

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ОБ'ЄКТІВ І СИСТЕМ

УДК 621.31

Г.О. КУЦ, канд. техн. наук, ст.наук.співр.,
Інститут загальної енергетики НАН України,
вул. Антоновича, 172, м. Київ, 03680, Україна

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОГНОЗУВАННЯ РОЗВИТКУ СИСТЕМ ТЕПЛОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КРАЇНИ

Розроблено математичну модель прогнозування розвитку систем централізованого та децентралізованого теплозабезпечення, яка основана на тотожності між попитом на теплову енергію та на її пропозиції від сформованої системи. Розраховані норми річних питомих витрат теплової енергії на опалення, приточно-витяжну вентиляцію і гаряче водопостачання для житлових та бюджетних секторів на перспективу до 2035 року з урахуванням впровадження енергозберігаючих заходів.

Ключові слова: модель, система теплозабезпечення, структура системи, теплова потужність, теплогенеруючі джерела, питомі витрати теплової енергії.

Формування систем тепlopостачання пов'язано з рішенням таких проблем, як зміни структури теплогенеруючих джерел з виходом на більш високі техніко-економічні показники їх роботи за умов повного якісного покриття теплових навантажень споживачів. Тому при розробці систем вирішуються питання методичного підходу до розрахунку теплових навантажень за напрямками споживання та вибору теплогенеруючих джерел на заданий перспективний період – тобто рішення задачі по синтезу побудови систем по всьому ланцюгу від виробництва тепла до його споживання.

Мета роботи – розробка математичної моделі прогнозування розвитку систем централізованого та децентралізованого тепlopостачання країни на базі розрахованих даних теплових

навантажень споживачів, до яких відносяться житлово-комунальні, бюджетні, громадські та промислово-корпоративні сектори країни.

Прогнозний розвиток систем тепlopостачання визначається рівнянням між попитом на теплову енергію споживачів через їх теплове навантаження та пропозицій від сформованої системи теплогенеруючих джерел. З урахуванням коефіцієнтів, які визначають фактори впливу на розвиток системи, алгоритм математичної моделі в загальному вигляді цього рівняння можна записати:

$$Q_{\text{вир.}} \cdot K_{\text{в.п.г.}} \cdot K_{\text{кон.}} \cdot K_{\text{над.}} = Q_{\text{н.т.}} \cdot K_{\text{втр.}}, \quad (1)$$

де $Q_{\text{вир.}}$ – рівень виробництва теплової енергії теплогенеруючими джерелами системи тепlopостачання;

$Q_{\text{н.т.}}$ – рівень попиту теплової енергії спо-

© Г.О. КУЦ, 2015

живачами системи тепlopостачання;

$K_{в.н.з.}$ – коефіцієнт, який враховує вплив вартості природного газу;

$K_{кон.}$ – коефіцієнт, який враховує вплив конкуренції ринку теплової енергії в системі тепlopостачання;

$K_{над.}$ – коефіцієнт надійності системи тепlopостачання;

$K_{втр.}$ – коефіцієнт, який враховує втрати теплової енергії при виробництві, транспортуванні та розподілі.

Рівні обсягів виробництва теплової енергії, які забезпечують покриття рівнів попиту, визначаються через теплову потужність теплогенеруючих джерел системи тепlopозабезпечення за їх структурою та річною тривалістю їх роботи. Алгоритм рівнів виробництва теплової енергії в ГДж/рік записується таким рівнянням:

$$Q_{вир.} = \sum_{i=1}^n P_{в.т.і} \tau_{в.т.і} \cdot K_{в.н.з.} \cdot K_{кон.} \cdot K_{над.}, \quad (2)$$

де $P_{в.т.і}$ – рівень теплової потужності i -м теплогенеруючим джерелом за визначений період часу його роботи, τ ; коефіцієнти $K_{в.н.з.}$, $K_{кон.}$, $K_{над.}$ відповідають позначенням формули (1).

З урахуванням структури теплогенеруючих джерел системи тепlopостачання та їх теплової потужності формулу (2) можна записати як:

$$Q_{вир.} = \left[\left(\sum_{s=1}^n P_{с.ц.т.}^s \tau_{с.ц.т.}^s + \sum_{p=1}^n P_{с.д.ц.}^p \tau_{с.д.ц.}^p \right) \cdot K_{в.н.з.} + \sum_{t=1}^n P_{е.д.}^t \tau_{е.д.}^t + \sum_{е=1}^n P_{в.д.}^e \tau_{в.д.}^e \right] \times K_{кон.} \cdot K_{над.} \cdot 10^{-3}, \quad (3)$$

де $P_{с.ц.т.}^s$, $P_{с.д.ц.}^p$ – відповідно теплова потужність теплогенеруючих джерел систем централізованого і децентралізованого тепlopостачання, які працюють на органічному паливі;

$P_{е.д.}^t$ – теплова потужність теплогенеруючих джерел, які працюють на електричній енергії;

$P_{в.д.}^e$ – теплова потужність відновлюваних джерел енергії;

$\tau_{с.ц.т.}^s$, $\tau_{с.д.ц.}^p$, $\tau_{е.д.}^t$, $\tau_{в.д.}^e$ – тривалість роботи теплогенеруючих джерел відповідно позначення їх структури;

коефіцієнти $K_{в.н.з.}$, $K_{кон.}$ і $K_{над.}$ – відповідають позначенням формули (1).

Щодо коефіцієнтів $K_{в.н.з.}$, $K_{кон.}$ і $K_{над.}$, то їх

визначення слід проводити за рекомендаціями та методичними положеннями робіт [1–5].

Друга частина рівняння (1) визначає рівні попиту теплової енергії для забезпечення покриття теплових навантажень споживачів, до яких відносяться: технологічні процеси і побутові потреби промислових підприємств, опалення та гаряче водопостачання житлового і соціального секторів країни та інших громадських організацій. Сумарний рівень теплової енергії ($Q_{сум.}$), необхідний для забезпечення зазначених споживачів, незалежно від періоду визначається за формулою:

$$Q_{сум.} = Q_{ВЕД} + Q_{о.н.} + Q_{г.в.н.} + Q_{о.с.с.} + Q_{в.с.с.} + Q_{г.в.с.с.} + Q_{втр.}, \quad (4)$$

де $Q_{ВЕД}$ – рівень попиту теплової енергії видами економічної діяльності (ВЕД);

$Q_{о.н.}$ – рівень попиту теплової енергії на опалення житлових будинків населення;

$Q_{г.в.н.}$ – рівень попиту теплової енергії на гаряче водопостачання населення;

$Q_{о.с.с.}$ – рівень попиту теплової енергії на опалення споруд соціального і громадського призначення;

$Q_{в.с.с.}$ – рівень попиту теплової енергії на приточно-витяжну вентиляцію споруд соціального і громадського сектору;

$Q_{г.в.с.с.}$ – рівень попиту теплової енергії на гаряче водопостачання соціального сектору;

$Q_{втр.}$ – рівень теплової енергії на покриття втрат при транспортуванні та розподілі.

Нижче надано визначення окремих складових формули (4), відповідно до їх призначення.

Рівні теплової енергії за видами економічної діяльності ($Q_{ВЕД}$) в ГДж розраховуються за показниками теплоємності та обсягів валової доданої вартості (ВДВ) за формулою:

$$Q_{ВЕД_i} = \sum_{i=1}^n e_{ВЕД_i}^t \cdot V_{ВЕД_i} \cdot 10^{-6}, \quad (5)$$

де $e_{ВЕД_i}^t$ – теплоємність ВДВ окремих i -х ВЕД;

$V_{ВЕД_i}$ – обсяг валової доданої вартості (ВДВ) окремих i -х ВЕД;

i – індекс ВЕД.

Величина теплоємності ВДВ на прогнозний період $e_{ВЕД_i}^t$ визначається як різниця між

теплоємністю ВДВ базового року та величиною зменшення теплоємності ВДВ у прогнозованому році в результаті внутрішньогалузевих структурних і технологічних зрушень у виробництві продукції:

$$e_{ВДВ_i}^t = e_{ВДВ_i}^{\bar{}} - \Delta e_{ВДВ_i}^t, \quad (6)$$

де $e_{ВДВ_i}^{\bar{}}$ – теплоємність ВДВ i -го ВЕД базового року;

$\Delta e_{ВДВ_i}^t$ – величина зменшення теплоємності ВДВ за прогнозний період відносно базового року.

З урахуванням формули (6) рівень теплової енергії $Q_{ВЕД_i}^t$ в ГДж на прогнозний період за окремим ВЕД обчислюється за формулою:

$$Q_{ВЕД_i}^t = \sum_{i=1}^n (e_{ВДВ_i}^{\bar{}} - \Delta e_{ВДВ_i}^t) \cdot V_{ВДВ_i}^t \cdot 10^{-6}. \quad (7)$$

Позначення формули (7) відповідають позначенням формул (5) і (6).

У перелік ВЕД згідно з класифікатором видів економічної діяльності (КВЕД) входять підприємства й організації, які відносяться до некомерційних інституційних одиниць і не створюють валової доданої вартості. До таких інституційних одиниць відносяться соціальні, громадські, релігійні і інші організації та об'єднання. Для зазначених споживачів рівні теплової енергії на прогнозовані та поточні рівні розраховуються за нормами питомих витрат тепла відповідно до напрямів їх використання. Використовуючи показники питомих опалювальних і вентиляційних характеристик для промислових і громадських споруд та норм витрат гарячої води на гаряче водопостачання і комунально-побутові потреби, наданих у роботах [6,7], річні рівні попиту теплової енергії ГДж/рік розраховуються:

– на опалення:

$$Q_{on.} = V_{on.} \cdot q_{on.} (t_{вн.} - t_{з.п.}^{сеп.}) \cdot n_{on.} \cdot 24 \cdot 10^{-6}, \quad (8)$$

– на вентиляцію:

$$Q_{в.} = V_{в.} \cdot q_{в.} (t_{вн.} - t_{з.п.}^{сеп.}) \cdot n_{on.} \cdot Z_{в.} \cdot 10^{-6}, \quad (9)$$

де $V_{on.}$ та $V_{в.}$ – відповідно об'єми споруд за зовнішнім обміром, в яких здійснюється опалення і приточна вентиляція;

$q_{on.}$ та $q_{в.}$ – відповідно питомі опалювальні та

вентиляційні характеристики (при розрахунковій температурі зовнішнього повітря $t_{п.} = -30^{\circ}\text{C}$);

$t_{вн.}$ – усереднена розрахункова температура внутрішнього повітря опалювальних приміщень, $^{\circ}\text{C}$;

$t_{з.п.}^{сеп.}$ – середня температура зовнішнього повітря в опалювальний період, $^{\circ}\text{C}$;

$n_{on.}$ – тривалість опалювального періоду, діб;

24 – кількість годин роботи системи опалювання за добу, год;

$Z_{в.}$ – кількість годин роботи системи вентиляції за добу, год. За відсутності фактичних даних, термін роботи системи вентиляції приймається рівним $Z = 16$ годин.

Оскільки складова $(t_{вн.} - t_{з.п.}^{сеп.}) \cdot n_{on.} \cdot 24$ формули (8) і складова $(t_{вн.} - t_{з.п.}^{сеп.}) \cdot n_{on.} \cdot Z$ (позначених відповідно $K_{on.}$ і $K_{в.}$) формули (9) для окремих населених пунктів є величинами сталими, то формули (8) і (9) можна записати:

$$\text{– для опалення: } Q_{on.} = V_{on.} \cdot q_{on.} \cdot K_{on.}, \quad (10)$$

– для приточно-втяжної вентиляції:

$$Q_{в.} = V_{в.} \cdot q_{в.} \cdot K_{в.} \quad (11)$$

Значення коефіцієнтів $K_{on.}$ і $K_{в.}$ надано в роботах [5,6].

Рівні попиту теплової енергії на гаряче водопостачання і побутові потреби $Q_{з.в.}$ в ГДж/рік розраховуються за формулою:

$$Q_{з.в.} = 1,2 c_{г.} \cdot \sum_{i=1}^n a_i \cdot m_i [(55 - t_{х.з.}) \cdot n_{o.n.} + \beta (350 - n_{on.}) \cdot (55 - t_{х.л.})] \cdot 10^{-6}, \quad (12)$$

де 1,2 – коефіцієнт, що враховує тепловіддачу в приміщеннях від трубопроводів систем гарячого водопостачання;

$c_{г.}$ – питома теплоємність води, кДж/кг $^{\circ}\text{C}$;

a_i – норма витрат гарячої води на гаряче водопостачання при температурі 55°C на одиницю виміру за добу, л/добу, приймається за даними [6,7];

m – кількість одиниць виміру за добу;

$t_{х.з.}$ – температура холодної води в опалювальний період, $^{\circ}\text{C}$ (приймається рівною 5°C);

$t_{х.л.}$ – температура холодної води в літній період, $^{\circ}\text{C}$ (приймається рівною 15°C);

$n_{o.n.}$ – тривалість опалювального періоду, діб;

β – коефіцієнт, що враховує зміну середньої норми витрат тепла в неопалювальний період

по відношенню до опалювального, приймається для адміністративних споруд $\beta = 0,8$; курортних та південних міст $\beta = 1,5$ і для підприємств $\beta = 1$.

У скороченому варіанті формулу (12) можна записати:

$$Q_{z.v.} = 1,2c_e \sum_{n=1}^n a_i \cdot m_i \cdot K_{z.v.} \cdot K_{\tau} \cdot 10^{-6}, \quad (13)$$

$$\text{де } K_{z.v.} = (55 - t_{x.z.}) \cdot n_{on.} + \beta(350 - n_{on.}) \times (55 - t_{x.l.}). \quad (14)$$

Значення коефіцієнта $K_{z.v.}$ розраховане за умов, що $t_{x.z.} = 5^{\circ}\text{C}$; $t_{x.l.} = 15^{\circ}\text{C}$ і $\beta = 1,5$ приведено в роботі [6], K_{τ} – коефіцієнт, який враховує умови надходження гарячої води до споживача протягом доби чи тижня, значення K_{τ} надано в роботі [7].

У випадку, коли показники обміру споруд надаються в квадратних метрах, питомі опалювальні і вентиляційні характеристики ($q_{on.}$ і q_g) в кДж/м²год·град. перераховуються за кубатурними будівельними коефіцієнтами (R):

$$q_{on.}^1 = q_{on.} \cdot R, \quad (15)$$

$$q_g^1 = q_g \cdot R. \quad (16)$$

Значення кубатурного будівельного коефіцієнта надано в роботі [6]. При цьому рівні витрат теплової енергії на опалювання і вентиляцію $Q_{on.}$ і Q_g в ГДж/рік розраховуються:

$$Q_{on.}^1 = \sum_{i=1}^n F_{on.i} \cdot q_{on.}^1 \cdot K_{on.i} \cdot 10^{-6}, \quad (17)$$

$$Q_g^1 = \sum_{n=1}^n F_{g.i} \cdot q_g^1 \cdot K_{g.i} \cdot 10^{-6}. \quad (18)$$

Алгоритм визначення прогнозованих рівнів попиту теплової енергії споживачами країни запишеться:

$$Q_{n.m.} = [\sum_{i=1}^n (e_{m.o.i}^t - \Delta e_{m.i}^t) \cdot V_{ВДВ.i}^t + \sum_{f=1}^n q_{o.f}^{\delta} \cdot \delta_{o.f}^t \cdot F_{o.f} \cdot K_o + \sum_{j=1}^n q_{g.j} \cdot \delta_{g.j}^t \cdot F_{g.j} \cdot K_g + \sum_{k=1}^n \alpha_{z.v.k}^{\delta} \cdot \delta_{z.v.k}^t \cdot m_k^t \cdot K_{z.v.}] \cdot K_{emp}^t \cdot 10^{-6}, \quad (19)$$

де $\delta_{o.}^t$, $\delta_{g.}^t$ і $\delta_{z.v.}^t$ – коефіцієнти, що враховують вплив енергозберігаючих заходів, розроблених на прогнозні роки; інші позначення даної формули відповідають позначенням формул (5), (17), (18);

K_{emp}^t – коефіцієнт, який враховує втрати теплової енергії в системі тепlopостачання. За даними робіт [8,9] планується, що на період до 2030 року втрати тепла в системах централізованого тепlopостачання можуть знизитись до рівня 6–8% від обсягу відпуску. Під час розрахунку прогнозних рівнів попиту теплової енергії до 2030 року коефіцієнт втрат (K_{emp}^t) можна приймати в межах 1,06–1,08.

При проведенні оцінки прогнозних рівнів використання теплової енергії на опалення, приточно-втяжну вентиляцію та гаряче водопостачання необхідно враховувати вплив заходів енергозбереження, розроблених на прогнозний період. В таблиці надано питомі витрати теплової енергії за напрямками споживання (опалення, вентиляцію і гаряче водопостачання), розраховані за формулою (19) на прогнозні роки (до 2035 року), де передбачено зниження на кінець зазначеного року питомих витрат теплової енергії на опалення на 30%, приточну вентиляцію – 10% і гаряче водопостачання – 5% за рахунок проведення термомодернізації будинків населення та соціального сектору, удосконалення систем приточно-втяжної вентиляції та гарячого водопостачання. В таблиці надано усереднені річні питомі витрати теплової енергії за напрямками споживання (опалення, приточно-втяжна вентиляція і гаряче водопостачання) житловим фондом населення та деякими закладами бюджетної сфери країни.

У повному вигляді алгоритм математичної моделі розрахунку прогнозних рівнів теплової енергії системи тепlopостачання запишеться:

$$[(\sum_{s=1}^n P_{c.ц.т.}^s \cdot \tau_{c.ц.т.}^s + \sum_{p=1}^n P_{c.д.ц.}^p \cdot \tau_{c.д.ц.}^p) \cdot K_{в.н.з.} + \sum_{t=1}^n P_{e.д.}^t \cdot \tau_{e.д.}^t + \sum_{e=1}^n P_{e.д.}^e \cdot \tau_{e.д.}^e] \cdot K_{кон.} \cdot K_{над.} \cdot 10^{-3} = \\ = [\sum_{i=1}^n (e_{m.o.i}^t - \Delta e_{m.i}^t) \cdot V_{ВДВ.i}^t + \sum_{f=1}^n q_{o.f}^{\delta} \cdot \delta_{o.f}^t \cdot F_{o.f} \cdot K_o + \sum_{j=1}^n q_{g.j} \cdot \delta_{g.j}^t \cdot F_{g.j} \cdot K_g + \sum_{k=1}^n \alpha_{z.v.k}^{\delta} \cdot \delta_{z.v.k}^t \cdot m_k^t \cdot K_{z.v.}] \cdot K_{emp}^t \cdot 10^{-6}, \quad (20)$$

Таблиця – Розрахункові річні питомі витрати теплової енергії за напрямками споживання на період до 2035 року

Показник	Рік				
	2015	2020	2025	2030	2035
1. Річні питомі витрати теплової енергії на теплозабезпечення житлового фонду населення:					
1.1. На опалення, ГДж/м ²	0,963	0,879	0,779	0,712	0,674
1.2. На гаряче водопостачання, ГДж/на одну особу	7,79	7,50	7,35	7,00	6,65
2. Річні питомі витрати теплової енергії на теплозабезпечення дошкільних закладів:					
2.1. На опалення, ГДж/м ²	0,712	0,678	0,620	0,565	0,498
2.2. На приточну вентиляцію, ГДж/м ²	0,067	0,065	0,063	0,060	0,058
2.3. На гаряче водопостачання, ГДж/на одну дитину	1,654	1,656	1,640	1,60	1,47
3. Річні питомі витрати теплової енергії на теплозабезпечення загальноосвітніх навчальних закладів:					
3.1. На опалення, ГДж/м ²	0,678	0,640	0,603	0,565	0,537
3.2. На приточну вентиляцію, ГДж/м ²	0,0582	0,0575	0,0573	0,0570	0,0567
3.3. На гаряче водопостачання, ГДж/на одного учня	0,226	0,220	0,210	0,200	0,192
4. Річні питомі витрати теплової енергії на теплозабезпечення професійно-технічних закладів з урахуванням гуртожитків:					
4.1. На опалення, ГДж/м ²	0,714	0,603	0,574	0,527	0,500
4.2. На приточну вентиляцію, ГДж/м ²	0,050	0,048	0,046	0,045	0,043
4.3. На гаряче водопостачання, ГДж/на одного учня	4,00	3,95	3,92	3,90	3,86
5. Річні питомі витрати теплової енергії на тепlopостачання вищих навчальних закладів всіх рівнів акредитації з урахуванням гуртожитків:					
5.1. На опалення, ГДж/м ²	0,714	0,611	0,586	0,544	0,510
5.2. На приточну вентиляцію, ГДж/м ²	0,050	0,048	0,046	0,045	0,44
5.3. На гаряче водопостачання, ГДж/на одного студента	3,768	3,76	0,755	0,750	0,745
6. Річні питомі витрати теплової енергії на тепlopостачання лікарняних закладів:					
6.1. На опалення, ГДж/м ²	0,741	0,699	0,657	0,615	0,575
6.2. На приточну вентиляцію, ГДж/м ²	0,574	0,537	0,530	0,516	0,510
6.3. На гаряче водопостачання, ГДж/на одне ліжко	5,970	5,80	5,70	5,67	5,62
7. Річні питомі витрати теплової енергії на теплозабезпечення амбулаторно-поліклінічних закладів швидкої допомоги:					
7.1. На опалення, ГДж/м ²	0,678	0,640	0,603	0,553	0,515
7.2. На приточну вентиляцію, ГДж/м ²	0,176	0,170	0,165	0,158	0,152
7.3. На гаряче водопостачання, ГДж/на одного хворого	0,343	0,338	0,330	0,326	0,322

де позначення формули (20) відповідають позначенням формул (9) і (19).

За математичною моделлю систем тепlopостачання формування структури теплогенеруючих джерел та їх теплової потужності на

прогнозований період здійснюється відповідно до рівнів попиту теплової енергії споживачів на цей період з урахуванням таких факторів, як конкуренції, обмежень вибору виду палива та станом надійності цієї системи.

ВИСНОВКИ

1. Розроблена математична модель представляє рівняння між попитом на теплову енергію споживачами через їх теплове навантаження та пропозицій системи теплогенеруючих джерел через їх теплову потужність.

2. Розрахунки рівнів попиту теплової енергії проводяться за напрямками споживання (технологічні процеси, опалення, приточна вентиляція, гаряче водопостачання) з використанням норм питомих витрат тепла на одиницю виміру, які надано в діючих державних нормативних документах.

3. При визначенні прогнозних рівнів попиту теплової енергії за напрямками її споживання до форми математичної моделі внесено коефіцієнти, які враховують вплив енергозберігаючих заходів.

4. На базі розрахованих показників прогнозних рівнів попиту теплової енергії проводиться формування структури теплогенеруючих джерел та визначення їх теплової потужності з урахуванням коефіцієнтів, які визначають зміни вартості природного газу, конкуренції, стану надійності систем теплозабезпечення.

1. *Ионин А.А.* Теплоснабжение / А.А. Ионин, Б.М. Хлыбов и др. – М.: Стройиздат, 1982. – 336 с.
2. *Соколов Е.А.* Теплофикация и тепловые сети. Учебник для вузов. – М.: Стройиздат, 1982. – 360 с.
3. *Надежность систем теплоснабжения /* Справочник под ред. акад. Ю.Н. Руденко. – М.: Радио и связь, 1986. – 608 с.
4. *Сеннова Е.В.* Методология и алгоритм расчета показателей надежности теплоснабжения потребителей и резервирования тепловых сетей при разработке схем теплоснабжения / Е.В. Сеннова, С.Н. Кирюхин и др. // *Новости теплоснабжения.* – №12. – 2013. – С. 11–19.

5. *Створення методичних підходів математичних моделей, дослідження пріоритетних напрямів використання енергоефективних технологій в галузях енергокомплексу України: звіт про НДР (заключн.): «НАПРЯМ-2».* Т.2. Системи теплозабезпечення України / Інститут загальної енергетики НАН України: кер. Кулик М.М. – К.: 2011. – 137 с. – Викон.: Білодід В.Д., Куц Г.О., Сизоненко В.П., Маляренко О.Є., Симборський А.І., Тарасенко П.В., Євтухова Т.О., Станиціна В.В. – *Бібліогр.* С. 112–121. – ДР№0107U002336, ДОН№0212U000256.

6. *Доповнення до Норм та вказівок по нормуванню витрат палива та теплової енергії на опалення житлових та громадських споруд, а також на господарсько-побутові потреби в Україні.* КТМ204 Україна 244-94-ВАТ «Укрінжпроект». – Київ, 2001. – 265 с.

7. *Посібник до Норм та вказівок по нормуванню витрат палива та теплової енергії на опалення житлових та громадських споруд, а також на господарсько-побутові потреби в Україні.* КТМ204 Україна 244-94-ВАТ «Укрінжпроект». – Київ, 2001. – 17 с.

8. *Патон Б.Є.* Проект державної цільової програми модернізації комунальної теплоенергетики на 2012–2016 рр. – інноваційна основа технологічного оновлення систем теплозабезпечення населених пунктів в Україні / Б.Є. Патон, А. Долінський, Б.І. Басок, Є.Т. Базєєв // *Вісник НАН України.* – 2012. – №9. – С.14–27.

9. *Долінський А.* Основні положення концепції Національної стратегії теплозабезпечення населених пунктів України / А. Долінський, Б. Басок, Є. Базєєв, Г. Куцін // *Промислова теплотехніка.* – 2009. – Т. 31, №4. – С. 8–77.

Надійшла до редколегії 09.09.2015