

УДК 674.047

## ОСОБЛИВОСТІ АЕРОДИНАМІКИ УСТАНОВОК ДЛЯ СУШІННЯ ДРОВ

Білей П.В., д.т.н. проф., Рокунь Р.О., аспірант  
(НЛТУ України)

*Обґрунтована необхідність розробки для сушіння дров спеціальних сушильних установок, які забезпечуються дешевою тепловою енергією від спалювання в тепловому агрегаті різних відходів з деревини. Описана принципова схема сушильної установки для дров. Розроблена методика аеродинамічного розрахунку установки для сушіння дров. Визначена продуктивність вентиляторів та потужність їх електроприводу.*

**Ключові слова:** сушіння, сушильна установка, аеродинаміка.

**Вступ.** Вітчизняні та зарубіжні деревообробні підприємства використовують, в основному, пароповітряні конвективні сушильні камери періодичної дії з вертикально-поперечною циркуляцією сушильного агента. Такі сушильні камери мають встановлені в робочому просторі осьові вентилятори з електроприводом на одному валу з ступицею вентилятора, системи приточно-втяжної вентиляції, системи зволоження повітря в середині камери, систему контролю за вологістю деревини та параметрами середовища [1,2]. Наявність зазначених систем значно підвищує вартість сушильних установок, ускладнює їх ремонт та обслуговування, вимагає залучення висококваліфікованих спеціалістів. Крім того, в сучасних сушарках, як правило, використовується, як теплоносії

гаряча вода з температурою  $t_t=90\dots95^\circ\text{C}$ . Тоді в сушильній камері температура середовища становитиме  $t_t=75\dots80^\circ\text{C}$ . Таким чином, для інтенсивного сушіння дров потрібно запровадження спеціальних сушильних установок, наприклад, захищеним патентом України на корисну модель [3].

Принципова схема сушильної установки для дров показана на рис.1

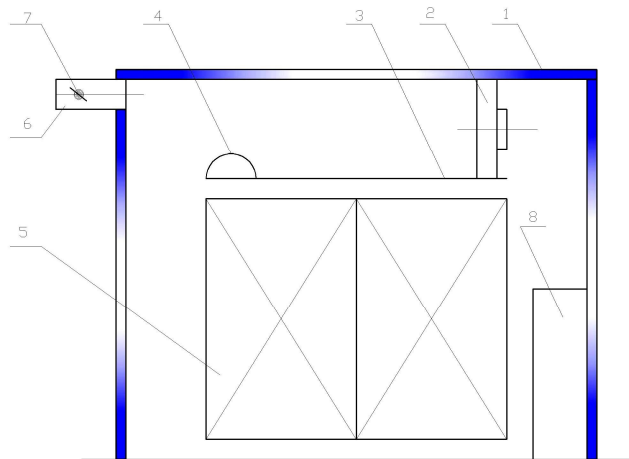


Рисунок 1. Схема сушильної установки

Пропонована сушильна установка має теплоізольований корпус (1), середина якого по висоті розділена на дві частини, де у верхній частині з одного боку розміщено осьові вентилятори (2), а з другого боку припливний канал (4) для подачі в установку гарячого повітря від теплогенератора. В нижній частині сушарки розміщені контейнери (5), де дрова складені “насіпом”. Між верхньою і нижньою частинами камери розміщена суцільна перегородка (3) – несправжня стеля. Також у верхній частині сушарки під стелею розміщено витяжні канали (6), в яких живий переріз регулюється за допомогою шибера (7). В протилежній від теплогенератора торцевій стіні розміщено службові двері (8), для обслуговування сушарки.

**Принципи роботи сушарки.** Агент сушіння (пароповітряна суміш) подається вентиляторами (2), через верхню частину поперек камери. На другій стороні перегородки розміщено канал (4) подачі гарячого повітря від теплогенератора. Вздовж каналу (4) у верхній його частині знаходяться щілини, що рівномірно розподілені по довжині сушарки, через які гаряче повітря подається в сушильну установку. Форма поперечного перерізу цього каналу (4) є півкруг, що забезпечує плавне обтікання повітря з верхньої у нижню частину сушарки. Далі агент сушіння проходить через канали поміж контейнерами, де складені дрова. Потім повітря засмоктується вентиляторами з іншого бокового каналу сушильної установки. До цього бокового каналу ведуть двері, через які обслуговуючий персонал може заходити для обслуговування вентиляторів, датчиків вологості деревини та датчиків контролю за параметрами агента сушіння. Відпрацьований агент сушіння видаляється з сушарки через витяжні канали (6), в яких встановлені шибери (7).

**Технічна характеристика сушарки.** Оптимальна кількість матеріалу, що одночасно завантажується в сушарку, становить до 40 м<sup>3</sup>. Теплова потужність сушарки 140 кВт. Тривалість сушіння дров 4,5 доби. Кількість камерооборотів становить (в середньому) 70 на рік. Щоб забезпечити температуру агента сушіння в сушильній установці, наприклад, 90° С від теплогенератора гаряче повітря має мати температуру 160° С. Для забезпечення процесу нагрівання і сушіння дров необхідно в теплогенераторі спалити 10-15 м<sup>3</sup> деревних відходів. Це можуть бути лісосічні відходи, відходи різних деревообробних виробництв та уживана деревина, яка вичерпала свій ресурс експлуатації.

Матеріал-контейнери (5) в сушарку завантажуються через розсувні ворота за допомогою автонавантажувача. Після повного завантаження ворота сушильної установки щільно закриваються. Потрібно також за допомогою шибера щільно закрити витяжні канали і впустити гаряче повітря від теплогенератора через канал (4). Тривалість початкового нагрівання матеріалу залежить від потужності теплогенератора, еквівалентного радіуса матеріалу та від пори року і може становити до 24 годин. Вологість деревини під час сушіння контролюють кондуктометричним вологоміром від датчиків-голок, що встановлені в деревину стаціонарно на весь період сушіння. Завершення процесу сушіння фіксують за середніми (по камері) показаннями вологоміра. Висушений матеріал, потрібно ще гарячим вивантажувати з камери, обов'язково, під навіс, який захищає від опадів. Завдяки таким заходам, проходить додаткове атмосферне сушіння за рахунок перепаду температури по товщині матеріалу.

Забезпечення тепловою енергією сушильної установки здійснюється за допомогою припливного розподільного каналу з щілинами. Кількість сушильного агента, яка подається в канал можна визначити за формулою

$$V_{\tau} = V_0 + \int_{\tau_0}^{\tau_1} q_{\tau} d\tau, \text{ м}^3 \quad (1)$$

де:  $q_{\tau} = dV/d\tau$  – витрата сушильного агента за одиницю часу.

З іншої сторони витрата сушильного агента залежить від надлишкового статистичного тиску –  $\Delta P$ . Тоді, витрату агента сушіння можна записати так:

$$q_{\tau} = S_p \cdot \frac{dP}{d\tau} \quad (2)$$

де величина  $dV/dP$  позначено через  $S_{(P)}$ .

На основі наведеного, для практичних розрахунків, можна остаточно записати формулу

$$q_{\tau} = \mu \bar{f} F \sqrt{2\Delta P / \rho} \quad (3)$$

де:  $\mu$  – коефіцієнт витікання повітря (газу) з щілин (отворів) тонкої стінки;

$\Delta F$  – сумарна площа стіни каналу,  $\Delta F = \Sigma f_0$ , м<sup>2</sup>;

$\Delta P$  – надлишковий статистичний тиск газу в каналі, кг/м<sup>2</sup>;

$\rho$  – густина газу, кг/м<sup>3</sup>;

$f$  – площа поперечного перерізу каналу, м<sup>2</sup>.

Кількість циркулюючого газу в сушарці визначається за формулою:

$$V_c = \varpi_{um} F C_s \text{ м}^3 / \text{с}, \quad (4)$$

де:  $w$  – швидкість циркуляції сушильного агента поміж контейнерами, м/с;

$F$  – площа поперечного перерізу всіх каналів, м<sup>2</sup>;

$C_3$  – коефіцієнт запасу, який враховує накладання повітряних потоків.

Якщо позначити продуктивність вентилятора через ( $V_v$ ) то їх кількість, необхідних для створення циркуляції повітря в сушарці, визначиться з відношення  $n_v = V_c / V_v$ . Потужність приводу вентилятора визначиться за формулою

$$N_e = (V_e H_{cm} / \eta_e) \cdot 10^{-3} \text{ кВт} \quad (6)$$

де:  $H_{ст}$  – статичний тиск, який створює вентилятор, Па;

$\eta_v$  – коефіцієнт корисної дії вентилятора.

**Висновки.** Таким чином, через приточний канал подаються топкові гази від спалювання відходів з деревини, які повинні забезпечити процес сушіння тепловою енергією. Сушильний агент подається між контейнерами (і через контейнери) і віддає своє тепло до висушеного матеріалу. Циркуляція сушильного агента здійснюється впоперек контейнерів з матеріалом осьовими вентиляторами.

### Список літератури

1. Билей П.В. Сушка древесины твердых лиственных пород./ Билей П.В., -М.: Экология, 1992.-224с.
2. Билей П.В., Павлюст В.М. Сушіння та захист деревини (Підручник) – Львів: Кольорове небо, 2008. – 312 с.
3. Установка для сушіння дров. Патент України на корисну модель №8981 (опубліковано в Бюл. №8 від 25.04.2014)//Билей П.В., Назарчук Я.В., Соколовський І.А., Рокунь Р.О..

### Аннотація

#### ОСОБЕННОСТИ АЭРОДИНАМИКИ УСТАНОВОК ДЛЯ СУШКИ ДРОВ

Билей П.В., Рокунь Р.О.

*Обоснована необхідність розробки для сушки дров спеціальних сушильних установок, которые обеспечивают дешевой тепловой энергией от сжигания в тепловом агрегате различных древесных отходов. Описана принципиальная схема сушильной установки для дров. Разработана методика аэродинамического расчета установки для сушки дров. Определена производительность вентиляторов и мощность их электропривода.*

**Ключевые слова:** сушка, сушильная установка, аэродинамика.

### Abstract

#### FEATURES AERODYNAMICS FACILITIES FOR DRYING WOOD

Biley P.V., Rokun R.O.

*The necessity for the development of dry firewood special dryers which provided cheap thermal energy from combustion in thermal units of different wood residues. We*

*describe the basic scheme of the drying plants for firewood. The method of calculating the aerodynamic settings for drying wood. Defined-performance valve tors and their electric power.*

**Keywords:** drying, drying plant, aerodynamics.

Рецензент: д.т.н., професор Озарків І.М.