

О.М. Назаренко, І.А. Назаренко, О.С. Іщенко, Т.М. Бесараб, М.В. Кулік

**МОДЕЛЮВАННЯ СТРАТЕГІЧНИХ ПРІОРИТЕТІВ
ПРИ ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ ПРОМИСЛОВИХ БУДІВЕЛЬ**

Анотація. Технологія генерації позитивних ідей базується на людському досвіді, потребі покращення технологічного процесу або зменшення експлуатаційних витрат виробництва та базовій кількості промислових відходів. В роботі вивчається питання аудиту промислових площ та огляд передових технологій виробництва будівельних матеріалів з відходів. Поточні виміри витрат енергоносіїв, перевищення лімітів та здорожчання ресурсів вимагає формувати науково-технологічні акценти для розробки комбінацій сумішей при формуванні будівельних матеріалів. В ході експериментів вивчено теплотехнічні властивості пінопласту, ековати, пінополістеролу, мінеральної вати, керамзиту, ековати з керамзитом. Досліди показують, що стандартні технології утеплення не працюють продуктивно у разі промислових будівель із мінімальним фінансуванням. Необхідна інтегрована технологія отримання субпродукту із вторинних ресурсів. Аудит відходів на підприємстві показав можливості використання первинних будівельних матеріалів для генерації субпродукту. Наявне обладнання з мінімальними доробками дозволяє отримувати новий продукт при ендотермічному процесі спучування керамзиту. Маркетинговий аналіз існуючих ізоляційних матеріалів довів, що присутність в мережах будівельних продуктів не забезпечує нормативні санітарні умови, навіть для промислових будівель. Можливість одержання матеріалів різної щільності зручна для використання на будь-якому підприємстві, при видачі рекомендацій щодо підвищення термічного опору оболонки. Ретельне вивчення геометричних параметрів будівель та регіональні кліматичні умови допомагають розробити теплотехнічний розрахунок існуючого стану та заходи по оптимізації ізоляційного стану. Стандартні бази статичних даних по ізоляційним матеріалам надають можливості формування рекомендацій щодо підвищення енергоефективності будівельної оболонки. Також доречно дослідження стану періоду здачі будівлі в експлуатацію. Адаптація існуючих будівель промислових та цивільних потребує більш глибоких досліджень та практичних рекомендацій по кожному будинку окремо. Потреба в термомодернізації чи реконструкції будівель в останній час стало особливо актуальним. Проведені дослідження термічного опору отриманого матеріалу показують зручність виробництва виробу дотримання санітарних умов будівель промислового підприємства.

Ключові слова: енерговитрати, аудит, експлуатаційні витрати, керамзит, оздоблення, зразок, впускування, ендотермічні процеси, ізоляційний шар.

Вступ. Матеріали і методи досліджень. Тенденція здорожчання енергоносіїв вимустила виробників перейти на альтернативні шляхи заміщення теплового балансу основних будівель. Моральний та фізичний знос основних фондів потребує уваги адміністрацій підприємств до збільшення витрат на термомодернізацію будівель, реконструкцію існуючих приміщень чи проектування нових об'єктів за сучасними вимогами енергоефективного будівництва. Залучення іноземного досвіду чи виховання молодих науковців ставить гостро питання перед адміністрацією підприємств.

В роботі продовжуються теплотехнічні дослідження та математичні пошукування таких вчених, як Никитин Е.Е., Шевцов А.И., Баранник В.О., Земляний М.Г., Карпенко Д.С., Дешко В.І., Патон Б.Е., Долинський А.А., Білодід В.Д., Додонов Б.І., Басок Б.І., Коробко Б.П., Ерьомін О.О., Губинський М.В., Прандтль Д., Хосокава Т., Івасакі М., Рябенко О.А., Цхай А.А., Епоян С.М., Пантелей Г.С., Малько В.Г., Кравчук С.М., Стольберг Ф.З., Карагяур А.С. За потреби промисловців подібні дослідження можливо виконати в конкретних умовах виробництва для адаптації результатів під необхідні потужності.

Мета та завдання. Дана робота виконувалась у відповідності до вимог надійності систем теплозабезпечення та забезпечення сталості економічного розвитку міст. Враховані вимоги забезпечення сталості розвитку інженерії стосується без виключення всіх об'єктів ЖКГ та промисловості.

Результати дослідження. Результати енергетичного аудиту промислової будівлі свідчать про перевищену витрату по тепловій, електричній енергії, що вказує на фізичну зношеність огорожувальних стінових та кровельних конструкцій. Застосування в якості каркасу будівлі колон та з'єднаних залізобетонними плитами надає міцність конструкції та будівництво велось в 1965 році з існуючих будівельних матеріалів.

Помісячне теплоспоживання за 2016-2018 роки головного корпусу, побутового корпусу, їдальні та блоку допоміжних цехів підприємств представлено в табл. 1. Для аналізу тепловтрат від погодних умов в таблицю додано середні помісячні температури навколишнього середовища та швидкості вітру.

Теплоспоживання за 2016-2018 роки

Місяць	2016			2017			2018		
	середньомісячна температура, °C	середньомісячна швидкість вітру, м/с	теплоспоживання, Гкал	середньомісячна температура, °C	середньомісячна швидкість вітру, м/с	теплоспоживання, Гкал	середньомісячна температура, °C	середньомісячна швидкість вітру, м/с	теплоспоживання, Гкал
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
січень	-5,1	3,5	5223	-4,8	3,8	5422	-2,4	4,1	4399
лютий	2,4	3,6	3086	-3,1	3,7	4945	-1,7	3,9	4185
березень	5,2	3,8	2160	6	3,8	3204	-0,3	4,2	4212
квітень	12,9	4,1	816	9,2	4	830	13,3	3,8	1262
травень	16	2,9	161	15,8	3,4	86	19,3	3,7	86
червень	21,6	2,9	72	21,4	3,1	83	22,8	3,5	83
липень	23,9	3,1	86	22,5	3,3	75	23,8	3,1	86
серпень	24,7	3,9	86	25,3	4,1	86	24,7	3,3	86
вересень	16	2,9	72	19,2	3,8	72	18,6	3,9	69
жовтень	7,2	4,1	1090	9,4	3,9	930	12,4	3,5	601
листопад	2,2	4	2842	3,9	3,7	2473	1,4	4,3	2150
грудень	-3,2	4,10	4352	4,5	3,9	2804	-0,9	4	4672
	Всього		20046	Всього		21010	Всього		21891

В графічному вигляді споживання теплової енергії за 2016-2018 роки будівель тадопоміжних приміщень представлено на рис 1.

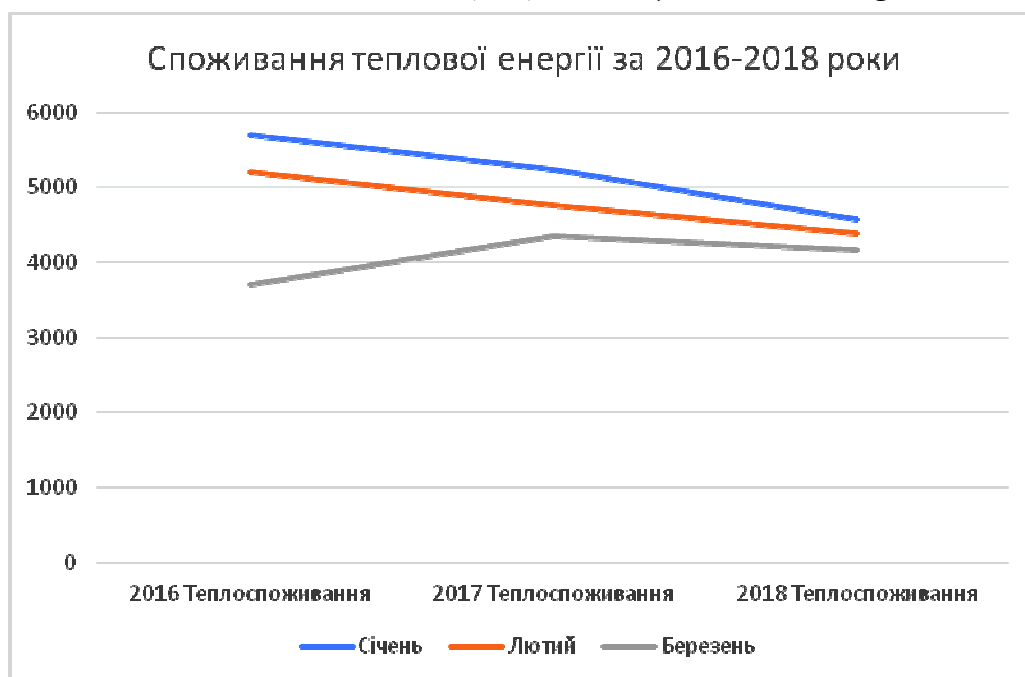


Рисунок 1 – Теплоспоживання за 2016-2018 роки, Гкал

Теплотехнічний розрахунок показав зависокі темпи енергоспоживання будівель, лише по одній стіні витрачається до 1147,39 МВт×годин/рік, підсумки по чотирьом стінам з залізобетонних плит з вікнами розміром 1,5 на 2 м складі 6119,42 МВт ×годин /рік.

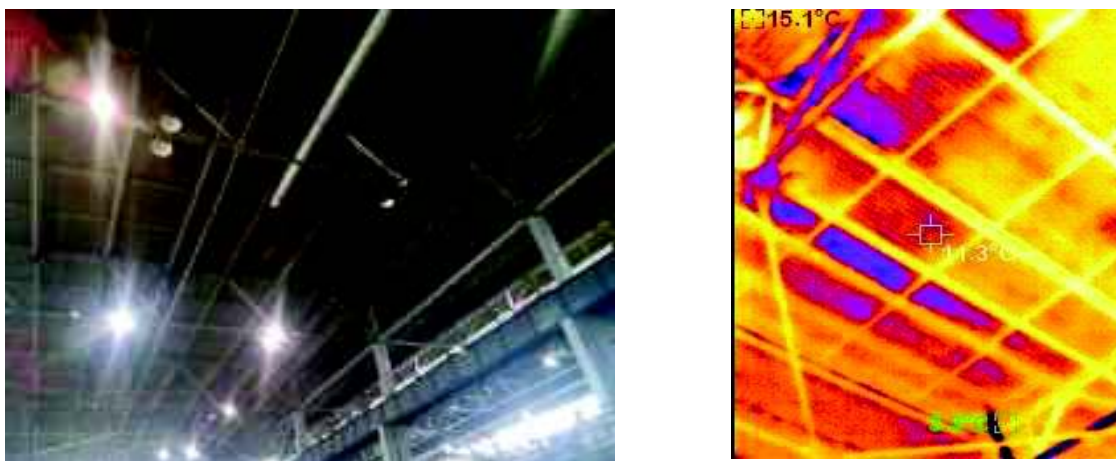


Рисунок 2 – Термографічна зйомка кровельних конструкцій

Загальна площа скління склала 2341 м². Загальне теплоспоживання складу кВт годин на рік, що виглядає вкрай негативно.



Рисунок 3 – Термографічна зйомка скління конструкції

Тепловитрати по кровельній конструкції складають 34421,8 МВт×год/рік.

Загальний коефіцієнт теплопередачі трансмісією складає 520060 Вт/К.

Нормативний коефіцієнт теплопередачі 17923 Вт/К.

Внутрішні теплові надходження 500,39 МВт ×годину/рік. Сонячні теплові надходження 240 Вт/м². Сонячна горизонтальна радіація 240 кВт×год/м². Загальне розрахункове енергоспоживання теплової енергії 134857 МВт×год/рік.

Рекомендації по модернізації стін сендвіч панелями дозволяє знизити споживання до 3620 МВт× годин/рік, до 69% загального обсягу теплоспоживання. При цьому методи демонтажні та монтажні операції займуть до 4 місяців, та бюджет, який підприємством не заплановано.

Робочим рішенням є обробка існуючих залізобетонних стін полістерольним утеплювачем з шаром 15 мм та наступним монтажем профнастилу С23 товщиною 0,6 мм. Ця операція по термомодернізації знизить обсяг теплоспоживання на 42% до 4309 МВт ×год/рік.

Залучення наукового товариства дозволяє отримати нову будівельну ізоляцію - ековату з додаванням вспученого керамзиту. На території виробництва існують склади зберігання керамзиту для господарських задач. Промислові муфельні печі дозволяють підтримувати температуру вспучення різних будівельних матеріалів від 75...350 град С. Температура вспучення дрібного керамзиту складає 175 град С, тривалість циклу складає 120 хвилин. Дослідні партії по 10 кг були випробувані в комбінації з ековатою під тиском 15 МПа. Отримані зразки мають коефіцієнт тепловіддачі 1,21 Вт/м² К. При наявності в промисловій будівлі оздоблювального шару з подібного матеріалу теплоспоживання складе 7500 МВт× год/рік.

Мінімальне допустиме значення опору теплопередачі зовнішньої стіни будівлі для другої температурної зони становить $R_{qmin} = 2,8 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$.

Найменування матеріалів для формування сендвічу стінової панелі

№ шару	Найменування матеріалу	Товщина шару, м	Коефіцієнт теплопровідності λ , Вт/мК
1	Силікатна цегла	0,54	0,87
2	Гіпсова штукатурка	0,02	0,3

Розрахунковий опір теплопередачі зовнішньої стіни визначається за формулою:

$$R_{\text{пр}} = \frac{1}{a_{\text{в}}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{a_{\text{з}}} \quad (1)$$

$a_{\text{в}}$ - коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції;

$a_{\text{з}}$ - коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції;

δ_i - товщина i -шару, розрахункової конструкції;

λ_i - розрахунковий коефіцієнт теплопровідності матеріалу;

n - кількість шарів захисної розрахункової конструкції.

За ДБН В.2.6-31:2016:

$a_{\text{в}}=8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \times \text{К})$;

$a_{\text{з}}=23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \times \text{К})$.

$$R_{\text{пр}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,54}{0,87} + \frac{0,02}{0,3} + \frac{1}{23} = 0,85 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}.$$

Так як умова $R_{\text{пр}} \geq R_{\text{qmin}}$ не виконується, конструкція стіни не відповідає нормативним вимогам з економічно доцільного опору теплопередачі. Забезпечити нормативне значення опору теплопередачі можливо шляхом влаштування утеплювача. Необхідна товщина утеплювача визначається за формулою:

$$\delta_3 = \left(R_{\text{qmin}} - \frac{1}{a_{\text{в}}} - \frac{\delta_1}{\lambda_1} - \frac{\delta_2}{\lambda_2} - \frac{1}{a_{\text{з}}} \right) \cdot \lambda_3 \quad (2)$$

$\lambda_3 = 0,064 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ - розрахунковий коефіцієнт теплопровідності мінеральної вати прийнятий за ДБН В.2.6-31:2016.

$$\delta_3 = \left(2,8 - \frac{1}{8,7} - \frac{0,54}{0,87} - \frac{0,02}{0,3} - \frac{1}{23} \right) \cdot 0,064 = 0,125 \text{ м}.$$

Приймаємо товщину утеплювача, кратну модулю 1/10М, що дає величину рівну 13см. З урахуванням нової товщини утеплювача опір теплопередачі зовнішньої стіни складе:

$$R_{\text{пр}} = \frac{1}{a_{\text{в}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{1}{a_{\text{з}}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,54}{0,87} + \frac{0,02}{0,3} + \frac{0,13}{0,64} + \frac{1}{23} = 2,89 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}.$$

Так як умова $R_{пр} \geq R_{qmin}$ виконується, конструкція стіни відповідає нормативним вимогам ДБН В.2.6-31:2016. «Теплова ізоляція будівель» з економічно доцільного опору теплопередачі.

Температура внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції:

$$t_{вп} = t_{в} - \left(\frac{t_{в} - t_{з}}{R_{пр} \alpha_{в}} \right) = 20 - \left(\frac{20 - (-21)}{2.89 \cdot 8.7} \right) = 18,37^{\circ}\text{C} \quad (3)$$

Температурний перепад між температурою внутрішнього повітря і температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції:

$$t_{пр} = t_{в} - t_{вп} = 20 - 18,37 = 1,630^{\circ}\text{C} \leq \Delta t_{cr} = 40^{\circ}\text{C} \quad (4)$$

Таблиця 3

Порівняльна характеристика матеріалів

№ п/п	Найменування	Товщина, мм	Коефіцієнт теплопровідності
1	Ековата з керамзитом	15	0,027
2	Напилюваний пенополіуретан	10	0,047
3	Напилюваний пенополіуретан	25	0,043
4	Базальтове волокно	50	0,046
5	Пінопласт	50	0,057

Зміна коефіцієнта тепловіддачі в напрямку зменшення, провокує просторові зміни в структурі молекули утеплювача. Потреба зменшення ваги комбінації утеплювача – наповнювача вимагає застосування ендотермічних процесів та формування матриці під тиском 15 МПа.

Залучення наукових шкіл по термоізоляції окремих молекул наповнювача створює передумови по формуванню та розробці нових композицій молекул утеплювача для застосування в різних галузях народного господарства при термомодернізації будівель.

Подібні заходи можливо диверсифікувати з точки зору щільності ізолятору, ваги, хімічної структури та методу нанесення на поверхню. Економічно доцільно підходити комплексно до питань термомодернізації кожного будинку та будівлі. Тільки від кваліфікації енергоаудитора залежить комплексність підходу та доцільність пропозицій. Виходячи з існуючої ситуації по стану ЖКГ та промисловим будівлям, є багато варіантів для виробничих досліджень.

Порівняльна характеристика товщини та властивостей матеріалів

№ п/п	Найменування	Товщина, мм	Коефіцієнт теплопровідності
1	Ековата з керамзитом	10	0,027
2	Ековата з керамзитом	15	0,022
3	Ековата з керамзитом	20	0,017
4	Ековата з керамзитом	30	0,012
5	Пінопласт	50	0,057

Доречність досліджень доведено крихким станом ЖКГ та потребою гнучкого регулювання теплофізичних показників утеплювачів. Будівельні матеріали окремо по кожній позиції по кожному об'єкту.

Особливою перевагою процесу термомодернізації є стійкий попит на будівельні матеріали. Доречна державна підтримка та погодження з вітчизняним виробником та науковими школами для оперативності та якісного вирішення питань підвищення енергоефективності до класу А (15 кВт годин на рік).

Висновки. Запропонована концепція генерації технологій виробництва та освоєння методологія термомодернізації промислових та житлових будівель здатна знизити експлуатаційні витрати по кожній будівлі на 37% у випадках одноваріантного шляху реконструкції та 72% при багатоваріантному проекту удосконалення огорожувальних конструкцій. Сама генерація методів будівельних сумішей дозволяє прискорити оновлення смарт міста та багатьох технопарків України та світу.

Модельовані результати порівнювалися з даними будівельного майданчику протягом двох років та отримано наступні результати:

- 1) Постійна тенденція зменшення тепловтрат стінових конструкцій на 36% в п'ятирічному інтервалі;
- 2) Запропоновано концепція виготовлення нових будівельних матеріалів;
- 3) Досліджено ефективний відведення вологи по огорожувальним конструкціям при застосуванні ізолятора (ековата+керамзит 30 мм);
- 4) Визначено економічні переваги оздоблювання промислових будівель у розмірі 6120 МВт×год/рік при одному об'єкті.

ЛІТЕРАТУРА / LITERATURE

1. Аналіз тарифоутворення у секторі централізованого теплопостачання країн Європейського союзу [Електронний ресурс], / Г.Г. Гелетука, Т.А. Желєзна, А.І. Баштовий // Аналітична записка БАУ №14. – 09 лютого 2016 р. – С.45. – Режим доступу: <https://saf.org.ua/wp-content/uploads/2016/02/Position-paper-UABIO-14-UA.pdf>.
2. Лауф Е. Модернизация рынка тепловой энергии и повышение энергоэффективности зданий объединенной Германии / Е. Лауф // Энергосовет. – 2016 – №1 (43). – С. 81-85.
3. Фігурка М.В. Аналіз зношеності теплових мереж в Україні: проблеми й шляхи вирішення / М.В. Фігурка // Економічний аналіз. – 2015. – Том 20. – С. 306 – 311.
4. Білодід В.Д. Вироблення та споживання теплової енергії в Україні у 2005 – 2013 роках / В.Д. Білодід // Проблеми загальної енергетики. – 2015. – Вип. 1 (40). – С. 39 – 46.
5. Коробко Б.П. Ефективні заходи з модернізації ОЕС України для запобігання її колапсу та підвищення рівня децентралізації генерації електрики / Б.П. Коробко, О.М. Лінник, Р.Е. Кануннікова // Промислова електроенергетика та електротехніка. – 2016. – №2 – 3. С 16 – 22.
6. Конкурентний ринок теплопостачання – основна передумова скорочення використання газу – Електрон. дан. – Режим доступу: http://www.kmu.gov.ua/control/publish/article?art_id=248883910.
7. Побудова ефективної моделі ринку теплової енергії в реаліях України / Карпенко Д.С., Дешко В.І. // Енергетика та електроифікація. – 2016.– №2. – С. 18 – 22.
8. Патон Б.Є. Приоритети Національної стратегії теплозабезпечення населених пунктів України / Б.Є. Патон, А.А. Долінський, В.М. Геець, В.П. Кухар, Б.І. Баскок, Є.Т. Базєєв, Р.З. Подолець // Вісник НАН України. – 2014. – № 9.– С. 1 – 19.
9. Білодід В.Д. Прогнозна структура теплозабезпечення України на період до 2040 року / Білодід В.Д. // Проблеми загальної енергетики. – 2016. – Вип. 1 (44). – С. 24 – 33.

REFERENCES

1. Analiz taryfoutvorennia u sektori tsentralizovanoho teplopostachannia krain Yevropeiskoho soiuzu [Elektronnyi resurs], / H.H. Heletukha, T.A. Zheliezna, A.I. Bashtovyi // Analitychna zapyska BAU №14. – 09 liutoho 2016 r. – S.45. – Rezhyim

dostupu: <https://saf.org.ua/wp-content/uploads/2016/02/Position-paper-UABIO-14-UA.pdf>.

2. Lauf E. Modernyzatsiia rynku teplovoi enerhyi y povyshenye enerhoeffektyvnosti zdanyi ob'edynennoi Hermanyy / E. Lauf // Enerhosovet. – 2016 – №1 (43). – S. 81-85.
3. Fihurka M.V. Analiz znoshenosti teplovykh merezh v Ukraini: problemy y shliakhy vyrishennia / M.V. Fihurka // Ekonomichniy analiz. – 2015. – Tom 20. – S. 306 – 311.
4. Bilodid V.D. Vyroblennia ta spozhyvannia teplovoi enerhii v Ukraini u 2005 – 2013 rokakh / V.D. Bilodid // Problemy zahalnoi enerhetyky. – 2015. – Vyp. 1 (40). – S. 39 – 46.
5. Korobko B.P. Efektyvni zakhody z modernizatsii OES Ukrainy dlia zapobihannia yii kolapsu ta pidvyshchennia rivnia detsentralizatsii heneratsii elektryky / B.P. Korobko, O.M. Linnyk, R.E. Kanunnikova // Promyslova elektroenerhetyka ta elektrotehnika. – 2016. – №2 – 3. S 16 – 22.
6. Konkurentnyi rynek teplopostachannia – osnovna peredumova skorochennia vykorystannia hazu – Elektron. dan. – Rezhym dostupu: http://www.kmu.gov.ua/control/publish/article?art_id=248883910.
7. Pobudova efektyvnoi modeli rynku teplovoi enerhii v realiiakh Ukrainy / Karpenko D.S., Deshko V.I. // Enerhetyka ta elektroyfikatsiia. – 2016. – №2. – S. 18 – 22.
8. Paton B.Ie. Pryoritety Natsionalnoi stratehii teplozabezpechennia naselenykh punktiv Ukrainy / B.Ie. Paton, A.A. Dolinskyi, V.M. Heiets, V.P. Kukhar, B.I. Baskok, Ye.T. Bazieiev, R.Z. Podolets // Visnyk NAN Ukrainy. – 2014. – № 9. – S. 1 – 19.
9. Bilodid V.D. Prohnozna struktura teplozabezpechennia Ukrainy na period do 2040 roku / Bilodid V.D. // Problemy zahalnoi enerhetyky. – 2016. – Vyp. 1 (44). – S. 24 – 33.

Received 13.10.2021.

Accepted 18.10.2021.

Modeling strategic priorities for thermal modernization of industrial buildings

The technology for generating positive ideas is based on human experience, the need to improve the technological process or reduce the operating costs of production and the basic amount of industrial waste. The work examines the audit of industrial buildings and an overview of advanced technologies for the production of building materials from waste. Current measurements of energy consumption, exceeding the limits and increasing the cost of resources require the formation of scientific and technological accents for the development of mixture combinations in the formation of building materials. In the course of the experiments, the thermal properties of polystyrene, ecowool, expanded polystyrene, mineral wool, expanded clay, ecowool with expanded clay were studied. Experiences show that standard insulation technologies do not work productively in the case of industrial buildings with minimal funding.

An integrated technology for obtaining a by-product from secondary resources is needed. Waste audit at the enterprise showed the possibility of using primary building materials for the generation of by-products. The available equipment with minimal modifications makes it possible to obtain a new product during the endothermic process of expanded clay swelling. The pressing of cotton wool with a lightweight expanded clay structure allows obtaining sheet materials of the required density up to 1 by 1 m in size. The flexibility of the obtained material allows it to be cut with a cutting tool to the required volume. The possibility of obtaining materials of different densities is convenient for use in any enterprise, when issuing recommendations for increasing the thermal resistance of the shell. The conducted studies of the thermal resistance of the obtained material show the convenience of manufacturing a product to comply with the sanitary conditions of an industrial enterprise. The experiments were carried out according to standard methods. The need to transfer buildings of industrial enterprises to an energy-saving heating mode is caused by the need to reduce the operating costs of enterprises.

**Моделирование стратегических приоритетов
при термомодернизации промышленных зданий**

Технология генерации положительных идей базируется на человеческом опыте, потребности в улучшении технологического процесса или уменьшении эксплуатационных издержек производства и базовом количестве промышленных отходов. В работе изучаются вопросы аудита промышленных зданий и обзор передовых технологий производства строительных материалов из отходов. Текущие измерения расхода энергоносителей, превышение лимитов и удорожание ресурсов требует формировать научно-технологические акценты для разработки комбинаций смесей при формировании строительных материалов. В ходе экспериментов изучено теплотехнические свойства пенопласта, эковаты, пенополистерола, минеральной ваты, керамзита, эковаты с керамзитом. Опыты показывают, что стандартные технологии утепления не работают продуктивно в случае промышленных зданий с минимальным финансированием. Необходимо интегрированная технология получения субпродукта из вторичных ресурсов. Аудит отходов на предприятии показал, возможности использования первичных строительных материалов для генерации субпродукта. Имеющееся в наличии оборудования с минимальными доработками позволяет получать новый продукт при эндотермическом процессе вспучивания керамзита. Возможность получения материалов разной плотности удобно для использования на любом предприятии, при выдаче рекомендаций по повышению термического сопротивления оболочки. Проведенные исследования термического сопротивления полученного материала показывают удобство производства изделия для соблюдения санитарных условий зданий промышленного предприятия.

Назаренко Олексій Миколайович – доцент кафедри будівельного виробництва та управління проектами, Національний університет «Запорізька політехніка».

Назаренко Ірина Анатоліївна – доцент кафедри електричних машин проектами, Національний університет «Запорізька політехніка».

Іщенко Олексій Сергійович – старший викладач кафедри будівельного виробництва та управління проектами, Національний університет «Запорізька політехніка».

Бесараб Тетяна Миколаївна – магістрант кафедри будівельного виробництва та управління проектами, Національний університет «Запорізька політехніка».

Кулік Михайло Валерійович – доцент кафедри будівельного виробництва та управління проектами, Національний університет «Запорізька політехніка».

Назаренко Алексей Николаевич – доцент кафедры строительного производства и управления проектами, Национальный университет «Запорожская политехника».

Назаренко Ирина Анатольевна – доцент кафедры электрических машин проектами, Национальный университет «Запорожская политехника».

Ищенко Алексей Сергеевич – старший преподаватель кафедры строительного производства и управления проектами, Национальный университет «Запорожская политехника».

Бессараб Татьяна Николаевна – магистрант кафедры строительного производства и управления проектами, Национальный университет «Запорожская политехника».

Кулик Михаил Валерьевич – доцент кафедры строительного производства и управления проектами, Национальный университет «Запорожская политехника».

Nazarenko Oleksii – Associate Professor of the Civil engineering Department, National University "Zaporizhzhya Polytechnic".

Nazarenko Iryna – Associate Professor of the Department of of Electric Machines, National University "Zaporizhzhya Polytechnic".

Ishchenko Oleksii – Senior Lecturer, Civil engineering Department, National University "Zaporizhzhya Polytechnic".

Besarab Tetiana – master's student of the Civil engineering Department, National University "Zaporizhzhya Polytechnic".

Kulik Mikhailo – Associate Professor of the Civil engineering Department, National University "Zaporizhzhya Polytechnic".