

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-114>

**DEVELOPMENT OF THE MATHEMATICAL MODEL
OF THE TUNNEL FURNACE FOR OPTIMIZING THE USE
OF ENERGY RESOURCES**

**РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ТУНЕЛЬНОЇ ПЕЧІ
ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ**

Pipko O.V.,

*Student (group 122-23-1m),
LLC “Technical university
“Metinvest polytechnic”,
Zaporizhzhia, Ukraine*

Піпко О.В.,

*студент гр. 122-23-1м,
ТОВ «Технічний університет
«Метінвест політехніка»,
м. Запоріжжя, Україна*

Getman I.A.,

*PhD (Engineering),
associate Professor, LLC “Technical
university “Metinvest polytechnic”,
Zaporizhzhia, Ukraine*

Гетьман І.А.,

*к.т.н., доцент,
ТОВ «Технічний університет
«Метінвест політехніка»,
м. Запоріжжя, Україна*

На сучасному етапі виробництва на перший план виходить енергоефективність. Чим менше витрачається енергоресурсів в процесі виробництва, тим краще, тим менше собівартість отриманої продукції [1, с. 12].

Існує два способи зменшення витрати енергоресурсів. Один з них базується на проведенні тривалих і дорого вартісних експериментів. При цьому отримати швидко бажаний результат досить проблематично, тому що, потрібно проведення тривалих дослідів, отримання статистичних даних з можливим порушенням технологічного процесу та отриманням невідповідної якості продукції. Раніше цей спосіб був безальтернативним. Проте зараз, зі збільшенням обчислювальної потужності персональних комп'ютерів та появою спеціалізованого програмного забезпечення він вже не настільки актуальний та відійшов на другий план.

Другий – це побудова математичної моделі технологічного агрегату, яка, хоч і спрощено, але відображає усі залежності в його роботі [2, с. 13]. При цьому можна використати результати, які отримані в процесі експлуатації технологічного агрегату без відхилень від його режимної карти.

Повноцінну математичну модель роботи тунельної печі одразу зробити важко. Проте, якщо обрати певний напрямок, то можна без великих ускладнень отримати досить непогані результати. Наприклад, опрацюємо температурний режим даного технологічного агрегату. В цьому випадку на перший план виходить так звана крива нагрівання. Тобто розподіл температур по довжині печі. Умовно піч при такому моделюванні можна розділити на дві частини: керовану та некеровану. В некерованій немає пальників і температура в ній поступово зменшується в залежності від того, наскільки димові гази відійшли від керованої зони, в якій розташовані пальники.

Основна задача – це правильно змоделювати режим роботи керованої зони тунельної печі, в якій безпосередньо відбувається згорання природного газу. Фактична основа в цьому випадку – це потрібне значення температури для випалювання продукції. Наприклад, потрібне значення температури в керованій зоні тунельної печі – 1200 °С. Також потрібно враховувати початкову температуру. Якщо піч тільки почала працювати, то вона становить 20 °С. Відповідно потрібно збільшити температуру на 1180 °С і на це буде витрачено значно більше природного газу. Якщо ж початкова температура становить 1100 °С, тобто попередньо випалювалась якась продукція, то потрібно збільшити температуру усього на 100 °С і на це вже буде використано значно менше природного газу.

У спрощеному вигляді кількість теплоти можна визначити наступним чином [3, с. 87]:

$$Q = C * V * \Delta T + Q_{\text{втрат}}, \quad (1)$$

де Q – загальна кількість теплоти, кКал/кВт;

C – середня теплоємність матеріалів, Дж/(кг·К);

V – об'єм простору, 1 м³;

ΔT – різниця температур, °С;

$Q_{\text{втрат}}$ – теплові втрати, кКал/кВт;

При цьому масу газу можна визначити наступним чином:

$$m_{\text{газу}} = Q / (q * \eta), \quad (2)$$

де $m_{\text{газу}}$ – маса газу, кг;

q – теплотворна здатність газу, кКал/кВт;

η – ККД обладнання, %;

Формули (1) та (2) дозволяють розрахувати витрату газу. Але потрібно враховувати не тільки це, але і співвідношення природного газу та повітря. В нашому випадку використовуються пальники Kromschroder ВЮ140НВ, для яких співвідношення природний газ/повітря повинно

становити 1,05. Тобто на 1 м^3 газу повинно йти $1,05 \text{ м}^3$ повітря. При цьому також потрібно враховувати ще одне важливе обмеження – це температура повітря, яка подається до пальника і повинна знаходитися в діапазоні від 270 до 450°C згідно паспортних даних.

Окремо варто відзначити максимальну потужність пальника. Вона визначається графіком, який наведено на рисунку 1. Інший важливий графік регламентує співвідношення повітря високого тиску та підігрітого повітря та його наведено на рисунку 2.

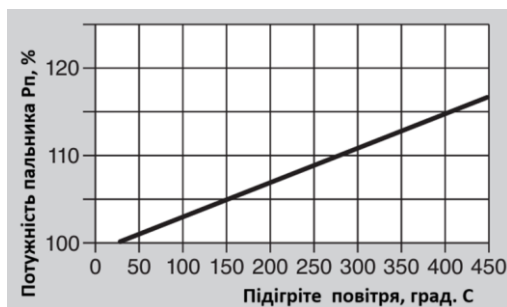


Рис. 1. Співвідношення потужності пальника та температури підігрітого повітря для пальника Kromschroder BIO140NB

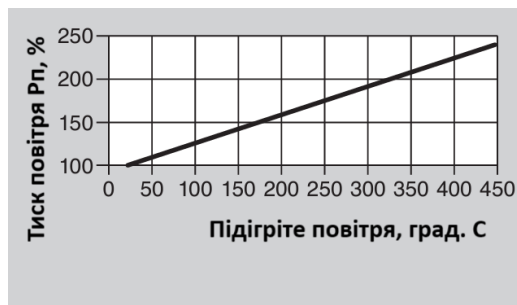


Рис. 2. Співвідношення повітря високого тиску та підігрітого повітря для пальника Kromschroder BIO140NB

На основі раніше наведеної інформації можна побудувати математичну модель роботи тунельної печі, яка дозволить істотно

зменшити витрату природного газу за рахунок оптимізації режиму згорання.

Висновки:

1. У формулі 1 потрібно мінімізувати значення теплових втрат $Q_{\text{втр}}^{\text{т}}$. Повністю їх ліквідувати неможливо, але мінімізувати однозначно можливо. Крім того, інші значення в формулі (1) можна визначити. Відповідно витрати можна розрахувати і спробувати мінімізувати.

2. На поточний час температура підігрітого повітря фактично становить 270 – 320 °С. Згідно паспортних даних її можна збільшити до 450 °С. Проте такий режим роботи не є бажаним, оскільки може привести до того, що паливник може вийти з ладу. Але режим з 400 °С температури нагрітого повітря є припустимим. Більш того, згідно рисунку 1, він дозволяє отримати 115 % потужності паливника і є оптимальним.

3. Для забезпечення оптимального співвідношення природній газ/повітря рекомендується забезпечити відсоток повітря високого тиску на рівні 225%. Згідно наведених раніше графіків це дозволить забезпечити при мінімальній витраті природного газу максимальне використання отриманого тепла.

Проте для більш якісного прогнозування потрібно цю модель реалізувати у вигляді програми та провести додаткові розрахунки, що і планується зробити в майбутньому.

Перелік використаних джерел

1. Математичне моделювання систем і процесів: навч. Посібник/ П.М. Павленко, С.Ф. Філоненко, О.М. Чередніков, В.В. Трейтяк -К.: НАУ, 2017. -392с.

2. Стажицький О.М., Таран Є.Ю., Гординський Л.Д. Основи математичного моделювання: Навчальний посібник. -К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2006. – 96с.

3. М.І. Горбійчук, М.І. Когутяк, В.М. Гарасимів Математична модель підігрівника з проміжним теплоносієм. *Методи та прилади контролю якості* : наук.-техн. журн. – Івано-Франківськ : ІФНТУНГ. – 2021. – , № 2. – 112 с. – 2021 – с. 83 – 95