

УДК 697.34

АНАЛІЗ ЕНЕРГЕТИЧНИХ І МАТЕРІАЛЬНИХ ПОКАЗНИКІВ І БАЛАНСІВ НАВЧАЛЬНОГО ЗАКЛАДУ З РОЗРОБКОЮ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ЗАХОДІВ

Шовкалюк М.М., Білоус І.Ю.

Національний технічний університет України «КПІ»,
пр-т Перемоги, 37, 03056, м. Київ,
mzz@kpi.ua

В статті на практичному прикладі розглянуто проблему підвищення енергетичної ефективності будівлі навчального закладу з урахуванням дотримання комфортних умов та оцінкою екологічного ефекту при впровадженні запропонованих енергозберігаючих заходів. *Ключові слова:* енергозберігаючі заходи, навчальний заклад, екологічний ефект.

Анализ энергетических и материальных показателей и балансов учебного заведения с разработкой энергосберегающих мероприятий. Шовкалюк М.М., Білоус І.Ю.. В статье на конкретном примере рассмотрено проблему повышения энергетической эффективности здания учебного заведения с учетом соблюдения комфортных условий и оценкой экологического эффекта при внедрении предложенных энергосберегающих мероприятий. *Ключевые слова:* энергосберегающие мероприятия, учебное заведение, экологический эффект.

The analysis of energy and material balances performance and the school with the development of energy saving measures. Shovkalyuk M., Bilous I.. In the article on the specific example is discussed the issue of energy efficiency of the building of the institution, subject to the comfort and assessment of environmental effect in the implementation of the proposed energy saving measures. *Keywords:* energy saving measures, educational institution, environmental effect.

Вступ

Для України характерним є низький рівень ефективності споживання енергії та висока енергоємність продукції. Досвід розвинених країн показує, що роль Університетів у поширенні і реалізації програм і проєктів з енергоефективності може бути суттєвою. Для підвищення якості підготовки фахівців з енергоменеджменту корисним є участь студентів і викладачів у різних міжнародних проєктах з ознайомленням з сучас-

ними методиками, європейським досвідом та інструментарієм [1-3]. Протягом 2012-2013 рр. група фахівців НТУУ «КПІ» пройшла програму підвищення кваліфікації за програмою ЮНІДО з використанням методології більш чистого виробництва, що включає оцінку й аналіз енергетичних, матеріальних балансів з метою підвищення якості продукції і послуг, зниження ресурсоспоживання та впливу на довкілля.

Матеріали і методи досліджень

В якості об'єкту дослідження обрано навчальний корпус НТУУ «КПІ» загальною площею 21490м², що складається з трьох частин (1-, 3- та 5- поверхова), для якого виконувалося деталізоване енергетичне обстеження з використанням комп'ютерного моделювання за допомогою програмного забезпечення ENSI. У якості вихідних даних для виконання дослідження була зібрана наступна інформація: геометричні, теплотехнічні та енергетичні характеристики будівель; режим роботи протягом року; кількість студентів, працюючих; навантаження об'єктів; кліматичні дані; фактичне-помісячне споживання енергоресурсів за 7 років; якісні характеристики енергопостачання; перелік електроприладів, установок та обладнання; перелік організацій та структурних підрозділів; архітектурні креслення, схеми теплових пунктів, схеми інженерних мереж, інші додаткові дані.

Мета дослідження: оцінка й аналіз енергетичних та матеріальних показників і балансів з метою підвищення якості продукції та послуг, зниження енерго-ресурсоспоживання та впливу на навколишнє середовище шляхом розробки рекомендацій.

Методи дослідження: техніко-економічний аналіз, балансовий метод, математичний аналіз та статистика, обчислювальні методи та комп'ютерне моделювання, фундаментальні положення теорії теплообміну.

Робота включала наступні основні кроки: дослідження об'єкту, аналіз матеріальних потоків, обстеження стану використання енергетичних ресурсів на об'єкті, розроблення організаційно-технічних заходів, спрямованих на

зниження енергетичних витрат; визначення потенціалу заощадження енергії; економічне обґрунтування організаційно-технічних заходів, визначення екологічного ефекту.

Результати

На базі проведеного обстеження будівлі встановлено стан об'єкта, його систем, пошкодження огорожень; здійснено аналіз ефективності використання енергії і енергоносіїв (електрична енергія, теплова енергія, вода); побудовано відповідні баланси та розроблено перелік рекомендацій з енерго- та ресурсозбереження. Попередня оцінка показала, що потенціал енергозбереження на об'єкті становить: теплова енергія – 60%, електроенергія – 21%, вода – 48%, зменшення викидів CO₂ – близько 250 т/рік.

Нижче показано схему, що описує основну продукцію та послуги будівлі (рис. 1).

Під час роботи була складена структурна схема організації діяльності, проаналізовані матеріальні потоки (рис.2) для різних видів послуг (навчання, харчування, продукція інтелектуальної власності), відходи виробництва та сміття у натуральних одиницях, а також виконано розподіл площ приміщень за структурними підрозділами і за призначенням.

Складений баланс енергоспоживання показав, що співвідношення споживання теплової енергії та електроенергії складає 85%:15% у кВт-год/рік, а в грошових одиницях – 76%:24% (дані усереднено за 3 останні роки).

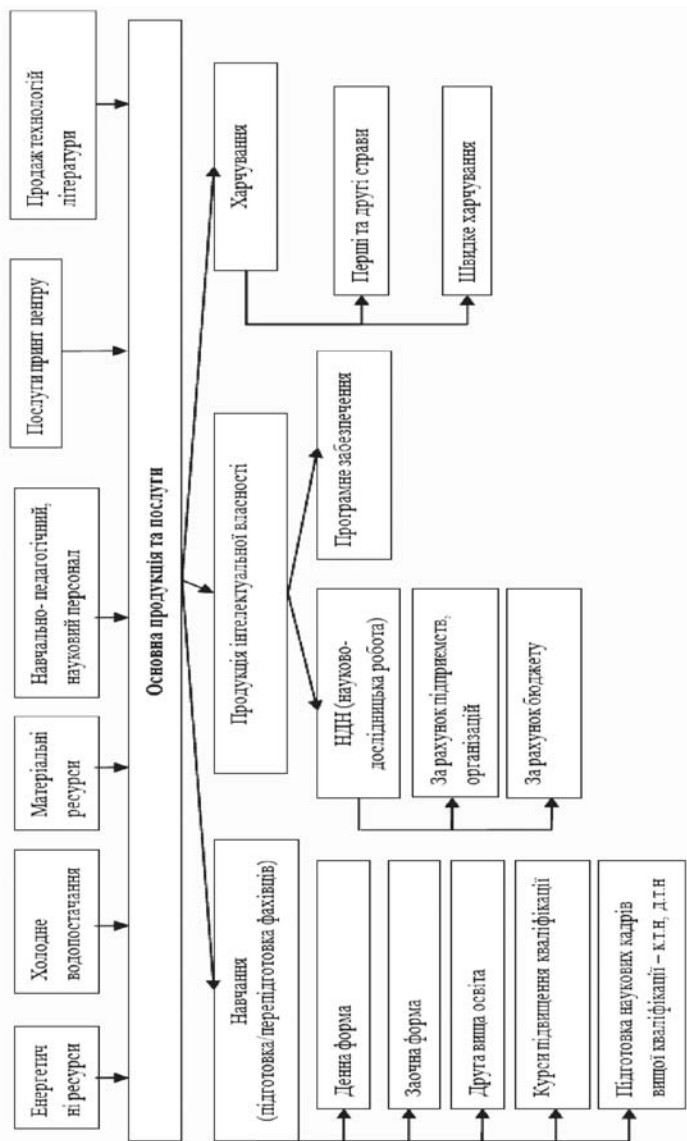


Рис.1 – Основна продукція і послуги будівлі

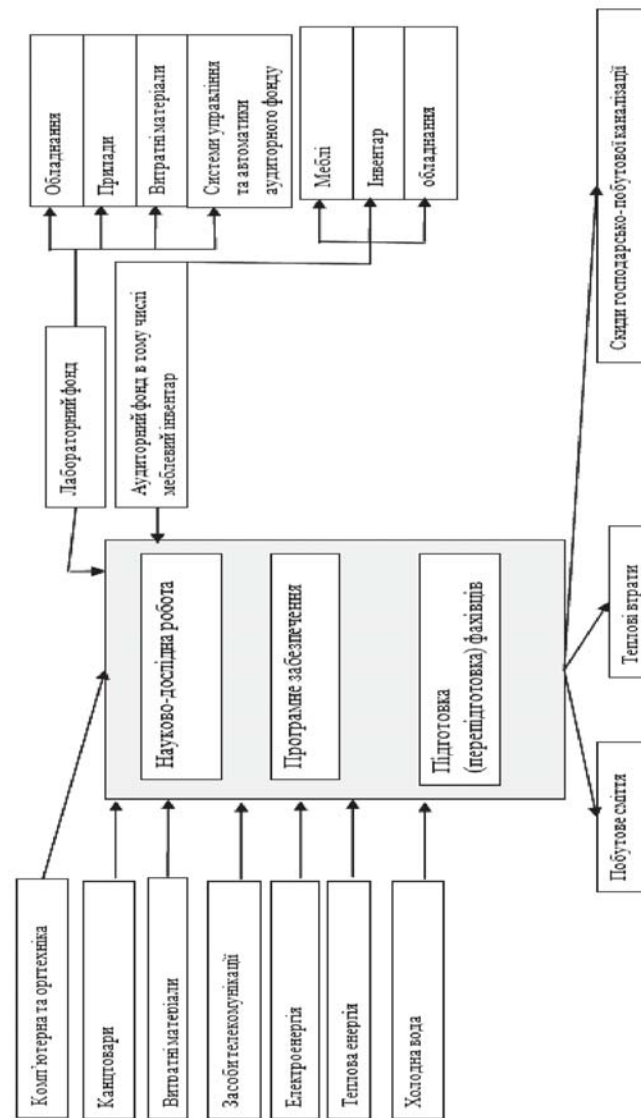


Рис. 2 – Аналіз матеріальних потоків (послуга - навчання)

Бенчмаркінг. Порівняння питомих норм споживання енергоресурсів з встановленими міжгалузевими нормами показало перевитрату електроенергії та води, натомість споживання теплової енергії є нижче нормативного[4] значення на 40% (рис.3).

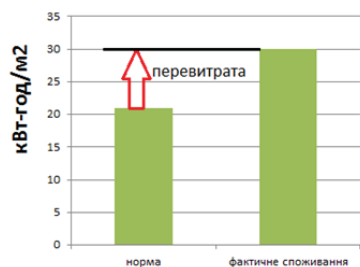


Рис. 3 – Аналіз енерговитрат об'єкту та витрат води

Далі аналізувалися причини відхилень.

Вода: витoki через несправне сантехнічне обладнання, витoki у підвальному приміщенні через проіржавілі водопровідні труби, що потребують заміни.

Теплова енергія: недодержання температурного графіку теплопостачання, недостатній рівень теплового комфорту приміщень (середня внутрішня температура приміщень протягом опалювального періоду $t_{вн}=15,5^{\circ}\text{C}$, що було підтверджено під час складання температурної карти будівлі), непрацююча припливна вентиляція;

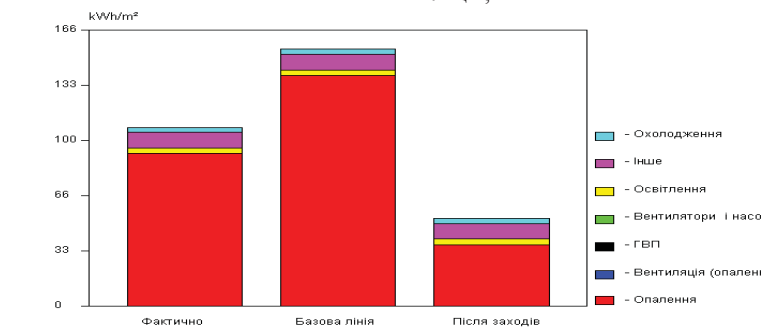


Рис. 4 – Питоме енергоспоживання будівлі до та після термомодернізації

Електроенергія: використання додаткових електрообігрівачів у приміщеннях будівлі. Складений баланс споживання електроенергії та помісячний аналіз енергоспоживання залежно від погодних умов показав, що

близько 20% споживання іде на підтримання комфортних умов взимку – за рахунок обігрівачів, влітку – за рахунок вентиляторів і кондиціонерів під час роботи приймальної комісії.

Таблиця 1

Рекомендовані заходи з енергозбереження

№	Пропозиція	Вартість впровадження, грн.	Економія енергії, кВт·год/рік, (Гкал/рік)	Терміну покриття, років	Скорочення викидів CO ₂ , т/рік
1	Заміна ламп розжарення в туалетах	940	1200	0,67	0,24
2a	Утеплення стін мінеральною ватою (з урахуванням відкосів та ребер жорсткості)	4257000	532815 (458)	12,1 [8,3]* (6,6)**	107,6
2б	Утеплення стін плитами ППС без ребер жорсткості	1946400	601720 (500)	5	121,5
3	Утеплення підлоги над проїздом	67200	12615 (10,8)	8,1 [5,5]* (4,4)**	2,5
4a	Заміна вікон на металопластикові	8080300	686544 (590,3)	17,8 [12,3]* (9,8)**	138,7
4б	Заміна вікон на металопластикові, часткове закладання вікон з утепленням	7757100	694825 (597)	16,9 [11,7]*	140,8
5	Утеплення покрівлі та закриття отворів на техн. поверсі	1894000	220010 (189)	13,1 [9]*	44,1
6	Модернізація теплового пункту з автоматикою погодного регулювання та зниження температури у неробочі години	450000	411702 (354)	1,6	83
7	Встановлення відбивачів за радіаторами	26000	11865 (10,2)	3,2	2,4
8	Поточний ремонт та заміна несправного сантехнічного обладнання і трубопроводів у підвалі	60000	Економія води – 6000 м ³ /рік	2	-
9	Встановлення рекуператорів теплотивентиляційного повітря в приміщенні буфету	10800	2426 (2,086)	6	0,5
10	Промивка системи опалення, гідравлічне налагоджування	500000	186080 (160)	5	37,6

Примітка:

* - розрахунки, виконані відносно базового рівня теплопостачання ($t_{вн}=20^{\circ}\text{C}$);

** - розрахунки, виконані за умови, що тариф для навчальних корпусів дорівнює 960 грн/Гкал (діючий тариф для орендарів та підприємств).

За результатами енергетичного обстеження встановлено, що найбільший резерв підвищення енергоефективності зосереджений в системі теплоспоживання, оскільки рівень енергоспоживання будівлі для потреб опалення складає близько 100 кВт·год/м², при цьому не можна не з акцентувати увагу, що такий рівень енергоспоживання є за існуючих умов недогріву у приміщеннях, що призводить до необхідності використання електрообігрівачів. Дослідження показали, що при зниженні температури навколишнього середо-

вища на 1°C нижче +8°C призводить до добового зростання електроспоживання на 70 кВт·год. При цьому необхідно зазначити, що такий догрів приміщень не є економічно ефективним при існуючих тарифах на теплову енергію в розмірі 765,9 грн/Гкал для навчальних корпусів, тому одна Гкал теплоти, отримана з використанням електрообігрівачів, становить 1221 грн/Гкал для навчального корпусу[5]. Тому, використання такого способу обігріву є недопустимим, а значить необхідно вжити своєчасних заходів по термомодернізації будівлі.

Таблиця 2

Інші рекомендовані заходи з енергозбереження

№ п/п	Назва заходу	Очікуваний результат
1	Встановлення реєстрів системи опалення в потокових аудиторіях (ділянка біля зовнішньої стіни над входом в будівлю)	Зменшення зволоження та руйнування зовнішньої стіни та підняття температури на 1-2°C.
2	Встановлення автодоводчиків на дверях з обох боків тамбуру, діагональне відкриття дверей.	Зменшення інфільтраційних втрат повітря з потоком внутрішнього повітря, що виривається через вхідні двері
3	Обов'язкова вимога в опалювальний період відкриття лише однієї зовнішньої двері на вхід студентів, над якою встановлена тепла завіса.	
4	Встановлення регулятора тиску на водомірному вузлі	Запобігання виникнення аварійних ситуацій та нерациональних втрат води
5	Зняти захисні екрани (аудиторії, коридори) з приладів системи опалення	Підняття внутрішньої температури в приміщенні на 1-2 градуси
6	Контроль часу роботи освітлення, інформаційні таблички в аудиторіях та санвузлах та інші організаційні заходи	Зменшення споживання електричної енергії та води
7	Встановлення жалюзі на всіх вікнах та кондиціонування у приміщеннях, де працює приймальна комісія	Зменшення споживання електроенергії вентиляторами у літній період
8	Влаштування припливно-витяжної системи вентиляції типу Lossnay з рекуператором для потокових аудиторій, що використовуються також під час приймальної комісії	Покращення мікроклімату, зменшення споживання електроенергії вентиляторами у літній період та витрат теплової енергії на опалення взимку

В ході обстеження також здійснювалися тепловізійна зйомка корпусу, складання температурних карт, а також перевірка норм освітленості в навчальних аудиторіях.

Розрахунки ефективності впровадження заходів з термомодернізації виконувалися за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення ENSI(рис.4) відносно фактичного рівня споживання ($t_{вн}=15,5$ °C) та відносно базового рівня споживання ($t_{вн}=20$ °C), для інформативності також визначалися економічні показники з урахуванням різних тарифів.

Зважаючи на складний рельєф розташування будівлі та те, що зовнішні огороження мають складну конфігурацію з ребрами жорсткості та великим коефіцієнтом скління, під

час інженерного аналізу розглядалися альтернативні варіанти по термомодернізації огорожень (мінеральна вата/ППС, з укосами та без укосів, заміна/ущільнення вікон або часткове закладання світлових прорізів, тощо). Нижче в таблицях 1, 2 наведено основні рекомендації.

Висновки

На базі сучасної європейської методики та інструментарію з використанням методології більш чистого виробництва ЮНІДО для навчального закладу розроблено ряд енерго- та ресурсозберігаючих заходів з метою підвищення якості освітніх послуг та зниження впливу на довкілля.

Література

1. Посібник з більш чистого виробництва. Частина 1-4 [упорядк. Центром БЧВ]. - К.: Юнідо, 2012, - 45 с.
2. Інструкція як користувача для програмного забезпечення ENSI. – 2009.
3. EN 13790:2008. Energy performance of buildings – Calculation of energy use for space heating and cooling. - CEN. - European Committee for Standardization, 2008. — 53 p
4. 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 „ВПОЛТ”. – 2001. – 376с. – (Нормативний документ Державного комітету по житлово-комунальному угодству).
5. Програма з енергоефективності НТУУ «КПІ» на 2012-2015 р.р. / Шевченко О.М. та ін. – К.: НТУУ «КПІ», 2012.-108 с.