

УДК 620.9.004.18

ОЦІНКА ВПЛИВУ ГІДРАВЛІЧНОГО БАЛАНСУВАННЯ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ ТА ЗАТІНЕННЯ ЗОВНІШНІХ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ НА ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ БУДІВЛІ ЗВО

Є. О. Антипов, кандидат технічних наук, доцент

А. В. Міщенко, кандидат технічних наук, доцент

О. В. Шеліманова, кандидат технічних наук, доцент

С. Є. Тарасенко, кандидат технічних наук, доцент

Н. Г. Батечко, доктор педагогічних наук, доцент

С. В. Шостак, кандидат фізико-математичних наук, доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України

E-mail: ievgeniy_antypov@ukr.net

Анотація. Охарактеризовано основні конструктивні особливості однотрубних систем з вертикальною розводкою, причини їх низької ефективності, до яких відносять: фізична та моральна застарілість обладнання та запірної арматури трубопроводів, відсутність засобів автоматичного керування та регулювання відпуску теплоносія, низька ефективність опалювальних приладів. Використовуючи методику за ДСТУ Б В.2.6-189-2013 та ДСТУ Б А.2.2-12:2015 було досліджено спочатку ефективність впровадження автоматичного балансування системи опалення, а потім впливу затінення зовнішніх огороджувальних конструкцій на енергоспоживання будівлі ЗВО з урахуванням існуючого стану зовнішніх огороджувальних конструкцій. Встановлено, що балансування системи опалення дозволяє знизити питоме енергоспоживання при опаленні на 7,6 %, скоротити енерговитрати системою опалення на 164,8 МВт·год. Оцінено вплив затінення зовнішніх огороджувальних конструкцій на енергоспоживання будівлі ЗВО з урахуванням існуючого стану зовнішніх огороджувальних конструкцій при відсутності балансування системи опалення будівлі. Показано, що воно призводить до несуттєвого перевищення енергоспоживання при опаленні на 0,3 % або на 6,6 МВт·год. Доведено, що енергоспоживання будівлею з урахуванням коефіцієнта затінення після балансування системи опалення дозволяє знизити питоме енергоспоживання при опаленні на 7,9 %, скоротити енерговитрати системою опалення на 165,4 МВт·год. Оцінюючи вплив затінення зовнішніх огороджувальних конструкцій «до» та «після» балансування системи опалення будівлі ЗВО можна стверджувати про скорочення енерговитрати системою опалення на 158,8 МВт·год або на 7,7 %.

Ключові слова: *потік, балансування, сонячна інсоляція, система опалення, затінення*

Актуальність. Гострота проблеми енергозабезпечення для українських закладів вищої освіти (ЗВО) пов'язана з обмеженим бюджетним фінансуванням витрат (насамперед на комунальні послуги, серед яких найбільш вагомими є витрати на енергозабезпечення) та низькою енергоефективністю інженерних систем та будівель ЗВО. Останні, як правило, з моменту їх введення в експлуатацію не підлягали комплексній реконструкції в частині оснащення засобами регулювання їх гідравлічних та температурних параметрів у динамічному режимі. Основна частина внутрішньобудинкових мереж будівель ЗВО за своїми конструктивними особливостями відноситься до однотрубних з вертикальною розводкою. Такі системи на відміну від двотрубних є менш металоємними, але більш гідравлічно розбалансованими, що в свою чергу призводить до виникнення так званих явищ «перетопів»/«недотопів» приміщень як за «стояками», так і за поверхами будівлі залежно від використання тієї чи іншої схеми подачі теплоносія. Основними причинами останнього є: фізична та моральна застарілість обладнання та запірної арматури трубопроводів, відсутність засобів автоматичного керування та регулювання відпуску теплоносія, низька ефективність опалювальних приладів. Описану проблему частково вирішують відомі технічні рішення компаній «Danfoss» та «HERZ» [1]. Однак, відомі технічні пристрої не враховують вплив зовнішніх (температура, інтенсивність сонячного випромінювання, швидкість і напрям вітру) та внутрішніх (вологість, присутність людини) факторів, що не дозволяє здійснювати «якісне» коригування режимів роботи системи опалення залежно від впливу того чи іншого фактору. Тому з метою зниження рівня енергоспоживання будівель ЗВО та приведенням його до нормативного з одночасним збереженням показників комфорту в приміщеннях доцільним вбачається проведення досліджень з надання оцінки впливу гідравлічного балансування системи опалення та затінення зовнішніх огорожувальних конструкції на енергоспоживання будівлі ЗВО.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Під час проектування складних систем «джерело теплоти – розподільчий пристрій – опалювальний прилад» основна увага має бути також приділена і «розумному» розподілу теплоносія по системі

опалення залежно від потреб користувача – людини [2]. У цьому напрямі авторами проекту раніше було проведено ряд досліджень, зокрема щодо аналізу стану енергоспоживання на об'єктах Національного університету біоресурсів і природокористування України (НУБіП України) протягом останніх років, проведений моніторинг параметрів мікроклімату у приміщеннях навчальних корпусів та в гуртожитках університету [3, 4]. Зокрема, здійснювались вимірювання профілів температур внутрішнього повітря як на поверхах, так і на фасадах будівель до та після виконання робіт з термомодернізації, які полягали в утепленні зовнішніх огорожувальних конструкцій та модернізації індивідуальних теплових пунктів у окремих корпусах [5, 6]. Встановлено, що потенціал теплоносія істотно знижується і, як наслідок, опалювальні прилади не прогріваються до номінального режиму роботи, в приміщеннях температурний режим не відповідає нормативам. На практиці, щоб усунути цю невідповідність підвищують температуру теплоносія в «подавальному» трубопроводі, але не завжди такий метод є дієвим, оскільки з ростом температури теплоносія, ростуть і цифри в «платіжках», але ніяк не покращується комфорт в приміщеннях будинку. Тому, нині єдиним, найбільш дієвим заходом є балансування системи опалення будівлі.

Мета дослідження - встановлення впливу зовнішніх факторів (інтенсивність сонячного випромінювання) з урахуванням існуючого стану зовнішніх огорожувальних конструкцій для надання оцінки ефективності впровадження автоматичного балансування системи опалення та впливу затінення зовнішніх огорожувальних конструкції на енергоспоживання будівлі ЗВО, використовуючи методику за ДСТУ Б В.2.6-189-2013 та ДСТУ Б А.2.2-12:2015.

Матеріали і методи дослідження. Об'єктом дослідження є будівля та інженерні мережі першого навчального корпусу НУБіП України. Зовнішні стіни будівлі цегляні, не утеплені. Ззовні споряджені штукатуркою та декоративною рельєфною ліпниною. Цокольний поверх не утеплений. Під всією площею будівлі знаходиться неопалювальне техпідпілля. За проектом покрівля двоскатна. Горище є неопалювальним.

Вікна, передбачені в проєкті – дерев'яні з подвійним склінням. Силами керівництва в останні роки віконні блоки замінені на металопластикові склопакети. Це призвело до зменшення тепловтрат будівлі за рахунок збільшення термічного опору огорожувальних конструкцій будівлі.

Графік перебування персоналу та студентів – постійно в робочі дні, крім вихідних та святкових днів.

Будинок підключено до центральної системи теплопостачання за залежною схемою від центрального теплового пункту, де встановлено ІТП з регулюванням теплоносія залежно від погодних умов без приготування води на потреби ГВП. Система теплопостачання двотрубна. За проєктом система гарячого водопостачання наявна, за фактом - відсутня. Система вентиляції – природна, витяжна.

Внутрішня система опалення одноконтурна, вертикальна, з верхньою подачею. Теплоносієм у системі опалення – вода з параметрами 80-60 °С. Сходові клітини опалювальні.

Як нагрівальні прилади використовуються чавунні ребристі радіатори з боковим під'єднанням, які встановлені в нішах під вікнами. Довжина підводок до радіатора 300 мм. Терморегулятори на опалювальних приладах відсутні.

Трубопроводи системи опалення, які знаходяться в неопалюваних приміщеннях, частково утеплені, решта труб – не утеплена.

Нижче, в таблицях 1-3, наведено основні характеристики системи опалення та нагрівальних приладів [7].

Використовуючи методики [7, 8], проводили дослідження впливу зовнішніх факторів (інтенсивність сонячного випромінювання) з урахуванням існуючого стану зовнішніх огорожувальних конструкцій, площі яких наведено в табл. 4.

1. Значення сезонної ефективності виробництва/ генерування теплоти

Енергоносієм	Джерело теплозабезпечення	Починаючи з 2008 р.
Опалення	Централізоване теплопостачання з якісним регулюванням зі зрізкою температурного графіка і коригуванням в ІТП за погодними умовами	96

2. Ефективність вільнообтічних нагрівальних поверхонь

Впливовий фактор		Складові загального рівня ефективності			
		η_{str1}	η_{str2}	η_{ctr}	η_{emb}
Регулювання температури повітря приміщення	Регулювання відсутнє			0,86	
Температурний напір (за температури повітря 20 °С)	60 К (наприклад, 90/70)	0,88			
Специфічні тепловтрати через зовнішні огороження	Опалювальний прилад встановлено біля зовнішньої стіни: - вікно з радіаційним захистом		0,88		1

3. Коефіцієнт, що враховує гідравлічне налагодження системи

Тип системи	Впливовий фактор	f_{hydr}
Однотрубна	Система не налагоджена. Відсутня балансувальна арматура на стояках (горизонтальних вітках) системи	1,09

4. Площі світлопрозорих та непрозорих зовнішніх огорожувальних конструкцій будівлі

Сторони світу		A_f , стін, м ²	A_f , вікон, м ²	A_f , дверей, м ²	A_f , горища, м ²	A_f , перекрытия над техпідпіллям, м ²
ПнСх	Пн	1590,6	350,8	15,0	2777,0	2583,1
ПдСх	Сх	503,5	181,4	19,0		
ПдЗх	Пд	1728,5	321,7	5,0		
ПнЗх	Зх	891,2	100,5	-		

Об'єкт дослідження розташований у м. Києві, знаходиться в І-й температурній зоні України, для якої мінімально допустимі значення опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій за ДБН В.2.6-31:2016 наведено в таблиці 5.

5. Мінімально допустиме значення опору теплопередачі огорожувальної конструкції житлових та громадських будинків ($R_{q\ min}$)

№ поз.	Вид огорожувальної конструкції	Значення $R_{q\ min}$, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$, для I температурної зони:	
		нормоване	фактичне
1	Зовнішні стіни	3,3	0,81
2	Суміщені покриття	6,0	-
3	Горищні покриття та перекриття неопалювальних горищ	4,95	0,95
4	Перекриття над проїздами та неопалювальними підвалами	3,75	0,74
5	Світлопрозорі огорожувальні конструкції	0,75	0,72
6	Зовнішні входні двері	0,6	0,6

Розрахункове значення питомих тепловитрат на опалення будинку за опалювальний період $q_{\text{буд}}$, $\text{кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^2$ або $\text{кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^3$:

$$q_{\text{буд}} = Q_{\text{рік}} / F_h$$

або

$$q_{\text{буд}} = Q_{\text{рік}} / V_h, \quad (1)$$

де $Q_{\text{рік}}$ - витрати теплової енергії на опалення будинку протягом опалювального періоду року, $\text{кВт} \cdot \text{год}$, що визначається на підставі результатів енергетичного аудиту будинку або за результатами розрахунків за Н.2 [8]; F_h , V_h - опалювана площа або об'єм будинку, м^2 або м^3 , що визначається за ДБН В.2.2-15, ДБН В.2.2-9, СНиП 2.04.05, а також положеннями Н.3 [8].

Розрахункові витрати теплової енергії $Q_{\text{рік}}$:

$$Q_{\text{рік}} = [Q_k - (Q_{\text{вн п}} + Q_s) \cdot v \cdot \zeta] \cdot \beta_h, \quad (2)$$

де Q_k - загальні тепловтрати будинку через огорожувальну оболонку будинку, $\text{кВт} \cdot \text{год}$:

$$Q_k = \chi_1 \cdot K_{\text{буд}} \cdot D_d \cdot F_{\Sigma}, \quad (3)$$

де $\chi_1 = 0,024$ - розмірний коефіцієнт; $K_{\text{буд}}$ - загальний коефіцієнт теплопередачі теплоізоляційної оболонки будинку, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$:

$$K_{\text{буд}} = k_{\Sigma\text{пр}} + k_{\text{інф}}, \quad (4)$$

де $k_{\Sigma\text{пр}}$ - зведений коефіцієнт теплопередачі теплоізоляційної оболонки будинку, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$:

$$k_{\Sigma \text{пр}} = \xi (F_{\text{нп}} / R_{\Sigma \text{пр нп}} + F_{\text{сп}} / R_{\Sigma \text{пр сп}} + F_{\text{д}} / R_{\Sigma \text{пр д}} + F_{\text{пк}} / R_{\Sigma \text{пр пок}} + F_{\text{ц}} / R_{\Sigma \text{пр ц}}) / F_{\Sigma}, \quad (5)$$

де ξ - коефіцієнт, що враховує додаткові тепловтрати, пов'язані з орієнтацією огорож за сторонами світу, наявністю кутових приміщень, надходженням холодного повітря через входи в будинок; для житлових будинків $\xi = 1,13$, для інших будинків $\xi = 1,1$; $F_{\text{нп}}$, $F_{\text{сп}}$, $F_{\text{д}}$, $F_{\text{пк}}$, $F_{\text{ц}}$ - площа відповідно стін (непрозорих частин), світлопрозорих конструкцій (вікон, ліхтарів), зовнішніх дверей і воріт, покриттів (горищних перекриттів), цокольного перекриттів, м^2 ; $R_{\Sigma \text{пр нп}}$, $R_{\Sigma \text{пр сп}}$, $R_{\Sigma \text{пр д}}$, $R_{\Sigma \text{пр пок}}$, $R_{\Sigma \text{пр ц}}$ - зведений опір теплопередачі відповідно стін, світлопрозорих конструкцій (вікон, ліхтарів), зовнішніх дверей і воріт, покриттів (горищних перекриттів), цокольних перекриттів, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$; підлог по ґрунту - з урахуванням їх поділу на зони із значенням опору теплопередачі; F_{Σ} - внутрішня загальна площа огорожувальних конструкцій частини будинку, що опалюється з урахуванням покриття (перекриття) верхнього поверху й перекриття підлоги нижнього опалюваного приміщення, м^2 ; $k_{\text{інф}}$ - умовний коефіцієнт теплопередачі огорожувальних конструкцій будинку, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, що враховує тепловтрати за рахунок інфільтрації та вентиляції:

$$k_{\text{інф}} = \chi_2 \cdot c \cdot n_{\text{об}} \cdot v_v \cdot V_h \cdot \gamma_3 \cdot \eta / F_{\Sigma}, \quad (6)$$

де $\chi_2 = 0,278$ - розмірний коефіцієнт; c - питома теплоємність повітря, приймається $1 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$; $n_{\text{об}}$ - середня кратність повітрообміну будинку за опалювальний період, год^{-1} , що визначається експериментально або приймається за нормами проектування будинків: для приміщень житлових та громадських будинків - за вимогами ДБН В.2.2-15; для інших будинків - за вимогами СНиП 2.04.05 та відповідних норм; v_v - коефіцієнт зниження об'єму повітря у будинку, яким враховується наявність внутрішніх огорожувальних конструкцій. За відсутності точних даних приймається $v_v = 0,85$; V_h - те саме, що у формулі (1), м^3 ; γ_3 - середня густина повітря, що надходить до приміщення за рахунок інфільтрації та вентиляції, $\text{кг}/\text{м}^3$:

$$\gamma_3 = 353 / [273 + 0,5 \cdot (t_{\text{в}} + t_{\text{оп з}})], \quad (7)$$

де $t_{\text{в}}$ - розрахункова температура внутрішнього повітря приміщень будинків, що визначається за таблицею Г2 [8], $^\circ\text{C}$; $t_{\text{оп з}}$ - середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період, $^\circ\text{C}$, що визначається згідно зі ДСТУ-Н Б В.1.1-27;

η - коефіцієнт впливу зустрічного теплового потоку в огорожувальних конструкціях, що приймається 0,7 - для стиків панелей стін, а також багатостулкових вікон; 0,8 - для двостулкових вікон і балконних дверей; 1,0 - для одностулкових вікон і балконних дверей; при цьому коефіцієнт η приймається за найбільшим значенням, єдиним для всього будинку; F_{Σ} - те саме, що у формулі (3).

Кількість градусо-днів опалювального періоду:

$$D_d = (t_b + t_{оп з}) \cdot z_{оп},$$

де t_b , $t_{оп з}$ - те саме, що і в формулі (7); $z_{оп}$ - тривалість, днів, опалювального періоду, що визначається за ДСТУ-Н Б В.1.1-27; $Q_{вн п}$ - побутові теплонадходження протягом опалювального періоду, кВт, що визначаються за СНиП 2.04.05; Q_s - теплові надходження через вікна від сонячної радіації протягом опалювального періоду, кВт · год, для чотирьох фасадів будинків, орієнтованих за чотирма сторонами світу - північ (Пн), схід (С), південь (Пд) і захід (З), або за проміжними напрямками (північ - захід (ПнЗ), північ - схід (ПнС), південь - схід (ПдС) і південь - захід (ПдЗ)), визначаються за формулою:

$$Q_s = \zeta_b \varepsilon_b (F_{Пн} I_{Пн} + F_C I_C + F_{Пд} I_{Пд} + F_З I_З) + \zeta_{з л} \varepsilon_{з л} F_{сп л} I_r, \quad (8)$$

де ζ_b , $\zeta_{з л}$ - коефіцієнти, що враховують затінення світлового прорізу відносно вікон і zenітних ліхтарів непрозорими елементами заповнення, що приймаються за таблицею 6; ε_b , $\varepsilon_{з л}$ - коефіцієнти відносного проникнення сонячної радіації для світлопрозорих заповнень вікон і zenітних ліхтарів, що приймаються за паспортними даними відповідних світло-прозорих конструкцій або за таблицею 5; мансардні вікна з кутом нахилу заповнень до обрію 45° і більше варто вважати як вертикальні вікна, з кутом нахилу менше 45° - як zenітні ліхтарі; $F_{Пн}$, F_C , $F_{Пд}$, $F_З$ - площа світлових прорізів фасадів будинку, відповідно орієнтованих за чотирма сторонами світу, m^2 ; $F_{сп л}$ - площа світлових прорізів zenітних ліхтарів будинку, m^2 ; $I_{Пн}$, I_C , $I_{Пд}$, $I_З$ - суми сумарної сонячної радіації за опалювальний період, що надходить на вертикальну поверхню різної орієнтації за середніх умов хмарності, кВт·год/ m^2 , приймаються за [ДСТУ-Н Б В.1.1-27](#); I_r - сума сумарної сонячної радіації за опалювальний період, що надходить на горизонтальну поверхню за середніх умов

хмарності, $\text{кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$, приймається за [ДСТУ-НБ В.1.1-27](#); ν - коефіцієнт, що враховує здатність огорожувальних конструкцій будинків акумулювати або віддавати тепло при періодичному тепловому режимі і визначається за ДБН В.2.5-24; за відсутності точних даних слід приймати $\nu = 0,8$; ζ - коефіцієнт авторегулювання подавання тепла в системах опалення; рекомендовані значення $\zeta = 1,0$ - в однотрубній системі з термостатами та з пофасадним авторегулюванням на індивідуальні теплові пункти (ІТП) або поквартирним горизонтальним розведенням; $\zeta = 0,95$ - у двотрубній системі опалення з термостатами та з центральним авторегулюванням на ІТП; $\zeta = 0,9$ - в однотрубній системі з термостатами та з центральним авторегулюванням на ІТП, а також у двотрубній системі опалення з термостатами і без авторегулювання на ІТП; $\zeta = 0,85$ - в однотрубній системі опалення з термостатами і без авторегулювання на ІТП; $\zeta = 0,7$ - у системі без термостатів та з центральним авторегулюванням на ІТП з коригуванням за температурою внутрішнього повітря; $\zeta = 0,5$ - у системі без термостатів та без авторегулювання на ІТП (регулювання центральне в ІТП або котельні); β_h - коефіцієнт, що враховує додаткове теплоспоживання системою опалення, пов'язане з дискретністю номінального теплового потоку номенклатурного ряду опалювальних приладів і додатковими тепловтратами через зарадіаторні ділянки огорож, тепловтратами трубопроводів, що проходять через неопалювані приміщення: для багатосекційних та інших протяжних будинків $\beta_h = 1,13$, для будинків баштового типу $\beta_h = 1,11$.

Результати досліджень та їх обговорення. Використовуючи методику за ДСТУ Б В.2.6-189-2013 та ДСТУ Б А.2.2-12:2015, було досліджено спочатку ефективність впровадження автоматичного балансування системи опалення (рис. 1 та табл. 7-8), а потім впливу затінення зовнішніх огорожувальних конструкції (рис. 2 та табл. 9-10) на енергоспоживання будівлі ЗВО з урахуванням існуючого стану зовнішніх огорожувальних конструкцій.

6. Значення коефіцієнтів затінення світлового прорізу ζ_v і $\zeta_{z,л}$ відносного проникнення сонячної радіації, ε_v і $\varepsilon_{z,л}$, відповідно вікон і zenітних ліхтарів

Заповнення світлового прорізу	Коефіцієнти ζ_v і $\zeta_{z,л}$; ε_v і $\varepsilon_{z,л}$			
	при дерев'яних або ПВХ плетіннях		при алюмінієвих плетіннях	
	ζ_v і $\zeta_{z,л}$	ε_v і $\varepsilon_{z,л}$	ζ_v і $\zeta_{z,л}$	ε_v і $\varepsilon_{z,л}$
Подвійне скління з селективним i -покриттям на внутрішньому склі: - однокамерні склопакети в одинарних плетіннях - подвійне скління в спарених плетіннях - подвійне скління в роздільних плетіннях	0,80 0,75 0,65	0,54 0,65 0,60	0,80 0,70 0,60	0,54 0,65 0,60
Потрійне скління із звичайного скла в окремо спарених плетіннях	0,50	0,70	0,50	0,70
Однокамерні склопакети й одинарне скління у роздільних плетіннях	0,60	0,63	0,60	0,63
Однокамерний склопакет із селективним покриттям і одинарне скління у роздільних плетіннях	0,60	0,58	0,60	0,58
Двокамерні склопакети із селективним покриттям на внутрішньому склі та в одинарному плетінні	0,8	0,48	0,8	0,48

7. Розрахункові показники енергетичної ефективності будівлі

Назва показника	Існуюче значення, кВт год/м ³ в рік	Значення після модернізації, кВт год/м ³ в рік
Питома енергопотреба на опалення, охолодження, гаряче водопостачання	50,3	50,3
Питоме енергоспоживання при опаленні	65,4	60,2
Питоме енергоспоживання при охолодженні	3,4	3,4
Питоме енергоспоживання при гарячому водопостачанні	0,0	0,0
Питоме енергоспоживання системи вентиляції	0,0	0,0
Питоме енергоспоживання при освітленні	12,2	12,2
Питоме споживання первинної енергії, кВт·год/м ² в рік	334,3	311,9
Питомі викиди парникових газів, кг/м ² в рік	65,9	61,5

8. Розрахункові показники енергоспоживання будівлею

Вид	Розрахунковий обсяг споживання за рік «до»		Розрахунковий обсяг споживання за рік «після»	
	МВт·год	кВт·год/м ³	МВт·год	кВт·год/м ³
Енергоспоживання систем опалення	2 067,7	65,4	1 902,9	60,2
Енергоспоживання систем вентиляції	0,0	0,0	0,0	0,0
Енергоспоживання систем гарячого водопостачання	0,0	0,0	0,0	0,0
Енергоспоживання систем охолодження	106,4	3,4	106,4	3,4
Енергоспоживання систем освітлення	116,8	12,2	116,8	12,2
УСЬОГО:	2 290,9	81,0	2 126,1	75,8



а



б

Рис. 1. Річне енергоспоживання будівлею до модернізації (а) та після балансування системи опалення (б), %

Результати дослідження впливу затінення зовнішніх огорожувальних конструкцій на енергоспоживання будівлі ЗВО з урахуванням існуючого стану зовнішніх огорожувальних конструкцій наведено на рис. 2 та у табл. 9, 10.

9. Розрахункові показники енергетичної ефективності будівлі з урахуванням коефіцієнта затінення

Назва показника	Існуюче значення, кВт·год/м ³ в рік	Значення після модернізації, кВт·год/м ³ в рік
Питома енергопотреба на опалення, охолодження, гаряче водопостачання	50,3	50,3
Питоме енергоспоживання при опаленні	65,6	60,4
Питоме енергоспоживання при охолодженні	3,3	3,3
Питоме енергоспоживання при гарячому водопостачанні	0,0	0,0
Питоме енергоспоживання системи вентиляції	0,0	0,0
Питоме енергоспоживання при освітленні	12,2	12,2
Питоме споживання первинної енергії, кВт·год/м ² в рік	334,6	312,1
Питомі викиди парникових газів, кг/м ² в рік	66,0	61,5

10. Розрахункові показники енергоспоживання будівлею з урахуванням коефіцієнта затінення

Вид	Розрахунковий обсяг споживання за рік «до»		Розрахунковий обсяг споживання за рік «після»	
	МВт·год	кВт·год/м ³	МВт·год	кВт·год/м ³
Енергоспоживання систем опалення	2 074,3	65,6	1 908,9	60,4
Енергоспоживання систем вентиляції	0,0	0,0	0,0	0,0
Енергоспоживання систем гарячого водопостачання	0,0	0,0	0,0	0,0
Енергоспоживання систем охолодження	103,8	3,3	103,8	3,3
Енергоспоживання систем освітлення	116,8	12,2	116,8	12,2
УСЬОГО:	2 294,9	81,1	2 129,5	75,9



а



б

Рис. 2. Річне енергоспоживання будівлею з урахуванням коефіцієнта затінення до модернізації (а) та після балансування системи опалення (б), %

Висновки і перспективи. Оцінюючи вплив гідравлічного балансування системи опалення та затінення зовнішніх огорожувальних конструкції на енергоспоживання будівлі ЗВО, можна стверджувати таке:

1. Балансування системи опалення дозволяє знизити питоме енергоспоживання при опаленні на 7,6 %, скоротити енерговитрати системою опалення на 164,8 МВт·год.

2. Вплив затінення зовнішніх огорожувальних конструкції на енергоспоживання будівлі ЗВО з урахуванням існуючого стану зовнішніх огорожувальних конструкцій за відсутності балансування системи опалення

будівлі призводить до несуттєвого перевищення енергоспоживання при опаленні на 0,3 % або на 6,6 МВт·год.

3. Енергоспоживання будівлею з урахуванням коефіцієнта затінення після балансування системи опалення дозволяє знизити питоме енергоспоживання при опаленні на 7,9 %, скоротити енерговитрати системою опалення на 165,4 МВт·год.

У підсумку, оцінюючи вплив затінення зовнішніх огорожувальних конструкції «до» та «після» балансування системи опалення будівлі ЗВО можна стверджувати про скорочення енерговитрати системою опалення на 158,8 МВт·год або на 7,7 %.

Список використаних джерел

1. Покотилів В. В. Регулирующие клапаны автоматизированных систем тепло- и холодоснабжения. Вена: «HERZ Armaturen», 2017. 232 с.
2. Драганов Б. Х., Черных Л. Ф., Ферт А. Р. Методика расчета теплового режима наружных ограждающих конструкций сельскохозяйственных зданий. К.: УСХА, 1991. 126 с.
3. Радько І. П., Наливайко В. А., Окушко О. В., Міщенко А. В., Антипов Є. О. Підвищення заходів з енергоефективності та енергозбереження у вищих навчальних закладах. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія «Техніка та енергетика АПК». 2018. № 283. С. 275 – 280.
4. Радько І. П., Наливайко В. А., Окушко О. В., Міщенко А. В., Антипов Є. О. Методика та обладнання для проведення енергетичного аудиту. Енергетика та автоматика. 2018. № 1. С. 123–134.
5. Міщенко А. В., Шеліманова О. В., Антипов Є. О. Аналіз теплового комфорту у приміщеннях навчального корпусу №8 НУБіП України після термомодернізації будівлі. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія «Техніка та енергетика АПК». 2014. Вип. 194, ч. 1. С. 119–123.
6. Козирський В. В., Берека О. М., Шеліманова О. В., Антипов Є. О. Результати спрощеного енергоаудиту об'єктів НУБіП України. Енергетика і автоматика. 2012. №1 (11). С. 55 – 63.
7. Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні: ДСТУ Б А.2.2-12:2015. [Чинний від 2016-01-01]. К.:Держстандарт України, 2015. 140 с.
8. Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель: ДСТУ Б В.2.6-189-2013. [Чинний від 2013-08-13]. К.: Держстандарт України, 2013. – 55 с.

References

1. Pokotilov, V. V. (2017). Reguliruyushchiye klapany avtomatizirovannykh sistem teplo- i kholodosnabzheniya [Control valves of automated heat and cold supply systems]. Vena: HERZ Armaturen, 232.
2. Draganov, B. H., Chernykh, L. F., Firth, A. R. (1991). Metodika rascheta teplovogo rezhima naruzhnykh ogradhayushchikh konstruktсий sel'skokhozyaystvennykh zdaniy [Method of calculating the thermal regime of external enclosing structures of agricultural buildings]. Kyiv: USHA, 126.
3. Radko, I.P., Nalyvaiko, V.A., Okushko, O.V., Mishchenko, A.V., Antypov, Ye. O. (2018). Pidvyshchennia zakhodiv z enerhoefektyvnosti ta enerhozberezhennia u vyshchykh navchalnykh zakladakh [Enhancing energy efficiency and energy efficiency measures at higher education institutions]. Scientific herald of the NULES of Ukraine, 283, 275 – 280.
4. Radko, I.P., Nalyvaiko, V. A., Okushko, O. V., Mishchenko, A. V., Antypov, Ye. O. (2018). Metodyka ta obladnannya dlya provedennya enerhetychnoho audytu [Methods and equipment for energy audit]. Energy and automation, 1, 123–134.
5. Mishchenko, A.V., Shelimanova, O. V., Antypov, I. O. (2014). Analiz teplovoho komfortu u prymyshchennyakh navchal'noho korpusu №8 NUBiP Ukrayiny pislya termomodernizatsiyi budivli [Analysis of thermal comfort in premises of educational building number 8 of NULES of Ukraine after thermo-modernization of the building]. Scientific herald of the NULES of Ukraine, 194 (1), 119–123.
6. Kozyrsky, V.V., Bereka, O. M. Shelimanova, O. V., Antypovm Ye. O. (2012). Rezul'taty sproshchenoho enerhoaudytu ob'yektiv NUBiP Ukrayiny [Results of simplified energy audit of NULES of Ukraine]. Power engineering and automation, 1 (11), 55–63.
7. Enerhetychna efektyvnist budivel. Metod rozrakhunku enerhospozhyvannia pry opalenni, okholodzhenni, ventyliatsii, osvittleni ta hariachomu vodopostachanni [Energy efficiency of buildings. Method of calculating energy consumption for heating, cooling, ventilation, lighting and hot water supply]: DSTU B A.2.2-12: 2015 (2015). 140.
8. Metody vyboru teploizoliatsiinoho materialu dlia uteplennia budivel [Methods of selection of thermal insulation material for building insulation]: DSTU B B.2.6-189-2013 [Effective from 2013-08-13]. Kyiv: State Standard of Ukraine, 55.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ГИДРАВЛИЧНОГО БАЛАНСИРОВАНИЯ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ И ЗАТЕНЕНИЯ ВНЕШНИХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ НА ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕ ЗДАНИЯ ВУЗа

Е. А. Антипов, А. В. Мищенко, Е. В. Шелиманова, С. Е. Тарасенко, Н. Г. Батечко, С. В. Шостак

Аннотация. Охарактеризованы основные конструктивные особенности однотрубных систем с вертикальной разводкой, причины их низкой эффективности, к которым относятся: физически и морально устаревшее оборудование и запорная арматура трубопроводов, отсутствие средств автоматического управления и регулирования отпуска теплоносителя, низкая эффективность отопительных приборов. Используя методику согласно ДСТУ Б

В.2.6-189-2013 и ДСТУ Б А.2.2-12:2015, была исследована сначала эффективность внедрения автоматической балансировки системы отопления, а затем влияния затенения наружных ограждающих конструкции на энергопотребление здания ВУЗа с учетом существующего состояния наружных ограждающих конструкций. Установлено, что балансировка системы отопления позволяет снизить удельное энергопотребление при отоплении на 7,6 %, сократить энергозатраты системой отопления на 164,8 МВт·ч. Оценено влияние затенения наружных ограждающих конструкций на энергопотребление здания ВУЗа с учетом существующего состояния наружных ограждающих конструкций при отсутствии балансировки системы отопления здания. Показано, что оно приводит к незначительному превышению энергопотребления при отоплении на 0,3 % или на 6,6 МВт·ч. Доказано, что энергопотребление строением с учетом коэффициента затенения после балансировки системы отопления позволяет снизить удельное энергопотребление при отоплении на 7,9 %, сократить энергозатраты системой отопления на 165,4 МВт·ч. Оценивая влияние затенения наружных ограждающих конструкции «до» и «после» балансировки системы отопления здания ВУЗа, можно утверждать о сокращении энергозатрат системой отопления на 158,8 МВт·ч или на 7,7 %.

Ключевые слова: *поток, балансировка, солнечная инсоляция, система отопления, затенение*

ESTIMATION OF THE INFLUENCE OF HYDRAULIC BALANCING OF THE HEATING SYSTEM AND SHADING OF EXTERNAL ENCLOSURES ON THE ENERGY CONSUMPTION OF THE UNIVERSITY BUILDING

**I. Antypov, A. Mishchenko, E. Shelimanova, S. Tarasenko,
N. Batechko, S. Shostak**

Abstract. *The main design features of single-pipe systems with vertical wiring, the reasons for their low efficiency, which include: physical and moral obsolete equipment and pipeline valves, lack of automatic control and regulation of coolant supply, low efficiency of heating devices, are characterized. Using the methodology according to DSTU B V.2.6-189-2013 and DSTU B A.2.2-12: 2015, the effectiveness of the introduction of automatic balancing of the heating system was first investigated, and then the effect of shading of external enclosing structures on the energy consumption of the university building, taking into account the existing state of external enclosing structures ... It has been established that balancing the heating system makes it possible to reduce the specific energy consumption for heating by 7.6%, and to reduce the energy consumption of the heating system by 164.8 MWh. The influence of the shading of external enclosing structures on the energy consumption of the building of the university is estimated, taking into account the existing state of the external enclosing structures in the absence of balancing the heating system of the building. It is shown that it leads to an insignificant excess of energy consumption for heating by 0.3 % or 6.6 MWh. It has been proven that the energy consumption of a building, taking into account the shading coefficient after balancing the heating system, can reduce the specific energy consumption for heating by 7.9 %, and reduce the energy consumption of the heating system by 165.4 MWh. Assessing*

the effect of shading of external enclosing structures "before" and "after" balancing the heating system of the university building, it can be argued that the energy consumption of the heating system has been reduced by 158.8 MWh or by 7.7 %.

Key words: *flow, balancing, solar insolation, heating system, shading*