

**Шифр: Методична піч**

**ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СКЛАДУ ПАЛИВА  
НА ТЕПЛОВУ РОБОТУ  
ПЕЧІ З КРОКУЮЧИМ ПОДОМ**

## АНОТАЦІЯ

В науковій роботі під шифром "Методична піч" проведено теоретичний аналіз можливості використання низькокалорійного палива в нагрівальній печі з крокуючим подом при нагріванні заготовок перед прокаткою. Показано, що доцільність використання низькокалорійного палива визначається тільки співвідношенням цін на доменний і природний газ.

Завданням наукової роботи є тепловий розрахунок печі з крокуючим подом на суміші природного та доменного газу.

Метою роботи є підвищення економічності нагріву заготовок в печі з крокуючим подом при використанні суміші природного і доменного газу.

Обсяг роботи 14 сторінок, 7 рисунків, 4 використаних наукових джерел.

Ключові слова: нагрівальна піч, природно-доменна суміш, заміна палива, економія палива, співвідношення цін.

## ЗМІСТ

Вступ.....	4
Постановка задачі.....	5
Результати досліджень.....	6
Висновки .....	13
Список літератури.....	14

## ВСТУП

Об'єктом досліджень в даній роботі є піч з крокуючим подом, розміщена на стані 550-2 «Євраз - ДМЗ» (Дніпро).

Питання часткової або повної заміни природного газу на доменний або коксовий при нагріванні металу в нагрівальних печах є актуальним в першу чергу через високу вартість природного газу.

В [1] на основі аналізу укрупнених теплових балансів печей показано, що заміна одного газоподібного палива іншим повинна проводитися по співвідношенню:

$$V_2 = V_1 \cdot \frac{Q_{p,1}^H}{Q_{p,2}^H} \cdot \frac{\eta_{\text{КИТ},1}}{\eta_{\text{КИТ},2}},$$

де індекси 1 і 2 – заміщаєме і паливо, котре заміщує;  $V_2$  и  $V_1$  – витрата палива,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $Q_{p,1}^H$  і  $Q_{p,2}^H$  – питома теплота згоряння палива,  $\text{Дж}/\text{м}^3$ ;  $\eta_{\text{КИТ},1}$  і  $\eta_{\text{КИТ},2}$  –

коефіцієнт використання хімічної енергії палива:  $\eta_{\text{КИТ}} = \frac{Q_p^H + Q_b + Q_{yx}}{Q_p^H}$ ;  $Q_b$ ,  $Q_{yx}$

– фізична теплота підігрітого повітря і фізична теплота минаючого з печі диму, віднесені до  $1 \text{ м}^3$  палива.

Іншими словами, заміна палива повинна проводитися з урахуванням умов спалювання палива, які, в свою чергу, залежать від умов теплообміну в камері спалювання палива. Це теплотехнічний підхід до заміни палива.

На практиці також цікавий економічний аналіз, що враховує зміну вартості палива. З цим питанням тісно пов'язане питання формування ціни на доменний і коксовий газ в залежності від вартості природного газу.

## ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Для оцінки економічної доцільності вибору того чи іншого палива був виконаний теплотехнічний розрахунок печі з крокуючим подом [2] за методикою, запропонованою проф. Ольшанським В.М. [3]. Методика враховує наявність сводових плоскополум'яних пальників. Паливо є сумішшю природного та доменного газу (ПДС).

Вихідні дані в розрахунках прийняті наступні:

- Продуктивність печі: 51 т/год;
- Заготовки прямокутного перетину 145×145 мм;
- Кінцева температура поверхні металу 1200 °С;
- Кінцевий перепад температур по перетину: 50 °С;
- Температура підігріву повітря: 150 °С;
- Довжина заготовок: 3,16 м;
- Число рядів заготовок в печі: 2;
- Висота робочого простору печі: 1,52 м;
- Ширина печі: 7,22 м;
- Довжина томильної зони: 7 м;
- Загальна довжина зварювальних зон: 13,6 м;
- Довжина методичної зони: 9,3 м;
- Теплота згоряння природного газу: 35 МДж/м<sup>3</sup>;
- Теплота згоряння доменного газу: 4 МДж/м<sup>3</sup>;
- Коефіцієнт тепловіддачі від факела до склепіння: 70 Вт/(м<sup>2</sup>·К);
- Ціна доменного газу: 0,84 грн/м<sup>3</sup> (на 1.07.2017 р);
- Ціна природного газу: 10,20 грн/м<sup>3</sup> (на 1.07.2017 р).

## РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Робота печі характеризується залежністю питомої витрати теплоти від продуктивності печі. В роботі була проведена серія розрахунків за методикою, яка описана вище і за результатами цих розрахунків була зроблена залежність питомої витрати умовного палива від продуктивності печі, яка відображена на рисунку 1.

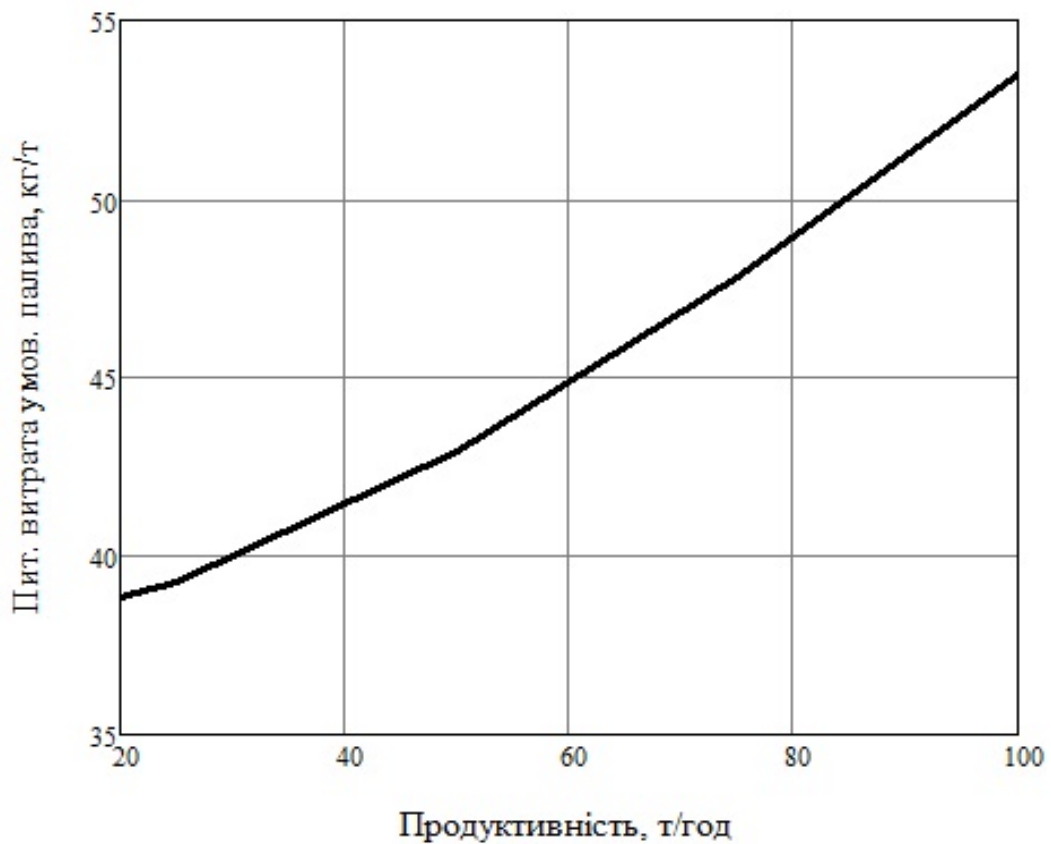


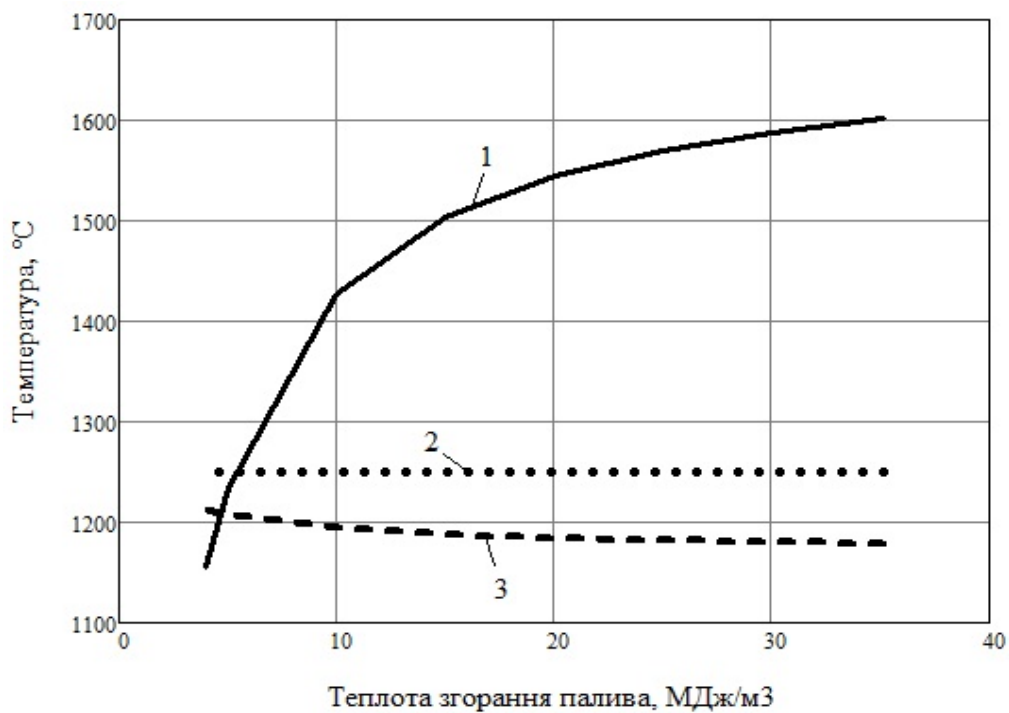
Рисунок 1 – Залежність питомої витрати умовного палива від продуктивності печі

Із рисунка 1 бачимо, що зі збільшенням продуктивності печі, питома витрата постійно зростає і екстремальна залежність з мінімумів для витрати палива відсутня. Це пов'язане з тим, що розрахункові втрати теплоти, визначені за прийнятою методикою Ольшанського В.М., недостатньо точно відображають

реальні теплові втрати. Зокрема не враховуються втрати через щілину між крокуючими і нерухомими балками, через вікно посада, через тимчасово відкриті бічні вікна і через нещільності кладки зводу.

Для того щоб дослідити вплив складу палива на економічність роботи печі був проведений обчислювальний експеримент при різній теплоті згорання ПДС.

На рисунку 2 відображена залежність температур факелу та температур диму по зонам печі від теплоти згорання палива.

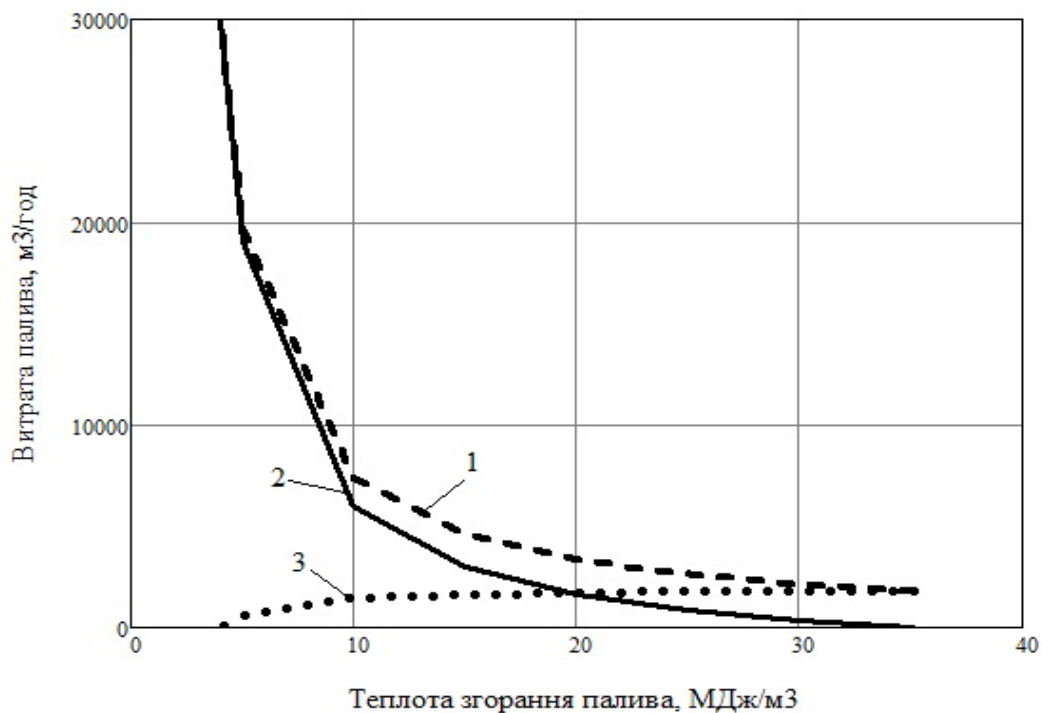


1 – температура факелу; 2 – температура томильної зони; 3 – температура зварювальної зони

Рисунок 2 – Залежність температур диму від теплоти згорання палива

Із рисунка 2 бачимо, що температура томильної зони найвища, перетин кривої температури томильної зони і кривої температури факелу показує мінімальне значення теплоти згорання палива, при якій піч може експлуатуватися.

Залежність витрати палива від теплоти згорання палива відображена на рисунку 3.



1 – витрата суміші; 2 – витрата доменного газу; 3 – витрата природного газу

Рисунок 3 – Залежність витрати палива від теплоти згорання палива

Із рисунка 1.3 бачимо, що зі збільшенням теплоти згорання палива, витрата доменного газу – зменшується, а витрата природного газу збільшується.

Залежність частки доменного газу в суміші від теплоти згорання палива відображена на рисунку 4.



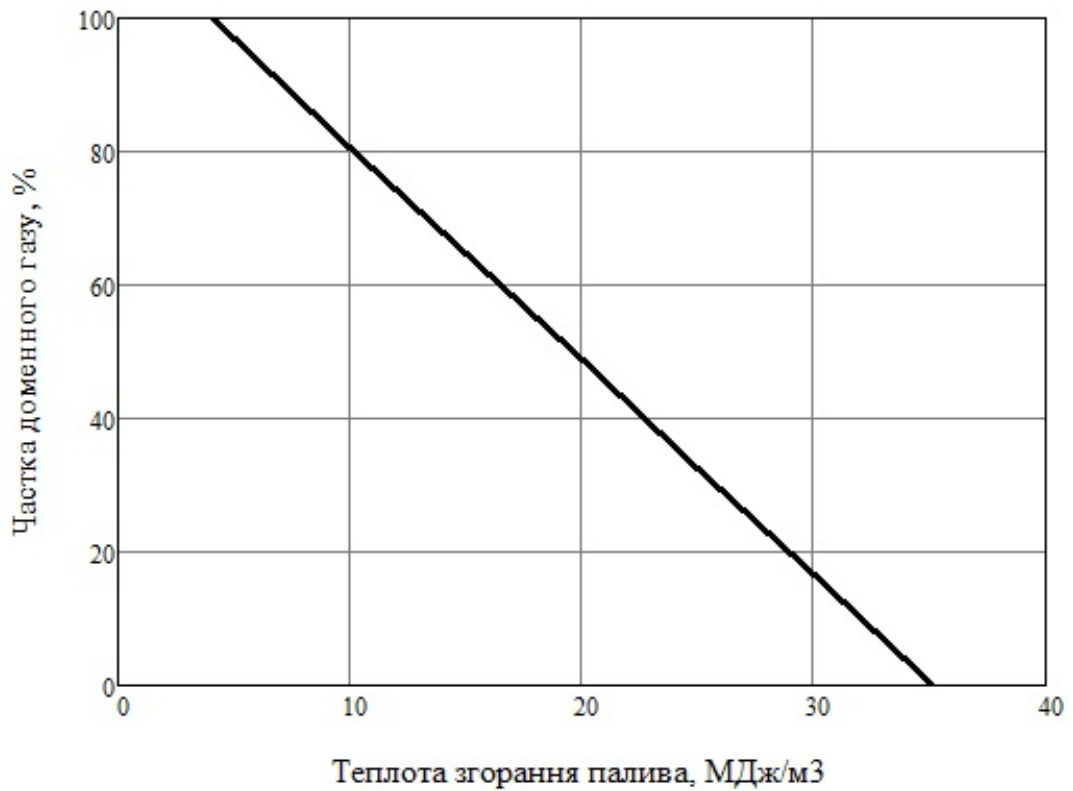


Рисунок 4 – Залежність частки доменного газу в суміші від теплоти згорання палива

Із рисунка 4 видно, що чим вище частка доменного газу, тим нижче теплота згорання палива.

Залежність питомої витрати умовного палива від теплоти згорання палива відображена на рисунку 5.

На рисунку 5 бачимо, що при збільшенні теплоти згорання палива, шляхом зменшення частки доменного газу в суміші, буде знижуватися питома витрата умовного палива.

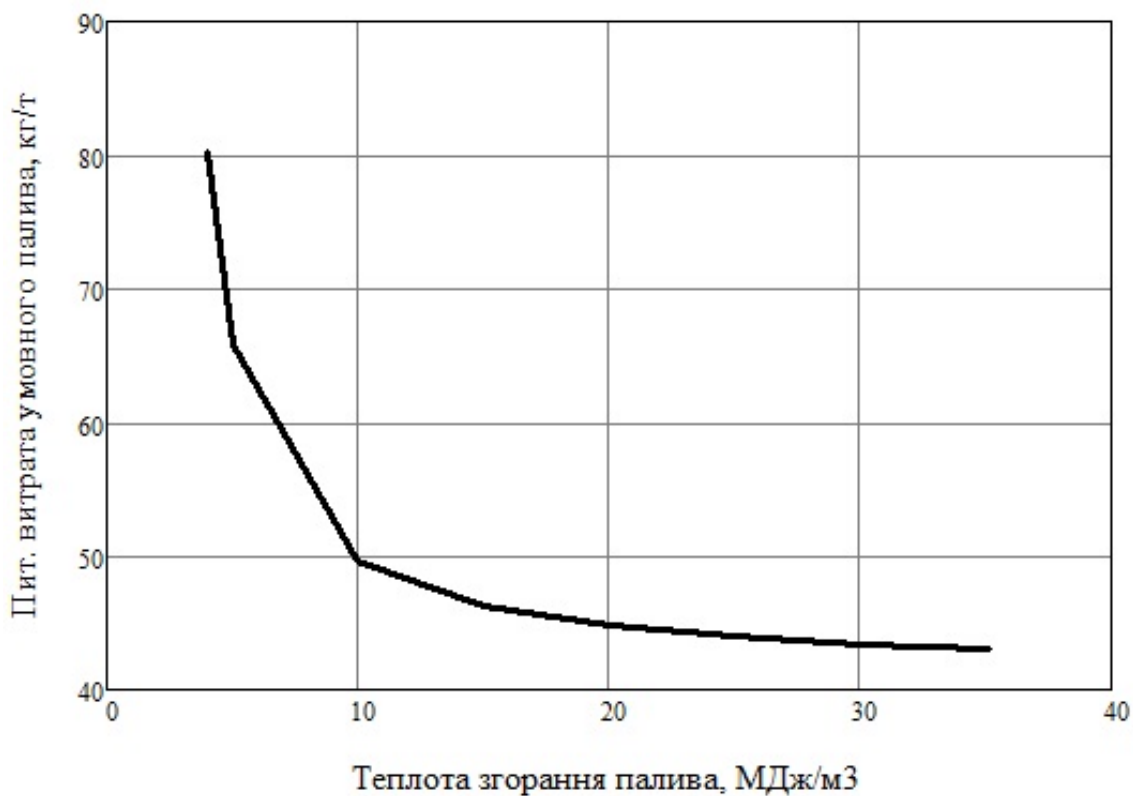


Рисунок 5 – Залежність питомої витрати умовного палива від теплоти згорання палива

Залежність питомих витрат на паливо від теплоти згорання палива відображена на рисунку 6. Питомі витрати на паливо визначалися за формулою:

$$B = \frac{(V_{\text{п.дом.}} \cdot \text{Ц}_{\text{дом.г.}} + V_{\text{п.пр.}} \cdot \text{Ц}_{\text{пр.г.}})}{P},$$

де  $V_{\text{п.дом.}}$  – годинна витрата доменного газу на піч,  $\text{м}^3/\text{год}$ ;

$\text{Ц}_{\text{дом.г.}}$  – ціна доменного газу,  $\text{грн}/\text{м}^3$ ;

$V_{\text{п.пр.}}$  – годинна витрата природного газу на піч,  $\text{м}^3/\text{год}$ ;

$\text{Ц}_{\text{пр.г.}}$  – ціна природного газу,  $\text{грн}/\text{м}^3$ ;

$P$  – продуктивність печі,  $\text{т}/\text{год}$ .

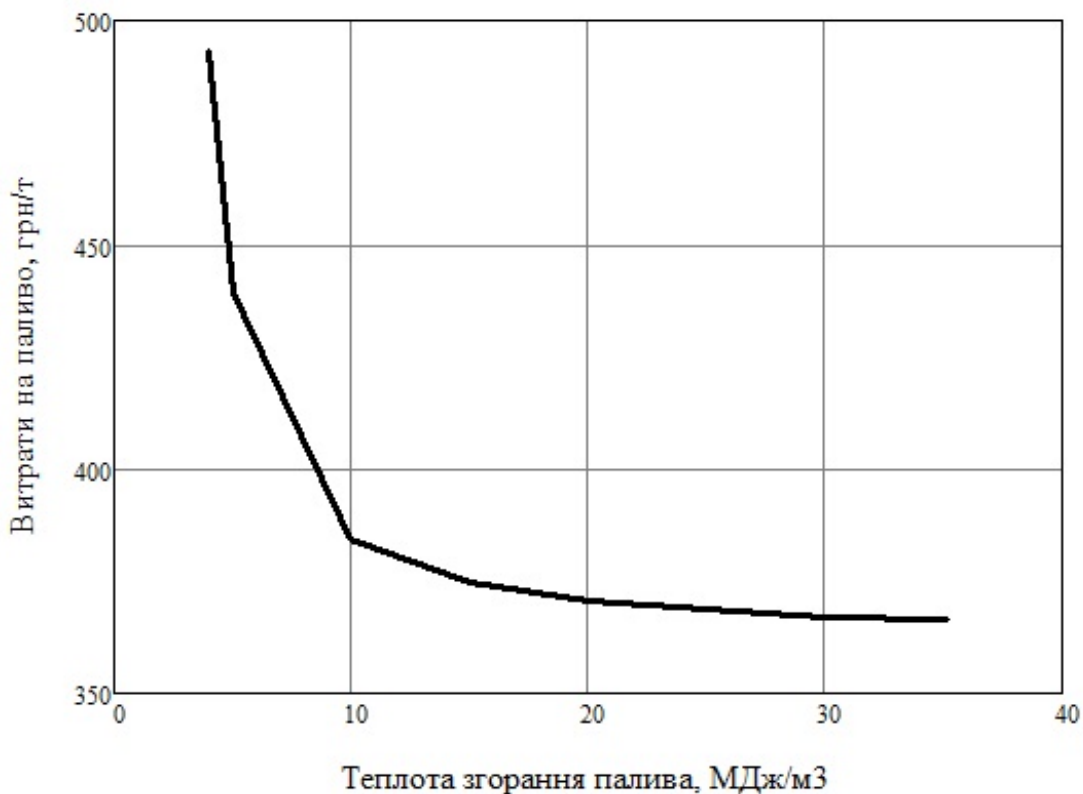


Рисунок 6 – Залежність витрат на паливо від теплоти згорання палива

Із рисунка 6 видно, що при збільшенні теплоти згорання палива, зменшуються витрати на паливо. Звідси виходить, що чим вище теплота згорання палива, тим економічніше працює піч. Таким чином перехід з природного газу на ПДС на даний час недоцільний.

Зробивши тепловий розрахунок печі можна зробити висновки, що піч можна перевести на ПДС і вона буде працювати, але не економічно.

На рис. 7 бачимо, що при збільшенні частки природного газу в суміші, буде знижуватися питома витрата теплоти.

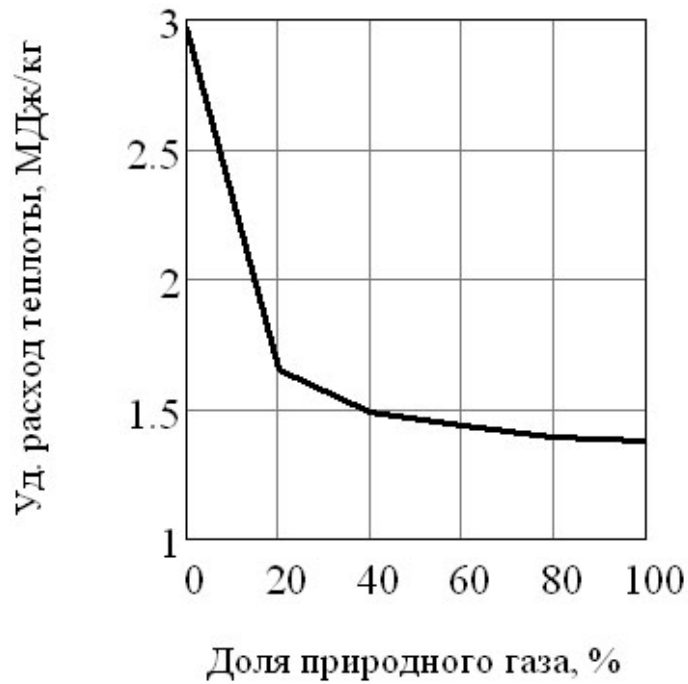


Рис. 7 –Залежність питомої витрати теплотивід частки природного газу в природно-доменній суміші

В даний час на підприємстві відношення цін на газ складає 1:12 (ціна природного газу 10,3 грн/м<sup>3</sup>, ціна доменного газу 0,84 грн/м<sup>3</sup>). Таким чином, встановлена на підприємстві дуже висока ціна доменного газу в розмірі 0,84 грн/м<sup>3</sup> не стимулює проведення робіт по економії природного газу.

При зниженні ціни на доменний газ до 0,2-0,4 грн/м<sup>3</sup> можливо отримати економію природного газу до 14,5%, а доцільність переходу з природного газу на низькокалорійну суміш газів настає при відношенні цін на доменний і природний газ більше ніж 1:25 [4].

## ВИСНОВКИ

1. Заміна природного газу природно-доменною сумішшю на діючій печі з крокуючим подом економічно недоцільна при будь-якій частці природного газу в суміші, що пов'язано з дуже високою ціною доменного газу, прийнятої на «Євраз - ДМЗ» (Дніпро).

2. Потрібно проведення подальших досліджень, пов'язаних з удосконаленням методики теплового розрахунку печі з крокуючим подом і розрахунку теоретичної ціни доменного газу, для підвищення економічності процесу нагріву сталевих заготовок.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Румянцев В.Д. Теплотехника. – Днепропетровск: Пороги, 2011. – 543 с.
2. Ковтун О.О., Бровкін В.Л. Дослідження впливу складу палива на теплову роботу печі з крокуючим подом (ПШП) // Молода академія-2017: збірка тез доповідей Всеукраїнської науково-технічної конференції студентів і молодих учених. – Дніпро: НМетАУ, 2017. – С. 161-162.
3. Metallurgические печи. Теория и расчеты. В 2 т. Т. 2 / В.И. Губинский [и др.]. Под общ. ред. В.И. Тимошпольского, В.И. Губинского. – Минск: Белорус. Наука, 2007. – 832 с.
4. Бровкин В.Л., Лазич Л., Варга А., Кизек Я., Ковтун А.О. Тепловая работа нагревательной печи с шагающим подом на смеси природного и доменного газа / Теплотехніка, енергетика та екологія в металургії: колективна монографія. У двох книгах. – Книга друга / Під загальною редакцією Ю.С. Пройдака. – Дніпро: Нова ідеологія, 2017. – С. 75-78.