

**Національний університет біоресурсів  
і природокористування України**



## ***ЗБІРНИК***

***ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ***

***XIV МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ  
КОНФЕРЕНЦІЇ***

***«ОБУХОВСЬКІ ЧИТАННЯ»***

***з нагоди 93-ї річниці від дня народження  
доктора технічних наук, професора, академіка АН ВШ України,  
Обухової Віолетти Сергіївни  
(1926-2005)***

***29 березня 2019 року***



***м. Київ***

## МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІЧНИХ РЕЖИМІВ ТЕПЛОГЕНЕРАТОРА НА ТВЕРДОМУ АБО ГАЗОПОДІБНОМУ ПАЛИВІ

*В.О. Грищенко*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

При оптимізації режимних параметрів теплогенераторів для нагріву повітря або створенні систем автоматики, важливо знати їх статичні і динамічні характеристики, які визначаються аналітично або експериментально. Аналітичні методи більш універсальні і дозволяють вивчити внутрішню структуру зв'язків досліджуваного об'єкта, визначити вплив на динаміку різних конструкційних і режимних факторів та дозволяють проектувати систему автоматичного регулювання одночасно з об'єктом [1,3,5,6].

Повітрянагрівачі (теплогенератори), які працюють на спалюванні рідкого або газоподібного палива реалізують складні процеси теплообміну, які відбуваються в умовах рухомого і випромінюючого середовища у взаємозв'язку окремих частинних процесів (рух повітря, горіння, змінення складу властивостей середовища та інші) (Рис. 1). Враховуючи складності вихідної системи рівнянь, якими описують усю сукупність процесів складного теплообміну, при визначенні динамічних характеристик можна використати спрощені уявлення і, відповідно, рівняння теплового балансу.

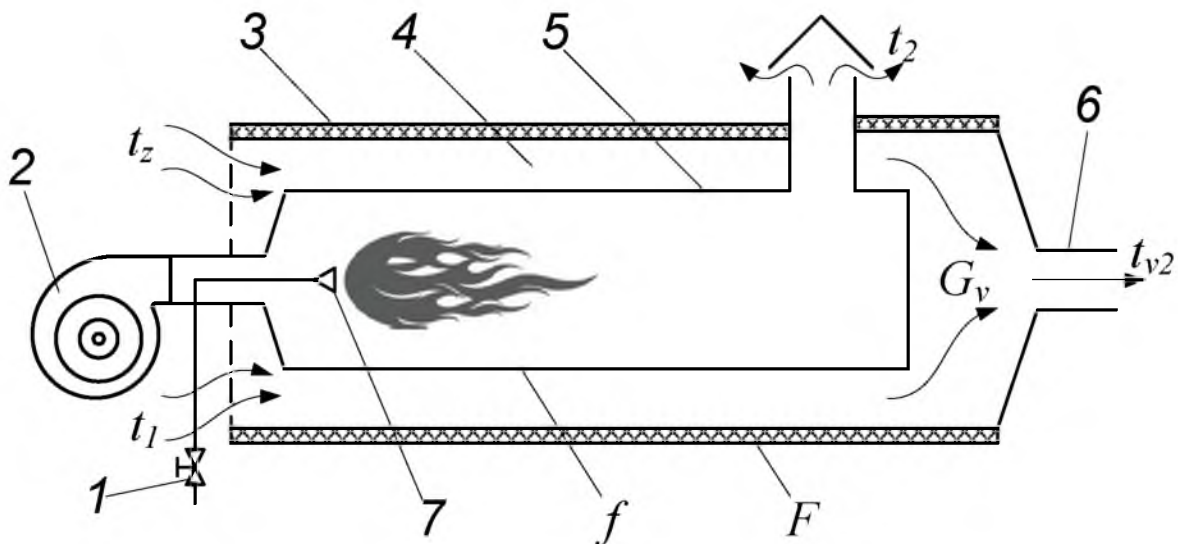


Рис. 1. Принципова технологічна схема теплогенератора:

- 1 – заслінка подачі палива; 2 – вентилятор подачі повітря в камеру згорання; 3 – корпус; 4 – теплообмінний канал подачі повітря (кільцевий); 5 – камера згорання; 6 – вхідний отвір для нагрітого повітря; 7 – пальник.

Фізична модель процесу: теплота, отримана в результаті спалювання палива, частково передається випромінюванням та конвекцією до стінки камери згорання і витрачається на збільшення її температури, а інша частина

видаляється із камери з відпрацьованим (викидним) енергоносієм. Теплота передана від стінки камери спалювання до повітря, витрачається на його нагрів і виділяється в навколишнє середовище [1-4].

При складанні математичної моделі (диференціальних рівнянь теплового балансу) приймаємо наступні припущення які спрощують математичний опис: теплопередача випромінюванням і теплопровідністю враховується коефіцієнтом теплообміну; теплофізичні параметри металу і середовища від температури не залежать і в часі не змінюється; температура продуктів згоряння і їх суміш з повітрям, подана в камеру однакова за довжиною і перетині і дорівнює температурі на виході (завдяки інтенсивному перемішуванню) [3, 4].

Отримані рівняння описують динаміку процесів теплообміну в теплогенераторі. Використовуючи аналітичний метод визначення динамічних характеристик об'єкта моделювання припускаємо усереднення рухомих сил, взаємодіючих середовищ і прийняття умови лінійності зміни показників процесу за всією довжиною теплообмінного апарата. Після відповідних спрощень запишемо рівняння статички, переписемо його змінні параметри у вигляді суми сталого значення і приросту. Підставляючи значення змінних параметрів в отримані рівняння, після множення, віднімання рівнянь статички і нехтування складовими другого ступеню малосності, отримаємо систему лінійних диференціальних рівнянь які описують динаміку теплогенератора.

Застосовуючи до отриманих рівнянь перетворення Лапласа при нульових початкових умовах, отримаємо систему диференційних рівнянь в операторній формі:

$$(T_1 p + 1) \Delta \theta_c(p) = k_1 \Delta q_T(p) + k_2 \Delta t_2(p) + k_3 \Delta t_1(p) + k_4 \Delta G_{nc}(p), \quad (1)$$

$$(T_2 p + 1) \Delta t_{v2}(p) = k_5 \Delta t_{v1}(p) + k_6 \Delta G_v(p) + k_7 \Delta \theta_k(p) + k_8 \Delta \theta_c(p), \quad (2)$$

$$(T_3 p + 1) \Delta \theta_k(p) = k_9 \Delta t_{v1}(p) + k_{10} \Delta t_{v2}(p) + k_{11} \Delta t_z(p). \quad (3)$$

Передатні функції об'єкту по окремих каналах регульованих і регулюючих параметрів отримаємо у вигляді:

$$W_1(p) = \frac{\Delta \theta_c(p)}{\Delta q_T(p)} = \frac{k_1}{T_1 p + 1}, \quad W_2(p) = \frac{\Delta \theta_c(p)}{\Delta t_2(p)} = \frac{k_2}{T_1 p + 1}, \quad W_3(p) = \frac{\Delta \theta_c(p)}{\Delta t_1(p)} = \frac{k_3}{T_1 p + 1},$$

$$W_4(p) = \frac{\Delta \theta_c(p)}{\Delta G_{nc}(p)} = \frac{k_4}{T_1 p + 1}, \quad W_5(p) = \frac{\Delta t_{v2}(p)}{\Delta t_{v1}(p)} = \frac{k_5}{T_2 p + 1}, \quad W_6(p) = \frac{\Delta t_{v2}(p)}{\Delta G_v(p)} = \frac{k_6}{T_2 p + 1},$$

$$W_7(p) = \frac{\Delta t_{v2}(p)}{\Delta \theta_k(p)} = \frac{k_7}{T_2 p + 1}, \quad W_8(p) = \frac{\Delta t_{v2}(p)}{\Delta \theta_c(p)} = \frac{k_8}{T_2 p + 1}, \quad W_9(p) = \frac{\Delta \theta_k(p)}{\Delta t_{v1}(p)} = \frac{k_9}{T_3 p + 1},$$

$$W_{10}(p) = \frac{\Delta \theta_k(p)}{\Delta t_{v2}(p)} = \frac{k_{10}}{T_3 p + 1}, \quad W_{11}(p) = \frac{\Delta \theta_k(p)}{\Delta t_z(p)} = \frac{k_{11}}{T_3 p + 1}.$$

На основі системи рівнянь (1) – (3) і визначених передатних функцій, отримана лінійна математична модель динаміки теплогенератора у вигляді структурної схеми (рис. 2).

Отриманий математичний опис передатними функціями повністю визначає динамічні властивості теплогенератора з урахуванням інерційності металевих конструкцій і теплових втрат у зовнішнє середовище.

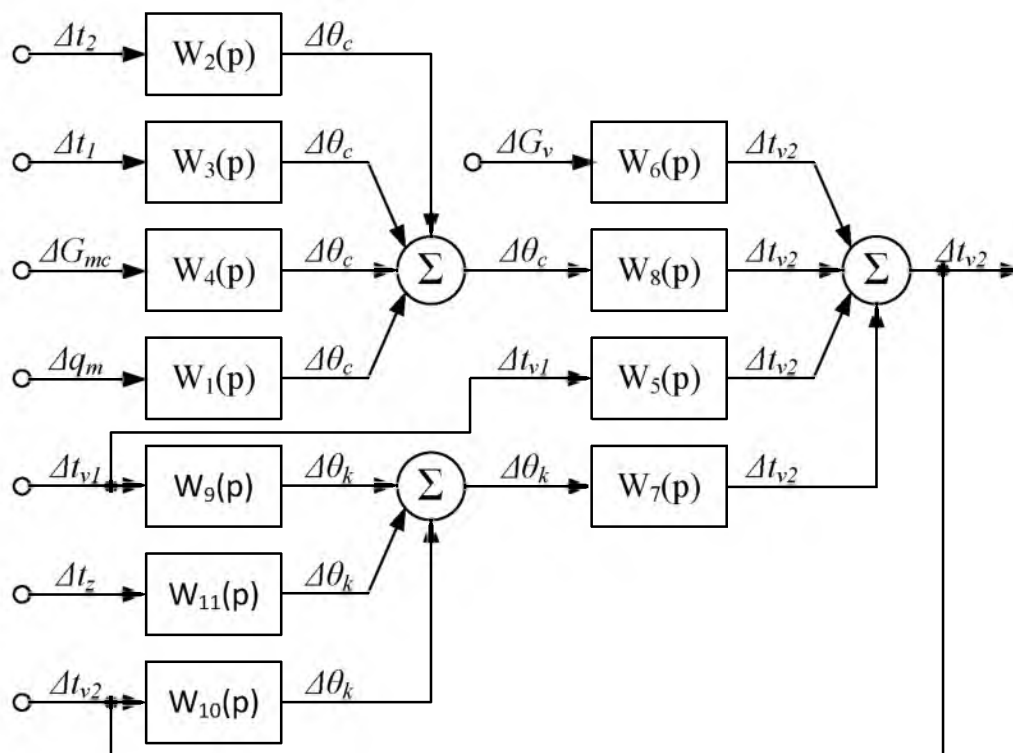


Рис. 2. Структурна схема лінійної математичної моделі динаміки теплових процесів в теплогенераторі

### Література

1. Антипов С. Машины и аппараты пищевых производств. 2008. 591 с.
2. Бакластов А. М., Горбенко В. А., Данилов О. Л. Промышленные теплообменные процессы и установки. Ред. Бакластова А. М. Москва: Энергоатомиздат, 1986. 328 с.
3. Гинзбург А. С. Расчет и проектирование сушильных установок пищевой промышленности. Москва: Агропромиздат, 1985. 336 с.
4. Лыков А. В. Теплообмен : справочник. Москва: Энергия, 1971.- 550 с.
5. Чернокрылюк В. В. Підвищення ефективності роботи теплогенераторів малої потужності на різних видах палива : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.23.03. Харків, 2015. 19 с.
6. Сенчук М. П. Підвищення ефективності використання твердого палива в теплогенераторах для систем тепlopостачання : автореф. дис... канд. техн. наук: 05.23.03. К., 1997. 18 с.