УДК 631.362.3

ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ УСТРОЙСТВА ВВОДА ЗЕРНОВОЙ СМЕСИ В ПНЕВМОСЕПАРИРУЮЩИЙ КАНАЛ

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

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

Представлен энергетический анализ движения зерновки по устройству ввода (скатной доске), состоящего из наклонной плоскости, оканчивающейся горизонтальным участком. Проведен графический анализ зависимости длины скатной доски от угла ее наклона относительно горизонтали при скорости ввода зернового материала в пневмосепарирующий канал (ПСК) 0,5 м/с и зависимости длины скатной доски с углом ее наклона относительно горизонтали 35^0 от скорости ввода зернового материала в ПСК при разных коэффициентах трения зерновки о поверхность скатной доски. Проведенный анализ по обоснованию конструкционно-технологических параметров устройства ввода зерновой смеси в ПСК позволяет сократить затраты на проведение экспериментов при создании и проектировании новых зерноочистительных машин.

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

JUSTIFICATION OF STRUCTURAL AND TECHNOLOGICAL INPUT DEVICE SETTINGS GRAIN MIXES IN THE AIR CHANNEL

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

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

Shows the energy flow analysis weevil on the input device (pitched board), consisting of an inclined plane terminating horizontal section. An graphical analysis of the length of ramp boards from the corner of its inclination relative to the horizontal at a rate of input grain material in UCS 0,5 m/s depending on the length of the sloping board with an angle of inclination relative to the horizontal speed of 35^0 grain material entering the UCS for different friction coefficients weevil on the surface sloping board. The analysis to substantiate the construction-technological parameters of input devices cereal mixture in UCS can reduce the costs of experiments in the creation and design of new grain-cleaning machines.

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

Немаловажное значение на качество пневмосепарации оказывают конструкционные особенности устройств ввода зерновой смеси в пневмосепарирующий канал (ПСК). По способу ввода зерновой смеси в ПСК данные устройства подразделяются на пассивные и активные [1].

К активным устройствам для ввода зернового материала в ПСК можно отнести питающие валики, разбрасывающие диски. Недостатком этих устройств следует считать усложнение конструкции воздушной системы зерноочистительной машины, увеличение травмируемости зернового материала и увеличение энергопотребления.

К пассивным устройствам ввода можно отнести скатные доски с различным углом наклона и сетки, установленные наклонно и непосредственно в ПСК. Данные устройства имеют простую конструкцию и небольшие габаритные размеры, не требуют дополнительного привода. Однако применение сеток неэффективно и сдерживается в основном из-за того, что в процессе сепарации зерновой смеси они засоряются, что приводит в дальнейшем к снижению качества очитки зерна.

Наиболее широкое применение нашел способ ввода зерновой смеси в ПСК с помощью скатных досок (наклонной плоскости). Скатная доска проста по устройству, не требует механизма привода, имеет небольшие габариты. Данный способ ввода материала в канал значительно упрощает конструкцию пневмосепаратора. Поэтому в предлагаемых для производства зерноочистительных машинах применен способ ввода зерновой смеси в ПСК с помощью скатной доски [2, 3, 4, 5, 6, 7].

В то же время в научной и технической литературе недостаточно информации по выбору рациональных конструкционно-технологических параметров рассматриваемого устройства ввода зернового материала в ПСК.

Анализ движения зерновки по устройству ввода

Рассмотрим движение единичной частицы по наклонной поверхности устройства ввода зернового материала в ПСК. На частицу, которая поступает из приемно-загрузочного бункера на наклонную поверхность устройства ввода, действуют сила $\vec{G}$ тяжести, сила $\vec{F}_{тр1}$ трения зерновки о на-

клонную стенку и реакция силы $\vec{N}_1$ нормального давления зерновки на наклонную плоскость. Перед вводом в ПСК частица движется по горизонтальному участку, которое обусловливает в нем улучшение разрыхления зернового потока. На данном горизонтальном участке на частицу также действуют сила $\vec{G}$ тяжести, сила $\vec{F}_{тр2}$ трения зерновки о стенку и реакция силы $\vec{N}_2$ нормального давления зерновки на стенку (рис. 1).

Для движущей частицы по устройству ввода, имеющий наклонную плоскость и переходящий в конце на горизонтальный участок, закон сохранения энергии имеет вид

$$E_п = A_1 + A_2 + E_к, \qquad (1)$$

где $E_п$ – потенциальная энергия частицы, Дж;
A_1 – работа, затрачиваемая на преодоление силы $\vec{F}_{тр1}$ трения при скатывании частицы по наклонной плоскости, Дж;
A_2 – работа, затрачиваемая на преодоление силы $\vec{F}_{тр2}$ трения при движении частицы по горизонтальному участку, Дж;
$E_к$ – кинетическая энергия частицы на выходе из горизонтального участка устройства ввода, Дж.

Тогда выражение (1) с учетом действующих сил на частицу, длины L наклонной плоскости, длины l горизонтального участка и высоты H наклонной плоскости относительно горизонтального участка представляется в виде:

$$G \cdot H = F_{тр1} \cdot L + F_{тр2} \cdot l + \frac{m\upsilon_{01}^2}{2}, \qquad (2)$$

где m – масса частицы, кг;
υ_{01} – скорость частицы на выходе из горизонтального участка устройства ввода и поступлении ее в ПСК, м/с.

Значения силы трения на наклонной плоскости и горизонтальном участке определяются из выражений

$$F_{тр1} = fN_1 = fmg\cos\alpha,\ F_{тр2} = fN_2 = fmg, \qquad (3)$$

где f – коэффициент трения зерновки о поверхность стенки устройства ввода;
α – угол наклона наклонной плоскости относительно горизонтали, град;
g – ускорение свободного падения частицы, $g = 9{,}81$ м/с^2.

Уравнение (2) после подстановки выражений (3), $H = L\cdot\sin\alpha$ и $G = mg$, а также сокращения на m будет иметь вид

$$gL\sin\alpha = fgL\cos\alpha + fgl + \frac{\upsilon_{01}^2}{2}. \qquad (4)$$

Проведя преобразования уравнения (4) длина L наклонной плоскости устройства ввода определяется по выражению:

$$L = \frac{\upsilon_{01}^2 + 2fgl}{2g\left(\sin\alpha - f\cos\alpha\right)}. \qquad (5)$$

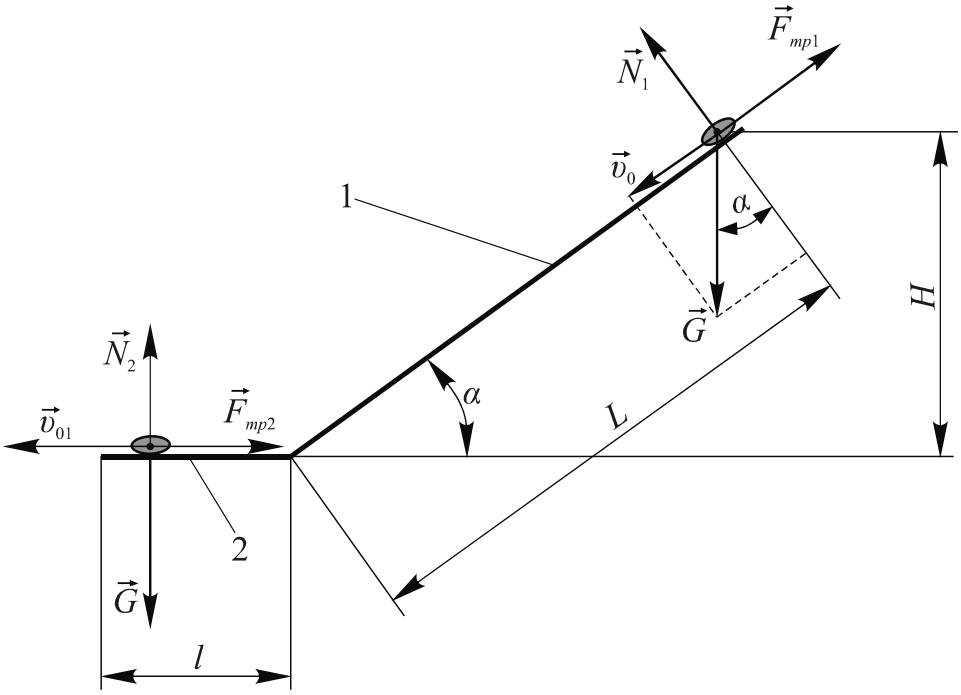

Рис. 1. Схема действующих сил на частицу, движущуюся по устройству ввода зерновой смеси в ПСК: 1 – наклонная плоскость; 2 – горизонтальный участок

Таким образом, конструкционная длина L скатной доски устройства ввода, оканчивающаяся горизонтальным участком, зависит от величины скорости υ_{01} ввода зернового материала в ПСК, коэффициента f трения его о поверхность скатной доски, угла α наклона ее относительно горизонтали и длины l горизонтального участка.

Установлено, что для эффективной очистки зернового материала вводить его в вертикальный канал целесообразно под углом $a_{01} = 0…+10^0$ и со скоростью $\upsilon_{01} = 0,3…0,5$ м/с [8].

Известно, что для обеспечения передвижения зерновки по скатной доске (наклонной плоскости) ей необходимо придать положительный угол α, равный $25…35^0$ и соответствующий углу $\varphi_{тр}$ трения зерна о ее поверхность. При этом коэффициент f трения зерновки о поверхность стенки скатной доски, изготавливаемой из стали, составляет 0,3…0,5 [1, 8, 9].

В то же время по устройству ввода зерновки движутся в потоке. Коэффициент f внутреннего трения скольжения основных зерновых культур составляет: пшеницы – 0,47…0,73; ржи – 0,36…0,58; ячменя – 0,36…0,50 и овса – 0,26…0,43. Соответственно, диапазон минимальных значений коэффициентов f внутреннего трения скольжения пшеницы, ржи, ячменя и овса равен 0,26…0,47, а диапазон максимальных значений f данных культур – 0,43…0,73 [10].

Диапазон значений коэффициентов f внутреннего трения скольжения пшеницы, ржи, ячменя и овса сопоставим с коэффициентом f трения зерновки о поверхность стенки скатной доски. Соответственно, зерновой материал по скатной доске будет двигаться в едином потоке, а потому анализ технологической подачи зернового материала в ПСК по устройству ввода необходимо проводить по значениям коэффициента f трения зерновки о поверхность стенки скатной доски.

На рис. 2 представлены зависимости длины L скатной доски от угла α ее наклона относительно горизонтали при скорости ввода зернового материала в ПСК $\upsilon_{01} = 0,5$ м/с и разных коэффициентах f трения зерновки о поверхность скатной доски.

Из анализа рис. 2 следует, что все графические зависимости имеют стабильно-нисходящую форму. Из полученных зависимостей следует, что при увеличении угла α наклона скатной доски ее длина L уменьшается. При этом с уменьшением значений коэффициента f трения зерновки о поверхность скатной доски показатели L снижаются. Длина L скатной доски при рассматриваемых значениях f варьирует в пределах 0,057…0,14 м при $\alpha = 35^0$, 0,045…0,087 м при $\alpha = 40^0$; 0,038…0,064 м при $\alpha = 45^0$; 0,033…0,051 м при $\alpha = 50^0$; 0,029…0,043 м при $\alpha = 55^0$; 0,026…0,037 м при $\alpha = 60^0$. Следует заметить, что при $\alpha > 60^0$ рассматриваемые зависимости по показателю L стремятся к некоторому определенному минимальному значению, мало зависящему от коэффициента f. При угле наклона скатной доски относительно горизонтали $\alpha = 35^0$ ее длина L имеет наибольшие значения. Из отмеченного следует, что существенное влияние на значения L при изменении угла α оказывает коэффициент f трения зерновки о стенку, причем чем больше f, тем значение L выше.

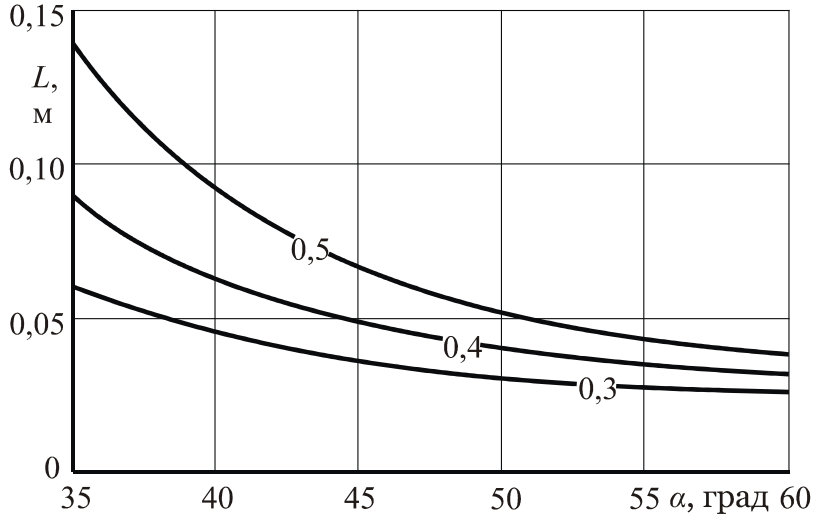

Рис. 2. Зависимости длины L скатной доски от угла α ее наклона относительно горизонтали при скорости ввода зернового материала в ПСК υ_{01} = 0,5 м/с и разных коэффициентах f трения зерновки о поверхность скатной доски

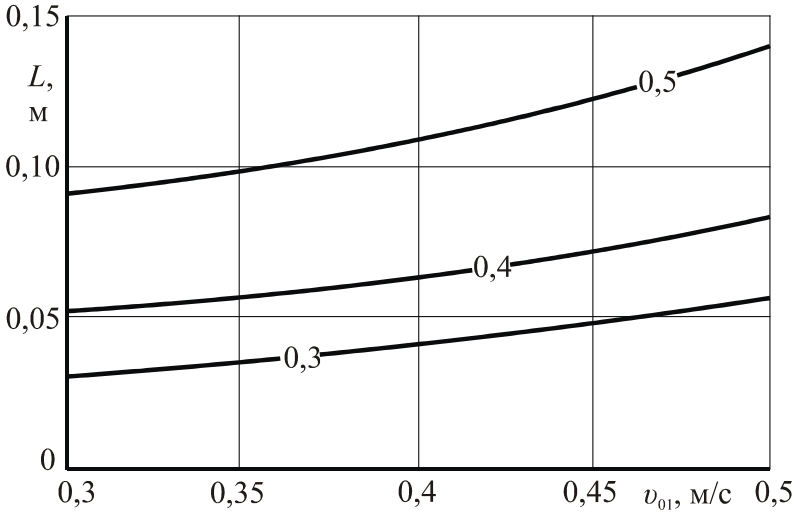

Рис. 3. Зависимости длины L скатной доски с углом ее наклона относительно горизонтали α = 35⁰ от скорости υ_{01} ввода зернового материала в ПСК при разных коэффициентах f трения зерновки о поверхность скатной доски

На рис. 3 приведены зависимости длины L скатной доски с углом ее наклона относительно горизонтали $\alpha = 35^0$ от скорости υ_{01} ввода зернового материала в ПСК при разных коэффициентах f трения зерновки о поверхность скатной доски.

Полученные графические зависимости имеют восходящую форму. Из полученных моделей следует, что при выборе скорости υ_{01} ввода зернового материала в ПСК с более высоким значением показатели длины L скатной доски также возрастают. При варьировании υ_{01} наибольшие показатели длины L скатной доски фиксируются при максимальных значениях $f = 0,5$. Со снижением значений f показатели L имеют меньшие значения. Так, при рассматриваемых значениях $f = 0,3…0,5$ длина L скатной доски меняется соответственно в пределах 0,032…0,09 м при $\upsilon_{01} = 0,3$ м/с, 0,037…0,099 м при $\upsilon_{01} = 0,35$ м/с, 0,043…0,11 м при $\upsilon_{01} = 0,4$ м/с, 0,049…0,12 м при $\upsilon_{01} = 0,45$ м/с, 0,057…0,14 м при $\upsilon_{01} = 0,5$ м/с.

Из отмеченного следует, что существенное влияние на значения L при изменении угла α и скорости υ_{01} оказывает коэффициент f трения зернового материала о стенку, причем чем больше f, тем значение L выше. Поэтому длина L скатной доски устройства ввода может приниматься исходя из обеспечения движения зернового материала по наклонной плоскости с учетом максимального значения коэффициента f трения зернового материала.

Таким образом, исходя из обеспечения движения зернового материала по наклонной плоскости с учетом коэффициента f трения зернового материала и скорости υ_{01} его ввода в ПСК длина L скатной доски может приниматься в зависимости от конструкционной компоновки разрабатываемой зерноочистительной машины. Для разрабатываемого пневмосепаратора сыпучих материалов [6] целесообразно наклон скатной доски установить под углом $\alpha = 35^0$, при котором длина L наклонной плоскости составит 0,14 м. При проектировании устройства ввода зерновой смеси в ПСК для пневмосепаратора длину L наклонной плоскости целесообразно принять по конструкционным соображениям кратной значению 0,15 м.

Заключение

Таким образом, проведенный анализ по обоснованию конструкционно-технологических параметров устройства ввода зерновой смеси в ПСК позволяет сократить затраты на проведение экспериментов при создании и проектировании новых зерноочистительных машин. При заданных параметрах $l = 0,02$ м, $\alpha = 35^0$, $f = 0,5$, $\upsilon_{01} = 0,5$ м/с рациональную длину L наклонной плоскости устройства ввода для разрабатываемого пневматического сепаратора сыпучих материалов [6] целесообразно принять кратной значению 0,15 м.

Список литературы

1. Гортинский В.В., Демский А.Б., Борискин М.А. Процессы сепарирования на зерноперерабатывающих предприятиях. – М.: Колос, 1980. – 304 с.

2. Пат. 2172217 РФ, МПК[7] B07B 4/02, A 01 F 12/44. Зерноочистительная машина / В.Е. Саитов (РФ). – № 2000110083/03; заявл. 19.04.00; опубл. 20.08.01, Бюл. № 23. – 5 с.

3. Пат. 2178347 РФ, МПК[7] B07B 4/02, A 01 F 12/44. Зерноочистительная машина / В.Е. Саитов, Р.Г. Гатауллин (РФ). – № 200010082/03; заявл. 19.04.00; опубл. 20.01.02, Бюл. № 2. – 4 с.

4. Пат. 2198040 РФ, МПК[7] B07B 4/00. Зерноочистительная машина / В.Е. Саитов, Р.Г. Гатауллин, И.Н. Нигматуллин (РФ). – № 2000131016/13; заявл. 13.12.00; опубл. 10.02.03, Бюл. № 4. – 4 с.

5. Пат. 123692 РФ, МПК[9] B07B 4/00. Пневмосистема зерноочистительной машины / 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.

6. Пат. 2525557 Рос. Федерация: МПК[9] B07B 4/00. Пневматический сепаратор сыпучих материалов / 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.

7. Пат. 2528346 Рос. Федерация: МПК[9] B07B 4/00. Зерноочистительная машина / 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.

8. Малис А.Я., Демидов А.Р. Машины для очистки зерна воздушным потоком. – М.: Машгиз, 1962. – 176 с.

9. Справочник инженера-механика сельскохозяйственного производства: учеб. пособие. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2003. – Часть I. – 340 с.

10. Бурков А.И., Сычугов Н.П. Зерноочистительные машины. Конструкция, исследование, расчет и испытание. – Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2000. – 261 с.