

Наука і сучасні технології

УДК 621.592

ЗНИЖЕННЯ ОБСЯГІВ СПОЖИВАННЯ ПРИРОДНОГО ГАЗУ ЗА РАХУНОК КОГЕНЕРАЦІЇ

Л.Ю. Козак

ІФНТУНГ; 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15;
e-mail: lub53@ukr.net

Розглядається питання ефективного використання природного газу для теплопостачання. Запропоновано використовувати когенерацію. Наведено аналіз ефективності її використання для енергопостачання підприємств. Показано, що експлуатація когенераційних установок в реальних умовах не завжди є ефективною. Для підвищення ефективності запропоновано комплексне використання когенерації для енергопостачання групи підприємств. Наведено приклад і техніко-економічні розрахунки комплексного використання когенерації для енергозабезпечення компресорної станції «Прикарпаттрансгаз» і Івано-Франківського «Теплокомуненерго».

Ключові слова: теплопостачання, когенерація, природний газ.

Рассматривается вопрос эффективного использования природного газа для теплоснабжения. Предлагается использовать когенерацию. Приведен анализ эффективности ее использования для энергоснабжения предприятий. Показано, что эксплуатация когенерационных установок в реальных условиях не всегда является эффективной. Для повышения эффективности предложено комплексное использование когенерации для энергоснабжения группы предприятий. Приведен пример и технико-экономические расчеты комплексного использования когенерации для энергоснабжения компрессорной станции «Прикарпаттрансгаз» и Ивано-Франковского «Теплокомуненерго».

Ключевые слова: теплоснабжение, когенерация, природный газ.

The article deals with the issue of efficient use of natural gas for heating. A cogeneration technology is proposed to apply. The efficiency of its using for enterprises' power supply is analyzed. It has been established that the operation of co-generation devices in real conditions is not always effective. A complex application of cogeneration for enterprises' power supply is proposed to improve the efficiency. The example and technical and economic assessment of a complex application of cogeneration for the compressor station of "Prykarpatttransgaz" and Ivano-Frankivsk "Teplokomunenergo" are provided.

Key words: heat supply, cogeneration, natural gas.

Вступ. Сьогодні розвиток економіки України частково залежить від вирішення питання постачання природного газу. Недостатня кількість власних джерел вимагає імпортування значних обсягів природного газу. Близько 5% валового внутрішнього продукту витрачається на імпорт природного газу[1], тому найважливішим завданням є його ефективно і ощадне використання.

Заощадження природного газу повинно стати основним пріоритетом, оскільки скорочення споживання природного газу за рахунок його економічного і ефективного використання означає скорочення імпорту. Витрати на використання ефективного енергозаощаджуючого устаткування значно нижчі від вартості поставок імпортного природного газу, тому від під-

вищення енергоефективності досягається значний економічний ефект.

В річному енергетичному балансі України природний газ займає 34.1%, що майже у два рази більше, ніж в розвинутих країнах. Україна є енергодефіцитною державою, що забезпечена природним газом лише на 25%, а споживання відновлюваних альтернативних джерел енергії в енергобалансі складає близько 2.7 % [1]. Очевидно, що для України надзвичайно важливим є вирішення питання зменшення залежності від імпортного газу.

За сьогоденних тенденцій підвищення цін на природний газ основна задача сучасних технологій – зменшити обсяги споживання без зниження або навіть за збільшення енергопостачання кінцевим споживачам за рахунок під-

вищення ефективності його використання. Особливо це стосується системи теплопостачання та гарячого водопостачання житлових будівель та виробничих об'єктів, де, в основному, використовується природний газ. Проблема зниження витрат енергоресурсів на опалення та гаряче водопостачання (ГВП) є надзвичайно актуальною. Її розв'язання є важливим, оскільки на потреби теплопостачання та ГВП лише у житлово-комунальному господарстві (ЖКГ) України витрачається третина енергоресурсів, що становить понад 46 млн. т. у. п. У перерахунку на одного мешканця це близько 1 т. у. п. [2], що вдвічі більше, ніж у розвинутих країнах Європи.

Аналіз сучасних закордонних і вітчизняних досліджень і публікацій Наші технологічні схеми виробництва теплоти для ЖКГ є надзвичайно недосконалими. Близько 30-50% теплоти втрачається через експлуатацію мало-ефективного та зношеного обладнання, аварійний стан інженерних мереж, низькі теплозахисні властивості загороджувальних конструкцій будівель [2].

За існуючих технологічних схем у кінцевому вигляді споживається енергія низького потенціалу – вода температурою близько 100 °С і повітря – 50 °С. А для їх приготування спалюється високоякісне паливо з температурою згорання близько 2000 °С. Ще більшим марнотратством є використання електроенергії для опалення звичайними електрообігрівачами.

У той час, як у котельнях спалюють велику кількість палива для теплопостачання, величезні втрати теплоти мають місце під час генерації електроенергії на конденсаційних електростанціях, де корисно використовується менше 30% тепла, а близько 70% тепла викидається у навколишнє середовище. Значні обсяги теплоти втрачаються під час транспортування природного газу магістральними газопроводами, де для приведення в дію компресорів використовують газові турбіни з к.к.д. 30%.

Виходом з цієї ситуації є технологічні схеми з ефективним використанням високо потенціальної складової теплоти згорання палива, що дозволяють значно підвищити ефективність енергоспоживання. До найбільш поширених високоефективних технологічних схем використання первинної енергії відносяться когенерація. Когенерація – комбіноване виробництво теплоти і електроенергії у процесі спалювання палива [3,4].

Виробництво теплової і електричної енергії істотно відрізняються за ефективністю використання теплоти палива: якщо теплову енергію, як корисний продукт, можна виробляти з ефективністю до 92-95%, то електричну енергію з к.к.д. – не вище 42-45% – в простих установках і до 55-58% – в парогазових. Об'єднавши виробництво теплової і електричної енергії в одному технологічному процесі, можна генерувати знеособлену енергію (тобто теплову і електричну) з ефективністю корисного використання палива до 90-92% або з питомими ви-

тратами палива близько 135 г у.п. на кВтгод. Це досягається за рахунок того, що в установці комбінованого виробництва теплової і електричної енергії скидка теплота електрогенеруючого теплового двигуна (газової турбіни, газопоршневого двигуна) використовується для виробництва іншого корисного продукту – теплоти. Тому теплові втрати (викиди теплоти) в когенераційній установці не перевищують 8-10%, а при комбінованому виробництві теплової і електричної енергії досягається економія до 40-50% палива в порівнянні з виробництвом тієї ж кількості теплоти і електроенергії окремим процесом. Відповідно до термодинамічної термінології, цей спосіб забезпечує значне підвищення ексергічного та термічного коефіцієнтів корисної дії. Для когенераційних установок термічний к.к.д. близький до к.к.д. водонагрівальних котлів (85-90%), а ексергічний к.к.д. становить 75-80%, (як у газових турбін). Таким чином, когенерація є найбільш ефективною технологією за використанням теплоти згорання палива [3,4].

Переваги когенерації є більш зрозумілими, з точки зору економіки (рис. 1). У випадку когенерації, доходи від реалізації вироблених виробництві електричної і теплової енергії на одиницю кількості спаленого палива зростають у порівнянні з доходами, які отримані від реалізації вироблених теплоти і електроенергії окремо – у котельнях і на теплових конденсаційних електростанціях. Наприклад, якщо вартість тепла, отриманого з 1 м³ газу у звичайній котельні, становить при к.к.д 85% – 9.59 грн. (за вартості газу для промислових споживачів – 8.95 грн./м³), а вартість електроенергії, отриманої з 1 м³ газу на конденсаційній електростанції – 5.4 грн. (виходячи з вартості 1,8 грн./кВтгод для підприємств), то вартість одержаної продукції за комбінованого виробництва електроенергії і теплоти з 1 м³ газу становить 12.55 грн.

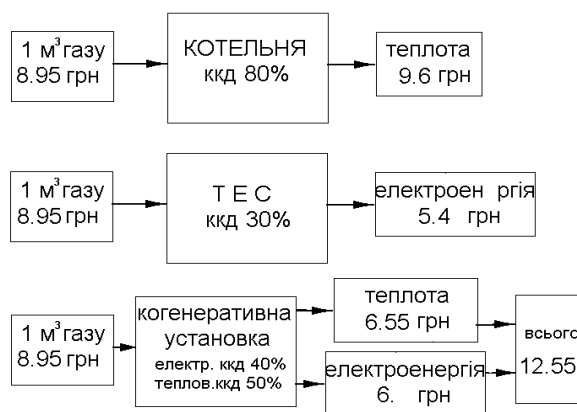


Рисунок 1 – Економічні переваги когенерації

У середньому вартість виробленої з 1 м³ газу продукції за комбінованою схемою у порівнянні зі спалюванням газу у котельнях комунальної енергетики є вищою на 25-30% за існуючих цін на 1.03.2016. Виробництво електроенергії з природного газу взагалі є збитковим.

Вартість газу значно перевищує вартість виробленої з нього електроенергії – 8.95 грн. і 5.4 грн. відповідно.

Нижче наведено розрахунок.

Вартість постачання 1 кВтгод. теплоти від теплокомуненерго (ТКЕ) складе

$$1522 \text{ грн./Гкал} : 1164 \text{ кВтгод./Гкал} = 1.31 \text{ грн./кВтгод.}$$

Розрахуємо кількість теплової енергії, яку можна виробити з 1 м³ газу з к.к.д. котла 85%:

$$36 \text{ МДж/м}^3 : 3.6 \text{ МДж/кВтг} \times 0.85 = 8.5 \text{ кВтг.}$$

Отже вартість теплоти, одержаної з 1 м³ газу, у котельні з к.к.д. 85% за ціною ТЕК буде

$$8.5 \times 1.31 = 11.14 \text{ грн.}$$

На тепловій електростанції (к.к.д. 30%) з 1 м³ природного газу можна виробити електроенергії

$$36 \text{ МДж/м}^3 : 3.6 \text{ МДж/кВтгод.} \times 0.3 = 3 \text{ кВтгод.}$$

Якщо з 1 м³ газу виробити електроенергію, то її вартість за тарифами для підприємств буде

$$1.8 \text{ грн./кВтгод.} \times 3 \text{ кВтгод.} = 5.4 \text{ грн.}$$

Якщо виробляти теплоту і енергію за використання сучасної когенераційної установки (КУ) з к.к.д. 40% з генерації електроенергії і 50% теплоти, то з 1 м³ газу можна отримати 5 кВт/год теплоти і 4 кВтгод. електроенергії, вартість яких за тарифами централізованого теплопостачання становить

$$\text{теплота: } 1.31 \times 5 = 6.55 \text{ грн.}$$

електроенергія:

$$1.8 \text{ грн./кВтгод} \times 4 \text{ кВтгод} = 7.2 \text{ грн.}$$

$$\text{Разом: } 6.55 + 7.2 = 13.75 \text{ грн.}$$

Підсумовуючи вищезгадане, зауважимо, що спалювання палива з метою одержання теплоти низького потенціалу (невисокої температури), як це має місце у котельнях системи комунального теплозабезпечення, є звичайним марнотратством і нанесенням шкоди навколишньому середовищу.

Для підвищення ефективності використання палива у теплопостачанні слід використовувати викиди низькопотенційної теплоти після того, як частина високопотенційної теплоти буде використана для перетворення у механічну роботу і електроенергію [5].

Застосування когенераційних технологій в Україні є важливим, особливо в комунальній енергетиці. Когенерація повинна стати базовою технологією при модернізації комунальної енергетики на новому рівні ефективності. За комплексної модернізації з'являється можливість вивести нашу комунальну енергетику на світовий рівень питомих витрат палива при виробництві теплової енергії. Завдяки виробництву високоприбуткового і ліквідного продукту - електричної енергії, з'являється можливість вивести комунальну енергетику в число високо rentабельних виробництв і вирішити існуючі проблеми з неплатежами.

Можливості і перспективи застосування технологій комбінованого вироблення енергії в комунальній теплоенергетиці України можна

характеризувати як дуже значні, хоча реалізація цих можливостей на сьогодні недостатня. Найбільш суттєвими причинами, що гальмують розвиток когенераційних технологій, є відсутність коштів у підприємств теплокомуненерго, внаслідок чого капітальні витрати на створення когенераційних установок (які є досить високими) стають непосильними для підприємств. Недоліком є також нерозвиненість в країні системи лізингових компаній і занадто висока оплата їх послуг. І, що найважливіше на теперішній час, відсутність комерційної зацікавленості у зв'язку з викривленими тарифами на енергоносії.

Останнім часом роздрібні постачальники природного газу стимулюють встановлення побутовими споживачами індивідуальних опалювальних систем, звужуючи тим самим ринок когенерації. Одночасно проявляється тенденція, яка пов'язана зі скороченням споживання теплової енергії від централізованих тепломереж. Враховуючи, що частка ТЕЦ у покритті теплових навантажень в Україні є відносно невисокою (становить приблизно 20%), така ситуація не сприяє фінансовій стабілізації ТЕЦ. Для порівняння, у Фінляндії, Данії та Німеччині, когенерація забезпечує вироблення 75÷80% теплової енергії для централізованого теплопостачання, а котельні, що виробляють лише тепло, використовуються для пікового навантаження [6].

Висока економічна ефективність і доцільність використання міні-ТЕЦ в Україні підтверджується багатьма вченими і спеціалістами. В США, наприклад не зважаючи на значний резерв встановленої потужності електростанцій, продовжують будуватися міні-ТЕЦ. В Японії кожна велика новобудова обладнується міні-ТЕЦ, яка зазвичай, розміщується у підвальному приміщенні.

Стале зростання потужностей ТЕЦ і невеликих установок комбінованого циклу спостерігається у Німеччині, Нідерландах, США, Франції, Великобританії. Щорічний приріст електричної потужності ТЕЦ у США становить майже 3000 МВт, теплової – 3500 Гкал/год. В таких країнах як Швеція та Фінляндія обладнання ТЕЦ газовими і паровими турбінами та доповнення їх технологічними лініями зі спалення побутового сміття дозволило майже на 30% покрити потреби у паливі для енергоустановок за рахунок утилізації твердих побутових відходів. Слід зауважити, що спалення 1 тони твердих побутових відходів рівнозначне використанню 350÷450 кг умовного палива [5,6].

Сьогодні ж у нас частка малих промислових і комунальних ТЕЦ у виробництві тепла складає менше 20%, тоді як частка їх у виробництві тепла у Фінляндії складає 43%, у ФРН – 53%, у Голландії – 67%, Великобританії і США – близько 90% [5].

ЄС в даний час генерує 11.7% своєї електроенергії і 55% теплової енергії з використанням когенерації [6]. Проте існують значні відмінності між державами-членами, з різноманітними частками когенерації (рис. 1) в загально-

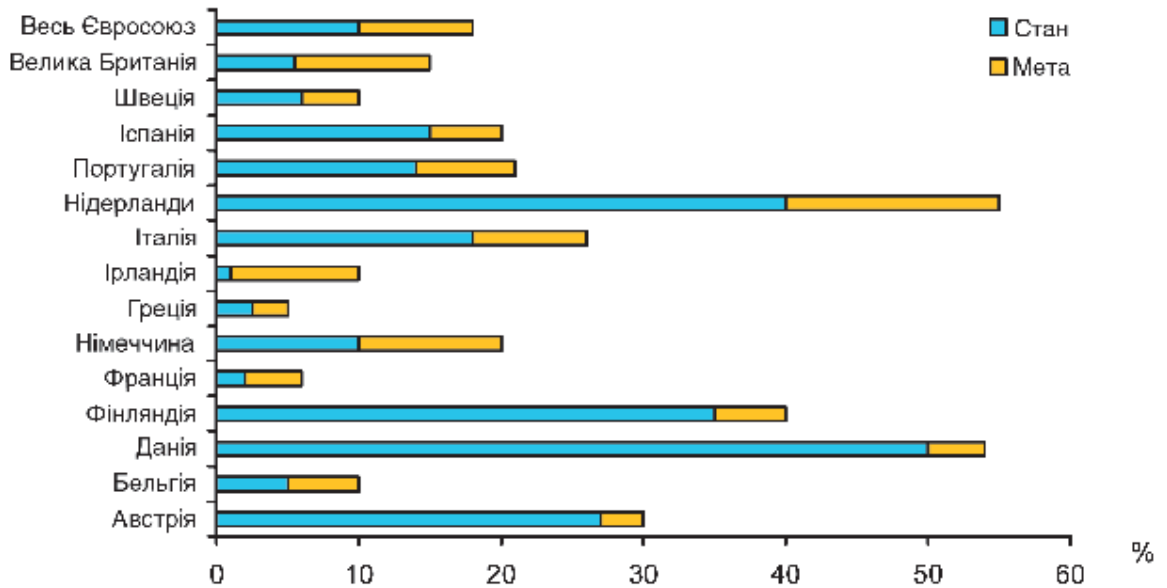


Рисунок 1 – Когенерація у відсотках від національного виробництва електроенергії в ЄС [5]

му виробництві електроенергії. Словаччина має найбільшу питому вагу когенерації в загальному обсязі виробництва електроенергії (78.6%), далі йдуть Данія (48.8%), Нідерланди. Найменшою є частка когенерації в Ірландії (2%) і Греції (3%).

Таким чином, когенерація є найбільш ефективною і дієвою формою виробництва електроенергії і теплоти та має ряд переваг:

- комбіноване виробництво теплоти і електроенергії, дозволяє скоротити втрати палива на 25-30% порівняно з постачанням електричної і теплової енергії від теплових електростанцій і котелень. Зменшується потреба в паливі. В результаті когенерації знижується залежність від імпорту – допомагаючи подоланню ключової проблеми енергетичного майбутнього України;

- спорудження когенераційних установок (електричної потужністю від 0,5 до 50-100 МВт) не вимагає величезних капіталовкладень. В порівнянні з питомими витратами на будівництво нових ТЕС 1500-2000 дол./кВт питома вартість 1 кВт електричної потужності міні ТЕС складає 700-900 дол./кВт. Враховуючи відмінність в собівартості електроенергії, що виробляється, і тарифів (чи цін на енергоринку) когенераційні установки приносять прибуток, достатній для того, щоб окупити капітальні витрати на їх спорудження упродовж 4-5 років їх експлуатації. Ці терміни окупності інвестицій в 2-3 рази нижчі, ніж середні терміни окупності для великої електроенергетики в 12-15 років;

- когенераційні установки забезпечують можливість переходу до більш децентралізованої форм виробництва електроенергії, забезпечуючи високу ефективність, уникаючи втрат при передачі електроенергії і підвищує гнучкість використання системи;

- впровадження когенерації є екологічно безпечним. Когенераційні установки мають ни-

зькі рівні викидів токсичних речовин (SO_2 і NO_x) і відповідають найжорсткішим європейським нормам. Крім того, високоефективні когенераційні установки помітно знизять викиди CO_2 в атмосферу, виробляючи ту ж кількість теплової і електричної енергії при меншій витраті палива:

- когенерація оптимізує енергопостачання всіх категорій споживачів, тому є корисною як для користувачів, так і суспільства загалом. Завдяки локальній когенерації поліпшується місцева та загальна безпека енергопостачання – зниження ризику споживачів залишитися без постачання електроенергії та/або опалення;

- можна буде отримати економічно доцільне рішення проблема впровадження і експлуатації пікових потужностей високої ефективності;

- збільшується зайнятість – розвиток систем когенерації є генератором робочих місць.

Реалії використання когенерації. Використання когенерації для енергопостачання має очевидні переваги, з теоретичної точки зору. Практична реалізація когенераційного енергопостачання не виглядає такою привабливою, а в деяких випадках може стати більш затратною, ніж існуюче централізоване енергопостачання [7]. Ефективність її реалізації залежить від багатьох чинників – технічних, економічних, організаційних та законодавчих. Найбільш ефективною когенерація є в умовах повного споживання теплової і електричної енергії за безперервної круглорічної роботи установки. За цих умов термін окупності складатиме близько 3-4 років. Але через специфіку енергоспоживання стовідсоткове досягнення таких умов неможливе. Використання теплової та електричної енергії змінюється протягом доби, тижня і року. Баланс споживання енергії також змінюється. Так, найбільше споживання теплоти припадає на зимово-осінній період, а влітку

Таблиця 1 – Затрати на енергопостачання підприємства (в грн.) за трьома схемами

Централізоване енергопостачання		Використання когенераційної установки		Використання газового котла з централізованим електропостачанням	
Теплота	812200	Вартість природного газу для генерування теплоти і електричної енергії		Вартість газу для генерування теплоти	652800
Електроенергія	204000			Електроенергія	204000
Разом	1016200	Разом	650200	Разом	856 800

теплота необхідна в основному для гарячого водопостачання. В той час як потреби в обсягах енергії постійно змінюються, то найбільш ефективне виробництво електричної та теплової енергії когенераційними установками можливе за постійного співвідношення, яке складає приблизно близько 40% електроенергії і близько 50% теплоти. Таке співвідношення обумовлено тим, що КУ з газопоршневими двигунами мають оптимальний к.к.д. рівний близько 40% з виробництва електроенергії і 50% з виробництва теплоти. Очевидно, що таке постійне споживання енергії в умовах підприємства неможливе. В реальності споживання теплоти обмежено 6 місяцями, решта часу споживання теплоти спадає до 5-10% і менше (в основному для підігрівання гарячої води). Споживання енергії також коливається протягом доби і тижня (на вихідні дні падає).

Важливим чинником для когенерації є необхідність значних інвестицій, що обумовлено складністю устаткування та високими експлуатаційними витратами. Всі вище наведені чинники за відповідних умов можуть нівелювати ефективність когенерації.

Аналіз визначення реальної ефективності КУ розглянемо на прикладі енергопостачання для середньо статистичного підприємства з загальним умовним енергоспоживанням близько 100 тис. м³ природного газу протягом року. Розглянемо три варіанти енергопостачання – від центральних мереж, шляхом їх когенераційного виробництва і виробництва теплової енергії за використання газового котла та централізованого постачання електроенергії.

В таблиці 1 наведено результати розрахунків з витрати коштів на теплопостачання за трьома схемами.

Нижче наведено детальні розрахунки.

Розглянемо випадок використання когенераційної установки, коли теплота споживається протягом опалювального сезону. Будемо вважати, що підприємство споживатиме тільки 40% виробленої електроенергії на КУ. А для забезпечення ефективного співвідношення виробництва електроенергії і теплоти (4:5) надлишок 60% електроенергії будемо реалізувати в центральну електромережу.

Вихідні дані:

1 м³ газу коштує 8.95 грн.

1 Гкал теплоти – 1522 грн.,

1 кВтгод електроенергії – 1,8 коп.

Споживання електроенергії нерівномірне протягом доби. При цьому тариф електроенергії є різним за вартістю. Встановлення дво/три-

зонних лічильників також дозволяє економити кошти у випадку використання електроенергії з мережі. Через це при наявності таких лічильників загальний тариф електроенергії може бути на 20-30% нижчий (в залежності від режиму роботи підприємства). Прийємо середню вартість затрат на електроенергію – 1.5 грн./кВтгод

1. Припустимо, що споживання газу когенераційною установкою триватиме 4000 год/рік (протягом опалювального сезону). Це по 25 м³/год. Тоді секундне споживання енергії буде

$$25 : 3600 \text{с} \times 36 \text{ МДж/ м}^3 = 250 \text{ кДж (250 кВт)}.$$

Для забезпечення ефективного виробництва електроенергії і теплоти необхідно вибирати КУ з газовим поршневим двигуном потужністю близько

$$250 \times 40\% \text{ к.к.д} = 100 \text{ кВт}.$$

Потужність теплового потоку такої КУ становитиме приблизно

$$250 \times 50\% \text{ к.к.д.} = 125 \text{ кВт}.$$

Цього достатньо для обігрівання 1250 м² виробничих площ.

Компанія «Цеппелін Україна» пропонує широкий асортимент різноманітних когенераційних установок, розроблених на базі газових генераторів Caterpillar.

Вибираємо КУ моделі G3306 з газопоршневим двигуном потужністю, що дозволяє генерувати електроенергії 86 кВт (к.к.д. 31.9%) і тепловим потоком 155 кВт (к.к.д. 57.5%), загальний к.к.д. 89.4 з частотою обертання валу 1500. Вартість такої установки приблизно 100 тис. євро, або 3 млн. грн.

2. Перерахуємо річні потреби електроенергії і теплоти для підприємства з річним споживанням природного газу у 100 000 м³ при роботі КУ. За 4000 год. КУ згенерує максимум:

$$\begin{aligned} \text{електроенергії} & 85\text{кВт} \times 4000 = 340000 \text{ кВтгод} \\ \text{теплоти} & 155\text{кВт} \times 4000 \times 3600 = 620000 \text{ кВтгод} \end{aligned}$$

$$\text{Вартість газу} \quad 8.95 \text{ грн./м}^3 \times 100000 = 895000 \text{ грн.}$$

3. Для потреб підприємства необхідно 40% виробленої електроенергії, решта 60% слід продати за ціною близько 1.2 грн./кВт

$$340000 \times 60\% \times 1.2 = 244800 \text{ грн.}$$

Ці гроші підуть на покриття втрат на закупівлю природного газу, тому кінцева вартість складе

$$895000 - 244800 = 650200 \text{ грн.}$$

4. Централізоване постачання необхідної кількості енергії обійдеться:

електроенергії:
 $340000 \times 40\% \times 1.5 = 204000$ грн.
 теплової енергії:

$620000 \times 1.31 = 812200$ грн.

Повна вартість:

$204000 + 812200 = 1016200$ грн.

Ці витрати на $1016200 - 650200 = 366000$ грн. більше ніж за використання КУ.

5. Розрахуємо економію у випадку використання звичайного котла потужністю 150 кВт (к.к.д. 85%) для теплопостачання. Електропостачання буде централізоване з електромережі. З 1 м^3 газу можна виробити теплової енергії з к.к.д. котла 0.85:

$36 \text{ МДж/м}^3 : 3.6 \text{ МДж/кВтгод} \times 0.85 = 8.5 \text{ кВтг.}$

В цьому випадку вартість газу в кВтгод теплоти буде коштувати

$8.95 \text{ грн./м}^3 \text{ газу} : 8.5 = 1.05 \text{ грн./кВтгод}$
 (1 грн. з к.к.д. 0.9)

Вартість виробленої котлом теплоти:

$1.05 \text{ грн.} \times 620000 = 651000$ грн.

Вартість електроенергії з централізованої мережі

204000 грн.

Всього

$204000 + 651000 = 855000$ грн.

Це на $1016200 - 855000 = 161200$ грн. менше, ніж централізоване енергопостачання теплоти і на $366000 - 161200 = 204800$ грн. більше ніж за використання КУ.

(Можна порахувати за вартістю спожитого газу. Для виробництва 620 тис. кВтгод теплоти з к.к.д. 85% в котлі слід спалити $620000 \text{ кВтгод} : 8.5 \text{ кВтгод/м}^3 = 85813 \text{ м}^3$. Вартість газу буде $85813 \text{ м}^3 \times 8.95 = 652$ тис.грн.)

Вартість італійського котла потужністю 154 кВт BAXI POWER HT 1.1500 – 163 980 грн. або €5466, що майже у 20 разів менше вартості когенераційної установки.

Зіставимо вартість котла і КУ та економію коштів у випадку їх використання у порівнянні з централізованим енергопостачанням без врахування затрат на експлуатацію і обслуговування, то терміни їх окупності будуть:

$163\ 980 : 161\ 200 = 1.017$ – близько 1 року

$3000000 : 366000 = 8.196$ – близько 8.2 роки

Отже з наведеного вище аналізу вартості енергопостачання підприємства найменш затратним є когенерація. Але когенерація потребує значних інвестицій, які значно перевищують (у 18.3 разів) інвестиції за використання для теплопостачання котлів. Якщо враховувати затрати на експлуатацію і обслуговування, які у випадку використання когенераційних установок є високими, то переваги цієї технології нівелюються. Очевидно, що за таких термінів окупності (8.2 роки – для КУ і 1 рік для котла) та великої різниці у інвестиціях 3 млн. грн. для КУ та 164 тис. грн. для котла, перевага у використанні для енергопостачання буде за змішаною схемою – теплопостачання за вико-

ристання газового котла і централізоване електропостачання.

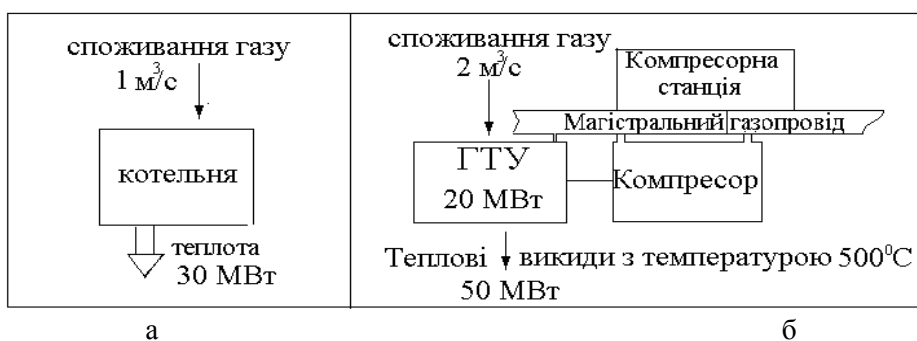
Вважають не вигідними інвестиції в когенерацію і приватні інвестори [7]. Головною умовою реалізації такого проекту, на їхню думку, має бути його швидка окупність. Нині, за різними оцінками, інвестиції в когенерацію повертаються від п'яти до семи років. Теоретично підприємство має таку змогу, бо може отримувати дешеву електрику й тепло. На практиці НКРЕ не дасть підприємству збагатитися: його відразу змусять закласти в тариф дешеві енергоносії. А якщо до цього додати витрати на обслуговування когенераційного обладнання, заробітну плату фахівців, то вигода взагалі стає сумнівною. Значно простіше купувати електроенергію в електромережі, закладати її ціну в собівартість продукції, послуг — і жодних клопотів. Стосується це і місцевих органів самоврядування. Нині в міського керівництва не «болить голова», де взяти кошти на виплату заробітної плати та оплату енергоносіїв. Це захищені статті.

Утім, приватні інвестори переконані: самотужки міста не здатні розв'язати проблем, які нині постають перед комунальниками. Енергоносії швидко дорожчають, тому потрібно приймати кардинальні рішення, докорінно змінювати всю систему теплозабезпечення. В іншому разі слід очікувати подальшого зростання тарифів на опалення. З інвесторами складно не погодитись, якби не одне «але». Інвестори, які вже реалізували такі проекти, категорично відмовляються надавати будь-яку інформацію про роботу когенераційних установок та їх вигоду для місцевої громади [7].

Таким чином, незважаючи на всі переваги систем комбінованого виробництва електричної та теплової енергії, що підтверджено практикою їх застосування в країнах Європи, на сьогодні в Україні немає необхідних передумов для їх впровадження. Утім, потрібно шукати можливості та забезпечити відповідні умови для потенційних інвесторів, оскільки це дасть змогу не тільки ефективніше використовувати паливо, а й поліпшити надійність і якість енергопостачання споживачів.

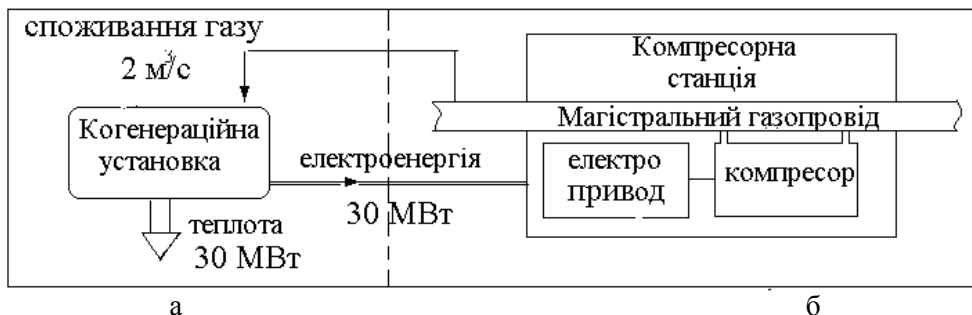
Для ефективного використання когенерації нами пропонується особлива технологічна схема, суть якої полягає в її комплексному використанні для енергопостачання тандемом підприємств. Для прикладу, таким тандемом можуть бути підприємства «Теплокомуненерго» і компресорні станції магістральних газопроводів.

У звичайному режимі котельні «Теплокомуненерго» мають низький ексергічний коефіцієнт корисної дії, тобто неефективно використовують високопотенціальну складову палива. З іншого боку, газові турбіни газоперекачувальних агрегатів (ГПА) мають низький термічний коефіцієнт корисної дії. Якщо їх об'єднати у тандем, то їх показники значно покращаться. Створення тандему полягає в тому, що газотурбінний привод ГПА замінюють електроприводом (електродвигуном). А замість котельні



а – міська котельня; б – газотурбінна установка з компресором

Рисунок 3 – Існуючий стан з використання природного газу



а – когенераційна установка; б – електропривод з компресором

Рисунок 4 – Пропозиції технологічних змін у використанні природного газу

використовують когенераційну установку (КУ). Природний газ, який спалювали у газовій турбіні, використовують у КУ. Електроенергія, що вироблятиме КУ, живитиме електропривод ГПА, а теплота, вироблена КУ, використовуватиметься для гарячого водопостачання. Така схема забезпечить високий загальний к.к.д. у використанні природного газу (рис. 3, 4).

Для реалізації пілотного проекту можна вибрати м. Івано-Франківськ, біля якого розташована Богородчанська компресорна станція «Прикарпаттрансгазу». А Івано-Франківське «Теплокомуненерго» має досвід роботи з когенераційними установками. Так, підприємством у 2014 році вироблено 9 мільйонів 238 тисяч кВтгод дешевої електроенергії на власних п'яти когенераційних установках.

На даний час в різних районах міста Івано-Франківськ є котельні підприємства «Теплокомуненерго», що споживають природний газ для теплопостачання (рис. 3а). На відстані близько 25 км (біля смт Богородчани) розміщена компресорна станція (КС) магістрального газопроводу. Тут компресори великої потужності стискають природний газ для його переміщення через магістральний трубопровід. Компресори приводяться в рух за допомогою газотурбінних установок (ГТУ) (рис.3б). Потужність однієї ГТУ – близько 20 МВт, і вона споживає до 2 м³/с природного газу. Теплові викиди при цьому становлять близько 50 МВт. Приблизно таку ж кількість теплоти виробляє середня за розмірами котельня.

Пропонується використати теплові викиди ГТУ для теплопостачання одного з районів міста. Для реалізації цієї пропозиції необхідно

провести організаційно-фінансові та технологічні зміни (рис. 4). Необхідно замінити ГТУ привода компресора на електричний привід. А котельню в Івано-Франківську замінити парогазовою когенераційною установкою (КУ).

Газ, що зараз спалюється в ГТУ, передати для живлення КУ. Електроенергія, що вироблятиме КУ, подаватиметься на електропривод компресора КС, а теплота, вироблена КУ, використовуватиметься для теплопостачання міста. Додатково вироблятиметься електроенергія.

Нижче наведено розрахунки.

1. Економія газу. За теперішньою схемою для забезпечення теплового потоку у 30 МВт котельнями «Теплокомуненерго» спалюється близько 1 м³/с газу. У випадку заміни частини котельень когенераційною установкою цей газ витратиться не буде, оскільки для живлення КУ використовуватиметься газ з компресорної станції (2 м³/с). Замість котельні теплопостачання забезпечить КУ (30 МВт). Поза опалювальним сезоном теплота від КУ використовуватиметься для гарячого водопостачання міста, коли котельні міста відключені, тобто КУ працюватиме протягом року.

В результаті економії 1 м³/с газу протягом року можна буде зекономити

$$1 \text{ м}^3/\text{с} \times 3600 \times 8000 \text{ год/рік} = 28\,800\,000 \text{ м}^3/\text{рік}$$

З урахуванням простоїв КУ на обслуговування та ремонту економія становитиме близько 20 млн м³ природного газу на рік, вартість якого \$ 5млн (з розрахунку \$250 за куб.м).

2. Розрахунок необхідної кількості палива для ГТУ. Для того, щоб отримати потужність

ГТУ у 20 МВт за її к.к.д. 30% необхідно 70 МВт теплового потоку:

$$70 \times 0.3 = 21 \text{ МВт.}$$

Такий тепловий потік можна забезпечити, якщо спалювати близько $2 \text{ м}^3/\text{с}$ природного газу з теплотворною здатністю $35 \text{ МДж}/\text{м}^3$:

$$35 \times 2 = 70 \text{ МДж}/\text{с} = 70 \text{ МВт}$$

3. Розрахунок кількості теплоти і електроенергії за секунду, яку можна буде виробляти у КУ за використання палива, що споживає ГТУ. Якщо природний газ у кількості $2 \text{ м}^3/\text{с}$ пропустити через парогазову когенераційну установку з к.к.д. з виробництва електроенергії близько 45%, можна одержати:

– потужність електроенергії:

$$70 \times 0.45 = 31.5 \text{ МВт} \sim 30 \text{ МВт};$$

– тепловий потік (за умови втрат 10% теплоти) також близько 30 МВт.

3.1 Що необхідно буде повернути на КС за одержаний газ.

Перш за все, необхідно віддати близько 20 МВт потужності електроенергії для електропривода, яким планується замінити ГТУ на КС. Щоб зацікавити газовиків, можна також віддати решту 10 МВт потужності електроенергії з тих 30 МВт, що вироблятиме КУ. Це додаткова електроенергія, виробництво якої протягом року становитиме:

$$\begin{aligned} 10 \text{ МВт} \times 3600 \text{ с} \cdot 8000 \text{ год}/\text{рік} &= \\ = 288 \cdot 10^6 \text{ МДж} \text{ або } 288 \cdot 10^6 : 3.6 \text{ МДж}/\text{кВтг} \text{ од} &= \\ = 80 \text{ млн. кВтгод.} \end{aligned}$$

3.2 Розрахунок теплової енергії, яку вироблятиме КУ.

Теплова енергія, яку вироблятиме КУ, залишиться для міста (газовикам її не потрібно). Кількість теплової енергії, що вироблятиме КУ становитиме:

$$\begin{aligned} 30 \text{ МВт} \cdot 3600 \text{ с} \times 8000 \text{ год}/\text{рік} &= \\ = 864 \cdot 10^6 \text{ МДж} : 4199 \text{ МДж}/\text{Гкал} &= \\ = 205763 \text{ Гкал} \sim 200 \text{ тис. Гкал} \end{aligned}$$

4. Розрахунок коштів, які можна одержати за зниження викидів CO_2 за рахунок зменшення споживання природного газу в області на 20 млн. м^3 протягом року дозволить одержати значні кошти від продажу квот на викиди CO_2 .

Під час спалювання 1 м^3 природного газу виділяється близько 0.5 кг діоксиду вуглецю. Економія 20 млн. м^3 газу зменшить викиди CO_2 :

$$20 \times 10^6 \times 0.5 = 10^7 \text{ кг} = 10 \text{ 000 т}$$

Оскільки, відповідно до домовленості у Києві на Конференції Сторін Рамкової Конвенції ООН про зміну клімату (грудень 1997 р.), право на викиди 1 т парникових газів коштує $20 - 100$ доларів США, то продаж прав на викиди 10 000 т двоокису вуглецю становитиме від 0.2 до 1 млн. доларів.

Висновки

В результаті реорганізації та реконструкції тільки одного компресорного агрегату і однієї-двох котелень Івано-Франківського «Теплокомуненерго» приблизно отримаємо:

- 20 млн. економії природного газу на рік вартістю близько $\$ 5 \text{ млн.}$;

- до 200 тис. Гкал теплоти вартістю 50 млн. грн. (250 грн за 1 Гкал);

- виробництво до 80 млн. кВтгод додаткової електроенергії вартістю більше 100 млн. грн.;

- додаткові кошти у розмірі від 0.2 до 1 млн. доларів за продаж квот зі зменшення викидів CO_2 ;

- зменшення теплових і хімічних викидів в навколишнє середовище і додаткові робочі місця.

Термін окупності запропонованого проекту не буде перевищувати шість-сім років.

Таким чином, комплексне використання когенерації для енергопостачання підприємств дозволить значно підвищити її ефективність.

Література

1 Держкомстат оприлюднив дані про енергетичний баланс України – інтернет джерело:

<http://ecotown.com.ua/news/Derzhkomstat-oprylyudnyv-dani-pro-enerhetychnyy-balans-Ukrayiny>

2 Стан та перспективи реформування системи теплозабезпечення в Україні // А.І. Шевцов, В.О. Бараннік, М.Г. Земляний, Т.В. Рязова – інтернет джерело: <http://www.db.niss.gov.ua/docs/energy/Teplozabezpechennya.pdf>

3 Козак Л.Ю. Ефективне використання високопотенційної складової теплоти згорання палива. Козак Л.Ю. // Екотехнологии и ресурсосбережение. – 2001. – № 4. – С.32-35.

4 Козак Л.Ю. Когенерація – основа енергозаощадження / Л.Ю. Козак // Нафтогазова енергетика. – 2007. – № 1(2). – С. 39-43.

5 Козак Л.Ю. Енергозаощадження в нафтогазовидобувній галузі. – Ів.-Фр.: Факел, 2000.

6 Когенераційні установки у системі теплофікації – інтернет джерело: <http://energetika.in.ua/ua/books/book-3/part-1/section-4/4-2/4-2-1>

7 Інтернет джерело: http://gazeta.dt.ua/ECONOMICS/nichiva_kogeneratsiya_abo_chomu_ukravinski_pidpriemstva_ne_pospishayut_zdobuvati_energetichnu_nezal.html

Стаття надійшла до редакційної колегії
23.05.17

Рекомендована до друку
професором Костишиним В.С.
(ІФНТУНГ, м. Івано-Франківськ)
професором Салієм Я.П.

(Прикарпатський національний університет
ім. В. Стефаніка, м. Івано-Франківськ)