

УДК 696.2

Підвищення ефективності використання природного газу в побутових газових плитах

В. А. Коновалюк², Ю. Й. Франчук³

¹ к.т.н., доц. Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ, Україна, konovaliuk.va@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0001-5115-7188

² к.т.н., ас. Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ, Україна, franchuk.yy@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0002-7910-8705

В Україні близько третини енергії отримується від спалювання газу (біля 30 млрд.куб.м. природного газу на рік). Більше половини за кількості газу спалюється в комунально побутовому секторі, до якого входить населення. Найбільша кількість приладів, призначених для спалювання газу, встановлена у населення і це переважно побутові газові плити. Витрата газу, яку споживають ці прилади, складає основну частину газу, що використовується в країні в літній період року. В зв'язку із значним подорожчанням енергоносіїв та переходом оплати газу в одиницях енергії питання енергоефективного споживання газу набуває все більшої актуальності. В даній роботі проведено аналіз використання газу при різних тисках в побутових газових плитах. Зроблено порівняння ефективності використання газу порівняно з використанням електричної енергії. Визначено, що оптимальним тиском перед пальником газової плити, при якому спалювання має найбільш економічний ефект, є 2400 Па. При цьому тиску порівняно з електричною енергією ефективність збільшується на 20,8%. При відхиленні тиску газу від 2400 Па спостерігається зниження ефективності спалювання і при тиску 1800 використання природного газу стає економічно недоцільним (порівняно з використанням електричної енергії для приготування їжі).

Ключові слова: газопостачання, тиск, витрата газу, економічна ефективність

Вступ. Одним із основних заходів державної політики України у сфері забезпечення енергетичної ефективності є надання переваги енергоефективним заходам, які зменшують попит на енергію. Незважаючи на те, що в Україні впроваджуються альтернативні технології отримання енергії та застосовуються відновлювальні її джерела, природний паливний газ для економіки країни залишається дуже важливим.

У «Енергетичній стратегії України на період до 2035 року: «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність» [1] прогнозується, що частка природного газу в загальній кількості паливо-енергетичних ресурсів України в 2035 році складатиме більше 30 %.

Незважаючи на загальну тенденцію до зниження кількості газу, що споживається в Україні, його вартість істотно збільшується.

Актуальність дослідження. Наразі споживання природного газу комунально-побутовим сектором, основну частину якого складає населення, перевищує споживання промисловістю. Тому питання підвищення ефективності використання газу за рахунок забезпечення оптимальних умов його спалювання, в тому числі на побутових приладах, є досить актуальним.

В літній період спожитий населенням газ в основному витрачається на приготування їжі, тобто, основним газоспоживаючим приладом є газова плита. В зимовий період до газових плит

підключаються газові опалювальні пристрої. Частка газових нагрівачів в загальній кількості газових приладів найменша.

Як наслідок, дотримання ефективного спалювання газу на побутових газових плитах є актуальною задачею, як і визначення необхідних параметрів і факторів, які забезпечують цей процес.

Останні дослідження та публікації. У відповідності до прийнятого Закону № 2553 «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо запровадження на ринку природного газу обліку та розрахунків за обсягом газу в одиницях енергії» [2] визначення кількості спожитого газу відбувається в одиницях енергії.

Одним з факторів, що впливають на кількість енергії, яка міститься в природному газі, є його тиск. Авторами проведено дослідження проблеми забезпечення оптимального тиску в розподільчих мережах газопостачання перед побутовими газовими приладами [3], а також аналіз впливу тиску газу на параметри його спалювання в газових плитах [4].

Формулювання цілей статті. Метою роботи є визначення чисельних значень основних факторів, що можуть підвищити ефективність спалювання природного газу порівняно з іншими джерелами енергії.

Основна частина. До основного побутового газового обладнання відносять газові плити, водонагрівачі й котли. Газові плити – найпоши-

реніший пристрій, який встановлений практично в кожній кухні всіх газифікованих житлових будинків.

Із підвищенням вартості природного газу все більшу актуальність набуває необхідність повного використання всієї енергії, яка може вивільнитися при його спалюванні. Наразі тільки в конденсаційних газових котлах передбачена можливість додаткового використання теплоти, що міститься в димових газах, які утворюються при спалюванні. Таким чином забезпечується повнота використання енергії.

Кількість природного газу, який спалюється на пальниках побутових газових плит становить основну частку в сукупному газоспоживанні, особливо це відчутно в літній період.

Побутові газові плити повинні відповідати вимогам ДСТУ 2204-93 [5].

Газові плити в залежності від особливості конструкції пальників розраховані на роботу при номінальному тиску газу від 1274 та 1960 Па або на скрапленому газі при тиску 2940 Па.

Забезпечення повноти спалювання газу на пальниках газової плити, що можливе при забезпеченні необхідного вмісту кисню в газоповітряній суміші, дозволить не тільки використати енергію палива повністю але й зменшити вміст шкідливостей в димових газах. Останній фактор повинен бути приведений до значень, що відповідає вимогам екологічних характеристик у відповідності до нормативів Євросоюзу.

Газові пальники сучасних плит запроєктовані однаковими для усіх типорозмірів газових плит, забезпечують стійке спалювання природного газу без проскоку та відриву полум'я.

ККД пальників сопла при номінальному режимі для підлогових плит не менше 56%, для настільних - не менше 57%. В інструкціях окремих виробників вказано, що ККД > 54 %.

У деяких інструкціях дублюється інформація з ДСТУ 2204-93 та зазначається ККД > 59 % для випадку використання пальників тепловою потужністю більше 1,05 кВт.

Для створення оптимального режиму роботи побутових газових приладів необхідно подати газ з тиском, який забезпечить повноту його спалювання.

Максимальний робочий тиск газу після регулятора тиску, що подає газ побутовим газовим приладам, встановлюється залежно від номінального перед приладами, але не більше ніж 300 даПа для природного газу.

Для систем газопостачання низького тиску мінімальний тиск подачі газу у найбільш віддаленого споживача повинен бути не менше ніж 70 даПа [6]. Державними будівельними норма-

ми передбачається подача тиску в мережі низького тиску на рівні 1200 Па.

Було проведено наліз дослідження впливу тиску на ефективність спалювання в побутових газових плитах.

Об'єктом дослідження була двоступенева змішана система газопостачання середнього і низького тиску смт Ямпіль і села Мокроволя Хмельницької області. Принципова схема системи газопостачання наведена на рис.1.

Досліди проводилися в двох газифікованих будинках, розташованих в протилежних кінцях населеного пункту (в точках 1 і 2 на рис.1).

Схема газопостачання будівлі наведена на рис. 2.

Визначалась ефективність роботи пальників газової плити «Bartscher» GNU з вказаним в паспорті приладу робочим тиском 2000 Па (20 мбар). Плита має пальники різної потужності. Для обліку газу використовувався мембранний лічильник газу «Metrix» G 4, який має клас точності 1,5, робочий діапазон температур (-30)...(+55) С, втрати тиску при Q_{max} не більше 200 Па, повірений в лабораторії ПАТ "Хмельницькгаз".

Досліджувався процес нагрівання води в ємності об'ємом 3 літри. Температура повітря при цьому склала 31 °С, атмосферний тиск – 100,792 кПа. У відповідності до значень атмосферного тиску було визначено температуру закипання води, яка склала 99,98 °С.

Враховуючи початкову температуру води, яка нагрівалася на різних конфорках, було визначено різницю температур води для кожного досліду і теоретично необхідну кількість тепла, на нагрівання води до температури кипіння. Енергетичну цінність палива було взято з Паспорту ФХП газу [7]. Середньозважене значення вищої теплоти згорання - 38,36 МДж/м³.

На підставі аналізу отриманих даних можна зробити висновок, що ефективність згорання газу із збільшенням тиску зростає, при цьому максимальне значення ефективності утворюється при тиску 2400 Па.

На підставі аналізу результатів вимірювань зроблено висновок, що оптимальний тиск на пальниках побутових газових плит рекомендується встановлювати на рівні 2400 Па.

Необхідно враховувати діаметр ємностей, в яких відбувається нагрівання.

Більш економічним є використання середньої конфорки. Якщо пріоритетом при спалюванні є економне використання газу – рекомендується використовувати конфорку зменшеної потужності і діаметр посуду має бути середнім.

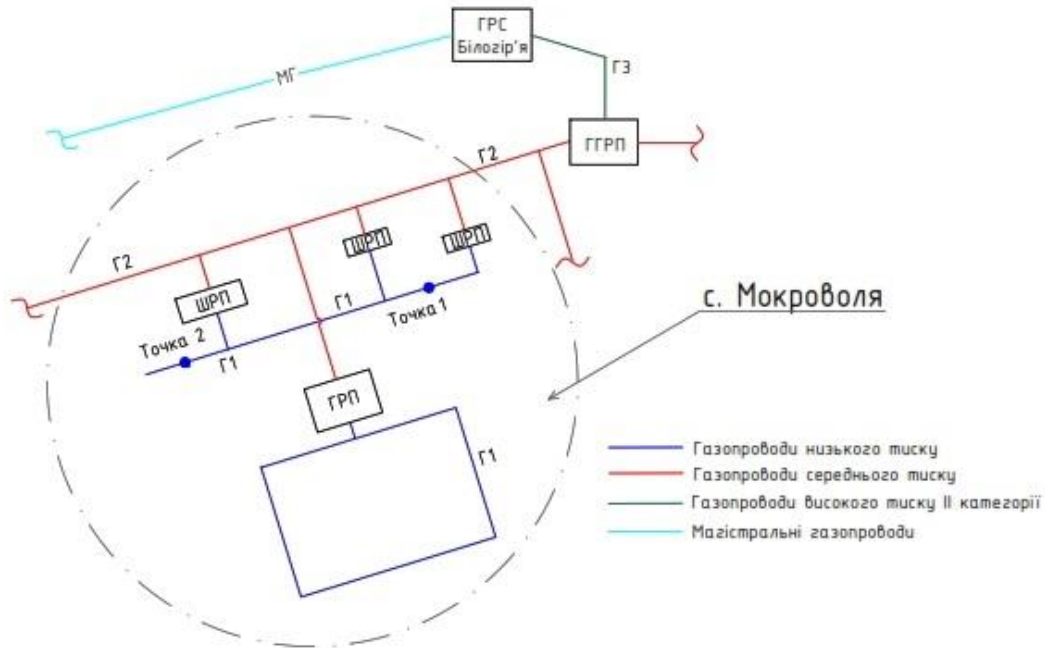


Рис. 1. Принципова схема системи газопостачання смт Ямпіль і с. Мокроволя Хмельницької області

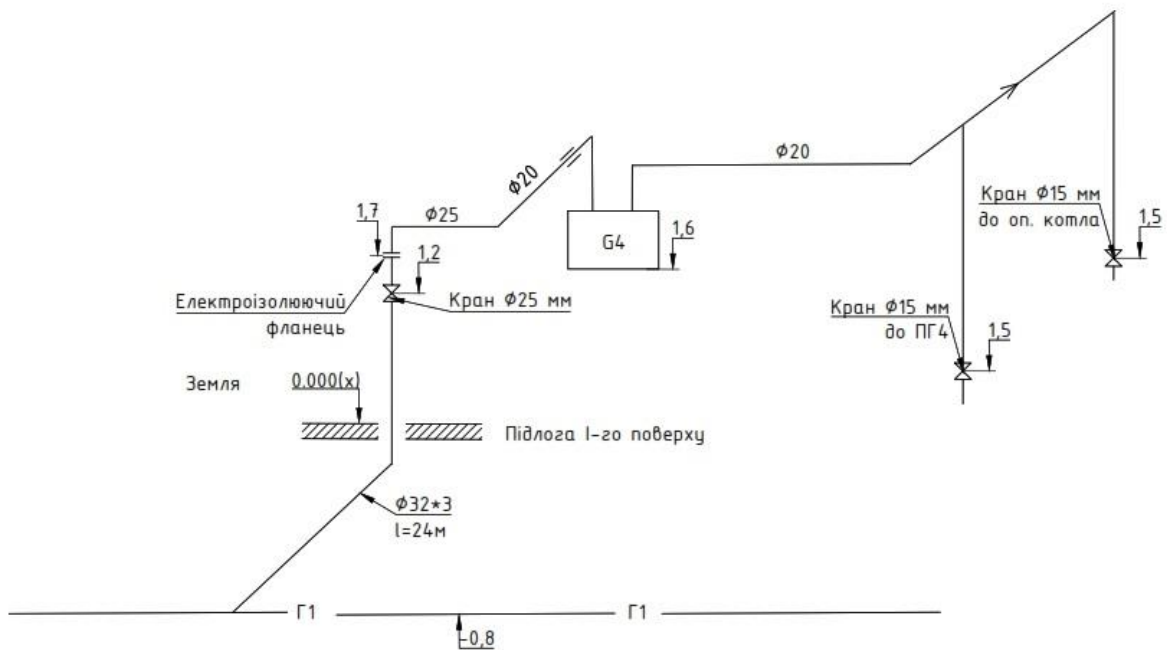


Рис. 2. Схема газопостачання будівлі в смт Ямпіль

При пріоритеті швидкого нагрівання можна використовувати конфорку підвищеної потужності, але розуміти, що кількість газу, що буде використана, буде більшою від попереднього варіанту на значення до 50% [4].

Визначена теоретично необхідна кількість тепла на нагрівання води на газовій плиті. Здійснювалось нагрівання води об'ємом 3 літри, початкова температура – 19,5 °С до температури закипання. Температура навколишнього повітря

при цьому 23 °С, атмосферний тиск – 0,983 атм.

Теоретично необхідна кількість тепла складала 241,3 ккал.

Визначено фактичний ККД при спалюванні газу на конфорці середньої потужності при різних тисках. Результати розрахунків наведені в табл.1.

Із залежності видно, що максимально ефективним є спалювання газу при тиску 2400 Па, ККД сопла пальника при цьому – 66%.

Таблиця 1

ККД при спалюванні газу на конфорці середньої потужності при різних тисках

№ з/п	Тиск газу, Па	Різниця між фактичною і розрахунковою кількостями тепла, ккал	Різниця між фактичною і розрахунковою кількостями тепла, %	Фактична кількість тепла нагрівання води ккал (при різних тисках)	Фактичне ККД
1	1800	242,25	50,1	604,22	39,94
2	2000	116,39	32,5	446,96	53,99
3	2400	50,15	17,2	364,19	60,7
4	2600	123,02	33,8	455,24	53,01

Цей показник перевищує більше мінімальне значення для цих приладів на 10 %.

Визначено коефіцієнт корисної дії спалювання при різних тисках.

Для порівняння економічності отримання енергії для приготування їжі на побутових газових і електричних плитах проведено визначення вартості спожитої енергії (табл.2).

Вартість природного газу визначена за ціною 7,96 грн/куб. м. станом на жовтень 2021 року – квітень 2022 року постачальник ТОВ ГК "Нафтогаз України" [8].

Побудований графік залежності ККД плити від тиску на пальниках (рис. 3).

Графічні залежності вартості використаного газу і часу спалювання однакового об'єму рідини при різних тисках тиску наведені на рис.4 і 5.

Визначена кількість енергії, що необхідна для нагріву води від джерела електричної енергії.

Для нагрівання до точки кипіння 3 л води згідно проведеного дослідження потрібно 0,33 кВт-год електричної енергії.

Тарифи на електроенергію в період з 01.10.2021 по 31 жовтня 2022 року складають:

- для домогосподарств, що споживають на місяць до 250 кВт-год (включно) - 1,44 грн. (з ПДВ) за 1 кВт-год,

- для домогосподарств, що споживають понад 250 кВт-год - 1,68 грн. (з ПДВ) за 1 кВт-год. [9].

Розрахована вартість нагрівання електричною енергією фіксованого об'єму рідини, при різних тарифах, чинних для населення. Вона склала 0,48 грн при загальному споживанні домогосподарства до 250 кВт-год/місяць і 0,56 грн більшому загальному споживанні.

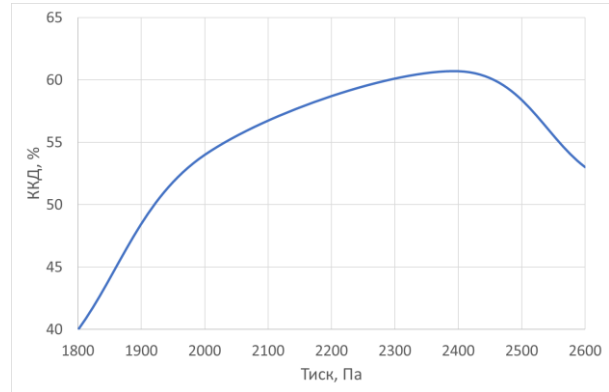


Рис. 3. Графічна залежність коефіцієнту корисної дії плити від тиску газу на її пальниках

Таблиця 2

Вартість газу при його спалюванні на конфорці середньої потужності при різних тисках

Тиск, Па	1800	2000	2400	2500	2600
Час спалювання, с	1074	1050	1019	1003	985
Вартість*, грн.	0,58	0,43	0,38	0,44	0,45

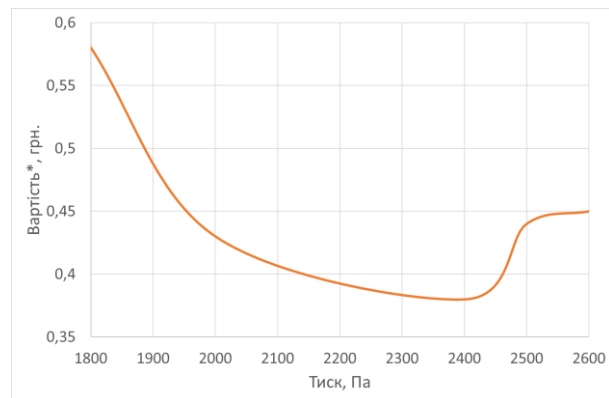


Рис. 4. Графічна залежність вартості використаного газу для нагрівання однакового об'єму рідини від його тиску

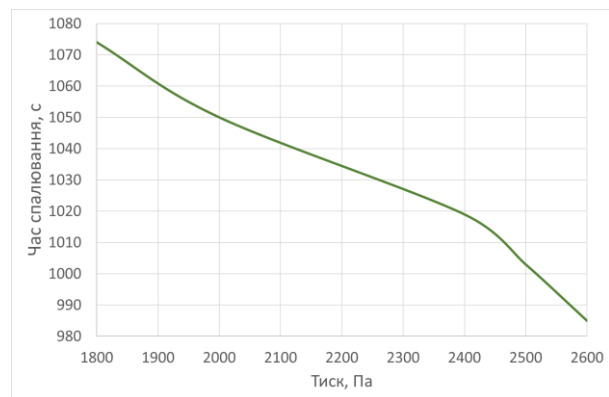


Рис. 5. Графічна залежність часу нагрівання однакового об'єму рідини від тиску газу

Проведено порівняння вартості використання природного газу і електроенергії для побуто-

вих потреб (табл.3, рис.6).

На підставі отриманих результатів видно, що більш економічним джерелом енергії є природний газ. При цьому чітко прослідковується залежність ефективності використання природного газу від тиску, що подається на пальники газовикористовуючих приладів.

Найбільш економічним виявився режим спалювання газу при тиску на пальнику 2400 Па. Вартість використаної енергії при цьому режимі зменшується на 20,8% (для домогосподарств, що мають загальне енергоспоживання до 250 кВт-год), і на 32,1 % (для інших домогосподарств).

Рівень економічності використання газу в даному приладі при зміні тиску зменшується. При тиску 1800 Па більш економічним вже є використання електричної енергії (на 20,5 і 3,2 % для різних домогосподарств). Тиск 1800 Па для даного дослідження був нижньою межею вимірювання. Враховуючи визначену тенденцію, можна прогнозувати при ще більшому зниженні тиску подальше зменшення ефективності використання енергії.

Аналогічна залежність по зменшенню ефективності прослідковується і при зростанні тиску понад 2400 Па.

Чисельні значення співвідношення вартості газу і електричної енергії можуть змінюватись, так як кількість енергії, що містить природний газ, залежить від відсоткового вмісту його компонентів. Компонентний склад газу відображається в Паспорті фізико-хімічних показників природного газу, який щомісячно оприлюднюється Оператором газотранспортної системи України.

Висновки. Визначено, що оптимальним тиском перед пальником газової плити, на якій проводилось дослідження, є 2400 Па. При цьому тиску спостерігалось найбільше вивільнення енергії. Економічна ефективність використання природного газу при даному тиску перед пальниками порівняно з використанням електричної енергії більше на 20,8%.

При відхиленні тиску газу від рівня 2400 Па спостерігається зниження ефективності спалювання і при тиску 1800 використання природного газу стає економічно недоцільним (порівняно з використанням електричної енергії для приготування їжі).

Спалювання газу з забезпеченням необхідної повноти згоряння має позитивний вплив і на навколишнє середовище внаслідок зменшення вмісту чадного газу як у внутрішньому повітрі кухонь, так і в навколишньому середовищі населених пунктів.

Таблиця 3.

Порівняння вартості використання природного газу і електроенергії для побутових потреб

Тиск, Па	1800	2000	2400	2500	2600
Витрата газу, куб.м	0,073	0,054	0,048	0,055	0,057
Вартість нагрівання газом, грн.	0,58	0,43	0,38	0,44	0,45
Кількість енергії від газу, кВт	0,694	0,513	0,456	0,523	0,542
Порівняння вартості (газ-електрика), < 250 кВт-год/міс, %	0,10	-0,05	-0,10	-0,04	-0,03
Порівняння вартості (газ-електрика), < 250 кВт-год/міс, кВт/год	+20,5	-10,9	-20,8	-9,2	-5,9
Порівняння вартості (газ-електрика), > 250 кВт-год/міс, %	0,02	-0,13	-0,18	-0,13	-0,11
Порівняння вартості (газ-електрика), > 250 кВт-год/міс, %	+3,2	-23,6	-32,1	-22,2	-19,4

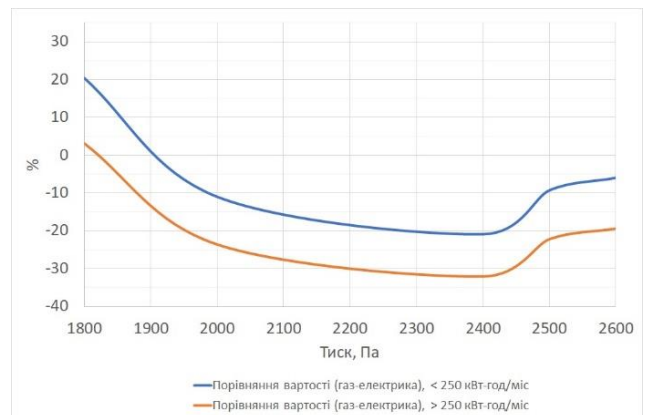


Рис. 6. Залежність вартості використання газу і електроенергії для побутових потреб при різних тисках

Можливість індивідуального налаштування тиску у внутрішній мережі газопостачання дозволить використовувати природний газ з максимальною ефективністю. Індивідуальне налаштування можливо при встановленні будинкових регуляторів тиску газу при підключенні до мережі середнього тиску.

Підвищення енергоефективності спалювання природного газу призведе до зменшення його спожитої кількості, і як наслідок, позитивно вплине на суму оплати за спожитий газ, знизить потребу в ньому і підвищить рівень енергонезалежності держави.

Література

1. «Енергетична стратегія України на період до 2035 року: «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність», схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 18.08.2017р. № 605-р.
2. Закон № 2553 «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо запровадження на ринку природного газу обліку та розрахунків за обсягом газу в одиницях енергії», опублікований 02.11.2021р.
3. Дослідження проблеми забезпечення оптимального тиску в розподільчих мережах газопостачання перед побутовими газовими приладами / Ю.Й. Франчук, В.А. Коновалюк // Вентиляція, освітлення і теплогазопостачання: наук. техн. збірник. – Вип. 33. – К. КНУБА, 2020. – с. 32-38.
4. Предун К.М., Коновалюк В.А., Франчук Ю.Й. Аналіз впливу тиску газу на параметри його спалювання в побутових газових плитах // Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання: наук.-техн. зб. / Київський національний університет будівництва і архітектури. – 2021.– Вип. 38.- С. 51-56.
5. ДСТУ 2204-93 Побутові газові плити. Загальні технічні характеристики
6. НПАОП 0.00-1.76-15. Правила безпеки систем газопостачання. – К.: Основа, 2015. – 179 с.
7. Паспорт фізико-хімічних показників природного газу №11 за період з 07:00 01.07.2021р. по 07:00 01.08.2021р.
8. Тарифи на газ для населення. Сайт Міністерства фінансів України «Мінфін». <https://index.minfin.com.ua/ua/tariff/gas/2022-04-01/>.
9. Тарифи на електричну енергію для населення Сайт Міністерства фінансів України «Мінфін» Сайт Міністерства фінансів України «Мінфін». <https://index.minfin.com.ua/ua/tariff/electric/>.

References

1. «Enerhetychna stratehiia Ukrainy na period do 2035 roku: «Bezpeka, enerhoefektyvnist, konkurentospromozhnist», shkvalena rozporiadzhenniam Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 18.08.2017r. № 605-r.
2. Zakon № 2553 «Pro vnesennia zmin do deiakykh zakonodavchykh aktiv Ukrainy shchodo zaprovadzhennia na rynku pryrodnoho hazu obliku ta rozrakhunkiv za obsiahom hazu v odynytysiakh enerhii», opublikovanyi 02.11.2021r.
3. Doslidzhennia problemy zabezpechennia optymalnoho tysku v rozpodilchykh merezhakh hazopostachannia pered pobutovymu hazovymu prykladamy / Yu.I. Franchuk, V.A. Konovaliuk // Ventyliatsiia, osvittlennia i teplohazopostachannia: nauk. tekhn. zbirnyk. – Vyp. 33. – K. KNUBA, 2020. – s. 32-38.
4. Predun K.M., Konovaliuk V.A., Franchuk Yu.I. Analiz vplyvu tysku hazu na parametry yoho spaliuvannia v pobutovykh hazovykh plytakh // Ventyliatsiia, osvittlennia ta teplohazopostachannia: nauk.-tekhn. zb. / Kyivskiy natsionalnyi universytet budivnytstva i arkhitektury. – 2021.– Vyp. 38.- S. 51-56.
5. DSTU 2204-93 Pobutovi hazovi plyty. Zahalni tekhnichni kharakterystyky
6. NPAOP 0.00-1.76-15. Pravyla bezpeky system hazopostachannia. – K.: Osнова, 2015. – 179 s.
7. Pasport fizyko-khimichnykh pokaznykiv pryrodnoho hazu №11 za period z 07:00 01.07.2021r. po 07:00 01.08.2021r.
8. Taryfy na haz dlia naseleennia. Sait Ministerstva finansiv Ukrainy «Minfin». <https://index.minfin.com.ua/ua/tariff/gas/2022-04-01/>.
9. Taryfy na elektrychnu enerhiu dlia naseleennia Sait Ministerstva finansiv Ukrainy «Minfin» Sait Ministerstva finansiv Ukrainy «Minfin». <https://index.minfin.com.ua/ua/tariff/electric/>.

UDK 696.2

Increasing the efficiency of the use of natural gas in household gas stoves

V. Konovaliuk¹, Yu. Franchuk²

¹PhD, associate professor. Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine, konovaliuk.va@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0001-5115-7188

²PhD, assistant. Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine, franchuk.yy@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0002-7910-8705

Abstract. In Ukraine, about a third of the energy is obtained from burning gas (about 30 billion cubic meters of natural gas per year). More than half of this amount of gas is burned in the communal household sector, which includes the population. The largest number of devices intended for burning gas are installed in the population and are household gas stoves used for cooking. The total consumption of gas used by these devices makes up the main part of the gas used in the country in the

summer period of the year. In connection with the significant increase in the price of energy carriers and the transition to paying for gas in units of energy, the issue of energy-efficient gas consumption is becoming more and more relevant. In this work, an analysis of the study of the use of gas at different pressures in domestic gas stoves is carried out. A comparison of the efficiency of gas use compared to the use of electrical energy is made. It has been determined that the optimal pressure in front of the gas stove burner, at which combustion has the most economical effect, is 2400 Pa. At this pressure, compared to electrical energy, efficiency increases by 20.8%. When the gas pressure deviates from 2400 Pa, there is a decrease in combustion efficiency, and at a pressure of 1800, the use of natural gas becomes economically impractical (compared to the use of electrical energy for cooking). Combustion of gas, ensuring the necessary completeness of combustion, has a positive effect on the environment as a result of reducing the content of carbon monoxide both in the indoor air of kitchens and in the environment of populated areas. Increasing the energy efficiency of burning natural gas will lead to a decrease in its consumed amount, and as a result, will positively affect the amount of payment for consumed gas, reduce the need for it and increase the level of energy independence of the state.

Key words: gas supply, pressure, gas consumption, economic efficiency