

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF AGRICULTURAL SCIENCES

ISSN 2224-526X

Volume 3, Number 27 (2015), 30 – 34

HEAT BALANCE IN THE VERTICAL SOLAR DRYER BY THE DRYING OF FRUITS AND VEGETABLES

K. M. Khazimov, M. Zh. Khazimov, Zh. M. Khazimov, B. K. Kurpenov

Kazakh National Agrarian University, Almaty, Kazakhstan.

Keywords: solar dryer, enthalpy, the drying agent, collector.

Abstract. The article shows the thermal balance in vertical type of solar dryer for drying of fruits, vegetables and medicinal herbs. Shown the importance of the thermal balance in the dryer for plant products which affect the quality of the drying as well as the capacity of solar dryer.

УДК 635.61

ТЕПЛОВОЙ БАЛАНС В ВЕРТИКАЛЬНОЙ ГЕЛИОСУШИЛКЕ ПРИ СУШКЕ ПЛОДОВ ФРУКТОВ И ОВОЩЕЙ

К. М. Хазимов, М. Ж. Хазимов, Ж. М. Хазимов, Б. К. Курпенов

Казахский национальный аграрный университет, Алматы, Казахстан

Ключевые слова: гелиосушилка, энтальпия, сушильный агент, коллектор.

Аннотация. В статье рассматривается тепловой баланс при сушке плодов овощей а также лекарственных трав в гелиосушилке вертикального типа. Акцентировано внимание на важность теплового баланса при сушке продуктов растительного происхождения, которая влияет на качество сушки, а так же производительность сушильной установки.

Введение. Закономерности переноса энергии и массы во влажных материалах в процессе обезвоживания являются очень сложными и изучены не совсем на достаточном уровне. Влажный материал, подлежащий к сушке, представляет собой, многофазную и многокомпонентную среду.

При прохождении сушильным агентом происходит сложный процесс, сопровождающийся тепломассопереносом между различными фазами и компонентами системы. В зависимости от поставленной задачи эта система изучается на различных уровнях сложности.

В данной ситуации, рассмотрен тепловой баланс в вертикальной гелиосушилке при сушке плодов разных овощей.

Для сушилок с радиационным подводом тепла расход агента сушки и топлива наиболее просто определить аналитически из теплового баланса сушилки [1]. Тепловой баланс рассчитывается на основе физических теплот (энтальпии), участвующих в процессе веществ, и теплоты соответствующих химических реакций.

Материалы и методы

В расчете сушильной установки является составление материального и теплового балансов. Из материального баланса определяют количество удаляемой влаги, сухого материала, получаемого в результате сушки, и расход сушильного агента. Тепловой баланс позволяет выявить удельный расход теплоты на 1 кг испаренной влаги, потери теплоты с уходящим сушильным агентом и в окружающую среду, коэффициент полезного действия, а также расход энергии на сушку.

Для непрерывно действующих сушильных установок материальный баланс относится к единице времени ($\tau = 1$ с), а тепловой – как к единице времени, так и к единице удаленной влаги.

Материальный баланс непрерывно действующей сушильной установки. При составлении баланса обычно пренебрегают потерей материала и сушильного агента. Массы высушенного и сырого материала связаны уравнением материального баланса

$$G_1 = G_2 + W, \quad (1)$$

где W – количество удаленной в процессе сушки влаги, кг/с.

Количество влаги, поступающей и выходящей из сушильной камеры:

$$W_1 = \frac{(G_1 \cdot w_1)}{100}, W_2 = \frac{(G_2 \cdot w_2)}{100}, \quad (2)$$

где G_1, G_2 – количество материала, поступающего и выходящего из сушильной камеры, кг/с; W_1, W_2 – соответственно количество поступающей и выходящей из сушильной камеры влаги, кг/с; w_1, w_2 – влагосодержание в сыром и высушенном материале, отнесенное к общей массе, %:

$$w_1 = \frac{W_1}{G_c + W_1} 100; w_2 = \frac{W_2}{G_c + W_2} 100. \quad (3)$$

Влагосодержание, отнесенное к сухой массе,

$$w_c = \frac{W}{G_c} 100 \quad (4)$$

Формулы для пересчета одного вида влажности на другой:

$$w_c = \frac{w}{100 - w} 100; w = \frac{w_c}{100 + w_c} 100 \quad (5)$$

где w – влагосодержание, отнесенное к общей массе, %.

Количество сухого вещества, %

$$G_c = G_1 \frac{100 - w_1}{100} = G_2 \frac{100 - w_2}{100} \quad (6)$$

Количество испаренной влаги, %,

$$W = G_1 - G_2 = (G_1 w_1 - G_2 w_2) / 100 \quad (7)$$

или после простого преобразования равенств (6) и (7) получим

$$W = G_1 \frac{w_1 - w_2}{100 - w_2} = G_2 \frac{w_1 - w_2}{100 - w_1} \quad (8)$$

Расход сухого воздуха L_v конвективной сушильной камере с однократным его использованием можно определить из уравнения баланса влаги

$$L_0 \frac{d_0}{1000} + G_1 \frac{w_1}{100} = L_2 \frac{d_2}{100} + G_2 \frac{w_2}{100}, \quad (9)$$

где L_0, L_2 – количество воздуха, поступающего и уходящего из сушильной камеры, кг/с (в данном случае $L_0 = L_2 = L$); d_0, d_2 – влагосодержание воздуха на входе и выходе из сушильной камеры, г/кг сухого воздуха.

Преобразовав значения получим:

$$W = 0,001(d_2 - d_0)L = \frac{G_1 w_1 - G_2 w_2}{100} \quad (10)$$

Удельный расход воздуха на 1 кг испаренной влаги

$$l = \frac{L}{W} = \frac{1}{0,001(d_2 - d_0)}, \quad (11)$$

Тепловой баланс. На рисунке 1 представлена принципиальная схема конвективной сушильной установки, работающей по разомкнутому циклу. В соответствии с обозначениями на схеме тепловой баланс можно представить следующим равенством:

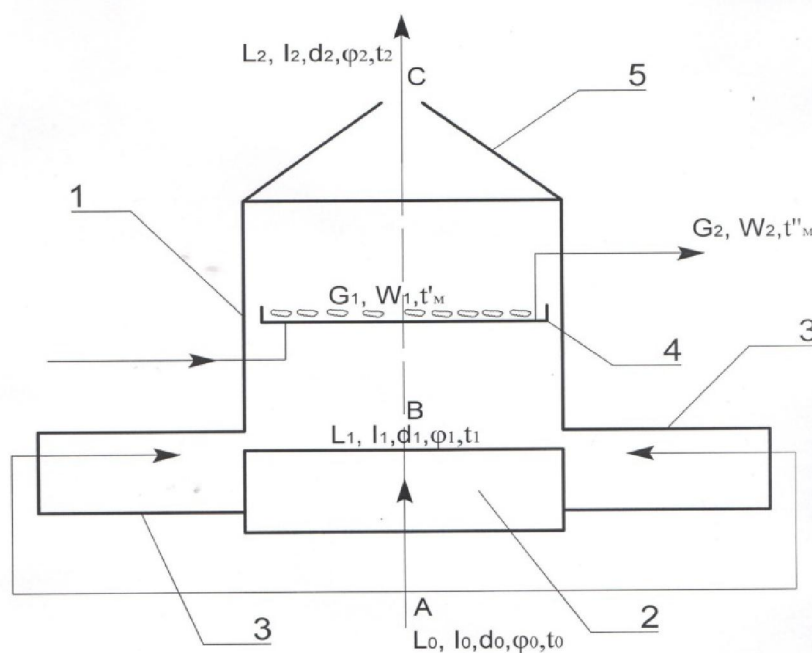


Рисунок 1 – Схема сушильной установки:
1 – корпус, 2 – основной коллектор, 3 – дополнительный коллектор, 4 – продукты сушки, 5 – вытяжка

$$L_0 I_0 + Q_k + G_2 \cdot c'_M \cdot t'_M + W \cdot c_B \cdot t'_M + G_{mp} \cdot c'_{mp} \cdot t'_{mp} + Q_\delta = L_2 \cdot I_2 + G_2 \cdot c''_M \cdot t''_M + G_{mp} \cdot c''_{mp} \cdot t''_{mp} + Q_n \quad (12)$$

где I_0, I_2 – энтальпии воздуха перед калорифером и на выходе из сушильной камеры, кДж/кг сухого воздуха; Q_k – количество теплоты, подведенное в основном калорифере, кВт; c'_M, c''_M – теплоемкости материала при температуре на входе t'_M и выходе t''_M из сушильной камеры, кДж/(кг·К); G_2 – количество сухого материала, $G_2 = G_1 - W$, кг/с; G_{mp} – масса транспортных устройств, отнесенная к единице времени, кг/с; c'_{mp}, c''_{mp} – теплоемкость транспортных устройств при температуре на входе t'_{mp} и выходе t''_{mp} из сушильной камеры; Q_δ – количество теплоты, подведенное в сушильную камеру через дополнительный калорифер, кВт; Q_n – потеря теплоты в окружающей среде, кВт.

Теплоемкость влажного материала выразим так :

$$c_M \approx c_0 = \frac{100-w}{100} + c_B \frac{w}{100} \quad (13)$$

где c_B – теплоемкость сухого вещества и воды

После преобразований и деления всех членов равенства (12) на W получим уравнение теплового баланса, отнесенного к 1 кг испаренной влаги,

$$q_\delta + q_k = l \cdot (I_2 - I_0) + q_M + q_{mp} + q_n + c'_s \cdot t'_M \quad (14)$$

где q_k, q_δ – удельный расход теплоты на 1 кг испаренной влаги в основном и дополнительном коллекторах, кВт/кг; q_M, q_{mp}, q_n – расход теплоты на нагревание материала, транспортных устройств, потери в окружающую среду, кВт/кг:

$$q_k = \frac{Q_k}{W}; \quad q_k = \frac{Q_k}{W};$$

$$q_M = \frac{G_2(c''_M t''_M - c'_M t'_M)}{W}; \quad (15)$$

$$q_n = \frac{\Sigma k \Delta t F}{W} \text{ и т.д.}$$

где k – коэффициент теплопередачи, кВт/($m^2 \cdot K$); Δt – температурный напор, град; F – поверхность ограждений отдельных участков, m^2 .

Если допустить, что в равенстве (14)

$$q_M = 0; q_{mp} = 0; q_n = 0; q_{\partial} = 0; t'_M = 0, \text{ то} \\ q_k = l \cdot (I_2 - I_0). \quad (16)$$

В то же время расход теплоты на подогрев воздуха в основном коллекторе

$$q_k = l \cdot (I_1 - I_0). \quad (17)$$

где I_1 – энтальпия воздуха за коллектором.

Приравняв обе части равенств (16) и (17), получим

$$I_1 = I_2 = I \quad (18)$$

то есть процесс сушки идет при постоянной энтальпии.

Результаты и обсуждение

Вся теплота, переданная от сушильного агента к материалу, расходуется на испарение влаги и возвращается в поток воздуха с парами. Данный процесс называют теоретическим. Где в качестве основного решения задач используется Id -диаграмма [2]

Процесс теоретической сушки в теоретической сушилке изображен на Id -диаграмме (рисунок 2) линиями АВ – нагрев воздуха в коллекторе при $d_0 = d_1$; ВС – процесс сушки при $I = \text{const}$.

Энтальпия влажного воздуха при атмосферном давлении по Id -диаграмме

$$I = I_{cв} + 0,001 \cdot d \cdot i_n = c_{cв} \cdot t + 0,001d(2500 + 1,9t) \quad (19)$$

где $c_{cв}$ – теплоемкость абсолютно сухого воздуха.

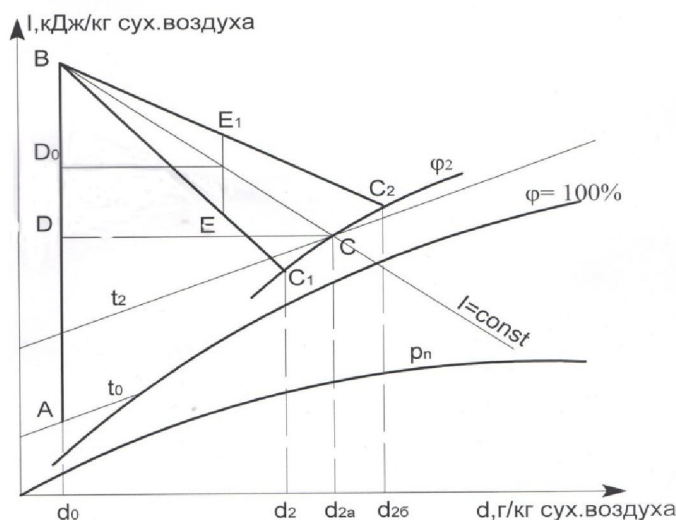


Рисунок 2 – Процесс сушки на Id -диаграмме

Под теоретической сушилкой понимают такую условную установку, в которой отсутствуют потери теплоты в окружающую среду, на нагревание материала и транспортных устройств и в которой температуру материала при входе и выходе из сушильной камеры принимают равной $0^\circ C$.

Выводы. Таким образом из расчета теплового баланса и применение диаграммы дают первоначальную картину расхода тепла что способствует улучшению характеристик сушилки при ее проектировании.

Предложенный в работе подход открывает новые технологические возможности повышения качества и производительности сушилки.

Теоретически установлены минимальные температурные режимы что соответственно повышает качество сушки.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Гинзбург А.С. Расчет и проектирование сушильных установок пищевой промышленности. – М.: Агропромиздат, 1985. – 84 с.
[2] Гинзбург А.С. Технология сушки пищевых продуктов. – М.: Пищевая промышленность. – М.: Агропромиздат, 1976. – 247 с.

REFERENCES

- [1] Ginzburg A.S. Raschet i proektirovanie sushil'nyh ustanovok pishhevoj promyshlennosti. M.: Agropromizdat, 1985. 84 s.
[2] Ginzburg A.S. Tehnologija sushki pishhevyyh produktov. Pishhevaja promyshlennost'. – M.: Agropromizdat, 1976. 247 s.

**ТІК КЕПТІРГІШТЕГІ ЖЕМІС ПЕН КӨКӨНІСТЕРДІ КЕПТІРУ КЕЗЕҢДЕГІ
ЖЫЛУ БАЛАНСЫ**

К. М. Хазимов, М. Ж. Хазимов, Ж. М. Хазимов, Б. К. Курпенев

Қазақ ұлттық а университеті, Алматы, Қазақстан

Тірек сөздер: гелиокептіргіш, энтальпия, кептіргіш агенті, коллектор

Аннотация. Мақалада зерттеу нәтижесінде тік кептіргіштегі жеміс пен көкөністерді кептіру кезеңдегі жылу балансының материалының сапасын сақтау және оны өңдеу мөлшері келтірілген.

Поступила 09.06.2015г.