



**ЗБІРНИК
НАУКОВИХ
ПРАЦЬ**

**XVII
МІЖНАРОДНОЇ
НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ
КОНФЕРЕНЦІЇ**

**“ПРОБЛЕМИ
ЕКОЛОГІЧНОЇ
БЕЗПЕКИ”**

**Україна, Кременчук,
02-04 жовтня, 2019**

ЗМІСТ

Управління системою екологічної безпеки інвестиційних процесів	
<i>Адаменко Я. О.</i>	6
Методологія екологічної оцінки стічної води вугільних шахт	
<i>Босак П. В., Попович В.В.</i>	13
Об'ємна конфігурація забруднення ґрунтів хлорорганічними пестицидами та новий спосіб ремедіації земель	
<i>Катков М. В.</i>	18
Прогнозування витікання нафти через дефектні отвори	
<i>Кривенко Г.М., Керкер В.В.</i>	22
Система інженерних та управлінських рішень екологічної безпеки гірських екосистем як основа регіонального сталого розвитку	
<i>Масікевич А.Ю., Колотило М.П., Яремчук В.М., Лаков П.М., Масікевич Ю.Г.</i>	26
Сучасні підходи до підвищення екобезпеки промислових підприємств	
<i>Матухно О.В., Сибір А.В., Тютюренко М.В.</i>	30
Утилізація відходів травлення друкованих плат та гальваніки	
<i>Нестер А.А.</i>	35
Оценка снижения токсичности дымовых газов при использовании топливно-водородных смесей	
<i>Евстигнеев Ю. В., Лейбович Л.И., Пацурковский П.А.</i>	39
Природоохоронні технології переробки рідких відходів коксохімічного виробництва у кондиційні органічні в'язучі	
<i>Ляшок Я.О., Подкопаєв С.В., Повзун О.І., Калиниченко В.В.</i>	43
Технологія інтерактивного (динамічного) та кінематичного геоінформаційного картографування системи управління регіональною екологічною безпекою	
<i>Шевченко Р.Ю.</i>	47
Природно-антропогенні ландшафти м. Києва: тренди трансформації	
<i>Шевченко Р.Ю.</i>	51
Управління екологічною безпекою агропромислового комплексу шляхом застосування отриманих із відходів сорбентів	
<i>Шмандій В.М., Харламова О.В., Ригас Т.С., Лікаркіна А. С.</i>	56
Изучение зависимости токсического эффекта от времени контакта токсиканта с культурой водоросли	
<i>Крайнюков А.Н., Крицицкая И.А.</i>	59
Методика оцінювання рівня екологічної безпеки автотранспортних підприємств	
<i>Коломієць С.В.</i>	64
Розробка універсальної системи екологічного контролю двигунів і котелень	
<i>Полив'янчук А.П., Каслін О.І., Скурідіна О.О., Кулік А.С., Щербак О.М.</i>	68
Підвищення раціональності використання теплової енергії системами опалення будівель впровадженням в них технології «Розумний будинок»	
<i>Полив'янчук А.П., Романенко С.В., Семененко Р.А., Семененко Л.В., Жидкова І.Є.</i>	74
Застосування програмного комплексу Soundplan для моделювання акустичної обстановки і поширення мінеральних речовин, створюваних автомобільним транспортом.	
<i>Поліщук Д. В., Шелудченко Л.С.</i>	80
Дослідження процесу компостування харчової суміші з використанням мікробіологічної добавки «Байкал ем»	
<i>Соколова В.І., Сагдєєва О.А., Крусір Г.В.</i>	84

ПІДВИЩЕННЯ РАЦІОНАЛЬНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ СИСТЕМАМИ ОПАЛЕННЯ БУДІВЕЛЬ ВПРОВАДЖЕННЯМ В НИХ ТЕХНОЛОГІЇ «РОЗУМНИЙ БУДИНОК»

*А.П. Полив'ячук, д.т.н., проф., С.В. Романенко, Р.А. Семененко, Л.В. Семененко, Жидкова І.Є.
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
вул. Маршала Бажанова, 17, м. Харків, 61002, Україна. E-mail: armail@ukr.net*

Представлено результати комплексного оцінювання економічного, екологічного та енергетичного ефектів від використання технології «розумний будинок» при опаленні приміщень натурального об'єкту - комунального закладу «Харківський палац дитячої та юнацької творчості Харківської міської ради Харківської області». Запропоновано методіку оцінки ефективності енергозберігаючих заходів в будівлях за та еколого-енергетичними та економічними критеріями. Проведено аналіз потреби приміщень будівлі натурального об'єкту у комфортному теплозабезпеченні. Встановлено щорічний ефект від впровадження в цій будівлі системи автоматизованого управління тепловими режимами приміщень – HERZ Smart Comfort за критеріями: економії теплової енергії – 130,3 Гкал або 7,0%; зменшення споживання природного газу – 16,5 тис. м³, скорочення викидів CO₂ у атмосферу – 32,0 т; зменшення плати за опалення – 249,5 тис. грн.

Ключові слова: теплопостачання, енергозбереження, тепловий режим, система опалення, ефективність.

Вступ. Функціонування систем комунальної енергетики супроводжується значним негативним впливом на навколишнє середовище – викидів CO₂ та забруднюючих речовин у атмосферу, що сприяє розвитку та посиленню локальних і глобальних екологічних проблем. Робота котельних установок і ТЕЦ потребує забезпечення паливом, потреба в якому з розширенням теплових мереж зростає.

Актуальною проблемою вітчизняних комунальних господарств є нераціональне використання теплової енергії при теплозабезпеченні будівель. Негативними наслідками цієї проблеми є надмірне споживання вичерпних природних ресурсів, збільшення екологічного навантаження на навколишнє середовище, систематичне несення невиправданих економічних витрат населенням в опалювальні періоди та ін. За напрямками негативного впливу ці наслідки можна розділити на три групи: енергетичні, екологічні та економічні.

Одним з перспективних заходів щодо вирішення вказаної проблеми є впровадження технології «розумний будинок» при керуванні режимами опалення будівлі. Цей захід передбачає використання системи автоматизованого регулювання теплових режимів приміщень будівлі з врахуванням фактичної потреби їх в комфортному теплозабезпеченні – системи HERZ Smart Comfort [1] або її аналога. Для забезпечення максимальної результативності даного заходу його ефективність слід розглядати, як комплексну величину, в якій враховуються енергетичні, екологічні та економічні показники.

Мета роботи полягала в комплексному оцінюванні енергетичної, екологічної та економічної ефективності використання технології «розумний будинок» для керування режимами опалення приміщень натурального об'єкту – Комунального закладу «Харківський палац дитячої та юнацької творчості Харківської міської ради Харківської області» (КЗ ХПДЮТ). Для досягнення цієї мети вирішені наступні **завдання**:

- 1) аналіз будівлі натурального об'єкту та потреби її приміщень у комфортному тепловому забезпеченні;
- 2) розробка методіки комплексного оцінювання ефективності енергозберігаючих заходів в будівлях;
- 3) комплексне оцінювання ефективності впровадження системи HERZ Smart Comfort.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У останні роки значна кількість міст України, зокрема Київ, Харків, Львів, Тернопіль, Чернівці та ін. приєдналися до «Угоди мерів по клімату і енергії» [2], якою передбачається проведення муніципальними органами влади заходів щодо суттєвого зменшення викидів у атмосферу парникових газів – на 30 % до 2030 р. Досягнення такого результату потребує нової стратегії використання і розвитку міських теплових мереж, яка передбачає підвищення екологічної безпеки котельних установок і ТЕЦ за рахунок впровадження інноваційних високоефективних енергоекологічних технологій спалювання палива у поєднанні з використанням нетрадиційних джерел енергії: теплових насосів, енергії вітру, сонця, біоресурсів, геотермальних джерел, тощо [3]. Разом з цим стимуляція ефективного споживання теплової енергії населенням дозволить зменшити ресурсомісткість теплових мереж, що зумовить зниження забруднення довкілля і скорочення викидів у атмосферу парникових газів. [4].

Матеріал і результати досліджень. *Аналіз натурального об'єкту та потреби його приміщень у комфортному тепловому забезпеченні.* Об'єкт досліджень – будівля КЗ ХПДЮТ 1993 р. забудови, складається із двох корпусів, має багаторівневу складну Т-подібну форму (рис. 1).

Згідно з проектною документацією на будівлю: її будівельний об'єм складає 80375 м³, загальна площа будівлі дорівнює 15159 м²; корисна площа 13712 м²; проектна витрата теплової енергії на опалення 1 м² загальної площі дорівнює 183 Вт/м².

Теплопостачання будівлі на потреби опалення та гарячого водопостачання здійснюється від теплових мереж підприємства КП «Харківські теплові мережі». Згідно з проектною документацією загальна розрахункова приєднана потужність будівлі складає 2,784 Гкал/год, в т.ч.: система опалення – 0,834 Гкал/год; система вентиляції – 1,50 Гкал/год; система гарячого водопостачання – 0,45 Гкал/год. Фактичні обсяги теплоспоживання будівлі у Гкал, усереднені за 4 роки, складають: річний – 1870,3. За ознакою тривалості фактичного використання приміщення будівлі можна поділити на 4 групи: цілодобово; з 9.00 до 19.00 (крім вихідних); з 14.00 до 20.00; за особливим графіком (рис. 2).

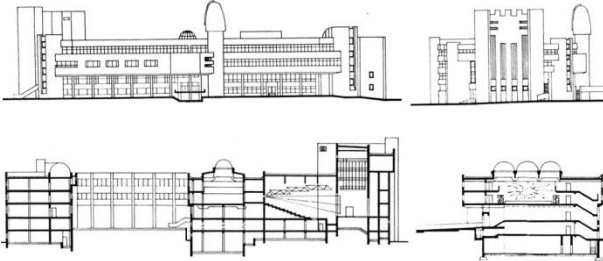


Рисунок 1 – Загальний вигляд будівлі КЗ ХПДЮТ



Рисунок 2 – Результати аналізу потреби приміщень будівлі у комфортному теплозабезпеченні

Методика комплексного оцінювання ефективності енергозберігаючих заходів створена з метою підвищення інформативності процесу оцінювання шляхом врахування при його проведенні різних критеріїв ефективності. Її сутність полягає в тому, що загальна ефективність енергозберігаючих заходів розглядається, як 3-компонентний вектор, складовими якого є енергетичний, екологічний та економічний ефекти від їх впровадження.

При цьому критеріями ефективності є:

– енергетичного ефекту: абсолютне – ΔQ (кВт·год) і відносне – δQ (%) значення зекономленої кількості теплової енергії за опалювальний період, які визначаються за формулами:

$$\Delta Q = Q_{\text{сум1}} - Q_{\text{сум2}}, \quad (1)$$

де $Q_{\text{сум1}}$ і $Q_{\text{сум2}}$ – сумарні теплові втрати через огорожувальні конструкції будівлі за опалювальний період до і після впровадження енергозберігаючих заходів, відповідно, кВт·год;

$$\delta Q = \frac{Q_{\text{сум1}} - Q_{\text{сум2}}}{Q_{\text{сум1}}} \cdot 100\%; \quad (2)$$

– екологічного ефекту: маса (об'єм) зекономленого палива – $\Delta M_{\text{п}}$ (кг) ($\Delta V_{\text{п}}$ (м³)), зменшення маси викидів у атмосферу парникових газів, зокрема – CO₂ і забруднюючих речовин – $\Delta M_{\text{зр}}$ (кг):

$$\Delta M_{\text{п}} = 3,6 \cdot \frac{\Delta Q}{Q_{\text{н}}}, \quad (3)$$

де $Q_{\text{н}}$ – нижча теплота згоряння палива, МДж/кг;

$$\Delta V_{\text{п}} = \frac{\Delta M_{\text{п}}}{\rho_{\text{п}}}, \quad (4)$$

де $\rho_{\text{п}}$ – густина палива, кг/м³;

$$\Delta M_{\text{зр}} = 3,6 \cdot 10^{-3} \cdot K_{\text{зр}} \cdot \Delta Q, \quad (5)$$

де $K_{\text{зр}}$ – коефіцієнт емісії забруднюючої речовини, г/ГДж;

– економічного ефекту: зменшення плати за кількість теплової енергії, спожитої за опалювальний період – $\Delta C_{\text{оп}}$ (грн) та за паливо – $\Delta C_{\text{п}}$ (грн):

$$\Delta C_{\text{оп}} = 9,6 \cdot 10^{-4} \cdot c_{\text{оп}} \cdot \Delta Q, \quad (6)$$

де $c_{\text{оп}}$ – вартість одиниці теплової енергії згідно встановлених тарифів, грн/Гкал;

$$\Delta C_{\text{п}} = 10^{-3} \cdot c_{\text{п}} \cdot \Delta V_{\text{п}}, \quad (7)$$

де $c_{\text{п}}$ – вартість палива згідно встановлених тарифів, грн/т або грн/тис. м³.

Методика оцінювання енергоефективності використання системи HERZ Smart Comfort на об'єкті досліджень. У приміщеннях, які не використовуються цілодобово, існує можливість введення економного режиму витрати тепла шляхом зниження температури в період відсутності персоналу та відвідувачів. У розрахунку приймається середня комфортна температура в приміщенні, що дорівнює 20 °С. Тимчасове зниження температури доцільно, якщо приміщення не використовується протягом 10-12 годин і більше, що має місце в більшості навчальних і службових приміщень у нічний час, у вихідні та святкові дні. Тимчасове зниження температури не повинно перевищувати 4 °С щоб уникнути порушення вологісного режиму і появи температурних деформацій [1]. Приймалось, що система автоматизованого керування тепловими режимами приміщень забезпечує комфортну температуру лише в приміщеннях, які фактично використовуються персоналом та відвідувачами, в інших приміщеннях вона підтримує температуру економного режиму – меншу на 4 °С від комфортної, тобто 16 °С. В якості вихідних даних для проведення досліджень використано значення опалювальних площ приміщень будівлі та результати аналізу їх потреби в комфортному тепловому забезпеченні (табл. 1, див. рис. 2).

Таблиця 1 – Класифікація приміщень будівлі

Тип приміщень	Режим використання	Площа, м ²	Доля від загальної площі, %
Приміщення з цілодобовим перебуванням персоналу	цілодобово	1079	11,9
Адміністративні приміщення	пн. – пт. з 9.00 по 18.00	1382	15,3
Навчальні приміщення, які використовуються в одну зміну	з 8.00 по 13.00	4208	46,6
Навчальні приміщення, які використовуються у дві зміни	з 8.00 по 18.00	390	4,3
Глядацька зала на 450 місць	2 дні на тиждень з 9.00 по 18.00	615	6,8
Коридори	цілодобово	1365	15,1
Загальна площа		9033	100,0

У розрахунках враховувався діючий на момент проведення досліджень тариф на тепло (без урахування ПДВ) – 1595,6 грн / Гкал [5]. Теплова інерція будівлі не враховувалась. Вважалось, що теплові втрати, орієнтовно, пропорційні площі приміщення. Оптимізацію подачі тепла за часом передбачається провести у всій будівлі, за винятком приміщень з цілодобовим перебуванням персоналу. У розрахунках використовувалися такі співвідношення.

Фактичне споживання теплової енергії в опалювальні сезони 2015-2018 рр.:

$$Q_{\phi} = k \cdot F \cdot \Delta t_{\phi}, \quad (8)$$

де k – коефіцієнт теплопередачі, Вт/м²; F – площа огорожувальних конструкцій, м²; Δt_{ϕ} – різниця температури повітря в приміщенні і середньомісячної температури зовнішнього повітря в опалювальні сезони 2015-2018 рр., °С;

звідки випливає:

$$k \cdot F = \frac{Q_{\phi}}{\Delta t_{\phi}}. \quad (9)$$

Розрахункове споживання теплової енергії для середньомісячних температур зовнішнього повітря опалювального сезону за період 1981-2016 рр. до використання терморегулювання (ТР) визначаємо шляхом оптимізації тимчасового температурного режиму будівлі:

$$Q_p = k \cdot F \cdot \Delta t_p = \frac{Q_{\phi}}{\Delta t_{\phi}} \cdot \Delta t_p, \quad (10)$$

де Δt_p – різниця внутрішньої і зовнішньої температур для середньомісячних температур опалювального сезону, °С.

Споживання теплової енергії після ТР, Гкал:

Таблиця 3 – Результати розрахунків економії теплової енергії по всім приміщенням натурного об'єкту, що підлягають оптимізації температурного режиму

Місяць	Потреба в тепловій енергії до ТР, Гкал	Потреба в тепловій енергії після ТР, Гкал	Економія теплової енергії в результаті ТР, Гкал	Частка зекономленої енергії, %
Січень	258	234,2	23,8	9,2
Лютий	255	231,4	23,6	9,3
Березень	185	163,0	22	11,9
Квітень (за період з 01.04.17 по 14. 04.17)	66	54,0	12	18,2
Жовтень (за період з 15.10.17 по 31. 10.17)	59	49,8	9,2	15,6
Листопад	188	165,5	22,5	12,0
Грудень	160	142,8	17,2	10,7
Опалювальний сезон	1171	1040,7	130,3	11,1

Комплексне оцінювання ефективності впровадження технології «розумний будинок» в системі опалення натурного об'єкту показує, що цей захід дозволяє отримати такий річний ефект (рис. 3): енергетичний: економія теплової енергії – 130,3

$$Q_{\text{ТР}} = \frac{Q_p \cdot \tau_{16} \cdot (\Delta t_p - 4)}{\Delta t_p \cdot \tau_T} + \frac{Q_p \cdot \tau_{20}}{\tau_T}, \quad (11)$$

де τ_{16} – кількість годин у тиждень з температурою в приміщенні 16 °С, год; τ_{20} – кількість годин у тиждень з температурою в приміщенні 20 °С, год; τ_T – кількість годин у тиждні, год.

Середньомісячні значення фактичного споживання теплової енергії були скориговані з урахуванням середньомісячних температур зовнішнього повітря в Харкові за тривалий період.

В якості вихідних даних для розрахунків використовувалися значення середньомісячного фактичного споживання теплової енергії об'єктом досліджень в опалювальні сезони 2015–2018 рр. (табл. 2).

Таблиця 2 – Середньомісячне споживання теплової енергії будівлею КЗ ХПДЮТ – Q_{ϕ} , Гкал

Місяць	01	02	03	04	10	11	12
Споживання теплової енергії	260,5	235,6	171,2	55,1	65,6	177,4	140,5

Результати досліджень та їх аналіз. У відповідності до вищенаведеної методики проведено оцінювання економії теплової енергії за всіма приміщеннями будівлі КЗ ХПДЮТ, що підлягають оптимізації температурного режиму. Результати розрахунків (табл. 3) свідчать про те, що застосування оптимізації температурного режиму будівлі шляхом зниження температури в період відсутності персоналу та відвідувачів дозволить заощадити протягом опалювального сезону 130,3 Гкал теплової енергії і близько 250 тис. грн. на оплату тепла.

Гкал або 7,0%; екологічний: скорочення витрати природного газу – 16,5 тис. м³, зменшення викидів у атмосферу CO₂ і NO_x – 32,0 т і 0,035 т, відповідно; економічний: скорочення плати за опалення – 249,5 тис. грн.

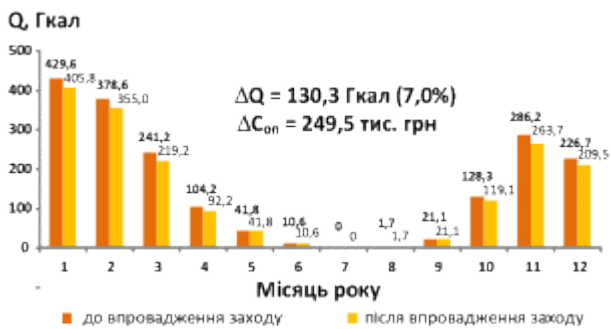


Рисунок 3 – Результати оцінки ефективності управління тепловими режимами приміщень

Висновки. 1. Створено методику комплексного оцінювання ефективності енергозберігаючих заходів, яка дозволяє визначати показники енергетичного, екологічного та економічного ефектів: абсолютне і відносне значення кількості зекономленої теплової енергії, величини зменшення кількості палива, викидів у атмосферу парникових газів і забруднюючих речовин, величини зменшення плати за використане паливо та кількість спожитої теплової енергії.

2. Для натурного об'єкту – будівлі КЗ ХПДЮТ оцінено річний ефект від використання технології «розумний будинок» для керування системою опалення: енергетичний: економія теплової енергії – 130,3 Гкал або 7,0%; екологічний: скорочення витрати природного газу – 16,5 тис. м³, зменшення

викидів у атмосферу CO₂ і NO_x – 32,0 т і 0,035 т, відповідно; економічний: скорочення плати за опалення – 249,5 тис. грн.

ЛІТЕРАТУРА

1. Polivyanchuk A., Kovalenko Y. Improving the efficiency of thermal energy use when heating buildings through the introduction of technologies «smart home». // Вісник Харківського національного університету ім. В.Н. Каразіна. Серія «Екологія», 2018. – Випуск №19. – С. 119-126.

2. The Covenant of Mayors for Climate and Energy Reporting Guidelines / Covenant of Mayors & Mayors for climate and energy // Adapt Offices and the Joint Research Centre of the European Commission, 2016. – 78 s.

3. Alibekova A., Shaimerdenova G., Agilbaeva M. Ecological problems of thermal power plants // Journal of Industrial Technology and Engineering, 2013. – № 4(09). – Pp. 40-44.

4. Маляренко В.А., Щербак І.Є. Аналіз споживання паливно-енергетичних ресурсів України та їх раціонального використання // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування, 2013. – № 14(988). – С. 118-126.

5. Тарифи на теплову енергію для бюджетних установ, інших споживачів (крім населення) і релігійних організацій. КП «Харківські теплові мережі» [електронний ресурс] / режим доступу: http://www.hts.kharkov.ua/KPHTS_v2_public_info_tarif_u.php.

IMPROVING THE RATIONALITY OF USING HEAT ENERGY IN THE HEATING SYSTEM OF BUILDINGS INTRODUCING INTO THEM THE "SMART HOUSE" TECHNOLOGIES

A. Polivyanchuk, S. Romanenko, R. Semenko, L. Semenko, I. Zhidkova

O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv

Marshala Bazhanova street, 17, Kharkiv, 61002, Ukraine. E-mail: office@kname.edu.ua

The results of a comprehensive assessment of the economic, environmental and energy effects of the use of the «smart home» technology when heating the premises of a full-scale object - the municipal institution «Kharkov Palace of Children and Youth Creativity of the Kharkiv City Council of the Kharkov Region» are presented. A methodology for assessing the effectiveness of energy-saving measures in buildings according to environmental, energy and economic criteria is proposed. The analysis of the needs of the premises of the building of the natural object in comfortable heat supply. The annual effect of introducing the automated thermal management system for the premises in this building - HERZ Smart Comfort was established according to the criteria: thermal energy saving – 130.3 Gcal or 7.0%; reduction of natural gas consumption – 16.5 thousand m³, reduction of CO₂ emissions into the atmosphere – 32.0 tons; reduction in heating fees – 249.5 thousand UAH.

Key words: heat supply, energy saving, heating system, thermal regime, efficiency.

REFERENCES

1. Polivyanchuk, A., Kovalenko, Y. (2018). Improving the efficiency of thermal energy use when heating buildings through the introduction of technologies «smart home». Herald of Kharkiv National University named V. Karazin: ecology, 19, 119-126. [in English].

2. The Covenant of Mayors for Climate and Energy Reporting Guidelines / Covenant of Mayors & Mayors for climate and energy (2016). Adapt Offices and the Joint Research Centre of the European Commission, 78. [in English].

3. Alibekova, A., Shaimerdenova, G., Agilbaeva, M. (2013). Ecological problems of thermal power plants. Journal of Industrial Technology and Engineering, № 4(09), 40-44. [in English].

4. Maiarenko, V., Sherbak, I. (2013). Analiz spozhyvannya palyvno-enerhetychnykh resursiv Ukrayiny ta yih racional'noho vykorystannya. [Analysis of consumption of fuel and energy resources of Ukraine and their rational use]. Bulletin of the NTU "KhPI". Series: Power and heat engineering processes and equipment, 14(988), 118-126. [in Ukrainian].

5. Taryfy na teplovu enerhiyu dlya byudzhetykh ustanov, inshykh spozhyvachiv (krim naselelnya) i relihiynykh orhanizacij. KP «Xarkivs'ki teplovi merezhi». [elektroennyj resurs] (2018). [Tariffs for heat energy for budget institutions, other consumers (except for population) and religious organizations. Communal Enterprise "Kharkiv heat networks"]. [electronic resource]. http://www.hts.kharkov.ua/KPHTS_v2_public_info_tarif_u.php. [in Ukrainian].