

**ЕНЕРГЕТИЧНИЙ АУДИТ СИСТЕМ ТЕПЛОПОСТЧАННЯ.  
ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГІЇ ТА ЕФЕКТИВНОСТІ  
ВПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ЗАХОДІВ НА СИСТЕМАХ  
ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ.**



Метою проведення енергетичних обстежень, розробки енергопланів чи схем тепlopостачання є модернізація систем тепlopостачання та споживачів теплової енергії, що має забезпечувати зниження витрат енергії, підвищення якості життя та праці людей, зміну паливного балансу на користь відновлювальних джерел енергії та місцевих палив, зниження забруднення оточуючого середовища. Практично мова йде про створення передумов для впровадження ідеології «зеленого середовища» - екологічно чистого середовища для проживання та праці людей з мінімально можливим споживанням енергії. Зараз ідеї «озеленення» міст виникають в багатьох країнах світу (Про знайомство фохівців компанії «НВЦ Теплокомплект» з «зеленими» технологіями США можна ознайомитись за посиланням <http://www.tecom.com.ua/news.html?room=2&action=one&num=62>). За ініціативою бургомистра німецького міста Магдебурга Рейхарда Нітцше розглядається можливість створення міжнародної Асоціації «Зелене місто», метою якої має бути створення і популяризація у світовому співтоваристві стандарта «Зелене місто».

Практично роботи, що забезпечують рух в напрямку «зелених будинків» та «зелених міст» вже починаються. Для кожного міста розробляється та пропонується до впровадження система енергозберігаючих заходів. Кожен із запропонованих заходів передбачає впровадження певних технічних та організаційних удосконалень, що забезпечують скорочення споживання тепла, використання палива чи споживання електричної енергії.

Для об'єктивної оцінки ефективності споживання енергії та дієвості запропонованих заходів важливо достовірно оцінювати потенціал енергозбереження – потенційно можливе зниження споживання енергії за рахунок впровадження енергозберігаючих заходів. Достовірність визначення потенціалу енергозбереження може ґрунтуватись на розрахунках, в основу яких покладені енергетичні баланси. На практиці, досить часто, енергетичну ефективність впровадження енергозберігаючих заходів оцінюють в процентах від існуючого споживання енергії. Величину «процентів» зниження споживання енергії приймають за аналогами або на основі загальних рекомендацій теорії енергетичного аудиту. Кожний конкретний захід оцінюється енергоаудитором конкретним «процентом» скорочення споживання палива, електроенергії або тепла. Сума «процентів» по усім заходам розглядається, як загальна, результуюча ефективність від впровадження комплексу заходів. Замовники, як правило, вимагають для кожного енергозберігаючого заходу окремо визначити економічний ефект від їх впровадження. На перший погляд така схема визначення ефективності енергозберігаючих заходів є логічною. Але в дійсності такий порядок визначення недостатньо коректний та містить ряд помилок.

Розглянемо деякі реальні звіти про виконання енергетичних аудитів, розробку схем тепlopостачання та міських енергопланів:

### Приклад 1.

Виписка із розділу «Основні показники проекту» Схеми теплопостачання одного з міст України:

- зниження споживання природного газу.....30%
- зниження споживання тепла будівлями за рахунок термомодернізації.....35%
- зниження потреб в тепловій енергії.....40%

Дуже важко оцінити приведені «Основні показники». Непосвячений в примудрості енергоаудиту читач звіту може припустити, що загальна економія енергії становить:  $30\%+35\%+40\% = 105\%$ . Зрозуміло, що такого бути не може, але арифметичні дії це констатують.

Фахівець з енергоаудиту без детального вивчення всього матеріалу Схеми теплопостачання теж не зможе однозначно визначитись з такими «Основними показниками». Але фахівець зможе передбачити, що 30% економії газу – це еквівалент економії теплової енергії, а отже не входить до оцінки загальної економії енергії, а лише характеризує очікувані позитивні зміни паливного балансу.

Фахівець може здогадуватись, що 35% зниження споживання тепла будівлями - це частка тепла від загального його споживання будівлями, а зниження потреб в тепловій енергії (40%) – це і є загальна економія тепла від реалізації проекту енергоефективності. Але це лише припущення фахівця. Автор проекту залишив широкий простір для всіляких припущень.

### Приклад 2.

Звіт з енергетичного аудиту містить інформацію, що «...потенціал економії теплової енергії при перекладанні мереж попередньо-ізольованими трубами складає близько 50% від існуючих теплових втрат у зовнішніх теплових мережах».

Приведена в звіті інформація не дає коректної оцінки потенційної економії тепла. Справа в тому, що втрати тепла тепловими мережами складаються із двох складових: нормативних та понаднормативних втрат теплової енергії. Нормативні втрати можуть становити від 1-2% до 15-20% від об'єму тепла, що транспортується.

Знаючи діаметр труб та матеріал їх теплової ізоляції легко розрахувати нормативні втрати тепла при транспортуванні. Встановити понаднормативні втрати тепла можна лише за допомогою досить дорогих інструментальних випробувань згідно затверджених методик.

Враховуючи сказане вище можна зробити висновок, що приведена в звіті інформація про економію тепла за рахунок впровадження попередньо ізольованих труб абсолютно не конкретна, що суттєво знижує якість виконаних робіт з енергетичних обстежень.

### Приклад 3.

Інформація із реального звіту про проведення енергетичного аудиту: «Встановлення індивідуальних теплових пунктів, що забезпечують погодне регулювання температури в приміщеннях, забезпечить економію теплової енергії на рівні 25-30%».

По-перше: для встановленого на системі теплопостачання будівлі ІТП прийнята оцінка економії значно завищена. Простою оцінкою, без використання приладів та відпрацьованих методик визначити потенціал енергозбереження від впровадження цього заходу неможливо.

По друге: якщо 20-40% економії розглядається по відношенню до будівлі, в якій не проводилась термомодернізація, то будемо мати одну кількість заощадженої енергії. Але якщо 25-30% економії стосується будівлі до проведення комплексної термомодернізації, то абсолютна економія тепла буде приблизно в два рази нижче.

Цей приклад дуже добре ілюструє взаємозв'язок економічної ефективності різних заходів з енергозбереження одного енергозберігаючого проекту.

#### Приклад 4.



У відповідності до проекту USAID «Реформа міського тепло- забезпечення України» в м. Полтаві розроблений «Міський енергетичний план», мета якого «Започаткувати створення фінансово життєздатного та стабільного міського тепло- забезпечення». Розробники енергоплану міста запевнили, що з його розробкою «започаткований системний підхід до управління енергетичними ресурсами міста».

На моє розуміння «системний підхід» мав починатись із аргументованого визначення і аналізу, як мінімум, таких основних показників:

- об'єму теплової енергії, що виробляється, відпускається та споживається;
- об'єму втрат теплової енергії при виробництві тепла;
- об'єму теплової енергії, що втрачається при транспортуванні та розподілі;
- об'єму теплової енергії, що споживається будівлями з урахуванням перспектив проведення санації будівель;
- класифікації втрат тепла за принципом: нормативні, понаднормативні втрати;
- потенціалу енергозбереження в цілому по місту та з урахуванням періоду дії запропонованого енергоплану.

На жаль, системного підходу, не лише до управління енергоресурсами, але і для початкової оцінки існуючої системи теплопостачання я не знайшов. Хай пробачать мені розробники енергоплану, якщо я переоцінив свої професійні можливості і не зміг розібратись у цьому складному документі.

На сторінці 4 енергоплану, під назвою «очікувані результати», приведені дані про економію 30 млн.м<sup>3</sup> газу та економію енергії в сумі 97,3 тис.МВт\*год. При цьому економія коштів має складати 39 млн. грн

Очікувані результати	За період дії МЕР (2011-2015 рр.) досягти наступних показників:
	• загальної економії енергоресурсів по місту – 39 млн.грн.
	- в бюджетних будівлях - 7,4 млн.грн.
	- в житлових будинках тепло району - 1,5 млн.грн.
	- в системі тепло генерації - 30 млн.грн.
	• економії енергії - 97,3 тис. МВт*год
	• економія природного газу - 30 млн.м <sup>3</sup>

Важко зрозуміти чи економія енергії в сумі 97,3 тис.МВт\*год і економія газу (30 млн.м<sup>3</sup>) мають сумуватись, щоб отримати загальну економію, оцінену в 39 млн.грн. Чи економія 30 млн.м<sup>3</sup> газу є еквівалентом економії енергії.

Через те, що ні ціни на енергоносії, ні тарифи на енергію в енергоплані не приведені, то як корелюють між собою приведені вище дані не відомо.

Приведений лише один фрагмент із згаданого енергоплану, але на мій погляд, дуже важливий. Мета розробки енергоплану визначена дуже вірно. Саме системний підхід повинен бути покладений в основу будь-якого планування. На жаль, розробникам згаданого енергоплану це не вдалося..

Приведені приклади, для робіт, що розглядались, красномовно ілюструють відсутність чіткої класифікації показників, що характеризують системи теплопостачання та вільне трактування методів визначення потенціалу енергозбереження. За таких умов практична цінність значної кількості проведених енергетичних обстежень і розроблених енергопланів недостатньо висока.

На мій погляд для забезпечення системного підходу в управлінні енергоресурсами систем теплопостачання необхідно мати певний алгоритм проведення обстеження:

- генерація – транспортування – розподіл - споживання
- виробництво тепла – втрати тепла – корисне споживання тепла

Основою такої систематизації мають стати повноцінні теплові баланси систем теплопостачання. Позицію компанії «НВЦ Теплокомплект» щодо важливості розробки повноцінних теплових балансів систем теплопостачання можна знайти на посиланні [http://www.tecom.com.ua/work/publications/71/teplovii\\_balans\\_sistemi\\_teplopostachannja.pdf](http://www.tecom.com.ua/work/publications/71/teplovii_balans_sistemi_teplopostachannja.pdf)

Нова програма USAID «Муніципальна енергетична реформа», що має функціонувати в найближчі чотири роки, передбачає впровадження єдиних форматів інформації, що характеризують діяльність систем теплопостачання та єдину базу даних усіх показників систем муніципального теплопостачання. Такий підхід необхідно признати правомірним, а в основу формування цього підходу необхідно покласти теплові баланси та чітке структурування показників функціонування систем теплопостачання. Обов'язковою умовою будь-якої діяльності, пов'язаної із модернізацією систем теплопостачання, має бути аргументоване визначення потенціалу енергозбереження і відмова від існуючої практики оцінки можливої економії від впровадження енергозберігаючих заходів за якимись не достатньо аргументованими процентами від споживання.

Структурування показників, що характеризують роботу систем теплопостачання, можливо почати з розподілу на три блоки, пов'язані між собою тепловим балансом:

- блок генерації теплової енергії;
- блок транспортування та розподілу теплової енергії;
- блок споживання теплової енергії.

Основним показником ефективності генерації теплової енергії має стати **коефіцієнт ефективності виробітку теплової енергії (коефіцієнт ефективності використання палива)**, що являє собою відношення теплової енергії, що відпускається котельнею до теплової енергії палива. Втратами тепла на стадії генерації являються: втрати при виробництві теплової енергії та витрати тепла на власні потреби котельні.

Коефіцієнт корисної дії кожного із котлів котельні, визначений інструментальними замірами на певних навантаженнях котлів, є показником важливим, але допоміжним.

Фактичний коефіцієнт ефективності виробітку теплової енергії має визначатись із використанням лічильників відпуску тепла та споживання палива. Розрахунковий коефіцієнт виробітку теплової енергії може бути визначений шляхом використання відомих методологій.

Аналіз фактичного та розрахункового коефіцієнтів ефективності виробітку теплової енергії забезпечує можливість достовірного визначення потенціалу енергозбереження на стадії виробітку тепла.

Ефективність транспортування теплової енергії доцільно оцінювати **коефіцієнтом ефективності транспортування теплової енергії**, що являє собою відношення теплової енергії, що поступає на теплові вводи будівель споживачів до теплової енергії, що відпускається котельнею. Втратами тепла на стадії транспортування являються: втрати тепла, що мають місце через стінки труб та їх теплову ізоляцію, а також із витоками теплоносія.

Фактичний коефіцієнт ефективності транспортування теплової енергії має визначатись із використанням лічильників відпуску тепла котельнею та лічильників, встановлених на теплових вводах споживачів. Розрахунковий коефіцієнт ефективності транспортування тепла може бути визначений із використанням відомих методологій.

Фактичні втрати тепла при транспортуванні теплової енергії можливо визначити з використанням РД 34.09.255-97 «Методических указаний по определению тепловых потерь в водяных тепловых сетях» РФ 1998 г або «Методики определения фактических потерь тепловой энергии через тепловую изоляцию трубопроводов водяных тепловых сетей систем централизованного теплоснабжения» затверджених департаментом енергонагляду Міненерго РФ 24.02.2004 р

Аналіз фактичного та розрахункового коефіцієнтів ефективності транспортування теплової енергії забезпечує можливість достовірного визначення потенціалу енергозбереження на стадії транспортування тепла.

Ще однією причиною втрат теплової енергії системами тепlopостачання є невідповідність кількості теплової енергії, що подається споживачам, обґрунтованим нормативам споживання тепла. Надлишок тепла, що подається споживачам втрачається, додатково створюючи дискомфорт у приміщеннях. Згадані втрати теплової енергії прийнято називати втратами при розподілі. Для мінімізації цих втрат найбільш ефективним заходом є встановлення індивідуальних автоматизованих теплових пунктів (ІТП). Ефективність розподілу теплової енергії між споживачами доцільно оцінювати **коефіцієнтом ефективності розподілу теплової енергії**, що являє собою відношення обґрунтованого нормативного споживання тепла до теплової енергії, що поступає на теплові вводи будівель споживачів. Питанням визначення та аналізу нормативного та фактичного споживання тепла будівлями та визначення потенціалу енергозбереження присвячена стаття, з якою можливо ознайомитись на сайті компанії «НВЦ Теплокомплект» за посиланням: [http://www.tecom.com.ua/work/publications/79/%D0%86tp\\_efekt.pdf](http://www.tecom.com.ua/work/publications/79/%D0%86tp_efekt.pdf)

Розглянемо умовну систему тепlopостачання, що має структуру виробництва і споживання теплової енергії, приведену на рисунку 1. Показники виробітку і споживання теплової енергії приведені в умовних величинах. Для такої системи коефіцієнт ефективності використання палива в установках генерації тепла (котельні) становитиме:

$$\eta_{\text{кот}} = \frac{100 - (10 + 3)}{100} * 100 = 87\%$$

Коефіцієнт ефективності транспортування тепла, що відпускається котельнею:

$$\eta_{\text{тр}} = \frac{87 - 12}{87} * 100 = 86,2\%$$

Аналогічно розраховується коефіцієнт ефективності розподілу теплової енергії.

Рисунок 1

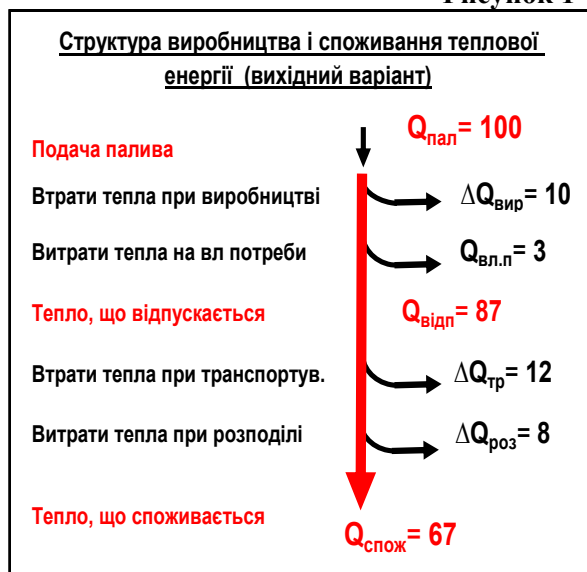
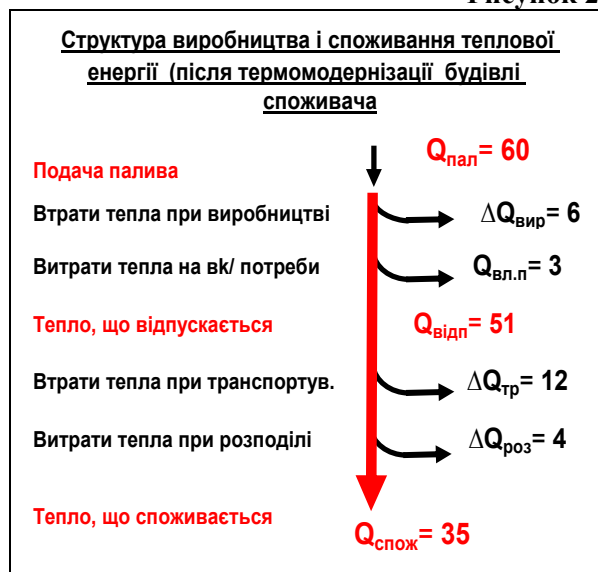


Рисунок 2



Якщо в умови, приведені на рисунку 1, внести зміни в частині зменшення споживання теплової енергії будівлями за рахунок проведення повної санації будівель-споживачів теплової енергії (див. рис. 2), то отримаємо:

- коефіцієнт ефективності використання палива в котельні:

$$\eta_{\text{кот}} = \frac{60 - (6 + 3)}{60} * 100 = 85\%$$

- коефіцієнт ефективності транспортування тепла, що відпускається котельнею:

$$\eta_{\text{тр}} = \frac{51 - 12}{51} * 100 = 76,5\%$$

Як бачимо, якщо в умовах існуючої системи тепlopостачання провести санацію будівель споживачів, що суттєво знизить споживання теплової енергії, то це стане причиною зниження ефективності використання палива в котельні та ефективність



використання тепла, що відпускається котельнею. Це пов'язано з тим, що при зниженні споживання тепла використання тепла на власні потреби та втрати тепла при транспортуванні залишилися без змін.

Розглянемо можливі варіанти оцінки втрат теплової енергії. На рисунках 1 та 2 втрати тепла не поділяються на нормативні та понаднормативні втрати. Для прикладу розглянемо аналіз втрат теплової енергії при транспортуванні.

В практиці обговорень результатів проведення енергетичних аудитів, коли говорять що, наприклад, втрати тепла при транспортуванні складають 12%, як правило, не уточнюють від якої величини визначалась частка втрат. Ці втрати можна відносити до загальної кількості тепла, що отримується при спалюванні палива ( $Q_{\text{пал}}$ ), до кількості тепла, що відпускається котельнею споживачам ( $Q_{\text{відп}}$ ) або до кількості тепла, що споживається ( $Q_{\text{спож}}$ ).

Для умов, приведених на рис.1 (без проведення санації будівель), втрати тепла при транспортуванні становитимуть:

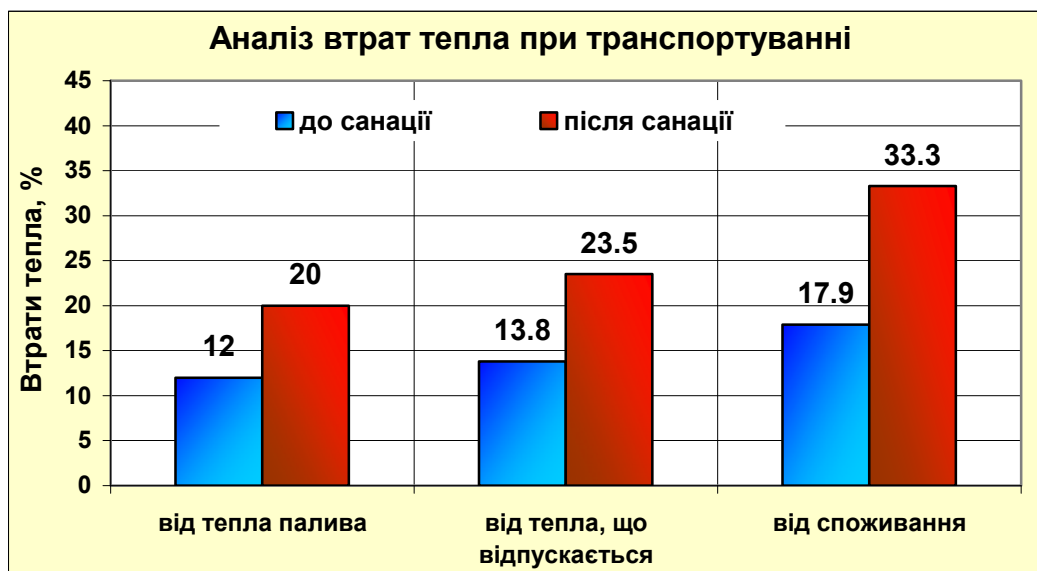
- від тепла палива .....  $q_{\text{тр}} = (12/100)*100 = 12\%$
- від тепла, що відпускається .....  $q_{\text{тр}} = (12/87)*100 = 13,8\%$
- від тепла, що споживається.....  $q_{\text{тр}} = (12/67)*100 = 17,9\%$

В разі, якщо при існуючій системі теплопостачання знизити споживання тепла за рахунок проведення санації будівель (рис.2), то отримаємо такі показники відносних втрат тепла при транспортуванні:

- від тепла палива .....  $q_{\text{тр}} = (12/60)*100 = 20\%$
- від тепла, що відпускається .....  $q_{\text{тр}} = (12/51)*100 = 23,5\%$
- від тепла, що споживається.....  $q_{\text{тр}} = (12/36)*100 = 33,3\%$

Для наглядності виразимо отримані вище дані у вигляді графіка, приведеного на рисунку 3.

Рисунок 3



Приведений графік ілюструє, що при незмінних втратах тепла при транспортуванні в різних умовах їх оцінки вони можуть характеризуватись широким діапазоном відносних (процентних) показників. Іншими словами, оцінка показників втрат тепла в процентах при оцінці потенціалу енергозбереження є недостатньо коректною, а як результат, може мати місце недостовірною оцінкою ефективності впровадження енергозберігаючих заходів. Тому найбільш коректним методом має бути визначення показників економії тепла в реальному вимірі витрат тепла. Інша справа, що для цього необхідне проведення більш детальних досліджень і інструментальних вимірів.

Доцільно говорити і про те, що будь-які арифметичні дії із процентами втрат та використання тепла недопустимі бо, як правило, при їх визначенні за базу приймаються різні показники.

#### ВИСНОВКИ:

Аналіз виконання робіт з енергетичного аудиту систем тепlopостачання дає змогу зробити наступні висновки:

1. Оцінка потенціалу енергозбереження систем енергоспоживання з використанням аналогій та загальних оцінок (в % від споживання енергії) недопустиме.

2. Загальний потенціал енергозбереження системи енергоспоживання доцільно визначати з використанням теплового балансу на стадії проведення енергетичного аудиту. При цьому мають використовуватись показники приладів обліку споживання палива, електроенергії і тепла, дані бухгалтерського обліку, матеріали повірочних розрахунків, затверджені для даного об'єкту показники нормативного споживання і нормативних втрат енергії.

Показники потенціалу енергозбереження для кожної із стадій: виробництва, транспортування, розподілу і споживання тепла та для кожного енергозберігаючого заходу має визначатись із застосуванням засобів вимірювальної техніки шляхом випробування обладнання та мереж та проведенням повірочних розрахунків. Потенціал енергозбереження для окремих енергозберігаючих заходів визначається при проведенні енергетичного аудиту або в період розробки конкретних інвестиційних проєктів.

3. Недопустимо при одночасному впровадженні (розгляді) заходів з енергозбереження загальний ефект (загальний потенціал енергозбереження) визначати шляхом сумування ефектів окремих заходів. Порядок визначення потенціалу енергозбереження повинен здійснюватись за схемою: від загального (сумарного) до конкретного для кожного заходу, а не навпаки.

4. Аналіз ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів та впровадження енергозберігаючих заходів має здійснюватись з використанням єдиного показника, наприклад теплової енергії, замість одночасного застосування показників теплової енергії і витрат палива.

Необхідність приведення усіх результатів економії паливно-енергетичних ресурсів до єдиного показника підтверджена положеннями Типової методики «Загальні вимоги до організації та проведення енергетичного аудиту». Зокрема п. 9.4.1. містить інформацію, що при проведенні порівняння витрати енергоносіїв необхідно «дотримуватись порівнянності порівнюваних показників».

Застосування оцінки потенціалу енергозбереження або економії енергоносіїв в % від загальних витрат енергії або палива, з метою досягнення наглядності, доцільно використовувати додатково до оцінки за основними показниками, в першу чергу, в розділах звітів, що містять висновки або в матеріалах презентацій.

5. При розробці системи заходів з енергозбереження та оцінці ефективності їх впровадження необхідно враховувати можливий ефект взаємного впливу енергозберігаючих заходів. Приклад: Якщо розглядати спільне впровадження 2-х заходів: модернізація котельні та термомодернізація будівель-споживачів тепла, то ефективність їх впровадження буде суттєво залежати від того одночасно чи в різні періоди планується їх проведення.

Якщо модернізація котельні буде передувати проведенню утеплення (санації) будівель, то теплова потужність котельні має бути приблизно вдвічі більшою, ніж потреба будівель в тепловій енергії в разі проведення їх утеплення. Від того в який період планується проведення модернізації котельні залежать і капітальні витрати на модернізацію котельні і показники абсолютних значень економії теплової енергії. Залежність показників економії теплової енергії на системах тепlopостачання при проведенні утеплення будівель можна проілюструвати даними, приведеними на рисунках 1 і 2.