

## КОНТРОЛЬ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ СУШИЛЬНОЇ УСТАНОВКИ У СКЛАДІ КОГЕНЕРАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ

**Є. Є. ЧАЙКОВСЬКА**

*Кафедра теоретичної, загальної та нетрадиційної енергетики, Одеський національний політехнічний університет, Одеса, УКРАЇНА  
e-mail: eechaikovskaya@gmail.com*

**АНОТАЦІЯ** Контроль працездатності сушильної установки з використанням аналітичної оцінки зміни вологовмісту повітря в сушильній камері при вимірюванні температури повітря на вході в теплообмінник підігріву повітря дозволяє приймати рішення на зміну витрату повітря, що нагрівається, на основі зміни частоти обертання електродвигуна повітряного вентилятора. Узгодження температурного та аеродинамічного режимів сушки деревини надає можливість, наприклад, при виробництві 5,8 тис. т пелет з деревини в рік здобути грошову економію при використанні пелетного палива до 40% та знизити собівартість виробництва енергії у складі когенераційної системи в межах 20–30 %.

**Ключові слова:** когенераційна установка, пелетне паливо, сушильна установка, вологовміст.

## CONTROL WORKING ABILITY OF THE COMPOSITION OF THE COGENERATION SYSTEM

**E. CHAIKOVSKAY**

*Department of Theoretical, general and alternative energy, Odessa National Polytechnic University, Odessa, UKRAINE*

**ABSTRACT** The paper presents the architecture of a cogeneration system, the foundation of which is the dynamic subsystem. It includes a co-generation plant, drying plant, air heating heat exchanger, an air fan. Other units are units of discharge, charge, assessment of functional efficiency, which are consistent with the dynamic interaction subsystem. It is proposed an analytical evaluation of changes in the moisture content of the air in the drying chamber at an air temperature measured at the outlet of the drying chamber. Set functioning levels of dryer air temperature change at the inlet of the heat exchanger and heating the air leaving the heat exchanger which corresponds to a change of the equilibrium moisture content of wood in the drying chamber. The air flow entering the air-heating heat exchanger which corresponds to the level functioning the dryer is defined. The valid values change in the moisture content of the air in the drying chamber obtained. The block diagram of logical modeling dryer developed. The functional information is obtained. It allows to change the air flow entering the heat exchanger preheating the air in measuring air temperature at the outlet of the drying chamber. Changing the air blower motor speed for changes in air flow provides thermal drying treatment in the drying chamber. Coordination of temperature and aerodynamic regimes of drying wood allows, for example, the production of 5.8 thousand tons of wood pellets per year to provide 860 apartments measuring 120 m<sup>2</sup> pellet fuel that given the frequency regulation on electric air fan drying materials, provides gain saving money using pellet fuel for heating and hot water to 40% and reduce the cost of power generation and heat within 20%-30% in the conditions of the cogeneration system

**Keywords:** cogeneration plant, pellet fuel, drying plant, the moisture content

### Вступ

Завдяки реалізації енергії за “зеленим тарифом” використання біопалива для виробництва як електричної енергії, так і теплоти є достатньо стимулюючим фактором [1, 2]. При виробництві пелетного палива витрати на сушку деревини складають до 25% від загальних витрат. Вміст вологи не повинен перевищувати 10% – 12 %, а сира деревина, наприклад, може містити близько 50% води.. З метою енергозбереження підтримка температурного та аеродинамічного режимів сушки повинна відбуватись в узгодженій взаємодії, що можливо здобути з використанням когенераційних технологій, які мають у своєму складі первинний двигун, електрогенератор, систему утилізації теплоти, систему контролю й управління. Більш того, вимірювання температури та вологості повітря як сушильного агента, вологості деревини, що висушується,

мають не завжди достовірне використання у зв'язку із складністю вимірів, що унеможливорює упереджений вплив на зміну параметрів сушки для забезпечення безперервного виробництва пелетного палива. Засоби удосконалення сушильних технологій деревини базуються як на інтенсифікації процесів теплообміну в сушильній камері, так і на удосконаленні систем управління процесом сушки. В роботі [3], наприклад, визначено перевагу механічної активації матеріалу, що висушується, але за рахунок додаткових витрат на електричну енергію. В роботі [4] визначено, що на якість сушки впливають конструктивні параметри сушильної камери, але оцінка проведена при вимірюванні параметрів сушки в сушильній камері. В роботі [5] без узгодження температурного та аеродинамічного режимів сушіння матеріалу визначено вплив режимних параметрів сушки на якість сушки. В роботі [6] видані рекомендації щодо інтенси-

фікації теплообміну в сушильній камері, але без можливості їх використання в реальних умовах функціонування сушильної установки. Найважливішим показником сушки сировини при виробництві пелетного палива є потужність сушки, що відтворює кількісне відношення вологості сировини до її рівноважної вологості. Рівноважна вологість деревини щодо виробництва пелетного палива практично дорівнює його стійкої вологості, яка залежить від температури повітря та його відносної вологості. Потужність сушки має бути більшою за одиницю [7]. Для підтримки потужності сушки деревини використовують експертні системи, що базуються на вимірюванні температури повітря та його вологості в сушильній камері при вимірюванні вологості деревини. Складність вимірів при неможливості використання у взаємній єдності може привести до зворотного процесу накопичення вологи сушильним матеріалом чи припинення процесу сушки сировини [8, 9]. Для уникнення негативних явищ сушки необхідно прогнозувати зміну вологості повітря при вимірюванні температури повітря на виході із сушильної камери, що надходить в теплообмінник підігріву, щодо зміни рівня потужності сушки.

### Мета роботи

**Мета роботи** – здобути еталонну та функціональну оцінку зміни вологовмісту повітря в залежності від рівноважної вологості деревини для підтримки температурного та аеродинамічного режимів сушки. З цією ціллю необхідно виконати математичне моделювання динаміки сушильної установки щодо прогнозування зміни вологовмісту повітря при вимірюванні температури повітря на виході із сушильної камери; розробити структурну схему логічного моделювання щодо контролю працездатності сушильної установки у складі когенераційної системи.

### Контроль працездатності сушильної установки у складі когенераційної системи

Для здобуття еталонної та функціональної інформації щодо прийняття рішень на підтримку температурного та аеродинамічного режимів сушки деревини запропонована архітектура когенераційної системи, основою якої є інтегрована динамічна підсистема – (когенераційна установка, сушильна камера, теплообмінник для підігріву повітря, повітряний вентилятор) та блоки розряду, заряду, оцінки функціональної ефективності, що знаходяться в узгодженій взаємодії з динамічною підсистемою (рис. 1).

Математичне обґрунтування архітектури когенераційної системи:

$$CS = ((D(P(\tau)(x_0(\tau), x_1(\tau), x_2(\tau), f(\tau), K(\tau), y(\tau), d(\tau))), Z(\tau), P(\tau)), R(\tau), (P_i(\tau)(x_1(\tau), f_i(\tau), K_i(\tau), y_i(\tau))))).$$

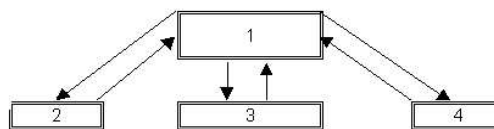


Рис. – 1. Архітектура когенераційної системи: 1 – динамічна підсистема (когенераційна установка, сушильна камера, теплообмінник для підігріву повітря, повітряний вентилятор); 2 – блок розряду; 3 – блок заряду; 4 – блок оцінки функціональної ефективності

де  $CS$  – когенераційна система;  $D$  – динамічна підсистема (когенераційна установка, сушильна камера, теплообмінник для підігріву повітря, повітряний вентилятор);  $P$  – властивості елементів когенераційної системи;  $x$  – впливи;  $f$  – параметри, що діагностуються;  $K$  – коефіцієнти математичного опису;  $y$  – вихідні параметри;  $d$  – динамічні параметри;  $R$  – логічні відносини в  $CS$ ;  $\tau$  – час, с. Індeksi:  $i$  – число елементів когенераційної системи; 0, 1, 2 – початковий стаціонарний режим, зовнішній, внутрішній характер впливів.

Основою для підтримки температурного та аеродинамічного режимів сушки щодо здобуття як еталонної, так і функціональної інформації є математична модель динаміки сушильної установки. Система нелінійних диференціальних рівнянь включає рівняння стану як фізичну модель теплообмінника, рівняння енергії передавального середовища – теплоносія, що гріє, від когенераційної установки, рівняння енергії сприймаючого середовища – повітря, в якому зміна вологовмісту повітря оцінена як у часі, так і вздовж просторової координати осі теплообмінника для підігріву повітря, що співпадає з напрямком потоку руху середовища, та рівняння теплового балансу для стінки теплообмінника. В результаті реалізації математичної моделі отримана передатна функція за каналом: «вологовміст повітря – витрата повітря» [10]:

$$W_{w-G_{в1}} = \frac{K_B(\beta - 1)}{L_B K_w \beta \gamma} (1 - e^{-\gamma l \xi})$$

$$\text{де } K_B = \frac{m(\theta_0 - \sigma_0)}{G_{B0}}; \beta = T_M S + \varepsilon^* + 1; T_M = \frac{g_M C_M}{\alpha_{B0} h_{B0}};$$

$$\varepsilon^* = \varepsilon(1 - L_3^*); \varepsilon = \frac{\alpha_{30} h_{30}}{\alpha_{B0} h_{B0}}; L_3^* = \frac{1}{L_3 + 1}; L_3 = \frac{G_3 C_3}{\alpha_{30} h_{30}};$$

$$\gamma_1 = T_B S; T_B = \frac{g_B C_B}{\alpha_{B0} h_{B0}}; \xi = \frac{z}{L_B}; L_B = \frac{G_B C_B}{\alpha_{B0} h_{B0}};$$

$$K_w = \frac{\partial i}{\partial w} / \frac{\partial i}{\partial t}; \gamma = \frac{T_B S}{L_B},$$

де  $\sigma$ ,  $\theta$  – температура повітря, температура теплоносія, що гріє, температура стінки теплообмінника,  $K$ , відповідно;  $G$  – витрата речовини, кг/с;  $C$  – питома теплоємність, кДж/(кг·К);  $i$  – ентальпія робочого тіла, кДж/кг;  $w$  – вологовміст повітря;  $\alpha$  – коефіцієнт

тепловіддачі, кВт/(м<sup>2</sup>·К);  $h$  – питома поверхня, м<sup>2</sup>/м;  $g$  – питома маса речовини, кг/м;  $z$  – координата довжини теплообмінника, м;  $T_B, T_M$  – постійні часу, що характеризують теплову акумулюючу здатність повітря, метала, с, відповідно;  $m$  – показник залежності коефіцієнта тепловіддачі від витрати;  $S$  – параметр перетворення Лапласа;  $S = \omega j$ ;  $\omega$  – частота, 1/с. Індекси:  $v$  – внутрішній потік – повітря;  $m$  – металева стінка;  $z$  – зовнішній потік – теплоносій, що гріє;  $w$  – вологовміст повітря;  $0, 1$  – початкові умови, вхід в теплообмінник, відповідно.

Для використання передатної функції у складі комплексного математичного моделювання динаміки сушильної установки, виділено дійсну частину,  $O(\omega)$ , що має такий вид:

$$O(\omega) = (C_1 L_1 - D_1 M_1) (K_B / K_w).$$

Для одержання коефіцієнтів у складі дійсної частини  $O(\omega)$  здобуто такі вирази:

$$C_1 = \frac{A_1 A_2 + B_1 B_2}{A_2^2 + B_2^2}; L_1 = 1 - \cos(-\xi T_B \omega);$$

$$D_1 = \frac{A_2 B_1 - A_1 B_2}{A_2^2 + B_2^2}; M_1 = 1 - \sin(-\xi T_B \omega),$$

де  $A_1 = \varepsilon^* - T_B T_M \omega^2$ ;  $A_2 = -T_B T_M \omega^2$ ;  $B_1 = T_M \omega$ ;  $B_2 = T_B \omega (\varepsilon + 1)$ .

Температура поділяючої стінки  $\theta$ , що входить до складу коефіцієнта  $K_B$ :

$$\theta = \left( \frac{\alpha_B (\sigma_1 + \sigma_2)}{2} + \frac{A(t_1 + t_2)}{2} \right) / (\alpha_B + A),$$

де  $\sigma_1, \sigma_2$  – температура теплоносія, що гріє, на вході, та на виході з теплообмінника, К, відповідно;  $t_1, t_2$  – температура повітря на виході з сушильної камери та на вході в сушильну камеру, К, відповідно;  $\alpha$  – коефіцієнт тепловіддачі, кВт/(м<sup>2</sup>·К); Індекс:  $v$  – внутрішній потік – повітря.

$$A = \frac{1}{\frac{\delta_M}{\lambda_M} + \frac{1}{\alpha_3}}$$

де  $\delta$  – товщина стінки теплообмінника, м;  $\alpha$  – коефіцієнт тепловіддачі, кВт/(м<sup>2</sup>·К);  $\lambda$  – теплопровідність металу стінки теплообмінника, кВт/(м·К). Індекс:  $z$  – зовнішній потік – теплоносій, що гріє.

З використанням інтеграла переходу з частотної області до області часу зміна вологовмісту повітря як за часом, так і вздовж просторової координати осі теплообмінника для підігріву повітря визначена так:

$$w(\tau, z) = \frac{1}{2\pi} \int_0^{\infty} O(\omega) \sin(\tau\omega/\omega) d\omega,$$

де  $\tau$  – час, с.

Встановлені наступні рівні зміни температури повітря на вході в теплообмінник та на виході з теплообмінника: перший рівень: 55<sup>o</sup>C – 85<sup>o</sup>C; другий рівень: 52,6<sup>o</sup>C– 80,8<sup>o</sup>C; третій рівень: 51,3<sup>o</sup>C– 77<sup>o</sup>C, та рівні зміни витрати повітря; 1,8 кг/с, 1,68 кг/с, 1,65 кг/с, що відповідають зміні рівноважної вологості повітря 20%, 15%, 12 % в межах зменшення вологості сировини з 40% до 12%. Результати моделювання динаміки сушильної установки представлені в табл. 1, 2, 3, рис. 2.

Таблиця 1 – Параметри теплообміну в теплообміннику підігріву повітря

Рівні функціонування	Параметр		
	$\alpha_3$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	$\alpha_B$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	$k$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·К)
Перший рівень	3050,67	254,33	233,05
Другий рівень	2912,86	242,84	222,59
Третій рівень	2877,91	239,92	219,94

Примітка:  $\alpha_3$  – коефіцієнт тепловіддачі від теплоносія, що гріє до стінки теплообмінника, Вт/(м<sup>2</sup>·К);  $\alpha_B$  – коефіцієнт тепловіддачі від стінки теплообмінника до повітря, Вт/(м<sup>2</sup>·К);  $k$  – коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м<sup>2</sup>·К).

Таблиця 2 – Постійні часу та коефіцієнти математичної моделі динаміки теплообмінника

Рівні функціонування	$T_{B, c}$	$T_{M, c}$	$\varepsilon$	$\zeta$
Перший	0,0048	0,6149	14,547	0,146
Другий	0,0050	0,6440	14,547	0,136
Третій	0,0051	0,6518	14,547	0,134

Таблиця 3 – Постійні часу та коефіцієнти математичної моделі динаміки теплообмінника

Рівні функціонування	$L_{3, m}$	$L_B$	$L_3^*$	$K_w$
Перший	33,26	483,89	0,029	-0,9646
Другий	32,51	472,99	0,029	-1,2848
Третій	32,32	470,19	0,030	-1,6060

Так, наприклад, при функціонуванні сушильної установки на першому рівні, що відповідає зменшенню вологості сировини з 40% до 20% при рівноважній вологості повітря 20% зменшення температури повітря на виході з сушильної камери до 52<sup>o</sup>C потребує прийняття рішення з використанням інформації (1) на встановлення витрати повітря на рівні 1,68 кг/с на основі зменшення частоти обертання електродвигуна повітряного вентилятора щодо входження в допуск другого рівня функціонування за рахунок підтримки температури повітря на вході в сушильну камеру на рівні 80,5<sup>o</sup>C (рис. 4). Перехід на другий рівень функціонування сушильної установки підтримує зменшення вологовмісту сировини з 20% до 15%,

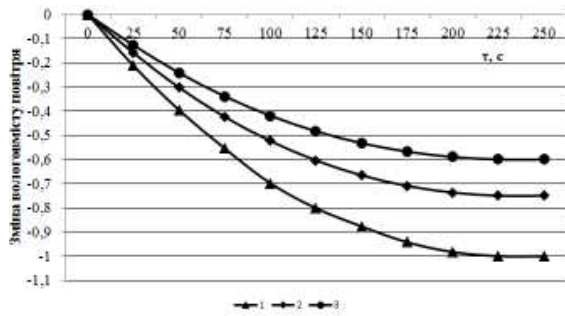


Рис. 2 – Допуски на граничну працездатність сушильної установки для встановлених рівнів функціонування: 1, 2, 3 – еталони підтримки рівноважної вологості повітря 20%, 15%, 12%, відповідно

Для контролю працездатності сушильної установки запропоновано структурну схему з використанням метода графа причинно-наслідкових зв'язків [10] щодо здобуття функціональної інформації (рис. 3).

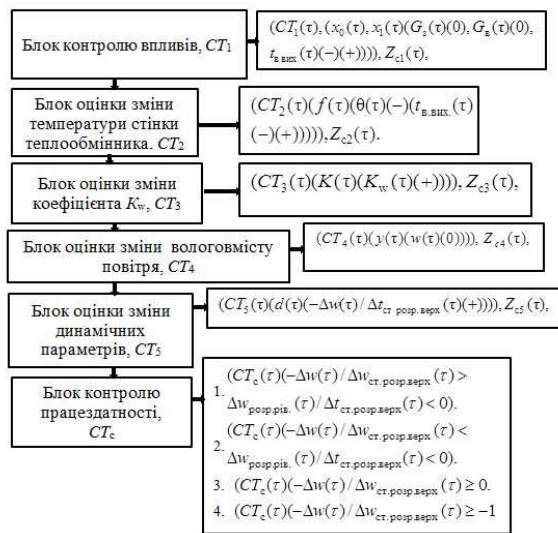


Рис. 3. – Структурна схема логічного моделювання контролю працездатності сушильної установки:  $CT$  – контроль події;  $Z$  – логічні відносини;  $d$  – динамічні параметри;  $w$  – вологовміст повітря;  $t$  – температура повітря,  $K$ ;  $x$  – впливи;  $f$  – параметри, що діагностуються;  $y$  – вихідні параметри;  $K$  – коефіцієнти математичного опису;  $K_w = \frac{\partial i}{\partial w} / \frac{\partial i}{\partial t}$  – коефіцієнт математичної моделі динаміки сушильної установки. де  $i$  – ентальпія робочого тіла,  $\text{кДж/кг}$ ;  $w$  – вологовміст повітря;  $G$  – витрата теплоносіїв,  $\text{кг/с}$ ; Індекси:  $c$  – контроль працездатності;  $\text{вих.}$  – вихід повітря із сушильної камери;  $\text{верх.}$  – перший рівень функціонування;  $\text{в.}$  – повітря;  $\text{з.}$  – теплоносіїв, що гріє;  $\text{ст. розр.}$  – статичне розрахункове значення параметра;  $0, 1, 2$  – початковий стаціонарний режим, зовнішні, внутрішні параметри;  $3$  – коефіцієнти рівнянь динаміки;  $4$  – суттєві параметри, що діагностуються;  $5$  – динамічні параметри.

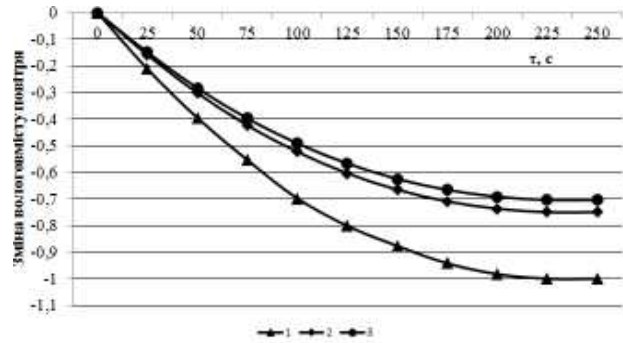


Рис. 4. – Зміна вологовмісту повітря в сушильній камері щодо переходу з першого рівня функціонування на другий рівень; 1 – допуск на граничну працездатність першого рівня функціонування; 2 – допуск на граничну працездатність другого рівня функціонування; 3 – прийняття рішення та підтвердження нових умов функціонування

Підтримку функціонування сушильної установки у складі когенераційної системи забезпечує повітряний вентилятор для можливості частотного регулювання зміни витрати повітря щодо встановлення температури повітря на вході в сушильну камеру з ціллю підтримки потужності сушки матеріалу.

### Обговорення результатів

В результаті проведених досліджень у складі запропонованої когенераційної системи виконано контроль працездатності сушильної установки, що включає сушильну камеру, теплообмінник для підігріву повітря, повітряний вентилятор. З цієї ціллю здобута аналітична оцінка зміни вологовмісту повітря в сушильній камері в зв'язку із недостовірним використанням виміру. Визначено параметри теплообміну теплообмінника для підігріву повітря, поверхню теплообміну теплообмінника, що вдовольняють встановленим рівням функціонування сушильної установки. Здобуто еталонну оцінку зміни вологовмісту повітря в залежності від рівноважної вологості деревини. Розроблена структурна схема логічного моделювання для здобуття функціональної оцінки зміни вологовмісту повітря в сушильній камері при зміні температури повітря на виході із сушильної камери, що вимірюється. щодо зміни частоти обертання електродвигуна повітряного вентилятора для підтримки функціонування сушильної установки. Запланована апробація здобутих результатів в умовах когенераційних систем з використанням виробництва пелетного палива різної потужності.

### Висновки

1. Запропонована архітектура когенераційної системи, що має у своєму складі основу – динамічну підсистему, яка включає когенераційну установку,

сушильну камеру, теплообмінник для підігріву повітря, повітряний вентилятор та блоки розряду, заряду, оцінки функціональної ефективності, що знаходяться в узгодженій взаємодії з динамічною підсистемою.

2. Для здобуття еталонної та функціональної оцінки зміну вологовмісту повітря в сушильній камері виконано математичне моделювання динаміки сушильної установки.

3. Здобута еталонна оцінка зміни вологовмісту повітря в сушильній камері в залежності від рівноважної вологості сировини для підтримки температурного та аеродинамічного режимів сушки.

4. Запропонована структурна схема логічного моделювання сушильної установки щодо здобуття функціональної оцінки зміни вологовмісту повітря в сушильній камері при зміні температури повітря на виході із сушильної камери, що вимірюється, для прийняття рішень на підтримку функціонування сушильної установки.

5. Контроль працездатності сушильної установки щодо узгодження температурного та аеродинамічного режимів сушки деревини надає можливість, наприклад, при виробництві 5,8 тис. т пелет з деревини в рік здобути грошову економію при використанні пелетного палива до 40% та знизити собівартість виробництва енергії у складі когенераційної системи в межах 20–30 % [10].

#### Список літератури

- 1 Гелету́ха, Г. Г. Биоэнергетика в Украине: современное состояние и перспективы развития. Часть 2 / Г. Г. Гелету́ха, Т. А. Железная, П. П. Кучерук, Е. Н. Олейник, А. В. Трибой // *Промышленная теплотехника*. – 2015. – Т. 37, № 3. – С. 65-73.
- 2 Чайковська, С. Є. Розробка енергозберігаючої технології функціонування біогазової установки у складі когенераційної системи / С. Є. Чайковська // *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. – 2015. – Т. 3, № 8 (75). – С.47-53. doi: 10.15587/1729-4061.2015.442522.
- 3 Трошин, А. Г. Развитие процессов и оборудования для производства топливных брикетов из биомассы / А. Г. Трошин, В. Ф. Монсеев, И. А. Тельнов, С. И. Завинский // *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. – 2010. – № 8/45 (3). – С. 36-40.
- 4 Bhattarai, S. Simulation Study for Pneumatic Conveying Drying of Sawdust for Pellet Production / Sujala Bhattarai, Jae-Heun Oh, Seung-Hee Euh, Dae Hyun Kim, Liang Yu // *Drying Technology*. – 2014. – Vol. 32. – P. 1142-1156. – doi:10.1080/07373937.2014.884575.
- 5 Laurila, J. Compression drying of energy wood / Jussi Laurila, Havimo Mikko, Lauhanen Risto // *Fuel Processing Technology*. – 2014. – Vol. 124. – P. 286-289. – doi:10.1016/j.fuproc.2014.03.016.
- 6 Yuping, L. Application of the self-heat recuperation technology for energy saving in biomass drying system / Liu Yuping, Aziz Muhammad, Kansha Yasuki, Bhattacharya Sankar, Tsutsumi Atsushi // *Fuel Processing Technology*. – 2014. – Vol. 117. – P. 66-74. – doi:10.1016/j.fuproc.2013.02.007.

- 7 Wang, H. Study of Immune PID Controller for Wood Drying System / Hai-tao Wang, He-ming Jia // *2013 International Conference on Communication Systems and Network Technologies*. – 2013. – P. 827 - 831. – doi:10.1109/csnt.2013.176.
- 8 Zhongfu, T. Research on control system of wood drying based on BP Neural Network / Tian Zhongfu, Li Yuehua // *Proceedings 2013 International Conference on Mechatronic Sciences, Electric Engineering and Computer (MEC)*. – 2013. – P. 36-38. – doi: 10.1109/mec.2013.6885046.
- 9 Perre, P. Drying of Wood: Principles and Practices / Patrick Perre, Roger Keey // *Handbook of Industrial Drying*. – 2014. – P. 797 - 846. – doi:10.1201/b17208-44.
- 10 Чайковська, С. Є. Розробка методу підтримки функціонування сушильної установки у складі когенераційної системи / С. Є. Чайковська // *Технологический аудит и резервы производства*. – 2015. – № 5/7 (25). – С.62 - 67. – doi:10.15587/2312-8372.2015.51520.

#### Bibliography (transliterated)

- 1 Heletuha, H. H. Gelieznaia, T. A. Kuchtruk, P. P. Olenic, E. N. Triboi, A. V. Bioenergy in Ukraine: Current State and Prospects for Development. Part 2 [Bioenergy in Ukraine: Current State and Prospects for Development. Part 2]. *Industrial Heat Engineering*, 2015, 3(37), 65 - 73.
- 2 Chaikovskaya, E. E. Development of energy-operation of biogas plant as part of a cogeneration system. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2015, 3/8(75), 47-53, doi:10.15587/1729-4061.2015.442522.
- 3 Trohin, A. H., Moisieiev, V. F., Telnov, I. A., Zavinski, S. I. Development of processes and equipment for the production of fuel pellets from biomass. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2010, 8/45(3), 36-40.
- 4 Bhattarai, Sujala, Jae-Heun Oh, Seung-Hee Euh, Dae Hyun Kim, Liang Yu Simulation Study for Pneumatic Conveying Drying of Sawdust for Pellet Production. *Drying Technology*, 2014, 32, 1142-1156. doi:10.1080/07373937.2014.884575.
- 5 Laurila, J. Havimo, M., Lauhanen, R. Compression drying of energy wood. *Fuel Processing Technology*, 2014, 124, 286-289, doi:10.1016/j.fuproc.2014.03.016.
- 6 Yuping, L. Aziz Muhammad, Kansha Yasuki, Bhattacharya Sankar, Tsutsumi Atsushi. Application of the self-heat recuperation technology for energy saving in biomass drying system. *Fuel Processing Technology*, 2014, 117, 66-74, doi:1016/j.fuproc.2013.02.007.
- 7 Wang, H., He-ming Jia Study of Immune PID Controller for Wood Drying System. *2013 International Conference on Communication Systems and Network Technologies*, 2013, 827-831, doi:10.1109/csnt.2013.176.
- 8 Zhongfu, T., Li Yuehua Research on control system of wood drying based on BP Neural Network. *Proceedings 2013 International Conference on Mechatronic Sciences, Electric Engineering and Computer(MEC)*, 2013, 36-38, doi:10.1109/mec.2013.6885046.
- 9 Perre, P. Roger Keey Drying of Wood: Principles and Practices. *Handbook of Industrial Drying*, 2014, 797-846, doi:10.1201/b17208-44.
- 10 Chaikovskaya, E. E. Development of methods support the operation of the drying plant composed of cogeneration system. *Technological audit and production of reserves*, 2015, 5/7(25), 62-67, doi:10.15587/2312-8372.2015.51520.

**Відомості про авторів (About author)**

**Чайковська Євгенія Євстафіївна** – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, Одеський національний політехнічний університет, доцент кафедри теоретичної, загальної та нетрадиційної енергетики, м. Одеса, Україна, e-mail: eechaikovskaya@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0002-5663-2707>.

**Chaikovskaya Eugene** – PhD, Senior Reseacher, Odessa National Polytechnic University, Associate Professor, Department of Theoretical, general and alternative energy, Odesa, Ukraine, e-mail: eechaikovskaya@gmail.com <http://orcid.org/0000-0002-5663-2707>.

*Будь ласка посилайтесь на цю статтю наступним чином:*

**Чайковська, Є. Є.** Контроль працездатності сушильної установки у складі когенераційної системи / **Є. Є. Чайковська** // *Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях.* – Харків: НТУ «ХПІ». – 2016. – № 12 (1184). – С. 89-94. – doi:10.20998/2413-4295.2016.12.12.

*Please cite this article as:*

**Chaikovskaya Eugene** Control working ability of the drying plant in the composition of the cogeneration system. *Bulletin of NTU "KhPI". Series: New solutions in modern technologies.* – Kharkiv: NTU "KhPI", 2016, **12**(1184), 89-94, doi:10.20998/2413-4295.2016.12.12.

*Пожалуйста ссылайтесь на эту статью следующим образом:*

**Чайковская, Е. Е.** Контроль работоспособности сушильной установки в составе когенерационной системы / **Е. Е. Чайковская** // *Вестник НТУ «ХПИ», Серия: Новые решения в современных технологиях.* – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2016. – № 12 (1184). – С. 89-94 – doi:10.20998/2413-4295.2016.12.12.

**АННОТАЦИЯ** Контроль работоспособности сушильной установки с использованием аналитической оценки изменения влагосодержания воздуха в сушильной камере при измерении температуры воздуха на входе в теплообменник подогрева воздуха позволяет принимать решения на изменение расхода нагреваемого воздуха на основе изменения частоты вращения электродвигателя воздушного вентилятора. Согласование температурного и аэродинамического режимов сушки древесины дает возможность, например, при производстве 5,8 тыс. т пеллет из древесины в год получить денежную экономию при использовании пеллетного топлива до 40% и снизить себестоимость производства энергии в составе когенерационной системы до 20–30 %.

**Ключевые слова:** когенерационная установка, пеллетное топливо, сушильная установка, влагосодержание

*Надійшла (received) 14.03.2016*