

14. Pozzi, A., Lupo, M. (1990). Variable-property effects in free convection. International Journal of Heat and Fluid Flow. Volume 11, issue 2. 135-141pp.
15. Samorodov, A.V. (2001). On the choice of the temperature in the processing of data natural heat transfer fin tube bundles. Proceedings of the 8th School of young scientists and specialists under the guidance of Academician AI Leontief. T.Ts. Moscow: MEI, pp. 317-320.
16. Sparrow, E.M., Gregg, J.L. (1958). The variable fluid property problem in free convection. Trans.ASME. Ser.C. – 1958. – V.80. – N4. – p.879-886.
17. Chand, J. (1979). Natural convection heat transfer from horizontal cylinders [Текст] / Jagdish Chand, Vir Dharam //Journal of chemical engineering of Japan. – Vol. 12, №3. – pp. 242–247.
18. Jaluria, Y. (1980) Natural convection: heat and mass transfer. New York: Pergamon press, 400p.
19. Krasnoshchekov, E. A., Sukomel, A. S. (1980). Book of problems in heat transfer. Moscow, USSR: Energy, 287.

УДК 536.24

В. Е. Туз, д-р техн. наук, профессор; Р. В. Неило

**Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРИ ТЕПЛООБМЕНЕ В УСЛОВИЯХ
ЕСТЕСТВЕННОЙ КОНВЕКЦИИ**

В работе представлен анализ результатов экспериментального исследования теплоотдачи от одиночного горизонтального цилиндра в условиях свободной конвекции в разрезе использования различных характерных температур. Не смотря на значительное влияние на интерпретацию результатов физических экспериментов по исследованию теплоотдачи в условиях свободной конвекции выбора характерной температуры, до сих пор отсутствует единый подход к ее определению. В данной работе представлено обзор литературных сведений, проведен анализ предложенных определяющих температур, выполнен анализ результатов физического эксперимента по теплоотдаче одиночного цилиндра в разрезе использования различных определяющих температур. По итогам проведенной работы сделан вывод о более высоком соответствии полученных результатов представлениям о свободноконвективном теплообмене, при использовании в качестве определяющей температуры – температуры теплоносителя далеко от поверхности теплообмена.

Ключевые слова: теплообмен, горизонтальная труба, свободная конвекция, определяющая температура.

Надійшла 18.11.2013

Received 18.11.2013

УДК 621:658.264

В.І. Дешко, д-р техн. наук, профессор; О.М. Шевченко, канд. техн. наук
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»
А.С. Копець, А. Скірру-Новіцька, О.Р. Гарасевич
Асоціація енергоефективних міст України

**ПОБУДОВА МЕТОДИК СЕРТИФІКАЦІЇ
ЕНЕРГОЕКОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ БУДІВЕЛЬ В УКРАЇНІ НА
ОСНОВІ ПРАКТИКИ ЗАСТОСУВАННЯ ІНСТРУМЕНТУ DISPLAY**

Проведено аналіз європейської нормативної бази з питань оцінювання енергетичної ефективності будівель. Наведено результати використання одного з підходів до енергетичної сертифікації будівель – Display в містах України. Визначено його переваги та недоліки, що ускладнюють використання. Для адаптації методології Display запропоновано методи врахування впливових факторів на показник енергоефективності будівлі.

Ключові слова: енергетична сертифікація, витрати енергії, енергетичне функціонування будівлі, інструментальний підхід, розрахунковий підхід, енергоефективність, фонд будівель, клас енергоефективності, первинна енергія.

© Дешко В.І., Шевченко О.М., Копець А.С., Скірру-Новіцька А., Гарасевич О.Р., 2013

Вступ.

Витрати енергії незмінно займають другу позицію в бюджетах українських міст. Більше ніж 90% цих витрат складають платежі за енергоресурси для будівель, які утримуються за рахунок міського бюджету [1]. З іншого боку відомо, що ефективність споживання енергії в будівлях українських міст є нижчою за відповідні показники в країнах Західної та Північної Європи у 1,5-2 рази. Таким чином, в секторі будівель в Україні зосереджено значний потенціал для скорочення обсягів споживання енергоресурсів та витрат на їх придбання з місцевих бюджетів, а також зменшення шкідливого впливу міських поселень на довкілля. Низький рівень обізнаності представників політичної еліти України у питаннях сталого енергетичного розвитку міст, відсутність інформації про стан справ з енергокористуванням у ключових секторах міської економіки та систем професійного управління процесами використання енергії на місцях, зокрема у громадських, житлових та комерційних будівлях створюють серйозні перешкоди на шляху до економічного розвитку локальних територій, політичної та соціальної стабілізації місцевих громад.

Кампанія добровільної енергетичної сертифікації будівель Display® (далі Дисплей) була започаткована у 2003 році з ініціативи Європейської асоціації місцевих органів влади «Energie-Cities» на підтримку процесів розробки та реалізації політики сталого енергетичного розвитку сектору будівель у європейських містах. В основу кампанії покладено спрощену методику обрахунку питомих показників сукупного споживання енергоресурсів, води та пов'язаних з цим викидів CO₂ для будівель. Методика ґрунтується на вимірюваних фактичних значеннях обсягів споживання енергоресурсів.

Згідно з технічною термінологією, прийнятою у європейському стандарті EN 15217:2007, дана методика відноситься до інструментальних підходів (*measurable approach*) визначення показника енергетичного функціонування (*energy performance, EP*) будівель на противагу розрахунковим підходам (*calculated approach*). Шкала градації (віднесення) питомих показників ресурсоспоживання у будівлях налічує 7 класів - від «А» до «G». При цьому, межі кожного класу різняться залежно від типу будівлі: школа, дошкільна установа, лікарня, тощо. За методологією оцінки питомих показників в рамках кампанії Дисплей розрізняють 15 типів будівель залежно від їх функціонального призначення [1]. Показник сукупного споживання енергоресурсів будівлю в рамках кампанії Дисплей відображається в одиницях первинної енергії. Для перерахунку обсягів кінцевого споживання різних видів енергоресурсів, зафіксованих за допомогою вимірювальних приладів, в обсяги первинної енергії використовуються перевідні коефіцієнти, що залежать від ситуації з виробництвом і поставками енергоресурсів на внутрішньому енергетичному ринку країни.

Інструментарій кампанії Дисплей був розроблений енергетичними експертами з різних європейських муніципалітетів на основі датської системи обрахунку та класифікації питомих показників сукупного споживання енергоресурсів у будівлях, залежно від їх призначення. Мотивуючим чинником для розробки і добровільного впровадження у європейських містах системи енергетичної сертифікації будівель Дисплей слугувала схвалена в 2002 році Директива 2002/91/ЕС про енергетичне функціонування будівель [2], яка в 2010 році була переглянута і трансформована у Директиву 2010/31/EU [3]. Директива [2] встановлювала: загальні вимоги до методології розрахунку енергетичної ефективності будівель; мінімальні вимоги до енергетичного функціонування нових будівель, а також існуючих будівель, що підлягають капітальному ремонту; порядок виготовлення та використання енергетичних сертифікатів будівель; порядок інспектування індивідуальних котлів та систем обігріву у будівлях.

Для реалізації основних положень цієї Директиви розроблено низку стандартів серії EN, зокрема: EN 15217:2007 [4], EN 15603:2008 [5], EN 13790 [6] та інші. При цьому кожна країна розробляла власну методику енергетичної сертифікації будівель, що ставало на заваді порівняння ефективності використання енергії будівлями у різних країнах Єврозою. Завдяки семирічному успішному досвіду добровільного впровадження системи енергетичної сертифікації будівель Дисплей у переглянутій версії директиви [3] з'явилось посилення на необхідність запровадження універсального механізму сертифікації, який би дозволяв порівнювати стан енергоефективного функціонування у різних країнах. Відповідно до [3], сертифікати енергоефективності мають бути підготовлені на основі методології, яка має охоплювати річний період споживання енергоресурсів для будівлі та враховувати внутрішні та зовнішні кліматичні умови.

Підвищення ефективності використання енергетичних та водних ресурсів у фонді будівель України та зниження шкідливого впливу на довкілля вимагає застосування нових енергетичних та екологічних стандартів у проектуванні та будівництві, розробки інструментів мотивації власників та користувачів існуючих будівель до підвищення ефективності використання енергії та інших природних ресурсів.

Постановка задачі

Сьогодні в Україні відсутня державна система енергетичної сертифікації існуючих будівель подібна до Дисплей або до національних систем сертифікації у країнах ЄС. Новозбудовані будівлі або будівлі, в

яких був проведений капітальний ремонт відповідно до вимог ДБН «Теплова ізоляція» [7] отримують енергетичний паспорт, що дає лише оцінку витрат теплоти на опалення, тому авторами поставлено мету закласти основи для розвитку методології енергетичної сертифікації будівель в Україні в напрямку інтеграції до європейських вимог. В рамках даної статті проведено: аналіз використовуваного в українських містах підходу до сертифікації будівель Дисплей; аналіз відповідності методології Дисплей європейським вимогам; аналіз можливостей його використання в Україні на прикладі будівель різного призначення; встановлено головні чинники, що впливають на визначення енергоефективності будівель при сертифікації; надано рекомендації щодо можливості використання Дисплей в Україні.

Короткий опис методології енергетичної сертифікації будівель Дисплей

Енергетична сертифікація за Дисплей [8] використовує показник річного питомого сукупного споживання енергоресурсів будівлею, який враховує всі спожиті енергоносії, а саме: теплову енергію, електричну енергію, природний газ, мазут, вугілля, деревину, фотоелектричну енергію, тощо. В той же час для кожного із енергоресурсів фіксуються типи енергетичних послуг, на створення яких був використаний відповідний ресурс, тобто: опалення, кондиціонування повітря, гаряче водопостачання, тощо.

Якщо певна частина енергетичного ресурсу використовується для опалення, то відповідний обсяг його річного споживання корегується погодним коефіцієнтом, що враховує відмінність кліматичних умов фактичного року від нормативних. Енергія, що використовується для інших потреб (кондиціонування, ГВП, інше) не приводиться до погодного коефіцієнту.

Алгоритм розрахунку (існуючий підхід) класів ефективності будівлі за Дисплей, передбачає внесення вихідної інформації про будівлю за напрямками:

- *загальні показники будівлі*: рік побудови; загальна опалювальна площа;
- *умови експлуатації будівлі*: призначення будівлі відповідно до 15 класифікаційних різновидів (дитячий садок, школа, басейн тощо); всього годин активного користування будівлею в рік; рівень оновлення будівлі; вид додаткових послуг, що надаються в будівлі.
- *енергетичні характеристики*: дані про водоспоживання; дані про енергоспоживання (теплова енергія, електрична енергія, природний газ, мазут, вугілля, фотоелектрична енергія тощо) з розбивкою на види її використання (опалення, кондиціонування, приготування гарячої води, інше); джерело теплопостачання; коефіцієнт ефективності використання палива, при виробництві теплової енергії,
- *погодні характеристики та фактори викидів CO₂*: погодний коефіцієнт; фактори викидів CO₂ для кожного з енергоресурсів, що походить від викопного палива.

На основі цих даних розраховується первинне загальне енергоспоживання, за формулою (1):

$$W_{\text{заг перв}} = \sum_{i=1}^n W_{\text{опал } i} \cdot \frac{ГД^n}{ГД_n^\phi} \cdot k_{n i} + \sum_{i=1}^n W_{\text{конд } i} \cdot k_{n i} + \sum_{i=1}^n W_{\text{ГВП } i} \cdot k_{n i} + \sum_{i=1}^n W_{\text{інше } i} \cdot k_{n i}, \quad (1)$$

де: i – вид енергоресурсу, що використовується для потреб: опалення, кондиціонування; приготування гарячої води, інших потреб; $ГД^n$ – градус-доби (ГД) для нормативного року; $ГД_n^\phi$ – ГД для фактичного року, розраховані з використанням нормативної температури всередині приміщень; $W_{\text{опал } i}$, $W_{\text{конд } i}$, $W_{\text{ГВП } i}$, $W_{\text{інше } i}$ – кількість спожитої енергії i -го виду палива, використаної для потреб відповідно опалення, кондиціонування, приготування гарячої води, інших потреб, кВт·год; $k_{n i}$ – коефіцієнт переведення кінцевої енергії i -го виду палива в первинне паливо.

З використанням інформації про загальну опалювальну площу визначаються: питоме первинне енергоспоживання, питомий показник викидів CO₂, питоме водоспоживання та класи ефективності для кожного з цих напрямків.

Аналіз результатів сертифікації будівель за методологією Дисплей в Україні

Грунтуючись на результатах статистичної обробки даних енергетичних сертифікатів, що були виготовлені енергоменеджерами міст-учасників кампанії Дисплей для найбільш представницьких категорій громадських будівель: дитячих садків, шкіл і лікарень, вдалось підтвердити позитивний вплив публічної сертифікації на підвищення ефективності використання енергії у відповідних будівлях впродовж 2006 - 2009 років (табл.1).

Як випливає з табл.1, середнє загальне кінцеве енергоспоживання будівель в українських містах, що беруть участь у кампанії з 2006 року, значно скоротилось в 2006 - 2009 роках: у дитячих садках на 12%, в школах на 14%, а в лікарнях на 10%. Отже, і значення середніх викидів CO₂ у цих містах, в той же період часу було істотно скорочено: у дитячих садках на 12%, у школах на 15% і в лікарнях на 13%. Однак,

найбільш вражаючим було скорочення споживання води: питоме водоспоживання в тих же містах в аналогічний період часу скоротилося у дитячих садках на 14%, у школах на 20%, а в лікарнях на 19%.

Таблиця 1.

Середнє загальне кінцеве споживання енергоресурсів, води та пов'язані з цим викиди CO₂ у дитячих садах (категорія № 1), школах (категорія № 2) та лікарнях (категорія № 9) в українських містах-учасниках кампанії Дисплей в 2006-2009 роках [1]

Місто	Категорія будівлі	Середнє загальне кінцеве споживання енергоресурсів (кВт-год/м ² /рік) в 2006-2009рр.				Середнє значення викидів CO ₂ (кг/м ² /рік) в 2006-2009рр.				Середнє водоспоживання (л/м ² /рік) в 2006-2009рр.			
		2006	2007	2008	2009	2006	2007	2008	2009	2006	2007	2008	2009
Кам'янець-Подільський	1	196	261	232	223	49	73	64	61	1207	951	905	729
	2	134	117	106	100	37	31	28	26	347	364	269	287
	9	515	228	190	193	146	58	46	44	1448	1160	1254	1155
Львів	1	383	361	350	300	89	84	81	69	1048	1045	1023	892
	2	221	223	202	175	54	54	49	43	367	349	321	277
	9	384	379	358	344	84	82	77	75	1894	1835	1493	1414
Українські міста-учасники	1	357	334	317	311	86	80	77	75	1114	1056	1098	957
	2	207	200	179	177	52	50	44	44	370	353	338	296
	9	350	320	280	314	81	72	64	70	1602	1547	1313	1293

З огляду на застосування розрахункових інструментів Дисплей варто зауважити, що необхідно бути обережними в констатації факту покращення енергоефективності будівель без перевірки правильності внесення даних у відповідну Інтернет-програму енергоменеджерами міст. Досвід українських міст засвідчує, що за відсутності інформації про погодні умови, енергоменеджери нехтують правилом обрахунку і введення коефіцієнту погодної корекції для будівлі, у такому випадку, наприклад отримані «збереження» або «перевитрати» енергії можуть бути спричинені надзвичайно холодною або, навпаки, надміру теплою зимою 2006 року, а не підвищенням енергоефективності будівель.

Вплив комфортних умов у приміщеннях на визначення показника енергоефективності будівлі

Особливо обережними необхідно бути при використанні Дисплей до об'єктів, де не забезпечується належний рівень внутрішньої температури в будівлях, що визначається як санітарними, так і відповідними державними будівельними нормами України. Яскравим прикладом такої ситуації можуть виступати навчальні будівлі НТУУ «КПІ» (рис.1), в яких мають місце факти недотримання комфортних умов і, для яких були проведені обрахунки питомих показників сукупного споживання енергоресурсів з допомогою інструментарію Дисплей. Відразу зауважимо, що відхилення умов теплового комфорту від нормативних спричинені двома обставинами, що мають експлуатаційну природу: перша – системи опалення більшості навчальних корпусів спроектовані для покриття тепловтрат водяною системою опалення та припливною тепловентиляцією, однак, остання в навчальних корпусах віддавна не функціонує; друга – теплоносії, що надходить від централізованої системи теплопостачання має параметри нижчі від розрахункових. Сукупність цих факторів призводить до недогріву навчальних приміщень і зниження обсягів споживання теплової енергії будівлею. В результаті питоми показники енергоефективності для будівель КПІ, розраховані згідно існуючої методології Дисплей, виявились надміру оптимістичними (завишеними).

Необхідно також відзначити, що шкала класифікації будівель згідно Дисплей побудована для первинної енергії, тому при перерахунку кінцевої енергії в первинну використовуються перевідні коефіцієнти (k_n), вибір та значення яких залежить від ефективності використання палива при його перетворенні, транспортуванні та розподіленні. Значення цих коефіцієнтів поряд із структурою енергобалансу можуть суттєво впливати на кінцевий результат, тобто на клас енергетичної ефективності будівлі.

Зважаючи на існування низки факторів, що мають вплив на визначення класу енергетичної ефективності будівлі та відсутність можливості їх врахування в існуючій методології Дисплей, для визначення правомірності проведення її налаштування до умов експлуатації будівель в Україні, авторами проведено аналіз вимог [4, 5] на можливість використання такої корекції в методологіях розробки енергетичних сертифікатів на зразок Дисплей.

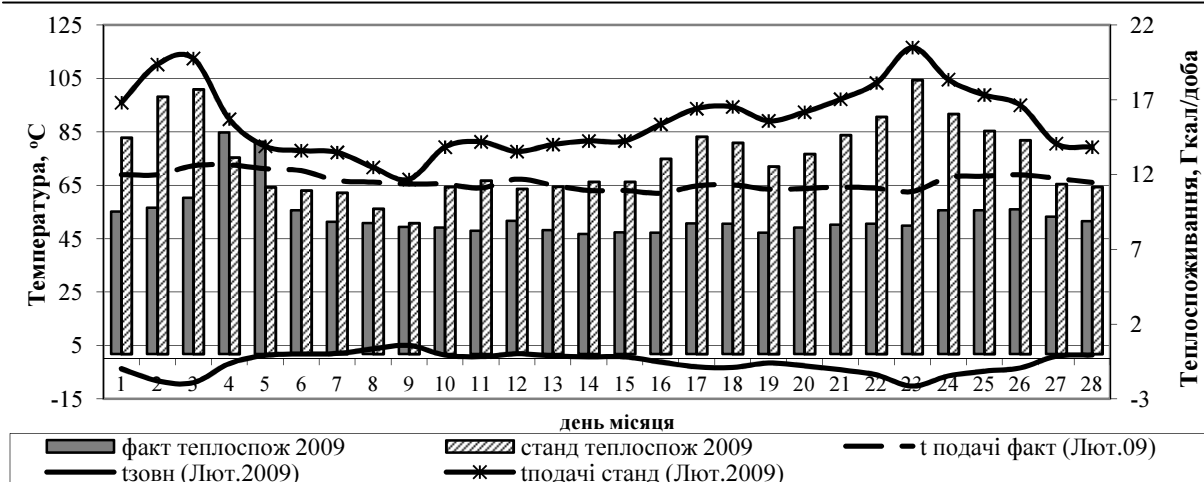


Рис.1 Порівняння фактичних і розрахункових параметрів теплопостачання одного з навчальних корпусів НТУУ «КПІ» у лютому 2009 р.

Аналіз методології Дисплей на відповідність європейським стандартам

Отже, як вказувалося раніше, методологія Дисплей базується на інструментальному підході, вимоги до якого встановлено у [2-5]. Необхідно зазначити, що у вказаних європейських стандартах мало уваги приділено питанням врахування дотримання комфортних умов у приміщеннях. Так, зокрема стаття 4.1 Директиви [2] містить положення стосовно зменшення впливу «негативних наслідків»: «...Країни-члени здійснюватимуть необхідні заходи, щоб забезпечити встановлення мінімальних вимог щодо енергетичного функціонування, що базуються на методології, викладеній у статті 3...». Про цю проблему згадується в роботі європейських науковців [9], відповідно до якої різне тлумачення статті 4.1 має дві крайності:

- керівне правило визначення *EP*: Директива [2] вимагає, щоб правило визначення *EP* стимулювало дотримання комфортних умов у приміщеннях;
- гранична роль правила визначення *EP*: Директива [2] встановлює тільки те, що правило визначення *EP* не вимагає дотримання комфортних умов.

Друге тлумачення означає [9] наступне: не виключено, що правило визначення *EP* саме по собі призводить до більш сприятливих значень *EP* у разі недотримання комфортних умов у приміщеннях. У такому випадку: якщо правило визначення *EP* не вимагає мінімального комфорту влітку, і механічне охолодження призводить до підвищення значення *EP*, то правило визначення *EP* саме по собі сприяє не встановлювати механічне охолодження і не стимулює застосовувати пасивні методи охолодження, а значить підтримує будівлі з високими температурами в середині приміщень влітку.

Основними вимогами EN 15603 [5] до енергетичної сертифікації будівель за інструментальним підходом є:

- необхідність визначення на місцевому рівні (тобто, в кожній Країні-члені) значень факторів і коефіцієнтів, необхідних для розрахунку первинної енергії та викидів CO_2 , пов'язаних з енергетичною політикою [Вступ] – у існуючій методології Дисплей перевідні коефіцієнти в первинну енергію: 1- по опаленню надаються по замовчуванню; 2- по електричній енергії надаються по замовчуванню для переліку країн, що приймають участь у кампанії; фактори викидів CO_2 надаються по замовчуванню;
- оцінка річного енерговикористання будівлею, повинна включати наступні послуги: опалення; охолодження і осушення; вентиляція та зволоження; гаряче водопостачання; освітлення (не обов'язково для житлових будинків); інші послуги (за бажанням) [Стаття 5.1] - у існуючій методології Дисплей пропонується вводити енерговикористання будівлею для потреб: опалення; охолодження; приготування гарячої води; інші потреби;
- вихідні дані про будівлю для розробки енергетичного сертифікату на основі вимірюючого енергетичного рейтингу повинні бути: використання будівлі - фактичні дані; клімат – фактичні дані; будівля – фактична [Стаття 5.3] – у існуючій методології Дисплей: використання будівлі – фактичні дані; клімат – частково фактичні, частково нормативні (що стосується температури у приміщеннях); будівля – фактична;
- необхідність врахування доставленої енергії до будівлі: природний газ, нафта, електроенергія, централізоване теплопостачання, деревина, енергетичний носій (*i*) [Стаття 7.1] – у існуючій методології Дисплей: природний газ, мазут, вугілля, деревинна, електроенергія, централізоване теплопостачання, фотоелектрична енергія;

- період оцінки повинен братися в середньому за кілька останніх повних років, до тих пір, поки будівля і її використання були не змінними. Якщо термін менше 3 років, повинна проводитися корекція по погоді [Стаття 7.2] - у існуючій методології Дисплей за період оцінки прийнято рік, є можливість проводити корекцію по погоді, тієї частини енергії, яка використана для потреб опалення;

- необхідність корекції по погоді, якщо вимірний енергетичний рейтинг не базується на використанні енергії за всі принаймні три останні роки, то виміряне використання енергії для опалення та охолодження повинне бути скореговане на середню погоду для місця розміщення будівлі, тобто регіонального клімату [Стаття 7.4] - у існуючій методології Дисплей витрата енергії на опалення приводиться до погодного коефіцієнту, витрата енергії на охолодження не приводиться до погодного коефіцієнту;

- при використанні рейтингу по первинній енергії повинні чітко вказуватися тип фактору або коефіцієнту, що використовується (загальний фактор первинної енергії або фактор не відновлюваної первинної енергії) та витрати, які були включені при розрахунку (наприклад, енергія для будівництва системи перетворення та транспортування) [Стаття 8.3.3] - у існуючій методології Дисплей не вказується який тип фактору використаний та, які витрати враховані.

Основними вимогами EN 15217 [4] до енергетичної сертифікації будівель за інструментальним підходом є:

- врахування можливості виконання будівлею різних функцій (напр. освіта та спорт), оскільки до них висувуються різні вимоги, що може вплинути на клас енергоефективності [Стаття 6.2] - у існуючій методології Дисплей пропонується вносити додаткові функції (наприклад, харчування, майстерня/лабораторія, спортивний зал, школа-інтернат) та займану ними площу, що надаються в будівлі;

- повинні бути написані вимоги, щоб нейтралізувати неузгодженість деяких параметрів. Приклади таких параметрів: клімат, призначення будівлі, енергоносії, форма або розмір будівлі, кратність повітрообміну, рівень освітлення. [Стаття 6.3.1] - у існуючій методології Дисплей не вирішене питання врахування дотримання комфортних умов у приміщеннях як у період опалення, так і у період охолодження;

- енергетичний сертифікат повинен містити як мінімум або супроводжуватися: а) адміністративними даними: посилання на конкретну процедуру для створення енергетичної сертифікації, включаючи її дату; найменування особи, відповідальної за видачу енергетичного сертифікату; адреса будівлі, для якої було видано енергетичний сертифікат; дата, видачі енергетичного сертифікату і термін його застосування б) технічними даними: один загальний індикатор, що представляє енергетичне функціонування; вид індикатора, що використовується [Стаття 8.3] - у існуючій методології Дисплей не надається посилання; наводяться дані про особу, відповідальну за видачу сертифікату; не вказується адреса будівлі; не вказується дата видачі сертифікату; наводиться загальний показник енергетичного функціонування;

- на сертифікаті повинна наводитися примітка про те, що він базується на фактичних даних, а також повинна бути додана деяка інформація про фактичні умови в будівлі [Стаття 8.3] - у існуючій методології Дисплей, на сертифікаті: не наводиться інформація про те, що він базується на фактичних даних; не наводиться інформація про фактичні умови комфорту в будівлі;

- енергетичний сертифікат повинен містити, якщо це можливо, рекомендації, що стосуються: методів з покращення (оболонка будівлі, інженерні системи); заходів з управління майном (поліпшення функціонування будівлі та інженерних систем) [Стаття 8.6] - у існуючій методології Дисплей: система формує перелік типових заходів, що спрямовані на свідомість користувачів будівлі; є можливість навести додаткові заходи з покращення енергоефективності будівлі.

Тобто, у [2-5] регламентується врахування дотримання мінімальних вимог до мікроклімату в приміщеннях при розробці методології енергетичної сертифікації та шкал енергоефективності, однак, не наведено методи врахування ситуацій, коли мінімальні вимоги до мікроклімату, а також забезпечення санітарно-гігієнічних вимог не дотримуються протягом періоду оцінки у будівлях, що проходять сертифікацію. Хоча, про необхідність врахування таких ситуацій під час оцінки будівель за кожним з використовуваних підходів: розрахунковий чи інструментальний, вказується як в [3] так і в [4].

Отже, зважаючи на відсутність в проаналізованих нормативних документах ЄС, що регламентують порядок розробки енергетичного сертифікату будівлі, блоку, який враховує вплив на показник енергоефективності рівень комфортних умов у приміщеннях, а також, як наслідок, відсутність аналогічного блоку в інструментарії Дисплей – його використання в означених умовах, перш за все потребує налаштування. Крім того, повинні детальніше розглядатися питання визначення перевідних коефіцієнтів у первинне паливо та шкали енергоефективності, які не відповідають характеристикам джерел тепlopостачання та тепловому опору, освітленості, забезпеченості гарячою водою (за умов її відсутності) тощо і в цілому рівню енергоспоживання будівель України. Також існує небезпека того, що

відхилення у використанні енергоресурсів, пов'язані з недотриманням умов комфорту у будівлі, внаслідок недоліків у експлуатації енергетичних систем, будуть частково проігноровані, відтак, будівля, що недостатньо обігривається, погано освітлена буде представлена як "гарна практика". Врахування таких вагомих показників, як дотримання внутрішньої температури і комфортних умов в приміщеннях потребують деякого методичного доопрацювання інструментарію при використанні в Україні.

Пропозиції щодо адаптації методики Дисплей з метою її застосування в Україні

У зв'язку з ситуацією, яка часто спостерігається в українських будівлях, а саме недотримання комфортних умов, що є недопустимим в країнах ЄС, то врахування таких факторів в розроблених нормативних документах та системах сертифікації, в тому числі в Дисплей, не освітлено належним чином. Тому, способи врахування такого стану потребують розвитку. Запропоновані авторами пропозиції для налаштування методології в Україні, основні з яких наведені нижче, можуть слугувати розвитком вимог європейської та вітчизняної нормативної бази, що визначає врахування впливу недотримання комфортних умов у приміщеннях під час проведення енергетичного аудиту та оцінюванні енергоефективності будівель.

1. Коефіцієнт приведення до стандартних температурних умов (коефіцієнт приведення «погодно-комфортний»)

Коректне порівняння обсягів споживання енергоресурсів у різні роки із базовим роком, які використовуються у будівлі для створення умов теплового комфорту, повинно здійснюватися після нормалізації відповідних даних не тільки у стосунку до зовнішньої температури і тривалості опалювального періоду, але і стосовно фактичних значень внутрішньої температури у приміщеннях. Для цього пропонується розраховувати коефіцієнт приведення спожитих обсягів енергоресурсів для потреб опалення до стандартних температурних умов, що бере до уваги різницю між фактичною усередненою внутрішньою температурою у приміщеннях та нормативним значенням внутрішньої температури для приміщень відповідного типу. Дослідження фактичної внутрішньої температури одного з корпусів НТУУ «КПІ» показали, що в різні дні залежно від температури навколишнього середовища та умов хмарності температура в будівлі знаходилася в діапазоні від 13°C до 21°C, тобто відхилення від нормативної може складати від -25% до +15%.

Автори пропонують модифікувати алгоритм обрахунку питомих показників ефективності використання енергії за методологією Дисплей - замість теперішнього погодного коефіцієнту використовувати «погодно-комфортний» коефіцієнт скорегований відповідно до різниці між фактичною внутрішньою температурою і нормативним значенням температури для даного типу будівлі, що може бути визначений за формулою:

$$k_{n-k} = \frac{ГД^n}{ГД_\phi} \quad (2)$$

Тоді, приведена кількість спожитої теплоти для потреб опалення:

$$W_{опал прив} = W_{опал} \cdot k_{n-k}, \quad (3)$$

де: $ГД^n$ - те ж, що у формулі (1); $ГД_\phi$ – ГД, розраховані по фактичній температурі навколишнього t_n^ϕ та внутрішнього t_a^ϕ повітря.

2. Витрати теплоти на ГВП

Методологія Дисплей враховує витрати енергії на потреби гарячого водопостачання у будівлі (ГВП). Отже, для можливості використання шкал з енергоефективності Дисплей для будівель, що з певних причин не забезпечені гарячим водопостачанням, можна використати один з двох підходів: перший – розробити шкали з енергоефективності, що не включають витрати теплоти на ГВП; другий – розрахунковим способом визначити витрати теплоти для цих потреб за [10-11] і використовувати існуючі шкали. При цьому другий підхід потребує мінімальних змін існуючої методології, однак є менш точним.

Незважаючи на існуючі можливості налаштування методології, необхідно пам'ятати, що модель будівлі – еталону, як споживача енергії передбачає наявність ГВП, дотримання комфортних умов (температура, вологість тощо), забезпечення необхідного рівня природного та штучного освітлення, кратності повітрообміну. У випадку розрахункового визначення можливої кількості теплоти, спожитої для потреб забезпечення ГВП, інструментальний підхід, який використано у Дисплей отримує риси розрахункового, тому для збереження чистоти першого, за існуючої ситуації в Україні та оцінки, при цьому, енергетичної ефективності будівель, де відсутнє ГВП доцільною є розробка нових еталонів будівель та, відповідно, й шкал енергоефективності, які не включатимуть витрати енергії для цих потреб.

3. Розрахунок коефіцієнтів переведення у первинне паливо

Для дослідження впливу коефіцієнту переведення в первинну енергію по опаленню $k_{n \text{ опал}}$ проаналізовано ефективність використання палива на відпуск теплової енергії і проведено розрахунок коефіцієнтів для середніх умов по Україні $k_{n \text{ опал}} = 1,38$ та для м. Києва $k_{n \text{ опал}} = 1,3$ за формулою (4). За різними оцінками середні по країні питомі витрати енергоресурсів на відпуск теплової енергії, залежно від джерела виробництва складають 185 - 175,5 кг у.п./Гкал [12], в той же час втрати теплоти в теплових мережах систем централізованого тепlopостачання в Україні оцінюються [12] на рівні 15-20% від загальної кількості реалізованої теплової енергії, (рис. 2).

$$k_n = k_{\text{вирп}} + k_{\text{втр}}, \quad (4)$$

де $k_{\text{вирп}}$ - коефіцієнт питомих витрат первинної енергії на одиницю відпущеної енергії; $k_{\text{втр}}$ - коефіцієнт втрат при розподіленні відпущеної енергії.

Вплив k_n на питоме первинне загальне енергоспоживання будівлі може суттєво змінювати результати енергетичної сертифікації. Так, зокрема за використання перевідних коефіцієнтів, запропонованих в методології [8], а саме для опалення - $k_{n \text{ опал}} = 0,78$ (при отриманні теплової енергії від ТЕЦ) та для електричної енергії - $k_{n \text{ ел}} = 3,48$, значно зростає частка останньої в первинному споживанні по відношенню до кінцевої енергії. Зважаючи на значні відхилення $k_{n \text{ опал}}$ в регіонах України (рис. 2) за використання методології [8] для конкретної країни необхідно розраховувати на вибір власних перевідних коефіцієнтів, особливо по опаленню, оскільки його частка є переважаючою в енергобалансі будівель.

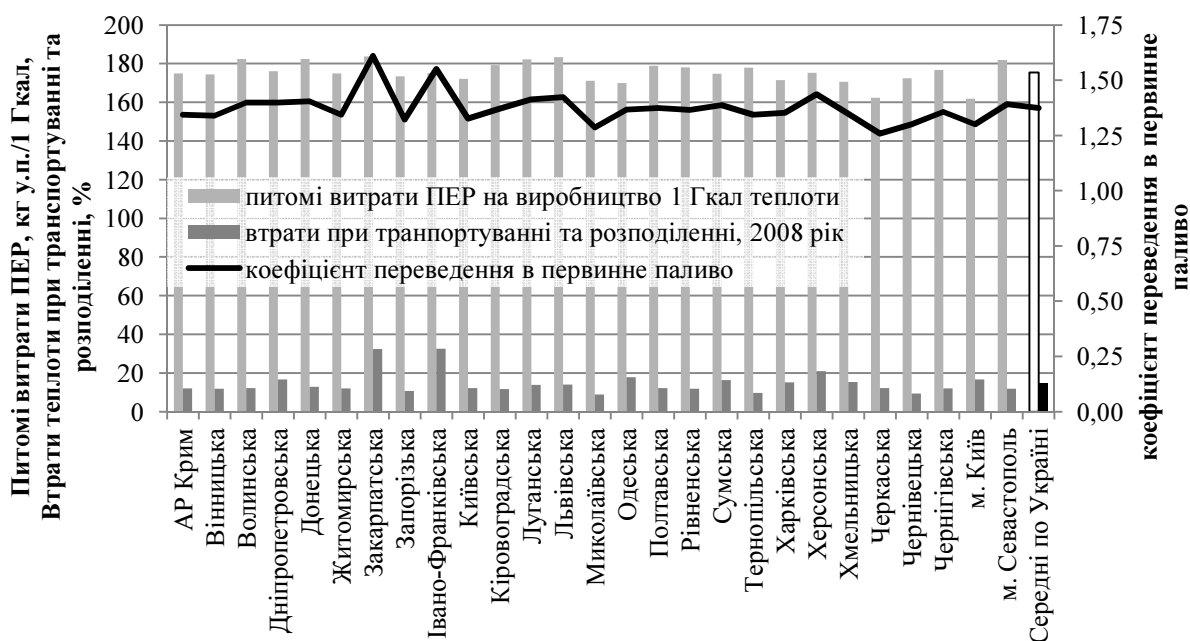


Рис. 2 Порівняння перевідних коефіцієнтів у первинне паливо по опаленню для різних регіонів України (показники 2008 року)

4. Врахування витрат енергії для потреб охолодження

Все більшої актуальності набирають питання використання енергії для потреб охолодження, при цьому величину спожитої енергії для цих потреб також треба корегувати на величину градус-днів періоду охолодження. Виходячи з поставлених цілей, можливе введення окремих шкал для оцінки енергоефективності у будівлях, де існують системи охолодження. На додаток до методології Дисплей, де пропонується розділяти витрати енергії для різних потреб, в тому числі й охолодження, необхідно ввести коефіцієнт приведення до стандартних умов періоду охолодження, причому необхідність застосування такого коефіцієнту описана в EN 15603, однак не реалізована в Дисплей. Необхідно зауважити, що використання запропонованого перевідного коефіцієнту в Україні потребує ухвалення відповідної нормативної бази, яка б визначала нормативну кількість ГД періоду охолодження й поняття: «період охолодження» та «градус-доба періоду охолодження».

5. Розрахунок енергоспоживання будівлею зі спрощеним урахуванням погодних умов та недотриманням умов комфорту

Використання енергії в будівлі пов'язане з: опаленням, охолодженням, приготуванням гарячої води, іншими потребами. В розрахунок енергоспоживання будівлею зі спрощеним урахуванням впливу погодних умов та недотриманням умов комфорту, використовуючи коефіцієнт приведення «погодно-комфортний» (формула 2) корегується спожита енергія для потреб опалення, електропобутового та офісного обладнання. Це не потребує детального аналізу теплонадходжень та виокремлення витрат електроенергії для додаткового опалення, при цьому ми опосередковано враховуємо теплонадходження до приміщень від побутових приладів. У такому випадку формула для розрахунку первинного загального енергоспоживання матиме вигляд:

$$W_{заг\ перв} = [(W_{ee} + W_{опал}) \cdot k_{n-к} + W_{зан} - W_{ee}] \cdot k_{n\ опал} + W_{ee} \cdot k_{n\ ee}, \quad (5)$$

де: W_{ee} – кількість спожитої електричної енергії, кВт·год; $k_{n\ ee}$ – коефіцієнт переведення кінцевої енергії в первинне паливо по електричній енергії.

Висновки

Проведене дослідження та використання методології Дисплей в Україні встановило необхідність її налаштування до вітчизняних умов, які пов'язані зі: структурою енергоспоживання (наприклад, забезпечення будівель гарячою водою; використання енергії для системи охолодження, тощо), оскільки відсутність деяких статей споживання енергії штучно призводить до підвищення класу енергоефективності будівлі; коефіцієнтами переведення в первинну енергію (врахування особливостей та ефективності теплопостачання); можливим недотриманням умов комфортності тощо. Проаналізовано обмеження використання методології в Україні для об'єктів різного призначення за рахунок впливу цих факторів.

Використання методології Дисплей в існуючому вигляді в Україні може бути корисним для ілюстрації тенденцій зміни енергоспоживання, однак використовуючи останню в якості оцінки енергоефективності без урахування описаних факторів - може призвести до не коректного визначення класу енергоефективності будівлі.

Впровадження методології Дисплей в Україні, як добровільної системи енергетичної сертифікації будівель, на базі інструментального рейтингу повинно здійснюватися на основі та з урахуванням вимог стандартів [4-6], а також проектів національних стандартів України: «Енергетична ефективність будівель. Національний метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні» та «Енергетична ефективність будівель. Настанова щодо застосування методу проведення енергетичної оцінки та енергетичної сертифікації будівель».

Список літератури

1. Schirru-Nowicka Agnieszka, Antolij Kopets, Oleh Harasevych (2011) The value of the Display® Campaign as a voluntary energy and environmental performance certification system of buildings to the sustainable municipal energy management in Ukraine, *Innovation – The European Journal of Social Science Research*, Vol. 24, No. 1, March 2011, Routledge.
2. Directive 2002/91/EC of the European parliament and of the council of 16 December 2002 on the energy performance of buildings // *Official Journal of the European Communities*. – 2003, L1. – P.65-71.
3. Directive 2010/31/eu of the European parliament and of the council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast) // *Official Journal of the European Communities*. – 2010, L153. – P.13-35.
4. EN 15217:2007. Energy performance of buildings – Methods for expressing energy performance and for energy certification of buildings. – CEN. – European Committee for Standardization. – 2007. – 31p.
5. EN 15603:2008. Energy performance of buildings—overall energy use and definition of energy ratings. – CEN. – European Committee for Standardization. – 2008. – 43p.
6. EN 13790:2008. Energy performance of buildings — Calculation of energy use for space heating and cooling. – CEN. – European Committee for Standardization. – 2008. – 53p.
7. ДБН В.2.6-31:2006. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель. – К., 2006. – 69с. ДБН В.2.6-31:2006.
8. Офіційний сайт Кампанії DISPLAY. <http://www.display-campaign.org/doc/en/index.php> – Назва з екрану.
9. Energy Performance of Buildings; Outline for Harmonised EP Procedures. Final report of EU ENPER project, Task B6. Contract SAVE 4.1031/C/00-018. TNO Building and Construction Research, Delft, The Netherlands, June 29, 2004

10. Норми та вказівки по нормуванню витрат палива та теплової енергії на опалення житлових та громадських споруд, а також на господарсько-побутові потреби в Україні. КТМ 204 Україна 244–94. – К.: ЗАТ „ВІПОЛ”, 2001. – 376 с.
11. ДБН В.2.5-64:2012 «Внутрішній водопровід та каналізація будівель». – К.–2013.–104с.
12. Андрійчук М.Д., Соколов В.І., Коваленко А.О., Дядічев К.М., Шляхи удосконалення систем тепlopостачання. – Луганськ: Видавництво Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – 2003. – 244 с.

V. Deshko, O. Shevchenko

National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute»

A. Kopets, A. Schirru-Nowicka, O. Harasevych

Association "Energy Efficient Cities of Ukraine"

DEVELOPMENT OF CERTIFICATION PROCEDURES OF ENERGY AND ECOLOGICAL PARAMETERS OF THE BUILDINGS IN UKRAINE ON THE BASIS OF PRACTICE OF USING TOOL DISPLAY

The article analyzes the European regulatory framework for the assessment of energy efficiency in buildings. The results of using one of the approaches to the energy certification of buildings – Display in Ukraine cities. Identified the advantages and disadvantages that make it difficult to use. To adjust the Display methodology, proposed accounting methods of influencing factors on energy efficiency class of the building.

Keywords: energy certification, energy consumption, energy performance of building, measurable approach, calculated approach, energy efficiency, building stock, energy efficiency class, primary energy.

1. Schirru-Nowicka Agnieszka, Antoliy Kopets, Oleh Harasevych (2011) The value of the Display® Campaign as a voluntary energy and environmental performance certification system of buildings to the sustainable municipal energy management in Ukraine, Innovation – The European Journal of Social Science Research, Vol. 24, No. 1, March 2011, Routledge.
2. Directive 2002/91/EC of the European parliament and of the council of 16 December 2002 on the energy performance of buildings // Official Journal of the European Communities. – 2003, L1. – P.65-71.
3. Directive 2010/31/eu of the European parliament and of the council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast) // Official Journal of the European Communities. – 2010, L153. – P.13-35.
4. EN 15217:2007. Energy performance of buildings – Methods for expressing energy performance and for energy certification of buildings. – CEN. – European Committee for Standardization. – 2007. – 31p.
5. EN 15603:2008. Energy performance of buildings—overall energy use and definition of energy ratings. – CEN. – European Committee for Standardization. – 2008. – 43p.
6. EN 13790:2008. Energy performance of buildings — Calculation of energy use for space heating and cooling. – CEN. – European Committee for Standardization. – 2008. – 53p.
7. DBN V.2.6-31:2006. Konstruktsiyi budynkiv i sporud. Teplova izolyatsiya budivel'. – К., 2006. – 69s.
8. Official site of Display® Campaign. <http://www.display-campaign.org/doc/en/index.php>.
9. Energy Performance of Buildings; Outline for Harmonised EP Procedures. Final report of EU ENPER project, Task B6. Contract SAVE 4.1031/C/00-018. TNO Building and Construction Research, Delft, The Netherlands, June 29, 2004
10. Нормы та вказівки по нормуванню vytrat palyva ta teplovoyi enerhiyi na opalennya zhytlovykh ta hromads'kykh sporud, a takozh na hospodars'ko-pobutovi potreby v Ukraini. KTM 204 Ukrayina 244–94. – К.: ЗАТ „ВІПОЛ”, 2001. – 376 s.
11. ДБН В.2.5-64:2012 «Vnutrishniy vodoprovod ta kanalizatsiya budivel'». – К.–2013.–104с.
12. Andriychuk M.D., Sokolov V.I., Kovalenko A.O., Dyadichev K.M., Shlyakhy udoskonalennya system teplopostachannya. – Luhans'k: Vydavnytstvo Skhidnoukrayins'koho natsional'noho universytetu imeni Volodymyra Dalya. – 2003. – 244 s.

УДК 621:658.264

В.И. Дешко, д-р техн. наук, профессор; **А.Н. Шевченко**, канд. техн. наук
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

А.С. Копець, **А. Скирру-Новицкая**, **О.Р. Гарасевич**
Ассоциация энергоэффективных городов Украины

ПОСТРОЕНИЕ МЕТОДИК СЕРТИФИКАЦИИ ЭНЕРГОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЗДАНИЙ В УКРАИНЕ НА БАЗЕ ПРАКТИКИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНСТРУМЕНТА DISPLAY

Проведен анализ европейской нормативной базы по вопросам оценки энергоэффективности зданий. Приведены результаты использования одного из подходов к энергетической сертификации зданий -

Display в городах Украины. Определены его преимущества и недостатки, затрудняющие использование. Для адаптации методологии Display предложены методы учета влияющих факторов на показатель энергоэффективности здания.

Ключевые слова: энергетическая сертификация, расход энергии, энергетическое функционирование здания, инструментальный подход, расчетный подход, энергоэффективность, фонд зданий, класс энергоэффективности, первичная энергия.

Надійшла 20.12.2013

Received 20.12.2013

УДК 621.577

М.К. Безродний, д-р техн. наук, професор; В.В. Вовк
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

ТЕРМОДИНАМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ТЕПЛОНАСОСНОЇ КОНВЕЄРНОЇ СУШАРКИ З УТИЛІЗАЦІЄЮ ТЕПЛОТИ ВИСУШЕНОГО ЗЕРНА

Наведено математичну модель та результати термодинамічного аналізу теплонасосної рециркуляційної конвеєрної сушарки з утилізацією теплоти висушеного зерна. Метою роботи являється аналіз якісного впливу модуля утилізації теплоти висушеного зерна на енергетичну ефективність теплонасосної сушарки зерна та розробка математичної моделі для розрахунку коефіцієнту використання енергії. Результати чисельного розрахунку по сформульованій математичній моделі вказують на енергетичну перевагу теплонасосної сушарки з модулем утилізації теплоти. Моделювання процесів проводиться для першого періоду сушіння з постійною інтенсивністю видалення вологи з зерна пшениці. Зроблені висновки щодо ефективності використання модуля утилізації теплоти висушеного зерна, а також отримані кількісні характеристики коефіцієнту використання зовнішньої енергії на випаровування вологи.

Ключові слова: тепловий насос, сушіння зерна, рециркуляція, утилізація теплоти, сушіння зерна.

Вступ

Виробництво зерна складає одну з основних складових аграрного сектору економіки багатьох країн, зокрема Канади, США, Мексики, ПАР, України. Вирощування зернових культур займає до 20–60 % посівних земель. Так, найбільшими виробниками зернових на 2012 рік були США, Китай, Росія, ЄС. Зерно збирають з рівнем вологості на 10–30 одиниць вище від рівноважної, яка обумовлює необхідність його підсушування, що необхідно для підвищення якості зерна та строку його зберігання [1]. При цьому собівартість сільськогосподарської зернової продукції складається до 20 – 90 % з витрат на обробку зібраного врожаю, в якій основним і водночас найбільш енергоємним технологічним процесом є сушіння. Разом з цим, постійне зростання цін на традиційні енергоносії ставлять перед виробниками задачі підвищення енергетичної ефективності технологічних процесів сушіння, утилізації вторинних енергоресурсів та розробки раціональних схем тепловологообробки на базі альтернативних джерел енергії, зокрема теплових насосів.

Найбільш поширеним способом (до 90 %) видалення вологи із зернових є конвективне сушіння [2]. В останні десятиліття в розробників енергоефективних схем сушильних установок набули популярності теплонасосні системи теплозабезпечення сушарок зерна (та інших гранульованих матеріалів) конвективного типу. Процеси сушіння зернових в зв'язку з великими об'ємами висушеного матеріалу, його сипучістю реалізуються на базі конвеєрних сушильних установок [3]. Одним з ефективних способів поліпшення енергетичної ефективності сушильної установки є організація рециркуляції відпрацьованого сушильного агенту, що дозволяє використати його в якості джерела теплоти для теплового насосу. Разом з тим, у випарнику ТН відбувається осушення сушильного агенту, який далі нагрівається у конденсаторі до необхідного рівня температур. Організація теплонасосної сушильної установки (ТНСУ) за даною схемою забезпечує підвищення енергетичної ефективності процесу сушіння, що в свою чергу знижує собівартість зерна.