

ОПИСАНИЕ И РАБОТА ВОЗДУШНО-ЦЕНТРОБЕЖНОГО СЕПАРАТОРА СЕМЯН ТЫКВЫ

Ермак В. П. д.т.н. проф., Ильченко А. А. аспирант
(Луганский национальный аграрный университет)

Рассмотрены основные силы, действующие на семя тыквы в процессе сортировки по удельному весу воздушно-центробежным сепаратором, нормальное давление, которое оказывает семя на сепарирующую поверхность. Рассмотрен коэффициент пропорциональности сил действующих при присасывании семени к единичному отверстию. Исследованы взаимосвязь подающего устройства и частоты вращения сепарирующей поверхности.

Анализ последних исследований. В результате анализа литературы по подготовке семян тыквы к посеву путем сепарации, определено перспективное направление, это сортирование семян по различию удельного веса под действием горизонтального воздушного потока [1], достоинство этого способа минимальное травмирование семян, более простой и менее энергоемкий процесс в сравнении с пневматическими сортировальными столами, вертикальными воздушными каналами. Более четкой работой в процессе сепарации, отличаются горизонтальные воздушные сепараторы с цилиндрической сепарирующей поверхностью ЗАВ-40.02.000 [2], поскольку существует возможность интенсификации воздушной сепарации добавлением центробежной силы передаваемой от вращения сепарирующей поверхности. К тому же аэродинамические свойства разделяемых семян не изменяются в процессе сепарации, осуществляется возможность обработки материала слоем в одно семя на сепарирующей поверхности, при сохранении высокой производительности. Недостатки сепаратора ЗАВ-40.02.000 в том, что воздушный поток проходит через всю площадь цилиндрического сетчатого барабана, что увеличивает его аэродинамическое сопротивление с увеличением частоты вращения, и как следствие приводит к росту энергозатрат, использование сетчатой поверхности барабана приводит к нестабильному движению частиц по этой поверхности. Нами предложен воздушно-центробежный сепаратор, в котором устранены недостатки сепаратора ЗАВ-40.02.000.

Постановка задачи. Задачей данной статьи является рассмотрение принципа и режимов работы исследуемого воздушно-центробежного сепаратора для разделения семян тыквы по удельному весу.

Основной материал. Технологический процесс сортировки семян тыквы происходит следующим образом: выровненный по геометрическим размерам семенной материал подается скатной доской приемника на сепарирующую поверхность, то есть цилиндрический барабан, где он укладывается в один слой, происходит прижатие семян к барабану силой воздушного потока, а

разделение отрывом в разных углах барабана под действием центробежной силы, которая появляется благодаря определенной частоты вращения сепарирующей поверхности и разного веса семян, разнесение по фракциям 1-3, щуплое семя счищается щеткой в третью фракцию. На сепарирующей поверхности задается определенная скорость воздушного потока и величина вакуумного присасывания семян к единичному отверстию, рис. 1.

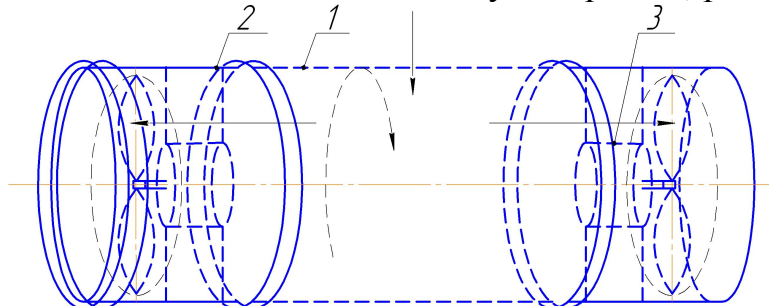


Рис. 1. Рабочий орган воздушно-центробежного сепаратора семян тыквы.

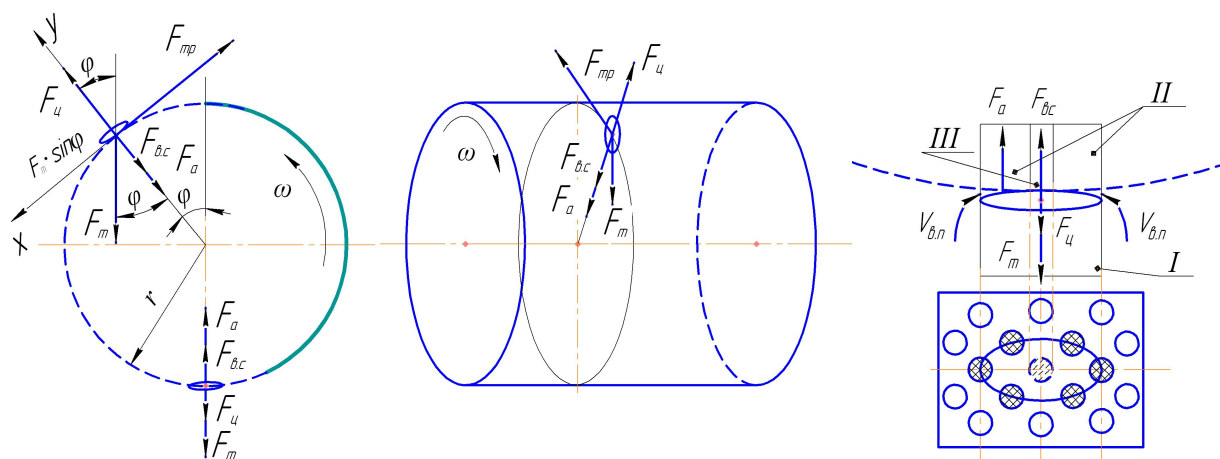


Рис. 2. Схемы сил действующих на семя тыквы на перфорированной сепарирующей поверхности. I, II, III – зоны действия конкретных сил.

Семена тыквы оказывают нормальное давление на сепарирующую поверхность N , условие отрыва семени от поверхности произойдет при $N = 0$ [3 ст.218]. Нормальное давление семени тыквы на сепарирующую поверхность при диапазоне угла перемещения семени $\varphi \leq 90$, с учетом силы присасывания к единичному отверстию $F_{в.с}$, и исключением влияния угла расположения семени на сепарирующей поверхности на величину аэродинамической силы F_a будет составлять:

$$N = F_m \cos \varphi + F_a + F_{в.с} - F_g = m(g \cos \varphi + k_n V_{в.н}^2) + m(\Delta p \cdot S - \omega^2 r) \quad (1)$$

де F_m – сила тяжести, Н;

F_g – сила центробежная, Н;

F_a – аэродинамическая сила, Н;

$F_{в.с}$ – сила присасывания семени к единичному отверстию сепарирующей поверхности, Н;

Δp – вакуумное разряжение внутри рабочего органа, кг/м²;

S – площадь присасывающего отверстия, м²;

φ – угол перемещения материала относительно места подачи, град;

ω – угловая скорость сепарирующего цилиндра, 1/сек

Нормальное давление, которое оказывает семя при перемещении в диапазоне угла $\varphi = 90 \dots 180^\circ$ будет составлять:

$$N = F_m \cos \varphi + F_e - F_{e.c} - F_a = m(g \cos \varphi + \omega^2 r) + m(\Delta p \cdot S + k_n V_{e.n}^2) \quad (2)$$

Условие отрыва при перемещении семян без скольжения по перфорированной сепарирующей поверхности, когда угловые скорости равны $\dot{\varphi} = \omega$, определяется при условии:

$$N = mg \cos \varphi - m r \varphi'^2 + m p S + m k_n V_{e.n}^2 = 0 \quad (3)$$

где φ'^2 – угловая скорость семени, 1/сек

Если бы семя тыквы присасывалось к единичному отверстию сепарирующей поверхности без подсосывания воздуха между отверстием и поверхностью семечки и без действия аэродинамической силы, то удержание ее силой вакуумного разряжения F_e в диапазоне угла перемещения $\varphi = 90 \dots 180^\circ$ оценивалось бы по формуле:

$$k_{np} = \frac{F_m \cos \varphi + F_u}{F_{e.c}} = \frac{mg \cos \varphi \cdot m r \omega^2}{m \cdot \Delta p S} \quad (4)$$

где k_{np} – коэффициент пропорциональности сил;

m – масса семени, гр

Поскольку площадь присасывания S семени к отверстию, как и величина вакуумного присасывания внутри воздушного канала Δp остаются неизменными, то семена будут разделяться по различию собственного веса m отрывом от сепарирующей поверхности (условие k_{np}), исходя из подобранного вакуумного присасывания и величины центробежной силы. По рис.2. сделаем вывод, что удержание плоских, легких семян тыквы, подвержено больше силой вакуумного удержания $F_{e.c}$ ($F_{e.c} > F_a$) т.е. зона действия силы III расширяется. Удержание полновесных (выполненных) семян происходит с большим процентом аэродинамической силой F_a ($F_a > F_{e.c}$), зона II расширяется.

Скорость воздушного потока на сепарирующей поверхности для удержания всей партии семян:

$$V_{e.n} \geq V_{кр.м} \quad (5)$$

где $V_{e.n}$ – скорость воздушного потока на сепарирующей поверхности, м/с;

$V_{кр.м}$ – максимальная критическая скорость витания сепарируемой партии семян тыквы, м/с

Критическая скорость витания для семян тыквы сорта «Серая Волжская» находится в пределах $V_{кр} = 6 - 9,64$ м/с, отсюда минимально допустимая скорость воздушного потока для удержания всей партии семян тыквы на рабочей поверхности $V_{e.n} = 10$ м/с.

Отрыв семян тыквы от сепарирующей поверхности, при условии, что скорость воздушного потока выше критической скорости всей партии семян, наступит когда:

- центробежная сила преобладает над силами воздушного потока и тяжести;

- векторы центробежной силы и силы тяжести равны по направлению и преобладают над силой воздушного потока $(\vec{F}_c + \vec{F}_m) > F_a + F_{e.c}$

Условие однослойного размещения материала (семян тыквы) на сепарирующей поверхности[4]:

$$\frac{V_{c.n}}{V_m} = a = \frac{h_m}{h_{c.n}} \quad (6) \quad V_{c.n} = V_m \cdot \frac{h_m}{h_{c.n} \cdot k_{p.n}} \quad (7) \quad n_u = \frac{60 \cdot V_{c.n}}{\pi \cdot D_{c.n}} \quad (8)$$

где a – коэффициент взаимосвязи;

$V_{c.n}$ – скорость вращения сепарирующей поверхности, м/с;

V_m – скорость семенного материала при сходе с подающего лотка, м/с;

$h_{c.n}$ – толщина материала на сепарирующей поверхности, м;

h_m – толщина материала сходящего с наклонной плоскости, м;

$k_{p.n}$ – коэффициент заполнения площади сепарирующей поверхности семенами;

n_u – частота вращения сепарирующего цилиндра, об/мин;

$D_{c.n}$ – диаметр сепарирующего цилиндра, мм

Примем значения постоянных величин: $D=0,320$ м, $k_{p.n}=0,9$, $h_{c.n}=0,004$ м и переменных величин подающего устройства: $V_m=0,1...0,5$ (м/с), $h_m = 0,004...0,16$ (м), получим необходимое количество оборотов сепарирующего барабана при условии расположения на нем семян в один слой, рис.3.

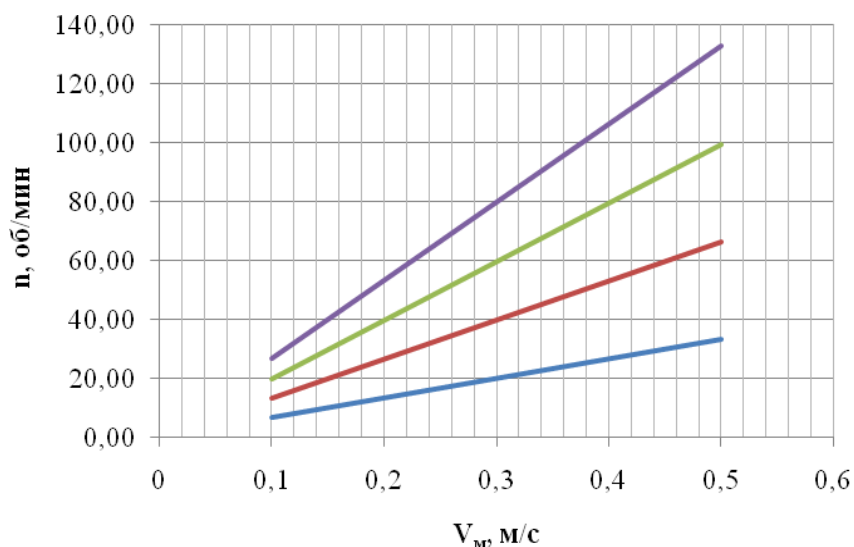


Рис. 3. Зависимость изменений частот вращения рабочего органа от V_m и толщины подающего слоя, соответственно h_{m1} , h_{m2} , h_{m3} , h_{m4} .

Необходимая производительность вентиляторов для создания на сепарирующей поверхности определенной скорости воздушного потока:

$$Q_{вен} = 3600 \cdot F_n \cdot V_{в.н} \cdot \xi_{с.н} = 3600(\pi DL k_{ж.с}) \cdot V_{в.н} \cdot \xi_{с.н} \quad (9)$$

где $Q_{вен}$ – расчетный расход воздуха вентиляторов, м³/час;

$V_{в.н}$ – требуемая скорость воздушного потока на сепарирующей поверхности, м/с;

$\xi_{с.н}$ – коэффициент сопротивления сепарирующей поверхности;

$k_{ж.с}$ – коэффициент живого сечения;

F_n – площадь перфораций сепарирующей поверхности, м²

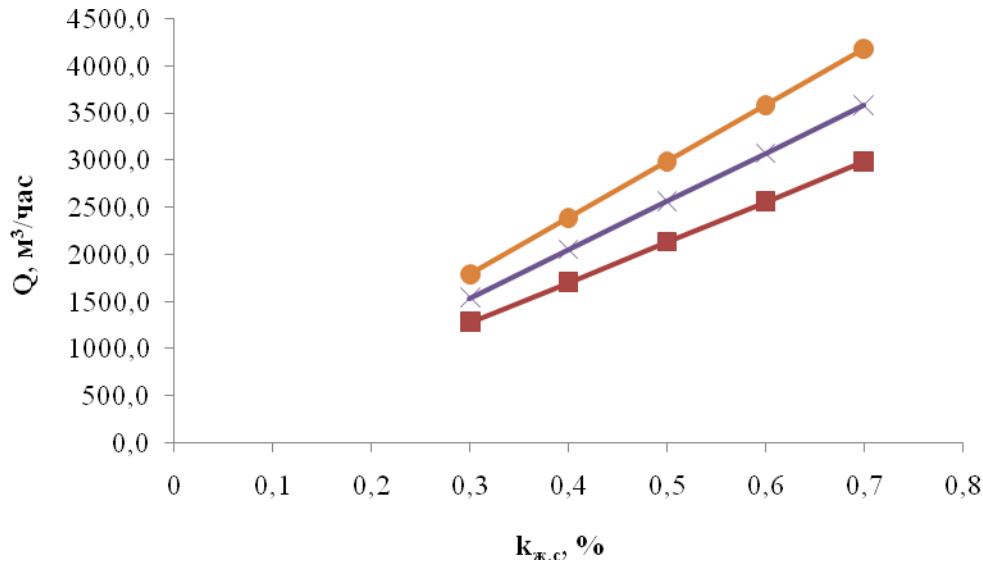


Рис. 4. Зависимость производительности вентиляторов от коэффициента живого сечения сепарирующей поверхности.

Площадь сепарирующего цилиндра будет задействована не полностью и максимальный угол отрыва удельно-легкого семени $\varphi_{отр.мах}$ будет находиться в нижней части цилиндра, где сила тяжести F_m и центробежная сила F_e максимально доминируют над оптимально подобранной силой воздушного потока F_e . Не рабочая часть закрыта герметичным кожухом, при этом уменьшится площадь живого сечения сепарирующей поверхности, что приведет к увеличению скорости воздушного потока на сепарирующей поверхности, при этом часть давления воздушного потока будет затрачена на присасывание кожуха к сепарирующей поверхности. Рабочая площадь сепарирующей поверхности с перекрытием не рабочего участка, составит:

$$F_{раб.сн.} = \frac{\varphi_{отр.мах}}{360} \pi DL_{раб} \quad (10)$$

где $F_{раб.сн.}$ – принятая рабочая площадь сепарирующего цилиндра, м²;

$\varphi_{отр.мах}$ – максимальный угол отрыва самой легковесной семечки тыквы, относительно места подачи на рабочий орган, град

Производительность вентиляторов с учетом перекрытия не рабочего участка сепарирующей поверхности определяется по формуле:

$$Q_{вен} = (F_{раб.сн.} \cdot k_{ж.с}) V_{в.н} \cdot \Delta V_{с.н} \cdot \Delta V_{п.к} \quad (11)$$

где $Q_{вен}$ – производительность вентилятора, м³/сек

$\Delta V_{с.п}$ – коэффициент потери скорости воздушного потока на преодоление прохождения сепарирующей поверхности;

$\Delta V_{п.к}$ – коэффициент потери скорости воздушного потока на присасывание кожуха

Выводы: В данной статье нами рассчитаны основные соотношения сил, которые оказывают влияние на удержание и отрыв семян тыквы от перфорированной сепарирующей поверхности воздушно-центробежного сепаратора, требуемая производительность вентиляторов. Определили зависимость между параметрами подающего устройства и частотой вращения сепарирующей поверхности.

Список литературы

1. Єрмак В. П., Богданов Є. В., Ільченко А. А. / Класифікація засобів сепарації та конструкцій машин для відбору насіння з високими посівними властивостями // Збірник наукових праць Луганського національного аграрного університету. Серія: Технічні науки. – Луганськ: ЛНАУ, 2012. - №35 - С. – 127 – 132.

2. И. П. Безручкин, Е. Г. Баженов, В. В. Попов. Очистка зернового материала центробежно-пневматическим сепаратором. – Исследование рабочих процессов и органов машин для уборки зерновых культур и послеуборочной обработки зерна. // Труды ВИСХОМ. - Вып.57, Москва – 1969. – С.301-320.

3. Василенко П. М. Теория движения частицы по шероховатым поверхностям сельскохозяйственных машин / Василенко П. М. – К.: Украинская Академия Сельскохозяйственных Наук, 1960. – 284

4. В. М. Сало, Д. І. Петренко, О. В. Нестеренко, Д. О. Гриценко. Перспективні напрямки розвитку зерноочисної техніки переробних підприємств : Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. – Кіровоград: КНТУ, 2011. – Випуск 41. ч. II. - с. 3-9

Анотація

Опис і робота повітряно-відцентрового сепаратора насіння гарбуза

Єрмак В. П. Ільченко А. А.

Розглянуто основні сили, що діють на насіння гарбуза в процесі сортування за питомою вагою повітряно-відцентровим сепаратором, нормальний тиск насіння на сепараційну поверхню. Розглянуто коефіцієнт пропорційності сил діючих при присмоктуванні насіння до одиночного отвору. Досліджено взаємозв'язок подаючого пристрою і частоти обертання сепараційної поверхні.

Abstract

Description and operation of air-centrifugal separator pumpkin seeds

V. Ermak, A. Il'chenko

The main forces acting on the pumpkin seeds in the process of sorting by specific gravity of air-centrifugal separator, the pressure exerted on the seed surface relatively separating actors. Consider the coefficient of proportionality forces acting with suction seed to a single port. Investigated the relationship feeder and speed separating surface.