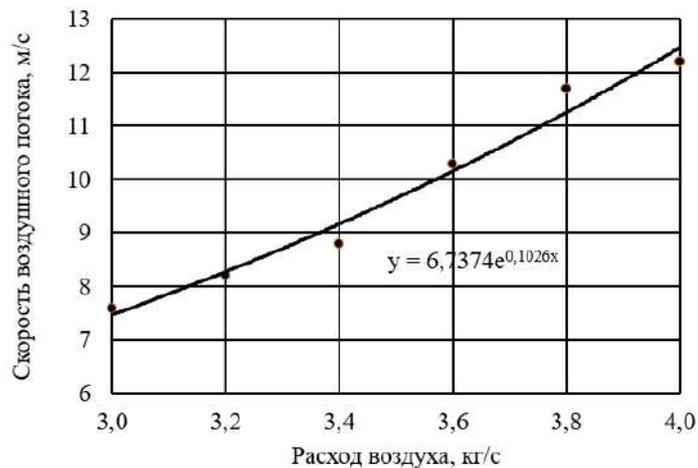


Рис. 8. Изменение скорости воздушного потока в зависимости от расхода воздуха

В осадочной камере скорость воздуха падает от 21,0 до 0,5 м/с, что позволяет выделить

большую часть легких примесей, остальные легкие и пылевидные примеси осаждаются в циклоне.

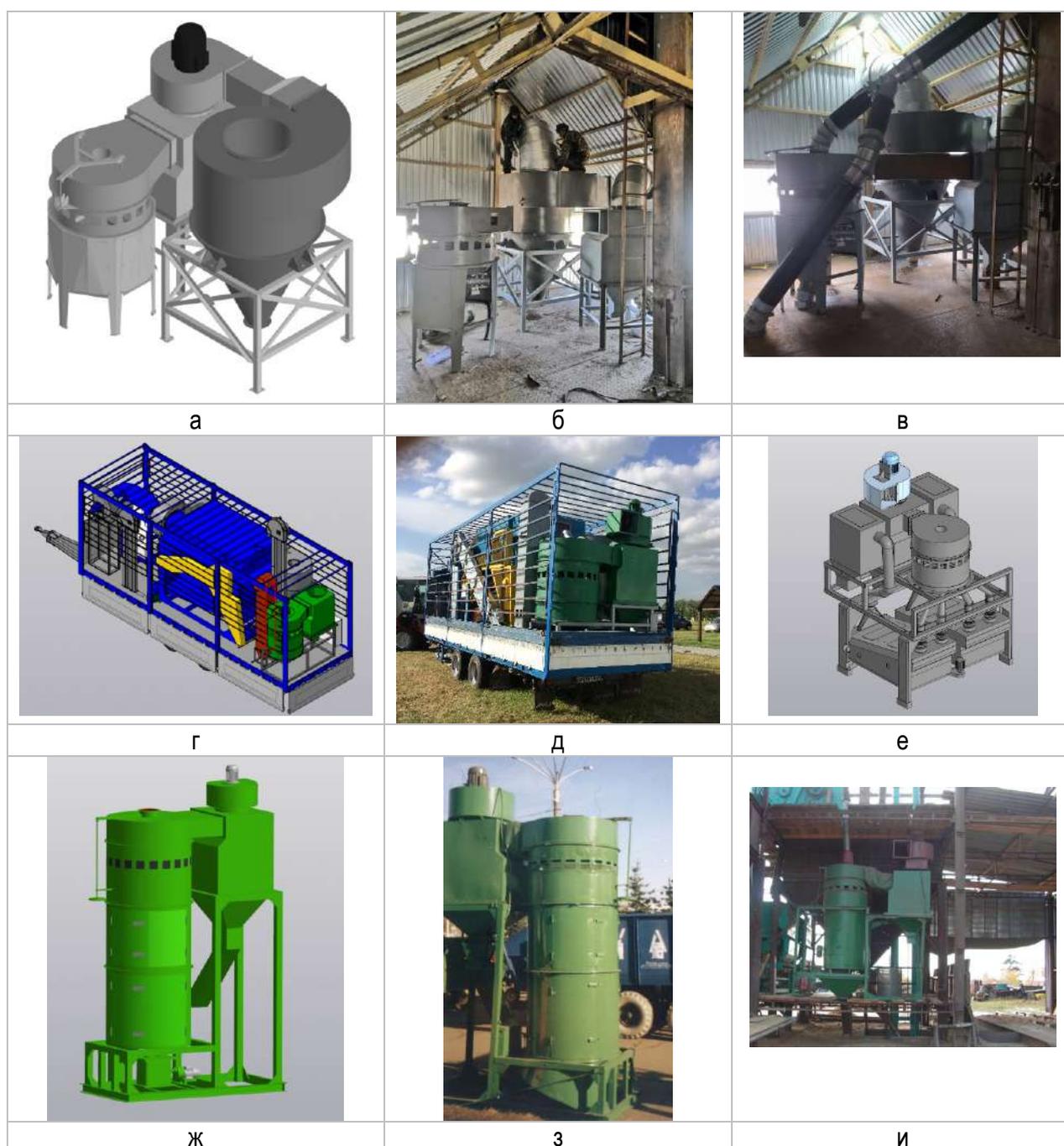


Рис. 9. Варианты использования центробежно-воздушного сепаратора:
а, б, в – стационарная зерноочистительная линия (СПК «Дружба» Алейского района);
г, д – мобильный зерноочистительный агрегат; е – в составе плоскорешетного сепаратора;
ж, з – в составе центробежно-решетного сепаратора с двойным блоком решет;
и – в составе одноблочного сепаратора

Библиографический список

1. Цифровизация послеуборочной обработки зерна / Н. И. Стрикунов, А. С. Руденок, С. С. Щербаков, С. В. Леканов. – Текст: непосредственный // Вестник молодежной науки Алтайского государственного аграрного университета: сборник научных трудов. – Барнаул: РИО Алтайского ГАУ, 2020. – № 1. – С. 85-89.

2. Прохоров, В. А. К вопросу классификации аспирационных систем центробежно-решетных сепараторов с вертикальной осью вращения / В. А. Прохоров, С. В. Леканов, Н. И. Стрикунов. – Текст: непосредственный // Молодежь – Барнаул: материалы XVIII городской научно-практической конференции молодых ученых / гл.

ред. Ю. В. Анохин. – Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2017. – С. 13-16.

3. Стрикунов, Н. И. Классификация аспирационных систем центробежно-решетных сепараторов с вертикальной осью вращения / Н. И. Стрикунов, С. В. Леканов. – Текст: непосредственный // Молодой ученый. – 2016. – № 26. – С. 90-93.

4. Патент России № 2675607 С1 МПК В07В 7/083 (2006.01). Центробежно-воздушный сепаратор / Леканов С. В., Стрикунов Н. И., Черкашин С. А. – № 2017146182; заявл. 26.12.2017; опубл. 20.12.2018, Бюл. № 35. – Текст: непосредственный.

5. Стрикунов, Н. И. Параметры кольцевого пневмосепарирующего канала центробежно-воздушного сепаратора / Н. И. Стрикунов, С. В. Леканов, А. А. Хижников. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2021. – № 6 (200). – С. 117-121.

6. Параметры разгрузочных устройств центробежно-воздушного сепаратора / Н. И. Стрикунов, С. В. Леканов, С. С. Щербаков, М. Е. Микитюк. – DOI 10.53083/1996-4277-2022-213-7-97-102. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2022. – № 7 (213). – С. 97-102.

7. Стрикунов, Н. И. Обоснование параметров кольцевого канала выхода очищенного зерна центробежного воздушного сепаратора / Н. И. Стрикунов, С. В. Леканов, С. А. Черкашин. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета – 2018. – № 4 (162). – С. 168-172.

8. Гришин, Д. О. Применение центробежно-воздушного сепаратора в послеуборочной обработке зерна и семян / Д. О. Гришин, С. В. Леканов. – Текст: непосредственный // Наука и молодежь: материалы XIX Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Барнаул, 18-22 апреля 2022 года / Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова. – Бар-

наул: АлтГТУ. 2022. – Т. 1. Инженерно-технические науки, ч. 1. – С. 14-16.

9. Патент России № 2759788 С1 МПК В07В 9/00 (2006.01). Мобильный зерноочистительный агрегат / Леканов С. В., Стрикунов Н. И. – № 2020135095; заявл. 26.10.2020; опубл.: 17.11.2021, Бюл. № 32. – Текст: непосредственный.

10. Патент России № 2749395 С1 МПК В07В 9/00 (2006.01). Мобильный зерноочистительный агрегат / Леканов С. В., Стрикунов Н. И., Черкашин С. А., Щербаков С. С., Микитюк М. Е. – № 2020132603; заявл. 01.10.2020; опубл.: 09.06.2021, Бюл. № 16. – Текст: непосредственный.

11. Леканов, С. В. Плоскорешетные сепараторы с кольцевым пневмосепарирующим каналом / С. В. Леканов, Н. И. Стрикунов. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2021. – № 12 (206). – С. 107-111.

12. Сороченко, С. Ф. Применение центробежно-воздушного сепаратора для модернизации стационарной технологической линии очистки зерна / С. Ф. Сороченко, Н. И. Стрикунов, С. В. Леканов. – DOI 10.53083/1996-4277-2023-223-5-78-85. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2023. – № 5 (223). – С. 78-85.

13. Михайлов, Е.В. Моделирование процессов функционирования технических средств послеуборочной обработки зерна / Е. В. Михайлов, М. В. Постникова, Н. А. Задосная. – Текст: непосредственный // Техничко-технологическое обеспечение инноваций в агропромышленном комплексе: материалы I Международной научно-практической конференции молодых ученых, Мелитополь, 27-28 февраля 2023 года / редколлегия: О. А. Еременко, С. А. Нестеренко, Н. И. Болтянская [и др.]. – Мелитополь: Государственное образовательное учреждение высшего образования «Мелитопольский государственный университет», 2023. – С. 251-253.

14. Мударисов, С. Г. Визуализация движения воздуха в пневмосортировальном столе элемен-

тами Flow Vision / С. Г. Мударисов, А. В. Акбатыров. – Текст: непосредственный // Научное обеспечение устойчивого функционирования и развития АПК: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (в рамках XIX Международной специализированной выставки «АгроКомплекс-2009»), Уфа, 03-05 марта 2009 года. – Уфа: Башкирский государственный аграрный университет, 2009. – Т. 1. – С. 110-113.

15. Мударисов, С. Г. Моделирование движения воздушного потока в пневмосистемах сельскохозяйственных машин / С. Г. Мударисов, И. Д. Бадретдинов, А. В. Шарафутдинов. – Текст: непосредственный // Научное обеспечение устойчивого функционирования и развития АПК: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (в рамках XIX Международной специализированной выставки «АгроКомплекс-2009»), Уфа, 03-05 марта 2009 года. – Уфа: Башкирский государственный аграрный университет, 2009. – Т. 1. – С. 116-119.

References

1. Strikunov, N.I. Tsifrovizatsiia posleuborochnoi obrabotki zerna / N.I. Strikunov, A.S. Rudenok, S.S. Shcherbakov, S.V. Lekanov // Vestnik molodezhnoi nauki Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta: sbornik nauchnykh trudov. – Barnaul: RIO Altaiskogo GAU, 2020. – No. 1. – S. 85-89.
2. Prokhorov, V.A. K voprosu klassifikatsii aspiratsionnykh sistem tsentrobezchno-reshetnykh separatorov s vertikalnoi osiu vrashcheniia / V.A. Prokhorov, S.V. Lekanov, N.I. Strikunov // Molodezh – Barnaulu: materialy XVIII gorodskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii molodykh uchenykh / gl. red. lu. V. Anokhin. – Barnaul: Izd-vo Alt. un-ta, 2017. – S. 13-16.
3. Strikunov, N.I. Klassifikatsiia aspiratsionnykh sistem tsentrobezchno-reshetnykh separatorov s vertikalnoi osiu vrashcheniia / N.I. Strikunov, S.V. Lekanov // Molodoi uchenyi. – 2016. – No. 26. – S. 90-93.
4. Patent Rossii No. 2675607 S1 MPK B07B 7/083 (2006.01). Tsentrobezchno-vozdushnyi separator / Lekanov S.V., Strikunov N.I., Cherkashin S.A. 2017146182; zaiavl. 26.12.2017; opubl. 20.12.2018, Biul. No. 35.
5. Strikunov, N.I. Parametry koltsevogo pnevmosepariruiushchego kanala tsentrobezchno-vozdushnogo separatora / N.I. Strikunov, S.V. Lekanov, A.A. Khizhnikov // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2021. – No. 6 (200). – S. 117-121.
6. Strikunov, N.I. Parametry razgruzochnykh ustroystv tsentrobezchno-vozdushnogo separatora / N.I. Strikunov, S.V. Lekanov, S.S. Shcherbakov, M.E. Mikiutiuk // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2022. – No. 7 (213). – S. 97-102.
7. Strikunov, N.I. Obosnovanie parametrov koltsevogo kanala vykhoda ochishchennogo zerna tsentrobezchnogo vozdushnogo separatora / N.I. Strikunov, S.V. Lekanov, S.A. Cherkashin // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2018. – No. 4 (162). – S. 168-172.
8. Grishin, D.O. Primenenie tsentrobezchno-vozdushnogo separatora v posleuborochnoi obrabotke zerna i semian / Grishin D.O., S.V. Lekanov // Nauka i molodezh: T. 1. Inzhenerno-tekhnicheskie nauki, ch. 1: Materialy XIX Vserossiiskoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh (18–22 aprelya 2022 goda, g. Barnaul) / Altaiskii gosudarstvennyi tekhnicheskii universitet im. I. I. Polzunova. – Barnaul: AltGTU. – 2022. – S.14-16.
9. Patent Rossii No. 2759788 S1 MPK B07B 9/00 (2006.01). Mobilnyi zemoochistitelnyi agregat / Lekanov S.V., Strikunov N.I. 2020135095; zaiavl. 26.10.2020; opubl.: 17.11.2021, Biul. No. 32.
10. Patent Rossii No. 2749395 S1 MPK B07B 9/00 (2006.01). Mobilnyi zemoochistitelnyi agregat / Lekanov S.V., Strikunov N.I., Cherkashin S.A., Shcherbakov S.S., Mikiutiuk M.E. 2020132603; zaiavl. 01.10.2020; opubl.: 09.06.2021, Biul. No. 16.
11. Lekanov, S.V. Ploskoreshetnye separatory s koltsevym pnevmosepariruiushchim kanalom / S.V. Lekanov, N.I. Strikunov // Vestnik Altaiskogo

gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2021. – No. 12 (206). – S. 107-111.

12. Sorochenko, S.F. Primenenie tsentrobezhno-vozdushnogo separatora dlia modernizatsii statsionarnoi tekhnologicheskoi linii ochistki zerna / S.F. Sorochenko, N.I. Strikunov, S.V. Lekanov // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2023. – No. 5 (223). – S. 78-85.

13. Mikhailov, E.V. Modelirovanie protsessov funktsionirovaniia tekhnicheskikh sredstv posleuborochnoi obrabotki zerna / E.V. Mikhailov, M.V. Postnikova, N.A. Zadosnaia // Tekhniko-tekhnologicheskoe obespechenie innovatsii v agropromyshlennom komplekse: Materialy I Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii molodykh uchenykh, Melitopol, 27–28 fevralia 2023 g. – Melitopol: GOU VO "Melitopolskii gosudarstvennyi universitet", 2023. – S. 251-253.

14. Mudarisov, S.G. Vizualizatsiia dvizheniia vozdukha v pnevmosortirovalnom stole elementami

Flow Vision / S.G. Mudarisov, A.V. Akbatyrov // Nauchnoe obespechenie ustoichivogo funktsionirovaniia i razvitiia APK: materialy Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem (v ramkakh XIX Mezhdunarodnoi spetsializirovannoi vystavki "AgroKompleks-2009"), Ufa, 03–05 marta 2009 goda. Ch. 1. – Ufa: Bashkirskii GAU, 2009. – S. 110-113.

15. Mudarisov, S.G. Modelirovanie dvizheniia vozdukhovogo potoka v pnevmosistemakh selskokhoziaistvennykh mashin / S.G. Mudarisov, I.D. Badretdinov, A.V. Sharafutdinov // Nauchnoe obespechenie ustoichivogo funktsionirovaniia i razvitiia APK: materialy Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem (v ramkakh XIX Mezhdunarodnoi spetsializirovannoi vystavki "AgroKompleks-2009"), Ufa, 03–05 marta 2009 goda. Ch. 1. – Ufa: Bashkirskii GAU, 2009. – S. 116-119.

