

Семко О. В., д.т.н., професор, Ільченко Т. М., аспірантка, Філоненко А. С., аспірант (Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», ab.Semko_OV@nupp.edu.ua, ab.tanya.viks@nupp.edu.ua, filonenkoandre@gmail.com), **Магас Н. М., к.т.н., доцент** (Словацький технічний університет в Братиславі, nataliia.mahas@stuba.sk)

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ, ЩО МЕЖУЮТЬ З ҐРУНТОМ

В статті досліджено тепловологісні характеристики стіни, що межує з ґрунтом, громадської будівлі з підвальними приміщеннями під час виконання робіт з гідроізоляції та утеплення. Дослідним шляхом визначено розподіл температур та тепловий потік в товщі конструкції під час її висушування. Проаналізовано вплив вологості стін на мікроклімат приміщень. Розроблені рекомендації з ремонту та експлуатації огороджувальних конструкцій, що межують з ґрунтом.

Ключові слова: тепловий потік; вологість; утеплення; стіна; температура.

У зв'язку з необхідністю улаштування у житлових і громадських будівлях захисних споруд цивільного захисту при реконструкції або капітальному ремонті висувається вимога щодо відповідного переобладнання підвальних приміщень. Проведені чисельні обстеження таких приміщень визначили їх технічний стан як непридатний до нормальної експлуатації.

Технічне обстеження проводилось у підвальних і напівпідвальних приміщеннях житлових багатоповерхових, адміністративних будівлях та будівлях навчальних закладів.

Характерними дефектами визначено: порушення вентиляційного режиму підвальних приміщень; протікання мереж водопостачання та водовідведення; замокання стін, що межують з ґрунтом, внаслідок руйнування вертикальної гідроізоляції; промерзання зовнішніх огороджувальних конструкцій; руйнування або відсутність вимощення навколо будівлі (рис. 1). Вище наведені фактори призводять до руйнування бетонного захисного шару та кородування арматури залізобетонних конструкцій, вимивання будівельного розчину зі стиків, морозобійне руйнування цегли, що

впливає на механічну стійкість конструкцій та може призвести до обвалу (рис. 2).



Рис. 1. Фото стін навколофундаментної зони: а) протікання кліматичної вологи крізь стіни підвалу; б) замокання цокольної частини стіни внаслідок руйнування системи водовідведення та вимощення

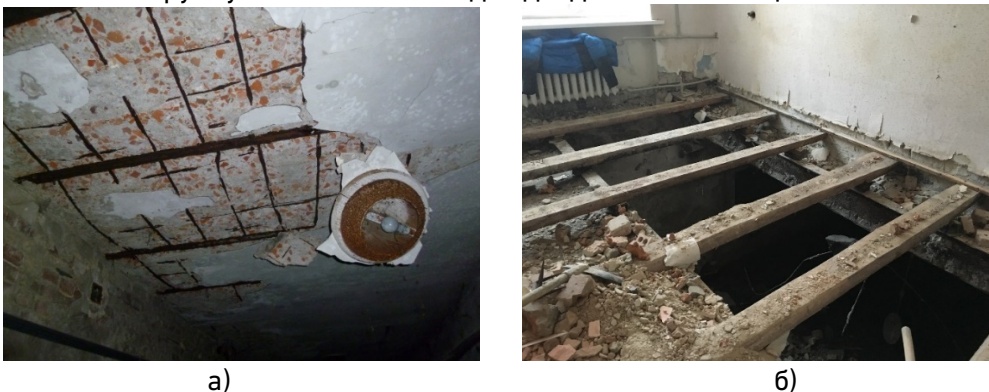


Рис. 2. Фото перекриття над підвалом закладу охорони здоров'я у місті Полтава: а) руйнування захисного шару та кородування арматури цеглобетонного перекриття; б) обвал перекриття над підвалом

Перед початком дослідження було проведено аналіз наукових публікацій щодо визначення та вирішення проблем огорожувальних конструкцій, що межують з ґрунтом.

Публікація [1] включає: рекомендації щодо контролю вологості житлових (опалюваних) підвальних приміщень у нових будівлях над рівнем ґрунтових вод, рекомендації щодо поверхні місцевості біля будівлі, рекомендації щодо зовнішнього дренажу (дренаж поза стінами підвалу або фундаменту), рекомендації щодо теплоізоляції, повітронепроникності, вологоізоляції та захисту від вологи стін, підлоги та переходу між ними та рекомендації щодо вентиляції внутрішнього повітря в підвалі (оскільки це впливає на умови вологи

в огороженні підвалу). У публікації [2] наведено методику дослідження та контролю висихання утеплених стін підвалу. Надано оцінку ефективності вторинної гідроізоляції в історичних будівлях із історичної цегли [3]. Щодо розподілу вологи в теплових містках між стінами та підлогою та його вплив на розвиток цвілі досліджено в [4]. Постійне замокання та промерзання стінових конструкцій призводить до морозобійного руйнування та, як наслідок, до втрати несучої здатності. Тому дослідження тепловологісних характеристик огорожувальних конструкцій, що межують з ґрунтом, є актуальними.

Мета: визначення температурно-вологісного режиму стін, що межують з ґрунтом, підвального приміщення при зміні умов їх експлуатації.

Об'єкт дослідження: стіни підвального приміщення.

Предмет дослідження: тепловологісні характеристики стін.

Основна частина. Об'єктом дослідження була стіна, яка межує з ґрунтом, підвального приміщення навчального закладу в місті Полтаві. Стіна складається з бетонних фундаментних блоків товщиною 500 мм з внутрішнім оздобленням штукатуркою. Будівлю збудовано в 60-і роки минулого століття, тому зовнішня вертикальна промазувальна гідроізоляція конструкцій, заглиблених в ґрунт, зруйнувалася. Внаслідок руйнування асфальтового вимощення навколо будинку і порушення вертикальної планування території атмосфера волога стікала під фундамент і крізь стіни затоплювала підвал (рис. 1, а). Крім того, через постійне замокання на стінах з внутрішнього боку утворився грибок та чорна пліснява. Приміщення не відповідало санітарним вимогам для перебування у ньому людей.

На виконання вимог ДБН В.2.2-5:2023 підвальні приміщення навчальних закладів повинні переобладнуватися у приміщення подвійного призначення з властивостями протирадіаційного укриття. Тому першим завданням капітального ремонту було відновлення експлуатаційних характеристик стін, що межують з ґрунтом.

Згідно з розробленими рекомендаціями передбачено демонтаж асфальтового вимощення, розроблення ґрунту на глибину рівня підлоги підвалу, очищення поверхні стін, забивання цементно-піщаним розчином щілин між фундаментними блоками, нанесення мастики в два шари з попереднім ґрунтуванням, утеплення стін з зовнішнього боку плитами екструдованого пінополістиролу товщиною 150 мм (коефіцієнт теплопровідності 0,035 Вт/м К), укладання захисної шиповидної мембрани та зворотна засипка ґрунту з пошаровим ущільненням (рис. 3). Попереду ще роботи з

улаштування асфальтового вимощення шириною 1500 мм з шаром глини та вертикальне перепланування ділянки навколо будинку для відведення атмосферної води.



Рис. 3. Фото робіт по гідроізоляції та утепленню стін, що межують з ґрунтом: а) гідроізоляція мастикою у два шари; б) улаштування екструдованих полістирольних плит із захисною мембраною

Під час виконання робіт було встановлено датчики температури та теплового потоку на межі кожного шару конструкції (рис. 4, а) та у ґрунті на відстані понад 500 мм від стіни за схемою рис. 4, б. Дослідження температурного режиму огорожувальної конструкції виконувалось за допомогою вимірювально-реєструючого комплексу «Теплограф». Вимірювально-реєструючий комплекс «Теплограф» призначений для визначення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій за [5], а також для комплексного обстеження різних об'єктів з метою визначення їх теплозахисних властивостей та виявлення дефектів теплоізоляції. При дослідженні об'єктів прилад виконував тривалий моніторинг кількох каналів температури та теплових потоків згідно [6]. Основою комплексу є мікропроцесорний центральний пристрій, до якого по чотирипровідниковій лінії зв'язку підключено адаптер з датчиками (рис. 5). Також приладом фіксувались температура та вологість зовнішнього та внутрішнього повітря. Для зниження впливу перешкод адаптер було розміщено поблизу датчиків. Вимірювання та реєстрація проводилися через кожні 15 хвилин в автоматичному режимі з 21.03–06.04.2024 р.

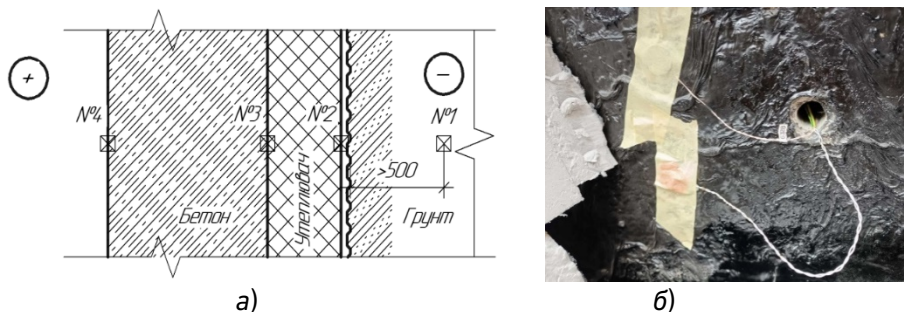


Рис. 4. Схема та фото встановлення датчиків

На рис. 6 представлено фрагмент результатів вимірювання вологості повітря в приміщенні підвалу під час висихання стін, що межують з ґрунтом. Внаслідок десорбції вологість зростала до 70%.



Рис. 5. Вимірювально-реєструючий комплекс «Теплограф»

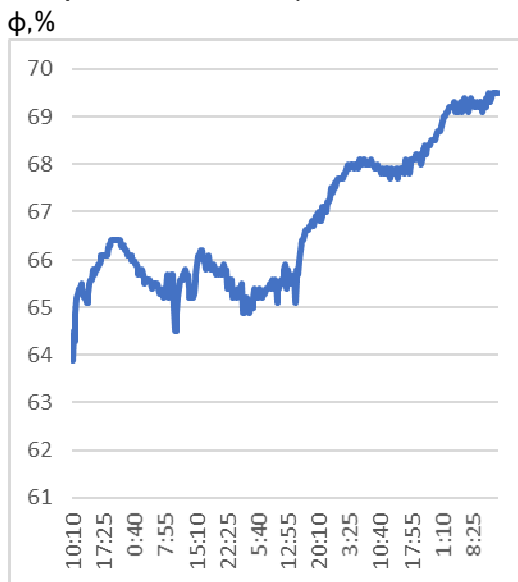


Рис. 6. Графік вологості внутрішнього повітря 21–25.03.2024 р.

Вибрано діапазон даних зі сталою температурою повітря ззовні об'єкта (рис. 7), щоб дослідити вплив зменшення вологості огорожувальної конструкції на її теплозахисні властивості.

При сталій температурі ґрунту навколо фундаментної зони у досліджуваній точці спостерігається підвищення температури в товщі огорожувальної конструкції (рис. 8) та зменшенням тепловтрат (рис. 9).

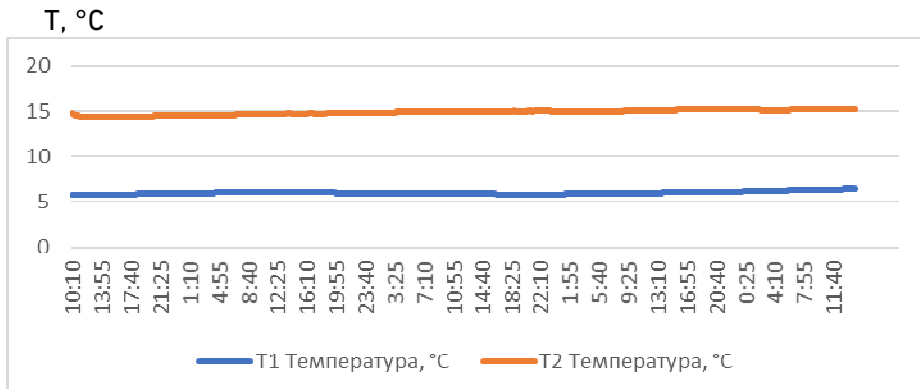


Рис. 7. Графік розподілу температур (T2) внутрішнього і (T1) зовнішнього повітря

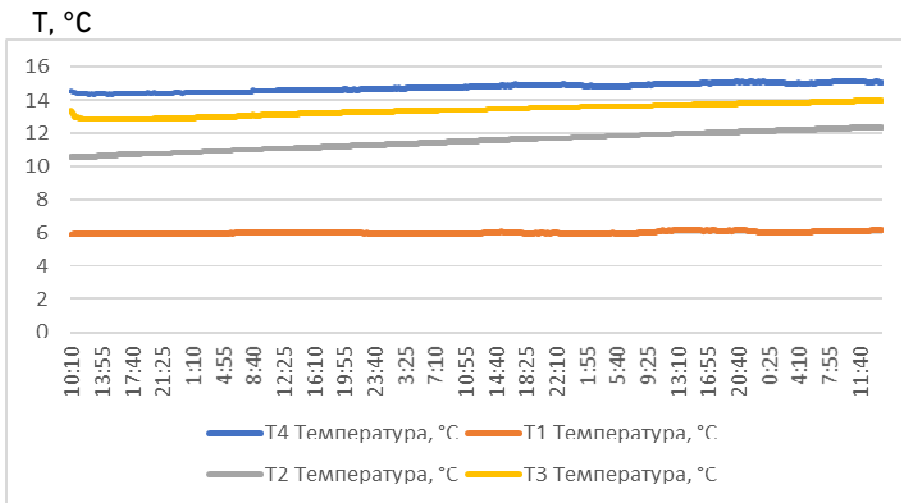


Рис. 8. Графік температур в товщі конструкції 21–25.03.2024 р.

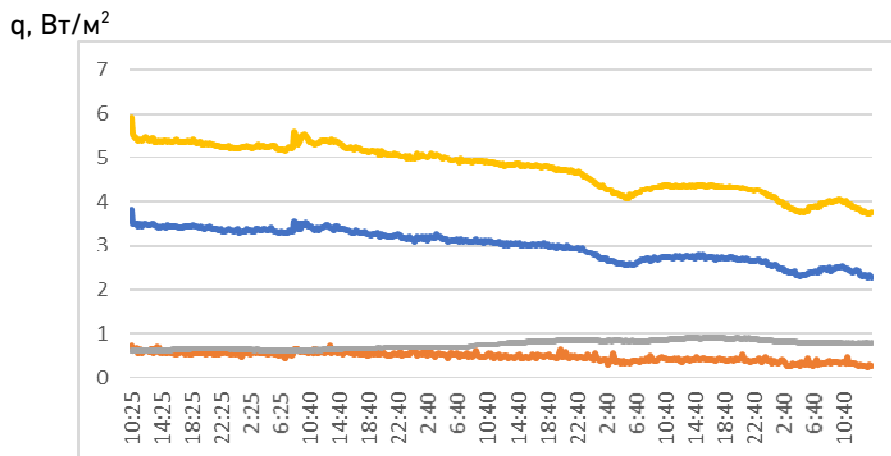


Рис. 9. Графік теплового потоку 21–25.03.2024 р.

Висновок

Проведені вимірювання довели ефективність заходів з гідроізоляції та утеплення стінових конструкцій, що межують з ґрунтом. Вони дозволили відновити експлуатаційні характеристики стін та поліпшили мікроклімат приміщень, що є основою для подальших робіт із влаштування укриття. А саме: ремонт внутрішнього оздоблення приміщень подвійного призначення, улаштування системи вентиляції з рекуперативними установками, перепланування санітарних вузлів та входів до укриття з урахуванням інклюзивності, ремонт інженерних мереж та інше.

1. Silje Asphaug, Ingrid Hjermann, Berit Time, Tore Kvande. Moisture control strategies of habitable basements in cold climates. *Journal of Building and Environment*. February 2020. Vol. 169. URL: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.106572> (дата звернення: 10.07.2024).
2. Silje Asphaug, Ingrid Hjermann, Berit Time, Tore Kvande. Monitoring outward drying of externally insulated basement walls: A laboratory experiment. URL: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109097> (дата звернення: 10.07.2024).
3. Natalia Szemiot, Anna Hołaand Łukasz Sadowski. Assessment of the effectiveness of secondary anti-damp insulation in heritage buildings made of historic brick: the current state of knowledge, research gaps and perspectives. *Journal of Heritage Science*. 2023. Vol. 11. P. 198. URL: <https://doi.org/10.1186/s40494-023-01043-x> (дата звернення: 10.07.2024).
4. Xue Y., Fan Y., Lu J., Ge J. The moisture distribution in wall-to-floor thermal bridges and its influence on mould growth. *UCL Open: Environment*. 2022. Vol. 4. P. 13. URL: <https://doi.org/10.14324/111.444/ucloe.000042> (дата звернення: 10.07.2024).
5. ДСТУ Б В.2.6-101:2010. Визначення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій.
6. ДСТУ 4035-2001. Енергозбереження. Будівлі та споруди. Методи вимірювання поверхневої густини теплових потоків та визначення коефіцієнтів теплообміну між огорожувальними конструкціями.

REFERENCES:

1. Silje Asphaug, Ingrid Hjermann, Berit Time, Tore Kvande. Moisture control strategies of habitable basements in cold climates. *Journal of Building and Environment*. February 2020. Vol. 169. URL: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.106572> (data zvernennia: 10.07.2024).
2. Silje Asphaug, Ingrid Hjermann, Berit Time, Tore Kvande. Monitoring outward drying of externally insulated basement walls: A laboratory experiment. URL: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109097> (data zvernennia: 10.07.2024).
3. Natalia Szemiot, Anna Hołaand Łukasz Sadowski. Assessment of the effectiveness of secondary anti-damp insulation in

heritage buildings made of historic brick: the current state of knowledge, research gaps and perspectives. *Journal of Heritage Science*. 2023. Vol. 11. P. 198. URL: <https://doi.org/10.1186/s40494-023-01043-x> (data zvernennia: 10.07.2024). 4. Xue Y., Fan Y., Lu J., Ge J. The moisture distribution in wall-to-floor thermal bridges and its influence on mould growth. *UCL Open: Environment*. 2022. Vol. 4. P. 13. URL: <https://doi.org/10.14324/111.444/ucloe.000042> (data zvernennia: 10.07.2024). 5. DSTU B V.2.6-101:2010. Vyznachennia oporu teploperedachi ohorodzhuvalnykh konstruktsii. 6. DSTU 4035-2001. Enerhozberezhennia. Budivli ta sporudy. Metody vymiriuvannia poverkhnevoi hustyny teplovykh potokiv ta vyznachennia koefitsiientiv teploobminu mizh ohorodzhuvalnymy konstruktsiiamy.

Semko O. V., Doctor of Engineering, Professor, Ilchenko T. M., Post-graduate Student, Filonenko A. S., Post-graduate Student (National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic», Poltava, Ukraine), **Mahas N. M., Candidate of Engineering (Ph.D.), Associate Professor** (Slovak University of Technology in Bratislava, Bratislava, Slovak Republic)

RESEARCH OF THE TEMPERATURE REGIME OF BUILDING ENVELOPES BORDERING THE GROUND

The article examines the thermal and moisture characteristics of the wall bordering the ground of a public building with basements during waterproofing and insulation works. The temperature distribution and heat flow in the thickness of the structure during its drying were experimentally determined. The influence of wall humidity on the microclimate of the premises was analyzed. Recommendations for the repair and operation of fencing structures bordering the ground have been developed.

Purpose: to determine the temperature and humidity regime of the walls bordering the ground, the basement, when the conditions of their operation change. **Object of research:** the walls of the basement.

Subject of research: thermal and moisture characteristics of walls.

In connection with the need to install protective structures of civil protection in residential and public buildings during reconstruction or major repairs, a requirement is put forward for the appropriate conversion of basement premises. The conducted

numerical surveys of such premises determined their technical condition as unsuitable for normal operation.

Characteristic defects are defined as: violation of the ventilation regime of basement premises; leakage of water supply and drainage networks; jamming of walls bordering the ground due to the destruction of vertical waterproofing; freezing of external fencing structures; destruction or lack of paving around the building.

Based on the analysis of the technical condition of the structures bordering the ground, measures for waterproofing and warming the wall through which atmospheric moisture flowed were developed and implemented. The study of the temperature regime of the enclosing structure was carried out with the help of the "Teplograph" measuring and recording complex. The temperature distribution in the thickness of the multilayer wall and the heat flow during its drying were measured.

The conducted measurements proved the effectiveness of waterproofing and insulation measures of wall structures bordering the ground. They made it possible to restore the operational characteristics of the walls and improve the microclimate of the premises, which is the basis for further work on the construction of the shelter. Namely: repair of the interior decoration of dual-purpose premises, installation of a ventilation system with recuperative installations, re-planning of sanitary units and entrances to the shelter taking into account inclusiveness, repair of engineering networks, etc.

***Keywords:* heat flow; humidity; insulation; wall; temperature.**