

УДК 697.1:005

КЛАСИФІКАЦІЯ ВИМОГ ДО СИСТЕМ ТЕПЛООВОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЦИВІЛЬНИХ БУДІВЕЛЬ**А. Л. Перекрест, О. В. Герасименко, Є. О. Чеботарьова**Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна. E-mail: pksg13@gmail.com

Функціонування будівель різного призначення повинно задовольняти низку вимог. У даній роботі виділено складові вимоги до систем теплового забезпечення сучасних будівель у вигляді параметрів, що характеризують їх тепловий стан, технічних рішень для їх реалізації та норм, що регламентують їх створення та функціонування. До параметрів, що характеризують тепловий стан будівель, включено санітарно-гігієнічні та експлуатаційні, а також внутрішні та зовнішні збурення. Технічні рішення систем теплового забезпечення включають схеми перетворення енергії з централізованого джерела, схеми з використанням електричної енергії, використання відновлювальних джерел енергії та підвищення опору огорожувальних конструкцій. Регламентні норми включають базовий перелік сучасних нормативних документів, в яких містяться вимоги до виділених складових систем теплового забезпечення. Приведено характеристику кожного зі складових вимог у вигляді розрахункових виразів, діапазонів зміни параметрів та опису функціональності тепломеханічних рішень, рівня їх автоматизації, диспетчеризації, енергетичної та економічної ефективності. Для випадку влаштування автоматизованого теплового пункту в умовах цивільної будівлі розроблено поетапний алгоритм його розробки та економічної оцінки. Отримані результати пройшли апробацію при розробці та впровадженні рішень з автоматизації та диспетчеризації теплових вузлів будівель різного призначення: громадської та промислової адміністративних будівель, будівлі навчального закладу, житлового багатоповерхового будинку.

Ключові слова: системи теплового забезпечення, класифікація вимог, тепловий пункт, ефективність.

КЛАСИФИКАЦИЯ ТРЕБОВАНИЙ К СИСТЕМАМ ТЕПЛООВОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ**А. Л. Перекрест, О. В. Герасименко, Е. О. Чеботарева**Кременчуцкий национальный университет имени Михаила Остроградского
ул. Первомайская, 20, г. Кременчук, 39600, Украина. E-mail: pksg13@gmail.com

Функционирование зданий различного назначения должно удовлетворять ряд требований. В работе выделены составляющие требований к системам теплового обеспечения современных зданий в виде параметров, характеризующих их тепловое состояние, технических решений для их реализации и норм, регламентирующих их создание и функционирование. К параметрам, характеризующим тепловое состояние зданий, включены санитарно-гигиенические и эксплуатационные, а также внутренние и внешние возмущения. Технические решения систем теплового обеспечения включают схемы преобразования энергии с централизованного источника, схемы с использованием электрической энергии, использование возобновляемых источников энергии и повышение сопротивления ограждающих конструкций. Регламентные нормы включают базовый перечень современных нормативных документов, в которых содержатся требования к выделенным составляющим систем теплового обеспечения. Приведена характеристика каждого из составляющих требований в виде расчетных выражений, диапазонов изменения параметров и описания функциональности тепломеханических решений, уровня их автоматизации, диспетчеризации, энергетической и экономической эффективности. Для случая устройства автоматизированного теплового пункта в условиях гражданских зданий составлен поэтапный алгоритм его разработки и экономической оценки. Полученные результаты прошли апробацию при разработке и внедрении решений по автоматизации и диспетчеризации тепловых узлов зданий различного назначения: общественного и промышленного административных зданий, здания учебного заведения, жилого многоэтажного дома.

Ключевые слова: системы теплового обеспечения, классификация требований, тепловой пункт, эффективность.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. В умовах постійного зростання цін на основні види енергоресурсів та значної зовнішньоекономічної залежності нашої країни від постачальників енергоносіїв покращення показників енергоефективності та зменшення споживання енергоресурсів у будівлях різного призначення набуває особливої актуальності.

Метою дослідження є систематизація існуючих вимог та технічних рішень для реалізації ефективного функціонування систем теплового забезпечення цивільних будівель, формування прикладної методики аналізу ефективності модернізації систем теп-

лозабезпечення.

МАТЕРІАЛ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Аналіз особливостей функціонування систем забезпечення необхідного мікроклімату в приміщеннях цивільних будівель дозволив виділити параметри, що його характеризують, технічні рішення для його забезпечення та нормативні документи, що його регламентують (рис. 1).

Так, до параметрів, що характеризують тепловий стан у приміщеннях будівель, віднесено санітарно-гігієнічні, експлуатаційні, внутрішні й зовнішні збурення.

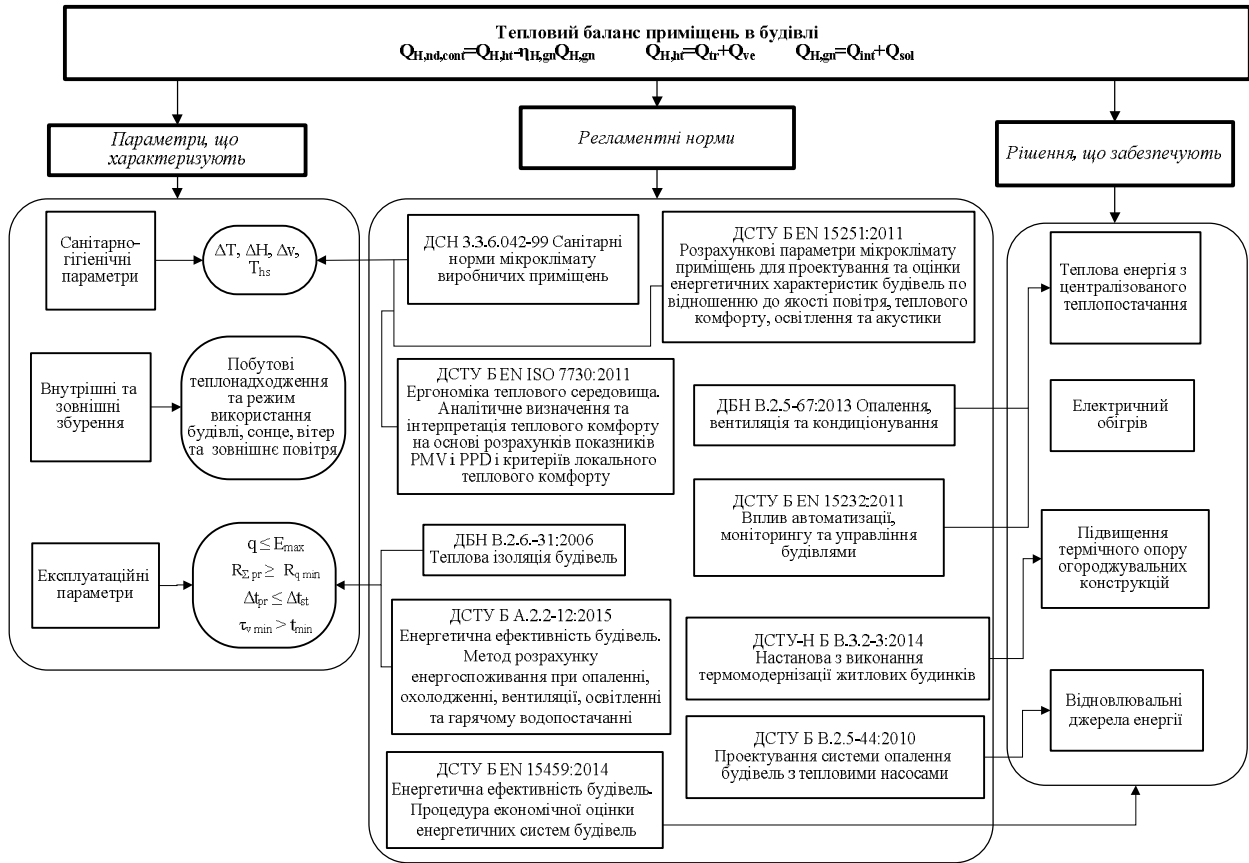


Рисунок 1 – Класифікація вимог до систем теплового забезпечення цивільних будівель

Санітарно-гігієнічні параметри мають рекомендовані обмеження при оптимальних та допустимих умовах відповідно до [1]. Так, у холодний період року при легкій роботі оптимальними умовами мікроклімату є температура повітря 22–24 °С, відносна вологість 60–40 % та швидкість руху повітря 0,1 м/с. Допустимими умовами є верхня межа температури повітря на постійних робочих місцях – 25 °С; на непостійних – 26 °С. Нижня межа: на постійних робочих місцях – 21 °С; на непостійних – 18 °С, відносна вологість – 75 % та швидкість руху повітря – не більше 0,1 м/с.

До експлуатаційних параметрів віднесено величини, що характеризують огорожувальні конструкції, температури на їх поверхнях та показники енергоефективності інженерних систем [2, 3]:

– приведений термічний опір огорожувальних конструкцій $R_{\Sigma, \text{pr}}$ більше або дорівнює мінімально допустимому значенню опору огорожувальних конструкцій та розраховується за рівнянням

$$R_{\Sigma, \text{pr}} = \frac{1}{\alpha_b} + \sum_{j=1}^J \frac{R_j F_j}{F_{\Sigma}} + \frac{1}{\alpha_3}, \quad (1)$$

де R_j – термічний опір термічно однорідної зони, що визначається експериментально або на підставі результатів розрахунків двовимірного (тримірного) температурного поля й розраховується за виразом

$$R_j = \frac{\bar{\tau}_{\text{в}j} - \bar{\tau}_{\text{з}j}}{q_j}, \quad (2)$$

де $\bar{\tau}_{\text{в}j}, \bar{\tau}_{\text{з}j}$ – середні температури внутрішньої й зовнішньої поверхні термічно однорідної зони, °С, відповідно; q_j – щільність теплового потоку через термічно однорідну зону, Вт/м²; F_j – площа j -ї термічно однорідної зони, м²; F_{Σ} – площа огорожувальної конструкції, м²;

– різницю між температурою внутрішнього повітря й приведеною температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції, Δt_{st} ;

– мінімальне значення температури внутрішньої поверхні в зонах теплопровідних включень в огорожувальній конструкції, τ_{vmin} , °С;

– питомі тепловитрати на опалення будинків q_b , які не повинні перевищувати максимально допустиме значення питомих тепловитрат на опалення будинку за опалювальний період E_{max} , кВт·год/м².

Норми розглянутих параметрів описані у [3]. Стандарт установлює мінімально допустиме значення опору ($R_{q, \text{min}}$, м²·К/Вт) теплопередачі непрозорих огорожувальних конструкцій, світлопрозорих конструкцій, дверей житлових і громадських будинків та різницю температур внутрішнього повітря й внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції. Так, для будівлі навчального закладу, що знаходиться в першій температурній зоні, $R_{q, \text{min}}$ для зовнішніх стін дорівнюватиме 3,3 м²·К/Вт, для світлопрозорих огорожувальних конструкцій – 0,75 м²·К/Вт та для входних дверей – 0,44 м²·К/Вт; Δt_{st} повинна складати не більше 5 °С, а максимальні

тепловтрати E_{max} – не більше 31 кВт·год/м³.

До параметрів зовнішнього збурення належать сонячна радіація, що прогріває стіни будівлі, та температура зовнішнього повітря. За внутрішні збурення приміщення приймаються побутові теплонадходження від людей, техніки й освітлення та режим використання будівлі. Теплонадходження від освітлювальних приладів залежать від їх типу, потужності ламп та їх кількості. Надходження від офісної техніки приймаються рівними 10 Вт/м² з урахуванням кількості робочих годин на тиждень.

Теплонадходження від людини залежать від її рівня активності та вимірюється одиницями «met». Один met відповідає кількості енергії, яку виробляє сидяча людина у стані спокою та приблизно дорівнює 58 Вт на 1 м² площі поверхні тіла людини.

Оле Фангером була запропонована формула теплового балансу між людиною та навколишнім середовищем, у якій кількість тепла, що виробляється, дорівнює теплу, що відводиться в навколишнє середовище, з чого випливає:

$$M = W + Q_b + Q_s, \quad (3)$$

де M – кількість тепла, що виробляється організмом людини, Вт/м²; W – обсяг виробленої механічної роботи, Вт/м²; Q_b – загальна кількість тепла, що виділяється при диханні, Вт/м²; Q_s – загальна кількість тепла, що відводиться через шкіру, Вт/м².

Для чоловіків площа в середньому складає 1,9 м², для жінок – 1,6 м². Роботі за комп'ютером відповідає від 1,2 до 1,4 met, повільній ходьбі при 1 м/с – 2 met та коли людина стоїть – 1,2 met.

Зв'язок між кількістю тепла, що виробляється організмом людини, та ергономікою теплового середовища встановлено у стандарті [4], що визначає аналітичну оцінку та інтерпретацію теплового комфорту на основі показників PMV і PPD, а також критеріїв локального теплового комфорту. Прогнозована середня оцінка PMV визначає середнє значення чутливості великої групи людей до температури повітря в приміщенні за семибальною шкалою (від -3/холодно до +3/жарко). Показник PPD встановлює прогнозоване середнє значення оцінок термального середовища великої групи людей, що піддаються його впливу.

$$PMV = (0,303e^{-0,036M} + 0,028) \times$$

$$\left[\begin{aligned} & (M - W) - 3,05 \cdot 10^{-3} \{5733 - 6,99(M - W) - P_a\} - \\ & -0,42 \{ (M - W) - 58,15 \} - 1,7 \cdot 10^{-5} M (5867 - P_a) - \\ & -0,0014M (34 - t_a) - 3,96 \cdot 10^{-8} f_{cl} \{ (t_{cl} + 274)^4 - (t_r + 273)^4 \} - \\ & - f_{cl} h_c (t_{cl} - t_a); \end{aligned} \right]; \quad (4)$$

$$h_c = \begin{cases} 2,38 |t_{cl} - t_a|^{0,25}, & \text{if } 2,38 |t_{cl} - t_a|^{0,25} < 12,1\sqrt{v}; \\ 12,1\sqrt{v}, & \text{if } 2,38 |t_{cl} - t_a|^{0,25} < 12,1\sqrt{v}; \end{cases} \quad (5)$$

$$f_{cl} = \begin{cases} 1,00 + 1,290 l_{cl}, & \text{if } l_{cl} \leq 0,078 \text{ м}^2\text{К/Вт}; \\ 1,05 + 1,645 l_{cl}, & \text{if } l_{cl} > 0,078 \text{ м}^2\text{К/Вт}; \end{cases} \quad (6)$$

де l_{cl} – коефіцієнт теплоізоляції одягу, м²К/Вт; f_{cl} – коефіцієнт площі поверхні одягу; t_r – середня температура випромінювання, °С; p_a – парціальний тиск водяної пари, Па; h_c – коефіцієнт конвективного теплообміну, Вт/(м²К); t_{cl} – температура поверхні одягу, °С.

PPD вказує прогнозоване середнє значення оцінок термального середовища великої групи людей, що піддаються впливу середовища. Індивідуальні оцінки знаходяться навколо цього середнього значення, тому корисною є можливість спрогнозувати кількість людей, які в даному середовищі, швидше за все, будуть почувати себе некомфортно. PPD – це показник, який встановлює прогнозований відсоток незадоволених температурою середовища людей, який занадто тепло чи холодно:

$$PPD = 100 - 95 \exp(-0,03353PMV^4 - 0,2179PMV^2). \quad (7)$$

Також [4] встановлює методи розрахунку відсотка незадоволених протягом, різницею температур по вертикалі та асиметрією температур.

Взаємозв'язок визначених складових регламентується відповідно до методики розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, гарячому водопостачанні й освітленні та встановлюється у рівнянні теплового балансу [5]:

$$Q_{H,ht} = Q_{H,gn}, \quad (8)$$

де $Q_{H,ht}$ – тепловтрати приміщення, Вт·год; $Q_{H,gn}$ – теплонадходження у приміщенні, Вт·год.

Теплонадходження $Q_{H,gn}$ у приміщення забезпечується за рахунок теплопередачі від системи опалення ($Q_{H,nd}$), суми виробленого тепла людьми, обладнанням, штучним освітленням ($Q_{H,int}$), сонячної радіації, що потрапляє крізь світлопрозорі огорожувальні конструкції та непрозорі поверхні будівлі ($Q_{H,sol}$). Тепловтрати $Q_{H,ht}$ приміщення складаються з трансмісійних ($Q_{H,tr}$) та теплопередачі вентиляцією ($Q_{H,ve}$).

Таким чином, тепловий баланс приміщення визначений виразом виду

$$Q_{H,tr} + Q_{H,ve} = Q_{H,nd} + Q_{H,int} + Q_{H,sol}. \quad (9)$$

Теплонадходження від внутрішніх теплових джерел визначаються за виразом

$$Q_{H,int} = \left(\sum_k \Phi_{int,mn,k} A_f \right) t_1, \quad (10)$$

де $\Phi_{int,mn,k}$ – усереднений за часом тепловий потік від k -го внутрішнього джерела, Вт/м²; A_f – опалювальна площа будівлі, м²; t_1 – тривалість періоду використання, год.

Для громадських будівель адміністративного призначення метаболічна теплота $\Phi_{int,oc}$ приймається такою, що дорівнює 4 Вт/м², від освітлення $\Phi_{int,L} - 7$ Вт/м², від обладнання $\Phi_{int,A} - 6$ Вт/м². Графік використання такої будівлі 50 год/тиждень [5].

Надходження від сонячної радіації залежать від місцевості, орієнтації сприймаючих поверхонь та їх затінення:

$$Q_{H,sol} = \left(\sum_k \Phi_{sol,mn,k} \right) t_2, \quad (11)$$

де $\Phi_{sol,mn,k}$ – усереднений за часом тепловий потік від k -го джерела сонячного випромінювання, Вт; t_2 – тривалість місяця, що розглядається, год.

Розташування будівлі відносно сторін світу відіграє досить важливу роль у теплонаходженнях та проявляється в (11) у значеннях середньомісячної сумарної сонячної радіації:

$$\Phi_{sol,k} = F_{sh,ob,k} A_{sol,k} I_{sol,k} - F_{r,k} \Phi_{r,k}, \quad (12)$$

де $F_{sh,ob,k}$ – понижувальний коефіцієнт затінення перешкодами для еквівалентної площі інсоляції k -ої поверхні; $A_{sol,k}$ – еквівалентна площа інсоляції k -ої поверхні з даною орієнтацією та кутом нахилу у визначеній зоні чи об'ємі, м²; $I_{sol,k}$ – значення енергетичної освітленості сприймаючої площі k -ої поверхні з даною орієнтацією та кутом нахилу за середніх умов хмарності, Вт/м²; $\Phi_{r,k}$ – додатковий тепловий потік унаслідок теплового випромінювання в атмосферу від k -го елемента будівлі, Вт; $F_{r,k}$ – коефіцієнт форми між елементом будівлі та небосхилом, який приймають: 1 – для незатіненого горизонтального даху, 0,5 – для незатіненої вертикальної стіни [5].

Сумарну теплопередачу трансмісією для кожного місяця в опалювальний період розраховують за виразом

$$Q_{H,tr} = H_{tr,adj} (\theta_{int,set,H} - \theta_e) t_2, \quad (13)$$

де $H_{tr,adj}$ – загальний коефіцієнт теплопередачі трансмісією, Вт/К; $\theta_{int,set,H}$ – задана температура в будівлі для опалення, °С; θ_e – середньомісячна температура зовнішнього середовища, °С.

Кліматичні параметри визначені на підставі [6].

Загальний коефіцієнт теплопередачі є сумою коефіцієнтів передачі трансмісією до зовнішнього середовища H_D , до ґрунту H_g , через некондиціоновані об'єми H_U та до суміжних споруд H_A .

У загальному випадку H_x , що відображає H_D , H_g , H_U або H_A , розраховується за виразом

$$H_x = b_{tr,x} \left[\sum_i A_i U_i + \sum_k l_k \psi_k + \sum_j \chi_j \right], \quad (14)$$

де A_i – площа i -го елемента оболонки будівлі, Вт/(м²·К); U_i – коефіцієнт теплопередачі i -го елемента оболонки будівлі, (м²·К)/Вт [3]; l_k – довжина k -го лінійного теплопровідного включення, м; ψ_k – лінійний коефіцієнт теплопередачі k -го лінійного теплопровідного включення, Вт/(м·К); χ_j – точковий коефіцієнт теплопередачі j -го точкового теплопровідного включення, Вт/К.

Лінійні та точкові коефіцієнти поширених теплопровідних включень указані в [7] або розраховуються за [8, 9].

Окрім тепла, що втрачає будівля через огорожувальні конструкції, система опалення повинна забезпечити витрати тепла на нагрів повітря, яке потрапляє з вулиці через вентиляцію:

$$Q_{H,ve} = H_{ve,adj} (\theta_{int,set,H} - \theta_e) t_2, \quad (15)$$

де $H_{ve,adj}$ – загальний коефіцієнт теплопередачі вентиляцією, Вт/К, який визначають за рівнянням

$$H_{ve,adj} = \rho_a c_a \sum_k b_{ve,k} q_{ve,k,mn}, \quad (16)$$

де $\rho_a c_a$ – теплоємність повітря одиниці об'єму, Вт·год/(м³·К), дорівнює 0,33 Вт·год/(м³·К); $q_{ve,k,mn}$ – усереднена за часом витрата повітря від k -го елемента, м³/год; $b_{ve,k}$ – температурний поправочний коефіцієнт для k -го елемента повітряного потоку.

Розрахунок енергопотребу для постійного опалення $Q_{H,nd}$ розраховується для кожного місяця окремо за виразом

$$Q_{H,nd} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} Q_{H,gn}, \quad (17)$$

де $Q_{H,nd}$ – сумарна теплопередача в режимі опалення, Вт·год; $\eta_{H,gn}$ – безрозмірний коефіцієнт використання надходжень.

Безрозмірний коефіцієнт $\eta_{H,gn}$ є функцією співвідношення надходжень і втрат теплоти γ_H та числового параметра a_H , який залежить від інерції будівлі:

$$\gamma_H = \frac{Q_{H,gn}}{Q_{H,ht}}; \quad (18)$$

якщо $\gamma_H > 0$ та $\gamma_H \neq 1$:

$$\eta_{H,gn} = \frac{1 - \gamma_H^{a_H}}{1 - \gamma_H^{a_H + 1}}. \quad (19)$$

Безрозмірний числовий параметр, що залежить від часової константи будівлі τ , визначений за виразом

$$a_H = a_{H,0} + \frac{\tau}{\tau_{H,0}}, \quad (20)$$

де $a_{H,0}$ – довідковий числовий параметр, який приймають таким, що дорівнює одиниці; $\tau_{H,0}$ – довідкова часова константа, год., приймається такою, що дорівнює 15 год [5].

Для забезпечення необхідних параметрів мікроклімату, з урахуванням указаних вище особливостей, використовуються різні технічні рішення, що згруповані в чотирьох блоках: тепла енергія з централізованого теплопостачання, електричний обігрів, підвищення термічного опору огорожувальних конструкцій та використання відновлювальних джерел енергії.

Останні напрацювання в області комплексної термомодернізації будівель систематизовано в [10], де регламентуються вимоги до виконання робіт із теплової ізоляції зовнішніх огорожувальних конструкцій будинків, заміні вікон, балконних та зовнішніх дверей тощо.

Роботи з термомодернізації повинні виконуватись у такій послідовності:

- підготовчі роботи;
- ремонт або заміна вікон, входних дверей до будинку, дверей тамбурів та балконних дверей;
- ремонт або заміна вікон на сходових клітках, коридорах та холах загального користування, технічному поверсі та горищі;

– модернізація внутрішньобудинкових інженерних систем будинку;

– теплоізоляція зовнішніх огорожувальних конструкцій та гідроізоляція покрівлі.

При поетапному виконанні робіт з термомодернізації будинку, в приміщеннях якого температура повітря нижча за нормовану, та/або температура й витрата теплоносія на ввіді в будинок нижчі за необхідні, в першу чергу виконують роботи з модернізації внутрішньобудинкових систем.

Відповідно до сучасних нормативних документів у теплових пунктах повинно бути розташовано обладнання, арматура, прилади контролю, керування та автоматизації, за допомогою яких здійснюють:

– регулювання температури теплоносія за погодними умовами;

– циркуляцію теплоносія з використанням насосів;

– облік теплових навантажень і витрат теплоносія;

– контроль параметрів теплоносія;

– клас енергоефективності обладнання повинен бути не нижче класу ефективності будівлі; мінімальний клас енергоефективності будівлі – С;

– захист місцевих систем від аварійного підвищення параметрів теплоносія;

– обмеження максимальної витрати мережної води.

Системи опалення споживачів слід приєднувати до двухрубних водяних теплових мереж за залежною схемою. За незалежною схемою із встановленням у теплових пунктах теплообмінників слід приєднувати системи опалення будинків 12 поверхів і більше. У будівлі зі змінним тепловим режимом необхідно забезпечити залежне від погодних умов автоматичне регулювання теплового потоку системи опалення з додатковим його коригуванням за усередненою температурою внутрішнього повітря або за температурою повітря в характерному за призначенням будівлі приміщенні, що має найбільші питомі тепловтрати. Автоматичне регулювання теплового потоку системи опалення за погодними умовами слід здійснювати регулятором теплового потоку, забезпечуючи наближену до лінійної залежність теплового потоку від рівня керуючого сигналу. Обмеження витрати теплоносія в тепловому пункті повинно здійснюватися автоматичними засобами з урахуванням зміни параметрів теплоносія в мережі та внутрішніх систем теплоспоживання [11, 12].

У приміщення теплового пункту подається напруга живлення 3x380 В для забезпечення роботи насосів та контролерів. Приміщення теплового пункту повинно мати постійне електричне освітлення та безперебійну подачу напруги живлення для автоматики та насосів з метою запобігання поломок і розморожування об'єкту в зимовий час.

При перерві електроспоживання (до 50 годин) допускається зниження температури повітря в опа-

лювальних приміщеннях адміністративних до +10 °С і промислових до +8 °С будівель на період ліквідації пошкодження обладнання.

Теплові пункти повинні мати не менше двох циркуляційних насосів, з'єднаних паралельно, або один здвоєний насос. Один з таких насосів є резервним. За базовий варіант приймаємо встановлення насосів у зворотному трубопроводі та на перемичці між подавальним та зворотнім трубопроводом.

Розрахункові витрати теплоносія в системі опалення споживача визначається з виразу

$$G_{d0} = 3,6 \frac{Q_0^{\max}}{(t_1 - t_2)c}, \quad (21)$$

де Q_0^{\max} – максимальний тепловий потік на опалення, Вт; c – питома теплоємність води, кДж/(кг °С); t_1 – температура теплоносія в трубопроводі теплової мережі при розрахунковій температурі зовнішнього повітря для проектування опалення, °С; t_2 – температура теплоносія в зворотному трубопроводі системи опалення споживача, °С.

При підмішуванні теплоносія зі зворотного трубопроводу в подавальну систему опалення споживача визначають коефіцієнт змішування:

$$u = \frac{t_1 - t_{01}}{t_{01} - t_2}, \quad (22)$$

де t_{01} – температура теплоносія в трубопроводі системи опалення споживача, °С.

При установці насоса на зворотному трубопроводі системи опалення приймаються:

– напір залежно від тиску в теплової мережі й потрібного тиску в системі опалення із запасом 2–3 м;

– витрати насоса G (кг/год) – за виразом

$$G = 1,1G_{d0}(1+u). \quad (23)$$

Тиск P_n , кПа, циркуляційного насосу системи опалення визначають наступним чином:

$$P_n = 1,1(\Delta P_{co} - 0,4P_e), \quad (24)$$

де ΔP_{co} – втрати тиску, кПа, в системі опалення споживача; P_e – максимальний природний тиск, кПа, який розраховується за рівнянням

$$P_e = 10^{-3} g\beta\Delta t(H_{\max} - H_{дж}), \quad (25)$$

де $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ – прискорення вільного падіння; β – середній приріст об'ємної маси води при її охолодженні на 1 °С, що в інтервалі температур теплоносія 65–95 °С приймають таким, що дорівнює 0,624 кг/(м³К); Δt – розрахункова різниця температур теплоносія в подавальному й зворотному трубопроводі системи опалення, °С; H_{\max} – відмітка, м, найбільш віддаленого по вертикалі від джерела тепла опалювального приладу; $H_{дж}$ – відмітка, м, джерела тепла.

Програма та графік роботи системи опалення, внутрішній температурний режим приміщень з урахуванням характеристики будівлі на опалюваль-

ний період – складаються відповідальною особою (наприклад, енергетиком) і затверджується керівником. Дані температурного графіка для певної будівлі вводяться в пам'ять контролера у вигляді нахилу.

Автоматизація теплового пункту та інженерних систем призначена для забезпечення заданих теплових і гідравлічних режимів без присутності людського чинника. Локальна система регулювання теплоспоживання будівлі повинна включати комплекс приладів, які дозволяють контролювати основні параметри й керувати роботою обладнання:

а) термоманометри для візуального контролю температур і тисків на подавальних і зворотних трубопроводах після вхідних засувки, після вузла змішування тощо;

б) тепловимірювач на подавальному теплопроводі для обліку споживання теплової енергії;

в) електро-контактний манометр керує відсікаючими клапанами;

г) датчики температури вимірюють температури теплоносія, зовнішнього й внутрішнього повітря.

Управління обладнанням теплового пункту здійснюється від шафи керування, що містить:

– погодний регулятор;

– засоби захисту електроживлення та управління силовими агрегатами, автоматикою.

Для підвищення рівня безпеки людей і довкілля та приведення до оптимального рівня споживання енергоресурсів при експлуатації житлових, соціально-побутових та інших об'єктів будівництва необхідно використовувати автоматизовані системи моніторингу й керування (АСМК) [13, 14]. АСМК повинні створюватись на базі програмно-технічних засобів, які здійснюють моніторинг технологічних процесів і процесів управління інженерними системами та забезпечують передачу інформації про їх стан у реальному часі для наступної обробки з метою оцінювання, передбачення й ліквідації наслідків дестабілізуючих чинників.

Нормативний документ [13] визначає загальні положення щодо проектування АСМК будівлями:

– АСМК повинні будуватись як ієрархічна багаторівнева структура, яка, у свою чергу, становить нижній рівень системи автоматизованого управління міста (району);

– АСМК повинні мати відкриту архітектуру, допускати наступне розширення за кількістю комплексів автоматизації інженерних систем і за кількістю функцій;

– АСМК складають основу для створення об'єднаних диспетчерських систем;

– АСМК повинна базуватись на структурованій інформаційній кабельній мережі згідно з ДСТУ ISO/IEC 7498-1:2004, ДСТУ ISO 7498-2:2004, ДСТУ ISO/IEC 7498-3:2004;

– для забезпечення єдності систем диспетчеризації АСМК повинні бути обладнані стандартизова-

ними каналами зв'язку (зв'язок по фізичних лініях інтерфейсу RS 422/485, зв'язок по силових кабелях електромережі, зв'язок по телефонних лініях, зв'язок по мережах Ethernet тощо);

– між АСМК та іншими автоматизованими системами повинні бути передбачені можливості обміну інформацією.

До основних функцій АСМК відносяться:

– попередження аварійних ситуацій шляхом контролю за параметрами інженерного обладнання об'єктів і визначення відхилень їх поточних значень від нормативних;

– безперервність збирання, передачі й оброблення інформації про значення параметрів процесів забезпечення функціонування об'єктів;

– формування за визначеними форматами й передачу інформації про стан технологічних систем і змін стану інженерно-технічних конструкцій об'єктів у чергово-диспетчерські служби об'єкта;

– документування й реєстрацію аварійних ситуацій, а також дій чергово-диспетчерських служб об'єкта.

У комплекс автоматизації інженерної системи повинні входити аналогові та (або) цифрові датчики контролю технологічних параметрів, тепло-, водо-, газо- та електролічильники, датчики аварій із дискретними сигналами, датчики контролю змін стану інженерних несучих конструкцій, датчики виявлення підвищеного рівня радіації, небезпечних концентрацій токсичних і вибухонебезпечних газоповітряних сумішей, а також програмовані логічні контролери, пристрої, які забезпечують управління електроживленням, пристрої узгодження інтерфейсів і протоколів обміну даними та пристрої приймання й передачі інформації.

Як виконавчі механізми необхідно використовувати технічні засоби, що забезпечують можливість дистанційного управління (клапани, засувки, електроприводи, насоси тощо).

У програмному забезпеченні та в технічних засобах повинні бути застосовані способи забезпечення надійності функціонування комплексу як основи автоматизованої системи управління будівлями:

– введення апаратної, інформаційної й алгоритмічної надлишковості, яка забезпечує працездатність комплексу при поодиноких відмовах без зупинки обладнання;

– захист від видачі помилкових команд і помилкової інформації;

– резервування модулів, які виконують відповідальні програми щодо захисту технологічного обладнання;

– використання структури ліній зв'язку, яка забезпечує резервування каналів зв'язку;

– використання окремих шляхів кабельних трас для прокладання резервних ліній зв'язку;

– наявність розвинутої системи діагностики технічних і програмних засобів;

- зберігання важливої інформації в енергонезалежному запам'ятовувальному пристрої й реалізація постійного контролю за цілісністю збереженої інформації;
- організація захисту бази даних і програмного забезпечення від несанкціонованого доступу;
- гальванічна розв'язка каналів, модулів і шин зв'язку.

У [14] визначено мінімальні вимоги щодо використання функцій автоматизованої системи моніторингу та управління будівлями (АСМУБ). Системи надають ефективні функції управління опаленням, вентиляцією, охолодженням, гарячим водопостачанням, освітленням, живленням побутових пристроїв тощо, що призводить до підвищення функціональної та енергетичної ефективності експлуатації будівель.

Функції технічного управління будівлею (ТУБ) як частина управління будівлею (УБ) надають інформацію стосовно експлуатації, технічного обслуговування, служб обслуговування та управління будівлями переважно для здійснення управління енергоспоживанням – вимірювання, документування результатів, подавання аварійних сповіщень і виявлення надлишкового використання енергії. Управління енергоспоживанням стосується документації, управління, моніторингу, оптимізації, визначення та виконання підтримувальних та запобіжних дій для поліпшення енергоефективності будівель.

Функції, що мають вплив на енергоефективність будівель розподілені на три групи: функції для автоматичного моніторингу та управління, функції для систем автоматизації житла/автоматизованих систем моніторингу та управління будівлями та функції для технічного управління житлом та будівлями.

Також держстандартом встановлюються чотири різних класи ефективності (А, В, С, D) функцій АМУБ, визначені для нежитлових та житлових будівель:

- клас D відповідає неенергоефективним АСМУБ. Такі системи повинні бути модернізовані в будівлі. Нові будівлі не повинні будуватися із застосуванням таких систем;
- клас С відповідає стандартним АСМУБ;
- клас В відповідає досконалим АСМУБ та деяким спеціальним функціям ТУБ;
- клас А відповідає найвищій енергоефективності АСМУБ та ТУБ.

Прикладна реалізація автоматизованої системи моніторингу та управління теплоспоживанням будівель навчального закладу приведена в [15]. Впровадження системи дозволило зменшити витрати на теплову енергію в університеті на 25–30% за рахунок оперативного керування обладнанням теплових пунктів з урахуванням температури зовнішнього повітря та режиму використання навчальних корпусів.

Одне з технічних рішень з використанням відновлювальних джерел енергії, теплового насоса регла-

ментоване в [16]. Цей стандарт установлює розрахункові параметри для проектування систем опалення та гарячого водопостачання будинків і споруд з використанням теплових насосів з електричним приводом (окрім аміачних теплових насосів) та (або) теплових насосів у комбінації з іншими джерелами теплової енергії.

Цей стандарт поширюється на теплонасосні системи наступних видів: вода–вода; вода–повітря; сольовий розчин–вода; холодильний агент–вода (системи прямого розширення); холодильний агент–холодильний агент; повітря–повітря; повітря–вода.

Потужність системи теплопостачання з використанням теплових насосів розраховується виразом

$$\Phi_{SU} = f_{HL}\Phi_{HL} + f_{DHW}\Phi_{DHW} + f_{AS}\Phi_{AS}, \quad (26)$$

де Φ_{SU} – проектне теплове навантаження системи теплопостачання, кВт; f_{SU} – розрахунковий коефіцієнт теплового навантаження; Φ_{HL} – проектне теплове навантаження системи опалення, кВт; f_{DHW} – розрахунковий коефіцієнт для системи гарячого водопостачання; Φ_{DHW} – теплова потужність теплового насоса, яка використовується для гарячого водопостачання (проектне навантаження на систему), кВт; f_{AS} – розрахунковий коефіцієнт для приєднаних систем; Φ_{AS} – проектне теплове навантаження приєднаних систем, кВт.

Розглянуті та систематизовані вимоги з урахуванням [17, 18] дозволили розробити алгоритм визначення ефективності модернізації теплового вузла цивільної будівлі (рис. 2). Так, на першому етапі визначаються основні теплотехнічні характеристики будівлі: площі огорожувальних конструкцій, їх тип та товщина, температура зовнішнього повітря, температура внутрішнього повітря в приміщенні, розташування будівлі за сторонами світу, показники енергоефективності тощо.

На другому етапі визначаються потреби в тепловій енергії на опалення будівлі. Даний розрахунок може проводитись двома методами: узагальненим та повним. Узагальнений метод розрахунку залежить лише від об'єму будівлі та виражений розрахунком:

- максимальної годинної витрати тепла на опалення

$$Q_{0max} = a q_{\phi} V (t_g - t_n), \quad (27)$$

де a – коефіцієнт, що враховує зміну питомої теплової характеристики будівлі залежно від кліматичних умов (температури зовнішнього повітря); q_{ϕ} – питома тепла характеристика будівлі, ккал/(м³·год·°C); V – зовнішній об'єм будівлі, м³; t_g – розрахункова температура в приміщеннях будівлі, °C; t_n – розрахункова температура зовнішнього повітря, °C;

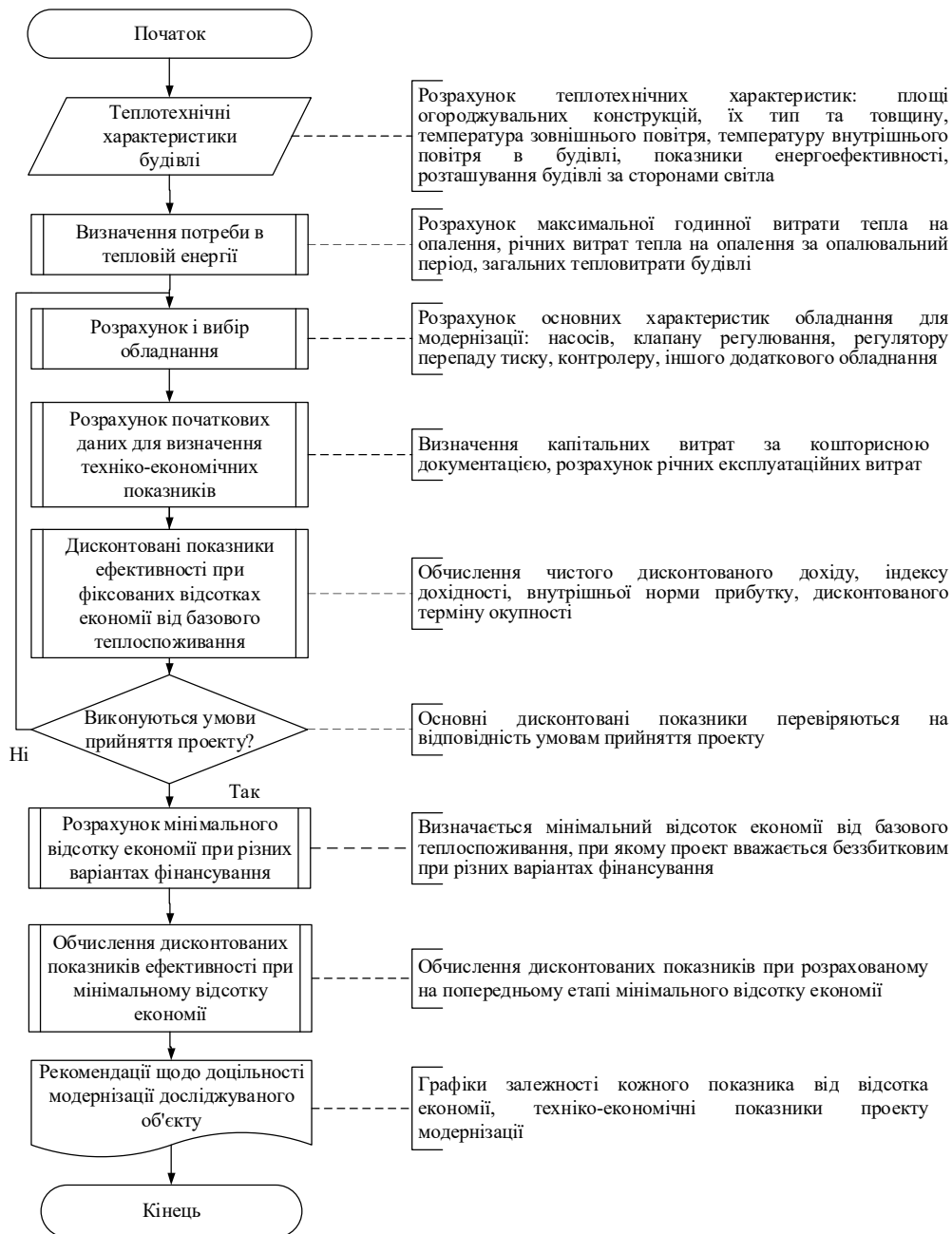


Рисунок 2 – Алгоритм визначення ефективності впровадження енергозберігаючого рішення

– річні витрати тепла на опалення за опалювальний період:

$$Q_0^{год} = Q_{0max} \frac{(t_g - t_m)}{(t_g - t_n)} 24Z_0 10^{-6}, \quad (28)$$

де t_m – середня температура зовнішнього повітря за розрахунковий період; Z_0 – тривалість роботи системи опалення за розрахунковий період, днів.

Повний метод розрахунку вказаний у [19] і потребує точний опис теплотехнічних характеристик будівлі.

Розрахункові річні витрати теплової енергії $Q_{рік}$, кВт·год, визначаються за рівнянням

$$Q_{рік} = [Q_k - (Q_{внп} + Q_s) \nu \zeta] \beta_h, \quad (29)$$

де Q_k – загальні теплові втрати будівлі через огорожувальну оболонку, кВт·год; $Q_{внп}$ – побутові теплонадходження протягом опалювального періоду, кВт·год; Q_s – теплові надходження через вікна від сонячної радіації протягом опалювального періоду, кВт·год; ν – коефіцієнт, що враховує здатність огорожувальних конструкцій будинків акумулювати або віддавати тепло при періодичному тепловому режимі; ζ – коефіцієнт авторегулювання подачі тепла в системах опалення; β_h – коефіцієнт, що враховує додаткове теплоспоживання системи опалення, пов'язане з дискретністю номінального теплового потоку номенклатурного ряду опалювальних приладів, додатковими тепловитратами через зарадіаторні

ділянки огорожень, тепловитратами трубопроводів, що проходять через неопалювальні приміщення.

Загальні тепловитрати будівлі визначаються за виразом

$$Q_k = \chi_1 K_{\text{бод}} D_d F_{\Sigma} \text{ кВт}\cdot\text{год}, \quad (30)$$

де $\chi_1 = 0,024$ – розмірний коефіцієнт; D_d – кількість градусо-днів опалювального періоду, $^{\circ}\text{C}\cdot\text{доба}$; $K_{\text{бод}}$ – загальний коефіцієнт теплопередачі теплоізоляційної оболонки будівлі, $\text{Вт}/\text{м}^2\cdot^{\circ}\text{C}$. Визначається за рівнянням

$$K_{\text{бод}} = K_{\Sigma np} + K_{\text{інф}}, \text{ Вт}/\text{м}^2\cdot^{\circ}\text{C}. \quad (31)$$

Приведений коефіцієнт теплопередачі теплоізоляційної оболонки будівлі

$$K_{\Sigma np} = \xi \cdot \left(\frac{F_{\text{нп}}}{R_{\Sigma np \text{ нп}}} + \frac{F_{\text{сн}}}{R_{\Sigma np \text{ сн}}} + \frac{F_{\text{д}}}{R_{\Sigma np \text{ д}}} + \frac{F_{\text{нк хз}}}{R_{\Sigma np \text{ хз}}} + \frac{F_{\text{ч}}}{R_{\Sigma np \text{ ч}}} \right), \quad (32)$$

де ξ – коефіцієнт, що враховує додаткові тепловитрати, що пов'язані з орієнтацією огорожень за сторонами світу, наявністю кутових приміщень, надходженням холодного повітря через входи в будинок.

Умовний коефіцієнт теплопередачі огорожувальних конструкцій будівлі

$$K_{\text{інф}} = \frac{\chi_2 C n_{\text{об}} \nu_v V_h \gamma_3 \eta}{F_{\Sigma}}, \quad (33)$$

де $\chi_2 = 0,278$ – розмірний коефіцієнт; C – питома теплоємність повітря; $n_{\text{об}}$ – середня кількість повітрообміну будівлі за опалювальний період, год^{-1} ; ν_v – коефіцієнт зниження об'єму повітрообміну в будинках, яким враховується наявність внутрішніх огорожувальних конструкцій, приймається рівним 0,85; η – коефіцієнт впливу зустрічного теплового потоку в огорожувальних конструкціях; γ_3 – середня густина повітря, що надходить до приміщення за рахунок інфільтрації та вентиляції, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Розрахунок і вибір обладнання на третьому етапі алгоритму складається з розрахунку основних характеристик та вибору насосів, клапана регулювання, регулятора перепаду тиску, контролера та іншого додаткового обладнання.

Четвертий етап включає визначення початкових даних для отримання техніко-економічних показників. Такими вхідними даними є:

1) капітальні витрати на технічне переоснащення теплових вузлів, що включають витрати на науково-дослідні та проектно-конструкторські роботи; вартість основного й допоміжного обладнання; вартість інструмента й виробничого інвентарю, що належить до основних фондів; вартість пристроїв, арматури, передавальних споруд; вартість монтажних (демонтажних) робіт; витрати на прилади контролю й засоби автоматики; витрати на пусконаладжувальні роботи, випробування.

Оцінка капітальних витрат відбувається за спеціальним документом – кошторисом. Кошторис включає в себе витрати на будівельні роботи, обладнання, монтажні роботи та ін. Вихідними даними для складання кошторису є: дані проекту по складу обладнання, обсягу будівельних та монтажних ро-

біт, прейскуранти цін на обладнання й матеріали, норми та розцінки на будівельні і монтажні роботи, тарифи на перевезення вантажів, норми накладних та ін.;

2) експлуатаційні витрати, що містять витрати на ресурси; витрати на основну та додаткову заробітну плату обслуговуючого персоналу та відрахування на соціальні заходи; амортизаційні відрахування; вартість витратних матеріалів; витрати на поточний ремонт.

Річні витрати на ресурси B_p визначаються за рівнянням

$$B_p = WCet + VzCzt + VeZe + B_{\text{ін.рес}}, \quad (34)$$

де W – потужність установки, кВт; Ce – вартість одного кВт·год, грн/кВт·год; t – час роботи установки на рік у базовому режимі, год; Vz – обсяг газу, який споживає установка за 1 годину, $\text{м}^3/\text{год}$; Cz – ціна за 1000 м^3 газу, $\text{грн}/\text{м}^3$; Ve – річний обсяг води на технологічні цілі, м^3 ; Ze – збір за спеціальне водокористування, $\text{грн}/\text{м}^3$; $B_{\text{ін.рес}}$ – витрати інших видів ресурсів/допоміжних матеріалів, пов'язані з реалізацією енергозберігаючого заходу.

Визначення річних витрат на основну та додаткову заробітну плату обслуговуючого персоналу та відрахування від неї на соціальні заходи проводиться у разі необхідності за виразом

$$Z_{\text{оп}} = \sum_{j=1}^n T_{mj} k_z k_j k_d k_{c1} 2, \quad (35)$$

де T_{mj} – місячний посадовий оклад (ставка) j -го фахівця; k_z – коефіцієнт трудової участі (частка робочого часу на обслуговування установки j -м спеціалістом); k_d – коефіцієнт, що враховує додаткову зарплату (беремо $k_d = 1,1-1,3$); k_c – коефіцієнт, що враховує відрахування на соціальні заходи (беремо $k_c = 1,38$); n – кількість фахівців.

Річна сума амортизаційних відрахувань визначається за відповідною нормою амортизації (або нормативними строками служби) та балансовою вартістю установки (основних фондів).

Амортизаційні відрахування за установкою доцільно розраховувати за рівнянням

$$A = Fa = F/T_{\text{експ}}, \quad (36)$$

де F – балансова вартість установки; a – річна норма амортизації; $T_{\text{експ}}$ – нормативний строк служби установки, років.

Річна норма амортизації обчислюється прямолінійним методом відповідно до нормативного терміну корисного використання установки:

$$a = 1/T_{\text{експ}}. \quad (37)$$

Річні витрати на ремонт беруть такими, що дорівнюють 5 % від вартості установки з урахуванням прогнозування відмов:

$$B_{np} = Fk_{np}/100, \quad (38)$$

де k_{np} – відсоток витрат на поточний ремонт.

До інших витрат можуть належати витрати на обслуговування технічних засобів управління енергетичною установкою, витрати на охорону праці, витрати, пов'язані з утриманням та експлуатацією основних фондів природоохоронного призначення,

орендні платежі за користування енергетичною установкою (у разі, якщо вона надається на умовах лізингу) тощо.

Розраховані капітальні та експлуатаційні витрати проекту модернізації використовуються на п'ятому етапі для розрахунку дисконтованих показників ефективності [18] при фіксованих відсотках економії від базового теплоспоживання.

На шостому етапі перевіряються отримані техніко-економічні показники за критеріями прийняття проекту. Якщо ж хоча б один показник не відповідає заданим критеріям [18], то потрібно повернутися на третій етап. Якщо основні показники проекту відповідають умовам прийняття проекту, то переходимо до наступного, сьомого, етапу, де визначаємо мінімальний відсоток економії від базового споживання, при якому проект є безбитковим.

На восьмому етапі розраховуються дисконтовані показники ефективності при мінімальному відсотку економії споживання. На дев'ятому етапі на основі отриманих даних формуються рекомендації щодо доцільності модернізації досліджуваного об'єкту.

ВИСНОВКИ. Таким чином, систематизовано вимоги до систем теплового забезпечення цивільних будівель. Виділено складові вимоги у вигляді необхідних параметрів, що характеризують тепловий стан будівлі та технічні рішення для реалізації. Приведено характеристику кожного зі складових вимог у вигляді розрахункових виразів, діапазонів зміни параметрів та опису функціональності тепломеханічних рішень, рівня їх автоматизації, диспетчеризації, енергетичної та економічної ефективності. Розроблено алгоритм визначення ефективності впровадження енергозберігаючого рішення в системи теплового забезпечення цивільних будівель, що враховує виділені складові вимог. Застосування розробленого алгоритму дозволяє визначати показники ефективності влаштування автоматизованого теплового пункту в умовах будівель різного призначення при різних варіантах фінансування.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. Чинні від 01.12.1999 р. – К.: МОЗ України, 1999. – 12 с.
2. ДСТУ Б EN 15251:2011 Розрахункові параметри мікроклімату приміщень для проектування та оцінки енергетичних характеристик будівель по відношенню до якості повітря, теплового комфорту, освітлення та акустики. Чинні від 01.01.2013 р. – К.: Мінрегіон України, 2012. – 71 с.
3. ДБН В.2.6.-31:2006 Теплова ізоляція будівель. Чинні від 09.09.2006р. – К.: Мінрегіонбуд України, 2006. – 65 с.
4. ДСТУ Б EN ISO 7730:2011 Ергономіка теплового середовища. Аналітичне визначення та інтерпретація теплового комфорту на основі розрахунків показників PMV і PPD і критеріїв локального теплового комфорту. Чинні від 01.01.2013 р. – К.: Мінрегіон України, 2012. – 43 с.
5. ДСТУ Б.А.2.2-12-2015 Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні. Чинні від 27.07.2015 р. – К.: Мінрегіон України, 2015. – 199 с.
6. ДСТУ-Н Б В.1.1.-27:2010 Будівельна кліматологія. Чинні від 01.11.2011 р. – К.: Мінрегіонбуд, 2011. – 123 с.
7. ДСТУ Б В.2.3-189:2013 Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. Чинні від 01.01.2014 р. – К.: Мінрегіон України, 2013. – 85 с.
8. ДСТУ ISO 10211-1:2005 Теплопровідні включення в будівельних конструкціях. Обчислення теплових потоків та поверхневих температур. Част. 1. Загальні методи. Чинні від 01.03.2008 р. – К.: Держспоживстандарт України, 2008. – 42 с.
9. ДСТУ ISO 10211-1:2005 Теплопровідні включення в будівельних конструкціях. Обчислення теплових потоків та поверхневих температур. Част. 2. Лінійні теплопровідні включення. Чинні від 01.03.2008 р. – К.: Держспоживстандарт України, 2008. – 17 с.
10. ДСТУ-Н Б В.3.2-3:2014 Настанова з виконання термомодернізації житлових будинків. Чинні від 01.10.2015 р. – К.: Мінрегіон України, 2014. – 40 с.
11. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування. Чинні від 01.01.2014 р. – К.: Мінрегіон України, 2013. – 174 с.
12. ДБН В.2.5-39:2008 Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі та споруди. Теплові мережі. Чинні від 09.12.2008 р. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 55 с.
13. ДСТУ-Н Б В.2.5-37:2008 Настанова з проектування, монтажування та експлуатації автоматизованих систем моніторингу та управління будівлями і спорудами. Чинні від 18.02.2008 р. – К.: Мінрегіонбуд, 2008. – 174 с.
14. ДСТУ Б EN 15232:2011 Вплив автоматизації, моніторингу та управління будівлями. Чинні від 01.04.2012 р. – К.: Мінрегіон України, 2012. – 115 с.
15. Загирняк М.В., Перекрест А.Л. Опыт внедрения и использования автоматизированной системы мониторинга температурных режимов и удаленного управления теплотреблением Кременчугского национального университета // Электротехнические и компьютерные системы. – 2014. – Вып. 91. – С. 423–426.
16. ДСТУ Б В.2.5-44:2010 Проектування систем опалення будівель з тепловими насосами. Чинні від 02.02.2010 р. – К.: Мінрегіонбуд України, 2010. – 56 с.
17. ДСТУ Б EN 15459:2014 Енергетична ефективність будівель. Процедура економічної оцінки енергетичних систем будівель. Чинні від 14.07.2014 р. – К.: Мінрегіон України, 2014. – 86 с.
18. Перекрест А.Л., Ховрак І.В., Чеботарьова Є.О. Економічна ефективність впровадження рішень з автоматизації та диспетчеризації систем теплозабезпечення цивільних будівель // Проблеми

енергоресурсозбереження в електротехнічних системах. Наука, освіта і практика. Наукове видання. – Кременчук: КрНУ, 2016. – Вип. 1/2016 (4). – С. 144–147.

19. ДСТУ-Н Б А.2.2-5:2007 Настанова з розроблення та складання енергетичного паспорта будинків при новому будівництві та реконструкції. Чинні від 05.02.2008 р. – К.: Держспоживстандарт України, 2008. – 42 с.

CLASSIFICATION OF REQUIREMENTS TO THE HEAT SYSTEMS OF CIVIL BUILDINGS

A. Perekrest, O. Herasimenko, Ye. Chebotareva

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University

vul. Pershotravneva, 20, Kremenchuk, 39600, Ukraine. E-mail: pks13@gmail.com

Purpose. The functioning of various buildings must meet several requirements. The paper highlighted the components of the thermal requirements for provision of modern buildings as parameters that characterize their thermal state of technical solutions for their implementation and the rules governing their establishment and functioning. **Methodology.** By the parameters, characterizing the thermal condition of the buildings included in the hygiene and maintenance, as well as inside and outside disturbances. Technical solutions include provision of thermal energy conversion schemes centralized source circuits using electrical energy, renewable energy and increasing wall resistance. Regular standards include a base set of modern regulations, which contain requirements for the selected components of the heating. **Results.** Presented characteristics of each of the components as calculation formulas, range of parameters and describing the functionality of thermomechanical solutions, level of automation, dispatching, energy and economic efficiency. **Originality.** In the case of equipping automated thermal point in terms of civil buildings developed its phased algorithm of development and its economic evaluation. **Practical value.** The results were approbated in developing and implementing solutions with automation and control thermal units various buildings, public and commercial office buildings, the building of the educational institution, residential multi-storey building. References 19, figures 2.

Key words: heat systems, classification of requirements, thermal point, efficiency.

REFERENCES

1. Ministry of Public Health of Ukraine (1999), *DSN 3.3.6.042-99 Sanitarni normy mikroklimatu vyrobnychyh prymishhen* [SDS 3.3.6.042-99 Sanitary norms of microclimate of industrial premises], Kyiv. (in Ukrainian)
2. Ministry of Regional Development, Construction and Housing–Communal Services of Ukraine (2012), *DSTU B EN 15251:2011 Rozrahunkovi parametry mikroklimatu prymishhen dlya proektuvannya ta otsinky energetychnykh harakterystyk budivel po vidnoshennyu do yakosti povitrya, teplovogo komfortu, osviltleniya ta akustyky* [DSTU B EN 15251: 2011 Estimated parameters of microclimate premises for design and evaluation of energy characteristics of buildings in relation to air quality, thermal comfort, lighting and acoustics], Kyiv. (in Ukrainian)
3. Ministry of Construction, Architecture and Housing–Communal Services of Ukraine (2006), *DBN V.2.6.-31:2006 Teplova izolyatsiya budivel* [DBN V.2.6.-31: 2006 Thermal insulation of buildings], Kyiv. (in Ukrainian)
4. Ministry of Regional Development and Housing and Communal Services of Ukraine (2012), *DSTU B EN ISO 7730:2011 Ergonomika teplovogo seredovyshha. Analychne vyznachennya ta interpretatsiya teplovogo komfortu na osnovi rozrahunkiv pokaznykiv PMV i PPD ikryteriiv lokalnogo teplovogo komfortu* [DSTU B EN ISO 7730:2011 Ergonomics of the thermal environment. Analytical determination and interpretation of thermal comfort calculations based on PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria], Kyiv. (in Ukrainian)
5. Ministry of Regional Development, Construction and Housing–Communal Services of Ukraine (2015), *DSTU B A.2.2-12:2015 Energetychna efektyvnist budivel. Metod rozrahunku energospozhyvannya pry opalenni, oholodzhenni, ventilyatsii, osviltleni ta garyachomu vodopostachanni* [DSTU B A.2.2-12: 2015 Energy efficiency of buildings. The method of calculating the energy consumption for heating, cooling, ventilation, lighting and hot water], Kyiv. (in Ukrainian)
6. Ministry of Construction, Architecture and Housing–Communal Services of Ukraine (2011), *DSTU-N B V.1.1.-27:2010 Budivelna klimatohiia* [DSTU-N B V.1.1.-27:2010 Construction climatology], Kyiv. (in Ukrainian)
7. Ministry of Regional Development, Construction and Housing–Communal Services of Ukraine (2013), *DSTU B V.2.3-189:2013 Metody vyboru teplozoliatsiinoho materialu dlia uteplyennia budivel* [DSTU B V.2.3-189:2013 Methods of selecting insulation material for thermal insulation of buildings], Kyiv. (in Ukrainian)
8. The State Committee for Technical Regulation and Consumer Policy (2008), *DSTU ISO 10211-1: 2005 Teploprovidni vkluchennia v budivelnykh konstruktiiakh. Obchyslennia teplovykh potokiv ta poverkhnevyykh temperatur. Chast. 1. Zahalni metody* [DSTU ISO 10211-1:2005 Heat conducting inclusion in building constructions. Calculation of heat flows and surface temperatures. Part 1. General methods], Kyiv. (in Ukrainian)
9. The State Committee for Technical Regulation and Consumer Policy(2008), *DSTU ISO 10211-2:2005 Teploprovidni vkluchennia v budivelnykh kon-*

strukturiakh. Obchyslennia teplovykh potokiv ta poverkhnovykh temperatur. Chast. 2. Liniini teploprovidni vkluchennia [DSTU ISO 10211-2:2005 Heat conducting inclusion in building constructions. Calculation of heat flows and surface temperatures. Part 2: Linear heat conducting inclusion], Kyiv. (in Ukrainian)

10. Ministry of Regional Development, Construction and Housing–Communal Services of Ukraine (2014), *DSTU-N B V.3.2-3:2014 Nastanova z vykonannya termomodernizatsii zhytlovyh budynkiv* [DSTU-H B V.3.2-3: 2014 Guide of realization thermomodernization of buildings], Kyiv. (in Ukrainian)

11. Ministry of Regional Development, Construction and Housing–Communal Services of Ukraine (2013), *DBN V.2.5-67:2013 Opalennya, ventylyatsiya ta kondytsionuvannya* [DBN V.2.5-67: 2013 Heating, ventilation and air conditioning], Kyiv. (in Ukrainian)

12. Ministry of Regional Development, Construction and Housing–Communal Services of Ukraine (2012), *DSTU B EN 15232: 2011 Vplyv avtomatyzatsii, monitorynhu ta upravlinnia budivliamy* [DSTU B EN 15232: 2011 Influence of automation, monitoring and management of buildings], Kyiv. (in Ukrainian)

13. Ministry of Construction, Architecture and Housing–Communal Services of Ukraine (2009), *DBN V.2.5-39:2008 Inzhenerne obladnannia budynkiv i sporud. Zovnishni merezhi ta sporudy. Teplovi merezhi* [DBN V.2.5-39:2008 Engineering equipment of buildings and structures. External networks and facilities. Thermal network], Kyiv. (in Ukrainian)

14. Ministry of Construction, Architecture and Housing–Communal Services of Ukraine (2008), *DSTU-N B V.2.5-37:2008 Nastanova z proektuvannia, montuvannia ta ekspluatatsii avtomatyzovanykh system monitorynhu ta upravlinnia budivliamy i sporudamy* [DSTU-H B V.2.5-37: 2008 Guide on designing, installing and operating the automated monitoring systems and management of buildings and structures]. (in Ukrainian)

15. Zagirnyak, M.V. and Perekrest, A.L. (2014), "Experience implementing and using the automated system temperature monitoring and remote control of the heat load of the Kremenchug National University", *Elektrotehnicheskie i kompyuternie sistemy*, Vol. 91, pp. 423–426. (in Russian)

16. Ministry of Construction, Architecture and Housing–Communal Services of Ukraine (2010), *DSTU B V.2.5-44:2010 Proektuvannia system opalennia budivel z teplovy my nasosamy* [DSTU B V.2.5-44:2010 Design of heating buildings with heat pumps], Kyiv. (in Ukrainian)

17. Ministry of Regional Development, Construction and Housing–Communal Services of Ukraine (2015), *DSTU B EN 15459:2014 Enerhetychna efektyvnist budivel. Protsedura ekonomichnoi otsinky enerhetychnykh system budivel* [DSTU B EN 15459:2014 The energy efficiency of buildings. The procedure for the economic evaluation of energy systems of buildings], Kyiv. (in Ukrainian)

18. Perekrest, A.L., Hovrak, I.V. and Chebotarova, E.O. (2016), "Economic efficiency of introducing solutions of automation and control heating systems of civil buildings", *Problemy enerhoresursozbezrehennia v elektrotekhnichnykh systemakh. Nauka, osvita i praktyka. Naukove vydannia*, Vol. 4, pp. 144–147. (in Ukrainian)

19. The State Committee for Technical Regulation and Consumer Policy (2008), *DSTU-N B A.2.2-5:2007 Nastanova z rozoblennia ta skladannia enerhetychnoho pasporta budynkiv pry novomu budivnytstvi ta rekonstruksii* [DSTU-N B A.2.2-5:2007 Guide for the development and preparation of energy passports of buildings in new construction and renovation], Kyiv. (in Ukrainian)

Стаття надійшла 13.12.2016.