

УДК 620.91:697.1

ШЕВЧЕНКО О.М., ШОВКАЛЮК М.М.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

РОЗРОБКА ІНВЕСТИЦІЙНИХ ПРОЄКТІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ СТУДМІСТЕЧКА КПІ ТА ІНТЕГРАЦІЯ У ОСВІТНІЙ ПРОЦЕС

Мета. Розробка і аналіз основних показників інвестиційного проекту термомодернізації будівель студентського кампусу КПІ та управління енергоспоживанням за рахунок віддаленого моніторингу з інтеграцією в освітній процес.

Методика. Виконано техніко-економічний аналіз з використанням інженерних методик розрахунку, експериментальні вимірювання із застосуванням лабораторного обладнання. Застосовуються загальнонаукові методи аналізу та синтезу, специфічні методи (групування, порівняння, узагальнення), статистична обробка даних, моделювання у спеціалізованих програмних продуктах.

Результат. Зменшення загального споживання енергетичних ресурсів, а також грошових витрат на їх оплату; створення умов та інструментальної бази для науково-дослідницьких робіт; підвищення якості надання освітніх послуг, залучення студентів до виконання енергетичних обстежень; розробка програмного забезпечення та створення системи автоматизованого моніторингу енергоспоживання.

Наукова новизна. Розвинуто комплексний підхід до розробки інвестиційних проєктів підвищення енергоефективності студмістечок з урахуванням технічних, економічних та екологічних показників з поглибленим інженерним аналізом характеристик будівель та їх інженерних систем. Запропоновано нові підходи до розробки автоматизованого робочого місця енергоменеджера з структурними елементами програмного забезпечення системи енергомоніторингу.

Практична значимість. Розроблено інвестиційний проєкт комплексної термомодернізації будівель студентського кампусу та модернізації інженерних мереж окремих будівель з вибором обладнання та розробкою схем розміщення. Визначено основні техніко-економічні та екологічні показники проєкту. Важливий освітній напрямок - залучення студентів до процесу розробки інвестиційних проєктів з використанням сучасних технологій на прикладі об'єктів студмістечка, що дозволить створити середовище для комфортних умов навчання та виконання досліджень.

Реалізація інвестиційного проєкту дозволить на основі існуючого старого фонду будівель створити сучасний енергоефективний майданчик з використанням інноваційних рішень.

Ключові слова. енергоспоживання, кампус, енергетична ефективність, будівлі, термомодернізація.

Вступ. Україна взяла на себе зобов'язання щодо імплементації вимог ЄС [1] у сфері енергоефективності. Заклади освіти в Україні являються утримувачами матеріальної бази і в умовах економії бюджетних коштів повинні самостійно вирішувати питання ефективного управління енергоспоживанням. Крім того, вищі заклади освіти можуть виступати в якості "майданчика" для інтеграції у навчальний процес сучасних підходів управління енергоспоживанням у студмістечках та вибору енергозберігаючих технологій. Кампус КПІ ім. Ігоря Сікорського на території в 160 гектарів налічує близько 50 будівель різного призначення з власними інженерними мережами і для управління процесами енергоспоживання університету створено систему енергоменеджменту [2], що передбачає також стимулювання та інформування персоналу [3,4]. Використання наукового потенціалу університету із залученням студентів до виконання енергообстежень та науково-дослідницьких робіт на базі

об'єктів КПІ [5-7] дозволяє підвищити якість освітніх послуг. Для отримання фінансування заходів з підвищення енергоефективності кампусу Служба енергоменеджменту університету із залученням фахівців відповідних кафедр розробляє інвестиційні проекти. Технічні рішення, що закладаються при цьому, повинні відповідати сучасним нормативним вимогам до будівель [8,9] та систем автоматизації [10].

Постановка завдання. Завдання дослідження: поглиблення існуючих підходів до управління енергоспоживанням у студмістечках та розробці інвестиційних проектів термомодернізації та енергомоніторингу із залученням наукового потенціалу закладу.

Система енергоменеджменту та базовий рівень енергоспоживання КПІ ім. І. Сікорського є одним з найбільших навчальних закладів Європи: у ньому навчається майже 25 тисяч студентів, аспірантів і докторантів. В закладі передбачено дворівневу систему управління процесами енергоспоживання (рівень університету та локальний рівень) [2], а Служба енергоменеджменту (СЕМ), яку створено у 2004 році, виконує різні завдання: розрахунково-аналітичні, організаційні, просвітницькі.

Для оцінювання ефективності реалізації заходів з підвищення енергоефективності на об'єктах університету перед їх впровадженням потрібно визначити базовий рівень енергоспоживання. Для цього проведено порівняння фактичних, фактичних приведених до нормативних погодних умов [11] та розрахункових витрат енергоносіїв для потреб опалення. В результаті детального аналізу встановлено, що відхилення фактичних приведених витрат для потреб опалення будівель від нормативних витрат енергії для потреб опалення для існуючих та проєктованих/модернізованих будівель складає в середньому 18% (причому вимоги до мікроклімату в приміщеннях не витримуються), таким чином, можна говорити про некоректність використання фактичних даних для встановлення базового рівня теплоспоживання для потреб опалення. Тому, для цілей визначення економії від пропонованих заходів з підвищення енергоефективності, базовий рівень теплоспоживання для потреб опалення будівель під час енергетичних аудитів визначено розрахунковим способом.

Інвестиційний проєкт «Комплексна термомодернізація будівель». Для залучення інвестицій проведено якісне енергетичне обстеження, для цього були залучені студенти ІЕЕ, які на прикладі об'єктів КПІ виконували курсові проєкти з дисципліни «Енергоаудит». Під керівництвом викладачів та у співпраці із СЕМ були зібрані вихідні дані, уточнені геометричні та теплотехнічні характеристики огорожень, схеми інженерних мереж, побудовані енергобаланси, розраховано фактичне та приведенне до нормативних умов питоме теплоспоживання, виконано інструментальні вимірювання та тепловізійну зйомку, створено температурні карти та запропоновано економічно обґрунтовані заходи з енергозбереження.

Проєкт включає дві основні частини:

- термомодернізація будівель (утеплення фасадів мінеральними плитами 15 см та оздоблення декоративною штукатуркою; утеплення горищ мінераловатними плитами, заміна вікон) з доведенням опору теплопередачі до нормативних вимог (див. табл.1);
- заходи з підвищення енергоефективності інженерних систем окремих будівель.

Таблиця 1

Характеристики будівель для базового та проєктного сценаріїв

Найменування будівлі	Рік побудови будівлі	Опір теплопередачі елементів будівлі, м ² ·К/Вт, за:					
		базовим сценарієм			проєктним сценарієм		
		стіни	вікна	перекриття	стіни	вікна	перекриття
Корпус №5	1974	0,7	0,38	0,9	4,56	0,75	4,95
Корпус №8	1927	1	0,4	1	4,86	0,4	4,95
Корпус №11	1963	0,7	0,38	0,9	4,56	0,75	4,95
Корпус №12	1961	0,7	0,38	0,9	4,56	0,75	4,95
Корпус №13	1966	0,7	0,38	0,9	4,56	0,75	4,95
Корпус №14	1965	0,7	0,38	0,9	4,56	0,75	4,95
Корпус №15	1965	0,7	0,38	0,9	4,56	0,75	4,95
Корпус №16	1965	0,7	0,38	0,9	4,56	0,75	4,95
Корпус №17	1969	0,7	0,4	1	4,56	0,4	4,95
Корпус №18	1976	0,7	0,38	0,9	4,56	0,75	4,95
Корпус №19	1977	0,7	0,38	0,9	4,56	0,75	4,95
Корпус №22	1974	0,7	0,38	1,374	4,56	0,75	4,95
Корпус №23	1977	0,7	0,38	0,9	4,56	0,75	4,95
Корпус №24	1983	0,8	0,38	1	4,66	0,75	4,95
Гуртожиток № 6	1961	0,8	0,38	1,07	4,665	0,75	4,95
Гуртожиток № 7	1963	0,8	0,38	1,07	4,665	0,75	4,95
Гуртожиток № 12	1968	0,8	0,38	1,07	4,665	0,75	4,95
Гуртожиток № 13	1969	0,8	0,38	1,07	4,665	0,75	4,95
Гуртожиток № 14	1970	0,8	0,38	1,07	4,665	0,75	4,95
Гуртожиток № 15	1971	0,80	0,38	1,07	4,665	0,75	4,95
Гуртожиток № 16	1973	0,8	0,38	1,07	4,665	0,75	4,95
Гуртожиток № 17	1975	0,8	0,38	1,07	4,665	0,75	4,95

При розрахунку споживання теплової енергії за базовим і проєктним сценарієм бралися до уваги діючі нормативи внутрішньої і зовнішньої температури; робочі години тижня визначалися у відповідності до показників функціонування будівлі за життєвий цикл. Результати розрахунку споживання теплової енергії наведено в таблиці 2.

Таблиця 2

Результати розрахунку споживання теплової енергії до та після термомодернізації

Найменування будівлі	Річне споживання теплової енергії за:	
	базовим сценарієм	проєктним сценарієм
	ГДж	ГДж
Корпус №5	9818,9	3171,2
Корпус №8	1857,6	602,3
Корпус №11	6253,8	1585,9
Корпус №12	10443,2	2936,5
Корпус №13	1736,8	490,2
Корпус №14	1744,2	470,1
Корпус №15	1754,4	498,0
Корпус №16	1949,4	549,0

Найменування будівлі	Річне споживання теплової енергії за:	
	базовим сценарієм	проектним сценарієм
	ГДж	ГДж
Корпус №17	4832,0	1684,2
Корпус №18	13525,8	4719,4
Корпус №19	13969,6	4767,6
Корпус №22	26103,1	8829,7
Корпус №23	6110,6	1719,2
Корпус №24	18659,1	7726,6
Гуртожиток № 6	2536,1	909,1
Гуртожиток № 7	2178,3	758,7
Гуртожиток № 12	3099,6	1145,5
Гуртожиток № 13	3211,6	1212,1
Гуртожиток № 14	3149,6	1182,6
Гуртожиток № 15	6911,2	2072,2
Гуртожиток № 16	4014,0	1526,4
Гуртожиток № 17	5272,3	1808,5

Під час аналізу економічної ефективності проєкту узагальнювалися техніко-економічні показники кожного звіту з енергоаудиту, горизонт планування - 20 років, зведені показники наведено у таблиці 3.

Таблиця 3

Узагальнені техніко-економічні показники проєкту термомодернізації

Перелік показників	Значення
1. Капіталовкладення, млн. євро без ПДВ	8
2. Дисконтований термін окупності	5,5 років
3. Економія традиційного палива, т.у.п./рік	4727,15
4. Чистий дисконтований дохід	928 769,98
5. Внутрішня норма доходності, IRR	38,71%
6. Індекс прибутковості, PI	2,8

Проєкти підвищення енергоефективності інженерних систем окремих будівель КПІ ім.Ігоря Сікорського

1) Реконструкція системи вентиляції приміщень великого та малого басейнів Центру фізичного виховання та спорту (ЦФВС) КПІ ім. Ігоря Сікорського

У будівлі запроєктовано комбіновану систему: 32% - централізоване водяне і 68% повітряне опалення. Вже більше 15 років система припливно-витяжної вентиляції знаходиться частково у непрацюючому стані та потребує модернізації, що зумовлено як безпекою експлуатації, так і вимогами до мікроклімату. Основною проблемою у приміщеннях плавальних басейнів є наявність значних випаровувань вологи (за інструментальними вимірами $\phi=86\div 92\%$). Для вирішення проблеми передбачається встановлення комплексу кліматичного обладнання: осушувача повітря для видалення вологи спільно з центральною припливно-витяжною вентиляційною системою та підігрів обхідних доріжок, що необхідне для дотримання санітарно-гігієнічних показників. Розрахункова економія енергії за сезон роботи басейну становить 1767 Гкал.

2) Модернізація системи опалення та вентиляції навчального корпусу №22

Передбачається модернізація тепlopункту, заміна однотрубної схеми на двотрубну; заміна розподільчих трубопроводів на труби сталеві електрозварні прямошовні; ізоляція трубопроводів та арматури системи опалення в неопалювальних приміщеннях ізоляційним матеріалом; заміна опалювальних приладів; встановлення термостатичних регуляторів на радіаторах та автоматичне балансування на стояках системи опалення. Для підтвердження працездатності технічного рішення, що пропонується, було виконано побудову моделі системи опалення будівлі в спеціалізованому програмному продукті HERZCO, виконані необхідні гідравлічні розрахунки та підібране обладнання системи опалення (з урахуванням утеплення огорожень). Теплове навантаження на опалення та вентиляцію вказано у табл.4.

Система вентиляції корпусу пропонується припливно-витяжна комбінована з рекуперацією (табл.5), також передбачене встановлення повітряно-теплової завіси при вході до будівлі, що зменшить потрапляння холодного повітря при відкриванні дверей.

Таблиця 4

Теплове навантаження корпусу до та після модернізації корпусу №22

Показник	Існуючий стан	Після модернізації
Розрахункове теплове навантаження на опалення	1,043 Гкал/год	0,365 Гкал/год
Розрахункове теплове навантаження на вентиляцію	0,834 Гкал/год	0,166 Гкал/год

Таблиця 5

Характеристика вентиляційних установок, що пропонуються для корпусу №22

Позначення системи	Найменування приміщення (технологічного обладнання), що обслуговується	Тип установки	Вентилятор			Повітрянагрівач				Кількість вент. установок шт.	
			Тип	L, м ³ /год		Р, Па приплив/видалення	Температура, °С		N, кВт		
				приплив	видалення		від	до	електр.		вода
ПВ	Аудиторія для студентів	MC035PEmini	320	320	200/400	-22	18	1,5	-	9	
ПВ	Аудиторія для студентів	MC060PEmini	650	650	200/450	-22	18	2,0	-	56	
ПВ	Аудиторія для студентів	MC100PEmini	850	850	200/450	-22	20	3,0	-	14	
ПВ	Актова зала	MC-3	1800	1800	350/500	-22	18	-	15	6	
ПВ	Актова зала	MC-5	3400	3400	450/550	-22	18	-	26	3	
П1	Буфет		500	-	350	-22	18	-	7	1	
В1	Буфет		-	500	450	-	-	-	-	1	
П2	Загально-обмінна		1400	-	550	-22	18	-	18	1	

3) Технічне переоснащення системи освітлення навчального корпусу № 24

Освітлювальні прилади, що використовуються, не задовольняють нормативні вимоги освітленості робочої поверхні (300лк). Розрахунки заміни світильників спираються на

необхідність забезпечення рівня освітленості відповідно до діючих вимог для різних типів приміщень. Термін окупності у разі реалізації проєкту становитиме 4,8 роки.

Екологічна оцінка проєкту. Зниження споживання енергоресурсів у споживачів сприяє непрямому (опосередкованому) зменшенню викидів парникових газів, узагальнені результати екологічної оцінки за окремими заходами наведено у таблиці 6.

Таблиця 6

Об'єми викидів CO₂ за рахунок впровадження проєкту

№ з/п	Найменування	Одиниця вимірювання	Значення
1	Зменшення енергоспоживання	кВт·год	7 524 035,51
2	Зменшення викидів CO ₂ за рахунок заміщення газу (заходи з модернізації систем опалення та вентиляції)	т/рік	1519,86
3	Зменшення викидів CO ₂ за рахунок заміщення газу (заходи з термомодернізації)	т/рік	6621,9
4	Збільшення викидів CO ₂ за рахунок споживання електроенергії	т/рік	1145,06
5	Загальне зменшення викидів CO ₂ при впровадженні проєкту	т/рік	6996,69

На рис. 1 наведено пооб'єктне скорочення викидів парникових газів після реалізації заходів за проєктом.

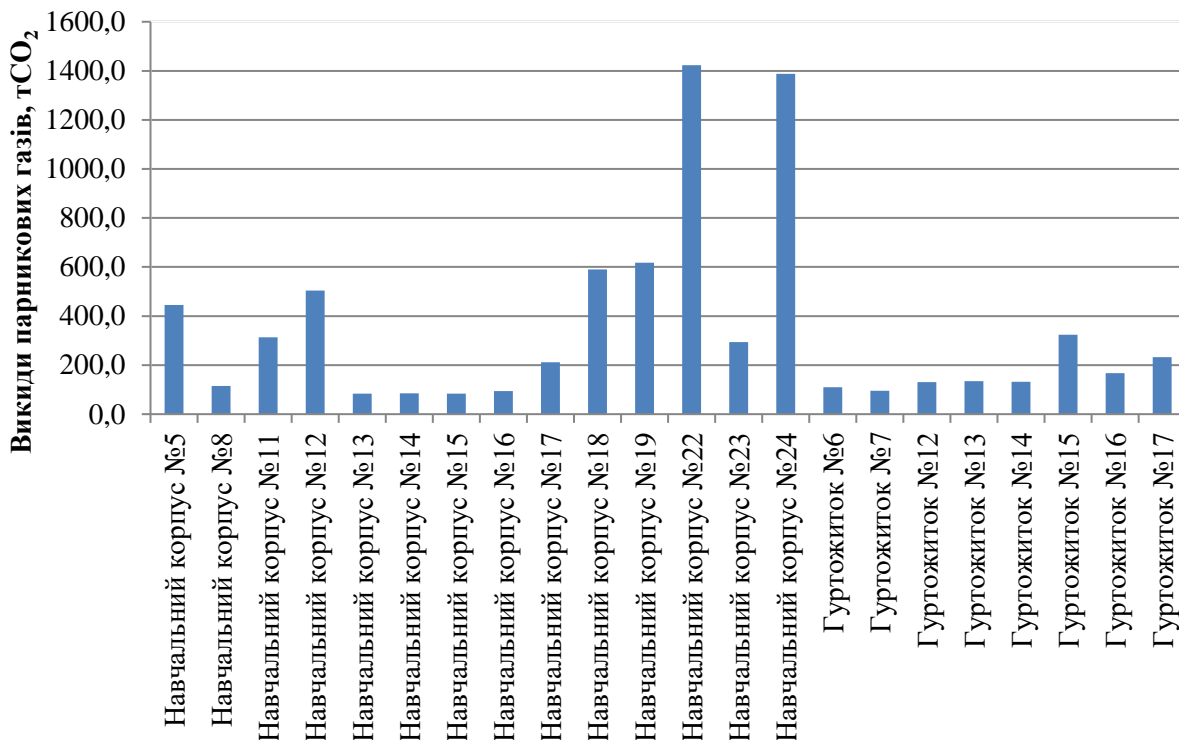


Рис. 1 Скорочення викидів парникових газів після реалізації заходів за Проєктом

Ризики проекту комплексної термомодернізації будівель. Економічні та регуляторні ризики: швидке зростання рівня інфляції, що буде супроводжуватися зміною рівня закупівельних цін, заробітної плати, вартості енергоносії; несвочасне надходження коштів, що може збільшити терміни введення в експлуатацію; нижчі в порівнянні з рівнем, що очікувався, ціни на енергоносії.

Технічні ризики: порушення графіка будівельних робіт, перевищення встановленого рівня витрат на етапах розробки проекту і будівництва, недостатньо ефективного здійснення робіт і збільшення експлуатаційних витрат.

Законодавчі ризики: недосконалість або неузгодженість нормативної бази; відсутність або суперечливість інструкцій судових або адміністративних органів при тлумаченні норм права. Інші ризики: політичні, валютні, дозвільні (отримання погоджень, дозволів і інших узгоджень, необхідних для остаточного оформлення фінансування).

Інвестиційний проект «Система віддаленого енергомоніторингу та управління енерговикористанням об'єктів КПП ім. Ігоря Сікорського». У складі університету є кафедри та фахівці, що спеціалізуються на розробці, впровадженні та супроводі сучасних Building Management System – систем автоматичного керування та централізованого моніторингу інтелектуальних будівель. Такі системи реалізують автоматизацію окремих установок: тепlopунктів, систем підтримання комфортного мікроклімату приміщень, освітлення, холодного та гарячого водопостачання, пожежної безпеки тощо.

Одним із важливих елементів покращення ефективності системи енергоменеджменту є системи автоматизації процесів управління енергоспоживанням та системи підтримки прийняття рішень. Такі системи дозволяють створити автоматизоване робоче місце енергоменеджера (АРМЕ), підвищити оперативність вирішення задач розподілу енергоресурсів, якість рішень, що приймаються в системі управління, і як наслідок знизити економічні ризики від несвочасних та помилкових рішень.

Проектом передбачається:

- створення лабораторії/диспетчерського пункту;
- створення програмного забезпечення, що включатиме: геоінформаційну базу даних, цифрову карту території з будівлями та інженерними мережами; АРМЕ з різними правами та рівнями доступу користувачів; автоматизований облік і аналіз даних, виявлення аварійних ситуацій, моніторинг мікроклімату приміщень; формування звітів; аналітичний блок та захист даних.

Система віддаленого енергомоніторингу дозволить усунути проблему «людського фактору» та надасть ресурси для всебічного постійного аналізу стану енергоспоживання університету, а також може виступати одночасно майданчиком для проведення науково-дослідних робіт та підвищить якість освітніх послуг. Як практичний результат проекту передбачається створення навчальних дисциплін «Система управління фондом будівель» та «Системи життєзабезпечення будівель» з розробкою циклу лабораторно-практичних робіт, інтегрованих в реальне життя навчального закладу. Також планується використання розробленого програмного забезпечення та бази даних про енергоспоживання університету в існуючих навчальних дисциплінах: «Методи аналізу та енергомоніторингу», «Енергетичний аудит», «Енергозбереження будівель та споруд».

Висновки. У статті узагальнено досвід співпраці різних факультетів КПІ ім. Ігоря Сікорського зі Службою енергоменеджменту для розробки інвестиційних проєктів підвищення енергоефективності університету. Наведено технічні, економічні та екологічні показники для інвестиційних проєктів комплексної термомодернізації будівель, модернізації інженерних систем окремих будівель. Запропоновано проєкт автоматизованої системи моніторингу для закладу освіти та описано структурні елементи програмного забезпечення. Показано можливості залучення наукового потенціалу закладу для підвищення якості освітніх послуг.

Література

1. Directive 2010/31/eu of the European parliament and of the council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast) // Official Journal of the European Communities. 2010, L153. – p. 13-35.
2. Білоус І.Ю. Управління ефективністю енерговикористання у вищих навчальних закладах: монографія / І.Ю.Білоус, В.І.Дешко, І.О.Суходуб, Шевченко О.М., Шовкалюк М.М. – К.: Політехніка, 2015. – 188 с.
3. Свідоцтво авторського права на науковий твір "Положення про систему мотивації ощадливого енерговикористання підрозділами ВНЗ", №55959 від 06.08.2014р.
4. Євтухов В.Я. Інформаційна та мотиваційна складові системи енергетичного менеджменту об'єктів галузі освіти / Євтухов В.Я., Дешко В.І., Шовкалюк М.М., Шевченко О.М. // Новини енергетики. – 2018. – №5. – с.10-23.
5. Шевченко О.М. Енергоефективний кампус КПІ: інструменти та методи досліджень / О.М. Шевченко, М.М. Шовкалюк // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Серія Технічні науки. – 2019. № 4 (136). – С. 97–105.
6. Дешко В.І. Використання енергетичного моделювання будівель при розробці проєктів з підвищення енергоефективності / В.І. Дешко, І.О.Суходуб, П.Ю. Сердечний // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Серія Технічні науки. – 2019. – № 4 (136). – С. 86–96.
7. Efficiency of using energy in housing sector, under the general editorship of A.M. Pavlenko. Politechnika Świątokrzyska.

References

1. Directive 2010/31/eu of the European parliament and of the council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast) // Official Journal of the European Communities. 2010, L153. – p. 13-35.
2. Bilous, I.Yu., Deshko, V.I., Sukhodub, I.O., Shevchenko, O.M., & Shovkaliuk, M.M. (2015) *Upravlinnia efektyvnosti enerhovykorystannia u vyshchych navchalnykh zakladakh: monohrafiia*. [Energy efficiency management in higher education institutions: monograph]. Kyiv: Politehnika [in Ukrainian].
3. Cvidotstvo avtorskoho prava na naukovyi tvir «Polozhennia pro systemu motyvatsii oshchadlyvoho enerhovykorystannia pidrozdilamy VNZ» [Certificate of copyright for the scientific work «Regulations on the system of motivation of economical energy use by departments of higher education institution»], №55959 from 06.08.2014. Kyiv [in Ukraine].
4. Yevtukhov, V.Ya., Deshko, V.I., Shovkalyuk, M.M., et al. (2018). *Informatsiina ta motyvatsiina skladovi systemy enerhetychnoho menedzhmentu ob'ektiv haluzi osvity* [Information and motivational components of the energy management system of objects of education]. *Novyny enerhetyky – Energy News*, 5, 10–23 [in Ukraine].
5. Shevchenko, O.M., Shovkaliuk, M.M. (2019). *Enerhoefektyvnyi kampus KPI: instrumenty ta metody doslidzhen* [KPI energy efficient campus: tools and research methods]. *Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu tekhnologii ta dizainu. Serii Tekhnichni nauky – Bulletin of Kyiv National University of Technology and Design. Technical Sciences Series*, 4 (136), 97–105 [in Ukraine].
6. Deshko, V.I., Sukhodub, I.O., Serdechnyi, P.Yu. (2019). *Vykorystannia enerhetychnoho modeliuвання budivel pry rozrobttsi proektiv z pidvyshchennia enerhoefektyvnosti* [The use of energy modeling of buildings in the development of projects to improve energy efficiency]. *Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu tekhnologii ta dizainu. Serii Tekhnichni nauky – Bulletin of Kyiv National University of Technology and Design. Technical Sciences Series*, 4 (136), 86–96 [in Ukraine].
7. Efficiency of using energy in housing sector, under the general editorship of A.M. Pavlenko. Politechnika

Kielce, 2020, Pp. 155.

8. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6 – 31:2016. – [Чинні від 2016–10–08, на заміну ДБН В.2.6–31:2006.] // Мінбуд України. – К.: Укрархбудінформ, 2016. – 33 с.

9. Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні / ДСТУ-Н Б А.2.2-12:2015 [Національний стандарт України] – К.: Мінрегіон України, 2015, – 199 с.

10. EN 15232:2007. Energy performance of buildings – Impact of building Automation, Controls and Building Management. – CEN. – European Committee for Standardization, 2007.

11. Будівельна кліматологія: ДСТУ -Н Б В.1.1–27:2010. – [Чинні від 2011-11-01] // Мінрегіонбуд України. К.: Укрархбудінформ, 2011. – 123 с.

Świętokrzyska. Kielce, 2020, Pp. 155.

8. Enerhetyczna efektywnist budivel. Metod rozrakhunku enerhospozhyvannia pry opalenni, okholodzhenni, ventyliatsii, osvittlenni ta hariachomu vodopostachanni [Energy performance of buildings. Method for calculation of energy use for space heating, cooling, ventilation, lighting and domestic hot water]. (2015) DSTU-N B A.2.2-12: 2015 –Kyiv: Minrehion Ukrainy [in Ukrainian].

9. Teplova izoliatsiia budivel [Thermal insulation of buildings]. (2016) DBN V.2.6–31:2016. Kyiv: Minrehion Ukrainy [in Ukrainian].

10. EN 15232:2007. Energy performance of buildings – Impact of building Automation, Controls and Building Management. – CEN. – European Committee for Standardization, 2007.

11. Budivelnna klimatolohiia [Protection against the dangerous geological processes, harmful operational influences, against the fire. Building climatology]. (2010) DSTU-N B V.1.1–27: 2010 –Kyiv: Minrehion Ukrainy [in Ukrainian].

SHEVCHENKO OLENA

alenashevchenko@ukr.net

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9304-5432>

National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

SHOVKALIUK MARYNA

madam.mari@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1898-3493>

ResearcherID: K-5822-2017

National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

РАЗРАБОТКА ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ СТУДГОРОДКА КПИ И ИНТЕГРАЦИЯ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС

Е.Н. Шевченко, М.М. Шовкалюк

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сикорського»

Цель. Разработка и анализ основных показателей инвестиционного проекта термомодернизации зданий студенческого кампуса КПИ и управление энергопотреблением за счет удаленного мониторинга с интеграцией в образовательный процесс.

Методика. Выполнен технико-экономический анализ с использованием инженерных методик расчета, экспериментальные измерения с применением лабораторного оборудования. Применяются общенаучные методы анализа и синтеза, специфические методы (группировка, сравнение, обобщение), статистическая обработка данных, моделирование в специализированных программных продуктах.

Результаты. Уменьшение общего потребления энергетических ресурсов, а также денежных затрат на их оплату; создание инструментальной базы для научно-исследовательских работ; повышение качества предоставления образовательных услуг, привлечение студентов к выполнению энергетических обследований; разработка программного обеспечения и создание системы автоматизированного мониторинга энергопотребления.

Научная новизна. Развiт комплексный подход к разработке инвестиционных проектов повышения энергоэффективности студгородков с учетом технических, экономических и

экологических показателей с углубленным инженерным анализом характеристик зданий и их инженерных систем. Предложены новые подходы к разработке автоматизированного рабочего места энергоменеджера со структурными элементами программного обеспечения системы энергомониторинга,

Практическая значимость. Разработан инвестиционный проект комплексной термомодернизации зданий студенческого кампуса и модернизации инженерных сетей отдельных зданий с выбором оборудования и разработкой схем размещения. Определены основные технико-экономические и экологические показатели проекта. Важное образовательное направление - привлечение студентов к процессу разработки инвестиционных проектов с использованием современных технологий на примере объектов студгородка, что позволит создать среду для комфортных условий обучения и проведения исследований. Реализация инвестиционного проекта позволит на основе существующего старого фонда зданий создать современную энергоэффективную площадку с использованием инновационных решений.

Ключевые слова. Энергопотребление, кампус, энергетическая эффективность, здания, термомодернизация.

DEVELOPMENT OF INVESTMENT PROJECTS TO INCREASE ENERGY EFFICIENCY OF KPI STUDIO TOWN AND INTEGRATION INTO THE EDUCATIONAL PROCESS

O.M. Shevchenko, M.M. Shovkaliuk

National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

Purpose. Development and analysis of the main indicators of the investment project of the thermo-modernization of the student campus KPI and energy consumption management for the development of monitoring and integration in the educational process.

Method. The technical and economic analysis with use of engineering methods of calculation, experimental measurements with use of the laboratory equipment is executed. General scientific methods of analysis and synthesis, specific methods (grouping, comparison, generalization), statistical data processing, modeling in specialized software products are used.

Results. Reduction of total consumption of energy resources, as well as monetary costs for their payment; creation of conditions and tool base for research works; improving the quality of educational services, involving students in energy audits; software development and creation of an automated energy consumption monitoring system.

Scientific novelty. A comprehensive approach to the development of investment projects to improve the energy efficiency of campuses, taking into account technical, economic and environmental indicators with in-depth engineering analysis of the characteristics of buildings and their engineering systems. New approaches to the development of an automated workplace of an energy manager with structural elements of the software of the energy monitoring system are proposed.

Practical significance. An investment project of complex thermal modernization of student campus buildings and modernization of engineering networks of individual buildings with a choice of equipment and development of placement schemes has been developed. The main technical, economic and environmental indicators of the project are determined. An important educational direction is to involve students in the process of developing investment projects using modern technologies on the example of campus facilities, which will create an environment for comfortable learning conditions and research. The implementation of the investment project will allow to create a modern energy-efficient site with the use of innovative solutions on the basis of the existing old building stock.

Keywords: energy consumption, campus, energy efficiency, buildings, thermal modernization.