

В.Е. Зубков, д.т.н., профессор, Луганський національний університет ім. Тараса Шевченка

Выполнено моделирование параметров аэродинамического сопротивления заблокированного псевдооживленного слоя в зависимости от уплотненности элементов слоя в единице объема. Полученные результаты целесообразно использовать при проектировании рабочих органов для вторичной сепарации корнеклубнеплодов.

Ключевые слова: моделирование, аэродинамические параметры, заблокированный псевдооживленный слой, сепарация, корнеклубнеплоды.

Постановка проблемы. При механизированной уборке почвенные комки и камни отделяются от клубней частично на комбайне, окончательно на сортировально-очистительном пункте. В зависимости от условий уборки на каждый комбайн приходится от 4 до 6 рабочих-переборщиков [1].

Анализ последних исследований и публикаций. Обзор и анализ способов сепарации клубней [1] свидетельствует, что одной из перспективных систем для разделения клубней и крупных тяжелых примесей является заблокированный псевдооживленный слой, состоящий из дисковых гирлянд, закрепленных одними концами на воздухораспределительной решетке, продуваемых воздушным потоком. Наличие перепада давления и слабость связей между взвешенными зернами утяжелителя (дисками гирлянд), являются основными условиями сепарации тел. Первым условием обеспечивается возникновение выталкивающей силы, вторым возможность вертикального перемещения тела в результате ее воздействия. Перепад давления на единицу высоты слоя удельное аэродинамическое сопротивление, является фактором достижения разделяющей способности слоя.

Выделение нерешенных ранее частей общей проблемы. Для установления взаимосвязи между главными параметрами разделяющей системы нами были выполнены исследования нормального заблокированного псевдооживленного слоя, признаками которого являются: плоская воздухораспределительная решетка, одинаковая форма всех гирлянд, постоянная величина как диаметра дисков, так и шага их расположения в гирляндах.

Цель работы: установить влияние параметров заблокированного псевдооживленного слоя на его удельное аэродинамическое сопротивление, как главный фактор сепарирующей способности.

Изложение основного материала. Поток, пронизывающий заблокированный псевдооживленный слой, турбулизирован, и через датчики давления фиксируется среднее статическое давление на соответствующем расстоянии от поверхности слоя h . Замеры производились нами в 16 ансамблях, различающихся по шагу размещения дисков в гирляндах и по плотности расположения

последних на распределительной решетке. Точки, соответствующие экспериментальным значениям давлений, во всех случаях укладывались в плавные кривые зависимостей $P_s = f(h)$.

Перепад статического давления на участке между первым и вторым ярусами дисков ΔP_{1-2} и между вторым и третьим ΔP_{2-3} определялся на экспериментальных зависимостях $P_s = f(h)$ как разность между значениями P_s соответствующими уровням расположения ярусов.

Обобщение результатов производилось нами на основе теории подобия и анализа размерностей [2, 3]. Параметрами процесса являются: ΔP – аэродинамическое сопротивление дисковой решетки в составе слоя, d_0 – гидравлический диаметр решетки, d_d – диаметр диска, t – расстояние между дисками в гирляндах или между решетками, образованными дисками; V – скорость потока; ρ – плотность воздуха; ν – кинематическая вязкость воздуха. Сопротивление дисковой решетки является функцией остальных параметров:

$$\Delta P = f(d_0 t; V; \rho; \nu) \quad (1)$$

Требуется установить связь между шестью величинами: (диаметр диска входит в формулу гидравлического диаметра решетки, см. ниже). Согласно П-теореме подобия функциональная зависимость между характеризующими процесс величинами может быть представлена в виде зависимости между составленными из них безразмерными критериями подобия.

Выбрав в качестве основных единиц гидравлический диаметр d_0 , скорость потока V и плотность воздуха ρ , находим, что количество критериев подобия в данном случае равно $(6 - 3)$. Это критерий Эйлера $Eu = \Delta P / \rho V^2$, критерий Рейнольдса $Re = V d_0 / \nu$ и геометрический критерий t/d .

Таким образом, зависимость (1) можно выразить так:

$$Eu = f(Re, t/d) \quad (2)$$

Гидравлический диаметр дисковой решетки, принятый в качестве характерного размера при определении критерия Рейнольдса $d_0 = 4f_0 / \Pi$,

где f_0 – площадь живого сечения решетки, Π – периметр живого сечения. Для безграничной решетки с квадратной схемой расположения дисков и относительным просветом $\varphi_0 > 0,215$:

$$d_0 = \frac{\varphi_0 d_\partial}{1 - \varphi_0} \quad (3)$$

Величина просвета $\varphi_0 = 0,215$ замечательна тем, что соответствует предельному сближению гирлянд, имеющему место при $q^{-0,5} = d$, где q – плотность расположения гирлянд на воздухораспределительной решетке. При $\varphi_0 < 0,215$, а это возможно благодаря взаимопроникновению гирлянд в поперечном направлении:

$$d_0 = \frac{4\varphi_0}{\pi d q (1 - \alpha/45)}, \quad (4)$$

где

$$\alpha = \arccos \frac{1}{d\sqrt{q}} \quad (5)$$

Для получения достаточно простого вида обобщающей зависимости был введен второй критерий Рейнольдса, в котором за определяющий размер принят диаметр диска гирлянды d_∂ :

$$\text{Re}_0 = \frac{V d_\partial}{\nu} \quad (6)$$

Экспериментальные точки сопротивления отдельных дисковых решеток удовлетворительно обобщаются функцией:

$$\frac{Eu}{\text{Re}} \left(\frac{t}{d_\partial} \right)^k = A \text{Re}_0^{-n}, \quad (7)$$

Аппроксимирующие формулы для сопротивления первого и второго рядов дисков равны:

$$\Delta P_{1-2} = 12,36 \rho V^2 \text{Re}_0^{-1,2} = 12,36 \rho V^{1,8} \left(\frac{\nu}{d_\partial} \right)^{0,2} \left(\frac{1}{\varphi_0} - 1 \right)^{1,2} \quad (8)$$

$$\Delta P_{2-3} = 12,36 \rho V^2 \text{Re}_0^{-1,2} \left(\frac{t}{d_\partial} \right)^{-0,5} = 12,36 \rho V^{1,8} \nu^{0,2} d^{0,3} t^{-0,5} \left(\frac{1}{\varphi_0} - 1 \right)^{1,2} \quad (9)$$

Как следует из полученных значений сопротивления отдельных дисковых решеток простым их суммированием нельзя получить полного сопротивления слоя. При всех геометрических параметрах слоя эти зависимости удовлетвори-

тельно обобщаются степенными функциями:

$$P = ch^\beta, \quad (10)$$

Обобщающая зависимость для коэффициента C находится в результате приравнивания двух различных выражений удельного аэродинамического сопротивления (сопротивления, отнесенного к единице высоты слоя), полученных по экспериментальным данным. Одно из них характеризует среднее удельное сопротивление на участке между первым и вторым ярусами дисков и имеет вид:

$$\rho_{\text{cr}(1-2)} = \Delta P_{1-2} / t \cdot g, \quad (11)$$

где g – ускорение свободного падения. В формуле (11) $\rho_{\text{cr}(1-2)}$ имеет размерность плотности.

Второе является производной функции (10) по h , определенной для глубины, соответствующей усредненному положению между первым и вторым ярусами дисков. При длине гирлянд

$H = 100 \text{ мм}$ эта глубина $h = 0,08 - \frac{t}{2}$. Исходя из этого, после преобразований имеем:

$$C = 12,36 \rho V^2 t^{-1} \text{Re}_0^{-1,2} \beta^{-1} \left(0,08 - \frac{t}{2} \right)^{-(\beta-1)} \quad (12)$$

При каждом значении t просвет φ_0 изменяется в порядке: 0,07; 0,215; 0,36; 0,46; 0,55; 0,68.

Закон изменения производной $\frac{dP_{\text{cr}}}{dh}$ отражает степень неоднородности сопротивления слоя по глубине h . Он выражается функцией:

$$\frac{dP_{\text{cr}}}{dh} = \rho_{\text{s}(1-2)} \left(\frac{h}{0,08 - t/2} \right)^{\beta-1} \cdot g \quad (13)$$

Из (13) следует, что степень различия между удельным сопротивлением ансамбля из гибких гирлянд на глубине h и средним удельным сопротивлением на участке между первым и вторым ярусами дисков определяется выражением:

$$\left(\frac{h}{0,08 - t/2} \right)^{\beta-1} = M \quad (14)$$

где M , таким образом, является показателем изменчивости сопротивления слоя по глубине (при $M = 1$ удельное сопротивление слоя постоянно по всей глубине).

Приведенные на рис.1 расчетные зависимости $M = f(\varphi_0)$ для $h = 25 \text{ мм}$ при различных значениях шага t показывают, что однородность сопротивления слоя повышается с увеличением степени насыщения его элементами аэродинамического сопротивления, т.е. с уменьшением

просвета φ_0 между дисками в ярусах и расстояний t между ярусами. Связь между уплотненностью элементов слоя и стабильностью его удельного сопротивления по глубине можно объяснить тем, что в более уплотненных системах подвижность гирлянд в поперечном направлении, а, следовательно, и возможность образования каналов ограничена.

Наиболее высокую сепарирующую способность по плотности тел имеют псевдооживленные системы, характеризующиеся высокими значениями удельного аэродинамического сопротивления.

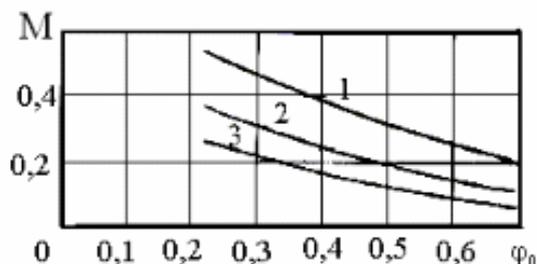


Рис. 1. Показатель изменчивости сопротивления слоя по глубине в зависимости от просвета φ_0 при $h = 25$ мм: 1 – $t = 8$ мм; 2 – $t = 12$ мм; 3 – $t = 16$ мм

Выводы и предложения. Выбирать геометрическую конструкцию твердой фазы заблокированного псевдооживленного слоя следует на промышленных условиях: с максимальной уплотненностью элементов твердой фазы, не препятствующей перемещению тел в процессе сепарации.

Перспективой дальнейшего развития данных исследований является определение параметров рабочих органов для сепарации в заблокированном псевдооживленном слое различных материалов различающихся в плотности.

Список использованной литературы:

1. Комментарий к общему виду машин фирмы „Grimme” на обложке // Картофель и овощи. – 2005. – № 6. – С. 1.
2. Гухман А. А. Применение теории подобия к исследованию процессов теплообмена / А. А. Гухман. – М. : Высшая школа, 1967. – 303 с.
3. Седов Л. И. Методы подобия и размерности в механике / Л. И. Седов. – М. : Наука, 1972. – 440 с.

Під час механізованого збирання ґрунтові грудки і камені відокремлюються від бульб частково на комбайні, остаточно – на сортувально-очисному пункті. У залежності від умов збирання на кожний комбайн припадає від 4 до 6 робітників-перебиральників. Огляд і аналіз досліджень у цій галузі показав, що найбільш ефективними є ті засоби та прилади, в яких реалізується відмінність у щільності поділюваних компонентів. Однією з перспективних систем для поділу бульб і великих важких домішок є блокований псевдозріджений шар, що складається з дискових гірлянд, закріплених одними кінцями на повітророзподільній решітці, котрі продуваються повітряним потоком. У цій праці виконано моделювання параметрів аеродинамічного опору блокованого псевдозрідженого шару у залежності від ущільненості елементів його твердої фази в одиниці об'єму. Отримані результати доцільно використовувати під час проектування робочих органів для вторинної сепарації коренебульбоплодів.

Ключові слова: моделювання, аеродинамічні параметри, блокований псевдозріджений шар, сепарація, коренебульбоплоди.

Characteristic modeling of the blocked pseudo-liquefied layer's aerodynamic resistance, depending on the layer elements' compaction per unit volume is completed. The results would be used when designing the working bodies of the secondary tuberous roots separation.

Keywords: modeling, aerodynamic characteristic, blocked pseudo-liquefied layer, separation, tuberous roots.

Дата надходження в редакцію: 14.02.2012. р.

Рецензент: д.т.н., професор Кочмола М.М.