

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ ЕНЕРГЕТИЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ У ТОВ «НАУКОВО-ВИРОБНИЧА ФІРМА «ЗОНД»

Досліджено ефективність системи енергетичного менеджменту у ТОВ «НАУКОВО-ВИРОБНИЧА ФІРМА «ЗОНД». Проведено аналіз споживання паливно-енергетичних ресурсів з урахуванням структури енергоспоживання та вартості, визначаючи перспективні напрямки для зменшення витрат. Описано конструктивні та експлуатаційні недоліки системи опалення та впроваджені заходи для раціонального використання газу. Розглянуті аспекти освітлення, включаючи перехід на світлодіодні лампи та використання природного освітлення. Виявлено проблеми тепловтрат та описано заходи з утеплення будівлі, включаючи економічний аналіз. Описано заходи, вжиті підприємством для забезпечення резервного живлення в умовах тривалих вимкнень електроенергії, а також проаналізовано їхню ефективність. Особлива увага приділяється вибору та застосуванню агрегатів безперервного живлення для підтримання функціонування критичних споживачів. Запропоновано використання спеціальних дахових світловодів. Зроблено висновки про важливість комплексного підходу до управління енергоефективністю підприємства в умовах сучасних викликів.

Ключові слова: енергетичний менеджмент, енергетичне аналізування, енергоефективні заходи, ефективність управління

Вступ

Організації та підприємства України витрачають значні фінансові ресурси на оплату споживаної енергії. Дефіцит енергетичних ресурсів, разом із нестабільністю цін на них, став основною складністю для всіх сфер промисловості.

Крім того, завершення 2022 року та початок 2023 року стали для України серйозним випробуванням [1]. Російські загарбники розпочали війну проти нашої енергетичної системи, наносячи руйнівні удари як по об'єктах генерації, так і по розподільним підстанціям. Це викликало планове та часто аварійне відключення електроенергії у всіх регіонах країни. Впровадження резервного живлення стало не просто корисною опцією на всякий випадок, але й нагальною життєвою необхідністю. У випадку відсутності електропостачання для побутових споживачів це часто призводить лише до незручностей, але для об'єктів інфраструктури та виробничих підприємств це може мати серйозні негативні наслідки.

Тому правильне управління та ефективне використання енергії привертає все більше уваги в сфері бізнесу. Компетентний менеджмент завжди розглядає можливості енергозбереження з мінімальними витратами. Впровадження системи енергоменеджменту може забезпечити правильний підхід до виявлення можливостей і підтримки покращень.

Мета та завдання

Метою роботи є оцінювання ефективності впровадженої системи енергетичного менеджменту у ТОВ «НАУКОВО-ВИРОБНИЧА ФІРМА «ЗОНД». Для досягнення цієї мети необхідно проаналізувати, як система енергетичного менеджменту може допомогти компанії протистояти труднощам, зумовленим енергетичною нестабільністю та військовим конфліктом.

Матеріал і результати досліджень

Основною спеціалізацією ТОВ «НАУКОВО-ВИРОБНИЧА ФІРМА «ЗОНД» є неруйнівний контроль, випробування та експертне обстеження (технічне діагностування) машин, механізмів, устаткування підвищеною безпеки. Фірма виконує повний цикл робіт у цій галузі, починаючи від стадії наукових досліджень.

ТОВ «Науково-виробнича фірма «Зонд» належать адміністративний корпус, лабораторні, виробничі та складські приміщення загальною площею понад 750 м²; транспортні засоби; дослідне виробництво з парком верстатного обладнання; технічні засоби (прилади, атестовані зразки, стаціонарні та переносні установки) й технології НКТД для надання послуг і навчання фахівців; випробувальне обладнання та контрольно-вимірні прилади для проведення випробувань; внутрішня комп'ютерна мережа.

У ТОВ «НАУКОВО-ВИРОБНИЧА ФІРМА «ЗОНД» впроваджено сертифіковану систему енергетичного менеджменту, яка ефективно функціонує та постійно поліпшується. Керівництво фірми несе відповідальність за підтримання функціонування системи енергетичного менеджменту та виділяє необхідні ресурси.

Основними задачами системи енергетичного менеджменту ТОВ є:

– підтримання витрат на енергоносії на мінімально-можливому (з врахуванням існуючого технічного стану) рівні з одночасним підтриманням умов перебування персоналу на рівні, що відповідає діючим нормативним документам;

– підготовка та впровадження технічних та організаційних заходів щодо зниження витрат на енергоносії та покращення умов перебування персоналу;

– впровадження системи стимулювання ощадного використання енергоресурсів на всіх рівнях.

Для спостереження за тенденцією використання паливно-енергетичних ресурсів фірмою проводиться постійне аналізування споживання паливно-енергетичних ресурсів з розбивкою по місяцях як в натуральних одиницях, так і у грошовому вираженні. Крім того, важливим при проведенні аналізування є знання структури енергоспоживання – частки кожного з видів енергоресурсів в загальних витратах.

Для встановлення ефективності прийнятих рішень з впровадження заходів щодо підвищення енергоефективності на даному підприємстві проаналізовано споживання енергії за останні п'ять років. Станом на кінець 2018 року баланс енергоспоживання в натуральних одиницях (рисунок 1) показував, що більшу частку займає споживання природного газу, а саме 70%. Споживання електроенергії займає 30%. Тому заходи з енергоефективності потрібно спрямовувати на зменшення споживання природного газу в першу чергу.

З іншого боку, проаналізувавши дані в грошовому вираженні (рисунок 2), стало зрозумілим, що з метою економії коштів доцільно впроваджувати заходи для зменшення споживання електроенергії. Адже, як видно з балансу енергоспоживання за 2018 р. в гривнях, 38% припадають на оплату за спожитий природний газ, 61% на оплату за спожиту електроенергію та лише 1% на оплату за холодне водопостачання.



Рисунок 1 - Баланс енергоспоживання в натуральних одиницях

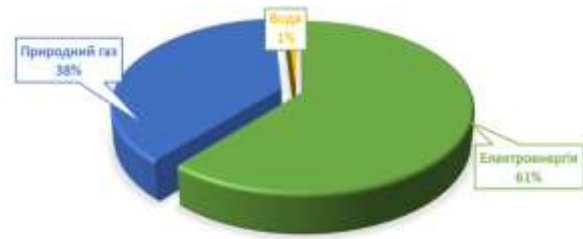


Рисунок 2 - Баланс енергоспоживання в грошовому вираженні

Загальний висновок полягає в тому, що ефективно управління енергоефективністю на фірмі вимагає комплексного підходу, зорієнтованого на конкретні дані щодо витрат та енергоспоживання. Обидва аспекти, тобто витрати в грошах та зменшення споживання, є важливими і взаємопов'язаними. Належне розуміння цих критеріїв дозволяє встановлювати першочерговість заходів з енергоефективності, спрямованих на покращення економічної та екологічної стійкості.

Однак, крім аналізування споживання паливно-енергетичних ресурсів актуальним є питання обстеження стану самих систем енергозабезпечення фірми. В статті розглянемо систему опалення та гарячого водопостачання, систему електрозабезпечення та систему освітлення.

На фірмі використовується система опалення на природному газі. Впроваджена двотрубна система опалення зазнала реконструкції у 2014 році. Тоді був встановлений новий газовий котел фірми Vaillant з максимальною тепловою потужністю 80 кВт. Нагрівальні елементи – сталеві водяні радіатори різної потужності (залежно від площі окремого кабінету). Усі радіатори обладнані терморегуляторами.

Водночас, за період роботи цієї системи опалення було виявлено низку недоліків. Зокрема, терморегулятори (термоголовки) змонтовані під кутом 45 градусів до вертикалі, тоді як вони мають встановлюватися горизонтально. Також, за результатами проведеного тепловізійного обстеження виявлено суттєву непропорційність температури радіаторів у різних частинах корпусу. Так, кабінети, які розташовані далі від котельного приміщення, нагріваються значно гірше, ніж ті, які є ближчими до джерела тепла.

Специфіка діяльності фірми полягає в частих відрядженнях персоналу, тому з метою раціонального споживання природного газу було прийнято рішення підтримувати тепловий режим на зниженому рівні, а у кабінетах, де залишались працівники, догрівати за допомогою електричних обігрівачів.

Так як в адміністративному корпусі персонал перебуває досить тривалий час, у санвузлах, в кімнаті для розігрівання їжі, а також в санвузлі гардеробної кімнати на першому поверсі передбачене гаряче водопостачання. В усіх випадках гаряче водопостачання забезпечується водяними електронагрівачами

накопичувального типу. В кімнаті розігрівання їжі – нагрівач об’ємом 15 л, споживана потужність 1,6 кВт. Санвузол (два туалети) оснащений нагрівачем води об’ємом 30 л, потужністю 2 кВт. У гардеробній (дві кімнати з шафами для спецодягу працівників) є умивальник та духова кабіна, які забезпечуються гарячою водою за допомогою нагрівача води об’ємом 50 л, потужністю 2 кВт.

Таким чином, гаряче водопостачання забезпечується виключно за допомогою електроенергії. Водночас, близьке розташування споживачів теплої води до нагрівачів зменшує тепловтрати, спричинені окремими втратами тепла в трубопроводах.

Система освітлення адмінкорпусу фірми виконана в основному з використанням накладних стельових світильників на чотири лампи з цоколем G13. Початково ці світильники були оснащені газорозрядними лампами, тому до їх комплекту входили спеціальні електричні стартери для газорозрядних ламп. Пізніше більшість газорозрядних ламп були замінені на світлодіодні такого ж типорозміру. Відповідно, усе додаткове електрообладнання світильника було демонтовано, а цоколі ламп з’єднані паралельно. На цей час на підприємстві замінені усі лампи розжарювання на світлодіодні. Газорозрядні лампи ще використовуються у кількох кабінетах.

Також, важливе значення має і природне освітлення. Зокрема, у світлу пору доби при ясній погоді використовувати додаткове штучне освітлення немає потреби, особливо у кабінетах, розташованих з південного боку. Водночас, коридор другого поверху, як правило, не отримує достатньо освітлення крізь скління дверей кабінетів. Цю проблему частково вирішує штучне освітлення. Проте, у коридорі було б доцільно використовувати датчики руху для вмикання-вимикання освітлення.

За результатами аналізування різних заходів з підвищення енергоефективності саме утеплення будівлі фірми стало найоптимальнішим із варіантів, адже це дозволяло шляхом зменшення тепловтрат зовнішніми огорожувальними конструкціями відразу отримати економії природного газу та електроенергії. Захід щодо утеплення реалізовано в 2020 році. В якості утеплюючого матеріалу застосовано пінополістирольні плити теплопровідністю 0,04 Вт/(м·К), товщиною 0,15 м. Площа утеплення склала 337,67 м². Проведений техніко-економічний аналіз запропонованих заходів підтвердив його ефективність та окупність (таблиця 1). Крім того, отримано додаткову шумоізоляцію від вулиці та покращено естетичний вигляд корпусу.

Таблиця 1. Результати розрахунку техніко-економічних показників

Загальна вартість проведення утеплення (грн)	$Q_{H,use}$ Вт·год (до утеплення)	$Q_{H,use}$ Вт·год (Після утеплення)	Економія енергії (Вт·год) в рік	Економія в коштах (Вт·год·грн) в рік	Термін окупності заходу енергоефективності (роки)
547025,4	414345193,8	328602055	85743,13886	60457,6622	9,01

Для підтвердження ефективності розглянемо динаміку зміни споживання електроенергії та природного газу за останні 5 років. Результати подано на рисунках 3-4.

Аналізуючи динаміку споживання бачимо, що утеплення будівлі дало позитивний ефект для зниження споживання електроенергії за рахунок відмови від догріву приміщень електричними нагрівачами. Однак, як показує динаміка в грошовому вираженні значний вплив мають тарифи на ті чи інші енергоносії. Зростання тарифу на природний газ дало значне збільшення оплати. Що ще раз підтвердило ефективність заходу щодо економії природного газу та доцільність комплексного підходу до встановлення першочерговості впровадження заходів з енергоефективності.

Якісне впровадження систем енергетичного менеджменту закладає у тому числі фундамент кризового реагування на енергетичні виклики.

ТОВ «НАУКОВО-ВИРОБНИЧА ФІРМА «ЗОНД» не припиняла своєї діяльності ні на початку російського вторгнення, ні під час цілеспрямованої атаки на енергосистему України. Часті і тривалі вимкнення електроенергії змусили керівництво підприємства в доволі стислий термін впровадити певні рішення щодо резервного живлення споживачів електроенергії, без яких неможлива діяльність підприємства. Такими споживачами є мережеве та серверне обладнання, ПК окремих робочих місць та система опалення (газовий котел з вбудованим циркуляційним насосом).

Так як система опалення повинна бути постійно увімкнена в холодну пору року, тому для неї було вибрано агрегат резервного живлення на акумуляторах. Було обрано систему, яка складається окремо з гелевого акумулятора (12 В, 250 А·год) та інвертора/зарядного пристрою KEMOT PROsinus-800. Оскільки споживана електрична потужність котла становить не більше 260 Вт, тому така система забезпечує роботу газового котла впродовж 5-6 годин.

Роботу серверного, мережевого обладнання, а також ПК окремих працівників вдалося забезпечити за допомогою бензинового генератора з вихідною електричною потужністю 1,8 кВт. Таке рішення було

тоді типовим для більшості малих бізнесів. Сприяли цьому значна власна територія фірми та ангари великої площі, що давало змогу використовувати бензиновий генератор тривалий час у відповідності до всіх вимог безпеки. Потужності генератора вистачало якраз для роботи серверного та мережевого обладнання, а також на роботу до десяти ПК (переважно типу ноутбук). Обмін даними з серверами здійснювався з використанням безпроводної мережі (WiFi). Серверне обладнання доводилось також перемикаєти вручну до подовжувача, який приєднаний до генератора.

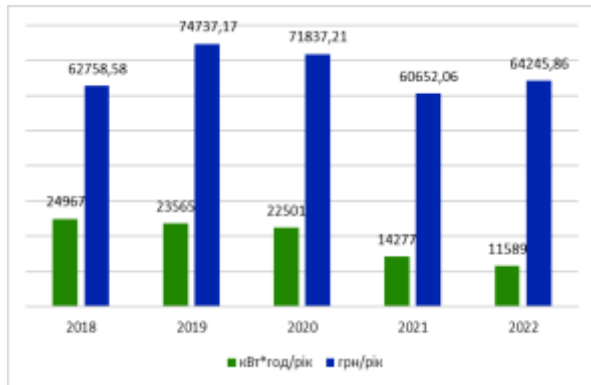


Рисунок 3 – Динаміка споживання електроенергії

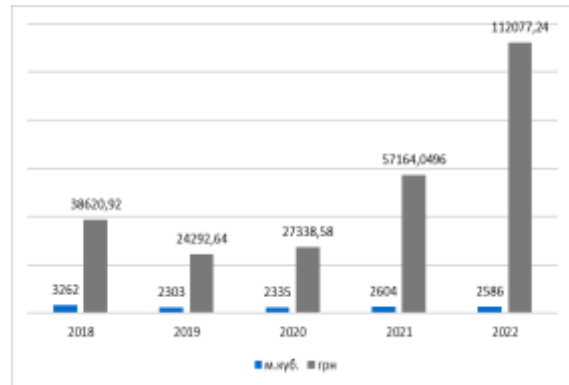


Рисунок 4 – Динаміка споживання природного газу

Проведено аналіз роботи підприємства в період тривалих аварійних вимкнень електроенергії. Було виявлено низку як незначних, так і суттєвих недоліків описаних вище заходів щодо забезпечення електроенергією споживачів підприємства. Це і не дивно, враховуючи невідповідність підприємства до такого розвитку подій. Отже, виявлено наступні недоліки:

- так як електромережа підприємства не передбачає під'єднання резервних джерел електроенергії, то перемикаєння серверів, комп'ютерної мережі та ПК на резервне живлення здійснювалося «вручну» зі значною перервою і з деякими незручностями;

- доводилося робити імпровізовану мережу живлення в актовому залі, де було організовано робочі місця більшість працівників, а за допомогою розгалужувачів вдавалося подати живлення на ПК усіх працівників та забезпечити необхідний рівень освітлення;

- при розміщенні працівників (понад 10 чол.) у актовому залі неможливо забезпечити дотримання санітарно-гігієнічних норм щодо мінімальної площі приміщення на одного працівника (не менше 6 м²) [2], мінімального повітрообміну, мінімальних відстаней тощо;

- значна вартість електроенергії, що виробляється бензиновим генератором (близько 36 грн за 1 кВт-год при тарифі від 5 до 6 грн./кВт-год для підприємств у 2022 році);

- незручності, пов'язані з роботою бензинового генератора (заміна мастила, доливання пального, облік мотогодин роботи генератора, часті переміщення з приміщення назовні і навпаки, шум та шкідливі викиди при роботі генератора);

- неможливість використання бензинового генератора підприємствами, які розташовані в багатоповерхових офісних будівлях;

- обмежений час роботи газового котла від акумуляторної батареї.

Таким чином, основний акцент зроблено на застосуванні агрегатів безперервного живлення (АБЖ). Сформульовано наступні основні вимоги до системи резервного живлення для малих підприємств на основі АБЖ:

- час неперервної роботи споживачів від АБЖ повинен становити не менше 8 год (тривалість робочого дня);

- АБЖ має бути інтегрований у внутрішню електромережу, забезпечуючи надійне живлення для важливих споживачів;

- в основі АБЖ має бути система подвійного перетворення, що забезпечить найбільш якісні параметри вихідного електричного струму;

- перевагу слід надавати літій-іонним акумуляторним батареям, так як такі акумулятори характеризуються великим ресурсом роботи, значною глибиною розрядження та високими струмами зарядження і розрядження;

- система повинна передбачати можливість підключення додаткових пристроїв живлення, у тому числі відновних джерел, тобто бути придатною до розширення спроможностей (future-ready);

– керування системою має відбуватися автоматично за допомогою логічного контролера, а також з можливістю віддаленого керування та моніторингу (для цього можна використати технології інтернету речей);

– усі розетки лінії резервного живлення повинні бути обладнані захистом від перевищення споживаної потужності (в межах максимальної споживаної потужності ПК).

На основі аналізу споживачів електроенергії, які потребують резервного живлення, та вивчивши різні варіанти АБЖ, було обрано найбільш оптимальне рішення. Таким рішенням став АБЖ виробництва компанії Schneider Electric під брендом APC, а саме Smart-UPS Ultra On-Line Li-Ion 10 кВА (рисунок 5). Це сучасне рішення щодо резервного живлення невеликих офісів, в основі якого є система подвійного перетворення електричного струму, літій-іонна акумуляторна батарея, корпус горизонтального чи вертикального типу. Один з найважливіших параметрів установки є форма напруги, яка є максимально наближеною до ідеальної синусоїди.

За допомогою такої системи буде можливо забезпечити неперервне живлення робочих ПК, серверів та мережі. Також, стає можливим організувати необхідний рівень освітлення робочих місць. І, що важливо, не буде потреби працівникам переносити свої робочі місця в один зал, де буде брак простору та свіжого повітря. Проте, щоб максимально використати переваги пропонованої системи, доведеться здійснити реконструкцію внутрішньої електромережі з урахуванням усіх аспектів та технічних нюансів.

З метою збільшення тривалості роботи обладнання виключно від системи резервного живлення, варто вжити деякі енергоощадні заходи. Зокрема, не повинні вмикатися електричні нагрівальні прилади, електрочайники, мікрохвильові печі, електричні нагрівачі води тощо.

Проблемою стає використання лазерних принтерів. Їх безпосереднє використання можливе лише при увімкненні електроенергії ззовні. При живленні від АБЖ варто користуватися принтерами струменевого типу, які споживають суттєво менше електроенергії, ніж лазерні.

Штучне освітлення повинно забезпечуватися лише з використанням енергоефективних світлодіодних ламп. Також доцільно максимально використовувати природне освітлення. Рівень освітленості на робочому столі в зоні розташування документів має бути в межах 300–500 лк [3], а коефіцієнт природної освітленості (КПО) має бути не нижче ніж 1,5%.

Виходячи з наведених вище умов, варто розглянути можливість використання спеціальних дахових світловодів (рисунок 6). Дахові світловоди вмонтовуються між дахом та стелею приміщення, що дає змогу подавати денне світло у найменш освітлені частини будинку. Дахові світловоди здатні проводити до 99% денного світла в середину приміщення [4]. Таке рішення може значно збільшити КПО і знизити використання штучного освітлення, а, отже, збільшити тривалість роботи обладнання від акумуляторів АБЖ.



Рисунок 5 – Загальний вигляд АБЖ Smart-UPS Ultra On-Line Li-Ion 10 кВА

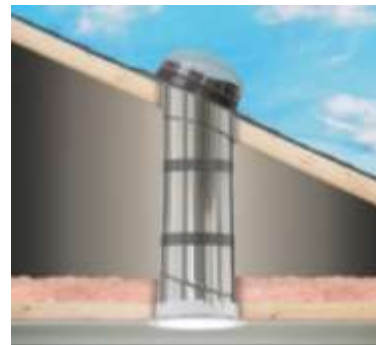


Рисунок 6 – Даховий світловод VELUX TGR

Висновки

Проведений аналіз споживання паливно-енергетичних ресурсів науково-виробничою фірмою «Зонд» з розбивкою за місяцями та в грошовому вираженні надає детальний огляд та визначає структуру енергоспоживання, що є важливим кроком для розробки ефективних стратегій управління. Комплексний підхід до встановлення пріоритетності заходів з енергоефективності є ключовим для досягнення успішних результатів. Динаміка зміни споживання енергії підтверджує, що ефективність заходів не обмежується лише економією ресурсів, але також допомагає вирішувати проблеми економічної стійкості та сталого розвитку підприємства. Важливо враховувати вплив тарифів на рішення з енергоефективності, оскільки зміни в цінах на енергоносії можуть суттєво впливати на економічні вигоди від проведених заходів.

Крім того, ситуація в країні створює все нові виклики для бізнесу, в тому числі енергетичні. Запропоновані технічні рішення забезпечать неперервну роботу підприємства при аварійних вимкненнях

електроенергії без зміни розташування робочих місць, з дотриманням усіх санітарних норм в кризові періоди.

Отже, впроваджена система енергетичного менеджменту у ТОВ "НАУКОВО-ВИРОБНИЧА ФІРМА «ЗОНД» продемонструвала свою ефективність та постійне поліпшення, що свідчить про високий рівень управління енергоефективністю на підприємстві.

Список використаної літератури

1. Резервне живлення дому, квартири, офісу. URL: <https://inteleng.com.ua/blog-uk/rezervne-zhivlennya-domu-kvartiri-ofis> (дата звернення: 15.12.2023).
2. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. [Чинний від 1999-12-01]. Вид. офіц. Київ, 1999. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va042282-99#Text> (дата звернення: 16.12.2023).
3. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. [Чинний від 1999-12-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2018. 133 с.
4. VELUX Sun Tunnel® Rigid Skylights. URL: <https://www.veluxusa.com/products/sun-tunnels/rigid> (дата звернення: 18.12.2023).

I. Vashchysyak¹, Cand. Sc. (Eng.), Assoc. Prof, ORCID 0000-0002-9078-6726

Yu. Movchan¹, Master

¹Ivano-Frankivsk National University of Oil and Gas

EFFICIENCY OF IMPLEMENTATION OF THE ENERGY MANAGEMENT SYSTEM AT RESEARCH AND PRODUCTION COMPANY 'ZOND' LTD

To ensure the correct approach to energy management and efficient use by enterprises and organizations, an energy management system is being implemented. The article is about effectiveness of the energy management system at the 'ZOND' LLC. An analysis of the use of fuel and energy resources is carried out, taking into account the structure of energy consumption and cost. It is established that in order to ensure rational consumption, it is necessary to apply a comprehensive approach to analyzing and prioritizing the proposed energy efficiency measures. The constructive and operational shortcomings of the heating system are described. The implemented measures for the rational use of gas are presented. Lighting aspects are considered, including the transition to LED lamps and the use of natural light. Significant heat losses by external envelope structures are revealed and the implemented measures for the building insulation with polystyrene insulation boards (EPS) are described. The results of the economic analysis are presented. The effectiveness of the measures taken by the enterprise to ensure backup power supply in the conditions of prolonged power outages is analyzed. The analysis of the enterprise's work during prolonged emergency power outages is carried out. A number of both minor and significant shortcomings of the described measures to provide electricity to the company's consumers have been identified. Particular attention is paid to the selection and use of uninterruptible power supply units to keep critical consumers running. The use of special skylights, also known as solar daylight tubes or light tubes, to reduce the use of artificial lighting is proposed. A conclusion is made about the effectiveness of an integrated approach to managing the energy efficiency of an enterprise in the context of modern challenges and a high level of energy efficiency management at this enterprise is confirmed.

Keywords: energy management, energy analysis, energy efficiency measures, management efficiency

References

1. Backup power for homes, apartments, offices. Accessed: December 15, 2023. [Online]. Available: <https://inteleng.com.ua/blog-uk/rezervne-zhivlennya-domu-kvartiri-ofis>.
2. Sanitary norms for microclimate in industrial premises, DSH 3.3.6.042-99, Kyiv, Ukraine, 1999. Accessed: December 16, 2023. [Online]. Available: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va042282-99#Text>.
3. Natural and artificial lighting, DBN V.2.5-28:2018. Ministry of Regional Development of Ukraine. Kyiv, Ukraine, 2018.
4. VELUX Sun Tunnel® Rigid Skylights. Accessed: December 18, 2023. [Online]. Available: <https://www.veluxusa.com/products/sun-tunnels/rigid>.

Надійшла: 09.01.2024

Received: 09.01.2024