

УДК 631.362.3

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ПНЕВМОСЕПАРИРУЮЩЕГО КАНАЛА

Саитов А.В., Фарафонов В.Г., Саитов В.Е.

ФГБОУ ВО «Вятская государственная сельскохозяйственная академия», Киров,
e-mail: vicsait-valita@e-kirov.ru

По научным данным, затраты на послеуборочную обработку зерна составляют 40–50 % общих затрат на его производство. Поэтому вопросы повышения качества и снижения затрат при производстве зерна имеют особое значение. В то же время значительное количество зерно- и семяочистительных машин, используемых на производстве, имеют невысокую эффективность технологического процесса. Соответственно разработка и использование технических решений, направленных на повышение эффективности работы данных машин, являются актуальными. Предложены технические решения по повышению эффективности работы пневмосепарирующих каналов зерноочистительных машин. Данные решения, защищенные патентами на изобретения и полезные модели РФ, могут быть использованы проектно-конструкторскими организациями при создании более совершенных машин для послеуборочной обработки зерна, а также студентами инженерных специальностей при выполнении оригинальных домашних заданий, индивидуальных курсовых и дипломных проектов.

Ключевые слова: зерновой ворох, скорость витания частиц, коэффициент парусности частицы, устройство ввода зерновой смеси, пневмосепарирующий канал, пневматический сепаратор

IMPROVING THE EFFICIENCY OF PNEUMOSEPARATING CHANNEL

Saitov A.V., Farafonov V.G., Saitov V.E.

Vyatka State Agricultural Academy, Kirov, e-mail: vicsait-valita@e-kirov.ru

According to scientific data costs postharvest processing of grain is 40–50 % of the total cost of its production. Therefore, issues of improving quality and reducing costs in the production of grain are of particular importance. At the same time, a significant amount of grain and seed-cleaning machines used in production, have low efficiency of the process. Accordingly, the development and use of technical solutions aimed at improving the efficiency of these machines is important. Offer technical solutions to improve the efficiency of the grain cleaning machines pneumoseparating channels. These solutions are protected by patents for inventions and utility models of the Russian Federation can be used design organizations to create better machines for post-harvest processing of grain, as well as engineering students in the performance of the original homework, individual course and degree projects.

Keywords: grain heap, weighing speed in the air stream of particles, factor sail particles, an input device of the cereal mixture, air channel, pneumatic separator

Разделение зернового материала воздушным потоком имеет ряд преимуществ перед другими способами очистки. Это обусловливается простотой конструкции и высокой удельной производительностью пневмосепаратора, а также малой повреждаемостью зерна при очистке.

Выявлены закономерности влияния множества факторов на эффективность пневмосепарирования зернового материала. В общем виде математическая модель эффективности пневмосепарирования зернового вороха в пневмосепарирующем канале (ПСК) зерноочистительной машины представляется в виде функции с достаточно большим числом переменных факторов [16, 17, 18]:

$$E = f(q_{\text{зд}}, v_{\text{ср}}, F, H_B, H_H, v, v_{\text{взм}}, Z, W, K_u, \omega_B, Z, \psi) \quad (1)$$

где $q_{\text{зд}}$ – удельная зерновая нагрузка, кг/(с·м²); v – средняя скорость воздушного потока в ПСК, м/с; F – площадь поперечного сечения ПСК, м²; H_B , H_H – высота верхней и нижней части ПСК, определяемые местом

ввода материала до соответствующих поворотных участков, м; v – структура воздушного потока в ПСК (коэффициент вариации скорости воздушного потока), %; $v_{\text{взм}}$ – степень различия аэродинамических свойств компонентов зернового вороха (по скорости витания зерна и примесей), м/с; Z – степень засоренности зерна примесями, %; W – влажность зернового вороха, %; K_u – конструктивное исполнение ПСК; ω_B – условия ввода в канал зернового вороха (свободный ввод, вибропитатель, питающий валик и т.д.) и его начальная скорость, м/с; Z – схема компоновки основных сборочных единиц воздушной системы (вентилятор, канал, осадочное устройство); ψ – характеристика генератора воздушного потока.

Все приведенные показатели в определенной степени взаимосвязаны между собой и оказывают влияние на процесс пневмосепарации, на выбор конструктивных параметров сепаратора. Существенное влияние из указанных факторов на эффективность пневмосепарации оказывают аэродинамические свойства компонентов зерновой смеси, конструктивное исполнение пнев-

мосепарирующего канала K_u , удельная зерновая нагрузка q_{y0} на ПСК и условия ввода ω_B в него зерновой смеси, количественная v_{cp} и качественная ν характеристики воздушного потока [1, 3, 4].

С учетом отмеченных факторов, оказывающих наибольшее влияние на улучшение технологического процесса зерноочистительной машины, разработаны технические решения по повышению эффективности работы ПСК, которые защищены охранными документами Роспатента на изобретения и полезные модели.

Предложения по повышению эффективности сепарации зернового материала

Разработано несколько устройств, в которых повышение эффективности сепарации зернового материала достигается за счет предварительного его расслоения перед вводом в ПСК и придания его компонентам определенной траектории движения.

Для повышения качества очистки зернового материала за счет рационального расслоения его перед вводом в ПСК в пневматическом сепараторе (рис. 1) скатная плоскость 3 по ширине канала 7 выполнена ступенчатой в виде чередующихся в шахматном порядке верхних 4 и нижних 5 лотков, приемные кромки которых примыкают одна к другой, а сходовые кромки выполнены горизонтально и примыкают к расположенной под поперечным окном для ввода сепарируемого материала профильной стенке 6 ПСК 7, выступы которой сопряжены с кромками верхних 4 лотков, а впадины – с кромками нижних 5 лотков [5].

При этом начальные скорости v_{01} и v_{02} ввода зернового материала в ПСК 7 по по-

верхностям верхних 6 и нижних 7 лотков составляют:

$$v_{01} = \sqrt{2gS(\sin\alpha_1 - f\cos\alpha_1) + c_{01}^2 - 2gl_f f}, \quad (2)$$

$$v_{02} = \sqrt{2gS(\sin\alpha_2 - f\cos\alpha_2) + c_{02}^2 - 2gl_f f}, \quad (3)$$

где S и l_f – путь движения зерна по наклонной плоскости и длина горизонтального участка, м; α_1 и α_2 – углы наклона поверхностей лотков к горизонту, град.; $c_{01} = \sin\alpha_1\sqrt{2gh_n}$, $c_{02} = \sin\alpha_2\sqrt{2gh_n}$ – начальные скорости частицы на наклонной поверхности лотков 4 и 5 соответственно, м/с; h_n – высота свободного падения зерна, м.

В виду того, что $\alpha_2 > \alpha_1$, то соответственно $c_{02} > c_{01}$, тогда $v_{02} > v_{01}$. Поэтому зерновой материал, кроме того, что распределен в шахматном порядке по ширине на отдельные струйки, поступает в двух рядах на разной высоте в ПСК 7 с различной скоростью, что обуславливает более равномерное распределение его по сечению данного канала.

Повышение качества очистки зернового материала за счет его равномерного распределения по сечению ПСК достигается также в пневмосепараторе с питателем в виде рифленого валика с ячейками на наружной цилиндрической поверхности, имеющем со стороны стенки, противоположной питателю, камеру, образованную криволинейной верхней стенкой и шарнирно закрепленной скатной плоскостью [6].

Улучшение качества очистки зернового материала за счет его более равномерного распределения не только по ширине, но и по глубине ПСК будет достигаться в пневмосепараторе с питателем, выполненным в виде набора различных по диаметру цилиндрических втулок с лопастями (рис. 2) [7].

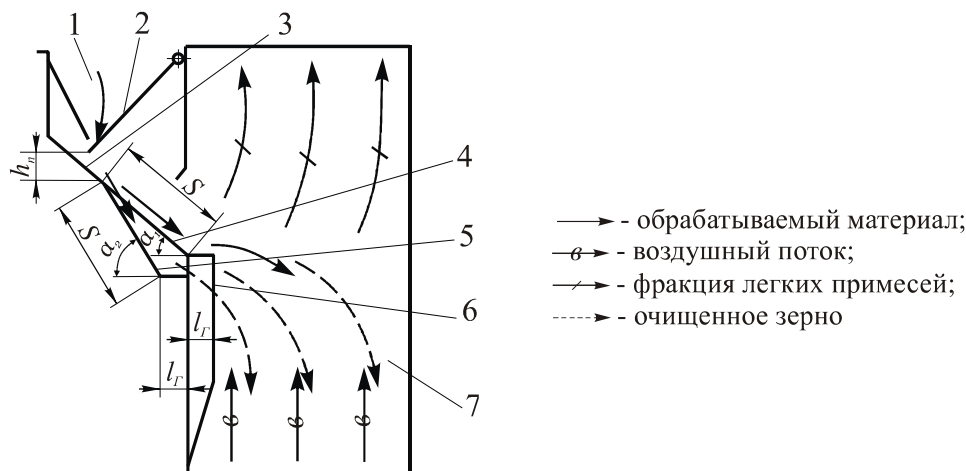


Рис. 1. Схема пневматического сепаратора: 1 – бункер; 2 – питатель; 3 – скатная плоскость; 4, 5 – лотки; 6 – стенка профильная; 7 – пневмосепарирующий канал

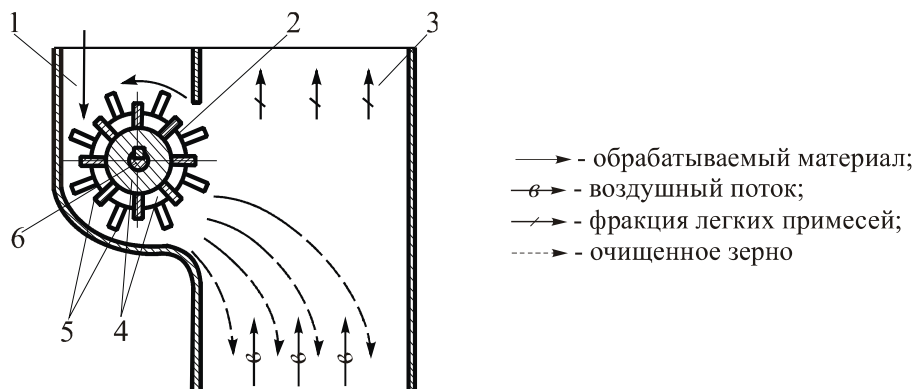


Рис. 2. Схема пневмосепаратора зернового вороха: 1 – загрузочный бункер; 2 – питающий вал; 3 – пневмосепарирующий канал; 4 – втулки; 5 – лопасти; 6 – вал

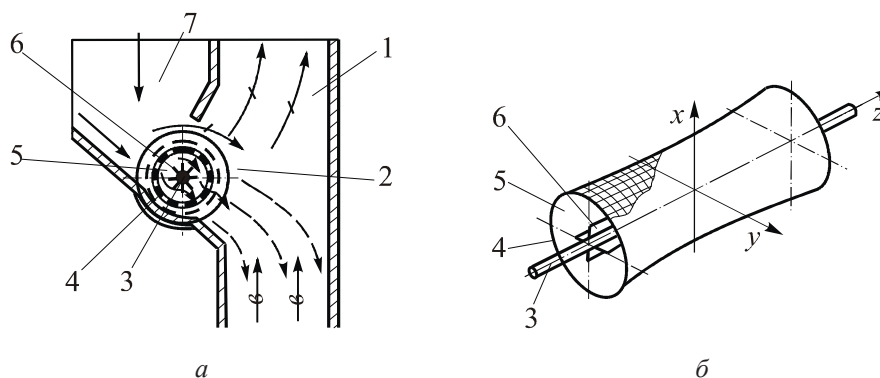


Рис. 3. Схема пневмосепаратора (а) и объемный вид питателя (б): 1 – пневмосепарирующий канал; 2 – поперечное окно; 3 – вал; 4 – питатель; 5 – центральная часть питателя; 6 – активатор; 7 – загрузочный бункер

Втулки питающего валика данного устройства могут быть выполнены также эллипсной формы. В этом случае достигается равномерное распределение материала не только по ширине и по глубине, но и по высоте ПСК [8].

Наряду с отмеченным, при сепарировании зерновой смеси с повышенной удельной подачей из-за высокой ее плотности затрудняется выделение соломистых примесей из нижних и средних слоев зернового потока, вследствие чего данные примеси выводятся с основным продуктом.

Предварительное выделение соломистых примесей из зернового материала при вводе его в ПСК достигается выполнением поверхности питателя в виде решета, а центральной его части – полый [9].

Увеличение рабочей поверхности данного питателя выполнением его в виде решета однополосного гиперболоида вращения (рис. 3) с параметрами поверхности a и b (действительные полуоси) и c (мнимая полуось)

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} - \frac{z^2}{c^2} = 1 \quad (4)$$

повышает производительность пневмосепаратора, а установленные внутри его полый части 5 дополнительно на валу 3 активаторы 6 способствуют более равномерному распределению зернового материала по поверхности питателя, обуславливающему ввод материала в ПСК 1 равномерно расслоенном виде [10].

Повышение производительности и качества сепарации при обработке зернового вороха обеспечивается в пневмосепараторе, решетная поверхность питателя которого выполнена в виде усеченного параболоида вращения с гребенчато-пластинчатыми рассекающими-ворошителями, расположенными во внутренней его части [11].

Предварительное расслоение подаваемого зернового материала в ПСК обеспечивает также питающий вал, центральная часть которого выполнена полый и сообщается с пневмокамерой, обеспечивающей подвод к валику дополнительного воздушного потока для ожижения зернового материала перед вводом его в ПСК (рис. 4) [12].

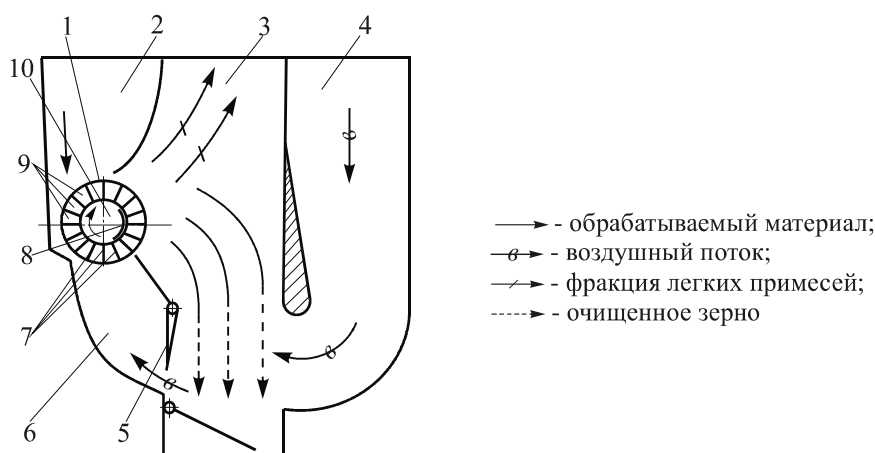


Рис. 4. Схема пневматического сепаратора: 1 – питающий валик; 2 – загрузочный бункер; 3, 4 – пневмосепарирующий и воздухоподводящий каналы; 5 – регулятор; 6 – пневмокамера; 7, 9 – лопасти и полости; 8 – плоскость; 10 – центральная часть

Повышение эффективности очистки зернового материала, в особенности при высоких удельных нагрузках, достигается в пневмосепараторах [13, 14], в которых ПСК оснащен перепускным каналом, обеспечивающим разделение материала на два потока. Это уменьшает толщину зернового потока, способствует большему разрыхлению и снижению вероятности столкновения легких частиц и полновесного зерна.

В то же время наличие в зерноочистительных машинах [2, 15] у питающего приспособления скатной плоскости, оканчивающейся горизонтальным участком, улучшает расслаивание и взвешивание частиц зернового материала в ограниченном по размерам ПСК. Это условие пневмосепарации зернового материала повышает качество очистки зерна. При этом использование свободного ввода материала в ПСК значительно упрощает конструкцию пневмосепаратора.

Закключение

Таким образом, совершенствование технологического процесса зерноочистительных машин за счет повышения эффективности работы ПСК обуславливает при очистке зернового материала от различных сорных примесей повышение производительности машины и качества конечного продукта (зерна). Предложенные технические решения могут быть использованы проектно-конструкторскими организациями при создании новых, более совершенных машин для послеуборочной обработки зерна, а также студентами инженерных специальностей при выполнении оригинальных домашних заданий,

индивидуальных курсовых и дипломных проектов.

Список литературы

1. Гортинский В.В., Демский А.Б., Борискин М.А. Процессы сепарирования на зерноперерабатывающих предприятиях. – М.: Колос, 1980. – 304 с.
2. Зерноочистительная машина: пат. 2528346 Рос. Федерация: МПК9 В07В 4/00 / Саитов В.Е., Гатауллин Р.Г., Саитов А.В.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Вятская ГСХА». – № 2013109666/03; заявл. 04.03.2013; опубл. 10.09.2014, Бюл. № 25. – 6 с.
3. Малис А.Я., Демидов А.Р. Машины для очистки зерна воздушным потоком. – М.: Машгиз, 1962. – 176 с.
4. Нелюбов А.И., Ветров Е.Ф. Пневмосепарирующие системы сельскохозяйственных машин. – М.: Машиностроение, 1977. – 192 с.
5. Пневматический сепаратор: пат. 2223829 Рос. Федерация: МПК7 В07В 11/06, 4/02 / Саитов В.Е., Бурков А.И., Гатауллин Р.Г.; заявитель и патентообладатель с.-х. академия. – № 2002108084/03; заявл. 29.03.02; опубл. 20.02.04, Бюл. № 5. – 5 с.
6. Пневматический сепаратор: пат. 2392064 Рос. Федерация: МПК9 В07В 4/02, А01F 12/44 / Саитов В.Е., Сычугов Н.П., Лямшин И.Н.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Вятская ГСХА. – № 2009115380/03; заявл. 22.04.09; опубл. 20.06.10, Бюл. № 17. – 5 с.
7. Пневмосепаратор: а.с. 1542636 СССР: МКИ5 В07В 4/00 / Н.П. Сычугов, Ю.П. Полунин, Н.И. Грабельковский, А.И. Бурков, В.Е. Саитов (СССР). – № 4300013/29-03; заявл. 24.08.88; опубл. 15.02.90, Бюл. № 6. – 3 с.
8. Пневмосепаратор: а.с. 1683829 СССР: МКИ5 В07В 4/02 / Н.П. Сычугов, В.Е. Саитов, И.В. Тимофеев (СССР). – № 4759389/03; заявл. 20.11.89; опубл. 15.10.91, Бюл. № 38. – 2 с.
9. Пневмосепаратор: свидетельство 17684 Рос. Федерация: МПК7 В07В 4/00 / Саитов В.Е.; заявитель и патентообладатель Вятская гос. с.-х. академия. – № 2000128404/20; заявл. 13.11.2000; опубл. 20.04.01, Бюл. № 11. – 1 с.
10. Пневмосепаратор: пат. 2153401 Рос. Федерация: МПК7 В07В 4/02, 11/06 / Болотов А.К., Саитов В.Е., Гатауллин Р.Г.; заявитель и патентообладатель Вятская гос. с.-х. академия. – № 99111010/03; заявл. 25.05.99; опубл. 27.07.2000, Бюл. № 21. – 4 с.
11. Пневмосепаратор: пат. 2392065 Рос. Федерация: МПК9 В07В 4/02, В07В 11/06, А01F 12/44 / Саитов В.Е.,

Гатауллин Р.Г.; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО Вятская ГСХА. – № 2009115384/03; заявл. 22.04.09; опубл. 20.06.10, Бюл. № 17. – 5 с.

12. Пневмосепаратор: свидетельство 18241 Рос. Федерация: МПК7 В07В 4/00 / Саитов В.Е.; заявитель и патентообладатель Вятская гос. с.-х. академия. – № 2000131140/20; заявл. 13.12.00; опубл. 10.06.01, Бюл. № 16. – 1 с.

13. Пневматический сепаратор: пат. 2465073 Рос. Федерация: МПК9 В07В 4/02, А01F 12/44 / Саитов В.Е., Фарафонов В.Г., Синяков С.В.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Вятская ГСХА». – № 2011118005/03; заявл. 04.05.2011; опубл. 27.10.2012, Бюл. № 30. – 5 с.

14. Пневмосистема зерноочистительной машины: пат. 123692 Рос. Федерация: МПК9 В07В 4/00 / Саитов В.Е., Гатауллин Р.Г., Нигматуллин И.Н., Саитов А.В.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Вятская ГСХА». – № 20121124214/03; заявл. 09.06.2012; опубл. 10.01.2013, Бюл. № 1. – 3 с.

15. Пневматический сепаратор сыпучих материалов: пат. 2525557 Рос. Федерация: МПК9 В07В 4/00 / Саитов В.Е.,

Фарафонов В.Г., Суворов А.Н., Саитов А.В.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Вятская ГСХА». – № 2013109664/03; заявл. 04.03.2013; опубл. 20.08.2014, Бюл. № 23. – 6 с.

16. Саитов В.Е. Повышение эффективности функционирования зерноочистительных машин путем совершенствования основных рабочих органов и пневмосистем с фракционной сепарацией: автореф. дис. ... докт. техн. наук: 05.20.01 / Саитов Виктор Ефимович. – Чебоксары, 2014. – 40 с.

17. Саитов В.Е., Фарафонов В.Г., Суворов А.Н. Исследование процессов в рабочих органах сепараторов зерна: Монография. – Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2012. – 201 с.

18. Физико-математическое моделирование процессов разделения зерновых материалов для повышения эффективности функционирования зерно- и семяочистительных машин: Монография / В.Е. Саитов, В.Г. Фарафонов, А.Н. Суворов, С.В. Синяков. – Киров: ФГОУ ВПО Вятская ГСХА, 2011. – 176 с.