

3. ТЕХНОЛОГІЯ ТА УСТАТКУВАННЯ ЛІСОВИРОБНИЧОГО КОМПЛЕКСУ

УДК 663.532:621.928.1

Проф. В.Е. Зубков, д-р техн. наук –
Луганський НУ ім. Тараса Шевченка

ОБОСНОВАНИЕ ПЛОТНОСТИ МАТЕРИАЛА ТВЕРДОЙ ФАЗЫ БЛОКИРОВАННОГО ПСЕВДООЖИЖЕННОГО СЛОЯ КАК СЕПАРИРУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ

Аналитическим и экспериментальным способом исследовано аэродинамическое сопротивление блокированного псевдоожигенного слоя (БПС) как фактор его сепарирующей способности, на основе чего обоснована методика определения плотности материала для изготовления твердой фазы БПС – гирлянды.

Ключевые слова: плотность, материал, твердая фаза, блокированный псевдоожигенный слой, гирлянда.

Постановка проблемы. Проблема отделения комков и камней от основного продукта существует при уборке и послеуборочной доработке картофеля, столовой, сахарной и кормовой свеклы, моркови, лука-репки и севка, а также томатов. На эти операции требуются значительные затраты ручного труда.

Анализ последних исследований и публикаций. Сепараторы, применяемые на существующих машинах (щеточные, воздушно-вакуумные и др.), недостаточно эффективны по качеству работы. Поэтому изыскание и создание сепаратора, отличающегося от известных сочетанием высокой эффективности технологического процесса разделения с простотой устройства и эксплуатации, остается актуальной проблемой.

Способы разделения корнеклубнеплодов и почвенных комков (камней) основаны на различии их механико-технологических признаков. Наибольший интерес представляют способы разделения компонентов по плотности. В средах промежуточной плотности, в частности в водно-почвенной суспензии, возможно их полное разделение. Недостатком способа является смачивание компонентов, нарушение состава среды и значительный расход жидкости (примерно 30 % от массы корнеклубнеплодов).

Проведенный краткий обзор и анализ способов сепарации корнеклубнеплодов свидетельствует, что одной из перспективных систем для сепарации является псевдоожигенный слой сыпучего материала [1]. Он обладает способностью разделять тела по плотности подобно тяжелой жидкости. В горно-обогатительной промышленности псевдоожигенный слой применяется для отделения кусков каменного угля от породы [2]. Эксперименты по отделению клубней от комков и камней в псевдоожигенном слое песка или почвенных зерен показали, что клубни плавают у поверхности слоя, в то время как комки погружаются в слой [1].

Однако применение способа разделения компонентов в зернистом псевдоожигенном слое сдерживается из-за нарушения состава среды и расхода на

полнителя. Соединение зерен твердой фазы в гирлянды и фиксация их у воздухохораспределительной решетки позволило получить блокированный псевдоожигенный слой (БПС), который свободен от ряда недостатков, присущих зернистому (рис.). Негативное влияние размеров на качество процесса можно снизить путем соответствующего подбора геометрических и аэродинамических параметров БПС. В БПС воздушный поток, подаваемый вентилятором, проходит через воздухохораспределительную решетку и поднимает гирлянды.

За счет торможения потока в занятом гирляндами пространстве возникает перепад статического давления по аналогии с жидкостью или обычным псевдоожигенным слоем, что и обуславливает действие на погружаемые в данный слой тела силы, аналогичной выталкивающей силе Архимеда.

Варьированием геометрических и аэродинамических параметров БПС можно создать условия, при которых тела, имеющие низкую плотность, всплывают к поверхности и держатся там на воздушной подушке, а тела, имеющие высокую плотность, – опускаются в глубь слоя к воздухохораспределительной решетке; другими словами, разделяемая смесь расслаивается на отдельные компоненты, а затем (в зависимости от схемы рабочего органа) осуществляется раздельный вывод этих компонентов [3].

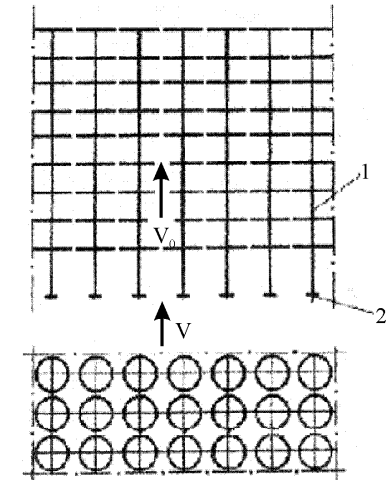


Рис. Схема блокированного псевдоожигенного слоя:
1) гирлянда; 2) воздухохораспределительная решетка

Выделение нерешенных ранее частей общей проблемы. Исходя из технологических соображений, необходимо изучить аэродинамическое сопротивление БПС как фактор его сепарирующей способности. Форма элемента аэродинамического сопротивления БПС должна удовлетворять двум условиям: высокое аэродинамическое сопротивление и минимальная протяженность вдоль оси гирлянды. Этим условиям в наибольшей мере соответствует диск. Исследований, посвященных определению сопротивления дисков в условиях всестороннего стеснения, в доступной нам литературе не имеется.

Целью работы является определение закономерности изменения коэффициента сопротивления составляющих БПС элементов в зависимости от их взаимного расположения, что имеет непосредственное отношение к выбору его геометрических параметров, а также плотности материала элемента твердой фазы.

Изложение основного материала. Аэродинамическое сопротивление тел наиболее типичных форм в неограниченном воздушном потоке достаточно хорошо исследовано [4].

При обтекании тел потоком в стесненных условиях коэффициенты сопротивления отличаются от своих значений в неограниченном потоке [5]. Общее сопротивление БПС как аэродинамической системы складывается из сопротив-

лений отдельных последовательно расположенных элементов в конкретных условиях стеснения. Ниже рассматривается вопрос об определении коэффициентов сопротивления отдельных дисков в составе БПС путем измерения перепадов давлений потока, приходящихся на каждый диск. Исследовались этажно-решетчатые варианты БПС, характеризующиеся тем, что в них все гирлянды одинаковы, и поэтому диски образуют расположенные одна над другой решетки. Диаметр дисков в опытах был равен 8 мм, толщина – 1,2 мм, шаг расположения дисков в гирляндах – от 8 до 16 мм.

БПС является системой, в которой статическое давление потока снижается постепенно по всей высоте слоя. Величина статического давления потока равна полному аэродинамическому сопротивлению БПС плюс сопротивление воздухораспределительной решетки. Полное сопротивление БПС складывается из сопротивлений отдельных составляющих его дисковых решеток, величины которых равны перепадам статического давления в промежутках между решетками.

Замеры проводились в 30 вариантах БПС, различающихся по шагу расположения дисков в гирляндах, длине гирлянд, плотности их расположения на распределительной решетке. Во всех случаях экспериментальные точки укладывались в плавные кривые зависимостей перепада давления по высоте слоя. При этом сопротивление одного ряда дисков определялось как разность давлений на уровне этого ряда и расположенного над ним следующего. Давления, соответствующие уровням расположения дисковых решеток, находились по экспериментальным зависимостям.

В результате обобщения экспериментальных данных была получена формула аэродинамического сопротивления диска в стесненных условиях БПС:

$$R = C_\phi f_\phi \frac{\rho}{2} V^{1.8}, \quad (1)$$

где: C_ϕ – коэффициент сопротивления диска в стесненных условиях БПС; f_ϕ – площадь лобовой поверхности диска, равная $\pi d_\phi^2 / 4$; ρ – плотность воздуха; V – скорость набегающего воздушного потока.

В этой формуле коэффициент сопротивления для первого ряда дисков будет равен:

$$12,36 \left(\frac{v}{d_\phi} \right)^{0.2} \cdot \left(\frac{1}{\phi_0} - 1 \right)^{1.2} = C_\phi, \quad (2)$$

$$\text{а для второго ряда дисков } C_\phi = 12,36 v^{0.2} d_\phi^{0.3} t^{-0.5} \left(\frac{1}{\phi_0} - 1 \right)^{1.2} \quad (3)$$

Обращает на себя внимание то, что показатель степени V меньше 2. Это свидетельствует о том, что сопротивление диска в стесненных условиях зависит от скорости набегающего потока в меньшей степени, чем в случае обтекания неограниченным потоком. Скорость набегающего потока в опытах составляла 1,7-10 м/с, расчетная скорость струй в просвете решетки из дисков (скорость обтекания) – 11-27 м/с, критерий Рейнольдса – $2 \cdot 10^2 - 9 \cdot 10^3$. Пределы применимости формул (1-3) по ϕ_0 равны 0,215-0,55.

Максимальная плотность материала диска определится, если силу сопротивления, вычисленную по формуле (1), поделить на объем диска и на ускорение свободного падения – g . Рассмотрим это на примере. Объем диска диаметром $d = 8 \text{ мм}$, толщиной $\delta_\phi = 1,5 \text{ мм}$ составляет: $Q = 75 \cdot 10^{-9} \text{ м}^3$,

Если $t = 16 \text{ мм}$, $\phi_0 = 0,55$ и рабочая скорость потока $V = 8,9 \text{ м/с}$, то $C_\phi = 7,5$. Сила сопротивления диска: $R = 11300 \cdot 10^{-6} \text{ Н}$. Плотность материала диска ρ_ϕ определится: $\rho_\phi = 15,3 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$

Как видно, допустимые значения плотности материала дисков очень высокие. По мере приближения к поверхности слоя допустимая плотность материала дисков снижается. Ее величина может быть определена по той же методике. Сила сопротивления диска определится, если умножить перепад давления между соседними рядами дисков на площадь диска.

Выводы и предложения. В качестве материалов для изготовления элементов твердой фазы БПС – дисков гирлянд могут использоваться практически все применяемые в машиностроении материалы, плотность которых не выходит за расчетные пределы $15,3 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$.

Перспективой дальнейшего развития данных исследований является изыскание параметров элементов твердой фазы БПС – гирлянд, обладающих повышенным ресурсом износостойкости и эксплуатационной надежности.

Література

1. Зиновьев Ю.И. Об эффективной плотности псевдоожигенного слоя / Ю.И. Зиновьев // ИФЖ. – 1976. – Т. 31, № 5. – С. 13.
2. Герасимова Е.В. Исследования гравитационного метода обогащения углей и сланцев в кипящем слое / Е.В. Герасимова. – Л. : Изд-во ВВГКУ, 1969. – 126 с.
3. Зубков В.Е. Технологические аспекты сепарации корнеклубнеплодов и примесей в блокированном псевдоожигенном слое / В.Е. Зубков // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2009. – № 12. – С. 137-141.
4. Горлин С.М. Экспериментальная аэромеханика / С.М. Горлин. – М. : Изд-во "Высш. шк.", 1970. – 423 с.
5. Репницкий В.В. Расчет коэффициента сопротивления одиночной частицы в псевдоожигенном слое / В.В. Репницкий, Н.Б. Кондуков // Химпром. – 1973. – № 3. – С. 23.

Зубков В.Є. Обґрунтування щільності матеріалу твердої фази блокованого псевдозрідженого шару як сепаруючої системи

Аналітичним і експериментальним способом досліджено аеродинамічний опір блокованого псевдозрідженого шару (БПШ) як фактор його сепаруючої властивості, на основі чого обґрунтовано методику визначення щільності матеріалу для виготовлення твердої фази БПШ – гирлянд.

Ключові слова: щільність, матеріал, тверда фаза, блокований псевдозріджений шар, гирлянди.

Zubkov V.Ye. Justification of the material density of the solid phase blocked pseudo-liquefied layer as separating system

In this paper the aerodynamic resistance of the blocked pseudo-liquefied layer (PLL) as a factor of its separating ability is investigated by analytical and experimental ways, which is justified on the basis of the determining method of the material density for the preparing the PLL solid phase (garlands).

Keywords: density, material, solid phase, blocked pseudo-liquefied layer, garlands.