

освободившийся отсек из бункера загрузки 6 поступает следующая партия вороха хмеля. Таким образом цикл повторяется.

Библиографический список

1. Патент РФ № 2680709 по кл. C12C 3/00 от 25.02.2019. Комплекс для первичной послеуборочной обработки хмеля.

УДК 677.074

СУШКА СЕМЯН ПРОСА И ГОРОХА В АППАРАТЕ С ПСЕВДООЖИЖЕННЫМ СЛОЕМ

Бабичева Елена Леонидовна, старший преподаватель кафедры теплотехники гидравлики и энергообеспечения предприятий, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Рудобаишта Станислав Николаевич, профессор кафедры теплотехники гидравлики и энергообеспечения предприятий, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

***Аннотация.** Проанализирована целесообразность использования зерносушилок с псевдоожигенным слоем семян в фермерских хозяйствах. Рассчитана рабочая скорость сушильного агента (воздуха) в зерносушилке для сушки проса и гороха.*

***Ключевые слова:** конвективная сушка, псевдоожигение, скорость, семена проса, семена гороха.*

Семена – основа производства продукции растениеводства. Снижение энергоёмкости и повышение конкурентной способности продукции растениеводства требует производства высококачественных семян. Посевные показатели качества семян во многом зависят от условий во время уборки, от технологии послеуборочной обработки и предпосевной подготовки. Операция сушки относится к наиболее важной в сохранении и повышении качества семян.

Во многих фермерских хозяйствах возникает необходимость высушивать небольшие количества семян разного вида, даже если хозяйство не специализируется на их производстве. Сушка сельскохозяйственных материалов достаточно энергоёмкий процесс. Поэтому важное значение для производителей сельскохозяйственной продукции имеют повышение эффективности сушки и показателей качества высушенного материала с минимально возможными материальными и энергетическими затратами.

Признаком современных способов сушки является интенсификация процессов тепло и массообмена, которую можно достичь различными путями: повышением скорости перемещения высушиваемого материала и

сушильного агента относительно друг друга, увеличением поверхности контакта между высушиваемым продуктом и сушильным агентом, снижением относительной влажности сушильного агента, применением комбинированного подвода тепла. В рассматриваемом случае применимы зерносушилки с псевдооживленным слоем, которые как раз используются именно при небольшой производительности.

Зерносушилки с псевдооживленным слоем отличаются непрерывным и беспорядочным движением и перемешиванием частиц в определенном объеме по высоте аппарата, большей поверхностью соприкосновения материала с нагретым воздухом по сравнению с другими зерносушилками, так как при этом способе сушки каждая частица равномерно омывается со всех сторон потоком нагретого воздуха. За счет этого к материалу более равномерно подводится теплота, а испаряющаяся влага быстро удаляется. В результате значительно сокращается процесс сушки, уменьшается воздействие теплоты на продукт, лучше сохраняются свойства продукта.

Современные методы кинетического расчета сушилок, целью которого является определение рабочего объема аппарата, обеспечивающего заданную производительность, при непрерывном режиме его работы является учет гидродинамической структуры потока твердой фазы в аппарате [1].

Наиболее эффективно процесс непрерывной сушки происходит в режиме идеального вытеснения твердой фазы. Приближение структуры потоков в непрерывно действующем аппарате к режиму идеального вытеснения достигается увеличением отношения длины потока $l_{\text{п}}$ к его ширине $b_{\text{п}}$. Увеличение отношения $l_{\text{п}}/b_{\text{п}}$ достигается за счет придания аппарату вытянутой формы (аппарат лоткового типа) и установкой в нем продольно- или поперечно-секционирующих перегородок [2].

Переход частиц из неподвижного слоя в псевдооживленный слой происходит при достижении первой критической скорости воздуха, который проходит через слой высушиваемого материала, расположенный на решетке. Слой перестает быть неподвижным, его порозность и высота с увеличением скорости воздуха начинают увеличиваться, слой приобретает текучесть и переходит в псевдооживленное состояние. Эту скорость $u_{\text{кр}}$ называют первой критической скоростью, или скоростью начала псевдооживления.

При дальнейшем увеличении скорости воздуха, скорость достигает нового критического значения, при котором слой разрушается и твердые частицы начинают уноситься потоком. Поэтому эту скорость u_y называют скоростью уноса, или второй критической скоростью. Скорости $u_{\text{кр}}$ и u_y определяют диапазон рабочих скоростей аппаратов с псевдооживленным слоем.

Для расчета первой и второй критической скоростей получено большое количество зависимостей. Наибольшее распространение для практических расчетов получили известные формулы О. М. Тодеса:

$$\text{Re}_{\text{кр}} = \frac{\text{Ar}}{1400 + 5,22\sqrt{\text{Ar}}} \quad (1)$$

$$\text{Re}_y = \frac{\text{Ar}}{18 + 0,61\sqrt{\text{Ar}}} \quad (2)$$

где $\text{Ar} = \frac{g(d_3)^3 \rho_t - \rho_g}{\nu_g^2 \rho_g}$ - число Архимеда; $\text{Re}_{\text{кр}} = \frac{v_{\text{кр}} \cdot d_3}{\nu_g}$ - число

Рейнольдса для первой критической скорости; $\text{Re}_y = \frac{v_y \cdot d_3}{\nu_g}$ - число

Рейнольдса для второй критической скорости; $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ - ускорение свободного падения; d_3 - эквивалентный диаметр семян, d_3 , м; ν_g - кинематическая вязкость воздуха, $\text{м}^2/\text{с}$; ρ_t, ρ_g - плотность твердой и газовой фазы соответственно, кг/м^3 .

В фермерских хозяйствах возникает необходимость высушивать семена различных культур, с достаточно различающимися размерами, например, семена проса и гороха. Размеры семян проса колеблются в диапазоне 1,8-3 мм, гороха – 4-10 мм.

Расчет первой критической скорости по уравнению (1) дает для проса ориентировочно значение: $v_{\text{кр}} = 0,5 \text{ м/с}$, для гороха – 1,6 м/с. Расчет второй критической скорости по уравнению (2) дает для проса ориентировочно значение: $v_y = 6 \text{ м/с}$, для гороха – 14 м/с. При числе псевдооживления 2 рабочая скорость зерносушилки при сушке проса составит 1 м/с, при сушке гороха – 3,2 м/с. В расчетах эквивалентный диаметр частиц приняли равным: для проса

$d_3 = 2,2 \text{ мм}$, для гороха $d_3 = 7 \text{ мм}$. Полученные данные могут быть использованы при расчете непрерывно действующей сушилки с псевдооживленным слоем указанных семян для фермерских хозяйств.

Библиографический список

1. Рудобашта, С.П. Современное состояние и направления развития теории и практики сушки / С.П. Рудобашта // Сб. научных трудов Седьмой Международной научно-практической конференции «Современные энергосберегающие тепловые технологии (сушка и тепловые процессы) СЭТТ – 2020», 13-15 октября 2020, Москва, Изд. ООО «Мегаполис». – 2020. – С. 187-189.

2. Рудобашта, С.П. Улучшение структуры потока твердой фазы в аппаратах с псевдооживленным слоем / С.П. Рудобашта, Е.Л. Бабичева // Международная научно-техническая конференция «Проблемы ресурсо- и энергосберегающих технологий в промышленности и АПК, 23- 26 сентября 2014, Иваново. – 2014. – Т.1. – С. 170-173.