

ПОКАЗАТЕЛИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СУШКИ ЗЕРНА

Карпенко Г.В., кандидат технических наук, доцент

тел.: 88422559595, karpenko.galina@yandex.ru

Карпенко М.А., кандидат технических наук, доцент

тел.: 89050357550, mikhailecarpenko@yandex.ru

Гузяева Д.О., студентка

ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ

***Ключевые слова:** эффективность, сушка зерна, зерносушилка, интенсивность, производительность, затраты энергии.*

В статье отмечено, что приоритетными критериями эффективности сушильного процесса являются интенсивность испарения влаги из материала и энергетические затраты, необходимые для его осуществления, причем основную часть энергетических затрат составляют затраты тепла на осуществление процесса сушки. Рассмотрены способы расчета показателей эффективности технологического процесса применительно к слоевым конструкциям зерносушилок.

Введение. Сушка зерна в зерносушилках - это основной и наиболее высокопроизводительный способ подготовки его к дальнейшему хранению и переработке [1].

Однако биологическое строение зерна требует не только снижения его влажности при сушке до требуемого значения, но и доведение зерна до такого состояния, при котором оно впадает в состояние, близкое к анабиозу, когда жизнедеятельность и дыхание его затормаживаются, а развитие микроорганизмов и вредителей почти прекращается вследствие отсутствия для этого благоприятных условий [2].

Оптимальный режим работы зерносушилки должен обеспечивать максимальную пропускную способность с

минимальными затратами энергии при качестве получаемого продукта, соответствующем технологическим требованиям. При выборе конструкции зерносушилки важно знать степень ее технологического совершенства. Приоритетными критериями эффективности сушильного процесса являются интенсивность испарения влаги из материала и энергетические затраты, необходимые для его осуществления. Используют различные показатели, характеризующие интенсивность технологического процесса сушки зерна - продолжительность (время) сушки, съем влаги в единицу времени, влагонапряжение сушильной камеры, производительность сушилки и т.д. Эти показатели непосредственно или косвенно определяют скорость процесса сушки; кроме того, они необходимы для расчета удельных энергетических затрат. Основную часть энергетических затрат составляют затраты тепла на осуществление процесса сушки [3, 4].

Показатели, характеризующие интенсивность процесса сушки зерна в сушилке, в том числе ее производительность, зависят от множества факторов: начальной и конечной влажности зерна, его культуры, параметров наружного воздуха и сушильного агента и др. Даже при сравнительном испытании сушилок в одной климатической зоне трудно обеспечить одинаковые условия опытов для определения производительности, тем более при испытании в различных зонах страны. Показатели энергетической оценки, как правило, выражают удельными величинами. Энергоемкость технологического процесса характеризуют количеством энергии, приходящимся на единицу производительности сушилки. Поэтому факторы, усложняющие определение производительности сушилок, в той же мере относятся и к определению энергетических показателей [5, 6].

Материалы и методы исследований. Рассмотрим способы расчета показателей эффективности технологического процесса применительно к слоевым конструкциям зерносушилок [1, 7].

Время сушки τ отражает интенсивность влагоотдачи зерновой массы. В сочетании с вместимостью сушильной камеры A_3 время определяет ее производительность ($G = \frac{A_3}{\tau}$).

Удобно пользоваться показателем удельной производительности сушильной камеры (с 1 м² ее рабочей поверхности):

$$G_{уд} = \frac{\delta \gamma_3}{\tau}, \text{ т/ч} \cdot \text{м}^2, \quad (1)$$

где δ - толщина зернового слоя, м; γ_3 - объемная масса зерна в сушильной камере, т/м^3 .

Как уже отмечалось, большую часть энергетических затрат в сушильной установке составляют затраты тепловой энергии. Другую часть составляют затраты энергии на привод вентилятора (затраты на привод транспортирующих устройств незначительны и ими можно пренебречь) [1, 8].

Удельные затраты тепла, приходящиеся на 1 т зерна и на 1 кг испаренной влаги, можно определить по формулам:

$$q_1 = c_T \cdot \gamma_T \cdot l_0 \cdot (t - t_0) \cdot \tau, \text{ кДж/т}; \quad (2)$$

$$q_2 = \frac{q_1}{n_B}, \text{ кДж/кг исп. влаги}, \quad (3)$$

где τ - время сушки зерна в сушильной камере, ч; c_T - теплоемкость сушильного агента, $\text{кДж/кг} \cdot ^\circ\text{C}$; γ_T - объемная масса сушильного агента при различной его температуре, кг/м^3 ; l_0 - удельная подача сушильного агента, м^3 воздуха/ч на 1 т зерна в сушильной камере; t_0, t - соответственно температура сушильного агента до и после его нагрева в топке, $^\circ\text{C}$; n_B - количество влаги, испаряемой из 1 т зерна при сушке (с учетом съема влаги при охлаждении или без ее учета), кг/т .

Как видно из формулы (2), удельные затраты тепла зависят не только от параметров сушильного агента, но и от времени сушки, которое, в свою очередь, определяется зависимостью $\tau(t, l_0)$.

Удельные затраты энергии на привод вентилятора $P_{уд}$ определяют из формулы мощности вентилятора:

$$N_B = \frac{K_B \Delta H L_T}{3600 \cdot 10^2 \eta_B}, \text{ кВт}, \quad (4)$$

где K_B - коэффициент, учитывающий сопротивление воздухоподающей системы и утечку воздуха ($K_B = 1,2 \dots 1,6$); ΔH - сопротивление зернового слоя, кг/м^2 ; L_T - подача сушильного агента, $\text{м}^3/\text{ч}$; η_B - КПД вентилятора ($\eta_B = 0,5 \dots 0,7$).

При этом сопротивление зернового слоя можно определить по эмпирической формуле:

$$\Delta H = B_3 \delta V_B^m, \text{ кг/м}^2 \quad (5)$$

где B_3, m - коэффициенты, зависящие от культуры; δ - толщина слоя, V_B - скорость сушильного агента, м/с .

После несложных преобразований получаем формулу для расчета удельных затрат энергии $P_{уд}$ на привод вентилятора:

$$P_{уд} = \frac{N_B}{G} = B_3 D \delta V_B^m l_0 \tau, \text{ кВт} \cdot \text{ч/т}, \quad (6)$$

где D - коэффициент, учитывающий тип вентилятора.

Заключение. Таким образом, и эта часть энергетических затрат зависит от времени сушки (τ). Следовательно, расчету основных показателей эффективности сушильного процесса должно предшествовать выявление зависимостей времени сушки зерна в сушильной камере (τ) от параметров сушильного агента и зерна.

Библиографический список:

1. Тепловая обработка зерна в установках контактного типа / В.И. Курдюмов, А.А. Павлушин, Г.В. Карпенко, С.А. Сутягин. - Ульяновск: УГСХА им. П. А. Столыпина. 2013. 290 с.
2. Особенности процесса сушки зерна пшеницы в элементарном слое / Г.В. Карпенко, В.И. Курдюмов, А.А. Павлушин, М.А. Карпенко // Научно-практический журнал «Пермский аграрный вестник» - Пермь. – 2021. - № 4 (36). – С. 4-13.
3. Анискин В.И. Технологические основы оценки работы зерносушильных установок / В.И. Анискин, Г.С. Окунь. М: ВИМ, 2003. 168 с.
4. Результаты контактной сушки зерна различных культур при тонкослойном перемещении высушиваемого материала / В.И. Курдюмов, А.А. Павлушин, Г.В. Карпенко, М.А. Карпенко // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2013. - №10 (108). - С.106-110.
5. Исследование установки с инфракрасным нагревом зерна / С.А. Сутягин, П.С. Агеев, Г.В. Карпенко, А.А. Павлушин, В.И. Курдюмов // Наука в центральной России SCIENCE IN THE CENTRAL RUSSIA, № 5 (65), 2023. - С. 78-85.
6. Преимущества кондуктивного способа теплопередачи в минизерносушилках / Г.В. Карпенко, М.А. Карпенко // Материалы Международной научно-практической конференции «Использование инновационных технологий для решения проблем АПК в современных условиях». Т.2. - Волгоград, ИПК «Нива», 2009. – С. 208-211.

7. К вопросу об определении пропускной способности устройства для сушки зерна / В.И. Долгов, С.А. Сутягин, Г.В. Карпенко, А.А. Павлушин, В.И. Курдюмов // Материалы VIII Международной научно-практической конференции «Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения» Ч.1. – Ульяновск, УГСХА, 2017. – С.86-89.

8. Research of a machine with a belt conveyor for drying grain / A. Pavlushin, S. Sutyagin, G. Karpenko, V. Artemiev // В сборнике: E3S Web of Conferences. Сер. "International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment, ICMTMTE 2020". 2020. С. 01071.

TECHNOLOGICAL EFFICIENCY INDICATORS GRAIN DRYING PROCESS

Karpenko G.V., Karpenko M.A., Guzyaeva D.O.

Key words: *efficiency, grain drying, grain dryer, intensity, productivity, energy consumption.*

The article notes that the priority criteria for the effectiveness of the drying process are the intensity of moisture evaporation from the material and the energy costs required for its implementation, with the bulk of the energy costs being heat costs for the drying process. The methods of calculating the efficiency indicators of the technological process in relation to layered structures of grain dryers are considered.