

Проектируя вектор N на направление вектора N_1 и перпендикулярное к нему, а также вектор F — на направление F_1 и перпендикулярное к нему, получим из (1) два условия, определяющие отсутствие заклинивания клубня:

$$N_1 - N_2 \cos \alpha \geq F_2 \sin \alpha; \quad N_2 \sin \alpha \geq F_1 + F_2 \cos \alpha. \quad (2)$$

Условия (2) можно получить непосредственно, проектируя силы N_1 и N_2 , а также F_1 и F_2 на оси x и y .

Решая совместно неравенства (2) и имея в виду, что $F_1 = N_1 \cdot \operatorname{tg} \varphi$ и $F_2 = N_2 \cdot \operatorname{tg} \varphi$ (где φ — угол трения), после простых преобразований получим

$$\alpha \geq 2\varphi \quad (3)$$

Для клубней картофеля $\varphi_{\max} \approx 30 \div 35^\circ$, поэтому $\alpha \geq 60 \div 70^\circ$.

Нижний предел α_{\min} предлагается определять по условию

$$\alpha_{\min} > \operatorname{arctg}(\operatorname{tg} \varphi - \operatorname{tg}^2 \varphi) \quad (4)$$

при $\varphi_{\max} = 35^\circ$ и $\alpha_{\min} = 47^\circ$.

Таким образом, форму криволинейной поверхности ячейки рекомендуется устанавливать изменением угла в пределах $\alpha_{\min} < \alpha < \alpha_{\max}$, где α_{\min} и α_{\max} определяются неравенствами (4) и (3).

Заключение

Приведен экспериментальный образец однорядной картофелепосадочной машины с роторным высаживающим аппаратом, предназначенной для экономного использования посадочного материала (семян картофеля) что очень важно в условиях индивидуальных, личных, подсобных и фермерских хозяйств.

Литература:

1. Вабищевич А. Г. и др. Патент №5832 на полезную модель./ Комбинированный роторный картофелевысаживающий аппарат.

УДК 621.577: 664.723

ОСУШЕНИЕ ВОЗДУХА В КОНВЕКТИВНЫХ ЗЕРНОСУШИЛКАХ С ТЕПЛОВЫМИ НАСОСАМИ

Цубанов А.Г., к.т.н., доцент (БГАТУ)

Введение

С целью снижения расходов теплоты и топлива предусматривается осушение воздуха как сушильного агента (СА), циркулирующего в конвективной зерносушилке по замкнутому воздушному контуру [1–3]. Осушение воздуха происходит в тепловом насосе (ТН). В испарителе ТН воздух охлаждается и из его состава в процессе конденсации

водяных паров выпадает влага. Осушенный таким образом воздух направляется вначале в конденсатор ТН, где нагревается до нужной температуры, а затем в сушильную камеру для сушки продукции. Осушение воздуха может быть использовано при низкотемпературной сушке зерна и семян при температуре СА не более 70 °С.

Одной из схем осушения воздуха является схема с теплонасосным осушителем с байпасированием части воздуха в обход испарителя (рис.1).

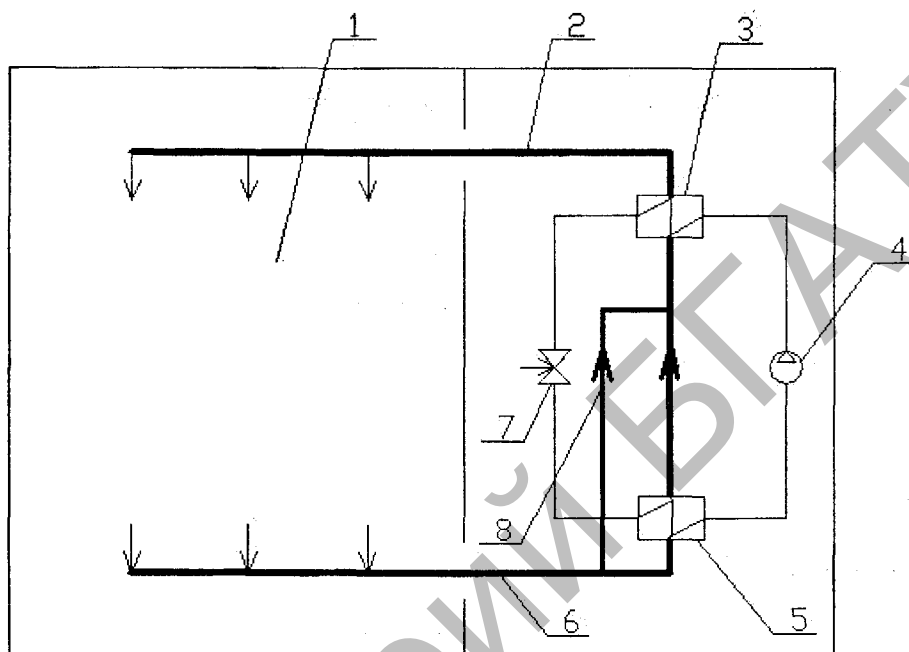


Рисунок 1 – Принципиальная схема конвективной зерносушилки с теплонасосным осушителем:

- 1 – сушильная камера; 2 – каналы для подачи СА в сушильную камеру; 3 – конденсатор ТН; 4 – компрессор ТН; 5 – испаритель ТН; 6 – каналы для удаления СА из сушильной камеры; 7 – терморегулирующий вентиль ТН; 8 – байпас СА.

Такая схема применяется с целью регулирования температурно-влажностного режима сушки и оказывается эффективной при высокой относительной влажности воздуха, отработавшего в процессе сушки и удаляемого из сушильной камеры.

Перед работой была поставлена задача: разработать методику расчета процесса воздухоосушения.

Основная часть

С целью повышения наглядности исследования процессов было использовано их графическое представление (рис.2).

Здесь показаны основные процессы:

- 1 – 2 – изменение состояния воздуха в процессе сушки в сушильной камере;
- 2 – 3 – охлаждение в испарителе ТН части удаляемого из сушильной камеры воздуха;
- 3 – 4 и 2 – 4 – смешение воздуха на выходе испарителя ТН;
- 4 – 1 – нагрев воздуха в конденсаторе ТН.

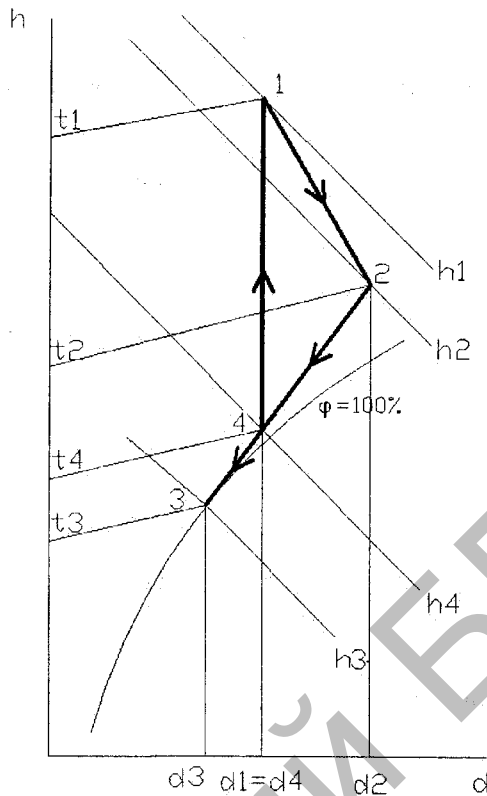


Рисунок 2 – Процессы изменения тепловлажного состояния воздуха

На рисунке обозначены основные параметры воздуха: h – энтальпия, кДж/кг; t – температура, °С; d – влагосодержание, г/кг; φ – относительная влажность, %.

Индексы при параметрах обозначают номера характерных состояний воздуха.

Для изображения процессов охлаждения в испарителе и смешения потоков воздуха после испарителя был применен закон «прямой линии»

К входным параметрам математической модели относятся исходные данные к расчету теплового режима конвективной зерносушилки:

- температуры СА на входе и выходе сушильной камеры, соответственно t_1 и t_2 ;
- относительная влажность (максимально допустимая влажность) отработавшего воздуха φ_2 , его влагосодержание d_2 и энтальпия h_2 ;
- разность добавлений и расходов теплоты в сушильной камере Δ , кДж/кг, отнесенная к 1 кг испаренной влаги.

Выходными параметрами математической модели являются:

- неизвестные параметры воздуха в характерных точках;
- коэффициент преобразования (трансформации) ТН μ ;
- коэффициент байпаса k как отношение расхода воздуха, проходящего по байпасу, к общему расходу воздуха на выходе сушильной камеры.

Математическая модель, характеризующая статику исследуемых процессов, представляет собой систему алгебраических уравнений.

На первом этапе рассчитываются параметры в точке 1:

$$d_4 = d_1 = \frac{d_2 - \pi_1}{1 + 1,86 \times 10^{-3} \pi_1}, \quad (1)$$

где π_1 – параметр, характеризующий изменение влагосодержания СА в процессе сушки, г/кг:

$$\pi_1 = 1010(t_1 - t_2)/A,$$

где A – параметр, определяющий полезно использованную теплоту при сушке, кДж/кг:

$$A = 2500 + 1,88t_2 - \Delta;$$

$$h_1 = 1,01t_1 + (2500 + 1,88t_1) \frac{d_1}{1000}. \quad (2)$$

На втором этапе определяются параметры в точках 3, 4, а также коэффициенты байпаса и преобразования:

$$d_3 = \frac{d_4 - kd_2}{1 - k}; \quad (3)$$

$$t_3 = 15,9(\ln d_3 - 1,42); \quad (4)$$

$$h_3 = 1,01t_3 + (2500 + 1,88t_3) \frac{d_3}{1000}; \quad (5)$$

$$h_4 = kh_2 + (1 - k)h_3; \quad (6)$$

$$t_4 = \frac{h_4 - 2,5d_4}{1,01 + 1,88 \times 10^{-3} \times d_4}; \quad (7)$$

$$\mu = 8,13 - 0,088(\delta t_n), \quad (8)$$

где δt_n – разность температур конденсации и испарения хладона в ТН, °С:

$$\delta t_n = t_1 - t_3 + \delta t_1 + \delta t_2,$$

где δt_1 и δt_2 – наименьшие температурные напоры в конденсаторе и испарителе, их значения допустимо принимать в пределах от 5 до 10 °С;

$$\mu = \frac{h_1 - h_4}{h_1 - h_4 - (1 - k)(h_2 - h_3)}. \quad (9)$$

Уравнения (1), (4) и (8) заимствованы из работы [1], формулы (3) и (6) характеризуют смешение воздуха с разными параметрами, а уравнения (2), (5) и (7) – взаимосвязь между основными параметрами влажного воздуха.

Решение приведенной системы уравнений на втором этапе расчетов может быть получено методом последовательных приближений (методом подбора). При этом следует задаваться коэффициентом байпаса с последующей проверкой соответствия расчетных значений коэффициента преобразования, найденных по уравнениям (8) и (9).

Для проверки изложенной методики выполним расчет при исходных данных: $t_1 = 70$ °С; $t_2 = 35$ °С; $\varphi_2 = 80\%$; $d_2 = 29,5$ г/кг; $h_2 = 111$ кДж/кг; $\Delta = -2000$ кДж/кг и $(\delta t_1 + \delta t_2) = 12$ °С.

Находим:

$d_4 = d_1 = 21,45$ г/кг; $h_1 = 127$ кДж/кг; $k = 0,4$; $d_3 = 16,1$ г/кг; $t_3 = 21,6$ °С; $h_3 = 62,7$ кДж/кг; $h_4 = 82$ кДж/кг; $t_4 = 27$ °С; $\delta t_n = 60,4$ °С; $\mu = 2,81$ по уравнениям (8) и (9).

Заключение

Условия работы теплонасосного осушителя однозначно определяются параметрами теплового режима сушки. Ни один из параметров его работы не может быть принят произвольно, а должен быть определен согласно приведенной системе уравнений при условии соответствия температурных режимов процесса сушки и работы ТН.

Литература

1. Цубанов, А.Г. К вопросу энергосбережения в конвективных зерносушилках / А.Г. Цубанов, А.Л. Синяков, И.А.Цубанов // Агротрансформация, №3, 2009. – С.22-27.

2. Цубанов, А.Г. Использование тепловых насосов для осушения и рециркуляции отработавшего сушильного агента в конвективных зерносушилках / А.Г. Цубанов, А.Л. Синяков, И.А.Цубанов // Агропанорама, №4, 2011 г., С.21-25..

3. Янтовский, Е.И. Промышленные тепловые насосы/ Е.И. Янтовский, Л.А. Левин. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 128 с.

УДК 631.51+631.8

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАБОЧЕГО ОРГАНА ДЛЯ ГЛУБОКОГО РЫХЛЕНИЯ ПОЧВЫ К КОМБИНИРОВАННОМУ АГРЕГАТУ

*Радишевский Г.А., к.т.н., доцент, Еднач В.Н., Белый С.Р. (БГАТУ), Китун А.В.,
Высоцкая Н.С. (РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»)*

Качественная безотвальная обработка почвы, как и любая другая, в большей степени определяется конструкцией и состоянием рабочих органов, а также свойствами почвы (от них зависят тяговое сопротивление орудия, качество крошения почвы и ее плотность, степень сохранения стерни, скорость агрегата, выравненность поверхности и т.д.).

Серийные плуги с безотвальными корпусами и плоскорезы-глубокорыхлители имеют существенные недостатки. Плуги общего назначения с безотвальными корпусами уничтожают (заделывают) большую часть стерня, а плоскорезы – глубокорыхлители с шириной захвата плоскорезующих лап до 110 см при основной обработке стерневых фонов хотя и сохраняют до 80 % стерня на поверхности поля, но суглинистая почва получается глыбистой и недостаточно разрыхленной, что отрицательно влияет на урожайность возделываемых культур.

Для разуплотнения почвы на глубину до 45 см применяют рабочие органы в комплектации с рыхлительными долотами по отвальным и безотвальным фонам с углублением пахотного горизонта. Рыхление стрельчатыми лапами на глубину до 30 см эффективно вместо безотвальной обработки, зяблевой и весенней вспашки [1].

Использование рабочего органа для рыхления почвы позволяет снизить энергоемкость, повысить производительность обработки и улучшить ее экологическое состояние по сравнению с вспашкой отвальными орудиями за счет разрушения плужной подошвы и рыхления пахотного и подпахотного горизонтов.

Процесс глубокого рыхления почвы сопровождается ударным вхождением рабочего органа в почву и преобладанием энергоемких деформаций ее сжатия и сдвига, поэтому энергоемкость процесса зависит от параметров конструкции рабочего органа.

Рыхлительный рабочий орган при движении в почве совершает разуплотнение пахотного и подпахотного горизонта – производит механическое рыхление, которое улучшает физико – механические и агробиологические свойств почвы, повышает водо – и воздухопроницаемость, отводит излишки влаги в нижние слои и увеличивает корнеобитаемый слой.

Наиболее эффективен пассивный рабочий орган, состоящий из стойки, установленной под углом 90° к горизонту и закрепленным на ней долотом с упирителем. Применение вертикальной стойки обеспечивает минимальное сопротивление рабочего органа.

При движении стойка рабочего органа разрезает сплошной массив, а почва перед ней сминается передней гранью долота. Деформация вначале упругая, а затем пластическая. При достижении предельных значений деформации происходит отрыв или сдвиг стружки почвы в продольной и поперечной плоскостях под углом ψ (рисунок 1). Профиль деформируемого