

сителів довільніше. Для СЗ ПДП-структури використовується кремній п-типа со структурою (111) для якого час життя неосновних носіїв заряду доволно велике, що надає більше впливу на енергоефективність, ніж велика густина поверхневих станів. Вище перераховані фактори призводять до того, що робота виходу на 0,15–0,17 эВ вище для СЗ МДП-структури, ніж для ПДП-структури, що дозволяє отримати відповідно велику висоту потенціального бар'єра.

Отримана кількісна оцінка впливу структури СЗ на його енергогенеруючу здатність підтверджує необхідність розгляду і врахування структури СЗ при проектуванні СФЕУ в складі ЕАОК.

Експериментально отримані дані свідчать про вплив конструкції побудови СЗ на їх енергогенеруючу здатність. Наявність таких даних підтверджує необхідність попереднього розгляду ефективності функціонування СЗ в різних умовах експлуатації. На основі такого прогнозу можливо створення електрогенеруючої установки в складі ЕАОК, яка має найбільш цілеспрямоване схемне рішення, з точки зору енергетичних, масогабаритних, техніко-економічних критеріїв.

Бібліографічні посилання

1. Андреев В. М. Фотоелектричне перетворення концентрованого сонячного випромінювання / В. М. Андреев, В. А. Грилихес, В. Д. Румянцев. – Л., 1989. – 310 с.
2. Раушенбах Г. Справочник по проектуванню сонячних батарей / Г. Раушенбах. – М., 1983. – 397 с.
3. Фаренбрух А. Сонячні елементи: Теорія і експеримент / А. Фаренбрух, Р. Бьюб : пер. з англ., під ред. М. М. Колтуна. – М., 1987. – 280 с.

Надійшла до редакції 10.10.09

УДК 621.3:662.997

В. О. Габринєць, В. Л. Марков, С. О. Митрохов, Л. В. Накашидзе, Г. І. Зарівняк
Дніпропетровський національний університет ім. Олесь Гончара

ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ПОБУДОВИ ЕНЕРГОАКТИВНИХ ОГОРОДЖЕНЬ ЯК ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Розглянуті особливості побудови, вимоги до складових елементів та матеріалів, а також варіанти конструктивного виконання енергоактивних огороджень.

Ключові слова: енергоактивне огородження, термічний опір будівлі, сонячне випромінювання, енергія навколишнього середовища

Розглянуті особливості побудови, вимоги до складових елементів та матеріалів, а також варіанти конструктивного виконання енергоактивних огороджень.

Ключевые слова: энергоактивное ограждение, термическое сопротивление здания, солнечное излучение, энергия окружающей среды.

Features of construction, the requirement to components and materials, and also variants of a design of power active protections are considered.

Key words: energyactive protection, thermal resistance of building, sun radiation, energy of environment.

Постановка проблеми та її зв'язок з науково-практичними задачами. За даними економічної комісії ООН в європейських країнах (в Україні в тому числі) на житловий сектор і сферу обслуговування припадає близько 30 % всього національного енергоспоживання. Виходячи з цього, головна увага при реконструкції та проектуванні житлових будинків приділяється покращенню їх експлуатаційних характеристик та мінімізації втрат енергії при збереженні якісних показників і сучасного рівня стандартів житла.

Основні витрати енергії при експлуатації будинків пов'язані з:

- забезпеченням мікроклімату, з компенсацією теплових втрат будинку в холодний період року та кондиціонуванням у теплий;
- гарячим і холодним водопостачанням та водовідведенням;
- організацією штучного освітлення, використанням електричних побутових машин, пристроїв технічної комунікації, роботою ліфтів у багатоповерхових будинках, тощо.

Огляд публікацій. На сьогодні практично всі проблеми з енергозбереження вирішуються інженерними засобами, які спрямовані на підвищення показників термічного опору огорожувальних конструкцій будинків та підвищення коефіцієнту корисної дії встановленого в них устаткування і приладів [1]. Це пов'язано зі значними трудовитратами та витратами фінансово-матеріальних ресурсів при будівництві і подальшій експлуатації споруд зі зведеними до мінімуму тепловими втратами. За сучасними економічними критеріями, витрати на організацію теплового захисту для так званих «суперізолюваних» будинків (будинків з нульовими тепловтратами) окупитися не можуть.

З цієї точки зору перспективним є напрям енергозбереження, пов'язаний з підвищенням показників термічного опору будівель з одночасним використанням для їх енергозабезпечення відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) [2–4]. Будинок розглядається також як система, яка, будучи взаємопов'язаною з навколишнім середовищем, активно сприймає з нього розсіяну низькопотенціальну енергію з наступним доведенням її до необхідного рівня. Однак, механічне приєднання до об'єктів традиційної архітектури елементів, призначених для використання ВДЕ (сонячних колекторів, фотоелектричних батарей, тощо) призводить до недостатньої реалізації функціональних можливостей систем енергозабезпечення (СЕЗ), збільшення навантаження на конструкцію та не завжди вдалої зміни архітектури будівель. Усунути ці недоліки можливо шляхом використання енергоактивних огорожень (ЕО).

Метою роботи є аналіз особливостей побудови енергоактивних огорожень, вимог до їх складових елементів і матеріалів, розробка конструктивних рішень ЕО.

Результати досліджень. У порівнянні зі звичайними (пасивними) огорожувальними конструкціями, ЕО дозволяють скеровано отримувати, перетворювати, перерозподіляти та акумулювати енергію. Їх використання забезпечує позитивний енергетичний баланс між надходженням енергії від сонячного випромінювання й довкілля та її втратами. При побудові енергоактивного огороження важливим є проведення аналізу кліматичних особливостей району будівництва. Це необхідно для визначення можливостей забезпечення частки енергетичних потреб об'єкта за

рахунок сонячної енергії та вибору відповідної орієнтації ЕО. Наприклад, тільки розміщення на південній і східній стінах енергосприймальних елементів з ККД 30...40 % може компенсувати теплові втрати споруди. ЕО стає рентабельною, якщо число ясних сонячних днів складає 60...70 % від загального числа днів опалювального періоду. При меншій кількості ясних днів ефективність ЕО суттєво знижується.

Енергосприймальна панель ЕО повинна виготовлятися з матеріалів, механічні, теплові та хімічні властивості яких задовольняють функціональним та експлуатаційним вимогам. Поглинальна здатність панелі в оптичному діапазоні сонячного випромінювання, якщо на її величину не впливають особливі естетичні вимоги, повинна бути не меншою 0,9. Вона повинна бути розрахована на тиск, який відповідає допустимому робочому тиску в сонячному контурі СЕЗ, і зберігати міцність та герметичність при гідравлічних випробовуваннях тиском, рівним двократному робочому. Трубопроводи панелі, які розподіляють рідкий теплоносій, включаючи з'єднувальні трубопроводи, потрібно конструювати такими, щоб можна було забезпечити гарантоване заповнення теплоносієм без утворення повітряних порожнин, а також очищення та продування в умовах експлуатації.

Лакофарбове або селективне покриття металевої енергосприймальної панелі повинно зберігати свої оптичні властивості за високих вологості та температурі (до плюс 190 °С) при забезпеченні її естетичного зовнішнього вигляду. Світлопрозора теплоізоляція є одним з варіантів виконання зовнішнього декоративно-захисного шару ЕО. Вона може бути виконана у вигляді одно- чи багат шарового скляного або полімерного покриття. Світлопрозора теплоізоляція повинна мати прийнятну пропускну здатність в оптичному діапазоні електромагнітних хвиль, бути стійкою до атмосферних та експлуатаційних впливів і зберігати свої властивості протягом усього терміну її експлуатації. Матеріали для зовнішнього шару світлопрозорої теплоізоляції ЕО, яка може бути одно-, дво- або багат шаровою, повинні зберігати свої властивості при температурі від мінус 45 °С до плюс 100 °С, а матеріали для внутрішнього шару багат шарової світлопрозорої теплоізоляції – від мінус 45 °С до плюс 150 °С. Для забезпечення необхідної ефективності та довговічності функціонування ЕО, якщо немає особливих естетичних обмежень, пропускну здатність в оптичному діапазоні одного шару світлопрозорої теплоізоляції не повинна бути меншою за 0,85 та суттєво зменшуватись протягом терміну експлуатації. Матеріал теплоізоляції повинен бути стійким до високих температур та вологості, атмосферного забруднення (пил, сніг, тощо), до ультрафіолетового випромінювання, а також витримувати вплив вітрового потоку, не меншого за 30 м/с. Термін служби світлопрозорої теплоізоляції повинен бути не меншим 10 років, а конструкція кріплення повинна передбачати можливість її заміни.

Необхідно передбачати захист внутрішньої й зовнішньої поверхонь ЕО від зволоження, яке може мати місце внаслідок:

- проникнення атмосферної вологи всередину конструкції;
- впливу вологи, що конденсується на внутрішній поверхні ЕО;
- усмоктування ґрунтової вологи.

Для попередження руйнування внаслідок коливань тиску та температури енергоактивне огороження повинне мати вентиляційний отвір, залишаючись при цьому вологонепроникним для атмосферних опадів.

Матеріали теплоізоляції, що контактують з енергосприймальною панеллю ЕО, повинні бути стійкими до впливу температури (не меншою за плюс 180 °С при

селективному покритті робочої поверхні панелі і не меншою за плюс 150 °С при лакофарбовому покритті). Для теплової ізоляції необхідно застосовувати нетоксичні, стійкі до впливу вищевказаних температур і негігроскопічні матеріали, що не виділяють пилових часток і летких фракцій. При тривалому впливі експлуатаційних факторів теплоізоляційні матеріали не повинні оплавлятися, змінювати свою структуру, зовнішній вигляд і форму.

У місцях, де товщина і особливості конструкції ЕО визначаються з умови захисту внутрішніх приміщень від перегріву, допускається з зовнішньої сторони огороження влаштувати суцільні повітряні прошарки, вентильовані зовнішнім повітрям. Повітряні прошарки варто розташовувати між енергосприймальним декоративно-захисним шаром та теплоізоляцією. Мінімальний поперечний переріз цих повітряних прошарків повинен бути не меншим за 40 мм, відстані між каналами вибираються в залежності від паропроникності вибраних матеріалів, але не більшими за 0,5 м. Повітряні прошарки в товщі ЕО, термічний опір яких для холодного періоду року враховується в теплотехнічних розрахунках, повинні мати відсічні елементи, що дозволяють примусово робити ці прошарки замкнутими з висотою не меншою за висоту поверху, але не більшою за 6 м.

При проектуванні ЕО із повітряними прошарками необхідно враховувати наступне:

- для скорочення кількості тепла, переданого випромінюванням, доцільно одну з поверхонь прошарку покривати алюмінієвою фольгою або покриттям зі схожими відбивальними властивостями;
- ефективними в теплотехнічному відношенні є прошарки невеликої товщини;
- повітряні прошарки рекомендується розташовувати ближче до зовнішньої сторони ЕО.

Дифузійні бар'єри ЕО, розташовані між енергосприймальною панеллю та теплоізоляційними шарами, повинні витримувати ультрафіолетове випромінювання й високу температуру (до 180 °С) без конденсації та акумулювання вологи.

Нижче наведені варіанти конструктивного виконання енергоактивних огорожень, які розроблені авторами даної роботи.

На рис. 1 зображений варіант виконання модуля ЕО для комплектації систем енергозабезпечення з тепловою помпою (ТП). Теплоізоляція 1 з вологонепроникним енерговідбивальним шаром 6 та світлопрозора теплоізоляція 2 утворюють вентиляційний канал 4. У каналі знаходиться теплосприймальний елемент 3, виконаний у вигляді поворотних жалюзі. З одного боку жалюзі мають поверхню, яка добре відбиває сонячне випромінювання, а з іншого – поверхню, яка добре його поглинає. Всі секції жалюзі теплосприймального елемента 3 можна примусово і синхронно обертати навколо їх осі на 180°. Це дає можливість регулювати кількість поглинутої сонячної енергії. Повітря, яке прокачується вентиляційним каналом, омиває теплосприймальні елементи і нагрівається. Далі нагріте таким чином повітря надходить до теплообміннику типу «повітря – рідина» теплової помпи. Для створення на фасаді споруди теплопоглинальної поверхні значної площі використовується колектор-повітропровід, який дозволяє паралельно або послідовно з'єднувати окремі модулі ЕО.

ЕО, варіант виконання якого зображений на рис. 2, є поліфункціональним. Окрім отримання теплової енергії при перетворенні сонячного випромінювання,

воно запобігає перегріванню споруди. До складу ЕО входять теплообмінні труби 1 з двома ребрами та світлопрозоре покриття 2. Труби розташовані у вертикальній площині на певній відстані одна від одної. Вони з'єднані між собою підвідним та відвідним трубопроводами, що забезпечує циркуляцію рідкого теплоносія. Теплообмінні труби можуть обертатися навколо повздовжньої вісі за допомогою тяг 3. Ребра теплообмінних труб установлені похило вниз з утворенням гострого кута між ними; при цьому одна поверхня ребер призначена поглинати сонячне випромінювання, а друга – відбивати. Така конструкція ЕО забезпечує можливість регулювання надходження енергії залежно від потреб споживача. У крайньому верхньому положенні (режим максимального поглинання енергії) ребро теплообмінної труби контактує з трубою, яка розташована нижче, з утворенням герметичної стінки. Для запобігання перегріву споруди в конструкції ЕО передбачений додатковий шар теплоізоляції 6 та вентиляційний канал 5. Він знаходиться між теплообмінною трубою та стіною споруди 4 і призначений для відводу нагрітого повітря до теплообмінника теплової помпи.

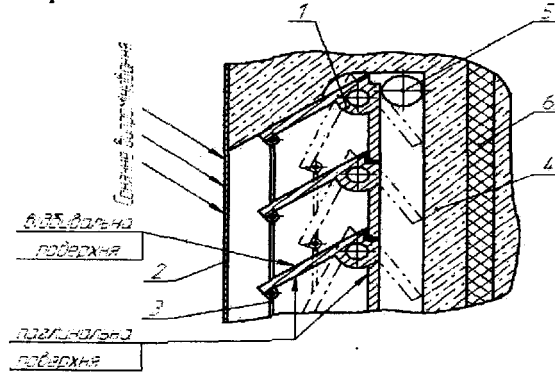


Рис. 1. ЕО з поворотними теплопоглинальними елементами:
 1 – теплоізоляція, 2 – світлопрозора теплоізоляція, 3 – теплосприймальний елемент, 4 – вентиляційний канал, 5 – стіна споруди, 6 – вологонепроникний енерговідбивальний шар

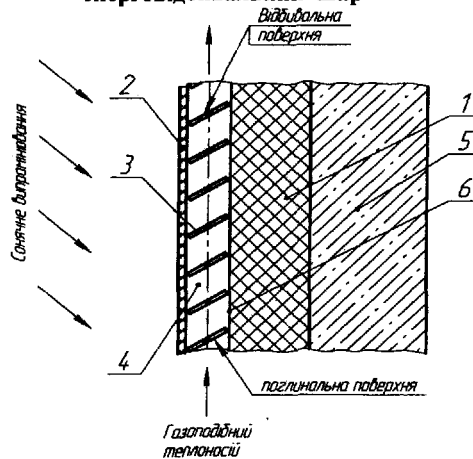


Рис. 2. ЕО, що запобігає перегріванню споруди:
 1 – теплообмінні труби, 2 – світлопрозоре покриття, 3 – тяги, 4 – стіна споруди, 5 – вентиляційний канал, 6 – теплоізоляція

Енергоактивне огороження (рис. 3) призначене для нагрівання рідкого теплоносія систем енергозабезпечення. У такому ЕО використовуються традиційні будівельні матеріали. Воно складається з верхньої та нижньої частин (відповідно стропило 1 та стропило 10). Верхня частина стропила 1 має лоток 12 у вигляді горизонтальної полиці для відводу води та конденсату, на який спирається теплосприймальний елемент 4.

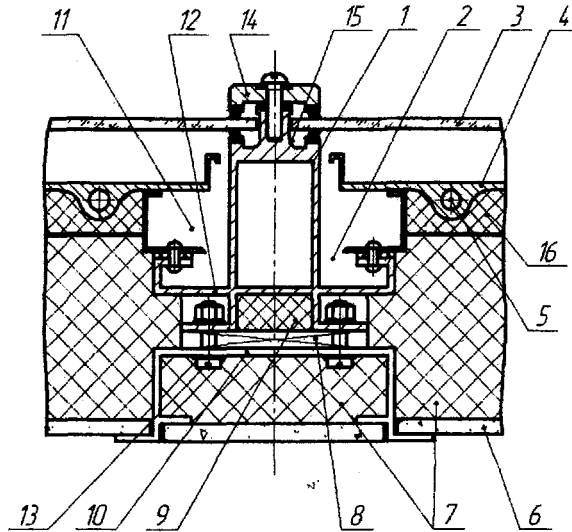


Рис. 3. Варіант ЕО з ізованими секціями: 1,10 – стропило, 2,11 – відсіки, 3 – скло, 4 – теплосприймальний елемент, 5 – канал с теплоносієм, 6 – обшивка, 7 – теплоізоляція, 8,9 – теплоізолювальні прокладки, 12 – відвідний лоток, 13 – болти, 14 – кріплення, 15 – желоб

Така конструкція забезпечує наявність відсіків 2 та 11, що дає можливість при місцевому пошкодженні скла 3 ізолювати секції огороження одну від одної. Завдяки цьому, а також тому, що секції відокремлені стропилами; при місцевому пошкодженні світлопрозорі теплоізоляції охолоджується тільки одна секція, а тому зниження температури теплоносія всієї системи гарячого водозабезпечення незначне. Ремонт та обслуговування енергоактивного обгородження може проводитися з ремонтного візка, що переміщується по верхнім стропилам, як по рейках. Монтаж ЕО ведеться окремими елементами або рамно-лінійним способом.

Енергоактивне огороження, варіант виконання якого зображений на рис. 4, являє собою конструкцію без зовнішньої світлопрозорі теплоізоляції. Воно відноситься до так званих «бетонних сонячних колекторів». Силowymi елементами ЕО є кронштейни 3, які встановлені на армувальній сітці 2, що попередньо закріплюється на поверхні стіни 1. Декоративно-захисні теплопровідні лицевальні плитки 7 огороження на внутрішній стороні мають напівкруглі вертикальні заглиблення для монтажу труб каналу рідкого теплоносія 6, а також монтажний виступ, за який плитки кріпляться (підвішуються) на кронштейни 3. Порожнина між стіною та внутрішньою поверхнею декоративно-захисних плиток, що утворюється під час монтажу ЕО, заповнюється пластичною теплоізоляційною масою 8, наприклад, пінобетоном на силікатній основі. Склад маси підбирається таким чином, щоб вона була антикорозійним середовищем для арматурної сталі. До заливки

теплоізоляційної маси в порожнину встановлюють труби каналів рідкого теплоносія 5 та 6, а також, додатково, полімерні труби, які у процесі заливки переміщуються вгору. При цьому утворюються вентиляційні канали 4 необхідного профілю, призначення яких – видалення з ЕО надлишкової вологи.

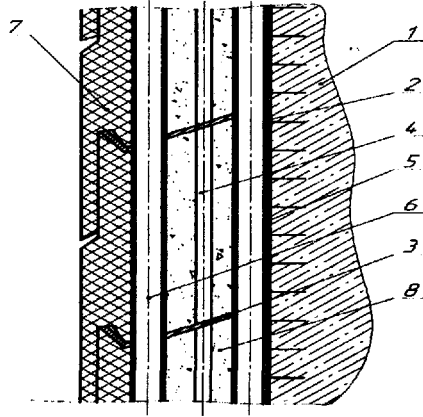


Рис. 4. Варіант ЕО – «бетонний сонячний колектор»:
1 – поверхня стіни, 2 – армувальна сітка, 3 – кронштейни,
4 – вентиляційні канали, 5,6 – канали рідкого теплоносія,
7 – лицевальні плитки, 8 – теплоізоляція

Тепле повітря довкільля та сонячне випромінювання, що надходить на поверхню декоративно-захисних плиток, нагріває їх та теплоносій у каналі 6. Залежно від температури нагрітого таким чином теплоносія він витрачається для потреб споживача безпосередньо або ж після додаткового нагріву. У теплий період року частина теплового потоку, направлено ззовні всередину, проходячи через теплоізоляцію 8, може призводити до перегріву споруди. Для зменшення його рівня по каналам 5 прокачується холодний рідкий теплоносій.

Висновки. Викладений підхід до побудови та варіанти конструктивного виконання енергоактивних огорожень можуть бути використані для підвищення енергоефективності споруд. Звичайно, вони не відображають всього можливого різноманіття технічних рішень. Вибір певної конструкції буде визначатися техніко-економічними розрахунками з урахуванням місцевих кліматичних умов та особливих вимог замовника на базі системного підходу. При цьому:

- ефект від використання енергозберігальних заходів, у тому числі рекуперації скидного тепла, буде максимальним;
- буде забезпечена максимальна інсоляція енергосприймальних елементів за рахунок раціональної просторової орієнтації;
- зменшиться площа (кількість) елементів, що мають значні теплові втрати;
- будуть враховані взаємовплив та взаємозв'язки естетичних і технічних рішень.

Бібліографічні посилання

1. Табунщиков Ю. А. Энергоэффективное высотное здание [Електронний ресурс] / Ю. А. Табунщиков, Н. В. Шилкин, М. М. Бродач – АВОК. – 2002, №3. / Режим доступу: <[http:// www.abok.ru.htm](http://www.abok.ru.htm)>. – заголовок з екрану.

2. Мхитарян Н. М. Гелиоэнергетика. Системы, технологии, применение / Н. М. Мхитарян. – К., – 2002. – 290 с.
3. Зоколей С. Солнечная энергия и строительство / С. Зоколей. – М., – 1979. – 209 с.
4. Мак-Вейг Д. Применение солнечной энергии / Д. Мак-Вейг. – М., – 1981. – 216 с.

Надійшла до редколегії 10.10.09

УДК 697.1

В. А. Габринец

Днепропетровский национальный университет им. Олеса Гончара

СТРАТИФИКАЦИЯ ЖИДКОСТИ В ВЕРТИКАЛЬНОМ ЦИЛИНДРИЧЕСКОМ СОСУДЕ ПРИ СТАЦИОНАРНОМ ХРАНЕНИИ

Запропанована фізична та математична модель для розрахунку розшарування рідини у вертикальній ємності. Модель передбачає наявність стаціонарних умов, коли має місце тривале зберігання рідини при її постійній кількості. Запропановано критерій, що дозволяє оцінити вплив основних чинників на рівень термічного розшарування. Отримано аналітичне співвідношення для розрахунку вертикального профілю температур по висоті рідини, що необхідно для правильного визначення ємності рідинного теплового акумулятора сонячної енергетичної установки.

Ключові слова: стратифікація рідини, математична модель, термічне розшарування, ємність рідинного теплового акумулятора, профіль температури.

Предложена физическая и математическая модель для расчета термического расслоения жидкости в вертикальных сосудах. Модель предполагает наличие стационарных условий, когда имеет место длительное хранение жидкости при постоянном ее количестве. Предложен критерий позволяющий оценить влияние основных факторов на величину термического расслоения. Получено аналитическое соотношение для расчета вертикального профиля температур по высоте жидкости, что необходимо для правильного определения емкости жидкостного теплового аккумулятора солнечной энергетической установки.

Ключевые слова: стратификация жидкости, математическая модель, термическое расслоение, емкость жидкостного теплового аккумулятора, профиль температуры.

The physical and mathematical model for calculation of thermal stratification of a liquid in vertical vessels is offered. The model assumes presence of stationary conditions when long storage of a liquid occurs at its constant quantity. It suggested allowing to size up criterion agency of major factors on magnitude of thermal stratification. The analytical relationship for calculation vertical a profile of temperatures on liquid altitude that is necessary for correct definition of capacity of the fluid-flow heat accumulator of solar power installation is gained.

Key words: liquid stratification, mathematical model, thermal stratification, capacity of the fluid-flow heat accumulator, a temperature profile.

В различных областях техники имеет место хранение и использование различных жидкостей в вертикальных цилиндрических сосудах при наличии подвода и отвода тепла. В качестве примера можно назвать вертикальный бак для жидкого