

Підходи до розробки моделей енерго - та ресурсозбереження при організації процесів водопостачання

Розглядаються основні принципи та підходи до побудови моделей оптимізації енерго- та ресурсозбереження при виборі технологій водопостачання.

Ключові слова: ресурсозбереження, енергозбереження, ресурсосмість, ресурсозберігаючі технології, житлово-комунальне господарство, система водопостачання.

The article considers the main principles and approaches to energy conservation and resource-saving optimization models by water supply technologies select.

Keywords: resource-saving, energy conservation, resource-capacity, resource-saving technologies, housing and communal services, water supply system.

Вступ. Аналіз стану системи водопостачання за останні роки свідчить про необхідність проведення заходів, що сприятимуть позитивним змінам у даній сфері. Протягом першого етапу реформ (2004 – 2007 рр.) у водопровідно-каналізаційному господарстві протяжність зношених та аварійних мереж збільшилась на 8,6 тис. км, середній рівень втрат води у мережах зріс від 30% до 37%, питомі витрати електроенергії у 2 – 3 рази перевищують середньоєвропейські показники.

Зазначимо, що норма споживання води однією людиною складає в Україні 127,8 куб.м/рік порівняно з відповідною нормою в США – 109,5 куб.м/рік та середнім значенням в Європі – 73 куб.м/рік.

Доведення до європейських норм споживання води населенням може забезпечити економію до 2 млрд куб. м води на рік. Враховуючи, що питомі витрати електроенергії на підйом, очистку та транспортування 1 куб. м води становлять 0,999 кВт.год., зниження водоспоживання забезпечить значну економію електроенергії – на рівні 1,998 млрд кВт.год. за рік, що, в свою чергу, забезпечить економію 1,4 млрд куб. м газу на рік (10,8% від загального обсягу природного газу, спожитого підприємствами ЖКГ у 2007 році) [1].

У масштабах країни щорічні обсяги втраченої у мережах води становлять близько 1,3 – 1,4 млрд. куб. м, на її підйом, очистку, транспортування та відведення витрачається 2,15 млрд. кВт.год. електроенергії. Щоб виробити цю електроенергію ТЕЦ щороку споживають близько 1,5 млрд.куб. м імпортованого природного газу.

На сучасному етапі підґрунтям зниження витрат на виробництво послуг у житлово-комунальному господарстві можна вважати забезпечення енерго- та ресурсозбереження у всіх сферах ЖКГ.

Реалізація заходів з енерго- та ресурсозбереження передбачає такі заходи:

- зниження витрат води та теплової енергії в будинках, спорудах та комунікаціях за рахунок покращення теплової ізоляції, автоматичного регулювання роботи насосних агрегатів, раціональної цінової політики;

- модернізацію систем водо- та тепlopостачання за рахунок оптимізації режимів роботи обладнання та мереж, децентралізації джерел тепlopостачання, диспетчеризації та автоматизації, нових технологій та очищення мереж;

- підвищення надійності та стабілізації роботи обладнання та комунікацій за рахунок виконання

необхідного обсягу робіт із заміни зношених мереж, використання сучасних матеріалів, підготовки теплоносія;

– використання теплових насосів та інших нетрадиційних джерел енергії з урахуванням місцевих умов.

Аналіз останніх досліджень. Останні дослідження [2–7], що присвячені визначенню напрямків вирішення проблем енергоефективності в муніципальному секторі міст України з точки зору отримання максимального економічного, соціального та екологічного ефекту, дозволяють зробити такі висновки. У згаданих роботах зазначено, що при впровадженні проектів та заходів у сфері енергоефективності необхідно використати зарубіжний досвід, що сприятиме вирішенню проблем енергоефективності в об'єктах муніципального сектору міст України. Підкреслюється, що для аналізу впровадження енергозберігаючих технологій необхідною є розробка та застосування системи показників використання енергетичних ресурсів у житлово-комунальному господарстві, до якої входять: енерговіддача, енергоємність, ресурсоємність, енергозбереження. Також підкреслюється актуальність розробки практичних рекомендацій з визначення економічної ефективності мотивації впровадження енергозберігаючих технологій у житлово-комунальному господарстві, що ґрунтуються на принципах самоокупності та самоінвестування і приводять до узгодження інтересів виробників і споживачів житлово-комунальних послуг.

Невирішені проблеми. Рациональне вирішення питань енерго- та ресурсозбереження у сфері ЖКГ передбачає обґрунтування концептуальних аспектів формування механізмів та технологій ресурсозбереження в житлово-комунальній сфері України та визначення методичних положень розробки аналітичної системи оцінки енерго- та ресурсозбереження у сфері ЖКГ у цілому та в системі

водопостачання зокрема з метою реалізації шляхів стабілізації, економічного розвитку та модернізації ринку послуг житлово-комунального господарства України.

Мета. Визначення основних принципів, критеріїв та показників, що лежать в основі моделювання вибору ресурсозберігаючих технологій та заходів у системі водопостачання.

Основний матеріал. Під ресурсозбереженням розуміють метод господарювання, який охоплює комплекс технічних, економічних, організаційних заходів, що спрямовані на раціональне використання ресурсів та забезпечення потреб у них, головним чином, за рахунок економії [8].

Серед основних чинників (напрямок) ресурсозбереження у ЖКГ можна виокремити такі: збереження енергії, збереження води, збереження тепла, збереження газу, оптимізація землекористування, мінімізація витрат, пов'язаних із впровадженням нових технологій; мінімізація витрат, пов'язаних з ремонтом та оновленням технологічного обладнання; фондоемність, трудомісткість, мінімізація екологічних збитків.

Здійснення ресурсозбереження передбачає запровадження економічного механізму, формування якого має базуватися на таких принципах:

- системність (реалізує докладне вивчення всіх процесів та явищ з метою виявлення сильних та слабких сторін ефектів ресурсозбереження);
- комплексність (необхідно враховувати технічні, екологічні, організаційні, соціальні, психологічні аспекти управління ресурсозбереженням та їх взаємозв'язок);
- нормативний підхід (доцільно управляти енергозбереженням на основі встановлення нормативів для

всіх підсистем управління з урахуванням вимог комплексності та ефективності, обґрунтованості);

– довгострокова перспектива (необхідно враховувати ефекти довгострокової перспективи, в тому числі віддалені на майбутнє, а також такі, що виникають за рахунок акумулювання екологічних наслідків) тощо.

Для визначення економічної ефективності проектів енерго- та ресурсозбереження в ринкових умовах адекватною вважається модифікація поширеної у світовій практиці методики розрахунку ефективності інвестиційних проектів, згідно з якою оцінка ефективності енергозберігаючих проектів або заходів проводиться з використанням таких показників: чистого дисконтованого прибутку; терміну окупності; індексу прибутковості (відносний показник економічної ефективності).

За певних умов обґрунтованим для визначення економічної ефективності проектів енерго- та ресурсозбереження може виявитися використання такого показника як приведені витрати.

Чистий дисконтований прибуток (ЧДП) від впровадження нових інформаційних енергозберігаючих і екологічно безпечних технологій пропонується розраховувати за формулою [9]:

$$\text{ЧДП} = \sum_{t=1}^T (ЗП_t + Ввідв_t + Швідв_t - Кпр_t \times (1/1 + E)^{t-1}), \quad (1)$$

де t – рік початку реалізації проекту;

T – рік закінчення реалізації проекту ($T-t$ –розрахунковий період);

$ЗП_t$ – вартість заощадженого палива у рік t ;

$Ввідв_t$ – відвернуті втрати коштів за викиди та скиди у зовнішнє середовище у рік t ;

$Швідв_t$ – відвернута шкода здоров'ю людей у рік t ;

$Kпр_t$ – капітальні вкладення в природоохоронні або енергозберігаючі заходи у рік t ;

E – норма дисконтування.

У формулі (1) як фінансові вигоди для підприємства або об'єднання виступають: вартість заощадженого палива, відвернутий обсяг платежу за додаткові викиди та скиди у зовнішнє середовище, а також відвернута шкода здоров'ю людей.

Сумарні витрати, що пов'язані з реалізацією заходів з енергозбереження, обчислюються як сукупні експлуатаційні витрати та капіталовкладення, що приведені до річної розмірності з урахуванням фактору часу [10]. Витрати найбільш повно включають основні складові: оцінку витрачених матеріальних ресурсів, рентну оцінку використаних природних ресурсів, рентну оцінку використаних основних засобів та капіталовкладень, що пов'язані з енергозбереженням; витрати на трудові ресурси, на інформаційні ресурси, на отримання супутніх результатів.

Розглянемо принципи впровадження проектів енергосбереження в системі водопостачання житлового-комунального господарства.

Оскільки Україна належить до числа енергодефіцитних держав, то однією з найактуальніших проблем, що стоять перед комунальним господарством України, є проблема зниження енергоємності водопостачання і водовідведення. Насосні станції (НС) систем водопостачання і водовідведення належать до числа найбільш ресурсоємних технологічних об'єктів в комунальному господарстві. Основною складовою ресурсоємності НС є енергоспоживання. Як приклад впровадження ресурсозберігаючої технології у сфері ЖКГ можна розглянути вибір доцільного варіанту поетапного введення нових насосних станцій, обладнаних регульованим

електроприводом, та відповідну поетапну модернізацію мереж водопостачання для забезпечення необхідних потреб населення у воді.

Для кожного можливого варіанта поетапної модернізації системи водопостачання здійснюється розрахунок відповідного значення ЧДП за формулою (1) (або обгрунтовано вибір та здійснено розрахунок деякого іншого показника). Якщо для порівняння варіантів поетапного введення нових НС та відповідної модернізації системи водопостачання обгрунтовано доцільність використання критерію приведених витрат, то критерій оптимальності при вирішенні задачі перспективного розміщення та поетапного збільшення виробничої потужності системи водопостачання (залежно від прогнозованого попиту на водоспоживання) можна записати у вигляді функціоналу:

$$\min F(j_0, j_1, \dots, j_T) = \sum_{t=1}^T \sum_{j_t=1}^{j_t} \sum_{j_{t-1}=1}^{j_{t-1}} (\Delta K(j_t) \chi(j_{t-1}, j_t) \bar{\chi}(j_{t-1}) + E(j_t) \bar{\chi}(j_t) \eta_t), \quad (2)$$

де j_t – варіант, що задається кількістю НС певної потужності, їх розміщенням та відповідною структурою водопровідної мережі в рік t ;

$\Delta K(j_t) = K(j_t) - K(j_{t-1})$ – капіталовкладення, що необхідні для розвитку системи водопостачання від варіанту j_{t-1} до варіанту j_t ;

$\chi(j_{t-1}, j_t) = \{1, 0\}$ – булева змінна, що визначає допустимість суміжності варіантів j_{t-1} та j_t при обмеженнях на необхідну потужність та можливі капіталовкладення;

$\bar{\chi}(j_t) = \{1, 0\}$ – булева змінна, що визначає, чи є варіант j_t t -м елементом зіставлення варіантів, який досліджується;

η_t – коефіцієнт приведення різночасових витрат до початкового моменту часу;

$E(j_t)$ – експлуатаційні витрати на рік t за j_t -м варіантом;

J_t – кількість варіантів розв’язків, отриманих для року t ;

T – рік закінчення реалізації проекту.

Виходячи із принципу побудови функціоналу (2) зазначимо, що цей функціонал має властивість монотонної рекурсивності, що обумовлює можливість використання схеми методу послідовного аналізу варіантів для вирішення поставленої задачі [11]. Зауважимо, що розв’язання задачі необхідно здійснювати з урахуванням певних обмежень на використання ресурсів.

При виборі ресурсозберігаючого проекту модернізації мережі водопостачання можна вважати доцільним врахування відповідних значень таких показників як ресурсоемність та ресурсозбереження. Ресурсоемність продукції, робіт, послуг сукупність структурно-технічних характеристик, які визначають можливість виготовлення продукції, ремонту й утилізації, а також виконання робіт і надання послуг зі встановленими затратами і витратами ресурсів в технологічних циклах [8].

Поряд із поняттям ресурсоемності продукції, робіт, послуг представники енергетичної школи виокремлюють поняття ресурсомісткості продукції, робіт та послуг під яким розуміють сукупність системно-структурних властивостей, що характеризують склад та вміст зосереджених у продукції, роботах та послугах ресурсів певного виду за даного рівня розвитку суспільства [12].

Показник ресурсоемності P визначається за формулою:

$$P = \frac{BB + A(З) + IB}{СВД}, \quad (3)$$

де BB – валові витрати; $A(З)$ – амортизаційні відрахування (зношення основних засобів та матеріальних активів); IB – інші витрати, що не входять до складу валових витрат; $СВД$ – сукупний валовий дохід.

У подальшому показник ресурсозбереження r розглядається як різниця між поточним та базовим значенням ресурсоємності:

$$r = P_n - P_{\sigma}, \quad (4)$$

де P_n , P_{σ} – ресурсоємність продукції (робіт, послуг) у поточному та базовому періодах відповідно.

Показники ресурсоємності та ресурсозбереження виступають узагальнюючими показниками, розрахунок яких базується на значеннях таких первісних показників як матеріалоемність, фондоемність, трудоємність, зарплатоемність. Оцінка згаданих показників проводиться на галузевому й регіональному рівнях, а також на рівні підприємства.

При впровадженні ресурсозберігаючих технологій доцільно розглядати застосування цих показників для їх оцінки.

При порівнянні можливих варіантів нових технологічних ланцюгів слід здійснювати оцінку витрат ресурсів в розрахунок на одиницю продукції, робіт чи послуг та проводити аналіз ефективності нової розробки за допомогою коефіцієнтів ресурсо- та енерговитрат.

Слід зазначити, що при впровадженні ресурсозберігаючих проектів ранг пріоритетності проекту визначається мінімізацією витрат позикових коштів на реалізацію проекту з енерго- та ресурсозбереження на підприємствах ЖКГ при забезпеченні гарантованого терміну їх повернення й подальшої економії ресурсів. Економічна доцільність такого підходу визначається суттєвим обсягом необхідних капітальних вкладень у проект енерго- та ресурсозбереження.

Інвестиційна привабливість проектів енерго- та ресурсозбереження як для інвестора, так і для підприємства ЖКГ, полягає в наявності гарантованого джерела погашення

кредиту за рахунок коштів, заощаджених в результаті скорочення витрат виробництва.

Принципи визначення бюджетної економії проекту енерго- та ресурсозбереження розглянуто в [13].

Визначення ефективності проекту енерго- та ресурсозбереження базується на даних щодо обсягів грошових надходжень та виплат. При цьому окремо оцінюються:

- грошові надходження та виплати, що пов'язані з виробництвом та наданням послуг;
- надходження коштів на реалізацію проекту за рахунок власних джерел підприємств та відповідні виплати;
- надходження коштів за рахунок позикових джерел фінансування проекту та грошові виплати на погашення кредитів, відсотків за ними, сплату податків та інші обов'язкові платежі.

Здійснення вибору варіанту модернізації мережі водопостачання задає для кожного етапу планового періоду необхідну кількість НС відповідної потужності.

В подальшому для конкретної насосної станції, обладнаної регульованим електроприводом, може бути досліджена задача енергозберігаючого управління процесом водопостачання.

Серед складових елементів експлуатаційних витрат систем водопостачання основними споживачами електроенергії виступають насосні станції другого підйому. В системах комунального водопостачання мають місце добові, тижневі та сезонні коливання обсягів водоспоживання, внаслідок чого робочі режими насосних агрегатів опиняються поза робочою зоною їх характеристик. Це призводить до необхідності регулювання подачі та тиску насосних агрегатів. Основою енергозберігаючого управління процесом водопостачання має виступати регульований

електропривод, оскільки можливості інших способів енергозбереження вичерпані. Підсистема координації режимів роботи регульованих насосних агрегатів підпорядкована підсистемі управління режимом роботи технологічного устаткування насосної станції та входить до складу системи управління насосною станцією. Наявний стан подачі та тиску в абонентських гідромережах визначається вектором змінних $Y = [Q_\Phi, H_\Phi]$, де Q_Φ та H_Φ – вектори фактичних значень подачі та тиску на входах абонентських мереж водопостачання [14, 15]. Вектор Z характеризує вимоги абонентів і має вигляд: $Z = [Q_n, H_n, H_{\text{MIN}}, H_{\text{MAX}}]$, де Q_n – вектор необхідного постачання води абонентам; H_n – вектор необхідних тисків; H_{MIN} та H_{MAX} – вектори граничних значень тисків на входах абонентських гідро мереж, що визначаються “Будівельними нормами та правилами”.

Метою енергозберігаючого управління процесом водопостачання є забезпечення найбільш повної відповідності між вектором Y фактичних значень вихідних змінних системи водопостачання та вектором Z необхідних значень вихідних змінних. Така відповідність має бути реалізована за умови мінімальних енерговитрат на транспортування води, а також виконання технологічних обмежень на керуючі змінні системи водопостачання. При цьому для повного урахування інтересів як абонентів, так і вимог до системи водопостачання узагальненим критерієм ефективності управління водопостачанням доцільно обрати критерій [16]:

$$K = K_1 + K_2 \rightarrow \min, \quad (5)$$

де K_1 – збитки систем водопостачання (перевитрати електроенергії та втрати води); K_2 – збитки абонентів від недоотримання заявлених вимог за тиском та постачанням води без перебоїв. K_1 характеризує непродуктивні витрати систем водопостачання при здійсненні процесу подачі води.

K_2 характеризує якість функціонування системи водопостачання (неузгодженість між вектором Y фактичних та вектором Z необхідних значень вихідних змінних системи водопостачання).

Завдання організаційно-економічного управління насосними станціями в умовах коливання обсягів водоспоживання, розв'язання якого покладається на диспетчерську службу системи водопостачання, вимагає оперативного спостереження за виконанням заявок абонентів та управління насосними станціями за критерієм (5) з урахуванням технологічних можливостей насосних станцій.

Завданням підсистеми управління режимом роботи технологічного обладнання насосної станції є аналіз роботоспроможності, визначення та включення в роботу тих елементів із числа встановленого на насосній станції технологічного обладнання, що забезпечать максимальне енергозбереження при виконанні технологічного завдання.

Основним завданням підсистеми координації режимів роботи регульованих насосних агрегатів є підтримка тиску H_n у вихідному колекторі насосної станції на заданому рівні. При цьому паралельно забезпечується енергозбереження, завдяки координації режимів роботи регульованих насосних агрегатів з метою максимізації поточного значення коефіцієнта корисної дії (к.к.д) насосної станції.

Зазначимо, що оскільки ПС можна розглядати як стохастичний об'єкт, що функціонує в стохастичному середовищі, то при здійсненні оперативного управління насосними станціями доцільно розглянути використання методів, які враховують специфіку процесів водопостачання, тобто їх стохастичний характер. До таких методів, зокрема, належать методи стохастичного програмування та стохастичних ігор.

Згідно [17] розрахунок H_ϕ та H_n може бути здійснено наступним чином.

Фактичний напір H_ϕ визначається як сума напору міського водопроводу H_{ex} та напору $H_{нас}$, що створюється насосом системи холодного водопостачання для підвищення напору:

$$H_\phi = H_{ex} + H_{нас}.$$

Напір, необхідний для комфортного водопостачання споживачів H_n , м вод. ст., можна розрахувати таким чином:

$$H_n = 3N + K_{ном},$$

де N – кількість поверхів найвищої будівлі, включаючи підвал, якщо насос встановлено у підвалі; $3N$ – напір, необхідний для підняття води на верхні поверхи; $K_{ном}$ – частка напору, що витрачається при подачі води споживачам на покриття втрат у трубах, $K_{ном} = 5, \dots, 15$ м вод. ст. (мінімальне число дійсне для насосу, який обслуговує лише одну будівлю, максимальне – для насосу, який обслуговує групу будівель).

Перевищення напору, що втрачається за рахунок зниження швидкості

$$\Delta H = H_\phi - H_n$$

при відомих середніх витратах води Q_{cp} , м³/год. та коефіцієнтах корисної дії двигуна – $\eta_{дв}$ та насосу – $\eta_{нас}$ дозволяє оцінити економію електроенергії $\Delta \mathcal{E}$, кВт/год, за певний проміжок часу, наприклад, за годину:

$$\Delta \mathcal{E} = \Delta H Q_{cp} / 367 \eta_{нас} \eta_{дв} t_z,$$

де t_z – кількість робочих годин за рік; $\eta_{дв} \approx \eta_{дв, ном}$; $\eta_{нас} = \alpha \eta_{нас, ном}$.

Якщо прийняти, що кожна додаткова атмосфера (10 м вод. ст.) збільшує втрати на певний відсоток (наприклад, на 7 – 9 %), то за рік вирахована економія води складе

$$\Delta B = Q_{cp} \Delta H / 10 (0,07 - 0,09) t_z$$

Наведені формули для розрахунку H_{ϕ} , H_n , ΔH , $\Delta \mathcal{E}$ можуть бути використані при обчисленні значень критерію (5), що лежить в основі задачі оптимального управління процесом водопостачання.

Зауважимо, що оскільки при моделюванні системи водопостачання необхідним є виконання умов енерго- та ресурсозбереження (мінімізація енергетичних ресурсів, мінімізація втрат води), то доцільно запропонувати структурний підхід до розробки цих моделей (Рис.1).

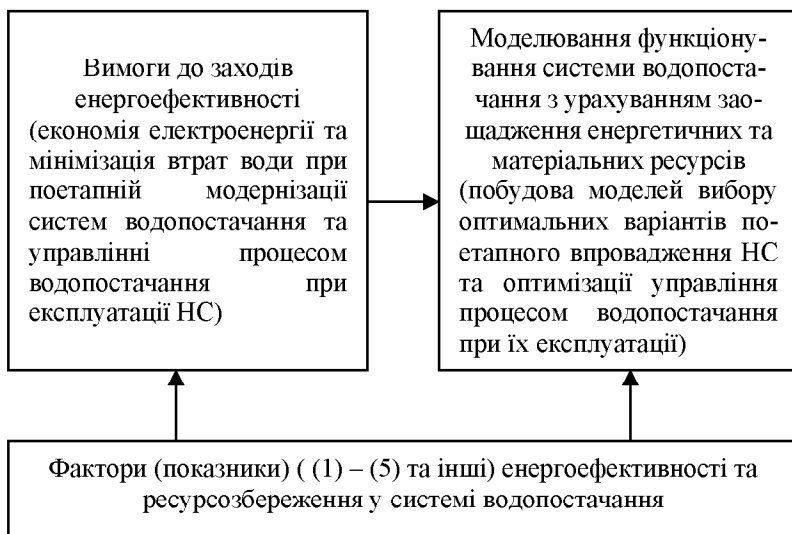


Рис.1. Структурна схема розробки моделей при організації процесів водопостачання з урахуванням заощадження енергетичних та матеріальних ресурсів

Висновок. Актуальність проведених досліджень обумовлюється тим, що вони сприятимуть вирішенню таких проблем як:

- скорочення нераціональних витрат енергетичних ресурсів та води;
- досягнення оптимального співвідношення рівня витрат та ефекту від капіталовкладень в енергозберігаючі заходи;
- забезпечення суттєвого зменшення питомих витрат енергоресурсів у системі водопостачання;
- забезпечення стабільної та ефективної роботи підприємств житлово-комунального господарства;
- підвищення якості надання послуг із забезпечення населення водою.

Література

1. Регіональна конференція міністрів “Водопостачання та водовідведення в малих населених пунктах Чорноморського регіону” м. Софія, 27 травня 2009 р. //zhkh.kpi.ua/Lists/water/AllItems.aspx
2. Кравцова Л.В. Економічний механізм мотивації впровадження енергозберігаючих технологій у житлово-комунальне господарство: Дис. ...канд. екон. наук: 08.20.01 – 2006. – 178с.
3. Кравцова Л.В. Методические основы анализа резервов экономии энергоресурсов в жилищном хозяйстве // Менеджер: Вісник Донецького державного університету управління. – №2 (28). – 2004 – с.62 – 68.
4. Третьякова Л.І., Шандарівський О.Є. Економічні аспекти енергозбереження України // 5-та Міжнародна науково-практична конференція “Проблеми економії енергії”. – Львів. – 2008. – с. 369 – 370.
5. Копець Г.Р. Сучасні проблеми здійснення енергоефективності у муніципальному секторі міст України // Вісник нац. Ун-ту “Львівська політехніка”. – № 640. – 2009. – с. 135 – 143.
6. Копець Г.Р. Логістичне рішення щодо зменшення енергетичних витрат у комунальній сфері // Вісник нац. Ун-ту “Львівська політехніка”. – № 633. – 2008. – с.326 – 331.
7. Аюров В.Д., Роднова И.С. Эколого-экономическая оценка использования топливно-энергетических ресурсов в системе

коммунального теплоснабжения. // Горный информационно-аналитический бюллетень.– № 2. – 2007. – с.112 – 118.

8. “Ресурсозбереження. Основні положення”. ДСТУ 3051- 95 (ГОСТ 30166- 95) – К.: Держстандарт України, 1966. – 8с.

9. Глухова М.В. Расчет финансового эффекта при внедрении ресурсосберегающих и природоохранных мероприятий в энергетике // Практический маркетинг.– № 7.– 2003. – с. 17 – 23.

10. Тонкаль В.Е., Денисюк С.П., Вихорев Ю.А. Методы и средства разработки и внедрения региональных комплексных научно-технических программ энергосбережения. Ч.2.– Київ.: ІПЕ НАНУ.– 1995. – с. 22-30.

11. Михалевич В.С., Шор Н.З. Метод последовательного анализа вариантов при решении вариационных задач управления планирования и проектирования. В кн.: IV Всесоюзн. математический съезд. Л. – ЛГУ, 1961. – 91с.

12. <http://energyschool.narod.ru/encikloped/r.htm>

13. Оценка экономической эффективности капиталовложений в энергосберегающие мероприятия // Вестник (Строительство. Архитектура. Инфраструктура.) – Ростов-на-Дону. – №1(16).– 2006.– с.57 – 71.

14. Евдокимов А.Г., Тевяшев А.Д., Дубровский В.Б. Моделирование и оптимизация потокораспределения в инженерных сетях. – М.: Стройиздат, 1990. – 368 с.

15. Гриценко К.Г., Червяков В.Д. Системный подход к решению проблемы энергосбережения при автоматизации процессов водоснабжения. // Вісник СумДУ.– №12(45). – 2002.– с.10 – 14.

16. Гриценко К.Г. О выборе экономического критерия управления системой водоснабжения. // Вісник СумДУ.– №1. – 1999 – с.94 – 96.

17. Москаленко В.В., Ильинский Н.Ф. Электропривод. Энерго- и ресурсосбережение. М.: Академія, 2008. – 208 с.