

КОНКУРСНА НАУКОВА РОБОТА

НА ТЕМУ

«ЕФЕКТИВНИЙ ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТ ЗАКЛАДУ ВИЩОЇ ОСВІТИ:  
ПРОБЛЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА ШЛЯХИ ЇХ ПОДОЛАННЯ»

**Шифр: «Енергоменеджмент університету»**

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	3
РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ТА СВІТОВИЙ ДОСВІД ФОРМУВАННЯ ЕФЕКТИВНОГО ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТУ ЗАКЛАДУ ВИЩОЇ ОСВІТИ ..	5
1.1 Система енергоменеджменту та особливості її реалізації в університетських кампусах .....	5
1.2 Досвід впровадження системи енергоменеджменту у провідних університетах світу та України .....	9
РОЗДІЛ 2 УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТОМ У СУМСЬКОМУ ДЕРЖАВНОМУ УНІВЕРСИТЕТІ .....	15
2.1 Політика енергоменеджменту в закладі вищої освіти .....	15
2.2 Проблеми та напрями вдосконалення енергоменеджменту в університеті	17
РОЗДІЛ 3 ШЛЯХИ ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТУ В УНІВЕРСИТЕТАХ.....	23
3.1 Аналіз проблем забезпечення ефективного енергоменеджменту в університетських кампусах .....	23
3.2 Розробка управлінських заходів задля подолання бар'єрів енергозбереженню.....	25
ВИСНОВКИ.....	28
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ .....	31
ДОДАТОК А.....	37

## ВСТУП

**Актуальність дослідження.** Проблема раціоналізації енергоспоживання сьогодні стоїть перед усіма університетами світу. Тому останнім часом заклади вищої освіти (ЗВО) кидають виклик проблемі зменшення споживання енергії шляхом впровадження енергоефективних технологій. Різноманітність функцій, що виконуються будівлями на території університетських кампусів, графіки роботи та технічні характеристики будівель ускладнюють завдання з пошуку і реалізації їхнього енергозберігаючого потенціалу, оскільки часто типові проекти тут не працюють і потрібний індивідуальний підхід. У свою чергу, це вимагає забезпечення ефективного енергоменеджменту ЗВО та побудови дієвої і розгалуженої системи мотиваційних інструментів й управлінських заходів для зростання енергоефективності університетів та подолання бар'єрів енергозбереженню.

Дослідженнями теоретичних і методичних основ ефективного енергоменеджменту ЗВО, особливостей реалізації енергозберігаючих заходів, бар'єрів на шляху впровадження проектів з підвищення енергоефективності займалися багато зарубіжних вчених, таких як: Маккей Т. М., Ембер К. П., Аслам М. В., Махмуд А. І. Д., Кусар А., Юніс М. Ю., Джомоах І. М., Аль-Абулазіз А. У. М., Кумар Р. С. тощо. Вивченню окремих аспектів комплексної проблеми управління енергозбереженням в ЗВО присвячені праці й українських дослідників, а саме: Гайдукевич С. В., Семенової Н. П., Соловей І. М., Сиченко В. Г., Кузнєцова В. Г., Пшінько О. М., Яценко Д. К., Шаптали М. В. Сафуліної К. Р., Колієнко А. Г., Тормосова Р. Ю., Шульги В. М., Хандоги Д. С. та ін.

Проте, незважаючи на наявні наукові розробки, проблема правильної організації процесу зростання енергоефективності у ЗВО, зацікавлення усіх стейкхолдерів, побудови та впровадження системи мотиваційних інструментів й управлінських заходів для зростання енергоефективності університетських кампусів і подолання бар'єрів енергозбереженню залишається актуальною.

**Метою роботи** є аналіз проблем забезпечення ефективного енергоменеджменту ЗВО та розробка дієвої і розгалуженої системи мотиваційних інструментів й управлінських заходів для зростання енергоефективності університету та подолання бар'єрів, які стоять на заваді ефективному енергозбереженню. Мета дослідження обумовила необхідність вирішення таких основних **завдань**:

- вивчити теоретичні засади та світовий досвід формування ефективного енергоменеджменту ЗВО;
- дослідити систему енергоменеджменту (СЕМ) у Сумському державному університеті (СумДУ), вивчити проблеми та визначити напрями вдосконалення енергоменеджменту в університеті;
- здійснити аналіз проблем забезпечення ефективного енергоменеджменту в університетських кампусах;
- розробити управлінські заходи задля подолання бар'єрів енергозбереженню у ЗВО.

**Наукова новизна результатів** полягає у запропонованій авторами дієвій та розгалуженій системі мотиваційних інструментів й управлінських заходів для зростання енергоефективності ЗВО і подолання бар'єрів енергозбереженню, що на відміну від існуючих, передбачає запровадження інструментів за групами стейкхолдерів для стимулювання їх енергозберігаючої діяльності на користь ЗВО. **Практичне значення** одержаних результатів роботи полягає у розробленні рекомендацій для вдосконалення СЕМ ЗВО. **Результати роботи апробовані** у роботі ПНП «ЦЕІ» (акт № 22/12 від 22.12.2020 р.), опубліковані в матеріалах IV Міжнародної учнівсько-студентської конференції «Молодіжна наука у контексті суспільно-економічного розвитку України» (Черкаси, 15 грудня 2020 року) та фаховому науковому журналі «Механізм регулювання економіки» (№3/2020).

**Використана методика:** *теоретичні методи:* аналіз та синтез, систематизація та класифікація; *емпіричні методи:* вивчення та узагальнення практичного досвіду, метод порівняння та аналогій, статистичний та факторний аналіз.

**Загальна характеристика роботи.** Наукова робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаної літератури та 1 додатку. Обсяг роботи (без літератури та додатків) 30 сторінок. Загальний її обсяг становить 38 сторінок, у тому числі 2 рисунка, 5 таблиць, список літератури з 48 джерел, 1 додаток.

**Ключові слова:** енергоменеджмент, енергозбереження, енергоефективність, заклад вищої освіти, сталий розвиток, «озеленення», електроспоживання, енергоефективна політика.

# РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ТА СВІТОВИЙ ДОСВІД ФОРМУВАННЯ ЕФЕКТИВНОГО ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТУ ЗАКЛАДУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

## 1.1 Система енергоменеджменту та особливості її реалізації в університетських кампусах

Сьогодні людство приділяє значну увагу рециркуляції відходів, використанню екологічно сталого транспорту, водозбереженню, екологічній освіті, а також зростанню енергоефективності процесів виробництва та споживання, тобто розсудливому та доцільному використанню енергетичних запасів. Енергоспоживання здійснює вагомий вплив на кліматичні зміни через спалювання викопних палив з метою отримання енергії за допомогою традиційних технологій, що є причиною утворення парникових газів та інших шкідливих речовин, які погіршують якість довкілля. Також нераціональне використання викопних палив призводить до їх перевитрат, що знижує економічний та соціальний добробут споживачів енергії. Слід зазначити, що опалення та кондиціонування, освітлення й електроспоживання різними приладами і устаткуванням є найбільш енергозатратними процесами у різноманітних будівлях.

Університетські кампуси, на території яких здійснюються освітні та наукові процеси, побутова і бізнес-діяльність, часто вимагають залучення потужного енергетичного устаткування для виконання різноманітних навчальних завдань та проведення досліджень, підтримання певних температурних режимів, інколи спеціального освітлення тощо. Не дивно, що студмістечка споживають більше енергії, ніж житлові або окремі адміністративні будівлі. Систематичне виявлення та реалізація резервів зниження енергоспоживання ЗВО уможливорює скорочення енергетичних витрат університетських кампусів, зменшення обсягів викидів CO<sub>2</sub>, а також інших шкідливих речовин в атмосферу.

Енергоменеджмент у ЗВО допомагає вирішити проблему щодо раціоналізації та ефективного використання паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР); організувати процес підвищення енергоефективності і зацікавити у ньому всіх стейкхолдерів; підібрати та впровадити дієвий комплекс організаційно-технічних, фінансових і мотиваційних заходів, які у сукупності забезпечать досягнення встановлених цілей з енергозбереження.

У загальному розумінні, енергоменеджмент передбачає діяльність, спрямовану на забезпечення раціонального використання ПЕР, і базується на отриманні енерготехнологічної інформації за допомогою обліку, проведення типового енерготехнологічного вимірювання та перевіряння, аналізу ефективності використання ПЕР і впровадження енергозберігаючих заходів [1]. До завдань енергоменеджменту належать, зокрема, генерація і постачання енергії, оптимізація витрат на неї, збереження і закупівля енергії, енергетична ефективність, енергетичні технології, соціально-економічні та екологічні аспекти енергетики на кшталт викидів, забруднення й міркувань забезпечення сталого розвитку [2].

СЕМ безпосередньо ЗВО є системою управління, заснованою на стандартизованих вимірюваннях та перевірках, що забезпечує такий режим роботи університету, за якого споживається лише енергія, необхідна для провадження освітньої, наукової та іншої діяльності ЗВО [3]. Енергетичний менеджмент є інструментом керівництва університету, за допомогою якого відбувається забезпечення процесу отримання інформації про розподіл та споживання енергії, а також про її використання для провадження діяльності ЗВО, опалення та на інші не виробничі потреби [3].

СЕМ ЗВО передбачає управління енергоресурсами задля забезпечення їх раціонального та ефективного використання і виконує ряд функцій, зазначених у табл. 1.1. Напрямки та завдання енергоменеджменту розробляються для кожного ЗВО окремо, проте СЕМ завжди ґрунтується на основних принципах, що наведені на рис. 1.1.

Таблиця 1.1 – Основні функції СЕМ у ЗВО (розроблено авторами на основі [4])

Функція СЕМ у ЗВО	Характеристика функції
<i>Обліку та звітності</i>	збирання первинних даних (сигналів, повідомлень, документів тощо) про витрати ПЕР; реєстрацію первинних даних про витрати ПЕР; формування структури витрат ПЕР тощо
<i>Контролювання</i>	виконання дій щодо контролювання: наявності та виконання програми енергозбереження; виконання завдань СЕМ; витрат ПЕР; якості проведення внутрішнього енергетичного аудиту (ЕА); впливу споживаних ПЕР на навколишнє середовище; навчання персоналу у сфері енергозбереження тощо
<i>Аналізування</i>	виконання дій щодо аналізування: наявного стану споживання ПЕР; потенціалу енергозбереження; балансів ПЕР тощо.
<i>Регулювання</i>	здійснення коригувальних дій щодо: режимів споживання ПЕР; зменшення питомих витрат ПЕР; впровадження енергозберігаючих заходів; вдосконалення СЕМ тощо.
<i>Планування</i>	виконання дій щодо: вдосконалення організаційної структури служби ЕМ; проведення зовнішнього та внутрішнього ЕА; перспективного планування витрат ПЕР; інформаційного забезпечення СЕМ тощо.
<i>Нормування</i>	виконання дій щодо: визначення норм тривалості проведення робіт стосовно впровадження енергозберігаючих заходів; визначення нормативної кількості працівників СЕМ тощо
<i>Організування</i>	виконання дій щодо: забезпечення ефективності функціонування СЕМ; забезпечення впровадження енергозберігаючих заходів; забезпечення функціонування системи обліку та контролювання витрат ПЕР та ін.

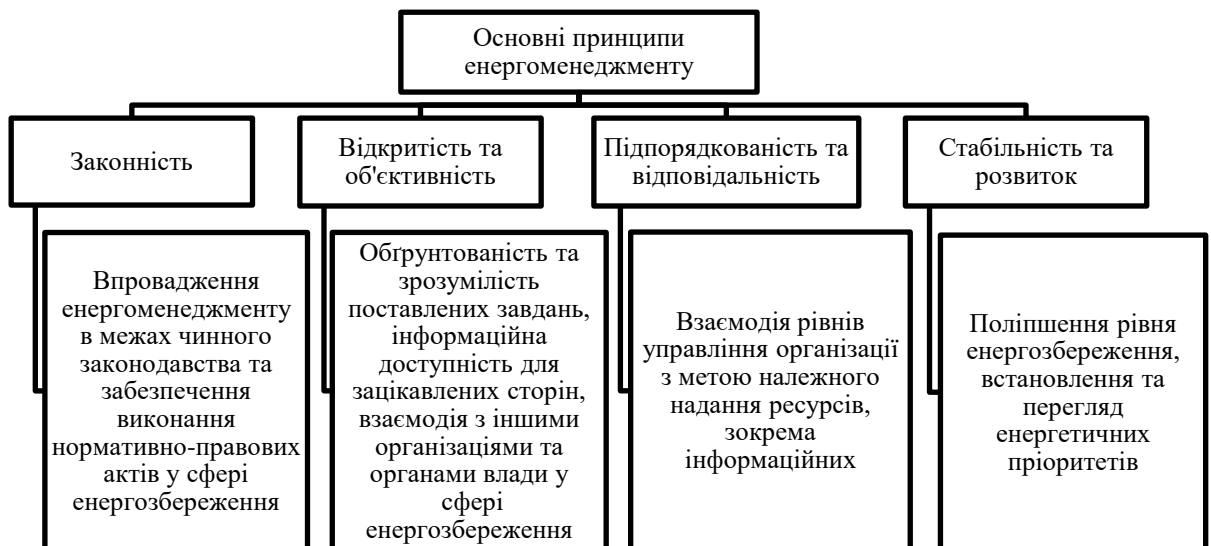


Рисунок 1.1 – Основні принципи енергоменеджменту (розроблено авторами на основі [5])

Згідно стандарту ISO 50001 СЕМ – це набір взаємопов’язаних або взаємодіючих елементів, необхідних для розробки і впровадження енергетичної політики та енергетичних цілей, а також процесів і методик для досягнення цих цілей [6]. СЕМ дозволяє відслідковувати споживання енергії та надає можливість порівняти енергоємність різних процесів ЗВО з іншими освітніми закладами, визначати ефективність проектів з енергозбереження й енергозаощадження. Необхідно звернути увагу на те, що високої результативності можна досягти лише за позитивного ставлення до СЕМ з боку керівництва ЗВО [3].

Важливою характеристикою ефективної університетської СЕМ є її здатність до самовдосконалення, що забезпечується виконанням циклу PDCA Едуарда Демінга (Plan – Do – Check – Act, що відповідно означає: Планування – Виконання – Перевірка – Покращення) (рис. 1.2).

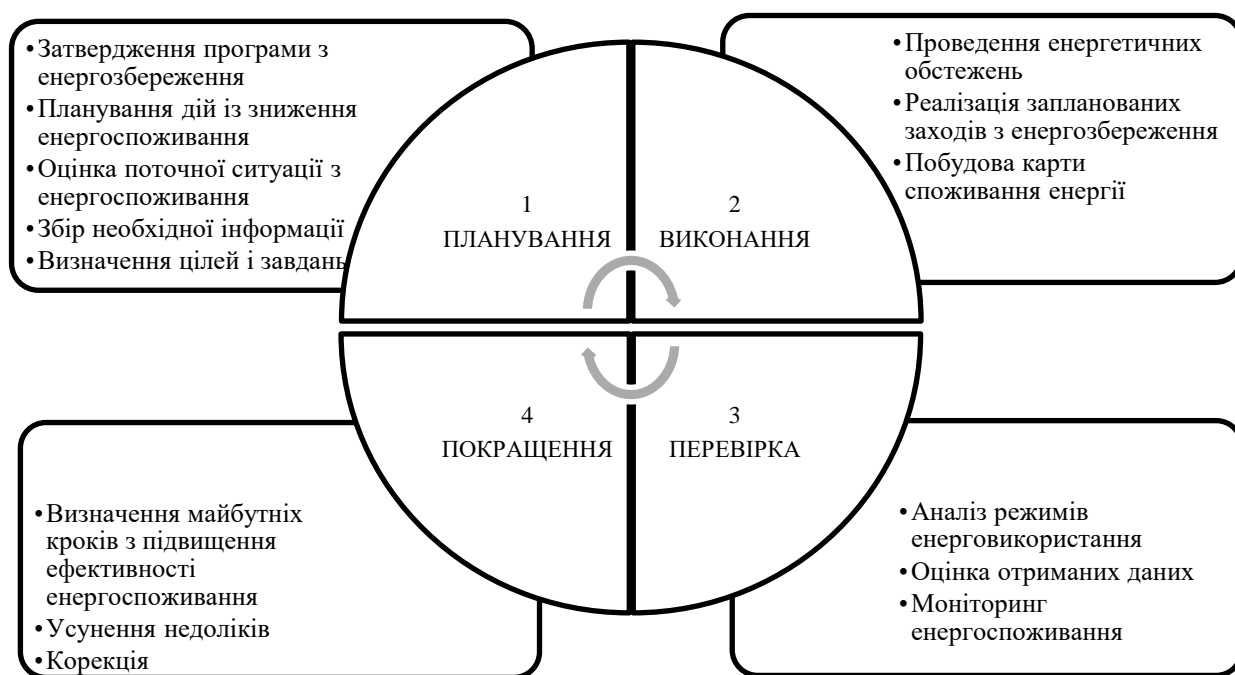


Рисунок 1.2 – Принципова система реалізації циклу енергоменеджменту ЗВО відповідно до ISO 50001 (розроблено авторами на основі [7])

Впровадження й функціонування СЕМ у ЗВО передбачає такі елементи і процеси: 1) розуміння, підготовка й компетентність; 2) стадію проектування; 3) операційний контроль (управління операціями); 4) управління документами;

5) підтримку зв'язків; 6) закупівлі; 7) необхідність планування дій у надзвичайних ситуаціях [7]. Перевірка ефективності СЕМ здійснюється шляхом моніторингу та вимірювання, аудиту та аналізу системи з боку вищого керівництва [7].

Розглянуті теоретичні засади формування СЕМ є основою для побудови успішних систем управління енергоспоживанням в університетах, підтвердженням чого є світовий досвід, розглянутий нижче.

## **1.2 Досвід впровадження системи енергоменеджменту у провідних університетах світу та України**

Загальновідомо, що ЗВО «постачають» суспільству законодавців, політиків, керівників державної та місцевої влади всіх рівнів. Тому в сучасних умовах саме вони, демонструючи студентам переваги впровадження СЕМ, мають виконувати місію з підготовки державних та громадських діячів нової інформації, які матимуть на меті управління енергоресурсами задля забезпечення їх раціонального та ефективного використання.

Останніми роками рух щодо «озеленення» ЗВО став дійсно глобальним трендом, який охоплює університети різних країн світу. У 2010 році Університет Індонезії (UI) ініціював всесвітній рейтинг ЗВО, який згодом став відомий як всесвітній рейтинг університетів UI Green Metric (UI Green Metric World University Rankings). Його мета – кількісна оцінка зусиль з підтримки сталості (екологічності) університетських кампусів [8].

UI GreenMetric World University Rankings є першим і єдиним рейтингом ЗВО у світі, який вимірює зобов'язання кожного університету щодо розроблення і впровадження політики сталого розвитку. У рейтингу розглядаються 6 критеріїв – це інфраструктура та площі зелених насаджень на території студмістечка, показники споживання та економії енергії, раціонального використання водних ресурсів, зберігання і переробки відходів, використання екологічно чистих транспортних засобів, а також освіти. Крім того, у рейтингу враховуються такі критерії, як загальне ставлення кампусу до природного середовища, навчальні курси

та дослідницькі проекти з екологічної проблематики, кількість опублікованих наукових робіт з питань сталості тощо [9].

У рейтингу UI GreenMetric 2019 року взяли участь 780 університетів із 83 країн світу та 6 регіонів: 373 університети з Азії, 230 – з Європи, 97 – з Латинської Америки, 61 – з Північної Америки, 14 – з Африки, 2 – з Океанії [10; 11; 12]. При цьому до топ-10 «зелених» університетів світу увійшли (табл. А.1 додатку А): 1 місце – Вагенінгенський дослідницький університет (Wageningen University & Research, Нідерланди), 2 місце – Оксфордський університет (University of Oxford, Великобританія); 3 місце – Каліфорнійський університет Девіса (University of California, Davis, США), 4 місце – Університет Ноттінгема (University of Nottingham, Великобританія); 5 місце – Ноттінгемський Трентський університет (Nottingham Trent University, Великобританія); 6 місце – Екологічний кампус Біркенфельда Університету прикладних наук Тріра (Umwelt-Campus Birkenfeld, Trier University of Applied Sciences, Німеччина); 7 місце – Лейденський університет (Leiden University, Нідерланди); 8 місце – Гронінгенський університет (University of Groningen, Нідерланди); 9 місце – Університетський коледж Корк (University College Cork, Ірландія); 10 місце – Університет Бангора (Bangor University, Великобританія) [10]. До глобального рейтингу, сформованого з 780 університетів-учасників, потрапили 10 українських ЗВО, місця яких розподілилися як показано у табл. А.2 додатку А.

Розглянемо, як провідні ЗВО світу впроваджують СЕМ та супровідні механізми підтримки в межах своїх кампусів. Переможець UI GreenMetric World University Rankings 2019 Вагенінгенський дослідницький університет, який вже третій рік поспіль очолює цей рейтинг, приділяє велику увагу розвитку та впровадженню технологій відновлювальної енергетики на території університету. Прикладом є використання жорстких критеріїв сталості для будівництва, обслуговування та реконструкції будівель закладу. Крім того, ЗВО генерує «зелену» енергію за допомогою вітрових турбін (80%) у Лелістаді, біотеплоенергоцентралей (комбіноване виробництво тепла та енергії) (7%), теплових насосів на території студмістечка (11%) та сонячних батарей (1%). У 2018 році 106% спожитої

енергії було отримано за допомогою відновлювальних джерел, тобто заклад виробив більше «зеленої» електроенергії, ніж зміг її спожити. На території університету встановлені 24 зарядні станції для електромобілів, 60 – для електронних велосипедів та 11000 велосипедних стійок. При цьому 55% персоналу університету використовують саме велосипеди для поїздок на роботу [13].

Оксфордський університет, що зайняв 2-гу позицію всесвітнього рейтингу ЗВО UI Green Metric, скорочує викиди вуглецю, створюючи дуже зручні та нові енергоефективні будівлі, змінює поведінку людей з акцентом на зменшення впливу на довкілля, щоб стати більш енергоефективним університетом. З 143 кг в 2009 році викиди вуглецю тут знизилися до 87 кг в 2018 році. Також варто зазначити, що 100% електроенергії, яку закуповує університет, генерується з енергії вітру. Орієнтуючись на великі джерела викидів, керівництво університету найняло спеціаліста-менеджера проекту, який повинен керувати зменшенням впливу на довкілля. До 2030 року університет планує зменшити викиди вуглецю на 50% [14].

Каліфорнійський університет Девіса, № 3 у рейтингу, використовує академічну та зовнішню співпрацю для вирішення проблем, що мають значення для всього світу, і стає моделлю для сталих змін. Університет залучає експертів та провідних фахівців-практиків для реалізації інноваційних енергоефективних проєктів на території ЗВО, таких як пілотний біогенератор, демонстраційні зразки сталого сільського господарства, Каліфорнійський центр технологій освітлення, перша пивоварня та виноробня у світі, які отримали платиновий статус LEED (Лідерство в енергетичному та екологічному дизайні – Leadership in Energy and Environmental Design), та Західне селище Каліфорнійського університету Девіса (UC Davis West Village), яке, за прогнозами, стане однією з перших енергетично незалежних громад у країні незалежно від сезону. Каліфорнійський університет Девіса побудував сонячну електростанцію потужністю 16,3 мегават (змінного струму). Нова установка, що буде виробляти 14% електроенергії, необхідної для кампусу, є найбільшою сонячною установкою в кампусі американського коледжу, що компенсує потребу в електроенергії [15].

В Університеті Ноттінгема (4 позиція рейтингу) студентів заохочують до економії енергії, нагороджуючи вечірками та морозивом найощадливіших [16]. Університет Ноттінгема у Тренті (5 позиція) прагне зменшити вуглецевий слід кожного студента та співробітника на 29% до кінця 2020 року і вже переробляє з цією метою понад 90% утворюваних ним відходів [16].

ЗВО Великобританії, багато з яких займають високі позиції в UI GreenMetric World University Rankings протягом останніх років, мають власні стратегії та плани зі сталого розвитку студмістечок й зростання енергоефективності. Наприклад, Університет Брістоля взяв на себе зобов'язання стати вуглецево нейтральним до 2030 року, вже скоротивши викиди CO<sub>2</sub> на 27% у 2019 році. Ініціативи «зеленого університету» Брістоля включають переробку понад 95% відходів, заохочення «зелених» подорожей через спільне користування автомобілем та безкоштовні автобусні проїзні квитки, а також будівництво і реконструкцію будівель у студмістечку із використанням сонячних батарей, світлодіодних ліхтарів та систем природної вентиляції. Університет також приєднався до Глобальної програми дій ЮНЕСКО, метою якої є навчання студентів навичкам, знанням та цінностям, необхідним для забезпечення сталого майбутнього [16]. Університет Метрополітену в Манчестері пропонує навчання вуглецевій грамотності, програму обміну одягом та книгами, яка реалізується у студентському містечку з метою зменшення відходів, та інші «зелені» заходи. ЗВО також прагне повторно використовувати або переробляти 60% усіх відходів до кінця 2020 року, нагороджуючи матеріально найактивніших студентів [16]. Університет Плімута має потужну стратегію сталого розвитку, що передбачає зниження викидів вуглецю на 80% до 2050 року (вже скоротивши їх на 42% з 1990 року) та перероблення 70% відходів до кінця 2020 року [16].

Серед українських ЗВО Український національний лісотехнічний університет має найвищі позиції в рейтингу UI GreenMetric 2019 за всіма складовими, крім «Облаштування та інфраструктура» (кращий показник в Уманського національного університету садівництва) та «Енергія та зміна клімату» (кращий пока-

зник у СумДУ) (див. табл. А.2 додатку А). Отже, навіть лідери світового та українського рейтингів не є ідеальними і мають потенціал для подальшого вдосконалення.

Крім вітчизняних лідерів UI GreenMetric 2019, багато українських ЗВО також мають успішний досвід реалізації механізмів енергоменеджменту. Наприклад, НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського» співпрацює з «Київенерго», «Київводоканалом» та іншими постачальними організаціями з питань тарифної політики, обліку спожитих енергоресурсів; розробляє програми інвестування для зниження енергоспоживання і забруднення довкілля; організовує роботу щодо створення і використання автоматизованої системи контролю й обліку енергоресурсів в університеті; впроваджує економічно ефективні заходи із забезпечення системи управління енергоспоживанням з урахуванням екологічних факторів; упорядковує енергетичні баланси по всіх енергоносіях і воді, надає відповідну звітну інформацію уповноваженим особам; впроваджує і підтримує належний рівень ефективної й екологічно сприятливої політики закупівель і використання енергоресурсів [17].

Херсонський національний технічний університет постійно здійснює енергозберігаючі заходи, серед яких заміна вікон на металопластикові, запровадження автономної системи опалення деяких корпусів університету, реалізація проєкту щодо промивки системи опалення та її оптимізації [18].

Одеська національна академія харчових технологій також має досвід впровадження енергозберігаючих заходів із заміни віконних блоків у навчальних корпусах та гуртожитках, ізоляції теплових мереж, заміни ламп розжарювання на люмінесцентні, утеплення огорожувальних конструкцій навчальних корпусів, встановлення лічильників теплової енергії, тепловідбиваючих екранів за опалювальними приладами тощо [18].

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна послідовно впроваджує СЕМ із комплексом практичних заходів з енергозбереження, що об'єднуються в єдину загальну програму щодо будівель університету та студе-

нтських містечок, тепломережі університету, подачі води, повітря в приміщеннях, приладів обліку споживання ресурсів тощо. Результатами стали впроваджені енергоефективні технології: створено Навчально-демонстраційний центр альтернативної енергетики, проведено енергоаудит гуртожитку університету, встановлено два вітрогенератори. Також варто зазначити, що ЗВО активно проводить освітні заходи у галузі енергоефективності [18].

Наведені приклади реалізації енергоефективної та ресурсозберігаючої політики в рамках СЕМ ЗВО створюють підґрунтя для підготовки фахівців, націлених на підтримку і популяризацію сталого розвитку як у місцевих громадах, так і світі в цілому, поряд з отриманням екологічних, соціальних, економічних переваг від такої діяльності безпосередньо університетами. Водночас, впровадження механізмів енергоменеджменту в університетах стикається з низкою перешкод, подолання яких потребує запровадження комплексних підходів. У зв'язку з цим, розглянемо досвід СумДУ у побудові СЕМ.

## РОЗДІЛ 2 УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТОМ У СУМСЬКОМУ ДЕРЖАВНОМУ УНІВЕРСИТЕТІ

### 2.1 Політика енергоменеджменту в закладі вищої освіти

СумДУ є одним із ЗВО України, що має СЕМ та власну політику забезпечення зростання енергоефективності університетського кампусу. Остання є складовою комплексної екологічної політики закладу. У 2019 році СумДУ посів друге місце серед українських університетів та 208 позицію серед 790 ЗВО усього світу в UI GreenMetric World University Rankings [10]. Порівнюючи СумДУ з лідерами рейтингу та іншими українськими ЗВО – учасниками рейтингу за його складовими, доцільно відзначити найвищі оцінки СумДУ за показником «Енергія та зміна клімату» серед вітчизняних закладів (див. табл. А.2 додатку А).

Незважаючи на першість за цим показником в Україні, СумДУ є, куди рости, порівняно із досягненнями зарубіжних та українських конкурентів. Водночас, важливою є організаційна підтримка і розвиток досягнень університету саме у сфері підвищення енергоефективності. Політика енергозбереження СумДУ знайшла офіційне визнання і відображення у комплексній цільовій програмі «Енергоефективний СумДУ», прийнятій 13.12.2013 р. [19]. Метою програми стала організація системної роботи колективу ЗВО у сфері енерговикористання для мінімізації витрат енергоресурсів з дотриманням комфортних умов навчання та праці. У 2016 році був створений Науково-дослідний інститут енергоефективних технологій СумДУ (НДІ ЕТ СумДУ), завданням якого є координація діяльності структурних підрозділів СумДУ щодо проведення комплексних міждисциплінарних наукових досліджень та виконання науково-технічних робіт і проєктів з проблем ефективного використання енергії, нетрадиційної і відновлювальної енергетики, впливу енергетики на довкілля і сталий розвиток, популяризація та впровадження результатів таких досліджень, розповсюдження досвіду СумДУ у

сфері енергетики та енергоменеджменту, підвищення ефективності використання енергії безпосередньо у СумДУ, проведення навчання персоналу підприємств, організацій та об'єднань громадян, зацікавлених у вирішенні проблем підвищення енергоефективності й енергозбереження [20].

В рамках своєї екологічної політики [21] в 2019 році у сфері енергозбереження СумДУ взяв на себе зобов'язання підвищувати ефективність використання електричної та теплової енергії, збільшувати обсяг використання відновлюваних джерел енергії на території університетського кампусу, розробляти та запроваджувати заходи, спрямовані на зменшення викидів парникових газів, зумовлених діяльністю ЗВО. Крім енергозбереження, сьогодні екологічна політика закладу враховує й інші складові UI GreenMetric World University Rankings: перехід до використання екологічно чистого електротранспорту та мінімізацію шкідливих екологічних впливів наявного транспортного парку університету; розширення рамок екологічної освіти для студентів та викладачів, сторонніх осіб, проведення наукових досліджень і розробок екологічної спрямованості, у тому числі у співпраці з органами державної та місцевої влади, бізнесом; підвищення ефективності використання води, у т.ч. шляхом збільшення обсягів повторного водокористування; зменшення утворення відходів (у т.ч. небезпечних) та запровадження ефективних методів поводження з ними; формування і вдосконалення системи екологічного управління як складової загальної системи управління університетом, врахування екологічних аспектів при закупівлях продукції, послуг, а також взаємодії з підрядними організаціями тощо [21].

Результатами діяльності СумДУ у сфері енергозбереження, очолюваної НДІ ЕТ СумДУ, останніми роками стали виконання тепло- та гідроізоляції покрівель корпусів і великих лекційних аудиторій, будівництво котельні на твердому паливі для спортивно-оздоровчого центру «Універ», проведення заміни вікон та приладів опалення, утеплення понад 10 000 м<sup>2</sup> фасадів, встановлення насосів підмішування у теплопунктах корпусів тощо. За рахунок впроваджених інженерно-технічних заходів, наукових розробок, елементів СЕМ СумДУ вдалося майже на 20 % скоротити споживання теплової енергії, що забезпечило значну

економію коштів. При цьому було збільшено опалювальні площі та покращено комфортність умов роботи [22].

Вагомим досягненням став розвиток і поширення автоматизованої системи моніторингу теплоспоживання будівель, розробленої і впровадженої НДІ ЕТ СумДУ, на бюджетну сферу м. Суми. Це дозволило відстежувати показники споживання енергоресурсів міськими бюджетними закладами в он-лайн режимі та створило умови для регулювання теплоспоживання з отриманням економії енергії та покращенням комфортності опалюваних приміщень [23]. У СумДУ зазначена система моніторингу функціонує з 2015 року. Нею охоплено 13 теплових пунктів будівель СумДУ, які оснащені лічильниками споживання теплової енергії. Економічний ефект від впровадження системи складає близько 1,5 млн грн. У 2017–2019 рр. система моніторингу була запроваджена на 31 об'єктах бюджетної сфери м. Суми, що дало змогу досягти 10-12 % економії теплової енергії із загальною окупністю проєкту до 1,5 року. У подальшому система може бути поширена на 100 об'єктів, розташованих на території Сумської області.

## **2.2 Проблеми та напрями вдосконалення енергоменеджменту в університеті**

Поряд із безумовними успіхами щодо економії теплової енергії завдяки системі автоматичного моніторингу, існують певні проблеми раціоналізації електроспоживання у СумДУ. У табл. 2.1 наведено дані щодо використання електроенергії житловим та навчальним фондами ЗВО. Як слідує з таблиці, електроспоживання житловими будівлями в СумДУ постійно скорочується за рахунок електроощадних заходів: на 11,54% за 2017–2019 рр. При цьому найкращі результати демонструє майданчик ННІ БТ «УАБС», де зниження за 2 роки становить 17,21%. Хоча в цілому за 2017–2019 рр. електроспоживання університетським кампусом зменшилося на 5,63%, використання електрики навчальними корпусами помітно збільшилося у 2019 році порівняно з 2018 роком на обох майдан-

чиках. Причинами тому стали збільшення навчальних площ та їх енергооснащення.

Таблиця 2.1 – Електроспоживання житлового фонду та навчальних корпусів СумДУ у 2017–2019 рр. (розраховано авторами за даними СумДУ)

Показник	Електроспоживання, кВт·год			Економія електроенергії*, %		
	2017	2018	2019	2018/2017	2019/2018	2019/2017
Базовий майданчик СумДУ (без машинобудівного коледжу), всього, у т. ч.:	3646627	3405007	3497324	+6,63	-2,71	+4,09
Житловий фонд	1621004	1498118	1484360	+7,58	+0,92	+8,43
Навчальні корпуси	2025623	1906889	2012964	+5,86	-5,56	+0,62
Майданчик ННІ БТ «УАБС», всього, у т. ч.:	1803210	1668941	1645452	+7,45	+1,41	+8,75
Житловий фонд	888631	783928	735669	+11,78	+6,16	+17,21
Навчальні корпуси	914579	885013	909783	+3,23	-2,80	+0,52
Всього за університетським кампусом, у т.ч.:	5449837	5073948	5142776	+6,90	-1,36	+5,63
Житловий фонд	2509635	2282046	2220029	+9,07	+2,72	+11,54
Навчальні корпуси	2940202	2791902	2922747	+5,04	-4,69	+0,59

\* «+» - заощадження, «-» – перевитрата

Враховуючи режими роботи навчальних корпусів та результати наукових досліджень [24; 25; 26; 27; 28; 29; 30; 31], існує значний нереалізований потенціал збереження електроенергії, що полягає у максимально можливому зниженні електроспоживання навчальними корпусами у вечірній та нічний періоди доби, протягом вихідних днів, канікул, коли не здійснюється освітній процес. Крім того, важливим резервом зниження електроспоживання є формування відповідального ставлення персоналу університету та здобувачів освіти до електрозбереження, вимкнення світла та електропристроїв під час їх простою, заохочення закупівель підрозділами і кафедрами ЗВО більш енергоефективної техніки й обладнання для подальшого використання. Для мотивації співробітників та студентів у 2020 році розроблено спеціальну інструкцію про налаштування енергозберігаючих режимів роботи комп'ютерної техніки [23].

Значна увага НДІ ЕТ СумДУ приділяється науковій роботі зі здобувачами освіти у сфері енергозбереження. З цією метою викладачі та студенти залучаються до виконання енергоефективних проєктів за заявками підприємств, органів державної та місцевої влади. Це дозволяє посилити практичну підготовку майбутніх фахівців, сформувати навички енергозбереження, зацікавити у навчанні, розкрити інтелектуальний потенціал, допомогти працевлаштуватися. Як перспективний напрям подальшої роботи НДІ ЕТ СумДУ розглядає формування тимчасових творчих колективів у складі науково-педагогічних працівників, здобувачів освіти та інженерно-технічних працівників, які мають значний професійний досвід з розробки та впровадження енергоощадних технологій і обладнання для реалізації інноваційних науково-технічних проєктів.

Враховуючи вищевикладене, слід констатувати, що сьогодні в СумДУ створена необхідна нормативна база й організаційні структури для ефективного управління енергозбереженням на території університетського кампусу та пропагування енергоефективного розвитку за його межами. Водночас, існують різні групи бар'єрів для подальшої реалізації політики енергозбереження, зокрема, технічні, які тісно пов'язані з економіко-фінансовими. Так, через брак коштів, значна частина офісного й енергетичного обладнання ЗВО є морально і фізично застарілою та не відповідає за рівнем енергоефективності новітнім технічним зразкам. Застосування технологій відновлюваної енергетики на території СумДУ також гальмується через високі ціни на відповідне устаткування і, як наслідок, тривалі строки окупності таких проєктів. Відсутність револьверного фонду (фонду самофінансування) енергоефективності в університеті помітно сповільнює реалізацію енергозберігаючих заходів, оскільки наразі вони не мають чітко визначеного джерела фінансування. Крім того, через бюджетні обмеження СумДУ змушений надавати перевагу впровадженню короткострокових енергоефективних проєктів замість більш прибуткових довгострокових.

Як і інші вітчизняні ЗВО, СумДУ стикається з низкою організаційних, соціальних та освітніх перешкод енергозбереженню. Тривалі процедури закупівель

енергоефективного устаткування, відсутність вимог енергоефективності при закупівлі інших товарів і послуг негативно впливають на провадження енергозберігаючої діяльності в університеті. Подальшого вдосконалення потребує система комунікацій із стейкхолдерами енергозбереження в СумДУ та їх участі у проєктах з енергоефективності. Дотепер відчувається брак інформації у студентів та викладачів щодо витрат енергоресурсів університетським кампусом та окремими корпусами, обладнанням, а також практичних можливостей енергозбереження в ЗВО за участі співробітників і здобувачів. Хоча екологічна свідомість останніх поступово підвищується, у багатьох людей все ще присутній внутрішній опір змінам та невіра в позитивні ефекти енергозбереження. Подальшого вдосконалення вимагає і система економічного та морального стимулювання енергозберігаючої діяльності в університеті, регулювання енергоспоживання.

Виходячи з проаналізованих бар'єрів, що сповільнюють енергоефективний розвиток СумДУ, доцільно запропонувати такі управлінські заходи щодо системної реалізації потенціалу раціоналізації енергоспоживання в університетському кампусі:

- створення револьверного фонду енергоефективності СумДУ, який би акумулював кошти, отримані від енергозбереження, для подальшого їх інвестування в інші, більш масштабні енергоощадні проєкти. За рахунок фонду поступово можна вирішити проблему оновлення морально і фізично застарілої університетської технічної бази на енергоефективних засадах, запровадити сучасні технології відновлюваної енергетики для забезпечення життєдіяльності ЗВО;
- введення та дотримання внутрішніх вимог щодо високого рівня енергоефективності устаткування й інших товарів і послуг, які закуповуються СумДУ;
- подальший розвиток і вдосконалення автоматизованої системи моніторингу тепло- й електроспоживання в ЗВО з регулярним ознайомленням персоналу закладу та здобувачів освіти про тенденції енергоспоживання, можливості його зниження за участі співробітників і студентів, заохочення технічного персоналу університету до регулювання енергоспоживання на основі прогнозів,

сформованих автоматизованою системою моніторингу, запровадження автоматичного регулювання енергоспоживання;

- розроблення та реалізація заходів з оптимізації енергоспоживання (тепло- й електро-) навчальними корпусами СумДУ з урахуванням режимів їх роботи, подальше впровадження енергоефективних заходів у житловому фонді;

- своєчасне коригування існуючих та розроблення нових стратегічних програм з енергоефективного розвитку ЗВО, забезпечення їх фінансування та взаємоузгодженості цілей зростання енергоефективності для різних університетських підрозділів та кафедр;

- розроблення досконалої системи морального та економічного стимулювання кожного співробітника і студента до енергозбереження, яка індивідуально зацікавлює у досягненні енергоефективних цілей, виконанні відповідних стратегічних та оперативних планів СумДУ, підтримка і розвиток корпоративної культури енергозбереження в університеті;

- популяризація енергозберігаючої діяльності серед здобувачів освіти та персоналу ЗВО, інших стейкхолдерів шляхом налагодження ефективних комунікацій: висвітлення аспектів енергозбереження у навчальних дисциплінах, програмах підвищення кваліфікації викладачів та інших сторонніх осіб, продовження проведення науково-технічних семінарів з питань впровадження енергозберігаючих технологій, Днів сталої енергії, створення «гарячої» телефонної лінії для консультування зацікавлених осіб щодо можливості та доцільності впровадження енергоефективних і «зелених» енерготехнологій у споживача, розвиток на базі СумДУ демонстраційних зон енергоефективних технологій та проведення на них інформаційних зустрічей і семінарів з потенційними «споживачами» зазначених технологій;

- розширення наукових досліджень, у т. ч. міждисциплінарних, з проблем ефективного використання енергії, відновлюваної енергетики із залученням науковців та студентів СумДУ, виконання відповідних науково-технічних проєктів за заявками підприємств, органів влади, населення.

Зазначені заходи можуть бути з успіхом запроваджені і для інших українських ЗВО, забезпечуючи скорочення обсягів їх енергоспоживання та викидів парникових газів, сприяючи зміцненню фінансової безпеки закладів та виховуючи нове екологічно свідоме покоління українців.

## РОЗДІЛ 3 ШЛЯХИ ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТУ В УНІВЕРСИТЕТАХ

### 3.1 Аналіз проблем забезпечення ефективного енергоменеджменту в університетських кампусах

Незважаючи на досягнуті вражаючі результати щодо реалізації енергозберігаючого потенціалу ЗВО у розвинених країнах світу, багато університетів у державах з транзитивною економікою та такою, що розвивається, стикаються з суттєвими бар'єрами для впровадження енергоефективних змін. Зокрема, специфічними перешкодами, характерними для країн третього світу, є технічні обмеження, обумовлені нерозвиненістю національної та локальної енергетичної інфраструктури, низькою пропускною здатністю електромереж, нестабільністю та ненадійністю режимів енергопостачання тощо [32; 33; 34; 35]. Для транзитивних економік зазначені технічні бар'єри є менш актуальними, оскільки такі країни, як правило, мають розгалужену енергетичну інфраструктуру. Проте тут акценти зміщуються на питання оновлення та модернізації зношених електро-, газо- та тепломереж, відновлення і розширення їх пропускної здатності й ін. [34; 36; 37; 38].

Як зазначається у [39], переважна більшість перешкод енергоефективному розвитку університетів в країнах з транзитивною економікою та такою, що розвивається, пов'язана не з технічними, а саме з організаційними та економіко-фінансовими, інформаційними бар'єрами (табл. 3.1). Часто такі перешкоди актуальні і для розвинених держав [40]. Зазначені у табл. 3.1 перешкоди повною мірою притаманні багатьом університетам України, яка є яскравим прикладом країни з транзитивною економікою. Вітчизняною особливістю є доповнення зазначених у табл. 3.1 бар'єрів нормативно-правовими обмеженнями [41], оскільки багато вітчизняних закладів вищої освіти фінансується з державного бюджету.

Таблиця 3.1 – Основні бар'єри енергозбереженню в університетських кампусах (складено авторами на основі [26; 32; 39; 40; 42; 43; 44; 45])

Група бар'єрів	Опис бар'єрів
1	2
Технічні	<ul style="list-style-type: none"> <li>- низький технологічний рівень сучасних об'єктів відновлюваної енергетики;</li> <li>- відсутність індивідуального контролю системи кондиціонування у приміщеннях;</li> <li>- відсутність централізованої системи опалення в університетських корпусах;</li> <li>- відсутність або нестача приладів обліку енергоспоживання на об'єктах ЗВО;</li> <li>- відсутність або неточність даних про споживання енергії з лічильників;</li> <li>- відсутність або проблеми з функціонуванням автоматизованої системи обліку енергоспоживання</li> </ul>
Організаційні	<ul style="list-style-type: none"> <li>- відсутність ефективного власника;</li> <li>- децентралізоване прийняття рішень;</li> <li>- відсутність експертизи та інформації щодо можливостей енергозбереження в ЗВО для ухвалення відповідних управлінських рішень;</li> <li>- невизнання керівництвом університету пріоритетності енергозберігаючої діяльності;</li> <li>- відсутність довгострокових комплексних стратегій енергозбереження та тактичних планів з їх реалізації, узгоджених цілей зростання енергоефективності для різних університетських підрозділів;</li> <li>- відсутність ефективного керівництва в рамках СЕМ, відсутність ініціативної команди висококваліфікованих енергоменеджерів;</li> <li>- відсутність або недостатня практика залучення науковців ЗВО до вирішення проблем підвищення його енергоефективності, проведення наукових досліджень студентами у цій сфері;</li> <li>- відсутність або проблеми з регулюванням і прогнозуванням енергоспоживання університетськими об'єктами на основі даних автоматизованої системи обліку енергоспоживання;</li> <li>- відсутність ефективною системи економічного і морального стимулювання енергозберігаючої діяльності в ЗВО, регулювання енергоспоживання, що забезпечує інтерес до економії енергії на індивідуальному рівні;</li> <li>- неефективна система комунікацій зі стейкхолдерами енергозбереження в ЗВО, низький рівень їх залучення до проєктів з енергозбереження;</li> <li>- тривалі процедури закупівель енергоефективного устаткування, відсутність вимог енергоефективності при закупівлі інших товарів і послуг університетом</li> </ul>
Економіко-фінансові	<ul style="list-style-type: none"> <li>- відсутність достатніх коштів для інвестування в енергоефективні проєкти;</li> <li>- інші пріоритети для капіталовкладень;</li> <li>- занадто довгий термін окупності проєктів на відновлюваних джерелах енергії та енергоефективних об'єктів через високі початкові інвестиційні витрати, відсутність інвестиційних гарантій;</li> <li>- відсутність револьверного фонду енергоефективності в університеті;</li> <li>- надання переваги короткостроковим енергоощадним заходам порівняно з більш ефективними довгостроковими через їх високі ризики та брак інвестицій;</li> </ul>

Продовження табл. 3.1

1	2
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- брак фінансових коштів на гідну оплату роботи команди енергоменеджерів та економічне стимулювання співробітників університету та студентів до енергозбереження;</li> <li>- висока вартість навчання або перепідготовки персоналу з питань енергоефективності</li> </ul>
Соціальні та освітні	<ul style="list-style-type: none"> <li>- внутрішній опір людей змінам;</li> <li>- відсутність у персоналу ЗВО та студентів відповідної підготовки та розуміння того, як працює енергозбереження;</li> <li>- недовіра до незнайомих технологій;</li> <li>- відсутність сформованої корпоративної культури енергозбереження в університеті;</li> <li>- екологічна необізнаність працівників університету та студентів;</li> <li>- брак інформаційних даних для персоналу ЗВО та студентів про університетські енергетичні витрати, а також енергоспоживання придбаного обладнання;</li> <li>- брак інформації для працівників університету та студентів про позитивні ефекти енергозбереження в ЗВО, можливості та процедури участі у реалізації енергоефективних проєктів в університеті;</li> <li>- низький рівень прихильності до енергозбереження з боку керівництва ЗВО, персоналу та студентів</li> </ul>

Автори [43] вказують на те, що система бюджетного планування в Україні неадекватна вимогам підвищення рівня використання енергоресурсів в ЗВО і суттєво обмежує їх можливості щодо енергозбереження. Вона орієнтує університети на впровадження переважно короткострокових заходів і знеохочує у застосуванні комплексного підходу до забезпечення зростання енергоефективності. Проблем додають тривалі і часто неефективні процедури тендерних закупівель товарів і послуг, які не враховують вимоги енергоощадності.

### **3.2 Розробка управлінських заходів задля подолання бар'єрів енергозбереженню**

Досягнення встановлених цілей із енергозбереження та ефективного функціонування СЕМ вимагає правильно організованого процесу зростання енергоефективності у ЗВО, зацікавлення всіх стейкхолдерів, підбору та впровадження дієвого комплексу організаційно-технічних, фінансових та мотиваційних заходів задля подолання бар'єрів енергозбереженню в університетах.

Українські вчені, зокрема, С. П. Денисюк та О. В. Бориченко [46] обґрунтують доцільність розроблення і впровадження комплексної інтегрованої СЕМ у ЗВО, наголошуючи на тому, що енергоменеджмент є універсальним інструментом підвищення конкурентоспроможності закладів освіти. В. М. Шульга та Д. С. Хандога [43] досліджують основні причини неефективного використання енергоресурсів в університетах та пропонують комплекс організаційно-технічних заходів для їх усунення. О. М. Пшінько та ін. [47] ідентифікують перспективні напрями реалізації енергозберігаючого потенціалу на прикладі окремого українського університету. Автори [48] створюють оптимізаційну модель для формування планів заходів з підвищення ефективності споживання електроенергії в окремому університетському кампусі та оцінюють очікуваний економічний ефект від імплементації таких заходів. Загалом, українські дослідники розглядають комплексну проблему енергозбереження в освітніх закладах з різних боків, часто пропонуючи лише часткові рішення. Водночас, підхід до організації функціонування СЕМ та діяльності з підвищення енергоефективності університетських кампусів має бути системним. Відсутність зазначеного підходу до процесів організації та мотивування енергоощадної діяльності у ЗВО суттєво гальмує реалізацію потенціалу зростання енергоефективності в університетах.

Варто наголосити, що моральне задоволення та отримання матеріального заохочення від своєї діяльності є дуже важливим для всіх стейкхолдерів енергозбереження. У свою чергу, це вимагає побудови дієвої та розгалуженої системи мотиваційних інструментів й управлінських заходів для зростання енергоефективності ЗВО і подолання бар'єрів енергозбереженню. У цьому контексті нами розроблена комплексна система заходів за групами стейкхолдерів для стимулювання їх енергозберігаючої діяльності на користь ЗВО.

*1. Топ-менеджмент університету.* Основними управлінськими та мотиваційними заходами для цієї групи стейкхолдерів є: впровадження університетських стандартів енергетичної та екологічної ефективності нових будівель і реконструкцій, які відповідають державним стандартам або перевищують їх; впрова-

дження університетських стандартів енергоефективності для закупівель, які відповідають державним стандартам або перевищують їх; впровадження систем автоматизованого обліку, контролю та оптимізації енергоспоживання будівель; встановлення фотоелектричних, вітрових, біоенергетичних установок та інших систем відновлюваної енергії в університетському кампусі; розробка бізнес-кейсів проєктів з енергозбереження, які деталізуватимуть витрати та економію за проєктами; придбання і заохочення використання енергоефективних транспортних засобів для університетського парку; запровадження нагород за досягнуті університетські цілі з енергозбереження.

2. *Педагогічний, науковий та адміністративний персонал університету.* Заходи для цієї групи включають: впровадження для персоналу навчальних програм і тренінгів з питань енергозбереження, включаючи обов'язкові онлайн тренінги, що охоплюють кращі практики енергозбереження; проведення роботи щодо підвищення обізнаності персоналу з питаннями зміни клімату та енергоефективності (плакати, наклейки, заходи та конкурси, соціальні медіа, нагороди та заохочення за раціональне використання енергії в ЗВО тощо – наприклад, проведення Тижнів сталого розвитку, Постних понеділків); започаткування мережі «енергетичних чемпіонів» в будівлях ЗВО, змагання між кафедрами і підрозділами для постійного підвищення енергоефективності університетського кампусу, включаючи вручення моральних та матеріальних нагород (наприклад, премія для конкретні досягнення у сфері енергоефективності на території студмістечка, нагорода за лідерство у галузі сталого розвитку); надання внутрішньоуніверситетських грантів для проведення досліджень у сфері енергозбереження та виконання проєктів зі зниження енергоспоживання університетом тощо.

3. *Студенти.* Актуальними для цієї групи стейкхолдерів є такі заходи: навчальні та профорієнтаційні курси з енергозбереження, включаючи обов'язкові онлайн-тренінги з дотримання вимог енергозбереження у ЗВО; запровадження міждисциплінарних курсів, що стосуються сталості й енергозбереження, висвітлення аспектів сталого розвитку у традиційних дисциплінах, ознайомлення з до-

свідом і кращими практиками реалізації енергоефективних проєктів разом з викладачами та професіоналами; залучення студентів до виконання наукових робіт з питань енергозбереження; започаткування конкурсів «енергетичних чемпіонів» серед студентів та мешканців гуртожитків тощо.

*4. Роботодавці.* Для даної групи доцільно передбачити такі заходи: інформування ЗВО роботодавців про новітні розробки у сфері енергозбереження, наукові проєкти, здійснювані університетом у цій сфері, шляхом запрошення на конференції, семінари, дні науки тощо; залучення роботодавців до участі в інноваційних та спільних ініціативах з енергозбереження; розроблення і пропонування ЗВО програм підвищення кваліфікації та атестації персоналу підприємств у галузі енергоефективності; наукове консультування підприємств-роботодавців співробітниками ЗВО з питань енергозбереження й енергоефективності, реалізація спільних наукових проєктів на виробництві, у тому числі впровадження автоматизованих систем моніторингу енергоспоживання.

*5. Державні і місцеві органи влади.* Заходи для цієї групи охоплюють такі: залучення владних структур до реалізації спільних із ЗВО енергоефективних проєктів в регіоні, зокрема впровадження систем автоматизованого моніторингу і регулювання енергоспоживання, модернізації енергетичної інфраструктури з використанням інноваційних енергозберігаючих технологій, проєктів зеленої енергетики тощо; надання ЗВО інформаційної та науково-технічної підтримки енергоефективних проєктів, що впроваджуються державними і місцевими органами влади; розроблення і пропонування ЗВО програм підготовки, підвищення кваліфікації та атестації державних службовців з питань енергозбереження; проведення обласних, регіональних, місцевих просвітницьких й інших заходів у сфері енергоефективності на базі ЗВО та ін.

Реалізація запропонованих мотиваційних та управлінських заходів за групами стейкхолдерів дозволить активізувати роботу ЗВО з усіх напрямів енергозбереження, подолати існуючі бар'єри та забезпечити досягнення встановлених цілей у цій сфері.

## ВИСНОВКИ

Сьогодні спільною проблемою для всіх університетів є скорочення енергоспоживання шляхом запровадження енергоефективних й енергозберігаючих технологій. У той же час існує низка питань щодо забезпечення ефективного енергоменеджменту ЗВО, що вимагають розробки і впровадження відповідних управлінських і мотиваційних рішень.

У даній науковій роботі досліджено теоретичні засади та світовий досвід формування ефективного енергоменеджменту ЗВО, що дало змогу авторам проаналізувати СЕМ та особливості її реалізації в університетських кампусах. Визначення сутності понять «енергоменеджменту ЗВО» та «СЕМ ЗВО», виконаний аналіз основних функцій, принципів, елементів і процесів впровадження й функціонування СЕМ у ЗВО дозволили встановити, що важливою характеристикою ефективної університетської СЕМ є її здатність до самовдосконалення, що забезпечується виконанням циклу PDCA Е. Демінга.

Розглянуті теоретичні засади формування СЕМ є основою для побудови успішних систем управління енергоспоживанням в університетах, підтвердженням чого є світовий досвід. У роботі визначено, що останніми роками рух щодо «озеленення» ЗВО став дійсно глобальним трендом, який охоплює університети різних країн світу і відображається у всесвітньому рейтингу ЗВО UI Green Metric (UI Green Metric World University Rankings). Провідні університети-лідери рейтингу, а саме Вагенінгенський дослідницький університет, Оксфордський університет, Каліфорнійський університет Девіса та інші, сьогодні використовують різноманітні механізми залучення викладачів, студентів, фахівців до реалізації енергозберігаючих заходів і проєктів на території університетських кампусів, успішно поєднуючи наукові дослідження і практику енергозбереження. Українські ЗВО (НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», Херсонський національний технічний університет, Одеська національна академія харчових технологій, СумДУ) також впроваджують СЕМ та супровідні механізми підтримки у своїх студмістечках.

У науковій роботі досліджено СЕМ у СумДУ, що є одним із лідерів UI Green

Metric серед вітчизняних ЗВО, а саме його політику енергоефективності, проблеми та напрями вдосконалення СЕМ. У 2019 році СумДУ посів друге місце серед українських університетів та 208-му позицію серед 790 ЗВО усього світу в UI GreenMetric World University Rankings. Доцільно відзначити найвищі оцінки СумДУ за показником «Енергія та зміна клімату» серед вітчизняних ЗВО. Окремою структурою, що займається питаннями СЕМ в СумДУ, є створений у 2016 році НДІ ЕТ СумДУ. Результатами діяльності інституту, крім формування СЕМ та політики енергоефективності й енергозбереження в СумДУ, стали виконання робіт з тепло- та гідроізоляції покрівель корпусів і великих лекційних аудиторій, будівництво котельні на твердому паливі для спортивно-оздоровчого центру «Універ», проведення заміни вікон та приладів опалення, утеплення понад 10 тис. м<sup>2</sup> фасадів, встановлення насосів підмішування у теплопунктах корпусів тощо. Поряд з цими досягненнями, авторами проаналізовано проблеми енергоменеджменту в ЗВО та запропоновано заходи для їх вирішення, а саме: створення револьверного фонду енергоефективності СумДУ, вдосконалення автоматизованої системи моніторингу тепло- й електроспоживання в ЗВО, популяризація енергозбереження серед здобувачів освіти та персоналу СумДУ, інших стейкхолдерів тощо. Ці заходи можуть бути з успіхом запроваджені і для інших українських ЗВО, забезпечуючи скорочення обсягів їх енергоспоживання та викидів парникових газів, сприяючи зміцненню фінансової безпеки закладів та виховуючи нове екологічно свідоме покоління українців.

У роботі здійснено узагальнений аналіз бар'єрів забезпеченню ефективного енергоменеджменту в студмістечках, серед яких виділено 4 групи перешкод: технічні, організаційні, економіко-фінансові, соціальні та освітні. Задля подолання бар'єрів авторами розроблено низку управлінських і мотиваційних заходів за групами стейкхолдерів енергозбереження в ЗВО, які охоплюють топ-менеджмент університету, його педагогічний, науковий та адміністративний персонал, здобувачів освіти, роботодавців, державні і місцеві органи влади. Імплементация запропонованих заходів за групами стейкхолдерів забезпечить підвищення функціонування СЕМ у ЗВО, сприятиме подоланню перешкод енергозбереженню.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ДСТУ 4472:2005. Системи енергетичного менеджменту [Електронний ресурс]. – Чинний від 2005-11-25. – Вид. офіц. – Київ : Держспоживстандарт України, 2006. – 20 с. – Режим доступу: [http://ksv.do.am/GOST/DSTY\\_ALL/DSTY3/dsty\\_4472-2005.pdf](http://ksv.do.am/GOST/DSTY_ALL/DSTY3/dsty_4472-2005.pdf) (дата звернення: 15.12.2020).
2. Енергетичний менеджмент у територіальних громадах [Електронний ресурс] / НТУУ «КПІ», Інститут енергозбереження та енергоменеджменту, 2020. — Режим доступу: [http://www.eeib.org.ua/files/training\\_documents/Energy\\_Management\\_in\\_Municipalities\\_Part\\_I\\_ukr.pdf](http://www.eeib.org.ua/files/training_documents/Energy_Management_in_Municipalities_Part_I_ukr.pdf) (дата звернення: 15.12.2020).
3. Федоряк Р. М. Імплементация стандарту ISO 50001:2011 у системі управління вищими навчальними закладами [Електронний ресурс] / Р. М. Федоряк // Ефективна економіка. – 2015. – № 4. – С. 6. – Режим доступу: [https://knutd.edu.ua/publications/pdf/Ukrainian\\_editions/Fedoriak20150608.pdf](https://knutd.edu.ua/publications/pdf/Ukrainian_editions/Fedoriak20150608.pdf) (дата звернення: 15.12.2020).
4. Доценко С. І. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Енергоменеджмент і енергетичний аудит систем електропостачання» / С. І. Доценко, В. А. Маляренко ; ред.: М. Л. Лисеченко. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 44 с.
5. Крутогорський Я. В. Механізм стимулювання впровадження технологій енергозбереження на промислових підприємствах: дис. ... канд. екон. наук / Я. В. Крутогорський. – Слов'янськ, 2017. – 197 с.
6. ДСТУ ISO 50001:2014. Системи енергетичного менеджменту [Електронний ресурс]. – Чинний від 2014-09-16. – Вид. офіц. – Київ : Мінекономрозвитку України, 2015. – 27 с. – Режим доступу: <https://quality.nuph.edu.ua/wp-content/uploads/2018/10/ДСТУ-ISO-50001-2015.pdf> (дата звернення: 16.12.2021).
7. Сапожніков С. В. Основи енергетичного менеджменту : Конспект лекцій / С. В. Сапожніков. – Суми : СумДУ, 2015. – 163 с.

8. UI Green Metric World University Rankings [Електронний ресурс] / ХНУР, 2020. – Режим доступу: <https://nure.ua/branch/viddil-benchmarkingu-ta-veb-menedzhmentu/mizhnarodni-rejtingi/ui-greenmetric-world-university-rankings> (дата звернення: 16.12.2020).

9. НЛТУ – перший серед «Зелених Університетів» України [Електронний ресурс] // НЛТУ України, 2020. — Режим доступу: <http://nltu.edu.ua/index.php/abiturientu/universytet-v-reitynhaakh/itemlist/category/143-greenmetric> (дата звернення: 16.12.2020).

10. UI GreenMetric World University Overall Rankings 2019 [Electronic resource] / UI GreenMetric, 2020. – Accessed mode : <http://greenmetric.ui.ac.id/overall-rankings-2019/> (date of access: 17.12.2020).

11. UI GreenMetric World University Rankings by Country 2019 [Electronic resource] / UI GreenMetric, 2020. – Accessed mode : <http://greenmetric.ui.ac.id/ranking-by-country-2019/> (date of access: 17.12.2020).

12. UI GreenMetric World University Rankings by Region 2019 [Electronic resource] // UI GreenMetric, 2020. – Accessed mode : <http://greenmetric.ui.ac.id/ranking-by-region-2019/> (date of access: 17.12.2020).

13. Wageningen University & Research [Electronic resource]. – Accessed mode : <https://www.wur.nl/en/About-Wageningen/Sustainability.htm> (date of access: 17.12.2020).

14. Environmental management [Electronic resource] / University of Oxford, 2020. – Accessed mode : <https://sustainability.admin.ox.ac.uk/environmental-management/reporting> (date of access: 17.12.2020).

15. The Sustainable 2nd Century [Electronic resource] / University of California, Davis, 2020. – Accessed mode : <https://sustainability.ucdavis.edu> (date of access: 17.12.2020).

16. 10 of the Greenest Universities in the UK. QS Top Universities, 2019. [Electronic resource]. – Accessed mode : <https://www.topuniversities.com/blog/10-greenest-universities-uk> (date of access: 17.12.2020).

17. Служба енергоменеджменту [Електронний ресурс] / Департамент адміністративно-господарської роботи НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2020. – Режим доступу: <http://agy.kpi.ua/відділи-2/служба-енергоменеджменту/> (дата звернення: 17.12.2020).

18. Енергоефективність в університетах [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://uk.wikibooks.org/wiki/Енергоефективність\\_в\\_університетах](https://uk.wikibooks.org/wiki/Енергоефективність_в_університетах) (дата звернення: 18.12.2020).

19. Комплексна цільова програма «Енергоефективний СумДУ» : наказ від 19.12.2013 р., №1033-І [Електронний ресурс] / СумДУ, 2013. – Режим доступу: <https://normative.sumdu.edu.ua/?task=getfile&tmpl=component&id=28d6d293-4270-e611-a40c-001a4be6d04a&kind=1> (дата звернення: 20.12.2020).

20. Положення про Науково-дослідний інститут енергоефективних технологій СумДУ : наказ від 31.08.2016 р., №0522-І [Електронний ресурс] / СумДУ, 2016. – Режим доступу : <https://normative.sumdu.edu.ua/?task=getfile&tmpl=component&id=28d6d293-4270-e611-a40c-001a4be6d04a&kind=1> (дата звернення: 20.12.2020).

21. Екологічна політика Сумського державного університету : наказ від 13.12.2019 р., №0912-І [Електронний ресурс] / СумДУ, 2019. – Режим доступу: <https://normative.sumdu.edu.ua/?task=getfile&tmpl=component&id=549d1662-b91d-ea11-945a-001a4be6d04a&kind=1> (дата звернення: 20.12.2020).

22. Енергоефективний університет [Електронний ресурс] / СумДУ, 2020. – Режим доступу : <https://sumdu.edu.ua/uk/about-sumdu/korysni-posylannia/green-university/energy-efficient-university.html> (дата звернення: 20.12.2020).

23. Інструкція про налаштування енергозберігаючих режимів роботи комп'ютерної техніки : розпорядження від 22.05.2020 р., №0008р. [Електронний ресурс] / СумДУ, 2020. – Режим доступу : <https://normative.sumdu.edu.ua/?task=getfile&tmpl=component&id=ac3b0a6d-14a0-ea11-95da-d4856459ca35&kind=1> (дата звернення: 20.12.2020).

24. Amber, K. P. Energy consumption forecasting for university sector buildings / K. P. Amber, M. W. Aslam, A. I. D. Mahmood, A. Kousar, M. Y. Younis, B. Akbar,

G. Q. Chaudhary, S. K. Hussain // *Energies*. – 2017. – № 10. – P. 1579. doi:10.3390/en10101579.

25. Cotton, D. R. E. Energy saving on campus: a comparison of students' attitudes and reported behaviours in the UK and Portugal / D. R. E. Cotton, Ch. Shiel, A. M. Finisterra do Paço // *Journal of Cleaner Production*. – 2016. – № 129. doi:10.1016/j.jclepro.2016.03.136.

26. Dong Woo Kim. Survey and analysis of energy consumption in university campuses [Electronic resource] / Dong Woo Kim, Jae Woong Jung, Ho Tae Seok, Jeong Hoon Yang // *International Conference on Sustainable Building Asia SB10 Seoul, 2010*. – Accessed mode : <https://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB17386.pdf> (date of access: 20.12.2020).

27. Jiafang Song. Simulation and analysis of a university library energy consumption based on EQUEST / Jiafang Song, Xuelin Zhang, Xiangquan Meng // *Procedia Engineering*. – 2015. – № 12. – P. 1382–1388. doi: 10.1016/j.proeng.2015.09.028.

28. Jomoah I. M. Energy management in the buildings of a university campus in Saudi Arabia – A case study / I. M. Jomoah, A. U. M. Al-Abdulaziz, R. S. Kumar // *4th International Conference on Power Engineering, Energy and Electrical Drives*. – Istanbul, 2013. – P. 659-663. doi: 10.1109/PowerEng.2013.6635688.

29. Li-juan Qu. Energy consumption prediction of university buildings in China and strategies for energy efficiency management / Li-juan Qu, Li-nan Lei, Wei Chen, Jin-yuan Qian // *Proceedings of the ASME 2015 Power and Energy Conversion*. – Conference PowerEnergy2015, June 28-July 2, 2015, San Diego, California. – P. 1-6.

30. Ying Han. Analysis on campus energy consumption and energy saving measures in cold region of China / Ying Han, Xuejie Zhou, Ruijiang Luo // *Procedia Engineering*. – 2015. – № 121. – P. 801–808.

31. Zhou, X. Survey of energy consumption and energy conservation measures for colleges and universities in Guangdong province / X. Zhou, J. Yan, J. Zhu, et al. // *Energy and Buildings*. – 2013. – № 66. – P. 112–118.

32. Maistry N. Promoting energy efficiency in a South African university [Electronic resource] / N. Maistry, T. M. McKay // *Journal of Energy in Southern Africa*. –

2016. – № 27 (3). – Accessed mode : <http://www.scielo.org.za/pdf/jesa/v27n3/01.pdf> (date of access: 20.12.2020).

33. Mentel G. Regional differentiation of electricity prices: Social-equitable approach / G. Mentel, T. Vasilyeva, Y. Samusevych, S. Pryymenko // *International Journal of Environmental Technology and Management*. – 2018. – № 21(5-6). – P. 354–372. <https://doi.org/10.1504/IJETM.2018.100583> (date of access: 20.12.2020).

34. Sineviciene, L. What makes countries to be energy efficient: case of Lithuania and Ukraine? / L. Sineviciene, I. Sotnyk, A. Lakstutiene, O. Kubatko // *Proceedings of the 2017 International Conference “Economic Science for Rural Development”*, No 45. Jelgava, LLU ESAF, 27-28 April 2017. – P. 213–220.

35. Sotnyk I. Current threats to energy and resource efficient development of Ukrainian economy / I. Sotnyk, I. Dehtyarova, Y. Kovalenko // *Actual Problems of Economics*. – 2015. – № 11. – P. 137–145.

36. Deshko V. I. University campuses energy performance estimation in Ukraine based on measurable approach / V. I. Deshko, O. M. Shevchenko // *Energy and Buildings*. – 2013. – № 66. – P. 582–590. doi: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.07.070> (date of access: 20.12.2020).

37. Енергоефективність та відновлювальна енергетика в Україні: проблеми управління : монографія / за заг. ред. І. М. Сотник. – Суми: ПФ «Видавництво «Університетська книга», 2019. – 247 с.

38. Kurbatova T. Economic benefits for producers of biogas from cattle manure within energy co-operatives in Ukraine / T. Kurbatova // *International Journal of Sustainable Energy Planning and Management*. – 2018. – № 18. – P. 69–80. <https://doi.org/10.5278/ijsepm.2018.18.5> (date of access: 20.12.2020).

39. Mohammadalizadehkorde M. Universities as models of sustainable energy-consuming communities? Review of selected literature / M. Mohammadalizadehkorde, R. Weaver // *Sustainability*. – 2018. – № 10. – P. 3250. doi:10.3390/su10093250.

40. Maiorano J. Barriers to energy efficiency and the uptake of green revolving funds in Canadian universities / J. Maiorano, B. Savan // *International Journal of Sustainability in Higher Education*. – 2015. – № 16. – P. 200–216.

41. Бюджетний Кодекс України від 20.09.2015 р., № 2456-VI [Електронний ресурс] / Верховна рада України, 2015. – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2456-17/ed20150920?lang=en#Text> (дата звернення: 23.12.2020).

42. Сафуліна К. Р. Енергозбереження в університетських містечках: посіб. / К. Р. Сафуліна, А. Г. Колієнко, Р. Ю. Тормосов. – К.: ТОВ «Поліграф плюс», 2010. – 328 с.

43. Шульга В. М. Підвищення енергоефективності вищого навчального закладу / В. М. Шульга, Д. С. Хандога // Причорноморські економічні студії. – 2016. – Вип. 9-2. – С. 68-71.

44. Greening Universities Toolkit. Transforming universities into green and sustainable campuses: A toolkit for implementers [Electronic resource] / UNEP, 2013. – Accessed mode : [http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/11273/Greening\\_unis\\_toolkit\\_Single\\_Page.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/11273/Greening_unis_toolkit_Single_Page.pdf?sequence=1&isAllowed=y) (date of access: 24.12.2020).

45. Greening Universities Toolkit V2.0. Transforming universities into green and sustainable campuses: A toolkit for implementers [Electronic resource] / UNEP, 2014. – Accessed mode : <http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/11964/Greening%20University%20Toolkit%20V2.0.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (date of access: 24.12.2020).

46. Денисюк С. П. Інтегровані системи енергоменеджменту як основа побудови сучасної політики енергоефективності вищих навчальних закладів / С. П. Денисюк, О. В. Бориченко // Вісник КНУТД. – 2013. – № 6. – С. 212–220.

47. Пшінько О. М. Аналіз впровадження енергозберігаючих заходів в університеті / О. М. Пшінько, Д. К. Яценко, В. Г. Кузнецов, М. В. Шаптала // Вісник КНУТД. – 2013. – № 6. – С. 344–352.

48. Пшінько О. М. Підвищення ефективності споживання електроенергії в університеті / О. М. Пшінько, В. Г. Сиченко, В. Г. Кузнецов, Д. К. Яценко // Енергозбереження. Енергетика. Енергоаудит. – 2012. – №10 (104). – С. 30–34.

## ДОДАТОК А

**Рейтинги ЗВО, що увійшли до топ-10 «зелених» університетів світу та України у UI GreenMetric World University Rankings 2019**

Таблиця А.1 – Місце ЗВО, що увійшли до топ-10 «зелених» університетів світу у UI GreenMetric World University Rankings 2019 [10]

Позиція у світі	ЗВО	Загальна кількість балів	Облаштування та інфраструктура	Енергія та зміна клімату	Відходи	Вода	Транспорт	Освіта та дослідження
1	Вагенінгенський дослідницький університет	9075	1125	1800	1800	1000	1550	1800
2	Оксфордський університет	9000	1200	1800	1800	1000	1625	1575
3	Каліфорнійський університет Девіса	8850	1300	1650	1725	1000	1525	1650
4	Університет Ноттінгема	8750	1250	1525	1800	925	1525	1725
5	Ноттінгемський Трентський університет	8700	1200	1675	1800	700	1525	1800
6	Екологічний кампус Біркенфельда Університету прикладних наук Тріра	8625	975	1775	1500	1000	1650	1725
7	Лейденський університет	8475	650	1850	1725	1000	1750	1500
8	Гронінгенський університет	8475	925	1575	1800	1000	1525	1650
9	Університетський коледж Корк	8375	900	1750	1725	775	1650	1575
10	Університет Бангора	8350	1025	1675	1725	425	1700	1800

Таблиця А.2 – Місце ЗВО, що увійшли до топ-10 «зелених» університетів України за рейтингом UI GreenMetric World University Rankings 2019 [10]

Позиція у світі	Позиція в країні	ЗВО	Загальна кількість балів	Облаштування та інфраструктура	Енергія та зміна клімату	Відходи	Вода	Транспорт	Освіта та дослідження
111	1	Український національний лісотехнічний університет	6900	1000	1125	1050	650	1275	1800
<b>208</b>	<b>2</b>	<b>Сумський державний університет</b>	<b>6050</b>	<b>950</b>	<b>1450</b>	<b>750</b>	<b>600</b>	<b>1100</b>	<b>1200</b>
409	3	Уманський національний університет садівництва	4900	1050	820	600	475	875	1075
419	4	Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка	4850	820	650	525	550	1000	1300
423	5	Тернопільський національний економічний університет	4800	650	1000	675	125	1075	1275
590	6	Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна	3950	750	700	1125	100	650	625
628	7	Харківський національний університет радіоелектроніки	3675	250	1000	600	150	925	750
673	8	Ужгородський національний університет	3100	600	650	525	100	500	725
675	9	Національний університет «Острозька академія»	3100	350	325	375	500	500	1050
701	10	Львівський національний університет імені Івана Франка	2700	900	650	150	0	475	525