

Іван ПЕРЕГІНЕЦЬ^{1,2},

канд. техн. наук, директор

ORCID: 0000-0003-3812-6509

¹Академії будівництва України, м. Київ

²ТОВ «НТЦ АБУ», м. Київ

МОНІТОРИНГ ПОКАЗНИКІВ ТА КРИТЕРІЇВ ОЦІНКИ СПОЖИВАННЯ ЕНЕРГІЇ ЖИТЛОВИМИ БУДИНКАМИ

Наукова стаття розкриває роль моніторингу споживання енергії об'єктами житлової нерухомості протягом життєвого циклу, що є невід'ємною складовою підвищення енергетичної ефективності. Проведено аналіз існуючої методики оцінки енергетичної ефективності спорудження об'єктів нерухомості.

Досліджено перспективні концепції методів оцінки показників та критеріїв енергетичних потреб будівель при забезпеченні комфортних умов перебування в них людей. Дослідження вказують, що застосування системи постійного моніторингу показників енергоспоживання за критеріями енергоефективності дає значну економію ресурсів зі зменшенням вартості утримання та експлуатаційних витрат. Обґрунтовані перспективи впровадження моніторингу показників енергоефективності. Доведено доцільність інтегрального підходу до моніторингу показників та критеріїв оцінки енергоспоживання, включаючи всі етапи життєвого циклу будівель і споруд. Методика, запропонована автором статті може бути застосована окремим енергоменеджером та відділами енергетичного менеджменту комунальних підприємств, управителями багатоквартирних житлових будинків.

Значна увага роботи енергоменеджменту приділяється збору та аналізу даних про споживання паливно енергетичних ресурсів в будівлях та спорудах комунальної та бюджетної сфери, включаючи гуртожитки закладів освіти різних ступенів акредитації. При цьому інвестори та управителі житлових будинків мають можливість забезпечити: коректну роботу обладнання; створення архіву даних енергоспоживання; виявлення методів і засобів для найбільшого підвищення енергоефективного потенціалу.

В статті розкрито використання «ET-діаграми» та «ET-кривої» як базових складових моніторингу показників та критеріїв оцінки споживання енергії житловими будинками.

Рекомендовано проведення щотижневого енергомоніторингу для своєчасного виявлення непередбачуваних витрат ПЕР та усунення можливих несправностей.

Застосування методики, приведеної в статті, є доцільним як для окремих житлових будинків так і комплексів будівель, кварталів, мікрорайонів та котеджних містечок з централізованою системою подачі ПЕР.

На основі результатів досліджень визначені основні принципи моніторингу показників споживання енергії, які сприяють підвищенню фінансово-економічних показників об'єктів. Запропонований підхід організації моніторингу показників та критеріїв оцінки споживання енергії житловими будинками дозволяє ретельно аналізувати споживання ресурсів та прогнозувати об'єми їх використання на перспективу, включаючи застосування BIM-технологій.

Ключові слова: *моніторинг, енергетична ефективність, BIM-технології, енергогенерація, нульовий баланс споживання енергії, інноваційне будівництво, життєвий цикл споруди.*

Постановка проблеми.

Житловий фонд України включає близько 900 000 000 м.кв. загальних площ, розташованих в 280 000 багатоквартирних та 6 500 000 індивідуальних житлових будинках. Станом на кінець 2024 р., внаслідок російської військової агресії, розрушено або повністю зруйновано понад 60 000 000 м.кв. житла. Понад 95 % житлових споруд не пройшли термомодернізацію. Споживання енергії в таких будівлях для забезпечення мінімальних санітарних норм складає: 280-450 кВт·м.кв./ рік. Цей показник в 8-10 разів перевищує європейські стандарти енергоефективності, визначені Директивами ЄС: 2024/1275 щодо енергоефективності будівель, яка прийнята в травні 2024 р.; Директива ЄС з енергоефективності 2023/1791, що вступила в силу в жовтні 2023 р.

Постійно зростаюче споживання енергії будівлями і спорудами, зменшення запасів природних ресурсів, погіршення якості навколишнього середовища – є важливими аргументами необхідності вирішення задач сталого розвитку суспільства. Головну роль в задоволенні поточних і глобальних потреб якості життя та позитивного впливу на довкілля відіграє інноваційне спорудження об'єктів нерухомості. Існуюча практика проектування, будівництва і експлуатації будівель в Україні не завжди здатна вирішити вище названі проблеми, забезпечити належний рівень комфортності проживання людини та безпечного впливу на оточуюче середовище.

Актуальність теоретично-методологічного дослідження моніторингу показників та критеріїв оцінки споживання енергії житловими будинками зумовлена недостатнім розвитком теоретичної бази в галузі ресурсозбереження та екологічного будівництва, відсутності системного підходу до управління життєвим циклом будівельного об'єкта, слабким розвитком методичних підходів оптимізації вибору ефективних рішень енергозбереження та енергогенерації в будівлях, а також недостатністю структурованості комплексних показників оцінки ефективності ресурсозберігаючих рішень на практиці.

Теоретичні і прикладні наукові дослідження з теоретичного обґрунтування енергозбереження та практичного втілення ресурсозберігаючих технологій та економічних показників енергетичної ефективності приведені в наукових працях В.П. Ніколаєва, Генри С. Харрисона, В.І. Гордєєва, В.А. Жовтянського, Є.П. Забело, В.Г. Кузнєцова, С.О. Кукель О.М. Суходоля, В.М. Геєця, С.Ф. Єрмілова, Н.В. Мици, В.П. Розена, Ю.П. Яшенка та інших.

Аналіз останніх досліджень і публікацій показує, що теоретично-методологічна база досліджень спрямована на вивчення проблеми зменшення енергоємності економіки України, забезпечення промисловості енергетичними ресурсами, обґрунтуванню рівня енергоефективності. Водночас не вирішеними залишаються питання вдосконалення принципів моніторингу показників енергоспоживання та розробки відповідних фінансово-економічних моделей ефективності експлуатації житлових будинків. До проблем, що потребують вирішення відносяться:

1. Розробка методів впровадження системи моніторингу показників та критеріїв оцінки споживання енергії існуючих багатоквартирних житлових

будівель різних типових серій при ремонті інженерних систем, капітальному ремонті чи реконструкції.

2. Включення моніторингу показників енергоспоживання до проектів різних форматів нового житлового будівництва, включаючи періоди будівництва, утримання та експлуатації.

3. Приведення показників енергетичної ефективності житлових будинків до європейських стандартів.

4. Застосування ВІМ-технологій при реконструкції і будівництві житлових будинків, включно з періодом експлуатації.

5. Отримання вихідної інформації для розробки проектів підвищення енергетичної ефективності будівель.

6. Виявлення та усунення причин нераціонального використання паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР) в житловій будівлі в процесі експлуатації.

7. Оцінка фактичної економії ПЕР за рахунок впровадження енергоефективних заходів.

Виклад основного матеріалу.

Мета проведення енергомоніторингу в житловій будівлі – це раціональне використання енергії. Постійний контроль над витратою енергії дозволяє:

- виявити джерела невірних витрат енергоресурсів;
- оптимізувати режим експлуатації будівлі та обладнання;
- своєчасно виявити відхилення в енергоспоживанні, викликані технічними проблемами, що виникають при експлуатації будівель та обладнання;
- забезпечити оперативність дій щодо усунення причин завищеного енергоспоживання;
- оцінити ефективність енергозберігаючих проектів;
- забезпечити формування навичок з енергозбереження в експлуатаційного персоналу.

Енергомоніторинг є необхідним інструментом як після реалізації проекту з енергоефективності, так і протягом всього терміну експлуатації будівлі.

В доповнення до виявлення та усунення надлишкового споживання енергії і води, енергомоніторинг дозволяє власнику будівлі та експлуатаційному персоналу забезпечити: більш правильну експлуатацію технічних установок; документування результатів енергозберігаючих заходів; допомогу у виявленні будівель з найбільшим потенціалом підвищення енергоефективності; швидке реагування на наслідки змін в режимах експлуатації; краще бюджетування витрат на ПЕР.

Енергомоніторинг базується на періодичній (щотижневій, щоденній) реєстрації енергоспоживання, вимірювання зовнішньої температури і температури всередині приміщення .

Основний інструмент системи енергомоніторингу – діаграма «Енергія – Температура» (ЕТ-діаграма). На горизонтальній осі відкладається «середня зовнішня температура» за добу/тиждень [С], а вертикальна вісь показує «споживання енергії» на одиницю опалювальної площі за ту саму добу/тиждень [кВтг/м²]. ЕТ-діаграма включає покази вимірів спожитої енергії і відповідної зовнішньої температури на протязі деякого проміжку часу (рис. 1.) В даному випадку кожне значення відповідає одному тижню. Отримана в результаті вимірів «лінія» називається «ЕТ-крива».



Рис. 1. ET-діаграма

Кожна будівля має свою унікальну ET-криву. ET-крива будується на основі результатів енергетичних розрахунків, виконаних відповідним програмним забезпеченням, в процесі проведення енергоаудиту та надається енергоменеджеру міста разом з технічним звітом.

ET-крива (рис. 2.) показує, яке енергоспоживання повинне бути при різних зовнішніх температурах при правильній експлуатації – цільове значення. Якщо енергоспоживання за добу / тиждень відрізняється на 5-10% від цільового значення, то слід вжити дій по виявленню причин цього та коригуванню.

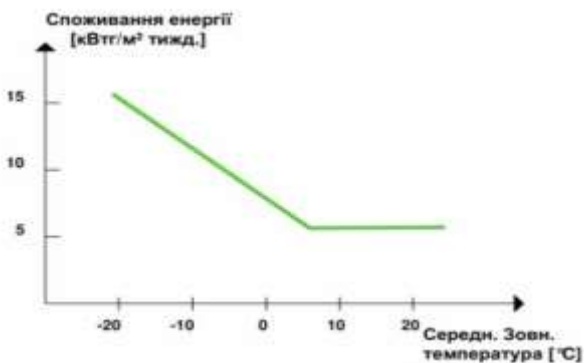


Рис. 2. ET-крива

Процедури системи енергомоніторингу, що здійснюються на методології ET-кривої, повинні виконуватись в наступному порядку:

- знімання показів лічильника(ів) в будівлі раз в добу/тиждень і розрахуйте питому витрату енергії;
- реєстрація середньої зовнішньої температури для відповідного періоду;
- нанесення показання енергоспоживання будівлі за добу / тиждень на ET-діаграму.

Відхилення від ET-кривої вказують на несправне обладнання чи неправильну

установку параметрів роботи. Слід провести перевірку і виконати необхідний ремонт або налаштування.

Основним показником ефективності впровадження заходів з енергозбереження є економія енергетичних ресурсів за опалювальний період в Гкал та грн., яка розраховується за формулою:

$$E_{к1} = Q_{\text{баз.}} - Q_{\text{факт.}}, \quad (1)$$

$$Q_{\text{факт.}} = Q_{\text{факт.0}} \times \text{ГД норм.} / \text{ГД факт.}; \quad (2)$$

де $Q_{\text{факт.0}}$ – кількість теплоспоживання опалювального періоду, Гкал.;

ГД норм. – кількість градусодіб базового періоду;

ГД факт. – градусодоби, розраховані по фактичній температурі зовнішнього повітря за відповідний період (доба, тиждень, місяць).

Застосування технології інформаційного моделювання (ВІМ) об'єктів житлового будівництва дозволяє найбільш якісно проводити моніторинг використання всього переліку ресурсів. Особливо важливим є застосування ВІМ-технології для моніторингу витрат ПЕР на етапі експлуатації в автоматичному режимі.

Зменшення енергетичної залежності новобудов та існуючого фонду нерухомості впливає на загальний розвиток економіки, підвищенню рівня життя громадян. У світовій енергетичній сфері одним із фундаментальних факторів формування попиту на енергоресурси є – зростання валового внутрішнього продукту (ВВП) та зниження його енергоемності за рахунок підвищення енергоефективності та зміни структури палива, а також скорочення розриву в енергоемності економік між країнами. Використання екологічних, економічних та енергозберігаючих технологій (сонячні батареї, спеціальні утеплювачі, емності для збору дощової води, рекуператори системи вентиляції та енергії стічних вод, теплові насоси) у процесі будівництва приватних і громадських будівель допомагає істотно скорочувати загальне споживання води, тепла та електрики. Наприклад, у Німеччині дуже розвинене будівництво нового типу будівель – «пасивних будинків», які практично не потребують опалення внаслідок застосування спеціалізованої технології утеплення та герметизації оболонки будівлі. Саме німці придумали стандарт Passivhaus («Пасивний будинок»): у 1996 році інженер Вольфганг Файст створив цілий Інститут пасивних будинків (усього їх у Німеччині й Австрії вже більше 20 тисяч). Принцип проекту: будинок – «термос», який може опалюватися сонцем завдяки величезним вікнам і від енергії, яку виробляють люди та електроприлади. Місто Фрайбург – один із чемпіонів світового енергоруку, де працюють два відомих центри освіти, наукових досліджень та інновацій у галузі альтернативної енергетики: Institute for Solar Energy Systems (ISE) и SolarInfo Center (SIC). Найцікавіша частина екокварталу «Сонячне поселення» – 59 енергетично активних будинків, які опалюються тільки з використанням енергії вітру і сонця й ще видають надлишкову енергію місту. Архітектор Рольф Діш збудував дерев'яні будинки, утепив їх і встановив на кожному даху величезні сонячні батареї. У наслідок цього кожний із будинків виробляє енергії у повтори рази більше, ніж використовує. Яскравими прикладами стабільних міст у Швеції є міста Гетеборг і Ельвстранден (центральне місто на річці Гета-Ельвія). В цих містах побудовані пасивні будинки, створена система утилізації відходів тощо, тому їхня діяльність не зашкоджує навколишньому середовищу. Приведені приклади дають змогу

стверджувати, що розвинені країни активно сприяють просуванню технологій з впровадження інновацій в галузі екології, спрямовані на захист здоров'я громадян та збереження екологічно чистого природного середовища. Влада підтримує «еко-ініціативи» громадян, влаштовує різні конкурси, присвоює гранти на розвиток технологій, що використовують відновлювальні джерела енергії (сонце, вітер). Підраховано, що близько 50 % населення планети живе в містах і міських поселеннях. Ці великі спільноти створюють як проблеми, так і великі можливості для екологічних цілеспрямованих ідей щодо створення життєздатної архітектури засобом екологічного проектування енергоефективних житлових будівель.

В Україні недостатньо проводяться інформаційно-освітні заходи громадян та фахівців нерухомості стосовно застосування енергоефективних технологій.

Архітектори та інженери мають втілювати ідеї, які базуються на інтегрованому підході в проектуванні будинків з високою енергетичною ефективністю та постійному моніторингу показників і критеріїв оцінки споживання енергії, приведенному (рис. 3.)



Рис. 3. Будинок «Business House M» з нульовим внутрішнім балансом споживання енергії, розроблений фахівцями НТЦ Академії будівництва України

На увагу заслуговують проекти будинків з близьким до нульового споживанням енергії. До відновлюваних джерел енергії, які можуть бути застосовані в будівлях з нульовим балансом енергетичного споживання відносяться: геліоколектори; сонячні електростанції; вітрові електростанції; рекуперативні установи систем приточно-витяжної вентиляції; рекуперативні установи очистних систем каналізації; теплові насоси (повітря-повітря; повітря-вода; ґрунт-вода; вода-вода); когенераційні установи електро та теплозабезпечення.

Існує декілька визначень ZEB, які іноді помилково покладаються взаємозамінними (табл. 1).

Будинки з нульовим зовнішнім балансом енергії генерують стільки ж енергії, скільки споживають, якщо порівняння робити з урахуванням специфіки зовнішніх джерел енергії. Такий аналіз є достатньо складним.

Будинки з нульовим внутрішнім балансом енергії генерують стільки ж енергії, скільки споживають в межах однієї будівлі. Дане визначення є корисним в практичному відношенні, оскільки воно контролюється за допомогою натурних вимірювань. Воно також сприяє розробці енергетично ефективних проектних рішень.

Визначення ZEB-будівель

№	Визначення ZEB-будівель за відповідними характеристиками
1	Будівлі з нульовим зовнішнім балансом енергії
2	Будівля з нульовим внутрішнім балансом енергії
3	Будівлі з нульовими фінансовими витратами на енергію
4	Будівлі з нульовим балансом викидів в навколишнє середовище за рахунок споживання енергії

Будинки з нульовими фінансовими витратами на енергію в більшості випадків становлять найбільший інтерес для власників, які прагнуть до забезпечення енергетичної ефективності та використання відновлюваних енергетичних ресурсів. Дане визначення, як і визначення ZEB з нульовим внутрішнім балансом, легко контролюється шляхом аналізу фінансових рахунків.

Будинки з нульовим балансом викидів в навколишнє середовище за рахунок споживання енергії, відповідні четвертому визначенням ZEB, відрізняються своєю взаємодією з навколишнім середовищем. Це, можливо, найкраща модель, яка сприяє використанню енергетичних ресурсів, що не завдають шкоди навколишньому середовищу. Однак, як і в разі ZEB з нульовим зовнішнім балансом енергії, скрутним є контроль шляхом обчислення відповідних показників.

Формування нульового або позитивного балансу споживання енергії відбувається за допомогою роботи енергогенеруючого обладнання відновлюваних джерел. Надмірна кількість енергії, яка була вироблена ZEB-будівлею в денний час, направляється в мережу. Вночі ж, коли споживання змінюється і будівля справляє менше енергії, ніж необхідно, її відсутня частина знову надходить з мережі. Простіше кажучи електрична мережа виступає в ролі накопичення і зберігання енергії.

Будинки з нульовим енергобалансі, згідно з документом, можуть бути настільки енергоефективні, наскільки цього вимагає реальна ситуація, без будь-яких обмежень. Якщо будівля генерує необхідну кількість енергії тільки з поновлюваних джерел, то цього достатньо, щоб відповідати стандартам ZEB. Концепція ж пасивних будинків передбачає чіткі вимоги до норми допустимого споживання енергії на квадратний метр в рік, що говорить про значне розходження цих двох понять.

Теоретично-методологічні основи проектування будівель нульової енергії базуються на постановці та вирішенні задач ефективного використання ресурсів кожного етапу життєвого циклу споруди.

Висновки. Споживання енергетичних ресурсів житловим фондом України є надзвичайно витратним, перевищуючи на 500-800% світові стандарти. Моніторинг показників та критеріїв оцінки споживання енергії житловими будинками є невід'ємною складовою проектування, будівництва і експлуатації відповідних основних фондів країни. Сучасні технології моніторингу споживання енергоресурсів, включаючи ВІМ-технології, дозволяють оптимізувати витрати при дотриманні критеріїв комфортного перебування людей в приміщеннях будівлі. Впровадження системи моніторингу енерговитрат житлових будинків потребує комплексної роботи держави, органів місцевого самоврядування, власників особистих домогосподарств, бізнесу та наукового-освітньої

професійної спільноти України. Інформаційно-освітні програми навчання власників та управителів житлових будинків на основі існуючих в Україні прикладів раціонального використання енергії має стати частиною соціально-економічних програм розвитку регіонів та комплексних планів просторового розвитку територій громад.

Список літератури:

1. Методика моніторингу енергоспоживання. URL: https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PA00MD8N.pdf
2. Статистичні дані житлового фонду Держстату України. URL: https://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2020/zf/zf_reg/zf_reg21_eu.xls
3. Перегінець І.І. Кластерні форми організації будівельного виробництва в умовах розвитку соціально-економічних трансформацій сучасної України. *Містобудування та територіальне планування*. 2017. Вип. 64. С. 560-569.
4. Савицький М.В., Бендерський Ю.Б., Перегінець І.І., Бабенко М.М. Показники енергоефективності малоповерхових екобудинків з використанням місцевих матеріалів. *Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Серия: Создание высокотехнологических экокомплексов в Украине на основе концепции сбалансированного (устойчивого) развития*. 2011. Вип. 60. С. 168-170.
5. Савицький М.В., Бендерський Ю.Б., Юрченко Є.Л., Перегінець І.І., Коваль О.О., Бабенко М.М. Світовий досвід енергоефективного будівництва з місцевих матеріалів та доцільність його використання в умовах України. *Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Серия: Инновационные технологии жизненного цикла объектов жилищно-гражданского, промышленного и транспортного назначения*. 2011. Вип. 61. С. 375-381.
6. Перегінець І.І., Савицький М.В., Куліченко І.І., Коваль О.О. Адміністративно-територіальна реформа в Україні як джерело розвитку малоповерхового житлового домобудування. *Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Серия: Инновационные технологии жизненного цикла объектов жилищно-гражданского, промышленного и транспортного назначения*. 2015. Вип. 82. С. 149-153.
7. Перегінець І.І., Савицький М.В., Коваль О.О., Бабенко М.М., Пипа В.В. Ефективність інноваційних моделей будівельного виробництва в умовах конкурентного середовища. *Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Серия: Инновационные технологии жизненного цикла объектов жилищно-гражданского, промышленного и транспортного назначения*. 2016. Вип. 91. С. 115-118.
8. Перегінець І.І., Назаренко І.І., Савицький М.В., Юрченко Є.Л., Коваль О.О., Бринзін С.В. Синергетичний ефект кластерних домобудівних стратегій житлового сектору України в умовах соціально-економічних трансформацій. *Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Серия: Создание высокотехнологических экокомплексов в Украине на основе концепции сбалансированного (устойчивого) развития*. 2016. Вип. 87. С. 92-97.
9. Перегінець І.І., Савицький М.В., Юрченко Є.Л., Коваль О.О., Ковтун-Горбачова Т.А., Коваль А.С., Зезюков Д.М., Махінько М.М. Розвиток малоповерхового житлового будівництва України через житлово-будівельну кооперацію. *Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Серия: Инновационные технологии жизненного цикла объектов жилищно-гражданского, промышленного и транспортного назначения*. 2014. Вип. 77. С. 139-143.
10. Назаренко М.І., Перегінець І.І., Бринзін С.В. Моделювання структури

мобільних комплектів машин для організації технології процесів зведення енергоефективних будинків нового покоління. *Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Серия: Инновационные технологии жизненного цикла объектов жилищно-гражданского, промышленного и транспортного назначения*. 2017. Вып. 100. С. 115-117.

References:

1. Metodyka monitoringu enerhospozhyvannya, from https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PA00MD8N.pdf
2. Statystychni dani zhytlovoho fondu derzhstatu Ukrainy, from https://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2020/zf/zf_reg/zf_reg21_eu.xls
3. Pereginets, I.I. (2017). Cluster forms of organization of construction production in the conditions of development of socio-economic transformations of modern Ukraine. *Urban planning and territorial planning*. Issue 64. P. 560-569. http://nbuv.gov.ua/UJRN/MTP_2017_64_75.
4. Savitskyi, M.V., Benderskyi, Yu.B., Pereginets, I.I., Babenko, M.M. (2011). Energy efficiency indicators of low-rise eco-buildings using local materials. *Construction. Materials science. Mechanical engineering. Series: Creation of high-tech eco-complexes in Ukraine based on the concept of balanced (sustainable) development*. Issue 60. P. 168-170. http://nbuv.gov.ua/UJRN/smmcvtek_2011_60_32.
5. Savitskyi, M.V., Benderskyi, Yu.B., Yurchenko, E.L., Pereginets, I.I., Koval, O.O., Babenko, M.M. (2011). World experience in energy-efficient construction from local materials and the feasibility of its use in the conditions of Ukraine. *Construction. Materials Science. Mechanical Engineering. Series: Innovative technologies of the life cycle of objects of residential, civil, industrial and transport purposes*. Issue 61. P. 375-381. http://nbuv.gov.ua/UJRN/smmit_2011_61_65.
6. Pereginets, I.I., Savitsky, M.V., Kulichenko, I.I., Koval, O.O. (2015). Administrative and territorial reform in Ukraine as a source of development of low-rise residential housing. *Construction. Materials Science. Mechanical Engineering. Series: Innovative technologies of the life cycle of objects of residential, civil, industrial and transport purposes*. Issue 82. P. 149-153. http://nbuv.gov.ua/UJRN/smmit_2015_82_25.
7. Pereghinets, I.I., Savitsky, M.V., Koval, O.O., Babenko, M.M., Pipa, V.V. (2016). Effectiveness of innovative models of construction production in a competitive environment. *Construction. Materials science. Mechanical engineering. Series: Innovative technologies of the life cycle of residential, civil, industrial and transport objects*. Issue 91. P. 115-118. http://nbuv.gov.ua/UJRN/smmit_2016_91_17.
8. Pereghinets, I.I., Nazarenko, I.I., Savitsky, M.V., Yurchenko, E.L., Koval, O.O., Brynzin, E.V. (2016). Synergetic effect of cluster house-building strategies in the housing sector of Ukraine in conditions of socio-economic transformations. *Construction. Materials science. Mechanical engineering. Series: Creation of high-tech eco-complexes in Ukraine based on the concept of balanced (sustainable) development*. Issue 87. P. 92-97. http://nbuv.gov.ua/UJRN/smmcvtek_2016_87_14.
9. Pereginets, I.I., Savitsky, M.V., Yurchenko, E.L., Koval, O.O., Kovtun-Gorbacheva, T.A., Koval, A.S., Zezyukov, D.M., Makhinko, M.M. (2014). Development of low-rise housing construction in Ukraine through housing and construction cooperation. *Construction. Materials science. Mechanical engineering. Series: Innovative technologies of the life cycle of objects of housing and civil, industrial and transport purposes*. Issue. 77. P. 139-143. http://nbuv.gov.ua/UJRN/smmit_2014_77_27.
10. Nazarenko, M.I., Pereginets, I.I., Brynzin, E.V. (2017). Modeling the structure of

mobile sets of machines for organizing the technology of processes for the construction of energy-efficient houses of a new generation. *Construction. Materials science. Mechanical engineering. Series: Innovative technologies of the life cycle of residential, civil, industrial and transport objects.* Issue 100. P. 115-117. http://nbuv.gov.ua/UJRN/smmit_2017_100_18.

Ivan PEREGINETS

Monitoring of indicators and criteria for assessing energy consumption by residential buildings

The scientific article reveals the role of monitoring energy consumption by residential real estate objects throughout the life cycle, which is an integral part of increasing energy efficiency. An analysis of the existing methodology for assessing the energy efficiency of real estate construction has been conducted.

Promising concepts of methods for assessing indicators and criteria for the energy needs of buildings while ensuring comfortable conditions for people to stay in them have been investigated. Studies indicate that the use of a system for continuous monitoring of energy consumption indicators according to energy efficiency criteria provides significant resource savings with a reduction in maintenance costs and operating costs. The prospects for implementing monitoring of energy efficiency indicators are substantiated. The feasibility of an integrated approach to monitoring indicators and criteria for assessing energy consumption, including all stages of the life cycle of buildings and structures, has been proven. The methodology proposed by the author of the article can be applied by an individual energy manager and energy management departments of municipal enterprises, managers of multi-apartment residential buildings.

Considerable attention in energy management work is paid to the collection and analysis of data on the consumption of fuel and energy resources in buildings and structures of the municipal and budgetary sphere, including dormitories of educational institutions of various degrees of accreditation.

At the same time, investors and managers of residential buildings have the opportunity to ensure: correct operation of equipment; creation of an archive of energy consumption data; identification of methods and means for the greatest increase in energy efficiency potential.

The article discloses the use of the "ET-diagram" and "ET-curve" as basic components of monitoring indicators and criteria for assessing energy consumption by residential buildings.

Weekly energy monitoring is recommended for timely detection of unforeseen PER costs and elimination of possible malfunctions. The application of the methodology presented in the article is appropriate for both individual residential buildings and complexes of buildings, blocks, neighborhoods and cottage towns with a centralized PER supply system. Based on the research results, the main principles of monitoring energy consumption indicators have been determined, which contribute to increasing the financial and economic indicators of facilities. The proposed approach to organizing monitoring indicators and criteria for assessing energy consumption by residential buildings allows for a thorough analysis of resource consumption and forecasting the volumes of their use for the future, including the use of BIM technologies.

Keywords: *monitoring, energy efficiency, BIM technologies, energy generation, zero balance of energy consumption, innovative construction, life cycle of the structure.*