Міністерство освіти і науки України
Національний університет
«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

Філоненко Олена Іванівна

УДК 692.23:536

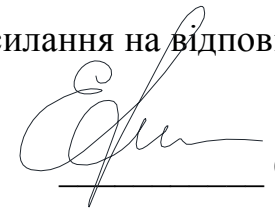
**ДИСЕРТАЦІЯ**

# ДИНАМІЧНІ ТЕПЛОВІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЕЛЬ

Спеціальність 05.23.01 – будівельні конструкції, будівлі та споруди
19 – Архітектура та будівництво

Подається на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело



_____ О.І.Філоненко

Науковий консультант: Фаренюк Геннадій Григорович
доктор технічних наук, професор, директор Державного підприємства
«Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій», м. Київ

Полтава – 2021

# АНОТАЦІЯ

*Філоненко О.І.* Динамічні теплові характеристики огороджувальних конструкцій будівель. – Кваліфікаційна наукова робота на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.23.01 – будівельні конструкції, будівлі та споруди (19 – Архітектура та будівництво). – Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка». – Полтава, 2021.

Дисертаційна робота присвячена вирішенню проблеми коректної оцінки впливу динамічних теплових характеристик та конструктивних рішень огороджувальних конструкцій на тепловий режим приміщень. Розроблено енергозберігаючі конструктивні рішення зовнішніх огороджувальних конструкцій на основі теоретичних та натурних досліджень їх експлуатаційних якостей.

*У першому розділі* дисертації висвітлено критичний аналіз проблеми дослідження динамічних теплових характеристик конструкцій та будівель. Результати розрахунку за існуючими національними методиками дають величини, які не використовуються в сучасному оцінюванні тепловологісного стану огороджувальних конструкцій та енергоефективності будівель у цілому. В них не враховано ергономіку теплового середовища. Крім того наведені вимоги потребують перегляду у зв’язку зі змінами кліматичних параметрів і підвищенням вимог щодо теплозахисту будівель.

*Другий розділ* роботи присвячено дослідженню й інтерпретації теплового комфорту. Обґрунтовано дослідження аспектів сертифікації теплового середовища приміщень, яка базується на індексах теплового комфорту як один з параметрів оцінювання загальної енергоефективності будівлі. Проаналізовано параметри локального температурного дискомфорту та методику його визначення.

Розроблено методику визначення розрахункових параметрів мікроклімату за критеріями місцевого теплового комфорту, яка дозволяє запроектувати приміщення з високою якістю повітряного середовища відповідно до категорій.

Доведено необхідність оцінювання довгострокової характеристики будівлі відносно внутрішнього середовища. Ця оцінка є обов'язковою для відображення мікроклімату (внутрішнє середовище) в енергетичному сертифікаті.

*У третьому розділі* досліджено динамічні теплові характеристики огороджувальних конструкцій. Визначено передумови розрахунку та теплові динамічні показники будівельних конструкцій. Динамічний метод моделює зміну теплового потоку через огородження та температуру середовищ зони будівлі. Розроблено методику щодо оцінки теплостійкості приміщення в зимовий період, які відповідають методиці визначення енергоефективності будинків та враховують всі теплові впливи, яким піддається будівля. Розроблено методику визначення теплостійкості огороджувальних конструкцій у літній період, яка перевіряє коефіцієнт загасання та часовий зсув теплових коливань, а також показника теплозасвоєння поверхнею підлоги, які більш детально досліджує теплові процеси у конструкції. Запропоновані методики увійдуть у нову редакцію ДСТУ-Н Б В.2.6-190.

Удосконалення методу дослідження динамічних теплових характеристик огороджувальних конструкцій наблизило опис фізичних явищ у них реальному температурному режимові та здійснило гармонізацію

національних будівельних норми з відповідною нормативною базою ЄС. Результат дослідження теплових динамічних показників буде враховано у ДСТУ Б ISO 13786:202X.

Удосконалення методу дослідження динамічних теплових характеристик огороджувальних конструкцій наблизило опис фізичних явищ у них реальному температуро-вологісному режимові.

*У четвертому розділі* проведено порівняння динамічних параметрів на двох моделях дев'ятиповерхових житлових будинків, які мають однакові кондиціоновані площу і об'єм, та однакові вхідні параметри до визначення енергоспоживання й енергетичної сертифікації. Доведено, що уточнення відповідних методик дозволило більщ точно прогнозувати теплостійкість конструкцій і приміщень та підвищити клас енергетичної ефективності з С до В

Наведені результати доводять, що запропонована методика дозволяє врахувати планувальне рішення будинку при оцінюванні його теплостійкості в зимовий період.

Визначено значний вплив коефіцієнта компактності будівлі на її енергоефективність. Огороджувальні стінові конструкції, які не мають зовнішніх кутів, тобто будівля в плані наближено до кола, знижують коефіцієнт теплопередачі трансмісією до 20%. При певних умовах це підвищує клас енергетичної ефективності на позицію.

*У п'ятому розділі* наведено результати дослідження динаміки зміни температурного режиму огороджувальних конструкцій в натурно-експериментальних та лабораторних умовах. Результат статистичної обробки виміряних величин дозволяє прийняти їх для подальшого порівняння з розрахованими даними. Натурно-експериментальні дослідження особливостей формування температурного поля огороджувальних конструкцій в нестаціонарних умовах теплопередачі відповідають тепловому режиму, розрахованому за запропонованою методикою з вихідними параметрами, які відповідають реальним

кліматичним умовам.

*У шостому розділі* досліджено особливості теплового режиму покриттів при експлуатації та проектуванні. При обстеженні суміщених покриттів спостерігаються основні теплові відмови – конденсація вологи на поверхні стелі, промерзання й утворення плісняви. Більшість горищних дахів експлуатуються з порушенням вентиляційного режиму. Наслідками є гниття та ураження грибком дерев'яної кроквяної системи скатних дахів, а також руйнування карнизів. Розроблено рекомендації з експлуатації та проектування, які унеможливлюють виникнення теплових відмов.

Моделювання температурного поля суміщеного покриття доводить, що наявність теплових містків може зменшувати приведене значення опору теплопередачі огороджувальної конструкції до 60% від величини визначеної по основному полю. Доведено ефективність методики визначення тепловтрат крізь дахи з урахуванням конструктивних особливостей і значення лінійних коефіцієнтів теплопередачі. Впроваджено в практику утеплення типові енергоефективні конструктивні вузли суміщених та горищних дахів. За результатами моделювання температурного поля цих вузлів визначено лінійні коефіцієнти теплопередачі, які можна застосовувати в інженерних розрахунках опору теплопередачі відповідних конструкцій.

*У сьомому розділі* на основі дослідження теплового режиму зовнішніх стін визначено основні дефекти та помилки при експлуатації та проектуванні. Розроблено енергозберігаючі нові конструктивні рішення зовнішніх огороджувальних конструкцій за рахунок досягнення безперервності теплоізоляційного шару. За результатами моделювання температурного поля визначено лінійні коефіцієнти теплопередачі. При зведенні та термомодернізації будівель застосування таких конструкцій дозволить мінімізувати вплив містка холоду, при цьому збільшивши загальний опір теплопередачі огороджувальних конструкцій та зменшити витрати на опалення будівель.

*У восьмому розділі* досліджено тепловий режим підлоги при експлуатації та проектуванні. Наведено результати обстеження підлог по ґрунту, перекриттів над холодними підвалами та проїздами, дерев'яних підлог з технічним підпіллям. Розроблено конструктивні рішення з утеплення на основі безперервності теплоізоляційного шару та рекомендації з експлуатації, які попереджують теплові відмови. Визначено лінійні коефіцієнти теплопередачі на підставі розрахунків двомірних температурних полів, які можна застосовувати в інженерних розрахунках опору теплопередачі відповідних конструкцій.

**Ключові слова:** динамічні теплові характеристики, огороджувальна конструкція, питома теплоємність, коефіцієнт теплозасвоєння, опір теплопередачі, лінійний коефіцієнт теплопередачі, тепловий комфорт.

# ABSTRACT

*Filonenko Olena.* Dynamic thermal characteristics of a building envelope. – Qualifying scientific work as a manuscript.

Doctoral dissertation for obtaining a doctor's degree in the subject area 05.23.01 – Building structures, buildings and constructions (19 – Architecture and construction). – National University «Yuri Kondratuyk Poltava Polythechnic». – Poltava, 2021.

The dissertation is devoted to solving the problem of correct assessment of the impact of dynamic thermal characteristics and construction solutions of a building envelope on thermal behavior of buildings. The research develops energy-saving constructive solutions of external envelope based on theoretical and full-scale investigations of their functional performance characteristics.

**Chapter 1** of the dissertation covers the critical analysis of the problem of researching dynamic thermal characteristics of constructions and buildings. The calculation results by existing methodologies provide values which are not used in modern evaluation of heat and humidity conditions of a building envelope and the energy-efficiency of buildings in general. They do not take into account thermal environment ergonomics. Moreover, the given requirements need revising in the context of climatic parameters change and increased requirements of thermal protection of buildings.

**Chapter 2** of the dissertation is devoted to investigating and interpreting thermal comfort. The chapter justifies the study of aspects of buildings thermal environment certification, which is based on thermal comfort indexes one of the assessment parameters for the overall building energy efficiency. We analyzed local thermal discomfort parameters and methods for its calculation.

The paper develops a methodology for determining microclimate calculation parameters by the criteria of local thermal comfort which allows to design a building with high quality of air environment in accordance with room categories.

The need for assessing long-term characteristics of a building with regard to the indoor environment is proved. This assessment is required for the representation of microclimate (indoor environment) in an energy performance certificate.

**Chapter 3** investigates dynamic thermal characteristics of a building envelope. It determines preconditions for calculating and dynamic thermal properties of building structures. The dynamic method models a change of heat flow through the enclosure and building zone environment temperature. In this chapter a methodology for assessing thermal capacity of a building during winter is developed, which complies with the methodology for assessing the energy efficiency of buildings and takes into account all thermal impacts that affect a building. A methodology for determining thermal capacity of a building envelope in the summer season is developed. It checks the damping coefficient and time shift of thermal vibrations, as well as the thermal absorption index of the floor surface, which examines thermal processes in the structure in greater detail. The proposed methodology will be included in the new version of State Standards of Ukraine ДСТУ-Н Б В.2.6-190.

Improvement of the study method of dynamic thermal characteristics of a building envelope drew the description of physical phenomena in it closer to the real thermal behavior and facilitated harmonization of national construction norms with the according legal framework of the EU. The research results on dynamic thermal properties are to be taken into account in State Standards of Ukraine ДСТУ Б ISO 13786:202X

**In Chapter 4,** we conducted a comparative study of dynamic thermal parameters of two models of 9-storey residential buildings which have identical conditioned area and cubic capacity, and identical input parameters for determining energy consumption. It was proved that improvement of corresponding methodologies allows for more accurate predictions for thermal stability of structures and buildings. Given results prove that the proposed methodology allows taking into account the design concept of a house when assessing its

thermal stability during the winter season.

We determined a considerable impact of the surface-area-to-volume ratio of a building on its energy efficiency. Building envelope that does not have exterior angles, that is, the building is near circular in shape, decreases heat transfer coefficient by transmission by up to 20%. In certain conditions it moves the energy efficiency class one level higher.

**Chapter 5** presents the research results of change dynamics of a building envelope thermal behavior in full-scale experimental and laboratory conditions. The result of statistical processing of the measured values allows to take them into consideration for further comparison with the calculated data. Full-scale and experimental research on aspects of building envelope temperature field formation in unsteady heat transfer conditions correspond to the thermal behaviour calculated by the methodology under study with parameters, corresponding to real climatic conditions: variation coefficient is up to 5-10%.

**Chapter 6** describes the research of thermal behavior peculiarities of floor slabs in operation and designing. In survey of built-up roofing, main thermal failures are observed: condensation of moisture on the ceiling surface, frost action and mold formation. Most attic roofs are used with violation of ventilation conditions. The consequences of this are rotting and mold damage of wooden bridle system of sloped roofing, as well as decay of cornices. We developed recommendations for use and design which will make thermal failures impossible.

Modelling of a build-up roofing temperature field proves that existence of heat bridges can decrease the reduced value of heat transfer resistance of a building envelope by up to 60% of the value measured by the base field. The effectiveness of the methodology for heat loss estimation through roofing is proved, with consideration of constructional features and values of heat transfer linear coefficients. The new version of State Standards of Ukraine ДСТУ-Н Б А.2.2-12 will take into account the recommendations for specifying the methodology of calculating the heat transfer coefficient of built-up roofing with layers of varying thickness when calculating heat transfer by transmission and clarifying dynamic

parameters. We introduced the typical energy efficient units of built-up and attic roofs to insulation practice. Based on results of temperature field modeling of those units, we determined heat transfer linear coefficients.

**Chapter 7** defines main faults and mistakes in use and designing based on the investigation of outwalls thermal behavior. We improved energy-saving constructive solutions of external building envelope structures based on achieving continuity of the thermal insulation layer. Based on the results of temperature field modeling, we determined heat transfer linear coefficients, which will be added to the existing framework in the new version of State Standards of Ukraine ДСТУ Б В.2.6-189. Applying such structures in construction and thermal modernization of buildings will allow to minimize cold bridges impact, at the same time increasing total heat transfer resistance of a building envelope and reducing expenditures on building heating.

**Chapter 8** looks at the thermal behavior of the flooring during operation and designing. It presents the investigation results of floors on grade, cold basement slabs and slabs over passages, wood flooring with crawl space. Insulation constructive solutions were developed based on continuity of the thermal insulation layer and recommendations on use which prevent thermal failures. We determined heat transfer linear coefficients based on the calculations of two-dimensional temperature fields, which can be applied in engineering calculations of heat transfer resistance of corresponding structures.

**Keywords:** dynamic thermal characteristics, building envelope, specific heat capacity, heat absorption coefficient, heat transfer resistance, heat transfer linear coefficient, thermal comfort.

## Список публікацій здобувача за темою дисертації

1. Філоненко О.І. Енергоефективні конструктивні рішення елементів будівель в умовах змінних теплових впливів: Монографія. – Полтава: ПП «Астрая», 2021. – 303 с.

2. ДСТУ Б В.2.2-39:2016. Методи та етапи проведення енергетичного аудиту будівель. Мінрегіон України. Київ, 2016. – 67 с.

3. Filonenko O. Considering the availability of cold bridges in the design of thermal insulation shell of sandwich panels element-by-element assembly / O. Filonenko, L. Hasenko, N. Mahas, N. Mammadov // ACADEMIC JOURNAL Industrial Machine Building, Civil Engineering – 2 (55), 2020. С. 102 – 110.

4. Filonenko Olena. Linear heat transfer coefficients of combined roof structural units / Olena Filonenko // Науково-технічний, виробничий та інформаційно-аналітичний журнал «Наука та будівництво», ДП ДНДІБК – 23 (2), 2020.

5. Filonenko O.I. Improving waterproofing properties In the wall basement area by injection method / O.I. Filonenko, M.V. Leshchenko, O.M. Rozdabara, O.M. Duka, V.V. Pashchenko, D.A. Filonenko // Збірник наукових праць. Серія: Галузеве машинобудування, будівництво/Academic journal. Series: Industrial Machine Building, Civil Engineering − 2 (53), 2019. С. 122 – 127.

6. Filonenko O.I. Energy performance of residential buildings / O.I Filonenko, O.I. Yurin, O.A. Kodak // Збірник наукових праць. Серія: Галузеве машинобудування, будівництво. − ПолтНТУ, 2018. − Вип. 1 (50). − С. 189 – 196.

7. Філоненко О.І. Вплив вентиляційного режиму холодного горища на конструкції даху / О.І. Філоненко, О.І. Юрін, О.А. Кодак // Комунальне господарство міст. Серія Технічні науки та архітектура. – Київ, 2017. – Вип. 134. – С. 15 – 20.

8. Фаренюк Г.Г. Енергоефективність громадських будівель з врахуванням ергономіки теплового середовища / Г.Г.Фаренюк, О.І. Філоненко, М.В. Тимофєєв // Комунальне господарство міст. Серія: Технічні науки та архітектура. – Вип. 135. – Х.: ХНУМГ, 2017. – С. 119 – 124.

9. Фаренюк Г.Г. Теплові впливи на огороджувальні конструкції за нестаціонарних умов. / Г.Г. Фаренюк, О.І. Філоненко // Збірник наукових пр. аць. Серія: галузеве машинобудування, будівництво. Вип. 2 (44). – Полтава: ПолтНТУ, 2015. – С. 234 – 238.

10. Філоненко О.І. Дослідження теплозахисних властивостей огороджувальних конструкцій при термомодернізації будівель // О.І. Філоненко, О.Б. Олексієнко, О.О. Геращенко // Науковий вісник будівництва: збірник наукових праць. – Вип. № 2(76). – Харків: ХНУБА, 2014. – С. 147 – 151.

11. Філоненко О.І. Особливості формування екопоселень в Україні / О.В. Семко, О.І. Філоненко, О.М. Синянська // Комунальне господарство міст: наук.-техн. збірник. – Вип. № 116. – Харків: ХНАГХ, 2014 – С. 72 – 74.

12. Філоненко О.І. Аналіз енергоефективності стінових конструкцій залежно від їх архітектурно-конструктивних особливостей / О.І. Філоненко, М.А Вельбой // Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво). – Полт. нац. техн. ун-т імені Юрія Кондратюка. – Вип. 4 (39). Том 2. – Полтава: ПолтНТУ, 2013. – С. 233 – 240.

13. Філоненко О.І. Вплив повітропроникності конструкції на її теплозахисні властивості / О.І. Філоненко // Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво). – Полт. нац. техн. ун-т імені Юрія Кондратюка. – Вип. 4 (39). Том 1. – Полтава: ПолтНТУ, 2013. – С. 261 – 266.

14. Філоненко О.І. Спорудження малоповерхових житлових будинків з солом’яних блоків та визначення їх теплотехнічних характеристик / О. В. Семко, О. І. Філоненко, С. П. Панченко,Є. І. М’який // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – Д.: ПДАБА, 2013. – № 8. – С. 47 – 52.

15. Філоненко О.І. Геометричні параметри зовнішньої теплоізоляції фундаментної зони для кліматичних умов ІІІ температурної зони / О.І. Філоненко // Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво). – Полт. нац. техн. ун-т імені Юрія Кондратюка. – Вип. 1 (29). – Полтава: ПолтНТУ, 2011. – С.185 – 188.

16. Філоненко О.І. Вплив глибини закладання зовнішнього утеплення фундаментної зони на тепловтрати підлогою для кліматичних умов І температурної зони / О.І. Філоненко // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: збірник наук. праць. – Вип. 21. – Рівне: Національний університет господарства та природокористування, 2011. – С. 539 – 542.

17. Філоненко О.І. Аналіз внутрішнього утеплення фундаментної зони цивільних будинків для зменшення тепловтрат підлогою на ґрунті / О.І. Філоненко // Комунальне господарство міст: наук.-техн. збірник. – Вип. № 97. – Харків: ХНАГХ, 2011. – С. 73 – 77.

18. Філоненко О.І. Вологісний режим фундаментної зони за її зовнішнього утеплення / О.І. Філоненко // Вісник Національного університету «Львівська політехніка»: Теорія і практика будівництва. – Вип. № 697. – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2011. – С. 229 – 233.

19. Філоненко О.І. Дослідження акустичного забруднення центральної частини міста Полтави від транспортних потоків / О.І. Філоненко, Є.Г. Петренко // Комунальне господарство міст: наук.-техн. збірник. – Вип. № 109. – Харків: ХНАГХ, 2013. – С. 213 – 218.

20. Філоненко О.І. Дослідження акустичних якостей великого актового залу ПолтНТУ імені Юрія Кондратюка / О.І. Філоненко, Т.С. Крепка // Збірник наукових праць студентів будівельного факультету ПолтНТУ імені Юрія Кондратюка.. – Полтава, 2013. – С. 56 – 60.

21. Semko O. Civil building frame-struts steel carcass optimization by efforts regulation. / O.Semko, A. Hasenko, O. Filonenko, N. Mahas //

ACADEMIC JOURNAL Industrial Machine Building, Civil Engineering – 1 (54), 2020. С. 48 – 54.

22. Філоненко О.І. Сади на дахах та їх соціально-економічний вплив / М.А. Міняйло, О.І. Філоненко // Строительство, материаловедение, машиностроение: сб. научн. трудов. – Вып. 81. – Д.: ГВУЗ «ПГАСА», 2015. – С. 111 – 118.

23. Філоненко О.І. Вологісний режим фундаментної зони при термомодернізації забудови / О.І. Філоненко // Містобудування та територіальне планування: наук.-техн. збірник. – Вип. 39. – Київ: КНУБА, 2011. – С. 402 – 407.

24. Філоненко О.І. Геометричні параметри зовнішньої теплоізоляції фундаментної зони для кліматичних умов ІІ температурної зони / О.І. Філоненко // Містобудування та територіальне планування: наук.-техн. збірник. – Вип. 40. – Київ: КНУБА, 2011. – С.492 – 497.

25. Філоненко О.І. Використання термоефективних фундаментних блоків для опалювальних підвальних та цокольних приміщень / О.В. Семко, О.І. Філоненко // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – Вип. 39. – Д.: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад.В. Лазаряна, 2011. – С. 195 – 197

26. Filonenko Olena. Definition of Parameters of Thermal Insulation in the Zone of Building Foundation According to the Ground Freezing Depth / Olena Filonenko // Energy Efficiency (Netherland) – Vol. 11, Issue 3, 2017, pp.603-626.DOI: 10.1007 / s12053-017-9600-x (НМБД Scopus).

27. Semko O.V. Investigation of the Temperature–Humidity State of a Tent-Covered Attic. / O.V. Semko, O.I. Yurin, O.I. Filonenko, N.M. Mahas / Proceedings of the 2nd International Conference on Building Innovations. ICBI 2019. Lecture Notes in Civil Engineering, vol 73. Springer, Cham. DOI: 10.1007/978-3-030-42939-3_26 (НМБД Scopus).

28. Filonenko Olena. Design Features of Thermomodernization of Combined Roofs / Olena Filonenko, Oleksandr Maliushytskyi, Nataliia Mahas // International Journal of Engineering & Technology. Vol. 7, № 3.2, (2018), pp. 111–115. DOI: 10.14419/ijet.v7i3.2.14385 (НМБД Scopus).

29. Filonenko Olena. Thermal Modernization of the Panel Buildings External Walls / Olena Filonenko, Oleg Yurin, Olga Kodak // *International Journal of Engineering & Technology*. Vol. 7, № 3.2, (2018), pp. 116–122. DOI: 10.14419/ijet.v7i3.2.14386 (НМБД Scopus).

30. Farenyuk Gennadiy. Research on Calculation Methods of Building Envelope Thermal Characteristics / Gennadiy Farenyuk, Olena Filonenko, Volodymyr Datsenko // International Journal of Engineering & Technology. Vol. 8, № 4.8, (2018), pp. 97–102. DOI: 10.14419/ijet.v7i4.8.27221.

31. Leshchenko Maryna. Insulation of Building Envelope Complicated Node Points / Maryna Leshchenko, Oleksandr Semko, Liubov Shumska, Olena Filonenko // International Journal of Engineering & Technology. Vol. 8, № 4.8, (2018), pp. 190–195. DOI:10.14419/ijet.v7i4.8.27239.

32. Фаренюк Г.Г. Дослідження методів розрахунку теплових характеристик огороджувальних конструкцій в літніх умовах експлуатації / Г.Г. Фаренюк, О.В. Семко, О.І. Філоненко, Н.М. Магас // Збірник наукових праць за матеріалами III Міжнародної українсько-азербайджанської конференції «BUILDING INNOVATIONS – 2020». – Полтава, 2020. – С. 176 – 178.

33. Filonenko Olena. Thermo-technical calculation of combined roof structure with variable thickness layers/ Olena Filonenko // Збірник наукових праць за матеріалами III Міжнародної українсько-азербайджанської конференції «BUILDING INNOVATIONS – 2020». – Полтава, 2020. – С. 179 – 181.

34. Філоненко О. І. Про методику обстеження огороджувальних конструкцій будівель інфрачервоним методом / О.І.Філоненко, В.І. Кіденко // Тези 72-ої наукової конференції професорів, викладачі , наукових

працівників, аспірантів та студентів університету, присвяченої 90-річчю Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка». Том 1. (Полтава, 21 квітня – 15 травня 2020 р) – Полтава: ПолтНТУ, 2020. – С. 110 – 111.

35. Філоненко О. І. Аналіз кошторисної вартості утеплення стін / О.І. Філоненко, О.О. Циганок // Тези 72-ої наукової конференції професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів університету, присвяченої 90-річчю Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка». Том 1. (Полтава, 21 квітня – 15 травня 2020 р) – Полтава: ПолтНТУ, 2020. – С. 114 – 115.

36. Семко О.В. Аналіз пошкоджень залізобетонних конструкцій покриття під впливом вологи/ О.В. Семко, Філоненко О.І., Магас Н.М., Максимович О.А. // Тези 72-ої наукової конференції професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів університету, присвяченої 90-річчю Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка». Том 1. (Полтава, 21 квітня – 15 травня 2020 р) – Полтава: ПолтНТУ, 2020. – С. 124 – 125.

37. Семко О.В. Особливості експлуатації огороджувальних конструкцій карнизних вузлів / О.В. Семко, О.І. Філоненко, О.І. Юрін, Ю.О. Авраменко, Н.М. Магас // Експлуатація та реконструкція будівель і споруд : тези доп. III між нар. конф. – Одеса : ОДАБА, 2019. – с. 138.

38. Філоненко О.І. Особливості застосування системи КУБ 2.5 / О.І. Філоненко, В.К. Городчанин // Тези 71-ої наукової конференції професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів університету. Том 1. (Полтава, 22 квітня – 17 травня 2019 р.) – Полтава: ПолтНТУ, 2019. – С. 94 – 95.

39. Типові дефекти сталевого покриття шатрових покрівель цивільних будівель / О.В. Семко, О.І. Філоненко, О.І. Юрін, Н.М. Магас // Збірник наукових праць за матеріалами II Міжнародної українсько-

азербайджанської конференції «BUILDING INNOVATIONS – 2019». – Полтава, 2019. – С. 182 – 183.

40. Farenyuk G. Research on calculation methods of building envelope thermal characteristics / G. Farenyuk, O. Filonenko // Збірник наукових праць за матеріалами I Міжнародної науково-практичної конференції «TECHNOLOGY, ENGINEERING AND SCIENCE – 2018». – Лондон, 2018. – С. 67 – 69.

41. Філоненко О.І. Конструктивні особливості термомодернізації суміщених покрівель / О.І. Філоненко, О.В. Малюшицький, Н.М. Магас // Збірник наукових праць за матеріалами I Міжнародної азербайджансько-української конференції «BUILDING INNOVATIONS – 2018». – Баку, 2018. – С. 210 – 212.

42. Лещенко М.В. Утеплення складних вузлів зовнішніх огороджувальних конструкцій будівель / М.В. Лещенко, О.В. Семко, О.І. Філоненко, Л.П. Шумська // Збірник наукових праць за матеріалами I Міжнародної науково-практичної конференції «TECHNOLOGY, ENGINEERING AND SCIENCE – 2018». – Лондон, 2018. – С. 61 – 63.

43. Філоненко О.І. До питання нормування теплостійкості огороджувальних конструкцій в літній період року / О.І. Філоненко // Тези 68-ї наукової конференції професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів університету. Том 1. (Полтава, 19 квітня – 13 травня 2016 р.) – Полтава: ПолтНТУ, 2016. – С. 117 – 119.

44. Філоненко О.І. Сади на дахах та їх соціально-економічний вплив / О.І. Філоненко, М.А. Міняйло // Тези 67-ї наукової конференції професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів університету. Том 1. (Полтава, 2 квітня – 22 травня 2015 р.) – Полтава: ПолтНТУ, 2015. – С. 78 – 79.

45. Филоненко Е.И. Исследование принципов интеграции экопоселений на территории Украины /А.В. Семко, Е.И. Филоненко // Materi á ly X mezinárodní vědecko-praktick á konference „Aktu á lni vymoźenosti vědy –

2014” . – Díl 15. Zemědělství. Výstavba a architektura.: Praha. Publishing House „Educałion and Science” s.r.o, 2014 – S. 34 – 38.

46. Фаренюк Г. Г., Особливості термомодернізації громадських будівель / Г. Г. Фаренюк, О. І. Філоненко, О. Б. Борисенко, М. В. Лещенко // Проблеми й перспективи розвитку академічної та університетської науки: збірник наукових праць за матеріалами V Всеукраїнського науково-практичного форуму установ НАН України. – Полтава: ПолтНТУ, 2012. – С. 215 – 216.

47. Філоненко О.І.. Відновлення експлуатаційних властивостей зовнішніх огороджувальних конструкцій центрального корпусу ПНТУ ім. Юрія Кондратюка / О.І. Філоненко, Ю.Г. Тобольченко // Тези 64-ї наукової конференції професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів університету. Том 1. (Полтава, 17 квітня по 11 травня 2012 р.) – Полтава: ПолтНТУ, 2012. – С. 86 – 87.

48. Філоненко О.І. Вплив глибини закладання зовнішнього утеплення фундаментної зони на тепловтрати підлогою / О.І. Філоненко // Тези 63-ї наукової конференції професорів, викладачів, наукових працівників та студентів університету. Том 1. (Полтава, 10 – 19 травня 2011 р.) – Полтава: ПолтНТУ, 2011. – С. 89 – 91.

49. Філоненко О. І., Юрін О. І. Енергетична ефективність будинків – Полтава: ПП «Астрая», 2018. – 484 с.

50. Будівельна теплофізика огороджувальних конструкцій будівель / О.І. Філоненко, О.І. Юрін. – Полтава: Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, 2015. – 226 с

51. Утеплення, ремонт та реконструкція плоских покрівель цивільних будівель / Авраменко Ю.А., Філоненко О.І. (та інш.); за ред.. О.В. Семко. – Полтава: ПП «Астрая», 2018. – 238 с.

52. Будівельна фізика: Захист від шуму / О.І. Філоненко, Н.М. Магас. – Полтава: ПП «Астрая», 2019. – 322 с.

**ЗМІСТ**

АНОТАЦІЯ 2
Список публікацій здобувача за темою дисертації 11
ВСТУП 23
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ 35
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ТЕПЛОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОНСТРУКЦІЙ І БУДІВЕЛЬ 36
1.1 Системний підхід до побудови математичної моделі теплового балансу будівлі 36
1.2 Теплостійкість будівлі в літній період 41
1.3 Визначення коефіцієнта теплозасвоєння поверхні огородження (за теорією професора О.Е. Власова) 43
1.4 Теплостійкість будівлі у зимовий період 48
1.5 Врахування динамічних параметрів у методиці визначення енергетичної ефективності будівель (ДСТУ Б А.2.2-12:2015) 52
1.6 Оцінка показників комфортності теплового режиму приміщень 55
1.7 Оцінка внутрішнього середовища та довгострокових показників 58
Висновки за розділом 1 61
РОЗДІЛ 2 АНАЛІТИЧНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ТА ІНТЕРПРЕТАЦІЯ ТЕПЛОВОГО КОМФОРТУ 63
2.1 Сертифікація теплового середовища приміщень у складі оцінки загальної енергоефективності будівлі 63
2.2 Методика визначення розрахункових параметрів теплового середовища за категоріями приміщень 66
2.3 Розрахункові параметри теплового комфорту для різних категорій середовищ та видів простору 71
2.4 Приклади визначення розрахункових параметрів мікроклімату 77
Висновки за розділом 2 80
РОЗДІЛ 3 ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ТЕПЛОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ 82

3.1 Передумови розрахунку динамічних теплових характеристик 79
3.2 Теплові динамічні показники будівельних конструкцій 83
3.3 Вхідні дані для розрахунку динамічних теплових характеристик 95
3.4 Матриця теплопередачі багатошарової конструкції 97
3.5 Динамічні теплові характеристики 105
3.6 Рекомендації по уточненню методики визначення внутрішньої теплоємності будівель 110
3.7 Методика оцінювання динамічних теплових параметрів поверхні підлоги 113
3.8 Визначення коефіцієнта теплозасвоєння запроектованих конструкцій підлог 115
3.9 Методика оцінювання оцінки теплостійкості огороджувальних конструкцій у літній період 119
3.10 Методика оцінювання теплостійкості приміщення в зимовий період для постійного опалення 128
Висновки за розділом 3 131
РОЗДІЛ 4 ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ДИНАМІЧНИХ ТЕПЛОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ НА ЗАГАЛЬНУ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ БУДІВЕЛЬ 133
4.1 Опис розрахункових моделей 133
4.2 Визначення теплотехнічних показників огороджувальних конструкцій 137
4.3 Визначення теплопередачі трансмісією та вентиляцією 145
4.4 Визначення енергопотреби на опалення та охолодження 154
4.5 Сумарне енергоспоживання системами опалення, охолодження та вентиляції 160
4.6 Порівняння результатів дослідження впливу внутрішньої теплоємності на оцінку енергоефективності будівель 163
Висновок за розділом 4 169

РОЗДІЛ 5 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ЗМІНИ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ ОГОРОДЖУВАЛЬНОЇ КОНСТРУКЦІЇ 170
5.1 Методика натурних спостережень. Прилади та інструменти 170
5.2 Аналіз результатів натурного дослідження теплових показників цегляної стіни 175
5.3 Порівняння теоретичних результатів розрахунку та натурно-експериментальних даних 178
5.4 Аналіз результатів замірів натурного дослідження зміни теплових параметрів віконного блоку 182
5.5 Методика лабораторних випробовувань. Прилади та інструменти 187
5.6 Опис об’єкту дослідження динамічних параметрів у лабораторних умовах. 189
5.7 Результат лабораторного дослідження динамічних параметрів 192
5.8 Порівняння теоретичних результатів розрахунку та лабораторно-експериментальних даних 195
Висновки за розділом 5 197
РОЗДІЛ 6 ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМУ ПОКРИТТЯ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА ПРОЕКТУВАННІ 198
6.1 Результати обстеження стану покриття 198
6.2 Теплотехнічний розрахунок суміщеного покриття 202
6.3 Теплотехнічний розрахунок суміщеного покриття з шарами змінної товщини 204
6.4 Визначення лінійних коефіцієнтів теплопередачі типових вузлів суміщеної покрівлі 212
6.5 Особливості експлуатації горищних дахів з холодним горищем 230
6.6 Аналіз вологісного режиму залізобетонного даху з холодним горищем 240
6.7 Визначення лінійних коефіцієнтів теплопередачі типових вузлів горищного даху з холодним горищем 242

6.8 Теплотехнічний розрахунок горищних дахів з холодним горищем 254
Висновки за розділом 6 255
РОЗДІЛ 7 ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМУ ЗОВНІШНІХ СТІН ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА ПРОЕКТУВАННІ 257
7.1 Результати обстеження стану зовнішніх стін 257
7.2 Дослідження тепловологісного режиму утеплених стін при порушенні технології виконання монтажних робіт 264
7.3 Визначення лінійних коефіцієнтів теплопередачі типових вузлів утеплення зовнішніх стін 270
7.4 Енергоефективні конструктивні рішення елементів стінових конструкцій 275
Висновки за розділом 7 281
РОЗДІЛ 8 ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМУ ПІДЛОГИ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА ПРОЕКТУВАННІ 283
8.1 Результати обстеження стану підлог 283
8.2 Дослідження теплового режиму суцільних підлог по ґрунту при утепленні фундаменту та цоколю з внутрішнього боку 287
8.3 Дослідження теплового режиму суцільних підлог по ґрунту при утепленні фундаменту та цоколю з зовнішнього боку 290
8.4 Алгоритм розрахунку теплозахисту фундаментної зони будівель 295
8.5 Визначення лінійних коефіцієнтів теплопередачі типових вузлів утеплення підлог 299
Висновки за розділом 8 316
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ 317
Список літератури 320
ДОДАТОК А 352
ДОДАТОК Б
ДОДАТОК В
ДОДАТОК Г

# ВСТУП

**Обґрунтування вибору теми дослідження.** Сучасне програмне забезпечення дозволяє вирішувати задачі будівельної теплофізики практично будь-якої складності. Однак при розрахунках складних зовнішніх огороджувальних конструкцій виникають проблеми побудови їх розрахункових схем, адекватних їхньому реальному, температурно-вологісному режимові. Невизначеними бувають характеристики зв'язків між елементами конструкцій, наявність теплопровідних включень, вплив неоднорідної структури конструкцій, динамічні характеристики параметрів внутрішнього та зовнішнього середовищ. Зазвичай у таких випадках при побудові розрахункових схем приймають рішення, які йдуть у запас підвищення термічних характеристик конструкцій. Однак при цьому залишається невизначеним їх реальний запас. При динамічних теплових розрахунках неадекватність розрахункових передумов може призвести до істотних відмінностей їх результатів від реальної роботи конструкцій, а отже, і до теплових відмов.

Динамічні теплові характеристики визначають фізичні процеси та закономірності у будівлі при змінних теплових умовах навколишнього середовища. Зіставлення натурних динамічних і розрахункових характеристик є найбільш зручним та достовірним способом верифікації адекватності тієї чи іншої розрахункової схеми конструкцій і будівлі в цілому. Тому коректно проведене дослідження динамічних теплових характеристик і подальше уточнення розрахункових схем та методів розрахунку є важливим завданнями будівельної теплофізики.

Енергоспоживання будівель значно залежить від критеріїв мікроклімату приміщень (температура, вентиляція й освітлення) та будівель (включаючи системи), що використовуються при проектуванні та експлуатації. Мікроклімат приміщення також має вплив на здоров’я, продуктивність та комфорт людей, що перебувають у приміщенні.

Недостатня теплоізоляція елементів огороджувальних конструкцій призводить до теплового дискомфорту, викликаного небажаним місцевим охолодженням або нагріванням тіла. Найбільш поширеними місцевими факторами дискомфорту є асиметрія температури випромінювання (холодної або теплої поверхні), протяг (який визначається як місцеве охолодження тіла, викликане рухом повітря), вертикальний перепад температури повітря і холодні або теплі підлоги.

При проектуванні теплоізоляційної оболонки будинку за ДБН В.2.6-31:2016 не використовуються методи для прогнозування загального теплового відчуття і ступеня дискомфорту (теплова незадоволеність) людей, що піддаються дії помірних термальних середовищ. Аналітичне визначення та інтерпретація теплового комфорту з використанням розрахунків PMV (прогнозована середня оцінка якості повітряного середовища) і PPD (прогнозований відсоток незадоволених температурою середовища), а також критеріїв місцевого теплового комфорту допоможе оцінити прийнятність умов навколишнього середовища для забезпечення теплового комфорту людини.

Параметри комфорту у будинку значною мірою визначаються його теплоізоляційною оболонкою, від конструктивного рішення якої залежить і загальна енергоефективність. При утепленні суміщених покриттів не приділяється увага попередженню утворення містків холоду в місцях примикання до надбудов даху, вентиляційних каналів та парапетів. І саме в цих місцях при експлуатації будівель спостерігаються теплові відмови.

Більшість горищних дахів експлуатуються з порушенням вентиляційного режиму. Наслідками є гниття та ураження грибком дерев’яної кроквяної системи скатних дахів, а також руйнування карнизів. У залізобетонних горищних дахах з малим ухилом спостерігається утворення чорної плісняви на внутрішніх поверхнях. Заходи по ремонту часто передбачають усунення наслідків порушення вентиляційного режиму, а не його відновлення, тому дослідження у цьому напрямі є актуальними. В

українських нормативних документах не наведено методику визначення тепловтрат крізь дахи з урахуванням конструктивних особливостей та значення лінійних коефіцієнтів теплопередачі.

Тепловтрати крізь зовнішні стіни досягають до 50% від загальних тепловтрат будинком. При новому будівництві та термомодернізації будівель спостерігаються порушення технології виконання робіт і нехтування впливом містків холоду. Це зменшує загальний опір теплопередачі огороджувальних конструкцій, збільшує витрати на опалення будівель та призводить до теплових відмов.

У малоповерховому цивільному будинку втрати тепла через підлогу першого поверху можуть досягати 20% від загального об'єму тепловитрат. Але утеплення суцільних підлог часто виконують з перериванням теплоізоляційного шару, що веде до низьких температур поверхні особливо у місці примикання до зовнішньої стіни. У практиці реставраційних робіт часто проводять заміну дерев'яних підлог з технічним підпіллям на суцільні бетонні. Внаслідок відсутності горизонтальної гідроізоляції це призводить до зволоження цегляної кладки фундаментів, цоколю та стін першого поверху за рахунок підтягування капілярної вологи з ґрунту.

Недоліки у прогнозуванні тепловологісного стану огороджувальних конструкцій при проектуванні, монтажу й експлуатації ведуть до зниження загальної енергоефективності будівель і до погіршення комфортності перебування у них людей. Економія паливно-енергетичних ресурсів України стала загальнонаціональною проблемою, а зниження енергомісткості експлуатації будівель – однією з першочергових задач народного господарства України.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, грантами.** Тема дисертації відповідає сучасним напрямам науково-технічної політики держави з питань енергозбереження, визначеними такими основними документами: Закон України «Про енергетичну ефективність будівель» (із змінами, внесеними згідно із Законом № 199-IX від 17.10.2019);

Енергетична стратегія України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність» (розпорядження Кабінету Міністрів України від 18 серпня 2017 р. № 605-р), а також Стратегія регіонального розвитку Полтавської області на 2021–2027 роки та План заходів з її реалізації на 2021 – 2023 роки. З науковою роботою пов'язана грантова програма «Особливості термографічного обстеження громадських будівель» у межах реалізації проекту «Енергоефективність у громадах ІІ» Німецького товариства міжнародного співробітництва (GIZ) GmbH (Німеччина).

Робота виконувалась на кафедрі будівництва та цивільної інженерії Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» у рамках держбюджетних тем «Конструктивна і теплова надійність несучих і огороджувальних комплексних конструкцій» (державний реєстраційний номер 0115U002417), «Комплексні конструктивні рішення забезпечення енергоефективності громадських будівель в умовах євроінтеграції» (державний реєстраційний номер 0118U001097), «Ресурсоекономні технології відновлення й реконструкції житлових, громадських і виробничих будівель та захисних споруд цивільної оборони» (державний реєстраційний номер 0116U002567), «Енергоефективні конструктивні рішення елементів будівель» (державний реєстраційний номер 0121U109497).

**Мета роботи** – вирішення проблеми впливу динамічних теплових характеристик та конструктивних рішень огороджувальних конструкцій на тепловий режим приміщень.

**Завдання дослідження:**

1. Визначити напрям дослідження конструктивних і планувальних рішень будівель на основі теплових динамічних характеристик за аналізом основних напрямів розрахунку та нормування нестаціонарного режиму теплопередачі огороджувальних конструкцій.

2. Розробити параметризацію внутрішнього середовища приміщень на основі прогнозування загального теплового відчуття і ступеня дискомфорту.

3. Розробити методику дослідження теплостійкості огороджувальних конструкцій і будівель на основі дослідження їх динамічних теплових характеристик та гармонізувати національні будівельні норми з відповідною нормативною базою ЄС.

4. Розробити методику оцінювання проектних пропозицій будівель для порівняння енергоефективності їх конструктивних і планувальних рішень.

5. Провести верифікацію теоретичних досліджень особливостей формування температурного поля огороджувальних конструкцій у нестаціонарних умовах теплопередачі з експериментальними даними.

6. Розробити енергозберігаючі конструктивні рішення зовнішніх огороджувальних конструкцій за рахунок досягнення безперервності теплоізоляційного шару.

7. Удосконалити методику визначення приведеного опору теплопередачі за рахунок визначення лінійних коефіцієнтів теплопередачі складних конструктивних вузлів на підставі розрахунків двомірних температурних полів.

8. Розробити рекомендації з ремонту й експлуатації зовнішніх огороджувальних конструкцій на основі теоретичних і натурних досліджень та забезпечити їх широке впровадження у будівництво.

**Об’єкт дослідження** – керування тепловим режимом приміщень.

**Предмет дослідження** – вплив динамічних теплових характеристик та конструктивних рішень огороджувальних конструкцій на тепловий режим приміщень.

**Методи дослідження:** стандартні методи будівельної фізики, метод скінченних елементів для розв’язання задач будівельної фізики, метод тепловізійного контролю якості огороджувальних конструкцій будівель, методи експериментальних досліджень температурного режиму огороджувальних конструкцій.

**Наукова новизна отриманих результатів** полягає у наступному:

1. Уперше розроблено методику визначення розрахункових параметрів мікроклімату за критеріями місцевого теплового комфорту, яка дозволяє запроектувати приміщення з високою якістю повітряного середовища відповідно до категорій приміщень.

2. Уперше розроблено методику оцінювання теплостійкості приміщення/будівлі в зимовий період, які відповідають методиці визначення енергоефективності будинків та враховують всі теплові впливи, яким піддається будівля. Набула подальшого розвитку гармонізація національних будівельних норм щодо енергоефективності з відповідною нормативною базою ЄС.

3. Уперше розроблено методику оцінювання теплостійкості огороджувальних конструкцій у літній період та визначення коефіцієнта теплозасвоєння поверхні підлоги з урахуванням динамічних теплових параметрів.

4. Уперше розроблено методичні положення оцінювання проектних пропозицій будівель на основі дослідження їх внутрішньої теплоємності для порівняння енергоефективності різних конструктивних і об’ємно-планувальних рішень.

5. Набули подальшого розвитку експериментальні дослідження особливостей формування температурного поля огороджувальних конструкцій у нестаціонарних умовах теплопередачі.

6. Удосконалено енергозберігаючі конструктивні рішення зовнішніх огороджувальних конструкцій за рахунок досягнення безперервності теплоізоляційного шару.

7. Набула подальшого розвитку номенклатура лінійних коефіцієнтів теплопередачі складних конструктивних вузлів на підставі розрахунків двомірних температурних полів для визначення приведеного опору теплопередачі та методика теплотехнічного розрахунку суміщеного покриття з шарами змінної товщини.

8. Набули подальшого розвитку рекомендації з ремонту й експлуатації зовнішніх огороджувальних конструкцій на основі теоретичних та натурних теплових досліджень для впровадження їх у будівництво.

**Достовірність та обґрунтованість результатів** забезпечені розв'язанням поставлених задач з використанням результатів експериментальних досліджень, застосуванням при теоретичних дослідженнях фундаментальних закономірностей будівельної фізики, методів моделювання двомірних температурних полів, співставленням отриманих даних з експериментальними результатами, як власними, так і інших дослідників, у тому числі закордонних, статистичною обробкою результатів, використанням нормованих показників енергоефективності.

**Практичне значення отриманих результатів** підтверджується впровадженням результатів роботи при розробці держбюджетних тем «Конструктивна і теплова надійність несучих і огороджувальних комплексних конструкцій» (державний реєстраційний номер 0115U002417), «Комплексні конструктивні рішення забезпечення енергоефективності громадських будівель в умовах євроінтеграції» (державний реєстраційний номер 0118U001097), «Ресурсоекономні технології відновлення й реконструкції житлових, громадських і виробничих будівель та захисних споруд цивільної оборони» (державний реєстраційний номер 0116U002567), «Енергоефективні конструктивні рішення елементів будівель» (державний реєстраційний номер 0121U109497) Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»; нормативних документів ДСТУ Б В.2.2-39:2016 «Методи та етапи проведення енергетичного аудиту будівель» і ДСТУ Б ISO 13786: 202X «Теплові характеристики будівельних конструкцій. Динамічні теплові характеристики. Методи розрахунку»; нової редакції ДСТУ Б В.2.6-189 «Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель», ДСТУ-Н Б В.2.6-190 «Настанова з розрахункової оцінки показників теплостійкості та теплозасвоєння огороджувальних конструкцій», ДСТУ-Н Б А.2.2-12 «Енергетична ефективність будівель.

Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні». У ці документи увійдуть результати теоретичних й експериментальних розробок автора.

Результати роботи були використані під час розроблення проектно-кошторисної документації щодо максимальної енергоефективності запропонованих рішень та запобігання теплових відмов на об'єктах будівництва: «Реконструкція магазину будматеріалів ТОВ Вентиляторний завод «Горизонт» за адресою: м. Гадяч, вул. Чапаєва, 15а» (2020 р); «Реконструкція Ковалівського дошкільного навчального закладу «Зірочка» по вул. Садова, 46а у с. Ковалівка Полтавського району Полтавської області» (2019 р); «Реконструкція даху громадської будівлі по вул. М. Гаврилка, 2в, с. Ковалівка, Полтавський район, Полтавська область» (2019 р); «Термомодернізація (реконструкція) будівлі спортивної школи по вул. Миру, 11 смт Семенівка Семенівського району Полтавської області» (2018 р); «Капітальний ремонт навчальних корпусів «А», «В», «Ф» Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка за адресою: м. Полтава, Першотравневий проспект, 24» (2018 р); «Капітальний ремонт гуртожитку №4 Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка за адресою м. Полтава, Першотравневий проспект, 27» (2018 р); «Будівництво (спорудження) Центру соціальної підтримки талановитих дітей по проспекту Першотравневий, 21 в м. Полтава» (2018 р).

Результати роботи були використані під час розробки рекомендацій з подальшої експлуатації будівель для запобігання теплових відмов при технічних обстеженнях на об'єктах: «Технічне обстеження горищного даху будівлі виконавчого комітету Полтавської міської ради по вул. Соборності, 36 у м. Полтава» (2019 р); «Технічне обстеження несучих конструкцій над підвалом та першим поверхом травматологічного відділення Комунального підприємства «3-я міська клінічна лікарня Полтавської міської ради» за адресою: м. Полтава, пл. Слави, 2» (2019 р); «Технічне обстеження Полтавської спеціалізованої школи І–ІІІ ступенів № 3 за адресою: м. Полтава,

вул. Чорновола, 4» (2018 р); «Технічне обстеження Комунального закладу Полтавська загальноосвітня школа І–ІІІ ступенів № 38 Полтавської міської ради за адресою: м. Полтава, вул. Пушкіна, 74» (2017 р); «Технічне обстеження Комунального закладу «Полтавський дошкільний навчальний заклад (ясла-садок) компенсуючого типу №42 «Зайчатко» за адресою: м. Полтава, вул. Короленка, 17б» (2017 р); «Технічне обстеження Полтавської загальноосвітньої школи І–ІІІ ступенів № 4 за адресою: м. Полтава, вул. Шевченка, 19» (2017 р).

Також результати роботи було впроваджено у навчальний процес Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», зокрема у навчальні дисципліни спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» та курси з підготовки до атестації осіб, які мають намір провадити діяльність з енергетичного аудиту будівель.

**Особистий внесок здобувача** полягає у формулюванні робочої гіпотези, мети і постановці завдань дослідження явища збереження енергії при зміні теплових умов навколишнього середовища – фізичні процеси, фізичні закономірності у будівлі при змінних теплових умовах навколишнього середовища, інтерпретації отриманих теоретичних та експериментальних даних, у розробці конструктивних рішень складних вузлів огороджувальних конструкцій. Пропозиції щодо внесення змін та доповнень у нормативні документи розроблено під керівництвом наукового консультанта Г.Г. Фаренюка.

Наукові положення дисертаційної роботи, що виносяться на захист, отримані самостійно. В одноосібних роботах авторові належать: розробка методик визначення параметрів мікроклімату за критеріями місцевого теплового комфорту й теплостійкості огороджувальних конструкцій та будівель на основі дослідження їх динамічних теплових характеристик [1]; розрахунок складних конструктивних вузлів на підставі розрахунків двомірних температурних полів для визначення приведеного опору теплопередачі [1, 4]; дослідження впливу повітропроникності конструкції на

її теплозахисні властивості [13]; дослідження енергозберігаючих конструктивних рішень зовнішніх огороджувальних конструкцій [15, 16, 17, 18, 22, 29, 30, 48]; методика теплотехнічного розрахунку суміщеного покриття з шарами змінної товщини [33]; оцінка теплостійкості огороджувальних конструкцій у літній період року [43].

У публікаціях у співавторстві авторові особисто належать: аналіз енергоефективності громадських будівель з урахуванням ергономіки теплового середовища [8, 9, 46, 49] та енергоефективних характеристик огороджувальних конструкцій в умовах експлуатації [6, 10, 25, 27, 35, 49, 50]; дослідження впливу тепловологісного режиму на конструкції [5, 36, 39] та визначення теплових динамічних параметрів огороджувальних конструкцій [26, 32, 40]; рекомендації з ремонту та експлуатації зовнішніх огороджувальних конструкцій [7, 23, 24, 37, 47]; оцінка об'ємно-планувальних та конструктивних рішень будівель щодо їх енергоефективності [11, 12, 14, 28, 38, 44, 45]; уточнення методики розрахунку тепловтрат суміщеної покрівлі [41, 51]; рекомендації з утеплення складних вузлів огороджувальних конструкцій [3, 31, 42, 49]; розробка загальних рекомендацій з енергоаудиту будівель [2, 34]; визначення впливу огороджувальних конструкцій на механічні та фізичні параметри будівель [19, 20, 21, 52].

**Апробація матеріалів дисертації.** Основні положення і результати дисертації представлено для обговорення на конференціях та конгресах: 63–72 наукові конференції професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів університету, ПолтНТУ, Полтава, 2011–2020 р., очна форма участі; XI Міжнародний конгрес «Інституційні та технічні аспекти реформування житлово-комунального господарства» та Круглий стіл «Термомодернізація будівель. Сучасний стан, проблеми та перспективи», 12 листопада 2015 р., очна форма участі; Круглий стіл «Консолідація зусиль щодо формування прозорих механізмів системи управління нерухомістю» Експертної Міжгалузевої Асоціації України та

Київської міської організації роботодавців житлово-комунальної галузі «Федерація роботодавців ЖКГ міста Києва», м. Київ, 09 жовтня 2015 р., очна форма участі; Круглий стіл «Формування прозорих відносин Споживача та Надавача послуг на ринку ЖКГ: роль управляючих компаній», м. Полтава, 27 квітня 2016 р., очна форма участі; ІІІ Міжнародна конференція «ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ФАСАДИ – 2017» у рамках Будівельного конгресу України – 2017, Міжнародний виставковий центр, м. Київ, 01–03 березня 2017 р., очна форма участі; Міжнародна науково-практична конференція «Kondratyuk Innovations XX-XXI» (до 120-ї річниці з дня народження Юрія Кондратюка (Олександра Шергея)), ПолтНТУ, м. Полтава, 23–26 травня 2017 р., очна форма участі; X Міжнародна науково-практична конференція «Проблеми й перспективи розвитку академічної та університетської науки», м. Полтава, ПолтНТУ, 6–8 грудня 2017 р., очна форма участі; VI Міжнародна науково-технічна конференція «ПРОБЛЕМИ НАДІЙНОСТІ ТА ДОВГОВІЧНОСТІ ІНЖЕНЕРНИХ СПОРУД ТА БУДІВЕЛЬ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ», м. Харків, 19–21 квітня 2017 р., заочна форма участі; І Міжнародна азербайджансько-українська конференція «BUILDING INNOVATIONS – 2018», м. Баку, Азербайджан, 24–25 травня 2018 р., заочна форма участі; ІІІ Міжнародна науково-практична конференція «Архітектура: естетика + екологія + економіка», м. Полтава, 2018 р., очна форма участі; XI Міжнародний конгрес «Інституційні та технічні аспекти реформування житлово-комунального господарства», м. Київ, 2018 р, очна форма участі; І–ІІІ Міжнародні науково-практичні конференції «TECHNOLOGY, ENGINEERING AND SCIENCE», 2018–2020 р., очна форма участі; ІІІ міжнародна конференція «Експлуатація та реконструкція будівель і споруд», м. Одеса, ОДАБА, 26–28 вересня 2019 р., заочна форма участі.

У повному обсязі дисертаційна робота доповідалась у Державному підприємстві «Державний науково-дослідний інститут будівельних

конструкцій» (2021 рік); Одеській державній академії будівництва та архітектури (2021 рік); Державному вищому навчальному закладі «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури» (2021 рік), Центральноукраїнському національному технічному університеті (2021 рік).

**Публікації.** За результатами дисертаційної роботи опубліковано 52 наукові праці, у тому числі 1 монографія, 36 публікацій у наукових виданнях України, 10 – у виданнях інших держав (4 з яких НМБД Scopus).

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертаційна робота складається зі вступу, 8-ми розділів, висновків, списку використаних джерел та 4 додатків. Дисертацію викладено на 406 сторінках, з яких 289 сторінок основного тексту, в тому числі 85 таблиць, 180 рисунків, 280 найменувань літератури та 4 додатки на 55 сторінках.

# ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

| Символи | Величина | Одиниця виміру |
|---|---|---|
| $A$ | площа | $м^2$ |
| $C$ | теплоємність | Дж/К |
| $L_{mn}$ | періодична теплопровідність | Вт /К |
| $R$ | термічний опір | $м^2 \cdot К/$ Вт |
| $T$ | період коливання | с |
| $U$ | коефіцієнт теплопередачі за стаціонарних граничних умов | Вт /($м^2 \cdot К$ ) |
| $Y_{mm}$ | коефіцієнт теплозасвоєння | Вт /($м^2 \cdot К$ ) |
| $Y_{mn}$ | періодичний коефіцієнт теплозасвоєння | Вт /($м^2 \cdot К$ ) |
| $Z$ | матриця теплопередачі середовища | — |
| $Z_{mn}$ | елемент матриці теплопередачі | — |
| $a$ | температуропровідність | $м^2$/с |
| $c$ | питома теплоємність | Дж/(кг·К) |
| $d$ | товщина шару | м |
| $f$ | коефіцієнт загасання | — |
| $j$ | одиниця на уявній осі для комплексних чисел | $j = \sqrt{-1}$ |
| $q$ | щільність теплового потоку | Вт /$м^2$ |
| $t$ | час | с або год |
| $x$ | відстань крізь конструкцію | м |
| $\Delta t$ | зсув часу: час випередження (якщо позитивний), або час затримки (якщо негативний) | с або год |
| $\delta$ | періодична глибина проникнення теплової хвилі в матеріалі | м |
| $\Phi$ | тепловий потік | Вт |
| $\xi$ | відношення товщини шару до глибини проникнення | — |
| $\kappa$ | площинна теплоємність | Дж/($м^2 \cdot К$ ) |
| $\lambda$ | коефіцієнт теплопровідності | Вт/(м·К) |
| $\rho$ | щільність | $кг/м^3$ |
| $\theta$ | температура | °С |
| $\omega$ | кутова частота | рад/с |
| $\varphi$, $\psi$ | різниця фаз | рад |

# РОЗДІЛ 1
# АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ТЕПЛОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОНСТРУКЦІЙ І БУДІВЕЛЬ

## 1.1 Системний підхід до побудови математичної моделі теплового балансу будівлі

Дослідження проблеми коректного оцінювання впливу динамічних теплових характеристик та конструктивних рішень огороджувальних конструкцій на тепловий режим приміщень проведено за структурною схемою, наведеною на рис. 1.0.

Будівля є складною архітектурно-конструктивною системою з безліччю складових її елементів захисних конструкцій й інженерного обладнання, в яких протікають різні по фізичній суті процеси поглинання, перетворення і перенесення теплоти.

Під дією різниці температур зовнішнього і внутрішнього повітря і сонячної радіації приміщення через огороджувальні конструкції в зимовий період втрачає, а в літній – отримує тепло. Зовнішні огороджувальні конструкції захищають приміщення від несприятливих дій клімату, спеціальні системи опалювання, вентиляції і кондиціонування повітря підтримують в приміщенні впродовж усього року певні параметри внутрішнього середовища.

Тепловим режимом будівлі називається сукупність усіх чинників і процесів, що визначають тепловий режим в його приміщеннях. Вплив параметрів навколишнього середовища на проектування енергоефективних будівель розглянуто в роботах О.Н. Могилата, В.А. Пашинського [59-63], Є.В. Клименка, А.М. Карюк [45], Л.Є. Анапольської [2], A. Moazamia [222], M.C. Swinton [260], S.O. Eromobor [146]. Уточнення методики динамічних розрахунків на конкретних моделях дозволяє точно прогнозувати тепловологісний режим на стадії проектування.

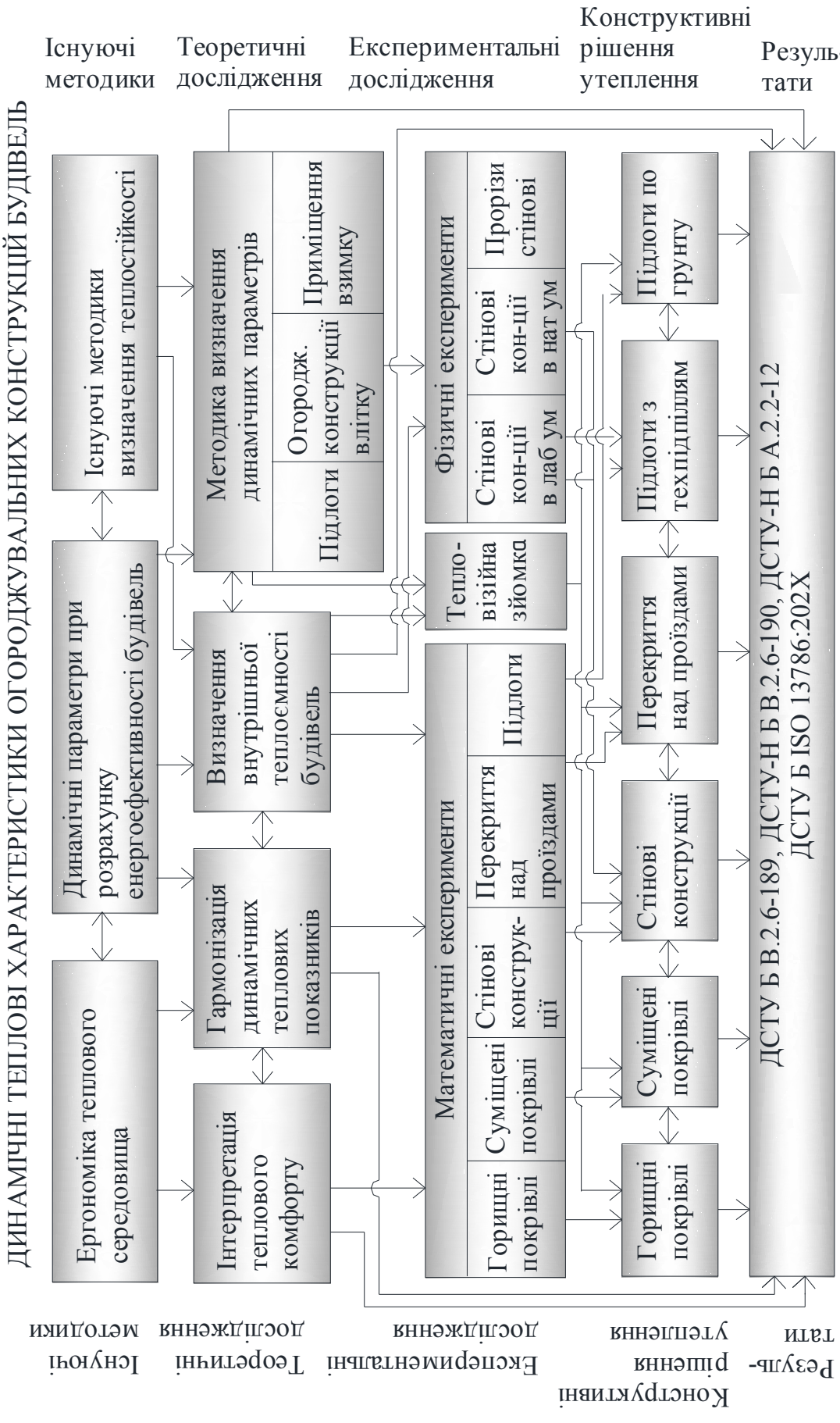


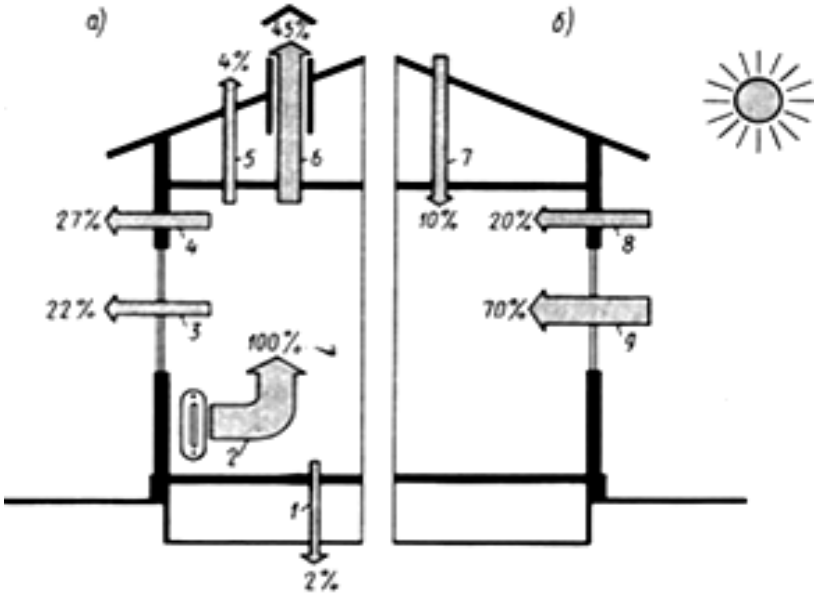

Рисунок 1.0 – Структурно-логічна схема дослідження

Цим напрямом займаються О.Ю. Анісімова [3-4], K. Martín [215-216]. Динамічні теплові навантаження представлені у роботах Е.Г. Малявіної [52-54], Ю.А. Табунщикова [77], В.В. Тарасова [78-80], K. Landerheinecke [203], Fayçal El Fgaier [161]. Роботу конструкцій в умовах екстремальних температур вивчав С.Л. Фомін [109-112, 171-173].

Завдання забезпечення в приміщеннях будівлі певного теплового режиму представляє собою організацію взаємодіючих і взаємозв'язаних теплових потоків в складній архітектурно-конструктивній системі з різноманіттям складових її елементів огороджувальних конструкцій й інженерного устаткування. Принциповою особливістю цієї системи є та обставина, що будівля, як єдина енергетична система, представляє не просте підсумовування цих елементів, а особливе їх з'єднання, надаючи усій системі в цілому нові якості, відсутні у кожного з елементів.

Зростає інтерес до використання матеріалів з фазовим переходом (PCM) як легкого замінника теплової інерції в будівництві. Моделювання динамічних параметрів будівлі дозволяє визначити ефективність цих матеріалів та фактори, що впливають на зменшення теплового навантаження в літній період експлуатації [14, 217, 218, 230, 238, 246, 257, 259, 271, 276]. Індекс дискомфорту використовується для оцінки перегріву приміщення. Керування фазовим переходом матеріалу в огороджувальній конструкції може допомогти зменшити теплові відмови у будинках, що не мають кондиціонерів. Використання геотермальної енергії та матеріалів з фазовим переходом у будівельних система – це засіб, який може послабити коливання температури повітря в приміщенні, а також уникнути перегріву [124, 139, 179, 182, 221, 226, 256].

На початку 2000-х було запроваджено поняття «пасивне будівництво» [212, 214]. Завдяки світовій актуальності воно швидко поширилося у всьому світі як з точки зору концепції, так і з точки зору реальних застосувань (M. Bojić [132], K. Johannes, C. Baglivo [141], P.M. Congedo, F. Barbolinia [156], P. Cappellaccib, M. Ferraraab [213] та інші [219, 223, 224, 227, 244, 248]).




1 – тепловтрати крізь підлогу; 2 – тепло надходження від опалювального приладу; 3 – тепловтрати крізь вікна; 4 – тепловтрати крізь зовнішні стіни; 5 – тепловтрати крізь дах; 6 – тепловтрати за рахунок повітрообміну, враховуючи інфільтрацію; 7 – тепло надходження крізь дах; 8 – тепло надходження від сонячної радіації крізь вікна.

Рисунок 1.1 – Наближена структура теплового балансу будівлі в холодний (а) та теплий (б) періоди року.

Новим викликом наведеного напряму є цілісний огляд, в якому будівля розглядається з енергетичної, екологічної та економічної точки зору (G. Evola [153], G. Marganib, J. Kurnitski [206], S. Sadineni [247]) у тісному зв’язку з побудованим і природним середовищем та кінцевими споживачами (K. Kuusk [201], L. Belussi [210], N. Alkaabi [230]).

Концептуальні основи пасивного будівництва й інтегрування будинків у природне середовище розглянуто у роботах М.В Савицького [66-74], Т.Д. Нікіфорової [56-58], S.B. Sadineni [247-248], G.Tiwari [263-265], Y. Sun [275] та інших.

Технічний прогрес призводить до появи великого різноманіття архітектурних, об'ємно-планувальних і конструктивних рішень будівель з істотно різними особливостями формування теплового режиму в приміщеннях, обумовленими їх технологічним призначенням і вживаними системами регулювання мікроклімату. Основною передумовою для використання у рамках системного підходу методу декомпозиції являється наявність обмеженого числа основних типових елементів, з яких складається

будівля як єдина теплоенергетична система.

Декомпозиція будівлі як єдиної енергетичної системи може бути представлена трьома основними енергетично взаємозв'язаними підсистемами:

1. Енергетичною дією зовнішнього клімату на оболонку будівлі.
2. Енергією, що міститься в оболонці будівлі, тобто в зовнішніх огороджувальних конструкціях будівлі.
3. Енергією, що міститься усередині об'єму будівлі, тобто у внутрішньому повітрі, внутрішньому устаткуванні, внутрішніх конструкціях, що захищають, і так далі

Математична модель теплового режиму приміщення визначена як об'єкт з зосередженими параметрами. Сюди відносяться математичні моделі, які описують теплообмін в приміщенні без розділення на конвективну і променисту складові, а температура повітря приймається однаковою за об'ємом приміщення.

На енергоефективність будівлі у цілому впливають енергоефективні конструктивні рішення огороджувальних конструкцій. Експериментальні та чисельні їх дослідження, зокрема вплив теплових містків, висвітлені в роботах О.І. Юріна [116-117], F. Aguilar [120], A. Capozzoli [126], B. Berggren [127], M. Wall, F. Ascione [154], N. Bianco [155], F. Cappelletti [170], H. Ge [175-176], R. Garay [243] та інші [131, 199, 249, 262, 269, 280].

Конструктивні заходи з підвищення енергоефективності та їх оптимізація розглянуто в роботах Г.Г. Фаренюка [83-87], М.В. Тимофеєва [81], S. Jaber [198], Soad Sarihi [252], Shahrzad Soudian [253], Sjoerd Nienhuys [254], Sareh Naji [258]. Дослідження залежності енергоефективності будівель від їх архітектурно-конструктивних систем та методи аналізу розглянуто у роботах A. Aldawoud [122], S.M. Bambrook [128], A.B. Sproul, M. DeKay [143] та інших.

Науковою основою досліджень процесу теплообміну та вологісного режиму стали праці В.М. Богословського [8], О.В. Ликова [49], К.Ф. Фокіна

[108] та інших.

## 1.2 Теплостійкість будівлі в літній період

Характерною особливістю передачі тепла в літніх умовах є добова періодичність зовнішніх теплових дій. Тому має місце завдання розповсюдження температурних хвиль через багатошарову конструкцію. Теплотехнічна ефективність захисної конструкції може бути оцінена:

- по максимальній температурі внутрішньої поверхні і часу її настання;
- по середньодобовій температурі внутрішньої поверхні;
- по амплітуді коливань температури внутрішньої поверхні.

Вказані величини знаходяться із закону зміни температури внутрішньої поверхні, який, у свою чергу, може бути знайдений шляхом рішення відповідної задачі.

Теплові дії, що періодично повторюються, можуть бути з будь-якою мірою точності апроксимовані відрізком ряду Фур'є наступного виду:

$$T_0(t) = \sum_{k=0}^{n} T_k \cos\frac{K\pi t}{24},$$
$$J(t) = \sum_{k=0}^{p} J_p \cos\frac{K\pi t}{24}. \qquad (1.1)$$

Значення інтенсивності сумарної сонячної радіації на горизонтальну поверхню, отримані шляхом натурних вимірів, а також апроксимовані двома і трьома членами ряду Фур'є, представлені в роботі [108], дозволяють зробити висновок про те, що інтенсивність сумарної сонячної радіації, що падає на горизонтальну поверхню, може бути з достатньою для практики точністю апроксимована трьома членами ряду Фур'є.

Температурне поле багатошарового обгороджування без внутрішніх

джерел тепла описується системою рівнянь :

$$C_i \rho_i \frac{\partial T_i}{\partial t} = \lambda_i \frac{\partial^2 T_i}{\partial y^2} \quad (t > 0, \delta_{t-1} < y < \delta_t)$$

$$i = 1, 2, 3, ..., n; \quad \delta_0 = 0; \quad \delta_n = \delta$$

з граничними умовами:

$$y = 0 \quad -\lambda \frac{\partial T_1}{\partial y} = \alpha_{out}^{con} \left[ T_1 - T_{out}^{con}(t) \right] - J(t)$$

$$\left.\begin{array}{l} y = \delta_1 \quad -\lambda_1 \dfrac{\partial T_1}{\partial y} = -\lambda_2 \dfrac{\partial T_2}{\partial y}; \quad T_1 = T_2 \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ y = \delta_{n-1} \quad -\lambda_{n-1} \dfrac{\partial T_{n-1}}{\partial y} = -\lambda_n \dfrac{\partial T_n}{\partial y}; \quad T_{n-1} = T_n \end{array}\right\}$$

$$y = \delta_n \quad -\lambda_n \frac{\partial T_n}{\partial y} = \alpha_{in}^{con} T_0$$

У математичному відношенні наведена система рівнянь є крайовим завданням для системи лінійних диференціальних рівнянь параболічного типу з постійними коефіцієнтами, з лінійними граничними умовами, з зовнішніми тепловими діями, що мають періодичний характер.

Оптимізація теплового режиму будівлі, не обладнаної установками кондиціонування повітря, в літній період полягає в знаходженні такого співвідношення між показниками тепло- і сонцезахисту огороджувальних конструкцій приміщення, у тому числі кратністю і режимом повітрообміну, при якому досягається максимальний захист від сонячної радіації. За даними натурних досліджень при дотриманні заходів проти перегрівання середня температура в не експлуатованому житловому приміщенні встановлюється на 1,5-2°С нижче середньодобової температури зовнішнього повітря (без урахування сонячної радіації). Пасивні стратегії проектування пов’язані з різними аспектами будівлі, такими як форма, розмір, орієнтація, ділянка, планування тощо. Їх вплив можна визначити за енергоспоживанням будівлі на охолодження. Концепції пасивного охолодження – оздоблення та

планування будівель може створити ефект самозатінення та покращити вентиляцію і природне освітлення [130, 140, 144, 177, 178, 202, 207, 209, 255, 261, 266, 272, 274].

Щоб підтримувати комфортні параметри внутрішнього середовища, необхідно зменшити швидкість приросту сонячного тепла (за допомогою сонячних приладів, ізоляції, відповідних будівельних матеріалів та кольорів, зменшення теплових надходжень за рахунок засобів освітлення тощо). Оптимізацію пасивних заходів сонячного проектування наведено у роботах [121, 129, 137, 197, 200, 274, 277, 278], де значну роль визнано за конструктивним рішенням [1, 6, 10, 15, 17, 46, 83, 114, 133, 138, 109, 255].

## 1.3 Визначення коефіцієнта теплозасвоєння поверхні огородження (за теорією професора О.Є. Власова)

Власов О.Є. ввів поняття коефіцієнта теплозасвоєння внутрішньої поверхні огородження, Вт/(м$^2$·К), який чисельно дорівнює амплітуді коливань теплового потоку, що проходить крізь поверхню огородження при амплітуді коливань її температури $A\tau$ = 1°С. Теорія теплостійкості Власова ввійшла до сучасних нормативних документів [40].

Коефіцієнт теплозасвоєння матеріалу огородження $S$ характеризує його здатність сприймати теплоту при коливанні температури на поверхні. Значення цього коефіцієнта, залежно від теплофізичних властивостей матеріалу ($\lambda$, $c$, $\rho$) і циклічної частоти коливання температури $w = 2\pi/Z$, визначається за формулою

$$S = \sqrt{\frac{2 \cdot \pi \cdot \lambda \cdot c \cdot \rho}{Z}}, \qquad (1.2)$$

де $\lambda$ – коефіцієнт теплопровідності матеріалу, Вт/(м·К); $c$ – теплоємність, Дж/(кг·К); $\rho$ – щільність матеріалу, кг/м$^3$.

Коефіцієнт $S$ в заданий розрахунковий період часу $Z$ залежить тільки від властивостей матеріалу, тому його можна вважати фізичною характеристикою матеріалу огородження.

Звичайно в теплотехнічних розрахунках огороджень приймають період коливання $Z = 24$ години.

Розрахунок коефіцієнта теплозасвоєння внутрішньої поверхні огородження, $Y_{вн}$, починають з визначення умовної товщини першого шару, починаючи нумерацію шарів від внутрішньої поверхні огородження:

а) коли внутрішній шар огороджувальної конструкції має теплову інерцію $D \geq 1$, то

$$Y_{вн} = s_1, \tag{1.3}$$

б) якщо теплова інерція першого шару огороджувальної конструкції $D < 1$, а першого і другого шарів конструкції $D_1 + D_2 \geq 1$, то коефіцієнт теплозасвоєння внутрішньої поверхні розраховується за формулою

$$Y_{вн} = \frac{R_1 s_1^2 + s_2}{1 + R_1 s_2}; \tag{1.4}$$

де $R_1$, $s_1$, $s_2$ – термічний опір, (м$^2$·К) /Вт, та коефіцієнта теплозасвоєння, Вт/(м$^2$·К), відповідно першого та другого шарів;

в) якщо теплова інерція перших $n$ шарів конструкції $D_1 + D_2 + ... + D_n < 1$, але теплова інерція $n + 1$ шарів $D_1 + D_2 + ... + D_n + D_{n+1} \geq 1$, то коефіцієнт теплозасвоєння внутрішньої поверхні потрібно визначати з урахуванням коефіцієнтів теплозасвоєння $n$ шарів за формулами для $n$-го шару

$$Y_n = \frac{R_n \cdot s_n^2 + s_{n+1}}{1 + R_n \cdot s_{n+1}}; \tag{1.5}$$

для і-го шару ($i = n$ - 1; $n$ - 2;...; 1)

$$Y_i = \frac{R_i \cdot s_i^2 + Y_{i+1}}{1 + R_i \cdot s_{i+1}}; \qquad (1.6)$$

Для термічно неоднорідних шарів конструкції потрібно визначати середній коефіцієнт теплозасвоєння матеріалом цього шару $s_{сер}$, Вт/(м$^2$·К), за формулою

$$s_{сер} = \frac{\sum_{n=1}^{n} s_n F_n}{\sum_{n=1}^{n} F_n}; \qquad (1.7)$$

де $s_n$ – коефіцієнт теплозасвоєння окремих матеріалів шару, Вт/(м$^2$К); $F_n$ – площа, що займають окремі матеріали по поверхні шарів, м$^2$.

г) якщо теплова інерція усіх шарів конструкції менше одиниці, то коефіцієнт теплозасвоєння внутрішньої поверхні потрібно визначати з останнього п-го шару по формулі

$$Y_n = \frac{R_n \cdot s_n^2 + \alpha_{зн}}{1 + R_n \cdot \alpha_{зн}}; \qquad (1.8)$$

Далі визначається $Y_{n-1}$ за формулою

$$Y_{n-1} = \frac{R_{n-1} \cdot s_{n-1}^2 + Y_n}{1 + R_{n-1} \cdot Y_n}. \qquad (1.9)$$

Якщо в конструкції є повітряні прошарки, то для них можна прийняти $s = 0$.

д) Для огороджень, практично не маючих теплоємність, показник

теплозасвоєння внутрішньою поверхнею, наприклад світлопрозорої огороджувальної конструкції, розраховується за формулою для одношарового огородження

$$Y_в = \frac{R \cdot s^2 + \alpha_{зн}}{1 + R \cdot \alpha_{зн}}. \quad (1.10)$$

Враховуючи, що $s = 0$, то $Y_{вс} = \frac{\alpha_{зн}}{1 + R\alpha_{зн}} = \frac{1}{1,08R_{\Sigma c}}$;

де $R_{\Sigma c}$ – опір теплопередачі світлопрозорої конструкції, м$^2$·К/Вт, приймається на підставі результатів випробувань згідно з ДСТУ Б В.2.6-17 акредитованими лабораторіями або за результатами теплових розрахунків конструкції.

Для цього випадку коефіцієнт теплопоглинання $B$ дорівнює коефіцієнту теплопередачі огородження

$$B = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{вн}} + \frac{1}{Y_{вн}}} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{вн}} + \frac{1 + R\alpha_{зн}}{\alpha_{зн}}} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{вн}} + R + \frac{1}{\alpha_{зн}}} = \kappa.$$

Згідно ДБН В.2.6-31:2016 для житлових та громадських будівель обов’язкове виконання умов теплостійкості в літній період року зовнішніх огороджувальних конструкцій:

$$A_{\tau_в} \le 2,5; \quad (1.11)$$

де $A_{\tau_в}$ – амплітуда коливань температури внутрішньої поверхні непрозорих огороджувальних конструкцій, °С;

Теплостійкість огороджувальних конструкцій у літній період року дозволяється не перевіряти за таких умов:

– якщо середня температура зовнішнього повітря найбільш жаркого місяця менше ніж 21°С;

– якщо зовнішня стіна, що розглядається, має теплову інерцію більше ніж 4;

– якщо покриття, що розглядається, має теплову інерцію більше ніж 5.

За наявності в будинку системи опалення з автоматичним регулюванням температури внутрішнього повітря теплостійкість приміщень в холодний період року не визначають.

Ступінь масивності огородження (аналог сучасного класу) на старими вітчизняними нормами (СНиП II-В.3-58 «Строительная теплотехника») визначався за величиною характеристики теплової інерції огородження *D*. Огородження вважалося:

– особливо легким – при $D = 0 – 2$;

– легким – при $D = 2{,}1 – 4$;

– середньої масивності – при $D = 4{,}1 – 7$;

– масивним – при $D = 7{,}1$ та вище.

Теплова інерція *D* огородження є величиною безрозмірною. Вона визначається за формулою:

$$D = \sum_{i=1}^{n} R_i \cdot S_{i\,p}\,, \tag{1.12}$$

де $R_i$ – термічний опір шарів матеріалу, $м^2 \cdot К/Вт$, визначається за формулою:

$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}}\,, \tag{1.13}$$

де $\delta_i$ – товщина матеріалу *i*-го шару конструкції, м; $\lambda_{ip}$ – теплопровідність матеріалу *i*-го шару конструкції, $Вт/(м \cdot К)$; $S_{i\,p}$– розрахунковий коефіцієнт теплозасвоєння *i*-го шару конструкції, $Вт/(м^2 \cdot К)$, визначається за формулою:

$$S_{i\,p} = 0{,}27\sqrt{\lambda_{ip} \cdot \rho_{io}(c_{io} + 0{,}0417\omega_i)}\,, \qquad (1.14)$$

де $\rho_{io}$ – густина матеріалу *i*-го шару конструкції, кг/м$^3$; $c_{io}$ – питома теплоємкість матеріалу *i*-го шару конструкції, кДж/(кг · К); $\omega_i$ – вміст вологи за масою *i*-го шару конструкції, %.

Результати розрахунку за наведеною методикою дають величини, які характеризують фізичні явища у конструкції, які не використовуються в сучасному оцінюванні теплового стану огороджувальних конструкцій та енергоефективності будівель у цілому, а дозволяють лише перевірити відповідність вимогам ДБН В.2.6-31, щодо теплостійкості в літніх умовах експлуатації.

### 1.4 Теплостійкість будівлі у зимовий період

Переривчасте подання тепла раціональне тільки з автоматичним регулюванням за часом і температурі, яке дозволяє: економити енергію, уникаючи непотрібного завищення температури в опалюваних приміщеннях, і періодично знижувати температуру приміщення відповідно до певного графіку його використання; забезпечити необхідний оптимальний тепловий стан в приміщенні.

Одним з критеріїв можливої тривалості перерви у теплоподачі і, пов’язаним з нею, пониженням температури внутрішнього повітря є вимога про не випадання конденсату на внутрішніх поверхнях стін і покриття. При зниженні температури внутрішнього повітря, якщо не міняється його вологовміст, точка роси залишається постійною.

Відомо, що переривчаста теплоподача, скорочуючи загальну витрату тепла за період, вимагає більш високого подання тепла в період натопу. Таким чином, переривчаста подача тепла є економічно вигідною, як правило, при досить високій температурі зовнішнього повітря, яка має місце

найбільше в перехідні періоди року, коли можна використати для натопу наявну потужність системи опалювання [51-53].

У практиці експлуатації житлових будівель нині переривчаста теплоподача має місце, головним чином, при електротеплопостачанні будівель. Періодичність теплопостачання тут обумовлена використанням поза пікової електроенергії. Метод цей зводиться до підключення електроопалювальних приладів й установок і до накопичення в них тепла виключно в години нічних провалів графіку навантаження енергосистеми (опалювання акумуляції) або в поза пікові періоди (опалювання напівакумуляції). Тепло, накопичене в окремих приладах, центральних установках або безпосередньо у конструкціях будівель, витрачається у приміщенні для потреб обігріву у міру потреби.

Значні коливання температур повітря в зимовий період року та робота опалювальних пристроїв можуть спричинити різкі перепади температури в приміщенні. Для забезпечення комфортного мікроклімату приміщення в зимовий період року необхідно розраховувати його теплостійкість.

Метою розрахунку є надання огороджувальним конструкціям необхідних теплозахисних якостей, що гарантують підтримування у приміщенні практично постійної комфортної температури повітря при періодичній зміні параметрів зовнішнього та внутрішнього середовища.

За ДСТУ-Н Б В.2.6-190:2013 теплостійкість приміщення визначають такі показники:

– амплітуда коливань температури приміщення $A_{тв}$ , °С;
– коефіцієнт теплопоглинання $B_j$, Вт/(м$^2$К);
– коефіцієнт теплозасвоєння матеріалу окремих шарів $s$, Вт/(м$^2$К).

Для житлових та громадських будинків обов’язкове виконання умов теплостійкості приміщення в зимовий період року згідно з ДБН В.2.6-31:

$$A_{t_в} \leq 1{,}5 \qquad (1.15)$$

де $A_{тв}$ – амплітуда коливань температури внутрішнього повітря, $^0$С;

Амплітуда коливань температури приміщення $A_{t_в}$ ,°С, розраховується за формулою:

$$A_{\text{t}_\text{в}} = \frac{0,7Q_{пр}m}{\sum_{j=1}^{k} B_j F_j}, \tag{1.16}$$

де $Q_{пр}$ – тепловтрати приміщення, Вт; $m$ – коефіцієнт нерівномірності тепловіддачі системи опалення, приймається згідно з таблицею 1.1; $F_j$ – площа внутрішньої поверхні $j$-ї зовнішньої огороджувальної конструкції, м$^2$; $k$ – кількість зовнішніх огороджувальних конструкцій у приміщенні; $B_j$ – коефіцієнт теплопоглинання, Вт/(м$^2$·К), внутрішньою поверхнею *j-ї* огороджувальної конструкції приміщення.

Тепловтрати приміщення розраховуються за формулою

$$Q_{пр} = Q_{теп} + Q_{інф} \tag{1.17}$$

де $Q_{теп}$ – тепловтрати приміщення через теплоізоляційну оболонку, Вт; $Q_{інф}$ – тепловтрати приміщення за рахунок вентиляції та інфільтрації, Вт.

Тепловтрати приміщення через теплоізоляційну оболонку $Q_{\text{теп}}$ визначаються за формулою:

$$Q_{теп} = (t_{вн} - t_{зов}) \times \left[\sum_{j=1}^{n} \frac{F_j}{R_{\sum jнп} \times k} + \frac{F_{сп}}{R_{\sum сп}}\right] \tag{1.18}$$

де $t_{вн}$ – температура повітря в приміщенні, °С, що приймається згідно з додатком Г ДБН В.2.6-31; $t_{\text{зов}}$ – температура повітря найхолоднішої п’ятиденки забезпеченістю 0,92, °С, що приймається згідно з таблицею 2

ДСТУ-Н Б В.1.1-27; $F_j$ – площа $j$-го непрозорого елемента огороджувальної конструкції, м$^2$; $R_{\sum j\text{нп}}$ – опір теплопередачі $j$-го непрозорого елемента огороджувальної конструкції, (м$^2$·К)/Вт, визначається згідно з ДСТУ Б В.2.6-189; $k$ – безрозмірний коефіцієнт, що враховує неоднорідність огороджувальної конструкції; $F_{\text{сп}}$ – площа світлопрозорої частини огороджувальної конструкції, м$^2$; $R_{\sum сп}$ – приведений опір теплопередачі світлопрозорої конструкції, (м$^2$·К)/Вт, $n$ – кількість непрозорих елементів огороджувальної конструкції.

Таблиця 1.1

Коефіцієнт нерівномірності тепловіддачі систем опалення

| Тип опалення | Коефіцієнт нерівномірності тепловіддачі систем опалення $m$ |
|---|---|
| Водяне опалення будівель з безперервним обслуговуванням | 0,1 |
| Опалення з використанням малотеплоємних приладів:<br>а) нагрівання приладів опалення протягом 18 год з перервою 6 год; | 0,8 |
| б) нагрівання приладів опалення протягом 12 год з перервою 12 год; | 1,4 |
| в) нагрівання приладів опалення протягом 6 год з перервою 18 год | 2,2 |
| Поквартирне водяне опалення (час обслуговування 6 год) | 1,5 |
| Пічне опалення теплоємними печами під час топлення їх один раз на добу:<br>- товщина стінок печі у 1/2 цеглини; | Від 0,4 до 0,9* |
| - товщина стінок печі у 1/4 цеглини | Від 0,7 до 1,4* |
| * Менше значення т відповідає масивним печам, більше - менш масивним легким печам. При топленні печей двічі на добу величину $m$ треба зменшувати у 2,5 раза для печей з товщиною у 1/2 цеглини, та у 2 рази при товщині у 1/4 цеглини. | |

Тепловтрати приміщення за рахунок інфільтрації та вентиляції $Q_{інф}$ визначаються за формулою:

$$Q_{\text{інф}} = 0{,}27(t_{\text{вн}} - t_{\text{зов}})V \tag{1.19}$$

де $V$ – об’єм приміщення, м$^3$.

Коефіцієнт теплопоглинання $B_j$ внутрішньою поверхнею *j*-ї непрозорої огороджувальної конструкції приміщення визначається за формулою

$$B_j = \frac{1}{\frac{1}{a_{\text{вн}}} + \frac{1}{Y_{\text{в}}}} \tag{1.20}$$

де $Y_{\text{в}}$ – показник тепло засвоєння поверхнею непрозорої огороджувальної конструкції, Вт/(м$^2$·К); $a_{\text{вн}}$ – коефіцієнт теплосприйняття, Вт/м$^2$·К.

Нормування теплостійкості приміщень у зимовий період практично не змінилося з середини минулого століття та не відповідає сучасним вимогам комфорту. Наведена методика дозволяє врахувати лише трансмісійні тепловтрати та тепловтрати вентиляцією при оцінюванні теплостійкості, не враховуючи теплонадходження від сонця та внутрішніх джерел.

## 1.5 Врахування динамічних параметрів у методиці визначення енергетичної ефективності будівель (ДСТУ Б А.2.2-12:2015)

Динамічний метод моделює теплові опори, теплоємності, теплонадходження від сонця та внутрішніх теплових джерел у зоні будівлі.

У стандарт ДСТУ-Н Б А.2.2-12:2015 та «Методику визначення енергетичної ефективності будівель» включено місячний та сезонний методах, у яких динамічні впливи враховують шляхом введення коефіцієнта використання надходжень для опалення та коефіцієнта використання втрат для охолодження. Вплив інерції у випадку переривчастого опалення чи його вимкнення враховується окремо (розділ 13 ДСТУ-Н Б А.2.2-12:2015).

Процедура розрахунку залежить від вибору методу розрахунку та

вихідних умов (від умов навколишнього середовища, поведінки користувача та засобів керування).

У щомісячному і сезонному методі безрозмірний коефіцієнт використання надходжень для опалення $\eta_{\mathrm{H,gn}}$ – це функція співвідношення надходжень і втрат теплоти, $\gamma_{\mathrm{H}}$, та числового параметра $a_{\mathrm{H}}$, який залежить від інерції будівлі, як наведено у формулах (46) – (49) ДСТУ-Н Б А.2.2-12:2015.

Безрозмірний коефіцієнт використання втрат для охолодження $\eta_{\mathrm{C,ls}}$ – є функцією співвідношення надходжень і втрат теплоти для охолодження $\gamma_{\mathrm{C}}$ та числового параметра $a_{\mathrm{C}}$, який залежить від інерційності будівлі, як наведено у формулах (51) – (54) ДСТУ-Н Б А.2.2-12:2015.

У перерахованих формулах динамічні теплові характеристики враховуються величиною часової константи будівлі.

Часова константа зони будівлі $\tau$, год., характеризує внутрішню теплову інерцію кондиціонованої зони, як для періоду опалення, так і для періоду охолодження. ЇЇ розраховують за формулою

$$\tau = \frac{C_m / 3600}{H_{tr,adj} + H_{ve,adj}}, \tag{1.21}$$

де $C_{\mathrm{m}}$ – внутрішня теплоємність будівлі або зони будівлі, Дж/К (1 Вт·год = 3600 Дж, тому за національними нормами – Вт·год/К) розрахована згідно з (1.22); $H_{\mathrm{tr,adj}}$ – репрезентативне значення загального коефіцієнта теплопередачі трансмісією, Вт/К, розраховане згідно з 8.3 ДСТУ-Н Б А.2.2-12:2015; $H_{ve,adj}$ – репрезентативне значення загального коефіцієнта теплопередачі вентиляцією, Вт/К, розраховане згідно з 9.3 ДСТУ-Н Б А.2.2-12:2015.

Репрезентативні значення $H_{tr,adj}$ і $H_{ve,adj}$ – це значення, які є

репрезентативними для домінуючого сезону (опалення або охолодження), який визначається відповідно до процедури, яка може бути визначена на національному рівні.

Наприклад щомісячне значення для місяця середини зими у випадку клімату, де домінує опалення, або місячне значення для місяця середини літа у випадку клімату, що охолоджується, або, можливо, прийнято рішення на національному рівні для конкретних застосувань та типів будівлі, використовувати значення за замовчуванням як функцію типу конструкції (табл. 1.2).

Таблиця 1.2

Національні значення для внутрішньої теплоємності
(за табл. 15 ДСТУ-Н Б А.2.2-12:2015)

| Клас | *C*, Вт·год/(м²·К) | Деталізація |
|---|---|---|
| Дуже легкий | 25 | Каркасні будівлі зі стінами полегшеної конструкції – збірно-щитові, каркасно-засипні, каркасно-камишитові, дерев'яні тощо |
| Легкий | 35 | Будівлі зі стінами із монолітного шлакобетону, шлакоблоків, блоків з ніздрюватого бетону, черепашнику та інших дрібноштучних виробів із залізобетонними чи дерев’яними перекриттями |
| Середній | 50 | Будівлі великопанельні, великоблочні, з цегляними стінами товщиною в одну цеглу, із залізобетонними чи деревними перекриттями |
| Важкий | 80 | Капітальні будівлі з цегляними стінами товщиною (1,5-2 цеглини), із залізобетонними перекриттями |
| Дуже важкий | 110 | Особливо капітальні будівлі з кам'яними або цегляними стінами (товщиною в 2,5 - 3,5 цеглини), із залізобетонним чи металевим каркасом, із залізобетонним перекриттям |

Значення внутрішньої теплоємності будівлі або зони будівлі визначені за п. 12.3.1.2 ДСТУ-Н Б А.2.2-12:2015 є наближеними, і відносна невизначеність може бути у десять разів більша, ніж прийнята при розрахунку тепловіддачі.

Внутрішню теплоємність будівлі або зони будівлі, $C_m$, Вт·год/К, розраховуються за формулою (58) ДСТУ-Н Б А.2.2-12:2015:

$$C_m = C \cdot A_f, \quad (1.22)$$

де $C$ – внутрішня теплоємність будівлі або зони будівлі на одиницю площі, Вт·год/(м²·К), приймають згідно з таблицею 15 ДСТУ-Н Б А.2.2-12:2015; $A_f$ – кондиціонована площа будівлі або зони будівлі, м².

Для кожної зони будівлі та для кожного місяця енергопотребу для опалення, $Q_{H,nd}$, Вт·год, за умови постійного опалення, розраховують за формулою:

$$Q_{H,nd} = Q_{H,nd,cont} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} Q_{H,gn}, \quad (1.24)$$

де $Q_{H,nd,cont}$ – енергопотреба для постійного опалення будівлі, Вт·год, повинна бути більше чи дорівнювати 0; $Q_{H,ht}$ – сумарна теплопередача в режимі опалення, Вт·год, визначена згідно з 7.2.3 ДСТУ Б А.2.2-12:2015; $Q_{H,gn}$ – сумарні теплонадходження в режимі опалення, Вт·год, визначені згідно з 7.2.3 ДСТУ Б А.2.2-12:2015; $\eta_{H,gn}$ – безрозмірний коефіцієнт використання надходжень, визначений згідно з 12.2 ДСТУ Б А.2.2-12:2015.

Наведена методика не дозволяє дослідити динамічні теплові характеристики, а отримані параметри не дають можливість порівняти проектні пропозиції конструктивних і планувальних рішень будівель за енергоефективністю.

## 1.6 Оцінка показників комфортності теплового режиму приміщень

Теплове відчуття людини в основному пов’язане з тепловим балансом її тіла в цілому. Цей баланс залежить від фізичної активності та одягу, а також параметрів навколишнього середовища: температури повітря, середньої температури випромінювання, швидкості руху і вологості повітря.

При оцінюванні або вимірюванні цих факторів можливо передбачити теплове відчуття для організму в цілому шляхом обчислення середньої оцінки (PMV).

Встановлення відсотка незадоволених (PPD) визначає індекс, що містить інформацію про тепловий дискомфорт або теплове невдоволення відсотка людей, які ймовірно відчувають себе занадто тепло або дуже холодно в даному середовищі. PPD можуть бути отримані з PMV.

Тепловий дискомфорт може також бути викликаний небажаним місцевим охолодженням або нагріванням тіла. Найбільш поширеними місцевими факторами дискомфорту є температура випромінювання асиметрії (холодної або теплої поверхні), протяг (який визначається як місцеве охолодження тіла, викликане рухом повітря), вертикальний перепад температури повітря і холодні або теплі підлоги.

Невдоволення може бути викликане дискомфортом, пов'язаним з нагріванням або охолодженням організму в цілому. Обмеження комфорту у цьому випадку можуть бути виражені індексами PMV і PPD. Але теплове невдоволення може також бути викликане місцевими тепловими параметрами дискомфорту.

ДСТУ Б EN ISO 7730:2011 встановлює методи для прогнозування загального теплового відчуття і ступеня дискомфорту (теплова незадоволеність) людей, що піддаються дії помірних термальних середовищ. Це дозволяє провести аналітичне визначення та інтерпретацію теплового комфорту з використанням розрахунків PMV (прогнозована середня оцінка якості повітряного середовища) і PPD (прогнозований відсоток незадоволених температурою середовища), а також критеріїв місцевого теплового комфорту й допомагає оцінити прийнятність умов навколишнього середовища для забезпечення теплового комфорту людини. Цей підхід застосовується до здорових чоловіків і жінок, які зазнали впливу не тільки середовища приміщень, де тепловий комфорт є бажаним, але й тих, де відбуваються помірні відхилення від теплового комфорту; також застосовується в проектуванні нових або оцінюванні існуючих теплових

середовищ.

При розгляді людей з особливими вимогами, наприклад, з фізичними вадами, може бути використаний ISO/TS 14415:2005. Етнічні, національні чи географічні відмінності також повинні бути взяті до уваги при розгляді приміщень, не обладнаних кондиціюванням.

Прогнозована середня оцінка (PMV) – це індекс, за допомогою якого прогнозують середнє значення чутливості до температури великої групи людей на підставі балансу температури тіла людини за 7-бальною тепловою шкалою відчуттів (таблиця 1.3). Тепловий баланс встановлюється, коли тепло, що виділяє тіло людини, дорівнює втратам тепла в навколишнє середовище.

Таблиця 1.3

Семибальна шкала чутливості до температури

| | |
|---|---|
| +3 | Спекотно |
| +2 | Тепло |
| +1 | Трохи тепло |
| 0 | Нейтрально |
| -1 | Трохи прохолодно |
| -2 | Прохолодно |
| -3 | Холодно |

Розрахунок значення PMV виконують за формулою:

Більш детально розрахунок PMV наведено у ДСТУ Б EN ISO 7730:2011 (формули 1-4).

PMV прогнозує середнє значення оцінок термального середовища великою групою людей, що піддаються впливу цього середовища. Індивідуальні оцінки знаходяться біля цього середнього значення, тому корисною є можливість прогнозу кількості людей, які у цьому середовищі ймовірно будуть почувати себе некомфортно: дуже тепло або прохолодно.

PPD є показником, який встановлює прогнозований відсоток незадоволених температурою середовища людей, які відчувають себе занадто

холодно або спекотно. Під незадоволеними температурним середовищем людьми розуміють тих, які будуть оцінювати середовище як *спекотне, тепле, прохолодне* або *холодне* за 7-бальною шкалою теплової чуттєвості, наведеною в таблиці 1.3.

Показники PMV і PPD відображають дискомфорт від тепла або холоду для всього організму в цілому. Але невдоволення температурою навколишнього середовища може також бути викликане небажаним охолодженням або нагріванням однієї конкретної частини тіла. Це поняття відоме як локальний температурний дискомфорт. Найчастішою причиною місцевого дискомфорту є протяг. Місцевий дискомфорт може бути також викликаний аномально високою різницею температур по вертикалі між головою і кінцівками ніг через занадто теплу або занадто холодну підлогу або занадто високою асиметрією теплового випромінювання [37].

Наведені показники дозволяють оцінити комфортність існуючого внутрішнього середовища, але не використовуються як розрахункові параметри при проектуванні будівель.

## 1.7 Оцінка внутрішнього середовища та довгострокових показників

Оскільки навантаження кожної будівлі змінюється у просторі та часі, запроектовані системи можуть не задовольняти проектних намірів в усіх приміщеннях протягом усього часу. Тому виникає потреба в оцінці довгострокової характеристики будівлі відносно внутрішнього середовища. Ця оцінка є обов’язковою для відображення мікроклімату (внутрішнє середовище) в енергетичному сертифікаті.

Оцінка внутрішнього середовища будівлі виконується оцінкою середовища типових кімнат, що представляють різні зони будівлі. Оцінка може базуватися на проекті, розрахунках, вимірюваннях чи опитуванні [37-38].

***Проектні показники***

Оцінка категорії внутрішнього середовища будівлі базується на категоріях наступних факторів внутрішнього середовища:

– тепловий показник взимку: визначене розрахункове значення внутрішньої температури протягом опалювального періоду;

– тепловий показник влітку: визначене розрахункове значення внутрішньої температури протягом періоду охолодження;

– якість повітря та критерій вентиляції:

– розрахункове значення вентиляції для нежитлових та житлових будинків;

– показник вологості: розрахункове значення вологості;

– показник освітлення: розрахункове значення освітлення;

– акустичний показник: розрахункове значення шуму.

***Розраховані показники теплової оцінки внутрішнього середовища***

*Простий показник – д*ля оцінки характеристик цілої будівлі мають бути змодельовані типові кімнати чи приміщення. Будівля відповідає критеріям певної категорії, якщо кімнати представляють 95 % будівлі і відповідають критеріям обраної категорії.

*Погодинний критерій – х*арактеристики будівель чи кімнат з різними механічними чи електричними системами можуть бути оцінені розрахунком кількості годин чи відсотка часу, коли критерії виконуються чи ні.

*Критерій градусо-годин – щ*одо теплового середовища градусо-години поза межами верхнього чи нижнього значень діапазону можуть бути використані як показник характеристики будівлі в теплий чи холодний сезони.

*Загальний критерій теплового комфорту (зважений PMV критерій).*

***Виміряні показники***

Відхил від обраних критеріїв повинен бути дозволеним. Деякі національні критерії виражають допустимий відхил у вигляді прийнятної кількості годин поза межами критерію у річній оцінці (від 100 до 150 годин).

Також можуть даватися зважені години, де рівень відхилу буде взятий до уваги.

Нижче наведені рекомендовані критерії. Ці критерії можуть бути наведені на щоденній, щотижневій, щомісячній та щорічній основі.

Різні параметри внутрішнього мікроклімату будівлі задовольняють критеріям певної категорії, коли параметр у кімнатах, які відображають 95% зайнятої площі, не більший ніж, наприклад, у 3% (або 5%) годин зайнятості на день, на тиждень, на місяць і на рік, є поза межами певної категорії.

Наступна таблиця 1.4 показує час, який відповідає 3% (5%) відхилення по відношенню до годин зайнятості та загальної кількості годин.

Таблиця 1.4

Приклади тривалості відхилу, що відповідає 3 % і 5 % часу

| 3% / 5% періоду | Хвилини на день | Години на тиждень | Години на місяць | Години на рік |
|---|---|---|---|---|
| Робочі години | 15/24 | 1/2 | 5/9 | 61/108 |
| Загальна кількість годин | 43/72 | 5/9 | 22/36 | 259/432 |

Це дозволено для короткочасних відхилів, наприклад, при відчиненні вікон, де відбувається короткочасне підвищення швидкості повітря і тим самим буде допущений шум. Як приклад, це дозволено на 5% рівень, коли температури вищі за показник протягом 108 год на рік, але не більше ніж 24 хв на робочий день і 2 год на робочий тиждень.

Показники які контролюються:

1 Теплове середовище – вимірювання мають проводитися у характерних приміщеннях в різних зонах, орієнтаціях, з різними навантаженнями протягом характерних періодів діяльності. Оцінка категорії внутрішнього середовища базується на тимчасовому та просторовому розподілі температури приміщення. Точки вимірювань та інструменти мають задовольняти EN ISO 7726 (EN 12599).

2 Якість внутрішнього повітря та вентиляція.

3 Освітлення.

4 Шум.

***Суб'єктивні оцінки температурних параметрів мікроклімату***

Прямі суб'єктивні реакції мешканців можуть бути використані для загальної оцінки внутрішнього середовища. Щоденно, щотижнево, щомісячно можуть використовуватися оцінки за допомогою опитування про загальну прийнятність внутрішнього середовища, теплові відчуття та якість повітря, що сприймається. Рекомендована процедура опитування для реєстрації суб'єктивної реакції (рис. 1.2).

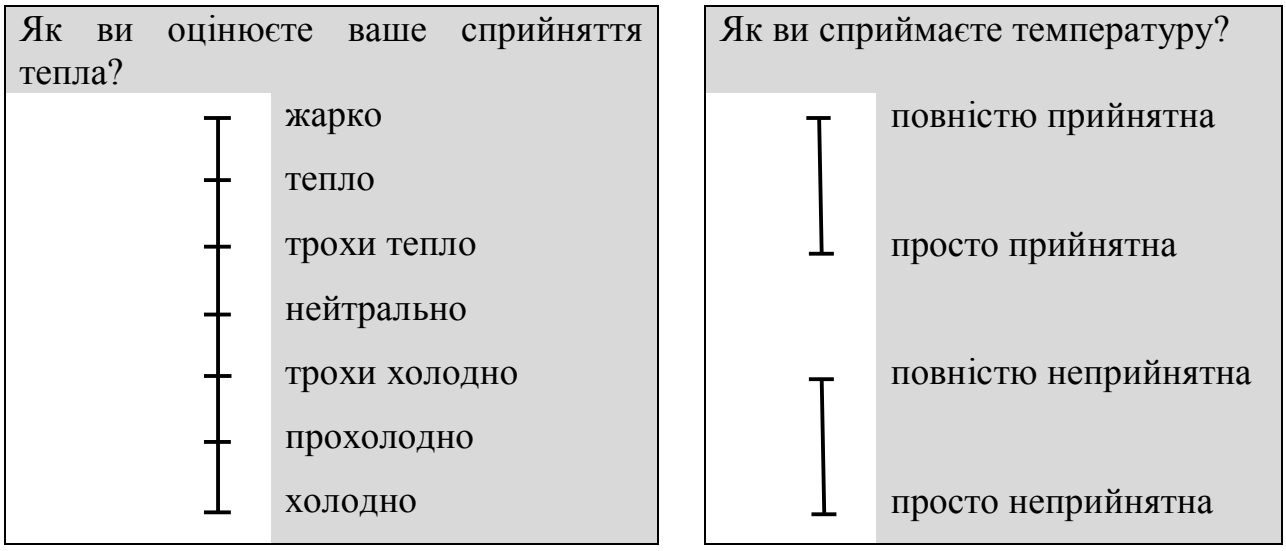



Рисунок 1.2 – Приклади анкети для суб'єктивної оцінки

Суб'єктивні шкали для мешканців представлені в певних часових інтервалах (щоденних, щотижневих, щомісячних тощо). Анкети мають заповнятись зранку або посеред дня, але не відразу після прибуття або після перерви на обід.

**Висновки за розділом 1**

Результати розрахунку за існуючими національними методиками та ДСТУ-Н Б В.2.6-190:2013 дають величини, які характеризують фізичні явища

у конструкції, які не використовуються в сучасній оцінці тепловологісного стану огороджувальних конструкцій та енергоефективності будівель у цілому. В той же час українська методика розрахунку дозволяє лише перевірити відповідність вимогам ДБН В.2.6-31, щодо теплостійкості в літніх умовах експлуатації огороджувальних конструкцій. Нормування теплостійкості, як показало дослідження проведене в даному розділі, практично не змінилося з середини минулого століття. Воно не відповідає сучасним вимогам комфорту, не враховує прогнозування загального теплового відчуття і ступеня дискомфорту (теплова незадоволеність) людей, що піддаються дії помірних термальних середовищ. Крім того наведені вимоги потребують перегляду у зв’язку зі змінами кліматичних параметрів та підвищення вимог щодо теплозахисту будівель.

Необхідно ввести в українські норми методику, яка більш точно дозволяє дослідити динамічні теплові характеристики, а отримані параметри використовувати у розрахунку енергоефективності будівлі, сертифікації теплового середовища приміщення та при порівняльній оцінці проектних пропозицій конструктивних та планувальних рішень будівель за енергоефективністю.

Аналіз існуючих методик не дозволяє оцінити проектні пропозиції будівель за енергоефективними показниками їх конструктивних і планувальних рішень.

# РОЗДІЛ 2
# АНАЛІТИЧНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ТА ІНТЕРПРЕТАЦІЯ ТЕПЛОВОГО КОМФОРТУ

## 2.1 Сертифікація теплового середовища приміщень у складі оцінки загальної енергоефективності будівлі

Енергоспоживання будівель значно залежить від критеріїв мікроклімату приміщень (температура, вентиляція і освітлення) та будівель (включаючи системи), що використовуються при проектуванні та експлуатації. Мікроклімат приміщення також має вплив на здоров'я, продуктивність та комфорт людей, що перебувають у приміщенні. Вартість впливу незадовільного мікроклімату приміщення на працівників, власника будівлі та суспільство в цілому часто значно перевищує вартість енергії, що використана цим же будинком. Також було показано, що висока якість мікроклімату приміщення може підвищити продуктивність та здатність до навчання та зменшити кількість прогулів.

Недостатня теплоізоляція елементів огороджувальних конструкцій призводить до теплового дискомфорту, викликаного небажаним місцевим охолодженням або нагріванням тіла. Найбільш поширеними місцевими факторами дискомфорту є температура випромінювання асиметрії (холодної або теплої поверхні), протяг (який визначається як місцеве охолодження тіла, викликане рухом повітря), вертикальний перепад температури повітря і холодні або теплі підлоги.

При розробці проектів термомодернізації у складі реконструкції або капітального ремонту будівель замовник часто наполягає на утепленні частини зовнішньої оболонки. Наприклад:

– при термодернізації школи не включати в проект заміну вікон на енергоефективні так, як існуючі вікна нові, хоча і мають низький опір теплопередачі;

– при термомодернізації будівлі університету, яка є пам’яткою архітектури, влаштування фасадних теплоізоляційно-опоряджувальних систем недопустимо, а внутрішнє утеплення стін веде до зменшення площ навчальних приміщень та до повторного їх ремонту;

– при термомодернізації спортивного залу немає можливості провести утеплення в конструкції вже існуючої підлоги по ґрунту, а ефективне вертикальне утеплення навколофундаментної зони по зовнішньому периметру будівлі неможливе із-за фундаменту стаканного типу.

Нормами проектування допускалося застосовувати окремі конструктивні елементи теплоізоляційної оболонки із зниженими значеннями опору теплопередачі до рівня 75% від $R_{qmin}$ для непрозорих частин зовнішніх стін і до рівня 80% від $R_{qmin}$ для інших огороджувальних конструкцій відповідно до умови згідно з формулою (4) ДБН В.2.6-31:2016 при обов’язковому виконанні умов для цих елементів теплоізоляційної оболонки за формулами (5) та (6) ДБН В.2.6-31:2016.

Розрахункова або фактична питома річна енергопотреба будівлі при цьому повинна бути не менше максимально допустимого значення річної енергопотреби будівлі (п. 5.1 ДБН Б.2.6-31:2016).

У випадках, перерахованих вище, клас енергетичної ефективності будинків не нижчий за С досягався за рахунок збільшення опору теплопередачі інших огороджувальних конструкцій при визначенні приведеного коефіцієнта теплопередачі теплоізоляційної оболонки.

Згідно з пунктом 2 розділу ІІ «Методики визначення енергетичної ефективності будівель» [54] при реконструкції, капітальному ремонті будівель в цілому або їх відокремлених частин мінімальною вимогою є виконання умови:

$$EP_{use} \leq 1{,}2 \times EP_{p}, \qquad (2.1)$$

де $EP_{use}$ – загальний показник питомого енергоспоживання при опаленні та охолодженні, кВт·год/м$^{-2}$, (кВт·год/м$^{-3}$), що розраховується за [54]; $EP_p$ – граничне значення питомого енергоспоживання при опаленні та охолодженні житлових та громадських будівель, кВт·год/м$^{-2}$, (кВт·год/м$^{-3}$), що наведене у додатку до «Мінімальних вимог до енергетичної ефективності будівель» [55].

В Європі та Америці оцінка теплового комфорту в термічно асиметричних середовищах є обов'язковою частиною енергоаудиту.

Університет Каліфорнії в Берклі розробив модель теплового комфорту (UC Berkeley Comfort Model), яка передбачає місцевий комфорт для різних частин тіла та інтегрує місцеві рівні комфорту для забезпечення теплового комфорту всього тіла [123, 185, 191, 225, 231, 237, 268, 273, 279]. Модель розроблена на основі великої кількості тестів людини в різних асиметричних та перехідних теплових середовищах [147-151, 180, 181, 183, 184, 211, 236].

Модель ділить поверхню людського тіла на понад п'ять тисяч багатокутників для обчислення радіаційного теплообміну між тілом та навколишнім середовищем (рис. 2.1).

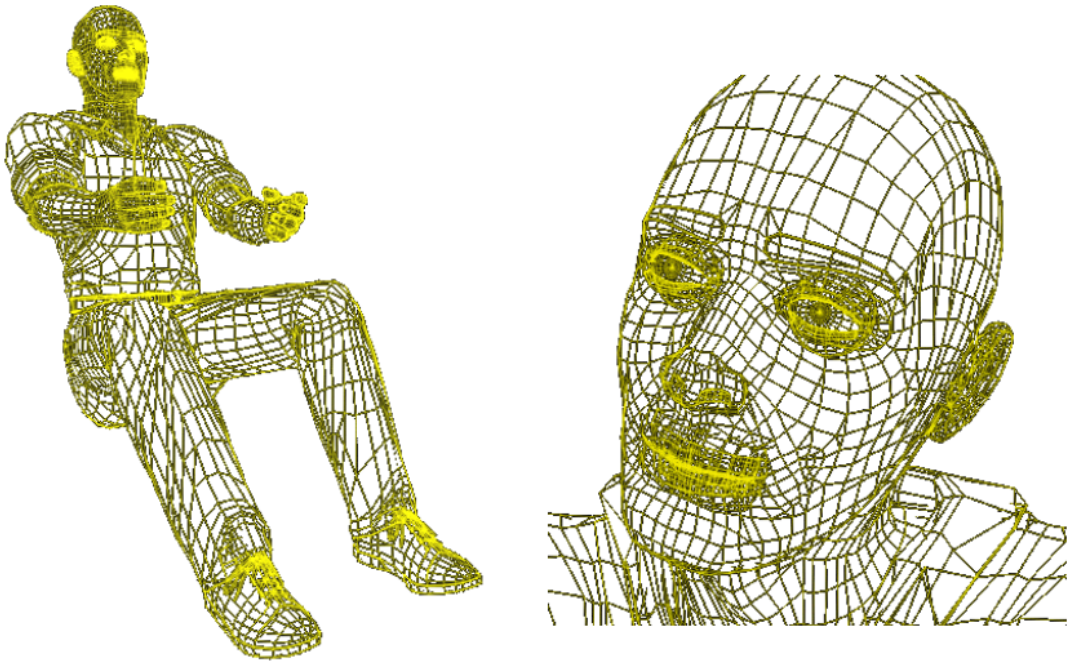


Рисунок 2.1 – Модель людського тіла, що використовується для розрахунку радіаційного теплообміну в моделі комфортності UCB

Отже, тепловіддачу між корпусом та термічно асиметричними поверхнями можна розрахувати дуже детально. У роботах Fanger, P.O [157-160], Olesen, B.W. [232-235], та Nilsson, H. O. [228-229] наведені моделі прогнозування теплового комфорту людини, розроблені на основі тестів на людях. Моделі передбачають відчуття та комфорт в перехідних та асиметричних теплових умовах.

Тобто в наведених вище вітчизняних методиках при оцінці загальної енергоефективності будинків не звертається уваги на комфортність перебування у приміщеннях. Допускається заниження вимог до термічних характеристик конструкцій. Некомплексний підхід проведення термомодернізації громадських будівель призводить до погіршення показників мікроклімату приміщень. Потрібно дослідити аспекти сертифікації теплового середовища приміщень, яка базується на індексах теплового комфорту, як один з параметрів оцінки загальної енергоефективності будівлі.

В Україні введені в дію нормативні документи з ергономіки теплового середовища (ДСТУ Б EN ISO 7730:2011, ДСТУ Б EN 15251:2011 та інш.), але вони не гармонізовані з діючими методиками та практично не застосовуються у теплових розрахунках.

## 2.2 Методика визначення розрахункових параметрів теплового середовища за категоріями приміщень

З введенням в дію ДСТУ Б EN 15251:2011 вводиться поняття сертифікації теплового середовища приміщень, яка базується на індексах теплового комфорту PMV-PPD (передбачене середнє очікування – передбачений відсоток невдоволених) з передбаченням рівнів активності та теплоізоляції одягу (влітку та взимку). Стандарт вводить поняття категорій внутрішнього середовища.

Температурний (тепловий комфорт) – це стан задоволення тепловими умовами навколишнього середовища. Невдоволення може бути викликане дискомфортом від перегрівання або охолодження організму в цілому, що оцінюють за допомогою PMV і PPD, або небажаним охолодженням (перегріванням) однієї певної частини тіла [36].

При проектуванні теплотехнічних показників елементів теплоізоляційної оболонки будинку за ДБН В.2.6-31:2016 потрібно використовувати методи для прогнозування загального теплового відчуття і ступеня дискомфорту (теплова незадоволеність) людей, що піддаються дії помірних термальних середовищ. Аналітичне визначення та інтерпретація теплового комфорту з використанням розрахунків PMV (прогнозована середня оцінка якості повітряного середовища) і PPD (прогнозований відсоток незадоволених температурою середовища), а також критеріїв місцевого теплового комфорту допомагає оцінити прийнятність умов навколишнього середовища для забезпечення теплового комфорту людини. PMV може бути використаний для встановлення вимог до термального середовища.

Встановивши PMV = 0, отримують рівняння для прогнозування сполучень активності, одягу й параметрів середовища, котрі звичайно забезпечують нейтральну температурну чутливість. Через індивідуальні відмінності неможливо встановити тепловий стан навколишнього середовища, який задовольнив би усіх. Завжди буде відсоток незадоволених людей. Але можна встановити середовища, прийнятні для певного відсотка людей.

1. На стадії проектування перевірку параметрів мікроклімату можна здійснювати по індексам теплового комфорту, визначивши категорію внутрішнього середовища на етапі вхідних даних за наступними рекомендаціями (таблиця 2.1).

Вибір категорії є особливістю будівлі і потреби особливих груп мешканців, наприклад, людей похилого віку (низький рівень метаболізму та порушення контролю температури тіла).

Таблиця 2.1

Рекомендований опис категорій приміщень

| Вимоги до теплового середовища приміщень | Категорія |
|---|---|
| Високий рівень очікувань, рекомендований для приміщень, що займають люди з особливими потребами, такі як інваліди, хворі, маленькі діти та люди похилого віку | A |
| Нормальний рівень очікувань має використовуватися для нових будівель та при реконструкції | B |
| Допустимий середній рівень очікувань може бути використаний для існуючих будівель | C |
| Значення поза межами критеріїв вищезгаданих категорій. Ця категорія має прийматися для обмеженого періоду року | D |

2. Після визначення категорії теплового середовища приміщень необхідно визначити характеристики категорій теплового середовища відповідно до табл. 2.2 (ДСТУ Б EN ISO 7730:2011). Всі критерії повинні бути виконані одночасно для кожної категорії.

Таблиця 2.2

Характеристики категорій теплового середовища

| Категорії | Температурні відчуття тіла в цілому | | Місцевий (локальний) дискомфорт | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | PD, % обумовлений | | |
| | PPD, % | PMV | DR, % | різницею температур повітря по вертикалі | теплою або холодною підлогою | асиметрією радіаційного теплового випромінювання |
| A | < 6 | -0,2 < PMV < +0,2 | < 10 | < 3 | < 10 | < 5 |
| B | < 10 | -0,5 < PMV < +0,5 | < 20 | < 5 | < 10 | < 5 |
| C | < 15 | -0,7 < PMV < +0,7 | < 30 | < 10 | < 15 | <10 |

Кожна категорія приписує максимальний відсоток незадоволених для організму в цілому PPD і PD для кожного з чотирьох видів місцевого дискомфорту. Три категорії, що представлені в таблиці 2.1, застосовуються

для приміщень, де перебувають люди, які піддані дії одного й того ж теплового середовища.

3. На наступному етапі потрібно визначити характеристики одягу для відповідного сезону (зима/літо). Модифікація одягу також може сприяти зниженню індивідуальних відмінностей при оцінюванні середовища. Вплив оптимальної еквівалентної температури на додавання або видалення різних предметів одягу наведено в таблиці С.2 ДСТУ Б EN ISO 7730:2011, а її фрагмент – таблиця 2.3.

Таблиця 2.3

Термічний опір типових комбінацій одягу

| Одяг | $I_{cl}$ | |
|---|---|---|
| | кло | м$^2$К/Вт |
| Штани, комбінезон, шкарпетки, черевики | 0,70 | 0,110 |
| Труси, сорочка, костюм, шкарпетки, черевики | 0,80 | 0,125 |
| Труси, футболки, шорти, світлі шкарпетки, сандалі | 0,30 | 0,050 |
| Труси, сорочка з коротким рукавом, світлі брюки, світлі шкарпетки, черевики | 0,50 | 0,080 |

4. Визначити рухливу активність за призначенням будинку для вибраної категорії. Швидкість обміну речовин залежить від рухливої активності та пози. Їх рекомендується визначати на стадії вихідних даних за призначенням приміщення основної функції за таблицею В.1 ДСТУ Б EN ISO 7730:2011, фрагмент якої наведено нижче.

Таблиця 2.4

Швидкість обміну речовин

| Рухлива активність, поза | Швидкість обміну речовин | |
|---|---|---|
| | Вт/м$^2$ | мет |
| Напівлежачі | 46 | 0,8 |
| Сидячі розслаблено | 58 | 1,0 |
| Сидяча робота (офіс, вдома, у школі, лабораторії) | 70 | 1,2 |

Алгоритм визначення розрахункових параметрів теплового середовища за категоріями приміщень наведено на рисунку 2.2.

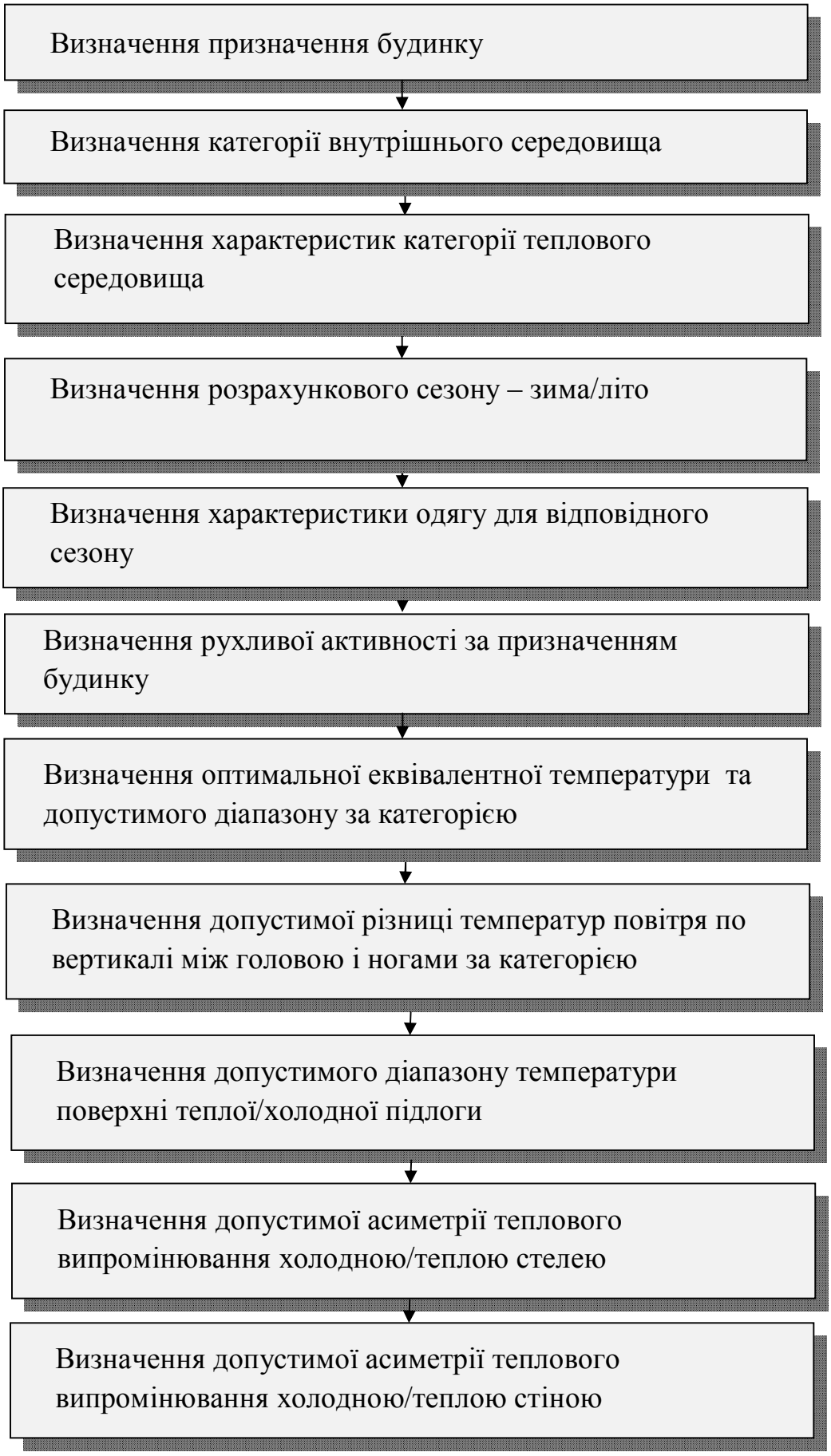



Рисунок 2.2 – Блок-схема методу визначення параметрів мікроклімату

## 2.3 Розрахункові параметри теплового комфорту для різних категорій середовищ та видів простору

***Визначення діапазону еквівалентної температури***

Для визначення простору існує оптимальна еквівалентна температура, яка відповідає PMV = 0, в залежності від активності та одягу людей. На рисунках 2.2 та 2.3 показані оптимальна еквівалентна температура й допустимий діапазон температури як функції від одягу та активності для кожної з трьох категорій.

Еквівалентна температура – це рівномірна температура уявного замкнутого простору, в якому людина втрачає таку ж кількість тепла випромінюванням і конвекцією, як у реальному середовищі (з нерівномірною температурою) [37].

Оптимальна еквівалентна температура однакова для трьох категорій, у той час як допустимий діапазон навколо оптимальної температури змінюється.

Рисунки 2.3 та 2.4 стосується відносної вологості 50 %; проте в помірних теплових середовищах вологість повітря має незначний вплив на температурну чутливість [37]. Діаграма оптимальної еквівалентної температури у залежності від одягу й рухливої активності для трьох категорій.

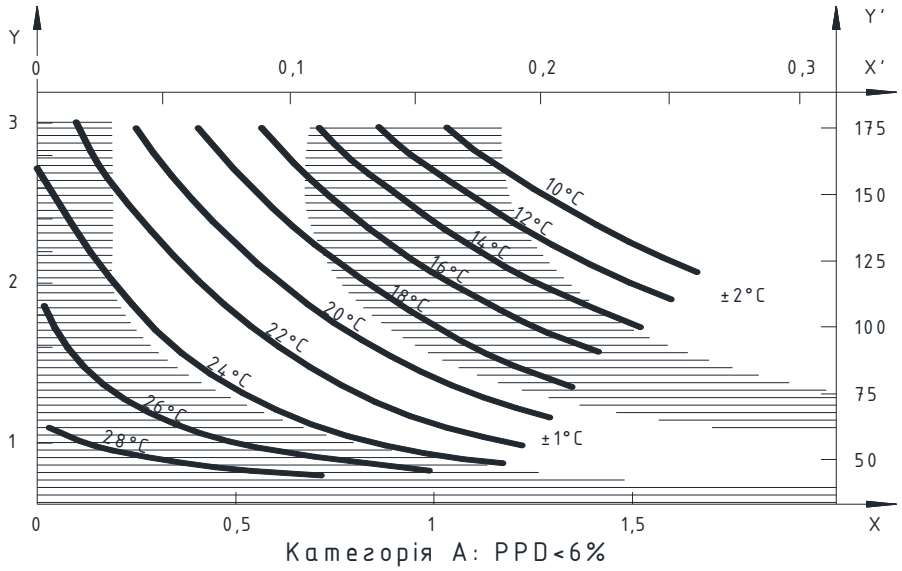
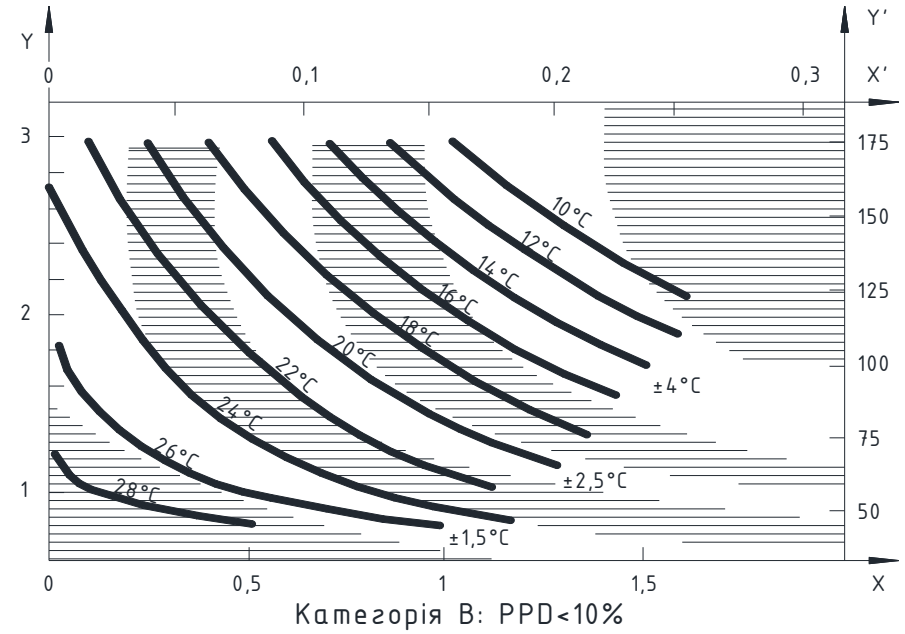
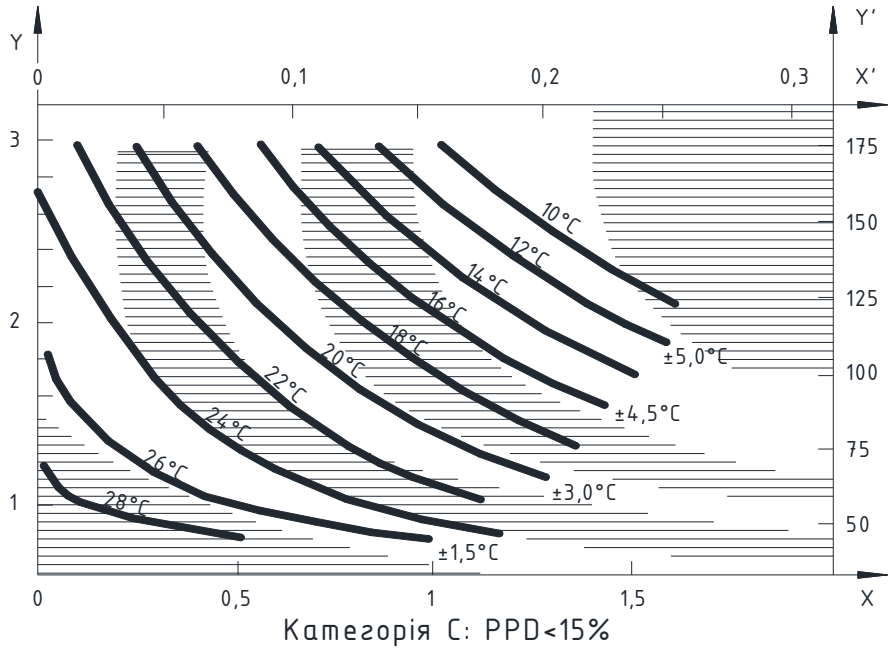



Рисунок 2.3 – Оптимальна температура як функція одягу та активності – категорії А




Позначення: PPD – прогнозований відсоток незадоволенних;

X – основна ізоляція одягу, кло;

$X^I$ – основна ізоляція одягу, $м^2 \cdot °C/Вт$;

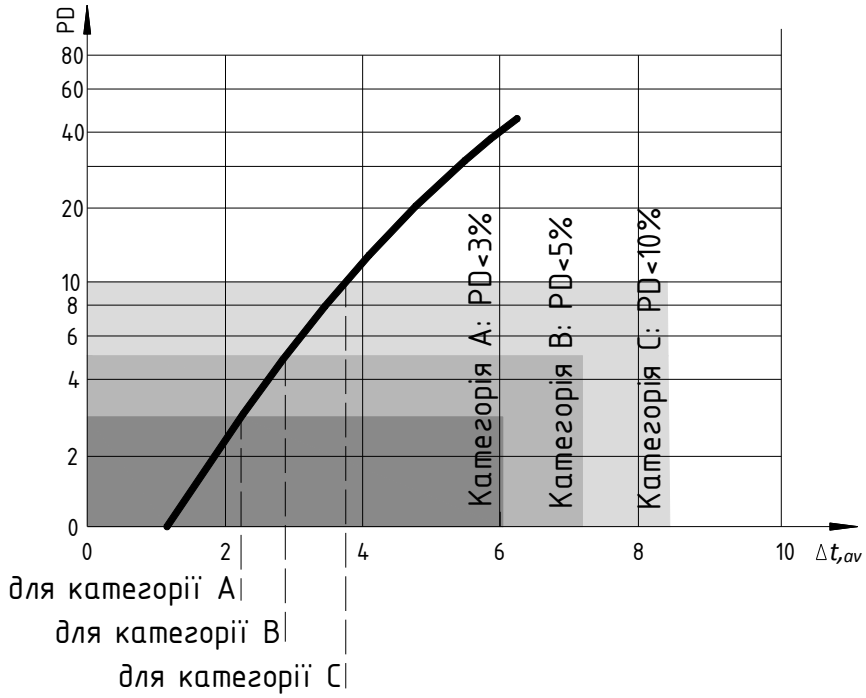
Y – швидкість обміну речовин, мет;

$Y^I$ – швидкість обміну речовин, $Вт/ м^2$.

Рисунок 2.4 – Оптимальна температура як функція одягу та активності – категорія В та С.

***Визначення допустимої різниці в температурі повітря по вертикалі за відсотком незадоволених.***

Значна різниця температур повітря по вертикалі між головою і щиколотками може викликати дискомфорт. На рисунку 2.5 показано відсоток незадоволених *PD* як функцію різниці температур повітря в області голови й ніг. Рисунок застосовується, коли температура вища зверху. Для людей менш відчутна нижча температура зверху.



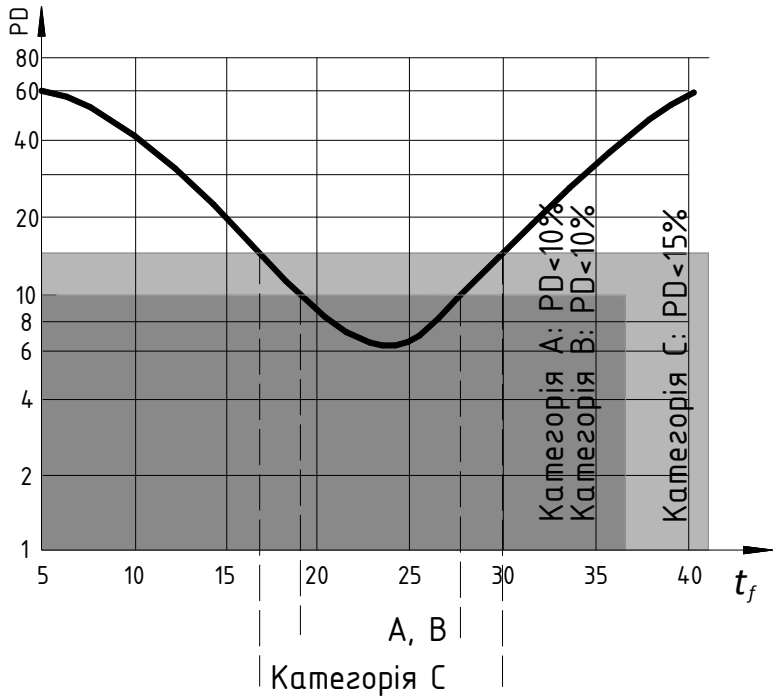

Позначення: PD – відсоток незадоволених;

$\Delta t_{a,v}$ – різниця температур повітря по вертикалі між головою і ногами, °С.

Рисунок 2.5 – Запропоновані області визначення допустимої вертикальної різниці температур повітря за відсотком незадоволених

***Визначення допустимого діапазону температур поверхні підлоги за відсотком незадоволених.***

Якщо підлога дуже тепла або занадто холодна, люди відчувають дискомфорт через теплові відчуття їх ніг. Для людей, одягнених у легке (домашнє) взуття, комфорт передусім – це температура підлоги, а не матеріал покриття підлоги. На рисунку 2.6 показаний відсоток незадоволених як функцію температури підлоги для людей, що сидять, стоять або лежать на підлозі.



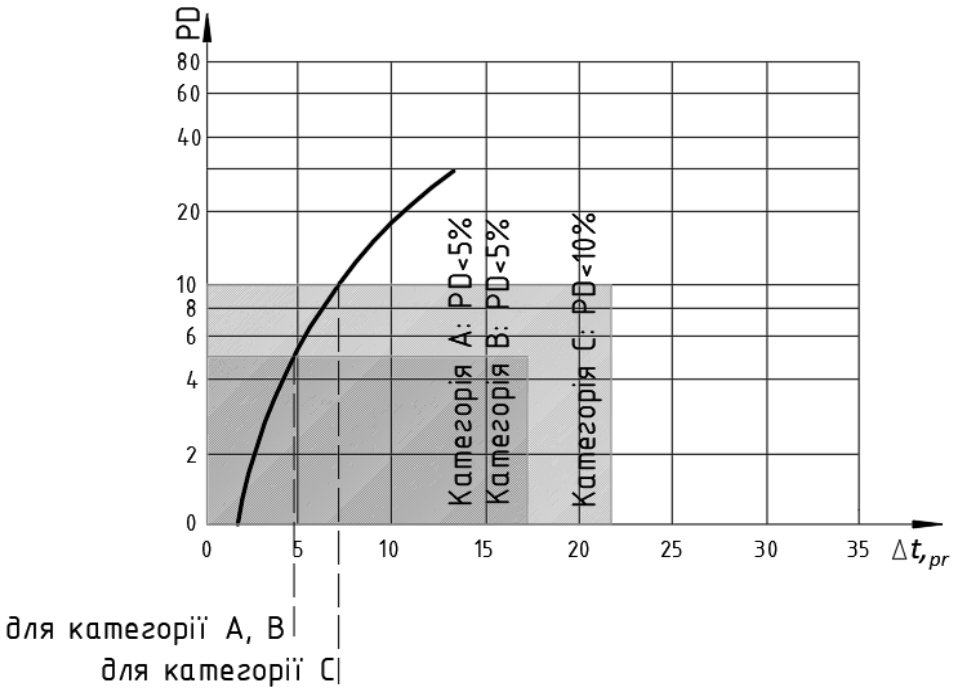

Позначення: PD – відсоток незадоволених;
$t_f$ – температура підлоги, °C.

Рисунок 2.6 – Запропоновані області визначення допустимого діапазону температури поверхні підлоги за відсотком незадоволених

Результати не поширюються на електричні теплі підлоги при довгому перебуванні людини на підлозі. Для поверхонь підлог, по яких люди ходять босими ногами, див. ISO/TS 13732-2.

***Визначення допустимого діапазону асиметрії радіаційного випромінювання.***

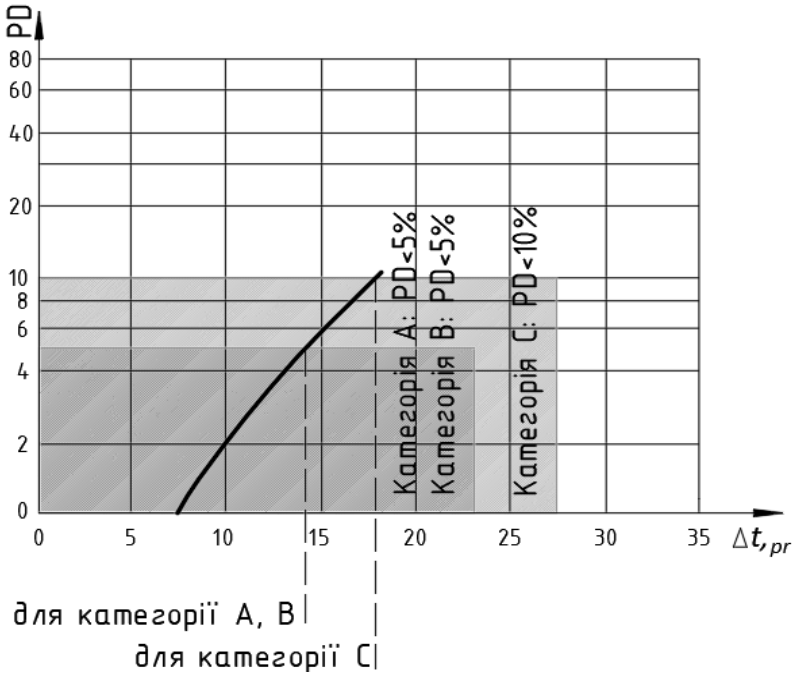
Асиметрія радіаційного випромінювання $\Delta t_{pr}$ також може викликати дискомфорт. Люди найбільш чутливі до температурної асиметрії, що обумовлена теплою або холодною стелями, стінами (вікнами) [36]. Рисунки 2.7-2.10 показують відсоток незадоволених як функцію асиметрії радіаційного випромінювання, обумовлену теплою стелею, прохолодною стіною, прохолодною стелею й теплою стіною. Рисунки 2.7-2.10 відносяться до оцінки асиметрії радіаційного випромінювання з боку в бік (вліво/вправо або вправо/вліво); інші позиції тіла по відношенню до поверхні (наприклад, попереду/позаду) не викликають збільшення дискомфорту.




Позначення: PD – відсоток незадоволених;

$\Delta t_{pr}$ – асиметрія теплового випромінювання, °С;

Рисунок 2.7 – Запропоновані області визначення допустимого діапазону асиметрії радіаційного випромінювання теплою стелею.



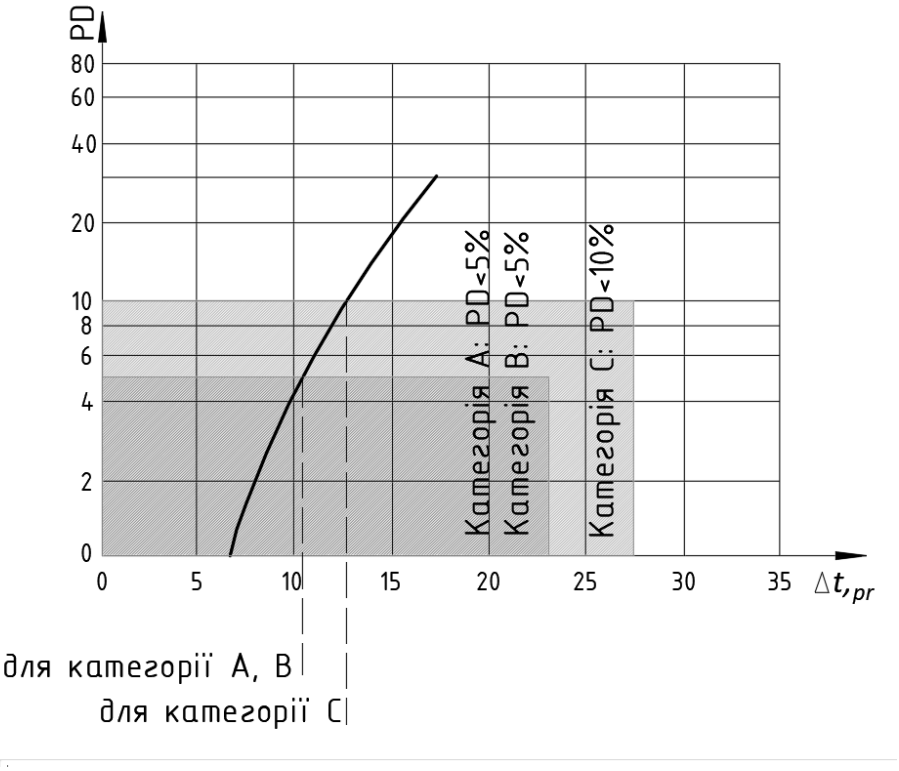

Позначення: PD – відсоток незадоволених;

$\Delta t_{pr}$ – асиметрія теплового випромінювання, °С;

Рисунок 2.8 – Графік для визначення допустимого діапазону асиметрії радіаційного випромінювання холодною стелею.

Рисунки 2.7-2.8 показують допустимий діапазон асиметрії радіаційного випромінювання холодною та теплою стелею за відсотком незадоволених, який визначено за вибраною категорією внутрішнього середовища.

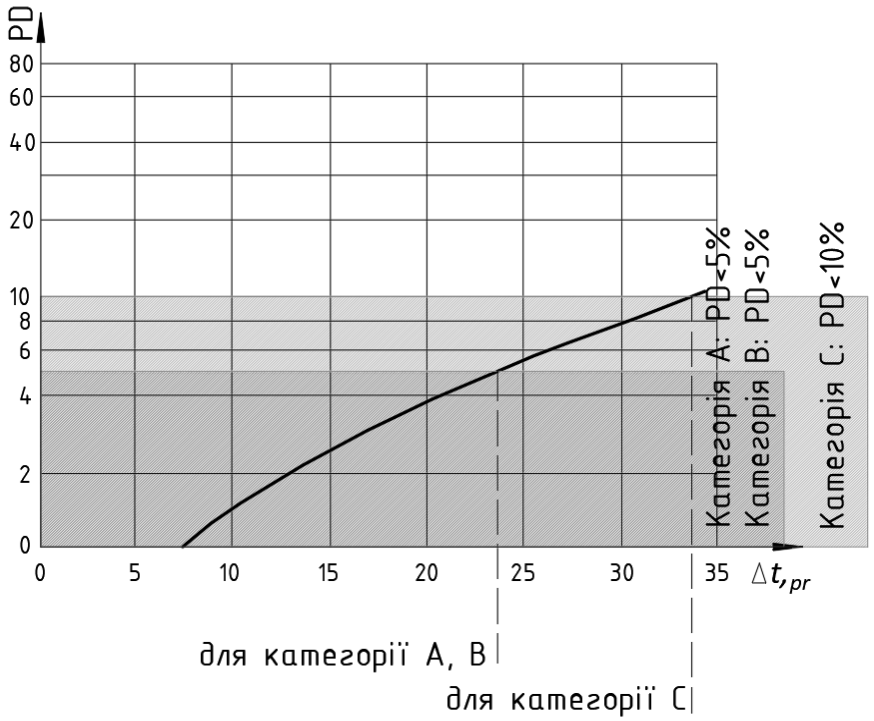
Рисунки 2.9-2.10 показують допустимий діапазон асиметрії радіаційного випромінювання холодною та теплою стіною за відсотком незадоволених, який визначено за вибраною категорією внутрішнього середовища.




Позначення: PD – відсоток незадоволених;

$\Delta t_{pr}$ – асиметрія теплового випромінювання, °С;

Рисунок 2.9 – Графік для визначення допустимого діапазону асиметрії радіаційного випромінювання холодною стіною




Позначення: PD – відсоток незадоволених;

$\Delta t_{pr}$ – асиметрія теплового випромінювання, °С;

Рисунок 2.10 – Графік для визначення допустимого діапазону асиметрії радіаційного випромінювання теплою стіною

Часто одна людина є більш чутливою до різних видів місцевого дискомфорту. Наприклад, людина, чутлива до протягу, також може бути чутливою до місцевого охолодження, викликаного асиметрією радіаційного випромінювання або холодною підлогою. Така чутлива до холоду людина може відчувати дискомфорт для організму в цілому. Таким чином, показники PPD, DR або PD, розраховані для різних типів місцевого дискомфорту, не можна об’єднувати (складати/додавати).

## 2.4 Приклади визначення розрахункових параметрів мікроклімату

Об’єкт – лікарня, літній період експлуатації.

Визначаємо категорію внутрішнього середовища за таблицею 2.1 – А.

Визначаємо характеристики категорій теплового середовища відповідно до таблиці 2.2 для категорії А:

| | |
|---|---|
| PPD, % | < 6 |
| PMV | -0,2 < PMV < +0,2 |
| PD, %, обумовлений: | |
| різницею температур повітря по вертикалі | < 3 |
| теплою або холодною підлогою | < 10 |
| асиметрією радіаційного теплового випромінювання | < 5 |

Визначаємо характеристики одягу для відповідного сезону (літо) за таблицею С.2 ДСТУ Б EN ISO 7730:2011– 0,7 кло (0,110 м$^2$К/Вт).

Визначаємо рухливу активність за призначенням будинку для вибраної категорії А за таблицею В.1 ДСТУ Б EN ISO 7730:2011– 46 Вт/м$^2$ (0,8 мет).

Визначаємо оптимальну температуру як функцію одягу та активності для категорії А за графіком 2.3 – 26 °С.

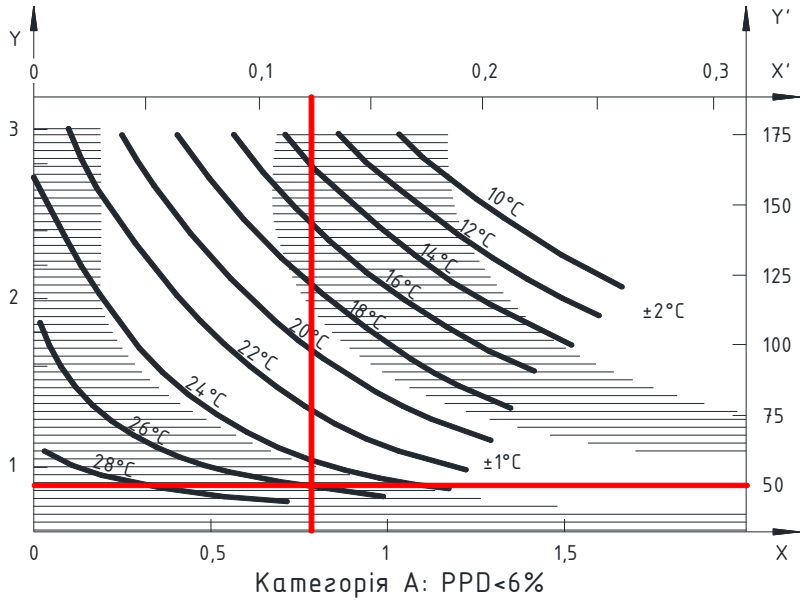



Рисунок 2.11 – Схема визначення оптимальної температури

Визначаємо допустиму різницю в температурі повітря по вертикалі за відсотком незадоволених за рисунком 2.5 – 2.1 °С.

Визначаємо допустимий діапазон температур поверхні підлоги за відсотком незадоволених – за графіком 2.6 – 19 – 25 °С.

Визначаємо допустимий діапазон асиметрії радіаційного випромінювання теплою стелею за графіком 2.7 – 5 °С.

Визначаємо допустимий діапазон асиметрії радіаційного випромінювання теплою стіною за графіком 2.10 – 23 °С.

Оскільки навантаження кожної будівлі змінюється у просторі та часі, запроектовані системи можуть не задовольняти проектних намірів в усіх приміщеннях протягом усього часу. Тому виникає потреба в оцінці довгострокової характеристики будівлі відносно внутрішнього середовища. Ця оцінка є обов'язковою для відображення мікроклімату (внутрішнє середовище) в енергетичному сертифікаті.

Оцінка внутрішнього середовища будівлі виконується оцінкою середовища типових кімнат, що представляють різні зони будівлі. Оцінка може базуватися на проекті, розрахунках, вимірюваннях чи опитуванні.

***Критерії проектування для різних типів простору. Приклади***

Критерії проектування, зазначені в таблиці 2.6, виведені для наступних умов. Критерії для еквівалентної температури засновані на типових рівнях активності руху, одяг з показником – 0,5 кло протягом літа ("теплий сезон") і з показником – 1,0 кло в зимовий період ("холодний, опалювальний сезон"). Критерії для середньої швидкості руху повітря припускають інтенсивність турбулентності приблизно в 40 % (змішана вентиляція). Наведені критерії проектування дійсні також і для інших типів просторів з аналогічними параметрами.

Таблиця 2.5

Приклади критеріїв проектування для приміщень в різних типах будівель

| Типи будівель/ просторів | Діяльність, Вт/м$^2$ | Категорії | Еквівалентна температура, °С | | Амплітуда коливання еквівалентної температури, °С | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Літо (теплий сезон) | Зима (холодний сезон) | Літо (теплий сезон) | Зима (холодний сезон) |
| Приміщення з відкритим простором<br>Приміщення з перегородками<br>Концертна зала<br>Аудиторія<br>Кафе<br>Клас | 70 | A | 24,5 | 22,0 | ±1,0 | ±1,0 |
| | | B | 24,5 | 22,0 | ±1,5 | ±2,0 |
| | | C | 24,5 | 22,0 | ±2,5 | ±3,0 |
| Дитячий садочок | 81 | A | 23,5 | 20,0 | ±1,0 | ±1,0 |
| | | B | 23,5 | 22,0 | ±2,0 | ±2,5 |
| | | C | 23,5 | 22,0 | ±2,5 | ±3,5 |
| Універмаг | 93 | A | 23,0 | 19,0 | ±1,0 | ±1,5 |
| | | B | 23,0 | 19,0 | ±2,0 | ±3,0 |
| | | C | 23,0 | 19,0 | ±3,0 | ±4,0 |

**Висновки за розділом 2**

Некомплексний підхід проведення термомодернізації громадських будівель призводить до погіршення показників мікроклімату приміщень. Досліджено аспекти сертифікації теплового середовища приміщень, яка базується на індексах теплового комфорту. Визначено необхідність включення у енергетичний сертифікат будівлі інформацію про внутрішнє середовище будівлі, як один з параметрів оцінки її загальної енергоефективності.

Інформація про внутрішнє середовище будівлі має бути включена у енергетичний сертифікат будівлі, щоб оцінити загальні характеристики будівлі.

При проектуванні теплотехнічних показників елементів теплоізоляційної оболонки будинку за ДБН В.2.6-31:2016 потрібно використовувати методи для прогнозування загального теплового відчуття і ступеня дискомфорту (теплова незадоволеність) людей, що піддаються дії помірних термальних середовищ.

Розроблено методику визначення розрахункових параметрів мікроклімату за критеріями місцевого теплового комфорту, яка дозволяє запроектувати приміщення з високою якістю повітряного середовища відповідно категоріям.

Аналітичне визначення та інтерпретація теплового комфорту з використанням розрахунків PMV (прогнозована середня оцінка якості повітряного середовища) і PPD (прогнозований відсоток незадоволених температурою середовища), а також критеріїв місцевого теплового комфорту допомагає оцінити прийнятність умов навколишнього середовища для забезпечення теплового комфорту людини.

# РОЗДІЛ 3
# ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ТЕПЛОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

## 3.1 Передумови розрахунку динамічних теплових характеристик

Спрощений метод обчислення передбачено для площинних конструкцій, що складаються з площинних шарів виключно однорідних будівельних матеріалів.

Динамічні теплові характеристики будівельної конструкції описують теплову поведінку конструкції, коли вона зазнає змінних граничних умов, тобто змінної швидкості теплового потоку або змінної температури на одній або обох її поверхнях. У розрахунку прийнято синусоїдальні граничні умови: вони представлені синусоїдальним коливанням температури або швидкості теплового потоку.

Динамічні теплові характеристики також можуть бути використані при розрахунку:

– внутрішньої температура в кімнаті,

– добової пікової потужності та потреби в енергії для опалення або охолодження,

– наслідків періодичного нагрівання чи охолодження тощо.

Основні показники, які використовуються при розрахунку – це теплопровідність та теплопередача при нестаціонарному потоці теплоти, що пов’язують циклічну витрату тепла з циклічним коливанням температури [186].

Синусоїдальні умови – це умови, в яких коливання температури і теплових потоків відносно своїх середніх значень описуються синусоїдальної функцією часу. Використовуючи комплексні числа зміни температури в зоні *n* можна описати за допомогою рівняння (3.1), а теплового потоку – за рівнянням (3.2):

$$\theta_n(t) = \overline{\theta}_n + \left|\hat{\theta}_n\right| \cos(\omega t + \psi) = \overline{\theta}_n + \frac{1}{2}\left[\hat{\theta}_{+n} e^{j\omega t} + \hat{\theta}_{-n} e^{-j\omega t}\right] \quad (3.1)$$

$$\Phi_n(t) = \overline{\Phi}_n + \left|\hat{\Phi}_n\right| \cos(\omega t + \varphi) = \overline{\Phi}_n + \frac{1}{2}\left[\hat{\Phi}_{+n} e^{j\omega t} + \hat{\Phi}_{-n} e^{-j\omega t}\right] \quad (3.2)$$

де $\overline{\theta}_n$ і $\overline{\Phi}_n$ – середні значення температури, °*C,* і теплового потоку, Вт; $\left|\hat{\theta}_n\right|$ і $\left|\hat{\Phi}_n\right|$ – амплітуди коливання температури, °*C,* і теплового потоку, Вт; $\hat{\theta}_{\pm n}$ і $\hat{\Phi}_{\pm n}$ – комплексні амплітуди, які визначаються за:

$$\hat{\theta}_{\pm n} = \left|\hat{\theta}_n\right| e^{\pm j\psi} \text{ та } \hat{\Phi}_{\pm n} = \left|\hat{\Phi}_n\right| e^{\pm j\varphi} \quad (3.3)$$

де $\omega$ – кутова частота коливань, рад/с.

В національних методиках щодо розрахунку теплостійкості огороджувальних конструкцій будівель не застосовується зв'язок циклічної витрати тепла з циклічним коливанням температури. Необхідна гармонізація національних будівельних норм щодо енергоефективності з відповідною нормативною базою ЄС. З цією метою проведено дослідження теплових динамічних показників будівельних конструкцій, на основі яких запропоновано ряд методик по прогнозуванню теплового режиму конструкцій та будівель (рис. 3.0).

## 3.2 Теплові динамічні показники будівельних конструкцій

### *Періодична теплопровідність*

Термічна зона будівлі визначає частину будівлі, в межах якої внутрішня температура зазнає незначних коливань. Конструкція розділяє дві зони, позначені як *m* і *n.* Зовнішнє середовище також може розглядатися як зона.

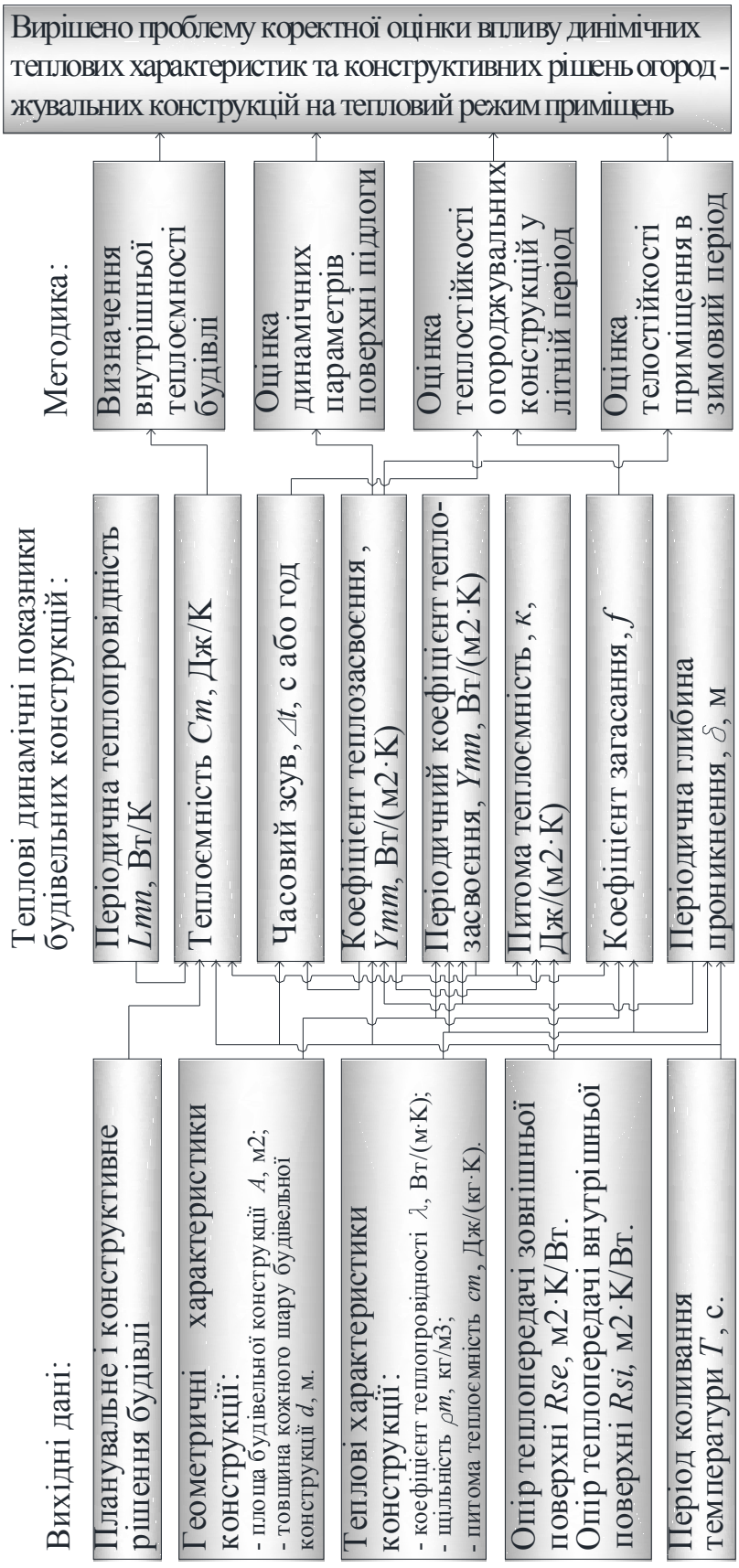



Рисунок 3.0 – Структурна схема теоретичного дослідження теплових динамічних показників будівельних конструкцій

Періодична теплопровідність $L_{mn}$, Вт/К, – комплексне число, що визначає співвідношення періодичного теплового потоку в конструкції і періодичних температур з обох її боків за синусоїдальних умов.

Значення періодичного теплового потоку, $\Phi_m$, Вт обчислюють за допомогою рівняння:

$$\widehat{\Phi}_m = L_{mm}\widehat{\theta}_m - L_{mn}\widehat{\theta}_n \tag{3.4}$$

де $L_{mm}$ визначає співвідношення періодичного теплового потоку на стороні конструкції $m$ і періодичної температури на стороні $m$, коли амплітуда температури на стороні $n$ дорівнює нулю, Вт/К; $L_{mn}$ визначає співвідношення періодичного теплового потоку на стороні $m$ і періодичної температури зі стороні $n$, коли амплітуда температури на стороні $m$ дорівнює нулю, Вт/К.

Щільність теплового потоку прийнята позитивною, коли він входить в поверхню огороджувальної конструкції.

У загальному випадку, теплопровідність, Вт/К - це кількість тепла, яке проходить за одиницю часу через пластину певної площі та товщини, коли її протилежні грані відрізняються за температурою на один градус. Для пластини теплопровідності $\lambda$, площі $A$ і товщини $L$ це $\lambda A / L$.

***Теплоємність***

Теплоємність $C_m$, Дж/К, – це модуль періодичної теплопровідності, поділений на кутову частоту. Значення обчислюють за формулою:

$$C_m = \frac{1}{\omega}\left|L_{mm} - L_{mn}\right| \tag{3.5}$$

де $\omega = 2\pi/T$, рад/с; $T$ – це період коливання, с.

***Часовий зсув***

Часовий зсув, $\Delta t$, с або год – період часу між максимальною амплітудою причини і максимальною амплітудою її ефекту. Час випередження (якщо позитивний), або час затримки (якщо негативний).

Це, наприклад, різниця між часом пікового теплового потоку на внутрішній поверхні та часом пікової внутрішньої температури. Або проміжок часу між термінами пікового теплового потоку, що надходить на поверхню, і пікового теплового потоку, що залишає поверхню у приміщенні.

***Теплопроникність***

Теплопроникність, $Y_{mm}$, Вт/(м$^2$·К) – комплексна величина, яка визначається відношенням комплексної амплітуди щільності теплового потоку через поверхню конструкції, прилеглої до зони *m* до комплексної амплітуди температури в тій же зоні при сталій температурі на іншому боці конструкції (рис. 3.1).

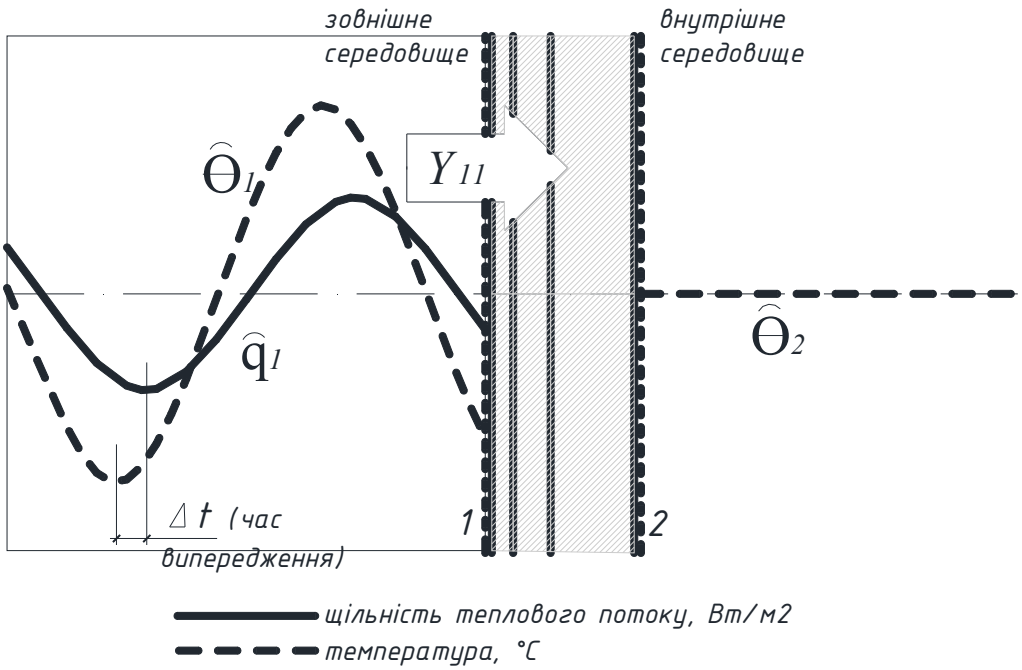



Рисунок 3.1 – Схема розрахунку коефіцієнта теплопроникності $Y_{11}$

Значення обчислюють за допомогою рівняння:

$$Y_{mm} = \frac{\hat{q}_m}{\hat{\theta}_m} \tag{3.6}$$

де $\hat{q}_m$ та $\hat{\theta}_m$ – комплексна амплітуда щільності теплового потоку через поверхню конструкції, прилеглої до зони *m*, Вт/м$^2$, та комплексна амплітуда температури у зоні *m*, *°C*.

Результат розрахунку значення теплопроникності описує здатність поверхні поглинати і виділяти тепло (енергію) при періодичному коливанні синусоїдальної температури з періодом 24 год. Значення описує амплітуду теплового потоку (максимальне значення), спричинене коливанням температури 1 К (°С). Припускається, що температура на протилежному боці стіни підтримується постійною. Завдяки лінійності основних рівнянь можна помножити значення теплопроникності на будь-які інші амплітуди температури, щоб отримати відповідну величину теплового потоку.

Наприклад, якщо оцінювати максимальний тепловий потік у/з стіни, спричинений коливанням внутрішньої температури 6°С, а внутрішня теплопроникність стіни становить 5 Вт / (м$^2$·К) (рис. 3.2), то максимальний тепловий потік визначатиметься як

6 К × 5 Вт /(м$^2$·К) = 30 Вт/м$^2$.

Тому «реакцією» цієї стіни на синусоїдальний перепад температур 6 °С буде синусоїдальний тепловий потік, що поглинає максимум 30 Вт на квадратний метр вдень і виділяє ті самі 30 Вт/м$^2$ вночі.

Здатність стіни поглинати енергію вдень має вирішальне значення, щоб уникнути перегріву влітку або зменшити витрати на охолодження. Внутрішня теплопроникність може бути використаний для оцінки цієї здатності, однак внутрішня площинна теплоємність, яка майже пропорційна цій величині, насправді більше підходить для цих розрахунків (див. нижче).

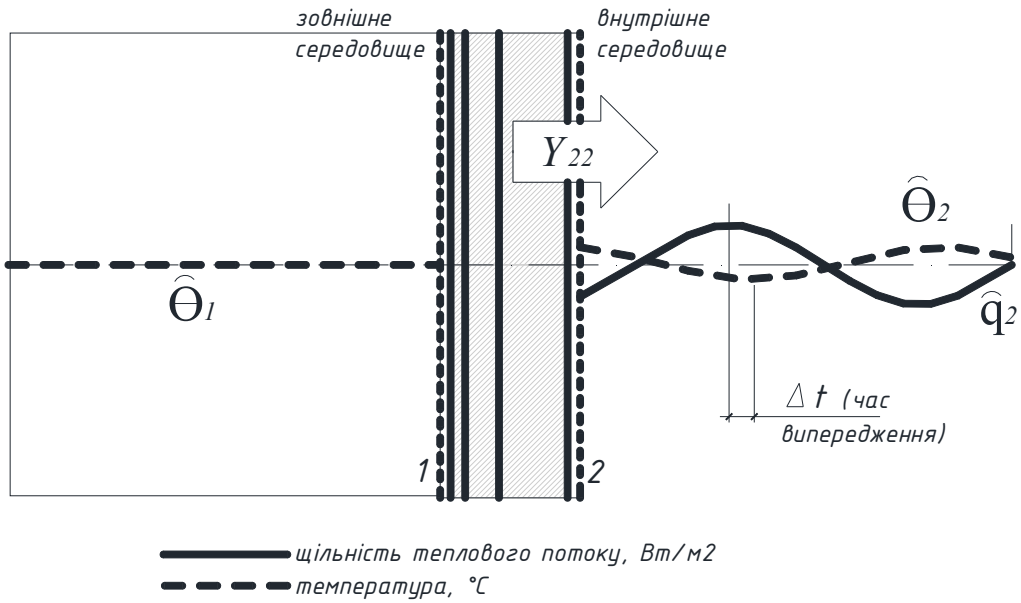



Рисунок 3.2 – Схема розрахунку коефіцієнта теплопроникності $Y_{22}$

***Часовий зсув – внутрішня теплопроникність***

Тепловий потік, спричинений коливанням температури, зміщується у часі, що означає, що він не має своїх максимумів та мінімумів одночасно. Тепловий потік зазвичай призводить до коливань температури навколишнього середовища (тоді як фактична температура поверхні стіни буде відставати). Наприклад, якщо вихідне значення для часового зсуву дорівнює 2 год, максимальний тепловий потік у/з стіни відбуватиметься на 2 години раніше, ніж максимальний/ мінімальний температурний режим.

Цей зсув у часі є лише ефектом при нестаціонарному режимі теплопередачі, і на нього неможливо вплинути/спроектувати без зміни теплоємності стіни.

***Зовнішня теплопроникність***

Відповідно до внутрішньої теплопроникності, зовнішня теплопроникність описує накопичення тепла при коливаннях зовнішньої температури та сталій температурі на протилежному боці.

***Часовий зсув – зовнішня теплопроникність***

Відповідно до внутрішнього часового зсуву це значення результату покаже, скільки часу максимуми/мінімуми теплового потоку будуть приводити до температурних максимумів/мінімумів.

***Періодичний коефіцієнт теплозасвоєння***

Періодична теплопроникність, $Y_{mn}$, Вт/(м$^2$·К) – комплексна величина, яка визначається відношенням комплексної амплітуди щільності теплового потоку через поверхню конструкції, прилеглої до зони *m*, до комплексної амплітуди температури в зоні *n* при сталій температурі в зоні *m* (рис. 3.3).

Значення обчислюють за допомогою рівняння:

$$Y_{mn} = -\frac{\widehat{q}_m}{\widehat{\theta}_n} \tag{3.7}$$

де $\widehat{q}_m$ та $\widehat{\theta}_n$ – комплексна амплітуда щільності теплового потоку через поверхню конструкції, прилеглої до зони *m*, Вт/м$^2$, та комплексна амплітуда температури у зоні *n*, °С.

Вихідне значення періодичної теплопроникності описує тепловий потік, спричинений коливанням температури на протилежному боці конструкції, припускаючи, що температура навколишнього середовища на тій же стороні стіни підтримується постійною. На основі сучасних стандартів ізоляції (низькі значення *U*), коливання теплового потоку, які насправді будуть викликані коливаннями температури на протилежному боці будівельної конструкції, будуть незначними.

***Площинна (питома) теплоємність (теплоємність одиниці площі)***

Питома теплоємність, *κ*, Дж/(м$^2$·К) – це відношення теплоємності до площі конструкції (*A*, м$^2$). Значення обчислюють за допомогою рівняння:

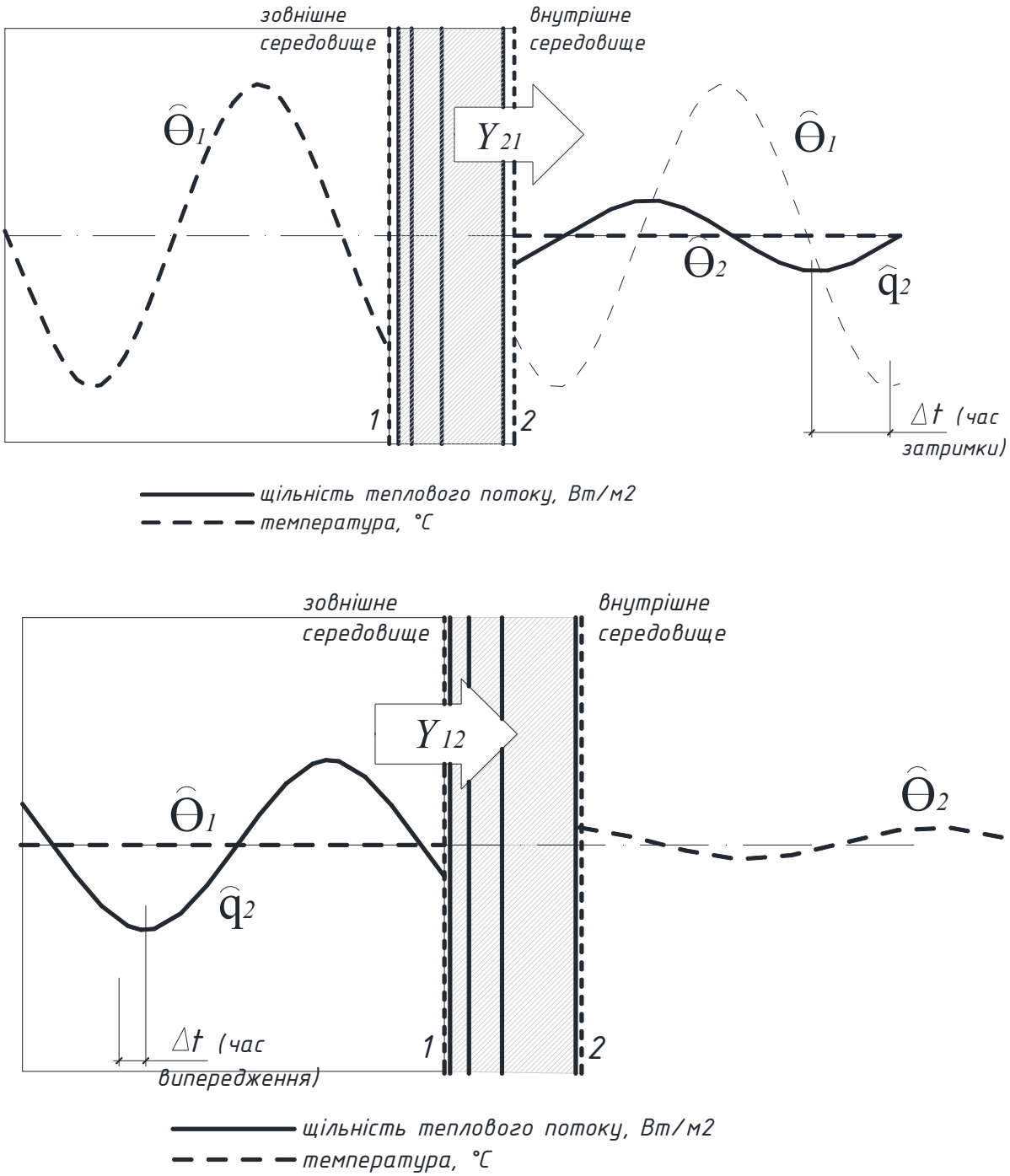



Рисунок 3.3 – Схеми розрахунку коефіцієнта періодичної теплопроникності $Y_{mn}$

$$\kappa_m = \frac{C_m}{A} = \frac{1}{\omega}\left|Y_{mm} - Y_{mn}\right| \tag{3.8}$$

де $Y_{mn}$ та $Y_{mm}$ – коефіцієнт теплозасвоєння та періодичний коефіцієнт

теплозасвоєння, Вт/(м$^2$·К)**;** $\omega = 2\pi/T$, рад/с; $C_m$ – теплоємність, Дж/К; $A$ – площа конструкції, м$^2$.

Користуючись рівнянням (3.8) теплоємність визначається:

$$C_m = A\kappa_m \tag{3.9}$$

Для конструкції, що розділяє дві зони, існують два коефіцієнта теплопроникності і дві теплоємності, які залежать від періоду теплових коливань.

***Внутрішня площинна теплоємність***

Значення внутрішньої теплоємності описує здатність будівельної конструкції накопичувати тепло протягом денного циклу. Значення визначає кількість тепла, яке може бути накопичено одним квадратним метром протягом однієї доби при коливанні температури 1 градус, тому його одиниця виміру становить кДж/м$^2$·К. Оскільки основні рівняння є лінійними, можна помножити це значення на будь-яку іншу амплітуду температури, щоб розрахувати відповідну кількість тепла, яке може бути акумульована.

Площинна теплоємність обчислюється шляхом інтегрування теплових потоків, описаних тепловими відхиленнями на цілу добу. На відміну від способу визначення величини теплопропускання, внутрішня теплоємність враховує коливання температури по обидва боки будівельної конструкції. Отже, використовуючи комплексні числа, її можна розрахувати на основі внутрішньої теплопроникності та періодичної теплопроникності. Залежно від фактичного часового фазового зсуву періодичної теплопроникності, наведена величина може або збільшуватись, або зменшуватись порівняно зі стаціонарними температурними умовами. Однак, як зазначалося вище, при використанні сучасної теплоізоляції вплив періодичної теплопроникності буде незначним. Тому внутрішня площа теплоємність пропорційна величині внутрішньої теплопроникності.

Велика внутрішня теплоємність огороджувальної конструкції дозволяє уникнути ризику перегріву влітку та / або зменшити пов'язані з цим витрати на охолодження. Загальна теплоємність внутрішньої частини будівлі повинна бути здатною поглинати тепло в денний час літнього дня, яке потім може виділятися в нічний час, використовуючи природну вентиляцію при нижчих зовнішніх температурах. Чим більша величина внутрішньої теплоємності, тим меншими будуть внутрішні коливання температури. Влітку денні теплові потоки в будівлю повинні бути обмежені за допомогою оптимального затінення та зачинення вікон та дверей.

Теплоємність приміщення дорівнює сумі добутків питомих теплоємностей всіх конструкцій помножених на їх фактичні площі (стеля, підлога, стіна-1, стіна-2, ...). Внутрішня площинна теплоємність залежить від матеріалу першого (внутрішнього) шару. Цей матеріал повинен бути достатньо теплопровідним і мати високу теплоємність, яка головним чином визначається його об'ємною вагою. Тобто бетонна стеля має теплову інерцію більшу, ніж підвісна, кам’яна підлога має теплову інерцію більшу, ніж паркетна тощо.

***Зовнішня площинна теплоємність***

Відповідно до внутрішньої площинної теплоємності, зовнішня описує здатність огороджувальної конструкції акумулювати тепло за добового температурного циклу на зовнішній поверхні. Знову ж, розглядається також тепловий потік, що походить від коливань температури на протилежному (внутрішньому) боці будівлі (але, як правило, незначного значення).

З практичної точки зору, зовнішня теплостійкість може бути актуальною, якщо постало питання зменшення температурних коливань фасаду. Це може бути питанням комфорту, але є ще один важливий аспект: великим недоліком сучасних полістирольних фасадів є надзвичайно мала зовнішня теплоємність. Це результат поєднання легких ізоляційних матеріалів з дуже тонким шаром штукатурки. Відсутність теплоємності

призводить до високих температур поверхні в денний час і до низьких температур поверхні вночі. Як наслідок надзвичайно низької теплоємності, порівняно низький радіаційний ефект охолодження, пов'язаний з ясним нічним небом, здатний знизити температуру фасаду навіть нижче температури навколишнього повітря. Отже, рівень відносної вологості на поверхнях підвищений і досить часто досягається точка роси. Отже, дещо нижча температура фасаду, ніж температура навколишнього середовища, може значно сприяти зростанню плісняви або грибів на фасаді.

Наразі цю проблему вирішують додаванням хімічних інгібіторів росту до штукатурки або фарб, що становить загрозу для навколишнього середовища.

***Коефіцієнт загасання***

Коефіцієнт загасання, $f$ – це відношення модуля періодичної теплопроникності до коефіцієнта теплопередачі за стаціонарних умовах U.

Значення обчислюють за допомогою рівняння

$$f = \frac{\left|\hat{q}_m\right|}{\left|\hat{\theta}_n\right| U} = \frac{\left|Y_{mn}\right|}{U} \tag{3.10}$$

де $m \neq n$; $\left|\hat{q}_m\right|$ та $\left|\hat{\theta}_n\right|$ – модуль комплексної амплітуди щільності теплового потоку через поверхню конструкції, прилеглої до зони m, Вт/м$^2$, та модуль комплексної амплітуди температури у зоні $n$, °С; $|Ymn|$ – модуль періодичного коефіцієнта теплозасвоєння, Вт/(м$^2$·К); $U$ – коефіцієнт теплопередачі за стаціонарних граничних умов, Вт/(м$^2$·К).

***Періодична глибина проникнення***

Періодична глибина проникнення, $\delta$, м – це глибина, на якій амплітуда коливання температури зменшуються на коефіцієнт "e" в однорідному

матеріалі нескінченної товщини при синусоїдальних коливаннях температури на її поверхні.

Значення обчислюють за допомогою рівняння**:**

$$\delta = \sqrt{\frac{\lambda T}{\pi \rho c}} \tag{3.11}$$

де λ – коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м·К); $\rho$ – щільність, кг/м$^3$; $c$ – питома теплоємність, Дж/(кг·К); $T$ – період коливання, с.

***Матриця теплопередачі***

Матриця теплопередачі $Z$ визначає відношення комплексних амплітуд температури і теплового потоку з одного боку конструкції до комплексних амплітуд температури і теплового потоку на іншому боці.

Значення обчислюють за допомогою рівняння**:**

$$Z = \begin{pmatrix} Z_{11} & Z_{12} \\ Z_{21} & Z_{22} \end{pmatrix} \text{ та } \begin{pmatrix} \hat{\theta}_2 \\ \hat{q}_2 \end{pmatrix} = Z \times \begin{pmatrix} \hat{\theta}_1 \\ \hat{q}_1 \end{pmatrix} \tag{3.12}$$

Елементи матриці теплопередачі мають фізичний зміст, наведений нижче. Кожен елемент – це комплексне число, яке можна представити модулем, $|Z_{mn}|$, і аргументом, $\varphi_{mn} = \arg(Z_{mn})$.

— $|Z_{11}|$ – це величина температурної амплітуди, тобто амплітуда температурних коливань на стороні 2 в результаті амплітуди в 1К на стороні 1.

— $\varphi_{11}$ – різниця фаз між температурами на обох сторонах конструкцій.

— $|Z_{21}|$ – амплітуда щільності теплового потоку на стороні 2, внаслідок періодичного коливання температури на стороні 1 з амплітудою 1К.

— $\varphi_{21}$ – різниця фаз між щільністю теплового потоку через сторону 2 і температурою сторони 1.

— $|Z_{12}|$ – амплітуда температури на стороні 2, коли сторона 1

піддається впливу періодично змінній щільності теплового потоку з амплітудою 1 Вт/м$^2$.

— $\varphi_{12}$ – різниця фаз між температурою на стороні 2 і щільністю теплового потоку через сторону 1.

— $|Z_{22}|$ – величина амплітуди теплового потоку, тобто амплітуда коливання щільності теплового потоку через сторону 2, внаслідок амплітуди коливання щільності теплового потоку в 1 Вт/м$^2$ через сторону 1.

— $\varphi_{22}$ – різниця фаз між щільністю теплового потоку через обидві сторони конструкції.

## 3.3 Вхідні дані для розрахунку динамічних теплових характеристик

У вихідних даних зазначають умови експлуатації будівельної конструкції, (частина зовнішньої оболонки будинку або внутрішня конструкція) і перелік зон, що контактують з конструкцією.

Кожний однорідний елемент повинен бути чітко визначений розмірами та ідентифікацією матеріалу, який використовується у конструкції, а також теплопровідністю, щільністю та питомою теплоємністю, що використовується для розрахунків.

Для площинних конструкцій, виготовлених з однорідних шарів, необхідно зазначити перелік шарів, починаючи зі сторони 1; за сторону 1 слід приймати внутрішню поверхню огороджувальної конструкції будинку;

Необхідно передбачити матрицю теплопередачі зворотної конструкції для можливості встановлення огороджувальної конструкції будівлі будь-якою стороною до зовнішнього середовища.

Якщо розрахунок здійснюється протягом кількох звітних періодів, результати повинні бути представлені для кожного періоду.

Метод розрахунку використовує комплексні числа, що представляють синусоїдальні зміни температури і теплового потоку для розрахунку

динамічних теплових властивостей конструкцій будівлі. Ці функції є наближенням до добових коливань на погодинній основі або до річних коливань на щомісячній основі.

Для розрахунку необхідні наступні вхідні дані:

– Геометричні характеристики конструкції:

площа будівельної конструкції $A$, м$^2$;

товщина кожного шару будівельної конструкції $d$, м.

– Теплові характеристики конструкції:

коефіцієнт теплопровідності $\lambda$, Вт/(м·К);

щільність $\rho_m$, кг/м$^3$;

питома теплоємність $c_m$, Дж/(кг·К).

– Опір зовнішньої поверхні (опір тепловіддачі) $R_{se}$, м$^2$·К/Вт.

– Опір внутрішньої поверхні (опір теплосприйняттю) $R_{si}$, м$^2$·К/Вт.

– Термічний опір повітряного шару $R_a$, м$^2$·К/Вт.

– Період коливання температури $T$, с.

Визначення динамічних теплових характеристик і формули для їх обчислення дійсні впродовж будь-якого періоду теплових коливань.

Значення динамічних теплових характеристик залежать від періодів. Якщо розглядається більш ніж один період, додатковий суфікс має бути доданий усій кількості змінних, щоб розрізнити значення впродовж різних періодів.

Практичні періоди часу:

— одна година (3 600 с), яка відповідає дуже короткому часовому коливанню, наприклад, що відбувається в роботі системи терморегулювання;

— одна доба (86 400 с), яка відповідає добовим метеорологічним коливанням і температурнім змінам;

— один тиждень (604 800 с), який відповідає довшому терміну, що використовують в середньому для будівлі;

— один рік (31 536 000 с) використовують для дослідження

теплопередачі через ґрунт.

Для розрахунку теплоємності огороджувальної конструкції визначено два методи: детальний і спрощений розрахунки.

## 3.4 Матриця теплопередачі багатошарової конструкції

Методика застосовується до будівельних конструкцій, які складаються з плоских однорідних шарів. Теплові містки, які присутні в таких будівельних елементах, не впливають значно на динамічні теплові характеристики, і, отже, ними можна знехтувати.

Розрахунок динамічних теплових характеристик неплоских конструкцій і конструкцій, що містять значні теплові містки, повинен проводитись шляхом вирішення рівняння теплопередачі за періодичних граничних умов. Для цієї мети, правила для моделювання конструкцій, як наведено в ISO 10211, мають використовуватися разом з чисельними методами, такими як метод кінцевих різниць і метод кінцевих елементів.

Методика полягає в наступному:

а) визначити матеріали, з яких складаються шари конструкції будівлі, визначити їх товщину та теплові характеристики;

б) вказати період коливання на поверхнях;

в) розрахувати глибину проникнення для матеріалу кожного шару;

г) визначити елементи матриці теплопередачі для кожного шару;

д) перемножити матриці теплопередачі шарів, у тому числі прикордонних шарів, в правильному порідку, щоб отримати матрицю конструкції.

### *Матриця теплопередачі однорідного шару*

Періодична глибина проникнення для матеріалу шару, $\delta$, обчислюється за його теплотехнічними властивостями і періодом $T$, за допомогою рівняння (3.11).

Відношення товщини шару до глибини проникнення:

$$\xi = \frac{d}{\delta} \tag{3.13}$$

де $d$ – товщина шару матеріалу, м; $\delta$ – періодична глибина проникнення теплової хвилі в матеріалі, м.

Елементи матриці, $Z_{mn}$, розраховуються наступним чином:

$$\begin{aligned}
&Z_{11} = Z_{22} = \cosh(\xi)\cos(\xi) + j\sinh(\xi)\sin(\xi);\\
&Z_{12} = -\frac{\delta}{2\lambda}\left\{\sinh(\xi)\cos(\xi) + \cosh(\xi)\sin(\xi) + j\left[\cosh(\xi)\sin(\xi) - \sinh(\xi)\cos(\xi)\right]\right\};\\
&Z_{21} = -\frac{\lambda}{\delta}\left\{\sinh(\xi)\cos(\xi) - \cosh(\xi)\sin(\xi) + j\left[\sinh(\xi)\cos(\xi) + \cosh(\xi)\sin(\xi)\right]\right\}.
\end{aligned} \tag{3.14}$$

***Матриця теплопередачі плоских повітряних порожнин***

Питомою теплоємністю таких шарів можна знехтувати. Отже, якщо $R_a$ – опір теплопередачі повітряного шару, з врахуванням конвекції, теплопровідності і випромінювання, його матриця теплопередачі визначається:

$$Z_{\text{a}} = \begin{pmatrix} 1 & -R_{\text{a}} \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \tag{3.15}$$

***Матриця теплопередачі будівельної конструкції***

Матриця теплопередачі будівельної конструкції від поверхні до поверхні:

$$Z = \begin{pmatrix} Z_{11} & Z_{12} \\ Z_{21} & Z_{22} \end{pmatrix} = Z_N Z_{N-1} \ldots Z_3 Z_2 Z_1 \qquad (3.16)$$

де $Z_1$ $Z_2$, $Z_3$, ..., $Z_N$ – матриця теплопередачі різних шарів будівельної конструкції, починаючи від шару 1. Для огороджувальних конструкцій будівлі за шар 1 прийнято внутрішній шар.

Матриця теплопередачі від середовища до середовища через будівельну конструкцію визначається

$$Z_{ee} = Z_{s2} Z Z_{s1} \qquad (3.17)$$

де $Z_{s1}$ і $Z_{s2}$ – матриці теплопередачі граничних шарів, які визначаються

$$Z_s = \begin{pmatrix} 1 & -R_s \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \qquad (3.18)$$

де $R_S$ – поверхневий опір, м$^2$·К/Вт, (опір теплосприйняттю або тепловіддачі) граничного шару, з урахуванням конвекції і випромінювання.

У більшості випадків, матриця теплопередачі і динамічні характеристики будівельної конструкції розраховуються з використанням значення поверхневого опору, яке залежить від орієнтація конструкції. Якщо орієнтація конструкції не відома, обчислення повинні проводитися для вертикальної орієнтації (горизонтального теплового потоку). В деяких випадках, де граничні шари враховуються окремо, періодичну теплоємність конструкції необхідно розраховувати нехтуючи граничними шарами.

***Приклади застосування матриці теплопередачі. Одношарова конструкція.***

Матриця теплопередачі, *Z*, може бути використана для будь-яких завдань де граничні умови на одній стороні зв'язані з температурою і тепловим потоком на іншій стороні.

Наприклад, тепловий потік, необхідний для підтримки постійної температури на стороні 2, незважаючи на коливання температури і теплового потоку на стороні 1 визначається:

$$\hat{q}_2 = Z_{21}\hat{\theta}_1 + Z_{22}\hat{q}_1, \tag{3.19}$$

де $\hat{q}_1$ та $\hat{\theta}_1$ – комплексна амплітуда щільності теплового потоку через поверхню конструкції, прилеглої до зони 1, Вт/м$^2$, та комплексна амплітуда температури у зоні 1, °*C;* $Z_{mn}$ – елементи матриці, розраховуються за формулою (3.14).

Аналогічним чином, зміна температури на стороні 2 може бути отримана

$$\hat{\theta}_2 = Z_{11}\hat{\theta}_1 + Z_{12}\hat{q}_1, \tag{3.20}$$

де елементи формули відповідають формулі (3.19).

Коливання теплового потоку, що входить в конструкцію з обох сторін, можуть бути розраховані за коливанням температур, вирішуючи рівняння (3.12) для щільності теплового потоку:

$$\begin{pmatrix} \hat{q}_1 \\ -\hat{q}_2 \end{pmatrix} = \frac{1}{Z_{12}} \begin{pmatrix} -Z_{11} & 1 \\ 1 & -Z_{22} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \hat{\theta}_1 \\ \hat{\theta}_2 \end{pmatrix} \tag{3.21}$$

де елементи формули відповідають формулі (3.19).

Знак $\hat{q}_2$ змінено тому, що позитивний напрям виходить з елементу в

сторону 2.

Коефіцієнт теплопроникності – це амплітуда щільності теплового потоку з одного боку, отримана при одиничній температурній амплітуді на тій же стороні, коли температурна амплітуда на іншій стороні дорівнює нулю:

$$Y_{11} = \frac{\hat{q}_1}{\hat{\theta}_1} \quad \text{для} \quad \hat{\theta}_2 = 0, \quad \text{то} \quad Y_{11} = -\frac{Z_{11}}{Z_{12}} \tag{3.22}$$

$$Y_{22} = \frac{-\hat{q}_2}{\hat{\theta}_2} \quad \text{для} \quad \hat{\theta}_1 = 0, \quad \text{то} \quad Y_{22} = -\frac{Z_{22}}{Z_{12}} \tag{3.23}$$

Періодична теплопроникність є амплітудою щільності теплового потоку на одній стороні, коли температурна амплітуда на цій стороні нульова, а температурна амплітуда на іншій стороні дорівнює одиниці:

$$Y_{12} = \frac{\hat{q}_2}{\hat{\theta}_1} \quad \text{для} \quad \hat{\theta}_2 = 0, \quad \text{то} \quad Y_{12} = -\frac{1}{Z_{12}} \tag{3.24}$$

де $Y_{22}$ в цілому відрізняється від $Y_{11}$, але завжди $Y_{21} = Y_{12}$.

Теплоємність представляє здатність будівельної конструкції зберігати енергію з будь-якої сторони, коли відповідна температура змінюється періодично.

Конструкція, що має теплоємність $C_1$ на одній стороні, зберігатиме, на цій стороні, деяку кількість енергії рівну

$$Q = 2C_1 \left|\hat{\theta}_1\right| \tag{3.25}$$

в результаті періодичної зміни температури на стороні 1 від $-\left|\hat{\theta}_1\right|$ до $+\left|\hat{\theta}_1\right|$ впродовж половини періоду. Те ж саме відноситься і до сторони 2.

***Приклади застосування матриці теплопередачі. Багатошарова конструкція.***

Коли декілька конструкцій зв'язані в одній зоні, *j*:

$$\hat{\Phi}_j = \sum_k \left( L_{11,k}\hat{\theta}_j - L_{12,k}\hat{\theta}_k \right) \tag{3.26}$$

де підсумовування по всім зонам, *k,* які термічно з'єднані з зоною *j*.

Теплопередача може бути розрахована безпосередньо рішенням нестаціонарного рівняння переносу тепла за допомогою геометричної моделі відповідно до ISO 10211. Для компонентів, в яких можна припустити одновимірний тепловий потік, метод розрахунку наведений в цьому стандарті можна використовувати для отримання $L_{mn,k}$.

Наприклад, розглянемо побудовану холодильну камеру, яка складається з двох видів конструкцій: стін і даху. Припустимо, що ці конструкції мають відносно маленьку теплову інерцію, тому розглядаються тільки добові коливання. Також передбачається, що маса продуктів, які зберігаються в холодильній камері не враховується, і що холодильна камера добре ізольовані від землі. Тому, при умові нехтування тепловими містками, середня добова потужність охолодження, $\bar{\Phi}_i$, необхідна для підтримки сталою внутрішню температуру, $\theta_j$, коли середньодобова температура зовнішнього повітря $\bar{\theta}_e$, визначається

$$\bar{\Phi}_i = \left( A_W U_W + A_r U_r \right)\left( \bar{\theta}_e - \theta_j \right) \tag{3.27}$$

де $A_r$ – площа покрівлі, м$^2$; $U_r$ – теплопередача покрівлі при сталому режимі, Вт/(м$^2$·К); $A_W$ – площа стіни, м$^2$; $U_w$ – теплопередача стіни при сталому режимі, Вт/(м$^2$·К);

Негативне значення потужності охолодження означає потужність

нагріву. Однак, деяка додаткова потужність може знадобитися для підтримки постійної внутрішньої температури, незважаючи на добові коливання зовнішньої температури. Якщо ці коливання розглядати як синусоїдальні з амплітудою $\hat{\theta}_e$ , то амплітуда додаткової потужності:

$$\hat{\Phi}_j = \left( A_W Y_{12,W} + A_r Y_{12,r} \right) \hat{\theta}_e \tag{3.28}$$

де $Y_{12}$ обчислюється з періодом 24 години і з внутрішнім шаром в якості першого шару. Тут знову, теплові мости ігноруються. Максимальна потужність буде

$$\Phi_p = \bar{\Phi}_j + \hat{\Phi}_j \tag{3.29}$$

Спрощуючи припущення в цьому прикладі зроблено для простоти і не є необхідними. Наприклад, рішення рівняння теплопередачі для двох і тривимірного теплового потоку дозволяє врахувати теплообмін з землю і теплові містки. Висока теплова інерція і не синусоїдальні (але періодичні) зовнішні температурні коливання можна розглядати, використовуючи представлення температури і теплового потоку рядом Фур'є, з декількома періодами часу (1, 2, 4, 8, ... дні).

Поглинання сонячної радіації на зовнішній поверхні може бути враховано в якості зовнішнього теплового потоку, або шляхом введення еквівалентної радіаційної температури.

***Приклад розрахунку динамічних теплових характеристик багатошарової конструкції***

Бетонна стіна утеплена зовні пінополістиролом 100 мм з зовнішнім оздобленням штукатурним шаром. Властивості матеріалу наведені в таблиці 3.1. Результати розрахунку в таблиці 3.2-3.3.

Таблиця 3.1

Термічні властивості матеріалів

| Матеріал | λ, Вт/(м·К) | $\rho$, кг/м$^3$ | $c$, Дж/(кг К) | $d$, м | R, м$^2$·К/Вт | $a$, мм$^2$/с | $\delta$, м | $\xi$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Внутрішня поверхня | — | — | — | — | 0,130 | — | — | — |
| Бетон | 1,80 | 2 400 | 1 000 | 0,200 | 0,111 | 0,75 | 0,144 | 1,393 |
| Теплоізоля-ція | 0,04 | 30 | 1 400 | 0,100 | 2,500 | 0,95 | 0,162 | 0,618 |
| Штукатур-ка | 1,00 | 1 200 | 1 500 | 0,005 | 0,005 | 0,56 | 0,124 | 0,040 |
| Зовнішня поверхня | — | — | — | — | 0,040 | — | — | — |

Таблиця 3. 2

Елементи матриці теплопередачі в обох напрямах

| Матриця | Елементи матриці | Значення | Часовий зсув (в діапазоні – 12 год до 12 год) |
|---|---|---|---|
| Матриця теплопередачі | $Z_{11}$ | 98,12 | 8,96 |
| | $Z_{21}$ | 83,07 Вт/(м$^2$·К) | 0,99 |
| | $Z_{12}$ | 16,51 м$^2$·К/Вт | -3,89 |
| | $Z_{22}$ | 13,99 | -11,86 |
| Зворотна матриця | $Z_{11}$ | 13,99 | -11,86 |
| | $Z_{21}$ | 83,07 Вт/(м$^2$·К) | -11,01 |
| | $Z_{12}$ | 16,51 м$^2$·К/Вт | 8,11 |
| | $Z_{22}$ | 98,12 | 8,96 |

Великі відмінності з’являються, коли конструкція розглядається з високомасивного боку або з ізольованого боку.

Таблиця 3.3

Термічні властивості матеріалів

| Властивість | Значення | Часовий зсув, год |
|---|---|---|
| Коефіцієнт теплозасвоєння внутрішньою поверхнею, $Y_{11}$ | 5,94 Вт/(м$^2$·К) | 0,85 |
| Коефіцієнт теплозасвоєння зовнішньою поверхнею, $Y_{22}$ | 0,85 Вт/(м$^2$·К) | 4,03 |
| Періодичний коефіцієнт теплозасвоєння, $Y_{12}$ | 0,061 Вт/(м$^2$·К) | -8,11 |
| Внутрішня площинна теплоємність, $K_1$ | 82 кДж/(м$^2$ К) | — |
| Зовнішня площинна теплоємність, $K_2$ | 12 кДж/(м$^2$ К) | — |
| Коефіцієнт теплопровідності, $U$ | 0,359 Вт/(м$^2$·К) | — |
| Коефіцієнт загасання, $f$ | 0,169 | — |

Теплоємність за гармонійних умов (період 24 год) менша ніж довгострокова (стаціонарний стан) теплоємність, яка дорівнює $d \cdot p \cdot c$ для кожного шару, або 493 кДж/(м$^2$·К).

### 3.5 Динамічні теплові характеристики

Динамічні теплові характеристики будь-якої конструкції – це чотири періодичні теплопровідності, $L_{mn}$ і дві теплоємності, $C_m$. Наступні формули розрахунку описують характеристики для конструкцій, що складаються з плоских і однорідних шарів.

Теплозасвоєння поверхнями визначається за формулами

$$Y_{11} = -\frac{Z_{11}}{Z_{12}} \text{ та } Y_{22} = -\frac{Z_{22}}{Z_{12}} \qquad (3.30)$$

де $Y_{11}$ для внутрішнього боку конструкції, $Y_{22}$ – для зовнішнього боку.

Допустимий часовий зсув визначається за формулою

$$\Delta t_Y = \frac{T}{2\pi}\arg\left(Y_{mm}\right) \tag{3.31}$$

з аргументом, оціненим в діапазоні від 0 до $2\pi$.

Модифіковане теплозасвоєння для внутрішніх перегородок. Для внутрішніх стін будівлі, де коливання температури є однаковими по обидва боки від перегородки, періодичний тепловий потік пов'язаний з періодичними коливаннями температури визначається за допомогою модифікованої теплопроникності:

$$Y_{mm}^{*} = Y_{mm} - Y_{mn} \tag{3.32}$$

де $Y_{mn}$ – періодична теплопроникність, Вт/(м$^2$·К).

Площинна теплоємність визначається за формулою:

$$\kappa_1 = \frac{T}{2\pi}\left|\frac{Z_{11}-1}{Z_{12}}\right| \tag{3.33}$$

та

$$\kappa_2 = \frac{T}{2\pi}\left|\frac{Z_{22}-1}{Z_{12}}\right| \tag{3.34}$$

Рівняння (3.33) і (3.24) можна застосовувати як для зовнішніх конструкцій, так і для внутрішніх перегородок.

Для внутрішніх перегородок

$$\kappa_m = \frac{\left|Y_{\mathrm{mn}}^{*}\right|}{\omega}.$$

Періодичний коефіцієнт теплозасвоєння визначається за формулою:

$$Y_{12} = -\frac{1}{Z_{12}} \tag{3.35}$$

та коефіцієнт загасання:

$$f = \frac{|Y_{12}|}{U_0} \tag{3.36}$$

де коефіцієнт теплопередачі, $U_0$, обчислюється, ігноруючи будь-які теплові містки для узгодження з розрахунком динамічних характеристик. Коефіцієнт загасання завжди менше 1.

Часовий зсув коефіцієнта періодичного теплозасвоєння визначається:

$$\Delta t_f = \frac{T}{2\pi}\arg\left(Z_{12}\right) \tag{3.37}$$

для аргументу в діапазоні від $-2\pi$ до 0.

Результатом розрахунку є наступні величини:

- Теплоємність $C_m$, Дж/К;
- Коефіцієнт теплозасвоєння $Y_{mm}$, Вт/(м$^2$·К);
- Періодичний коефіцієнт теплозасвоєння $Y_{mn}$, Вт/(м$^2$·К);
- Площинна (питома) теплоємність $\kappa_m$, Дж/(м$^2$·К);
- Коефіцієнт загасання $f$;
- Періодична глибина проникнення $\delta$, м;
- Матриця теплопередачі $Z$;
- Елемент матриці теплопередачі $Z_{mn}$.

***Спрощений розрахунок теплоємності***

Спрощені методи, описані нижче, застосовуються тільки до площинних

конструкцій. Вони засновані на розрахунку глибини проникнення теплової хвилі у матеріал прилеглий до поверхні.

Коли точність розрахунку має другорядне значення, наприклад, при наближеній оцінці внутрішньої теплової інерції загальної термальної зони, можна використовувати спрощений метод. Проте, не можна використовувати наведені спрощення для визначення теплових характеристик матеріалу.

Теплоємність конструкції спочатку обчислюється без урахування поверхневого опору.

***Тонка апроксимація шару***

Якщо перший шар будівельної конструкції має товщина $d$ меншу за половину її періодичної глибини проникнення, а наступний шар є ізолюючим матеріалом, то перший шар можна вважати ізотермічним і поверхневу теплоємність конструкції для сторони, яка розглядається, розраховувати за рівнянням

$$\kappa_m = d \cdot \rho \cdot c \tag{3.38}$$

де $d$ – товщина шару матеріалу, м; $c$ – теплоємність, Дж/(кг·К); $\rho$ – щільність матеріалу, кг/м$^3$.

***Напів-нескінченна середня апроксимація***

Якщо для сторони, яка розглядається, перший шар будівельної конструкції має товщину, що перевищує в два рази його періодичну глибину проникнення, то цей шар можна розглядати, як нескінченно товстий і поверхневу теплоємність конструкції розраховувати за формулою

$$\kappa_m = \frac{\delta \cdot \rho \cdot c}{\sqrt{2}} \tag{3.39}$$

де $\delta$ – періодична глибина проникнення, м.

***Метод ефективної товщини***

Цей метод ґрунтується на припущеннях, наведених у С.2.2 і С.2.3, разом з загальноприйнятим значенням температуропровідності, $a = 0{,}7 \times 10^{-6}$ m$^2$/s.

Ефективна товщина, $d_T$, однієї зі сторін конструкції є мінімальним значенням з наступних:

а) половина загальної товщини конструкції;

б) товщина матеріалу між досліджуваною поверхнею і першим теплоізолюючим шаром, не беручи до уваги покриття, які не є частиною конструкції;

в) максимальна ефективна товщина, $d_{T;\ max}$, залежно від періоду коливань, Т та теплових властивостей шару, прилеглого до поверхні, що цікавить, задана

.

$$d_{T;\max} = \sqrt{\frac{1}{2}} \cdot \sqrt{\frac{\lambda \cdot T}{\pi \cdot \rho \cdot c}} = \sqrt{\frac{\alpha \cdot T}{2\pi}} \qquad (3.40)$$

Максимальна ефективна товщина взята з таблиці 3.1.

Таблиця 3. 4

Максимальна ефективна товщина залежно від періоду коливання

| Період коливань | 1 година | 1 день | 1 тиждень |
|---|---|---|---|
| Максимальна ефективна товщина | 20 mm | 100 mm | 250 mm |

У таблиці 3.4 наведені значення максимальної ефективної товщини для умовного значення температуропровідності α = 0,7 × 10-6 м$^2$/с.

В таблиці наведені наближені значення ефективних товщин. Загальноприйняте значення температуропровідності відповідає бетону,

штукатуркам. Температуропровідності звичайних будівельних матеріалів (за винятком ізоляційних матеріалів і металів) знаходяться в діапазоні від 0,12 × $10^{-6}$ м$^2$/с (сосна) до 1 × $10^{-6}$ м$^2$/с (вапняк). Фактична ефективна товщина може становити від 40% до 120% від усередненого значення.

Площинна теплоємність розраховується за формулою

$$\kappa_m = \sum_i \rho_i d_i c_i \quad \text{де} \quad \sum_i d_i = d_T \tag{3.41}$$

де елементи формули відповідають формулі (3.38).

Теплоємність конструкції в межах теплової зони, яка розглядається, розраховується як сума теплоємностей, обчислених з обох поверхонь конструкції.

Цей спрощений метод може переоцінити теплоємність для деяких матеріалів, таких як дерево або газобетон.

Еквівалентна площинна теплоємність, $\kappa'_m$, будівельної конструкції з поверхневим опором, $R_s$, або щільної конструкції, покритої шаром незначною щільності, з термічним опором, $R$, визначається за

$$\kappa'_m = \sqrt{\frac{\kappa_m^2}{1 + \omega^2 \cdot \kappa_m^2 \cdot \left(R + R_s\right)^2}} \tag{3.42}$$

де $R_s$ – поверхневий опір, м$^2$·К/Вт; $\kappa_m$ – поверхнева теплоємність для щільної конструкції, Дж/(м$^2$·К).

## 3.6 Рекомендації по уточненню методики визначення внутрішньої теплоємності будівель

При необхідності оцінювання проектних пропозицій будівель потрібно порівняти енергоефективність конструктивних і планувальних рішень.

Порівняння планувального рішення будівель рекомендовано проводити за визначенням дійсного значення внутрішньої теплоємності за формулою, наведеною нижче. Приклад розрахунку наведено в розділі 4.

Рисунок 3.4 показує послідовність операцій для визначення внутрішньої теплоємності будівлі.




Рисунок 3.4 — Блок-схема методу розрахунку внутрішньої теплоємності будівлі

Для щомісячного та сезонного методу внутрішню теплоємність будівельної зони, $C_m$, виражену в джоулях на кельвін, обчислюють шляхом підсумовування теплоємності всіх елементів будівлі при безпосередньому тепловому контакті з внутрішнім повітрям зони, що розглядається, за рівнянням:

$$C_m = \Sigma\, \kappa j\, Aj \tag{3.43}$$

де $\kappa_j$ – внутрішня теплоємність на площу будівельного елемента $j$, кДж/(м$^2$·К); $Aj$ – площа елемента $j$, виражена в квадратних метрах.

Порівняння конструктивного рішення будівель рекомендовано проводити при більш точному визначенні узагальненого коефіцієнта теплопередачі трансмісією за формулами, наведеними нижче.

Значення загального коефіцієнта теплопередачі трансмісією $H_{\mathrm{tr,adj}}$, Вт/К, повинно бути розраховане згідно з [152] за формулою:

$$H_{\mathrm{tr,adj}} = H_{\mathrm{D}} + H_{\mathrm{g}} + H_{\mathrm{U}} + H_{\mathrm{A}}\ , \tag{3.44}$$

де $H_{\mathrm{D}}$ – безпосередній узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією до зовнішнього середовища, Вт/К; $H_{\mathrm{g}}$ – стаціонарний узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією до ґрунту, Вт/К; $H_{\mathrm{U}}$ – узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією через некондиціоновані об’єми, Вт/К; $H_{\mathrm{A}}$ – узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією до суміжних будівель, Вт/К.

В загальному випадку $H_x$, що відображає $H_{\mathrm{D}}$, $H_{\mathrm{g}}$, $H_{\mathrm{U}}$ або $H_{\mathrm{A}}$, складається з трьох доданків та розраховується за формулою:

$$H_x = b_{\mathrm{tr},x}\left(\sum\nolimits_i A_i U_i + \sum\nolimits_k l_k \psi_k + \sum\nolimits_j \chi_j\right) \tag{3.45}$$

де $A_i$ – площа $i$-го елемента оболонки будівлі, м$^2$; $U_i$ – приведений коефіцієнт теплопередачі $i$-го елемента оболонки будівлі, Вт/(м$^2$·К), що

становить $U_i = 1/R_{\Sigma \text{пр}i}$ ; $R_{\text{пр}i}$ – приведений опір теплопередачі $i$-го елемента оболонки будівлі, м$^2$·К/Вт, що для непрозорих елементів визначають згідно з ДСТУ Б В.2.6-189. Для світлопрозорих елементів приймається за відповідними стандартами; $l_k$ – довжина лінійного містка холоду $k$, м; $\Psi_k$ – лінійний коефіцієнт теплопередачі містка холоду $k$, Вт/(м·К); $\chi_j$ – точковий коефіцієнт теплопередачі точкового моста холоду $j$, Вт/К; $b_{\text{tr},x}$ – поправочний коефіцієнт, що становить:

– $b_{\text{tr},x} = 1$ – при розрахунках $H_{\text{D}}$;

– $b_{\text{tr},x} \neq 1$ при розрахунках $H_{\text{g}}$, $H_{\text{U}}$, $H_{\text{A}}$.

## 3.7 Методика оцінювання динамічних теплових параметрів поверхні підлоги

Для перевірки відповідності коефіцієнта теплозасвоєння внутрішньої поверхні підлоги нормативним вимогам необхідно:

1. Визначити вхідні дані:

– Геометричні характеристики конструкції:

товщина кожного шару будівельної конструкції $d$, м.

– Теплові характеристики конструкції:

коефіцієнт теплопровідності $\lambda$, Вт/(м·К);

щільність $\rho_m$, кг/м$^3$;

питома теплоємність $c_m$, Дж/(кг·К).

– Період коливання температури $T$, с.

Опір внутрішньої поверхні (опір теплосприйняттю) не враховується так як з поверхнею підлоги людина контактує безпосередньо.

2. Розрахувати глибину проникнення для матеріалу кожного шару за формулою (3.11);

3. Визначити відношення товщини шару до глибини проникнення за формулою (3.13);

4. Визначити елементи матриці теплопередачі, $Z_{mn}$, для кожного шару за формулою (3.14);

5. Визначити коефіцієнт теплозасвоєння внутрішньої поверхні підлоги за формулою (3.30);

Рисунок 3.5 показує послідовність операцій для перевірки відповідності коефіцієнта теплозасвоєння внутрішньої поверхні підлоги нормативним вимогам.




Рисунок 3.5 – Блок-схема методики розрахунку коефіцієнта теплозасвоєння внутрішньої поверхні підлоги

## 3.8 Визначення коефіцієнта теплозасвоєння запроектованих конструкцій підлог

***Паркетна підлога по ґрунту***. Проведено перевірку виконання умов теплозасвоєння поверхнями підлог, запроектованих у одноповерховому житловому будинку в м. Полтава за запропонованою методикою та ДСТУ-Н Б В.2.6-190:2013.

Таблиця 3.5

Вихідні дані для розрахунку динамічних параметрів

| Назва шарів | Теплопровідність $\lambda_р$, Вт/(м·К) | Густина $\rho_0$, кг/м$^3$ | Питома теплоємність $c_0$, Дж/(кг·К) | Товщина шару, м | Термічний опір, м²·К/Вт | К-т теплозасвоєння $s$, Вт/(м$^2$·К) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Паркет | 0,230 | 700,0 | 2300 | 0,0120 | 0,052 | 5,0 |
| Цем-піщ стяжка | 0,930 | 1800,0 | 840 | 0,0300 | 0,032 | 8,69 |
| Керамзито-бетон | 0,920 | 1800,0 | 840 | 0,1500 | 0,163 | 10,5 |
| Грунт | 0,580 | 1600,0 | 840 | 0,3000 | 0,517 | 7,91 |
| | | *U:* | 1,3077 | Вт/м²·К | | |
| | загальна товщина | | 0,492 | м | | |

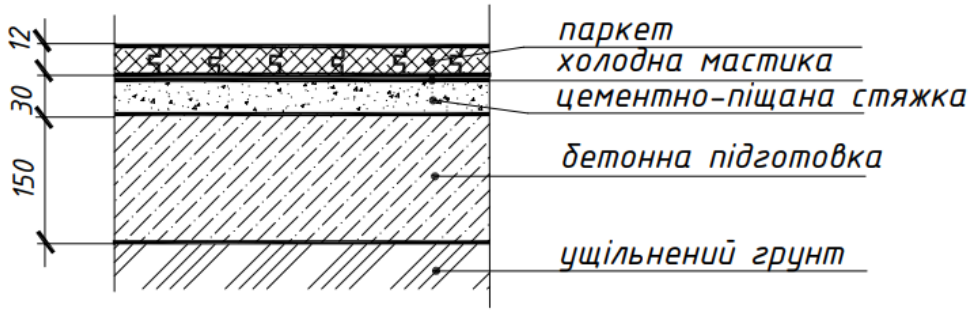



Рисунок 3.6 – Розрахункові схеми паркетної підлог

Теплова інерція 1-го шару конструкції підлоги за ДСТУ-Н Б В.2.6-190:2013

$$D_4 = \frac{0,012}{0,23} \times 5,0 = 0,26 < 0,5 .$$

Теплова інерція перших двох шарів підлоги

$$D_4 + D_2 = \frac{0,012}{0,23} \times 5,0 + \frac{0,03}{0,81} \times 8,69 = 0,58 > 0,5.$$

Показники теплозасвоєння поверхнями шарів конструкції підлог

$$Y_2 = \frac{2 \times 0,037 \times 8,69^2 + 10,5}{0,5 + 0,037 \times 10,5} = 18,1 Bm/(м^2 \cdot K);$$

$$Y_4 = \frac{4 \times 0,052 \times 5^2 + 18,1}{1 + 0,052 \times 18,1} = 12,0 Bm/(м^2 \cdot K).$$

Таблиця 3.6

Результат теоретичного розрахунку динамічних параметрів паркетної підлоги за запропонованою методикою

| №п/п | Назва величини | Значення | Одиниці виміру |
|---|---|---|---|
| 1 | коефіцієнт теплозасвоєння внутрішньої поверхні: | 7,894 | Вт/(м²К) |
| 2 | часовий зсув з внутрішньої сторони: | 2,35 | год |
| 3 | періодичний коефіцієнт теплозасвоєння: | 0,192 | Вт/(м²К) |
| 4 | часовий зсув періодичного коефіцієнта теплозасвоєння: | -13,95 | год |
| 5 | внутрішня площинна теплоємність: | 109,70 | кДж/(м²К) |
| 6 | коефіцієнт загасання *f*: | 6 | |

***Підлога з керамограніту***. Суцільна підлога по ґрунту з бетонною підготовкою (рис. 3.7). Характеристика шарів наведена у таблиці 3.7.




Рисунок. 3.7 – Розрахункові схеми керамогранітної підлог

Таблиця 3.7

Вихідні дані для розрахунку динамічних параметрів

| Назва шарів | Теплопровідність $\lambda_р$, Вт/(м·К) | Густина $\rho_0$, кг/м$^3$ | Питома теплоємність $c_0$, Дж/(кг·К) | Товщина шару, м | Термічний опір, м²К/Вт | К-т теплозасвоєння $s$, Вт/(м$^2$·К) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Керамогранит | 1,100 | 2000,0 | 880 | 0,0100 | 0,009 | 11,63 |
| Цем-піщ стяжка | 0,930 | 1800,0 | 840 | 0,0300 | 0,032 | 8,69 |
| Керамзито-бетон | 0,920 | 1800,0 | 840 | 0,1500 | 0,163 | 10,5 |
| Грунт | 0,580 | 1600,0 | 840 | 0,3000 | 0,517 | 7,91 |
| | | *U:* | 1,3456 | Вт/м²·К | | |
| | загальна товщина | | 0,510 | м | | |

Теплова інерція 1-го шару конструкції підлоги за ДСТУ-Н Б В.2.6-190:2013

$$D_1 = \frac{0,01}{1,1} \times 11,63 = 0,1 < 0,5;$$

Теплова інерція перших двох шарів підлоги з

$$D_1 + D_2 = \frac{0,01}{1,1} \times 11,63 + \frac{0,05}{0,81} \times 8,69 = 0,64 > 0,5;$$

Показники теплозасвоєння поверхнями шарів конструкції підлог

$$Y_2 = \frac{2 \times 0,062 \times 8,69^2 + 10,5}{0,5 + 0,062 \times 10,5} = 17,2 Вт/(м^2 \cdot К);$$

$$Y_1 = \frac{4 \times 0,009 \times 11,63^2 + 17,2}{1 + 0,009 \times 17,2} = 19,1 Вт/(м^2 \cdot К);$$

Згідно результату розрахунку за ДСТУ-Н Б В.2.6-190:2013 показник теплозасвоєння поверхні паркетної підлоги $Y_n = Y_4 = 12$ *Вт/(м$^2$·К)* не перевищує максимально допустиме значення $Y_{max\ n} = 12$ *Вт/(м$^2$·К)* (табл. 6, [18]), то така конструкція підлоги може бути прийнята для житлового приміщення. Показник теплозасвоєння поверхні підлоги з керамограніту $Y_n = Y_1 = 19,1$ *Вт/(м$^2$·К)* $> Y_{max\ n} = = 12$ *Вт/(м$^2$·К)*, тому така підлога не відповідає

вимогам і може використовуватися лише в підсобних приміщеннях завдяки високій механічній стійкості.

Таблиця 3.8

Результат теоретичного розрахунку динамічних параметрів керамогранітної підлоги за запропонованою методикою

| №п/п | Назва величини | Значення | Одиниці виміру |
|---|---|---|---|
| 1 | коефіцієнт теплозасвоєння внутрішньої поверхні: | 10,462 | Вт/(м²К) |
| 2 | часовий зсув з внутрішньої сторони: | 3,08 | год |
| 3 | періодичний коефіцієнт теплозасвоєння: | 0,221 | Вт/(м²К) |
| 4 | часовий зсув періодичного коефіцієнта теплозасвоєння: | -13,67 | год |
| 5 | внутрішня площинна теплоємність: | 144,864 | кДж/(м²К) |
| 6 | коефіцієнт загасання *f*: | 0,164 | |

Згідно результату розрахунку за запропонованою методикою і паркетна підлога ($Y_{11}$ =7,9 Вт/(м$^2$·К)) і керамогранітна підлога ($Y_{11}$ =10,5 Вт/(м$^2$·К)) відповідають вимогам табл. 6, [18] так як менше $Y_{max\ n}$ = 12 Вт/(м$^2$·К) та можуть застосовуватися в житлових будівель.

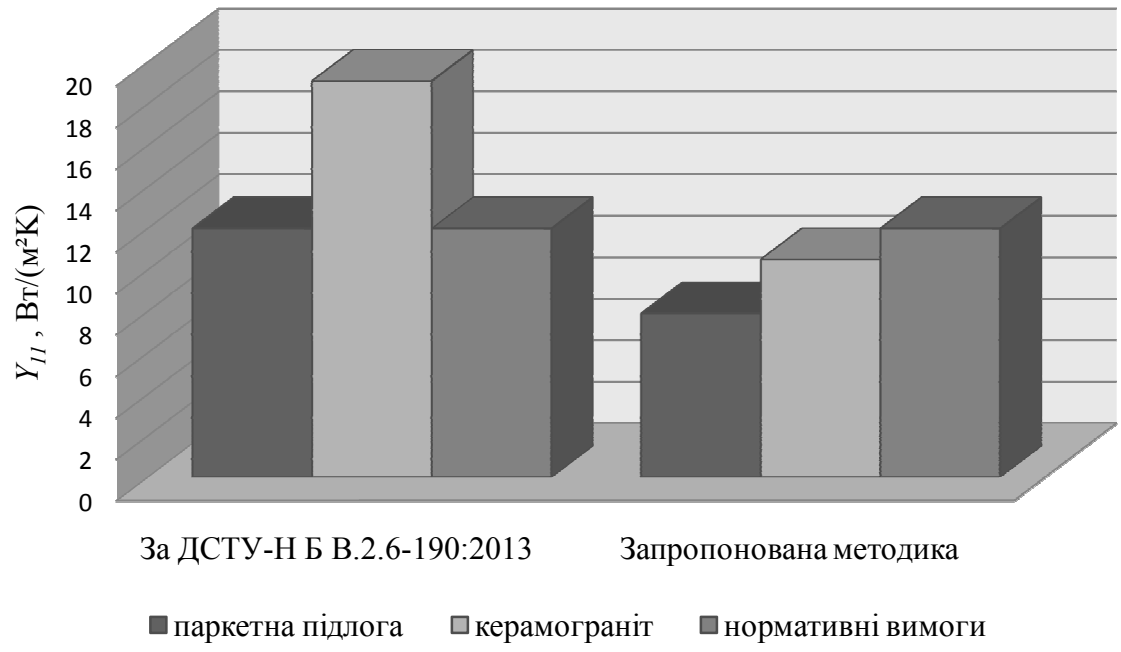



Рисунок 3.8 – Порівняння результатів розрахунку методик визначення показників теплозасвоєння конструкцій підлог

Запропонована методика визначення показника теплозасвоєння підлог більш точно прогнозує тепловий стан конструкції. Результат розрахунку на 50-80 % менше за розрахункові значення згідно ДСТУ-Н Б В.2.6-190:2013. Уточнення методики визначення динамічних показників конструкцією підлог вимагає перегляду нормативних вимог – величин максимально допустимих показників теплозасвоєння поверхнею підлоги.

## 3.9 Методика оцінювання теплостійкості огороджувальних конструкцій у літній період

Для оцінки показників комфорту мікроклімату в приміщені розраховують теплостійкість огороджувальних конструкцій. При значній амплітуді коливання температури зовнішнього повітря у літній час може мати місце періодичне підвищення температури внутрішнього повітря з подальшою віддачею тепла всередину будинку та перегрівом його приміщень.

Метою розрахунку є надання огороджувальним конструкціям необхідних теплозахисних якостей, що гарантують підтримування практично постійної температури на внутрішній поверхні конструкції при періодичній зміні параметрів зовнішнього середовища [49].

Теплостійкість огороджувальних конструкцій визначають такі показники:

– коефіцієнт загасання;

– часовий зсув;

– питома теплоємність шарів огороджувальної конструкції, $c_0$, кДж/(кг·К).

Алгоритм визначення теплостійкості огороджувальних конструкцій у літній період наведено на рис. 3.9 та складається з наступної послідовності:

1. Визначити вхідні дані:

– Геометричні характеристики конструкції:

товщина кожного шару будівельної конструкції $d$, м.

– Теплові характеристики конструкції:

коефіцієнт теплопровідності $\lambda$, Вт/(м·К);

щільність $\rho_m$, кг/м$^3$;

питома теплоємність $c_m$, Дж/(кг·К).

– Період коливання температури $T$, с.

– Опір теплопередачі внутрішньої поверхні $R_{si}$, м$^2$ К/Вт;

– Опір теплопередачі зовнішньою поверхні $R_{se}$, м$^2$ К/Вт.

2. Розрахувати глибину проникнення для матеріалу кожного шару за формулою (3.11);

3. Визначити відношення товщини шару до глибини проникнення за формулою (3.13);

4. Визначити елементи матриці теплопередачі, $Z_{mn}$, для кожного шару за формулою (3.14);

5. Визначити періодичний коефіцієнт теплозасвоєння за формулою (3.35)**;**

6. Визначити коефіцієнт загасання за формулою (3.36), де коефіцієнт теплопередачі, $U_0$, обчислюється без врахування теплових містків для узгодження з розрахунком динамічних характеристик.

7. Визначити часовий зсув коефіцієнта періодичного теплозасвоєння за формулою (3.37), для аргументу в діапазоні від $-2\pi$ до 0.

Рисунок 3.9 показує послідовність операцій для оцінки теплостійкості огороджувальних конструкцій у літній період.

***Розрахунок теплостійкості сендвічпанелі***.

Об’єкт – суміщене покриття з тришарових панелей у кліматичних умовах м. Ялти (рисунок 3.10).

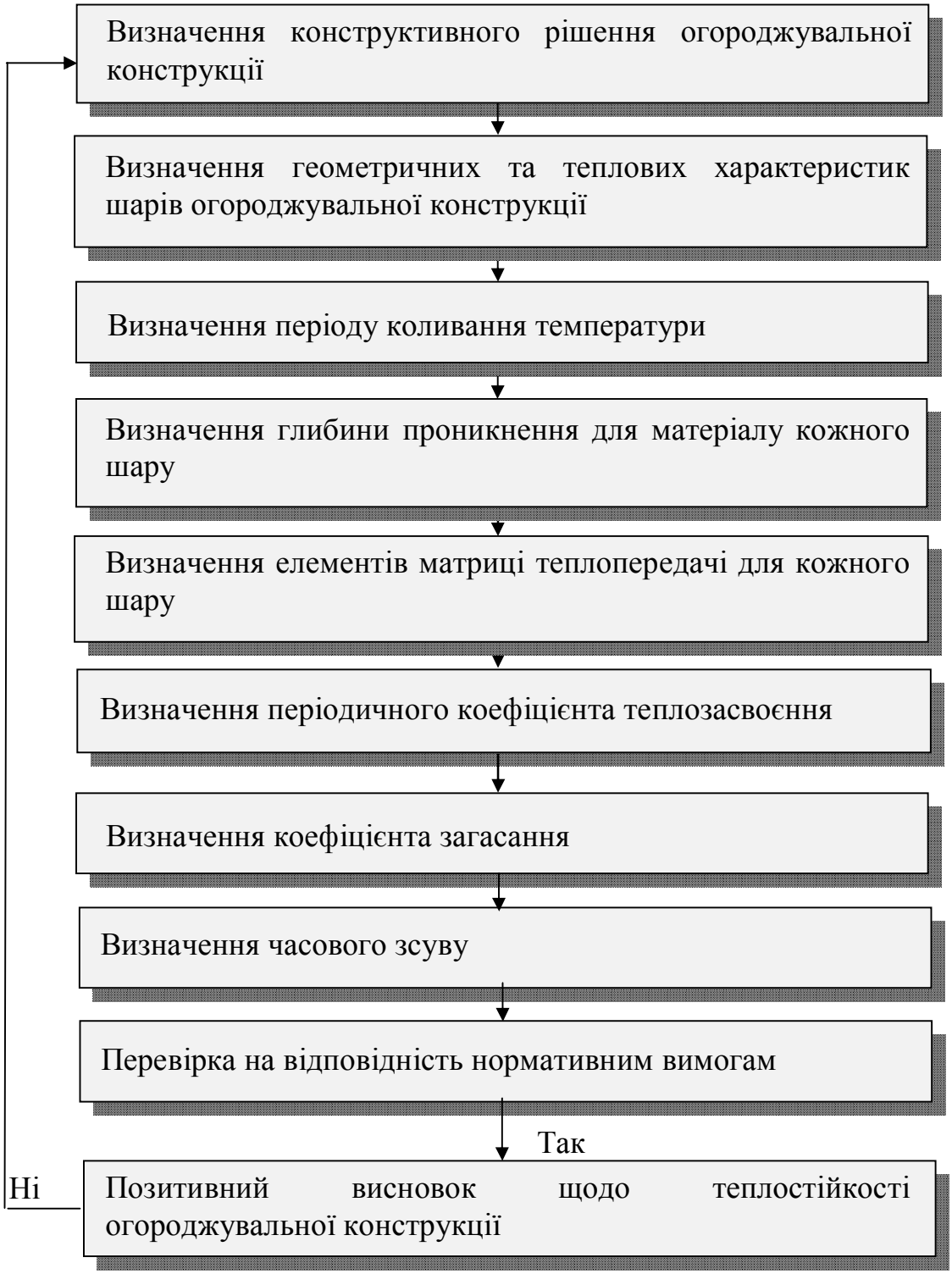



Рисунок 3.9 — Блок-схема для оцінки теплостійкості огороджувальних конструкцій у літній період

Параметри клімату району будівництва наведені в таблиці 3.9.

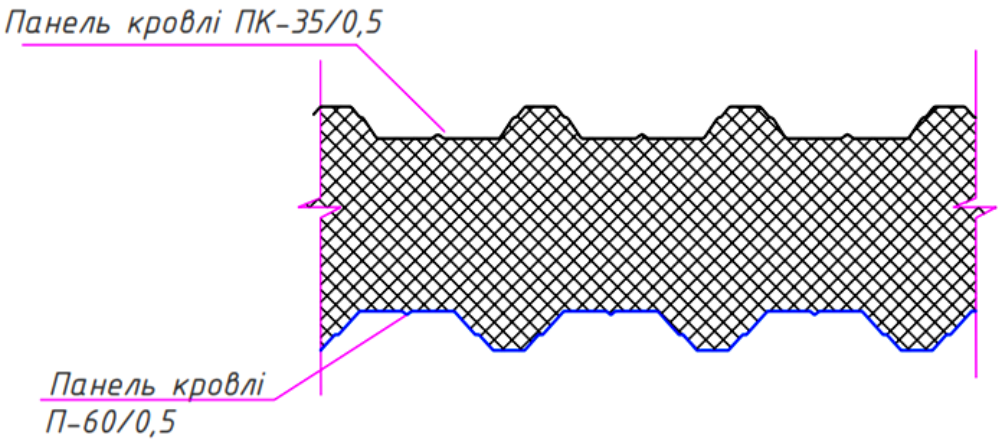



Рисунок 3.10 – Розрахункова схема суміщеного покриття на основі металопрофілю

Таблиця 3.9

Розрахункові параметри клімату м. Ялти (44° пн. ш.)

| Назва параметра | Значення |
|---|---|
| Середньомісячна температура липня (згідно з таблицею 2 ДСТУ-Н Б В.1.1 -27) | 23,6 |
| Середня амплітуда добових коливань температури зовнішнього повітря в липні $A_{t_з}$, °С (згідно з таблицею 2 ДСТУ-Н Б В.1.1-27) | 11,3 |
| Максимальне значення сумарної сонячної радіації, що надходить на вертикальну поверхню західної орієнтації у липні $I_{max}$, Вт/м$^2$ (згідно з таблицею 14 ДСТУ-Н Б В.1.1-27) | 885 |
| Середнє значення сумарної сонячної радіації, що надодить на вертикальну поверхню у липні $I_{сер}$, Вт/м$^2$ (згідно з таблицею 14 ДСТУ-Н Б В.1.1-27) | 313 |
| Мінімальна з середніх швидкостей вітру по румбах за липень, повторюваність яких становить 16 % і більше υ, м/с (згідно з таблицею 6 ДСТУ-Н Б В.1.1-27) | 1,3 |

Коефіцієнт поглинання сонячної радіації матеріалом зовнішньої поверхні огороджувальної конструкції $\chi$ = 0,45 (згідно з таблицею Б.1 ДСТУ-Н Б В.2.6-190).

Розрахункова амплітуда коливань температури зовнішнього повітря згідно з формулою (2) ДСТУ-Н Б В.2.6-190: $A_{tзроз}$ = 24,8 °С.

При розрахунках враховуються основні шари конструкції (починаючи з внутрішньої поверхні огороджувальної конструкції), їх теплофізичні

характеристики приймаються згідно з додатком А ДСТУ Б В.2.6-189. Теплофізичні характеристики матеріалів шарів конструкції наведені в таблиці 3.10.

Таблиця 3.10

Теплофізичні характеристики матеріалів шарів огороджувальної конструкції

| Номер шару | Матеріал | Товщина шару $\delta$, м | Густина матеріалу в сухому стані $\rho$, кг/м$^3$ | Розрахункові характеристики в умовах експлуатації А | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | теплопровідність $\lambda$, Вт/(м·К) | коефіцієнт теплозасвоєння $s$, Вт/(м$^2$К) | питома теплоємність $c_m$, Дж/(кг·К) |
| 1 | Внутрішній металевий профільований лист | 0,0005 | 7850 | 58 | 126,5 | 482 |
| 2 | Теплоізоляційний шар із пінополістиролу | 0,04 | 15 | 0,045 | 0,28 | 1340 |
| 3 | Зовнішній металевий профільований лист | 0,0005 | 7850 | 58 | 126,5 | 432 |

Таблиця 3.11

Результат розрахунку параметрів теплостійкості за ДСТУ

| Товщина утеплювача, м | $v$ | $A_{тв}$ , °С | Відповідність вимогам ДБН |
|---|---|---|---|
| 0,04 | 8,06 | 3,07 | ні |
| 0,08 | 14,78 | 1,68 | так |

Амплітуда коливань температури внутрішньої поверхні покриття при товщині утеплювача 4 см становить 2,85 °С, що не відповідає умові (8) п.4.1 ДБН В.2.6-31, $A_{тв} \leq 2,5$, але при товщині 8 см, конструкція задовольняє вимогам ДБН: 1.68 °С ≤ 2,5°С.

При розрахунку теплостійкості за запропонованою методикою наведена конструкція навідь при товщині шару утеплювача 150 мм не має теплостійкості, так як коефіцієнт загасання ≈ 1 (табл. 3.12 та рис. 3.11).

Таблиця 3.12

Результат розрахунку динамічних параметрів покриття на основі металопрофілю

| Товщина утеплювача, м | Коефіцієнт загасання $f$ | Часовий зсув, год |
|---|---|---|
| 0,04 | 1 | -0,12 |
| 0,08 | 0,999 | -0,23 |
| 0,12 | 0,998 | -0,41 |
| 0,15 | 0,996 | -0,59 |

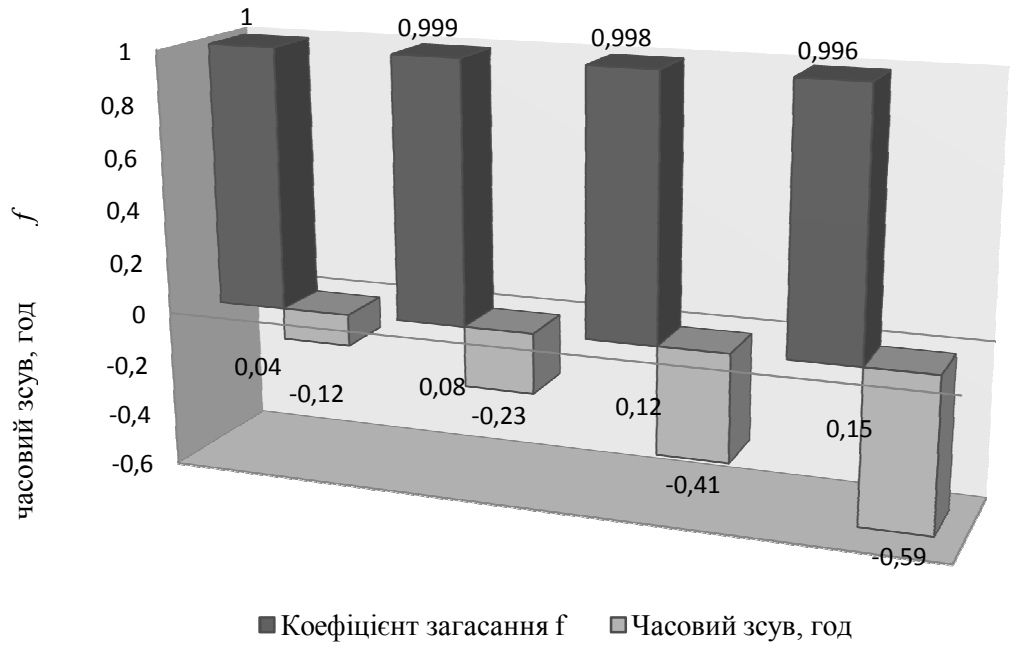



Рисунок 3.11 – Залежність коефіцієнта загасання та часового зсуву від товщини утеплювача покриття на металопрофілі

***Розрахунок теплостійкості залізобетонного суміщеного утепленого покриття*** у кліматичних умовах м. Ялти (рисунок 3.12).

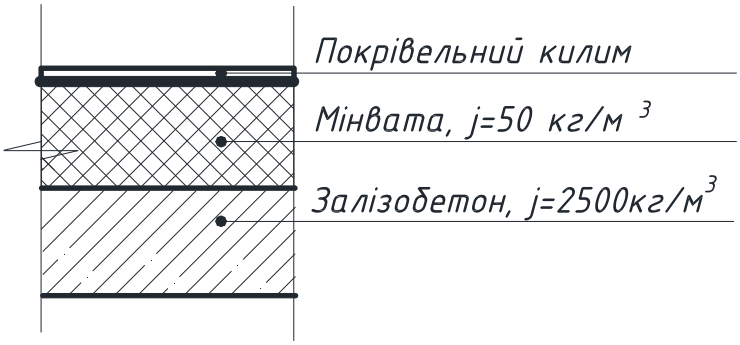



Рисунок 3.12 – Розрахункова схема суміщеного покриття на основі залізобетонної плити

При розрахунках враховуються основні шари конструкції (починаючи з внутрішньої поверхні огороджувальної конструкції), їх теплофізичні характеристики приймаються згідно з додатком А ДСТУ Б В.2.6-189. Теплофізичні характеристики матеріалів шарів конструкції наведені в таблиці 3.13:

Таблиця 3.13

Теплофізичні характеристики матеріалів шарів огороджувальної конструкції

| Номер шару | Матеріал | Товщина шару $\delta$, м | Густина матеріалу в сухому стані $\rho$, кг/м$^3$ | Розрахункові характеристики в умовах експлуатації А | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Тепло провідність $\lambda$, Вт/(м·К) | коефіцієнт теплозасвоєння $s$, Вт/(м$^2$·К) | питома теплоємність $c_m$, Дж/(кг·К) |
| 1 | Залізобетонна плита покриття | 0,2 | 2500 | 1,92 | 17,98 | 840 |
| 2 | Теплоізоляційний шар з екструдованого пінополістиролу | 0,15 | 50 | 0,038 | 0,47 | 840 |
| 3 | Гідроізоляційний килим | 0,01 | 1200 | 0,22 | 5,69 | 1470 |

При розрахунку теплостійкості за запропонованою методикою наведена конструкція має теплостійкість, яка представлена значним коефіцієнтом загасання ≈ 0,268-0,353 та часовим зсувом понад 6 годин (табл. 3.14 та рис. 3.13).

Таблиця 3.14

Результат розрахунку динамічних параметрів покриття на основі залізобетонної плити

| Товщина утеплювача, м | Коефіцієнт загасання *f* | Часовий зсув, год |
|---|---|---|
| 0,04 | 0,353 | -6,57 |
| 0,08 | 0,307 | -6,89 |
| 0,12 | 0,281 | -7,12 |
| 0,15 | 0,268 | -7,28 |

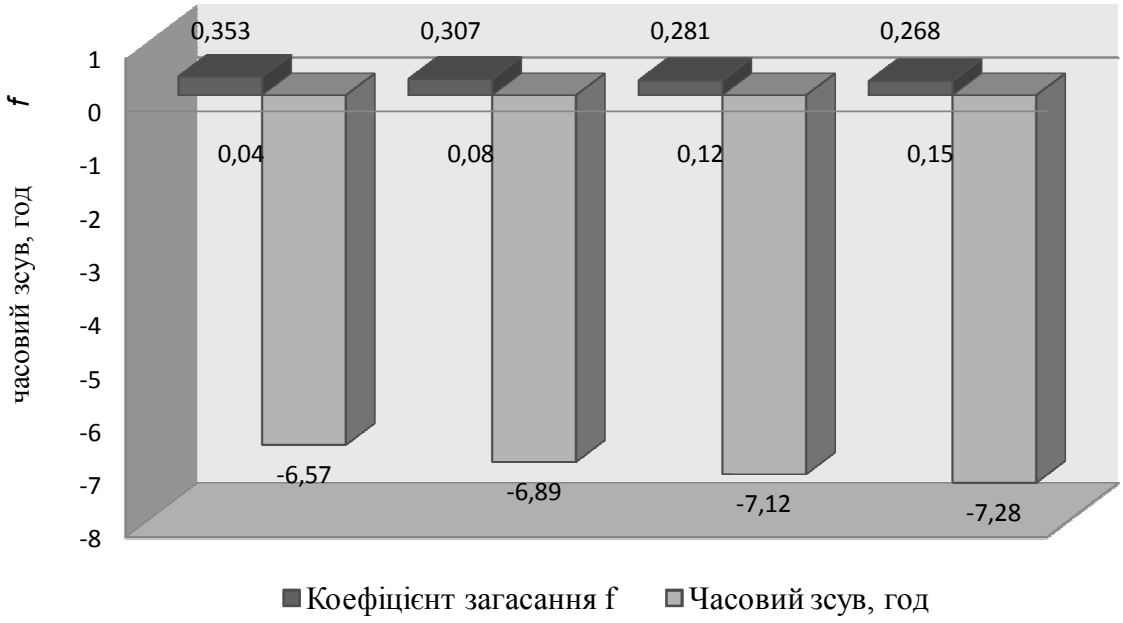



Рисунок 3.13 – Залежність коефіцієнта загасання та часового зсуву від товщини утеплювача залізобетонного покриття

Порівняння показників теплостійкості масивної і легкої конструкції покриття розрахованих за запропонованою методикою доводить необхідність шару зі значною тепловою інерцією у складі огороджувальної конструкції, до

якої ставляться високі вимоги до енергоефективності. Запропонована методика дозволяє детально оцінити конструктивне рішення щодо теплостійкості (табл. 3.14, рис. 3.14–3.15).

Таблиця 3.15

Порівняння показників теплостійкості масивної і легкої конструкції покриття

| Товщина утеплювача, м | Покриття по профлисту | | Покриття по з/б плиті | |
|---|---|---|---|---|
| | Коефіцієнт загасання (1) *f* | Часовий зсув (1), год | Коефіцієнт загасання (2) *f* | Часовий зсув (2), год |
| 0,04 | 1 | -0,12 | 0,353 | -6,57 |
| 0,08 | 0,999 | -0,23 | 0,307 | -6,89 |
| 0,12 | 0,998 | -0,41 | 0,281 | -7,12 |
| 0,15 | 0,996 | -0,59 | 0,268 | -7,28 |

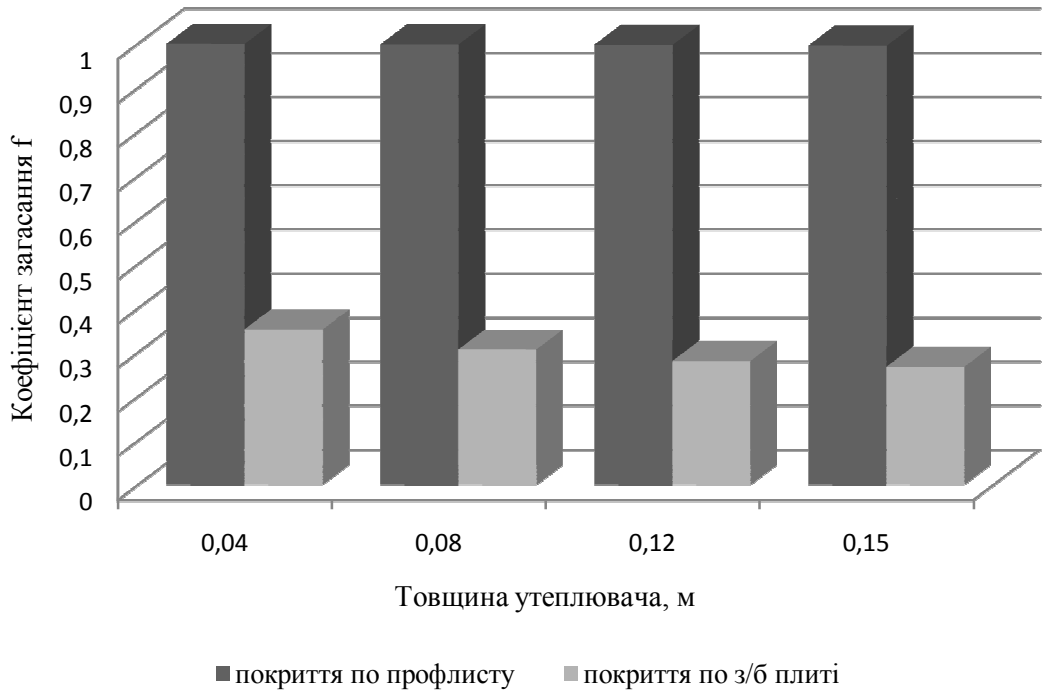



Рисунок 3.14 – Порівняння коефіцієнтів загасання масивної і легкої конструкції покриття

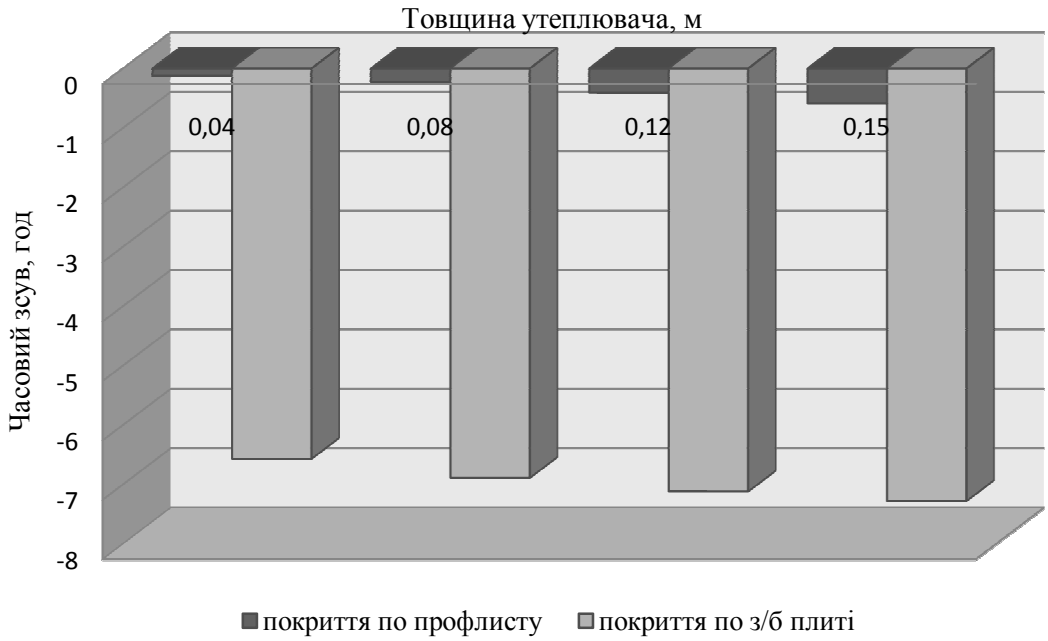



Рисунок 3.15 – Порівняння величини часового зсуву масивної і легкої конструкції покриття

Запропонована методика дозволяє детально оцінити теплостійкість конструктивного рішення зовнішнього огороджувального елемента будівлі за величиною часового зсуву та коефіцієнтом загасання.

## 3.10 Методика оцінювання теплостійкості приміщення в зимовий період для постійного опалення

Для забезпечення комфортного мікроклімату приміщення в зимовий період року необхідно розраховувати його теплостійкість.

Метою розрахунку є надання огороджувальним конструкціям необхідних теплозахисних якостей, що гарантують підтримування у приміщенні практично постійної комфортної температури повітря при періодичній зміні параметрів зовнішнього та внутрішнього середовища.

Теплостійкість приміщення визначають такі показники:

– амплітуда коливань температури приміщення $A_{тв}$, °С;

– питома теплоємність шарів огороджувальної конструкції $c_0$,

кДж/(кг·К).

Алгоритм визначення теплостійкості приміщень у зимовий період наведено на рисунку 3.16. Для житлових та громадських будинків обов'язкове виконання умов теплостійкості приміщення в зимовий період року згідно з ДБН В.2.6-31.

1. Визначити вхідні дані:

– Геометричні характеристики конструкції:

товщина кожного шару будівельної конструкції $d$, м.

площа огороджувальних конструкцій, м$^2$.

– Теплові характеристики конструкції:

коефіцієнт теплопровідності $\lambda$, Вт/(м·К);

щільність $\rho_m$, кг/м$^3$;

питома теплоємність $c_m$, Дж/(кг·К).

– Період коливання температури $T$, с.

– Опір теплопередачі внутрішньої поверхні $R_{si}$, м$^2$·К/Вт;

– Опір теплопередачі зовнішньою поверхні $R_{se}$, м$^2$·К/Вт

2. Розрахувати глибину проникнення для матеріалу кожного шару за формулою (3.11);

3. Визначити відношення товщини шару до глибини проникнення за формулою (3.13);

4. Визначити елементи матриці теплопередачі, $Z_{mn}$, для кожного шару за формулою (3.14);

5. Визначити коефіцієнт теплозасвоєння внутрішньою поверхнею конструкцій за формулою (3.30);

6. Амплітуда коливань температури приміщень визначається за формулою

$$A_{твн} = \frac{Q_{H,ndcont}}{t \cdot \sum A_j \cdot Y_{11j}} \qquad (3.46)$$




Рисунок 3.16 – Блок-схема визначення теплостійкості приміщень будівлі в зимовий період

де $Q_{\text{H,nd,cont}}$ – енергопотреба для постійного опалення будівлі, Вт·год, за формулою (3) ДСТУ Б А.2.2-12:2015 для січня, як найбільш холодного місяця; $A_j$ – площа елемента $j$, м$^2$; $Y_{11\ j}$ – коефіцієнт теплозасвоєння внутрішньою поверхнею огороджувальної конструкції, Вт/м$^2$·К.

Рисунок 3.16 показує послідовність операцій для перевірки відповідності теплостійкості приміщень у зимовий період нормативним вимогам.

**Висновки за розділом 3**

З метою гармонізація національних будівельних норм щодо енергоефективності із відповідною нормативною базою ЄС визначено теплові динамічні показники будівельних конструкцій.

Вхідні дані для розрахунку динамічних теплових характеристик необхідно визначати за тепловим комфортом із використанням критеріїв місцевого теплового комфорту.

Розроблено методику оцінювання теплостійкості приміщення в зимовий період, яка відповідає методиці визначення енергоефективності будинків і враховує всі теплові впливи, яким піддається будівля. На відміну від методики ДСТУ-Н Б В.2.6-190:2013, де на теплостійкість перевіряється лише одне приміщення з врахуванням трансмісійних тепловтрат і тепловтрат за рахунок вентиляції, запропонована методика визначає теплостійкість всього будинку або будь-якої його частини з врахуванням всіх впливів згідно положення по визначенню енергоефективності.

Розроблено методику оцінювання теплостійкості огороджувальних конструкцій у літній період, яка більш детально досліджує теплові процеси у конструкції. На відміну від методики ДСТУ-Н Б В.2.6-190:2013, де основним показником є амплітуда коливання температури внутрішньої поверхні огородження, запропонована методика перевіряє коефіцієнт загасання та часовий зсув теплових коливань у конструкції.

Розроблено методику розрахункового оцінювання динамічних параметрів поверхні підлоги, яка більш детально досліджує теплові процеси у конструкції за рахунок врахування змінних граничних умов.

Удосконалення методу дослідження динамічних теплових характеристик огороджувальних конструкцій наблизило опис фізичних явищ у них реальному температурному режиму.

# РОЗДІЛ 4
# ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ДИНАМІЧНИХ ТЕПЛОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ НА ЗАГАЛЬНУ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ БУДІВЕЛЬ

## 4.1 Опис розрахункових моделей

При оцінюванні проектних пропозицій будівель виникає необхідність у порівнянні енергоефективності конструктивних і планувальних рішень. Тому потрібні методики, які б дозволяли оцінити конструктивне і планувальне рішення за різними вхідними параметрами.

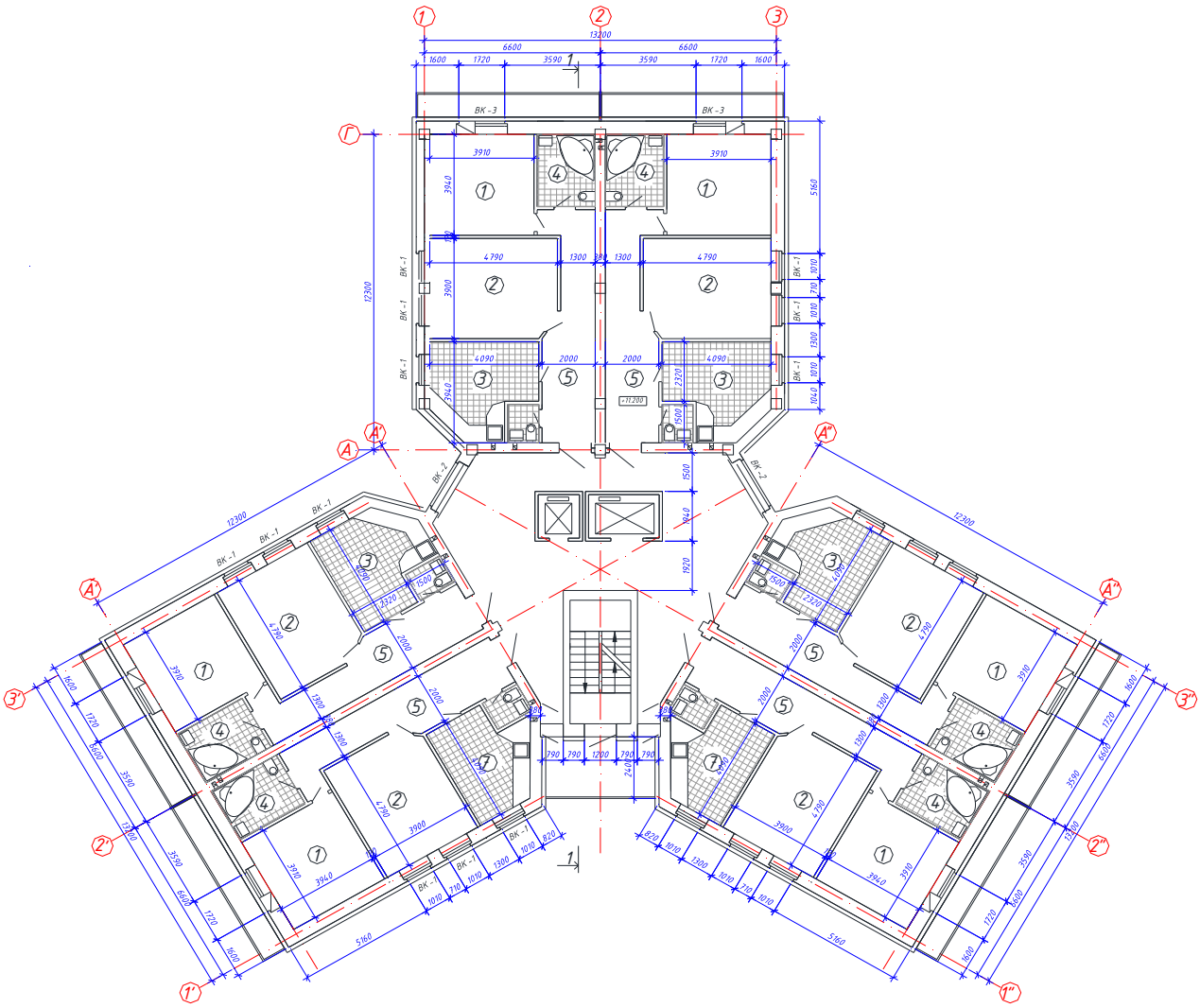


Рисунок 4.1 – План типового поверху багатокутного будинку, далі – модель 1

Мета розділу – дослідження оцінки енергоефективності проектних рішень теплоізоляційної оболонки будівлі та її планувального рішення за внутрішньою теплоємністю будівлі.

Для дослідження розроблено два планувальних рішення дев’ятиповерхових житлових односекційних будівель, які відрізняються компактністю, але мають однакові кондиціоновані площу та об’єм. Схеми типових поверхів наведено на рисунках 4.1 та 4.2.

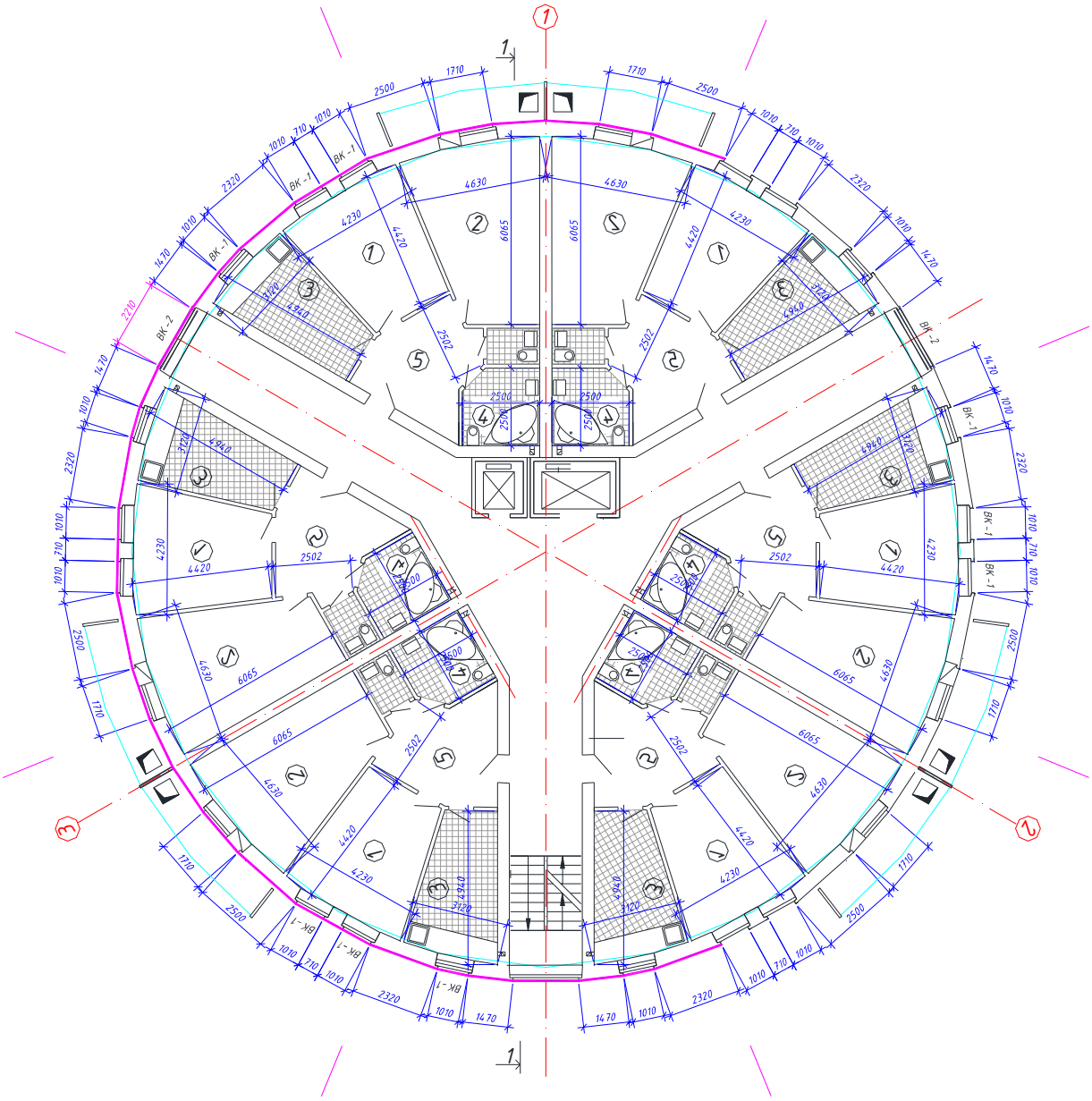


Рисунок 4.2 – План типового поверху циліндричного будинку, далі – модель 2

Проведено розрахунок енергетичної ефективності за двома планувальними рішеннями (модель 1 та 2) з урахуванням внутрішньої теплостійкості за ДСТУ Б А.2.2-12:2015 та з урахуванням рекомендацій попереднього розділу.

***Показники компактності будинку*** $Л_{bci}$ становлять:

для моделі 1 – 0,316

для моделі 2 – 0,234

***Конструктивне рішення – однакове для обох розрахункових моделей***

Об'єкт – житловий багатоповерховий будинок у м. Полтава .

Будівля має стінову конструктивну систему.

Підвал неопалюваний під усією будівлею.

Перекриття – збірні залізобетонні плити товщиною 220 мм.

Вікна – ПВХ з п'ятикамерною профільною системою із заповненням двокамерними склопакетами 32 мм з двома шарами енергозберігаючого скла з заповненням повітрям 2-х камер – 4і-10-4-10-4і.

Двері ПВХ частково засклені з двокамерним склопакетом.

Дах горищний залізобетонний з холодним горищем, водостік внутрішній організований. Перекриття холодного горища утеплено мінеральною ватою, 200 мм. Над сходинково-ліфтовим вузлом – суміщене утеплене перекриття.

Конструктивне рішення теплоізоляційної оболонки будинку:

Зовнішні стіни будівлі суцільні з цегли товщиною 510 мм. Зовнішнє утеплення передбачено за СФТО класу А. Умовне позначення конструкції із фасадною теплоізоляцією:

СФТО - А1 - М040 - 150 - КД - ДСТУ Б В.2.6-36:2008.

Перекриття над неопалюваним підвалом – залізобетонне з пінополістиролом, 150 мм.

***Геометричні показники – однакові для обох розрахункових моделей***

Опалювана/кондиціонована площа будівлі – $Af$ = 5067 м$^2$, визначається як площа поверхів, яка вимірюється у межах внутрішніх поверхонь зовнішніх стін, що включає площу, яку займають перегородки і внутрішні стіни.

Опалюваний/кондиціонований об'єм будівлі – $V$ = 14188 м$^3$, визначається як об'єм, обмежений внутрішніми поверхнями зовнішніх огороджувальних конструкцій.

Принципові технічні рішення зовнішніх огороджувальних конструкцій наведено на розрахункових схемах.

***Характеристика інженерних систем – однакові для обох розрахункових моделей***

Джерелом теплопостачання системи опалення будівлі є існуюча тепломережа Ду 100. Параметри теплоносія 80-60°С. Система опалення передбачена за допомогою опалювальних приладів радіатор біметалевий «Альтермо», Н = 500 мм. Регулювання потужності системи опалення виконується за допомогою радіаторних клапанів з попередньою настройкою RTD-N на подавальному трубопроводі та запірних кранів RLV на зворотному трубопроводі. На магістральних відгалуженнях системи опалення встановлено на подавальному трубопроводі автоматичні балансувальні вентилі.

Система охолодження в будівлі відсутня.

Вентиляція приміщень будівлі відбувається в природній спосіб за рахунок перепаду тиску в середині та зовні будівлі та повітропроникності огороджувальних конструкцій (через нещільності в віконних конструкціях і відкриті елементи віконних, дверних конструкцій). Видалення повітря відбувається через повітроводи розміщені в приміщеннях.

***Розрахункові кліматичні параметри – однакові для обох розрахункових моделей***

Згідно з ДБН В.2.6-31 розрахункова температура внутрішнього повітря приймається $t_в$ = 20 °С як для закладів охорони здоров'я, розрахункове значення відносної вологості приміщень - 50 %.

Згідно з ДБН В.2.6-31 та ДСТУ-Н Б В.1.1-27 розрахункова температура зовнішнього повітря для умов м. Полтава складає $t_з$ = -22 °С. Середня температура найбільш холодного місяця складає -5,6 °С, відносна вологість повітря найбільш холодного місяця складає 85 %. Середньомісячна температура зовнішнього повітря приймається згідно з ДСТУ Б А.2.2-12 за додатком А.

Тривалість опалювального періоду прийнята як тривалість періоду з середньодобовою температурою ≤ 10 °С і відповідно до ДСТУ-Н Б В.1.1-27 для м. Полтави складає $z_{оп}$ = 195 діб. Середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період складає $t_{оп\ з}$ = 0,0 °С. Опалювальний сезон починається 06.X і закінчується 19.IV

***Нормативні вимоги – однакові для обох розрахункових моделей***

Згідно з ДБН В.2.6-31 нормативне значення приведеного опору теплопередачі зовнішніх огороджувальних конструкцій $R_{q\ min}$, м$^2$·К/Вт, становить:

- для зовнішніх стін 3,3 м$^2$·К/Вт;
- для перекриттів холодних горищ 4,95 м$^2$·К/Вт;
- для перекриття над неопалюваним горищем 3,75 м$^2$·К/Вт;
- для світлопрозорих огороджувальних конструкцій 0,75 м$^2$·К/Вт;
- для вхідних дверей 0,6 м$^2$·К/Вт;
- граничне значення питомого енергоспоживання при опаленні та охолодженні $EP_р$ = 85 кВт·год/м$^3$ за річний період.

## 4.2 Визначення теплотехнічних показників огороджувальних конструкцій

***Зовнішньої стіни***

Зовнішні стіни – цегляні суцільні з зовнішнім утепленням за схемою 4.3.

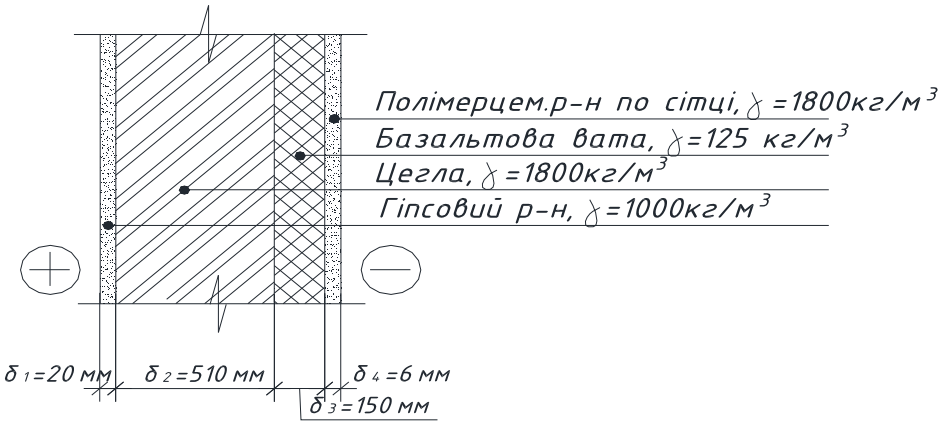



Рисунок 4.3 – Розрахункова схема огороджувальної конструкції:

$$R_{\Sigma 1} = \frac{1}{\alpha_в} + \sum_{i=1}^{n} R_i + \frac{1}{\alpha_з} = \frac{1}{\alpha_в} + \frac{\delta_1}{\lambda_{1р}} + \frac{\delta_2}{\lambda_{2р}} + \frac{\delta_3}{\lambda_{3р}} + \frac{\delta_4}{\lambda_{4р}} + \frac{1}{\alpha_з} =$$

$$= \frac{1}{8{,}7} + \frac{0{,}02}{0{,}81} + \frac{0{,}51}{0{,}64} + \frac{0{,}15}{0{,}040} + \frac{0{,}006}{0{,}93} + \frac{1}{23} = 4{,}74\ м^2 \cdot К/Вт$$

де $\delta_1$, $\delta_2$, $\delta_3$, $\delta_4$ – товщина відповідно вапняно-піщаного шару, цегли, утеплювача, шару опорядження, м;

$\delta_1 = 0{,}02\ м;\ \delta_2 = 0{,}51 м;\ \delta_3 = 0{,}15\ м;\ \delta_4 = 0{,}006\ м;$

$\lambda_{1р}$, $\lambda_{2р}$, $\lambda_{3р}$, $\lambda_{4р}$, – теплопровідність відповідно вапняно-піщаного шару, цегли, утеплювача, шару опорядження, Вт/(м · К), приймаємо за табл. А1 ДСТУ Б.В.2.6-189:2013;

$\lambda_{1р} = 0{,}81$ Вт/(м · К); $\lambda_{2р} = 0{,}64$ Вт/(м · К); $\lambda_{3р} = 0{,}040$ Вт/(м · К); $\lambda_{4р} = 0{,}93$ Вт/(м · К);

$\alpha_в$, $\alpha_{зн}$ – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огороджувальної конструкції, Вт/(м$^2$ · К), які приймають згідно з додатком Б ДСТУ Б.В.2.6-189:2013;

$\alpha_в = 8{,}7$ Вт/(м$^2$ · К); $\alpha_{зн} = 23$ Вт/(м$^2$ · К);

З врахуванням лінійних коефіцієнтів теплопередачі відповідно віконного укосу в зоні перемички, в зоні підвіконня, в зоні рядового примикання, а також точкового коефіцієнта теплопередачі дюбеля для кріплення утеплювача значення опорів теплопередачі склало $R_{\Sigma 1} =$ 3,41 м$^2$ · К/Вт:

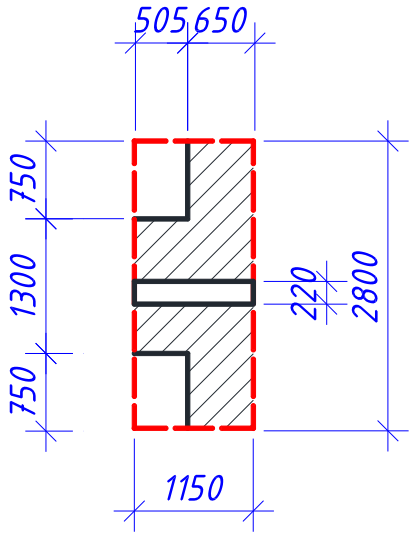



Рисунок 4.4 – Розміри розрахункової схеми

Визначаємо приведений опір теплопередачі термічно неоднорідної непрозорої огороджувальної конструкції за формулою:

$$R_{\Sigma np} = \frac{F_\Sigma}{\sum_{i=1}^{n} \frac{F_i}{R_{\Sigma i}} + \sum_{j=1}^{m} k_j L_j + \sum_{k=1}^{K} \Psi_k \cdot N_k} =$$

$$= \frac{F_\Sigma}{\frac{F_1}{R_{\Sigma 1}} + k_1 L_1 + k_2 L_2 + k_3 L_3 + k_4 L_4 + \Psi_1 \cdot N_1} =$$

$$= \frac{2{,}47}{\frac{2{,}22}{4{,}74} + 0{,}081 \cdot 0{,}505 + 0{,}065 \cdot 0{,}505 + 0{,}071 \cdot 1{,}5 + 0{,}005 \cdot 15}$$

$$= 3{,}41\ м^2 \cdot К/Вт$$

де $F_\Sigma$ – площа огороджувальної конструкції, м$^2$, визначаємо за формулою:

$$F_\Sigma = 0{,}65 \cdot 1{,}5 + 1{,}3 \cdot 1{,}15 = 2{,}47 м^2$$

$F_1$ – площу термічно однорідної частини огороджувальної конструкції, м$^2$, визначаємо за формулою:

$$F_1 = 0{,}65 \cdot 1{,}5 + (1{,}3 - 0{,}22) \cdot 1{,}15 = 2{,}22\ м^2;$$

$k_1$; $k_2$; $k_3$ – лінійні коефіцієнти теплопередачі, Вт/(м · К), відповідно віконного відкосу в зоні перемички, в зоні підвіконня, в зоні рядового примикання та конструкції перекриття, визначають згідно з додатком Г [30].

$k_1 = 0{,}081$ Вт/(м · К); $k_2 = 0{,}065$ Вт/(м · К); $k_3 = 0{,}071$ Вт/(м · К);

$L_1$; $L_2$; $L_3$ – лінійний розмір (проекція) лінійного теплопровідного включення (віконного укосу в зоні перемички, в зоні підвіконня, в зоні рядового примикання), м;

$L_1 = 0{,}505$ *м*; $L_2 = 0{,}505$ *м*; $L_3 = 1{,}5$ *м*;

$\Psi_1$ – точковий коефіцієнт теплопередачі дюбеля для кріплення утеплювача, Вт/К, визначають згідно з додатком Г [30];

$$\Psi_1 = 0{,}005 \text{ Вт/К}$$

$N_k$ – загальна кількість точкових теплопровідних включень, шт, визначаємо за формулою:

$$N_k = F_\Sigma \times 6 = 2{,}41 \times 6 = 15 \text{ шт.}$$

***Горищне перекриття***

Для досягнення теплотехнічними показниками горищного перекриття нормативного значення конструкцію утеплено мінеральною ватою (наприклад, ТЕХНОФАС КОТЕДЖ) за схемою (рис. 4.5).

Перекриття холодного горища утеплено мінеральною ватою, 200 мм.

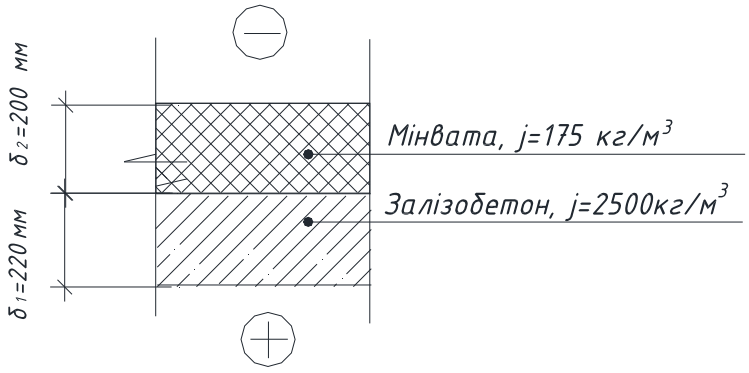



Рисунок 4.5 – Розрахункова схема горищного перекриття

Розрахункові коефіцієнти теплопровідності матеріалів шарів огороджувальної конструкції за ДСТУ Б.В.2.6-189:2013:

залізобетон – $\lambda_1$ = 2,04 Вт/м·К;

плити теплоізоляційні мінераловатні – $\lambda_2$ = 0,044 Вт/м·К.

Визначаємо опір теплопередачі термічно однорідної огороджувальної конструкції

$$R_{\Sigma пр.л} = \frac{1}{\alpha_{вн}} + \frac{1}{\alpha_{зн}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} = \frac{1}{8,7} + \frac{1}{23} + \frac{0,22}{2,04} + \frac{0,20}{0,045} = 4,71 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}.$$

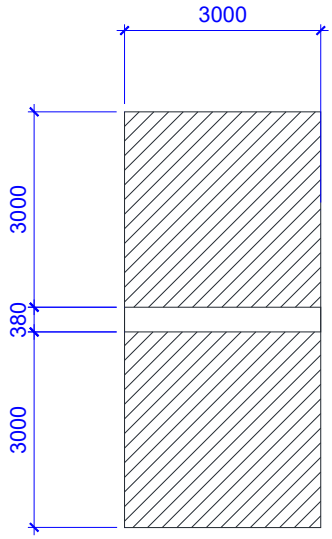



Рисунок 4.6 – Розміри розрахункової схеми

Визначаємо приведений опір теплопередачі термічно неоднорідної непрозорої огороджувальної конструкції за формулою:

$$R_{\Sigma пр} = \frac{F_\Sigma}{\sum_{i=1}^{n} \frac{F_i}{R_{\Sigma i}} + \sum_{j=1}^{m} k_j L_j + \sum_{k=1}^{K} \Psi_k \cdot N_k} =$$

$$= \frac{F_\Sigma}{\frac{F_1}{R_{\Sigma 1}} + k_1 L_1} = \frac{19,14}{\frac{18,0}{4.71} + 0,23 \cdot 3,0} = 4,24\, м^2 \cdot К/Вт$$

де $F_\Sigma$ – площа огороджувальної конструкції, м$^2$, визначаємо за формулою:

$$F_\Sigma = 6,38 \cdot 3,0 = 19,14\, м^2$$

$F_1$ – площу термічно однорідної частини огороджувальної конструкції, м$^2$, визначаємо за формулою:

$$F_1 = (3 + 3) \cdot 3{,}0 = 18{,}0\ м^2;$$

$k_1$ = 0,23 Вт/(м · К) – лінійні коефіцієнти теплопередачі подовжньої несучої цегляної стіни, яка проходить крізь перекриття холодного горища, визначено за моделюванням температурного поля методом кінцевих елементів.

$L_1 = 3{,}0$ м; – лінійний розмір (проекція) лінійного теплопровідного включення.

***Суміщене покриття***

Для досягнення теплотехнічними показниками суміщеного покриття нормативного значення конструкцію утеплено кам'яною ватою HARDROCK MAX подвійної щільності (верхній шар 220 кг/м$^3$, нижній 150 кг/м$^3$) за схемою (рис. 4.7).

Розрахункові коефіцієнти теплопровідності матеріалів шарів огороджувальної конструкції за ДСТУ Б.В.2.6-189:2013:

залізобетон – $\lambda_1$ = 2,04 Вт/м·К;

полістиролбетон – $\lambda_2$ = 0,1 Вт/м·К ;

плити теплоізоляційні з базальтової вати – $\lambda_3$ = 0,04 Вт/м·К;

ПВХ мембрана – $\lambda_4$ = 0,23 Вт/м·К;

Визначаємо опір теплопередачі огороджувальної конструкції

$$R_{\Sigma пр.п} = \frac{1}{\alpha_{вн}} + \frac{1}{\alpha_{зн}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} =$$

$$= \frac{1}{8{,}7} + \frac{1}{23} + \frac{0{,}22}{2{,}04} + \frac{0{,}10}{0{,}10} + \frac{0{,}24}{0{,}04} + \frac{0{,}0015}{0{,}23} = 7{,}27\ \text{м}^2 \cdot \text{К/Вт}\ .$$

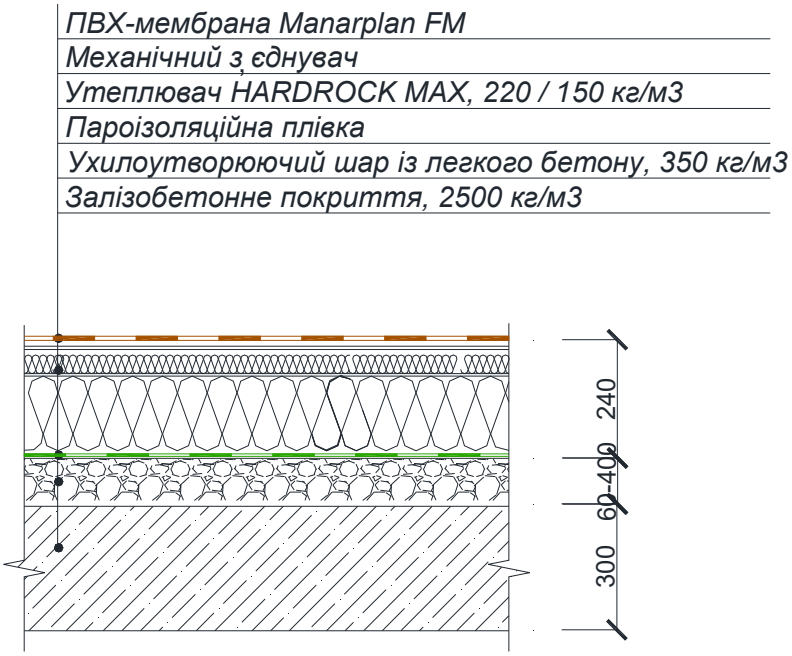



Рисунок – 4.7 Розрахункова схема утепленого покриття, яке не експлуатується

***Світлопрозорі конструкції***

Світлопрозорі конструкції (вікна) з п'ятикамерною профільною системою із заповненням двокамерними склопакетами 32 мм з двома шарами енергозберігаючого скла з заповненням повітрям 2-х камер – 4і-10-4-10-4і. Приведений опір теплопередачі вікна згідно протоколу випробовувань становить 0,75 м$^2$·К/Вт.

***Перекриття над холодним підвалом***

Схема перекриття наведена на рис. 4.8.

Розрахункові коефіцієнти теплопровідності матеріалів шарів огороджувальної конструкції (для умов експлуатації Б) за [30, додаток А]:

дуб – $\lambda_1$ = 0,23 Вт/м·К;

цементно-піщана стяжка – $\lambda_2$ = 0,81 Вт/м·К;

жорсткий пінополіуретан – $\lambda_3$ = 0,041 Вт/м·К ;

залізобетон – $\lambda_4$ = 2,04 Вт/м·К.

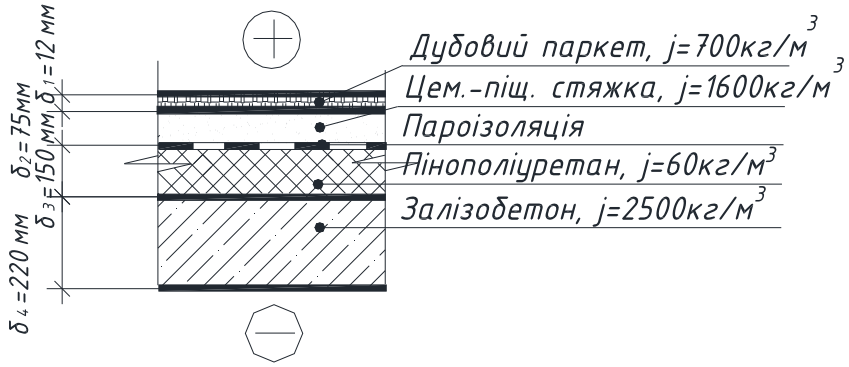



Рисунок – 4.8 Розрахункова схема суміщеної покрівлі

Визначаємо опір теплопередачі огороджувальної конструкції

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_{вн}} + \frac{1}{\alpha_{зн}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} =$$

$$= \frac{1}{8,7} + \frac{1}{23} + \frac{0,012}{0,23} + \frac{0,075}{0,81} + \frac{0,15}{0,041} + \frac{0,22}{2,04} = 4,07 \text{ м}^2\times\text{К/Вт}.$$

Значення приведеного опору теплопередачі зовнішніх огороджувальних конструкцій приведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1

Приведений опір теплопередачі зовнішніх огороджувальних конструкцій

| Приведений опір теплопередачі зовнішніх огороджувальних конструкцій: | $R_{\Sigma пр}$, м$^2$·К/Вт | Величина |
|---|---|---|
| - зовнішні стін | $R_{\Sigma пр\ i}$ | 3,41 |
| - горищні перекриттів неопалювальних горищ | $R_{\Sigma пр\ acu}$ | 4,71 |
| -суміщене перекриття | $R_{\Sigma пр\ gfl}$ | 6,43 |
| - перекриття над холодним підвалом | $R_{\Sigma пр\ cubiu}$ | 4,07 |
| - зовнішні двері | $R_{\Sigma пр\ fdi}$ | 0,6 |
| - світлопрозорих конструкцій | $R_{\Sigma пр\ wi}$ | 0,75 |

Розподіл будівлі на теплові зони не здійснюється. Розрахунок проводиться однозонний.

## 4.3 Визначення теплопередачі трансмісією та вентиляцією

Розрахунок виконаний за «Методикою визначення енергетичної ефективності будівель», [42] з урахуванням положень ДСТУ Б А.2.2-8:2010, ДБН В.2.5-67:2013 та ДСТУ Б EN ISO 13790:2011.

***Характеристики теплопередачі трансмісії***

Узагальнені коефіцієнти теплопередачі трансмісією визначені згідно з 8.2 [42] та наведені в таблиці 4.3. Значення узагальнених коефіцієнтів теплопередачі трансмісією визначені, як для режиму опалення так і для режиму охолодження.

При розрахунках теплопередачі через світлопрозорі елементи ефект нічної ізоляції не враховувався.

Таблиця 4.2

Площі зовнішніх огороджень будинку

| Ч.ч. | Вид огороджувальної конструкції | Загальна площа, $м^2$ | |
|---|---|---|---|
| | | Модель 1 | Модель 2 |
| 1 | Зовнішні стіни | 2850,6 | 1687,8 |
| 2 | Горищне перекриття | 450,9 | 450,9 |
| 3 | Суміщене покриття | 99 | 99 |
| 4 | Перекриття над неопалюваним підвалом | 563 | 563 |
| 5 | Зовнішні двері | 2,5 | 2,5 |
| 6 | Світлопрозорі конструкції орієнтовані на:<br>– на північному фасаді<br>– на південному фасаді<br>– на західному фасаді<br>– на східному фасаді<br>– на північно-західному фасаді<br>– на північно-східному фасаді<br>– на південно-західному фасаді<br>– на південно-східному фасаді | 524,5<br>59,02<br>55,44<br>41,04<br>41,04<br>70,92<br>70,92<br>93,06<br>93,06 | 524,28<br>59,02<br>64,40<br>67,05<br>67,05<br>80,01<br>80,01<br>53,37<br>53,37 |

Сумарна теплопередача трансмісією розрахована згідно з формулами (9) та (10) [42] для кожного місяця і приведена в таблицях 4.11-4.14 для режиму опалення та в таблицях 4.15-4.18 для режиму охолодження.

Таблиця 4.3

Характеристики теплопередачі трансмісії (модель 1)

| Ч. ч. | Вид огороджувальної конструкції | $A_i$, м$^2$ | $R_\Sigma$, м$^2$·К/Вт | $U$, Вт/(м$^2$·К) | $\Delta U_{tb}$, Вт/(м$^2$·К) | $b_{tr,x,н}$ | $b_{tr,x,с}$ | $H_{x,H}$, Вт/К | $H_{x,C}$, Вт/К |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Зовнішні стіни | 2850,6 | 3,41 | 0,29 | 0 | 1 | 1 | 836 | 836 |
| 2 | Горищне перекриття | 450,9 | 4,71 | 0,21 | 0,00 | 0,9 | 1 | 86 | 96 |
| 3 | Суміщене покриття | 99 | 6,43 | 0,16 | 0,08 | 0,9 | 1 | 21 | 23 |
| 4 | Перекриття над підвалом | 563 | 4,07 | 0,25 | 0,00 | 0,3 | 0,3 | 41 | 41 |
| 5 | Зовнішні двері | 2,5 | 0,6 | 1,67 | 0,00 | 1 | 1 | 4,1 | 4,1 |
| 6 | Вікна | 524,50 | 0,75 | 1,33 | 0 | 1 | 1 | 699 | 699 |

$H_{tr,adj,H} = H_D + H_g + H_U + H_A = 1688$ Вт/К.

$H_{tr,adj,C} = H_D + H_g + H_U + H_A = 1699$ Вт/К.

Таблиця 4.4

Характеристики теплопередачі трансмісії (модель 2)

| Ч. ч. | Вид огороджувальної конструкції | $A_i$, м$^2$ | $R_\Sigma$, м$^2$·К/Вт | $U$, Вт/(м$^2$·К) | $\Delta U_{tb}$, Вт/(м$^2$·К) | $b_{tr,x,н}$ | $b_{tr,x,с}$ | $H_{x,H}$, Вт/К | $H_{x,C}$, Вт/К |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Зовнішні стіни | 1687,8 | 3,41 | 0,29 | 0 | 1 | 1 | 495 | 495 |
| 2 | Горищне перекриття | 450,9 | 4,71 | 0,21 | 0,00 | 0,9 | 1 | 86 | 96 |
| 3 | Суміщене покриття | 99 | 6,43 | 0,16 | 0,08 | 0,9 | 1 | 21 | 23 |
| 4 | Перекриття над підвалом | 563 | 4,07 | 0,25 | 0,00 | 0,3 | 0,3 | 41 | 41 |
| 5 | Зовнішні двері | 2,5 | 0,6 | 1,67 | 0,00 | 1 | 1 | 4,1 | 4,1 |
| 6 | Вікна | 524,28 | 0,75 | 1,33 | 0 | 1 | 1 | 699 | 699 |

$H_{tr,adj,H} = H_D + H_g + H_U + H_A = 1346$ Вт/К.

$H_{tr,adj,C} = H_D + H_g + H_U + H_A = 1358$ Вт/К.

***Характеристики теплопередачі вентиляцією***

Для розрахунку прийнято, що система вентиляції будівлі відповідає вимогам ДБН В.2.5-67. Для забезпечення нормативних санітарно-гігієнічних умов повітряного середовища в приміщеннях запроектована припливна та витяжна система вентиляції з природнім спонуканням повітря. Додаткова складова вентиляції за рахунок природного охолодження та нічної вентиляції протягом періоду охолодження не враховувалась.

Норма повітрообміну прийнята 1,512 м$^3$/год на м$^2$ прийнято згідно таблиці В.5 ДСТУ Б EN 15251:2011 для категорії приміщень II **(**нормальний рівень очікувань має використовуватися для нових будівель) при висоті стелі 2,5 м.

Значення загального коефіцієнту теплопередачі вентиляцією з врахуванням частки роботи елементів повітряного потоку становлять:

- для опалювального періоду $H_{ve,adj,H} = 2251$ Вт/К;
- для періоду охолодження $H_{ve,adj,C} = 2251$ Вт/К.

Сумарна теплопередача вентиляцією розрахована згідно з формулами (22) та (23) [42] для кожного місяця і приведена в таблицях 4.11-4.14 для режиму опалення та в таблицях 4.15-4.18 для режиму охолодження..

***Характеристики внутрішніх теплонадходжень***

Згідно з методикою даного стандарту до уваги прийняті наступні теплонадходження: внутрішній тепловий потік від людей, внутрішній тепловий потік від обладнання, внутрішній тепловий потік від освітлення. Відповідно загальна сумарна величина усередненого теплового потоку приймається згідно з таблицею 6 [42] і становить $\Phi_{int} = 5{,}8$ Вт/м$^2$.

Значення внутрішніх теплонадходжень розраховані за формулою (35) [42] з урахуванням графіку використання згідно з таблицею 6 [42] та характеристиками періоду невикористання згідно з таблицею 7 [42] .

***Характеристики сонячних теплонадходжень***

Світлопрозорі конструкції, через які до будинку надходять сонячні теплонадходження розташовані з північного, південного, західного та східного фасадів та проміжних орієнтацій. Середньомісячна сонячна радіація на відповідні площини визначена згідно з додатком А [42] і приведена в таблицях 4.6-4.9.

Світлопрозорі конструкції, що використовуються для засклення будинку – вікна з п'ятикамерною профільною системою із заповненням двокамерними склопакетами 32 мм з двома шарами енергозберігаючого скла з заповненням повітрям 2-х камер – 4і-10-4-10-4і. Для даного типа скління коефіцієнт загального пропускання сонячної енергії при нормальному куті падіння згідно з таблицею 7 [42] становить $g_n = 0,50$. Відповідно, загальний коефіцієнт пропускання сонячної енергії світлопрозорої частини визначають згідно з формулою (39) [42] і становить $g_{gl} = 0,9 \cdot 0,50 = 0,45$.

Частка обрамлення приймається згідно з 11.4.3 [42] і становить $F_F = 0,3$. Рухомі засоби затінення не передбачено.

Понижувальний коефіцієнт затінення зовнішніми перешкодами визначається згідно з 11.4.2 [52. Прийнято, що будівля затінюється тільки від власних елементів (звисів та ребер). Кут затінення від звисів $\alpha = 10°$ (згідно з рис. 3а [42] ), кут затінення від ребер зліва та справа становить $\beta = 10°$ (згідно з рис. 3б, 3в [42] ).

Згідно з таблицями 13, 14-1, 14-2 [42] , поправочні коефіцієнти затінення визначено в таблиці 4.5.

Еквівалентна площа інсоляції вікон $A_{sol,w}$ з урахуванням понижувальних коефіцієнтів затінення зовнішніми перешкодами $F_{sh}$ розрахована за формулою (38) [42] та наведена в таблиці 4.6-4.9. Непрозорі елементи, які піддаються інсоляції, - це зовнішні стіни фасадів та покрівля.

Еквівалентна площа інсоляції непрозорих елементів $A_{sol}$ розрахована за формулою (40) [42] та наведена в таблиці 4.6-4.9. При цьому, безрозмірний коефіцієнт поглинання сонячної радіації непрозорою частиною згідно з

таблицею 10 [42] прийнято як: $\alpha_{S,нп}$ = 0,4 – штукатурка кремова та $\alpha_{S,пк}$ = 0,9 покрівельний матеріал.

Таблиця 4.5

Поправочні коефіцієнти

| К-т | Опалювальний період | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Пн | Пд | Сх | З | ПнСх | ПдСх | ПдЗ | ПнЗ |
| $F_{\text{hor}}$ | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| $F_{\text{ov}}$ | 0,99 | 1 | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 0,99 |
| $F_{\text{fin left}}$ | 1 | 1 | 0,98 | 1 | 1 | 1 | 0,99 | 0,98 |
| $F_{\text{fin right}}$ | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,99 | 0,99 | 1 | 1 |
| $F_{sh}$ | 0,99 | 1 | 0,9702 | 0,99 | 0,9801 | 0,9801 | 0,9801 | 0,9702 |
| | | | | | | | | |
| К-т | Період охолодження | | | | | | | |
| | Пн | Пд | Сх | З | ПнСх | ПдСх | ПдЗ | ПнЗ |
| $F_{\text{hor}}$ | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| $F_{\text{ov}}$ | 0,99 | 0,99 | 0,96 | 0,99 | 0,99 | 0,98 | 0,99 | 0,98 |
| $F_{\text{fin left}}$ | 0,98 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| $F_{\text{fin right}}$ | 1 | 0,99 | 0,98 | 1 | 1 | 0,98 | 1 | 1 |
| $F_{sh}$ | 0,9702 | 0,9801 | 0,9408 | 0,99 | 0,99 | 0,9604 | 0,99 | 0,98 |

Теплове випромінювання в атмосферу від непрозорих елементів розраховують згідно з 11.5 [42] з урахуванням коефіцієнту форми між елементом будівлі та небосхилом. Результати розрахунків приведено в таблиці 4.6-4.9.

Загальний тепловий потік від сонячних теплонадходжень розрахований згідно з формулою (35) [42] та наведений в таблиці 4.6-4.9. Теплонадходження від сонця до будинку розраховані за формулою (36) [42] та наведені в таблиці 4.6-4.9

.

Таблиця 4.6

Елементи сонячних теплонадходжень $A_{sol}$, м$^2$ (охолодження, модель 1)

| Місяць року | Параметр | | | | | | | | | | | | | | | | | $A_{sol,w} \cdot F_{sh} \cdot I_{sol}$, Вт | $\Phi_r \cdot F_r$, Вт | $\Phi_{sol}$, Вт |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $A_{sol,w} \cdot F_{sh}$, м$^2$ | | | | | | | | $A_{sol}$, м$^2$ | | | | | | | | | | | |
| | пн | пд | сх | зх | пнсх | пдсх | пдз | пнз | Пн | Сх | Пд | Зх | пнсх | пдсх | пдз | пнз | Гор. | | | |
| Січень | 18 | 17 | 12 | 13 | 22 | 29 | 29 | 22 | 3 | 1 | 2 | 2 | 2 | 4 | 4 | 2 | 1 | 5060 | 827 | 4233 |
| Лютий | 18 | 17 | 12 | 13 | 22 | 29 | 29 | 22 | 3 | 1 | 2 | 2 | 2 | 4 | 4 | 2 | 1 | 8298 | 852 | 7446 |
| Березень | 18 | 17 | 12 | 13 | 22 | 29 | 29 | 22 | 3 | 1 | 2 | 2 | 2 | 4 | 4 | 2 | 1 | 11300 | 851 | 10449 |
| Квітень | 18 | 17 | 12 | 13 | 22 | 29 | 29 | 22 | 3 | 1 | 2 | 2 | 2 | 4 | 4 | 2 | 1 | 13805 | 935 | 12870 |
| Травень | 18 | 17 | 12 | 13 | 22 | 29 | 29 | 22 | 3 | 1 | 2 | 2 | 2 | 4 | 4 | 2 | 1 | 17242 | 1316 | 15926 |
| Червень | 18 | 17 | 12 | 13 | 22 | 29 | 29 | 22 | 3 | 1 | 2 | 2 | 2 | 4 | 4 | 2 | 1 | 18637 | 1035 | 17602 |
| Липень | 18 | 17 | 12 | 13 | 22 | 29 | 29 | 22 | 3 | 1 | 2 | 2 | 2 | 4 | 4 | 2 | 1 | 18100 | 1054 | 17046 |
| Серпень | 18 | 17 | 12 | 13 | 22 | 29 | 29 | 22 | 3 | 1 | 2 | 2 | 2 | 4 | 4 | 2 | 1 | 16873 | 1046 | 15827 |
| Вересень | 18 | 17 | 12 | 13 | 22 | 29 | 29 | 22 | 3 | 1 | 2 | 2 | 2 | 4 | 4 | 2 | 1 | 13723 | 989 | 12735 |
| Жовтень | 18 | 17 | 12 | 13 | 22 | 29 | 29 | 22 | 3 | 1 | 2 | 2 | 2 | 4 | 4 | 2 | 1 | 8834 | 922 | 7911 |
| Листопад | 18 | 17 | 12 | 13 | 22 | 29 | 29 | 22 | 3 | 1 | 2 | 2 | 2 | 4 | 4 | 2 | 1 | 4459 | 861 | 3599 |
| Грудень | 18 | 17 | 12 | 13 | 22 | 29 | 29 | 22 | 3 | 1 | 2 | 2 | 2 | 4 | 4 | 2 | 1 | 3549 | 818 | 2731 |

Таблиця 4.7

Елементи сонячних теплонадходжень $A_{sol}$, м$^2$ (охолодження, модель 2)

| Місяць року | Параметр | | | | | | | | | | | | | | | | | $A_{sol,w} \cdot F_{sh} \cdot I_{sol}$, Вт | $\Phi_r \cdot F_r$, Вт | $\Phi_{sol}$, Вт |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $A_{sol,w} \cdot F_{sh}$, м$^2$ | | | | | | | | $A_{sol}$, м$^2$ | | | | | | | | | | | |
| | пн | пд | сх | зх | пнсх | пдсх | пдз | пнз | Пн | Сх | Пд | Зх | пнсх | пдсх | пдз | пнз | Гор. | | | |
| Січень | 18 | 20 | 20 | 21 | 25 | 16 | 17 | 25 | 3 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 4471 | 501 | 3970 |
| Лютий | 18 | 20 | 20 | 21 | 25 | 16 | 16 | 24 | 3 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 7428 | 524 | 6904 |
| Березень | 18 | 20 | 20 | 21 | 25 | 16 | 16 | 24 | 3 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 10354 | 504 | 9850 |
| Квітень | 18 | 20 | 20 | 21 | 25 | 16 | 16 | 24 | 3 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 12752 | 554 | 12198 |
| Травень | 18 | 20 | 20 | 21 | 25 | 16 | 16 | 24 | 3 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 16141 | 908 | 15233 |
| Червень | 18 | 20 | 20 | 21 | 25 | 16 | 16 | 24 | 3 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 17682 | 613 | 17069 |
| Липень | 18 | 20 | 20 | 21 | 25 | 16 | 16 | 24 | 3 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 17113 | 624 | 16489 |
| Серпень | 18 | 20 | 20 | 21 | 25 | 16 | 16 | 24 | 3 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 15600 | 619 | 14981 |
| Вересень | 18 | 20 | 20 | 21 | 25 | 16 | 16 | 24 | 3 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 12415 | 586 | 11830 |
| Жовтень | 18 | 20 | 20 | 21 | 25 | 16 | 16 | 24 | 3 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 7802 | 546 | 7256 |
| Листопад | 18 | 20 | 20 | 21 | 25 | 16 | 16 | 24 | 3 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 3914 | 510 | 3404 |
| Грудень | 18 | 20 | 20 | 21 | 25 | 16 | 16 | 24 | 3 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 3113 | 484 | 2629 |

Таблиця 4.8

Елементи сонячних теплонадходжень $A_{sol}$, м$^2$ (опалення, модель 1)

| Місяць року | Параметр | | | | | | | | | | | | | | | | | $A_{sol,w} \cdot F_{sh} \cdot I_{sol}$, Вт | $\Phi_r \cdot F_r$, Вт | $\Phi_{sol}$, Вт |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $A_{sol,w} \cdot F_{sh}$, м$^2$ | | | | | | | | $A_{sol}$, м$^2$ | | | | | | | | | | | |
| | пн | пд | сх | зх | пнсх | пдсх | пдз | пнз | Пн | Сх | Пд | Зх | пнсх | пдсх | пдз | пнз | Гор. | | | |
| Січень | 18 | 17 | 13 | 13 | 22 | 29 | 29 | 22 | 3 | 1 | 2 | 2 | 2 | 4 | 4 | 2 | 1 | 5095 | 827 | 4268 |
| Лютий | 18 | 17 | 13 | 13 | 22 | 29 | 29 | 22 | 3 | 1 | 2 | 2 | 2 | 4 | 4 | 2 | 1 | 8347 | 852 | 7495 |
| Березень | 18 | 17 | 13 | 13 | 22 | 29 | 29 | 22 | 3 | 1 | 2 | 2 | 2 | 4 | 4 | 2 | 1 | 11366 | 851 | 10515 |
| Квітень | 18 | 17 | 13 | 13 | 22 | 29 | 29 | 22 | 3 | 1 | 2 | 2 | 2 | 4 | 4 | 2 | 1 | 13884 | 935 | 12948 |
| Травень | 18 | 17 | 13 | 13 | 22 | 29 | 29 | 22 | 3 | 1 | 2 | 2 | 2 | 4 | 4 | 2 | 1 | 17339 | 1316 | 16022 |
| Червень | 18 | 17 | 13 | 13 | 22 | 29 | 29 | 22 | 3 | 1 | 2 | 2 | 2 | 4 | 4 | 2 | 1 | 18742 | 1035 | 17707 |
| Липень | 18 | 17 | 13 | 13 | 22 | 29 | 29 | 22 | 3 | 1 | 2 | 2 | 2 | 4 | 4 | 2 | 1 | 18201 | 1054 | 17147 |
| Серпень | 18 | 17 | 13 | 13 | 22 | 29 | 29 | 22 | 3 | 1 | 2 | 2 | 2 | 4 | 4 | 2 | 1 | 16967 | 1046 | 15921 |
| Вересень | 18 | 17 | 13 | 13 | 22 | 29 | 29 | 22 | 3 | 1 | 2 | 2 | 2 | 4 | 4 | 2 | 1 | 13802 | 989 | 12813 |
| Жовтень | 18 | 17 | 13 | 13 | 22 | 29 | 29 | 22 | 3 | 1 | 2 | 2 | 2 | 4 | 4 | 2 | 1 | 8886 | 922 | 7964 |
| Листопад | 18 | 17 | 13 | 13 | 22 | 29 | 29 | 22 | 3 | 1 | 2 | 2 | 2 | 4 | 4 | 2 | 1 | 4486 | 861 | 3625 |
| Грудень | 18 | 17 | 13 | 13 | 22 | 29 | 29 | 22 | 3 | 1 | 2 | 2 | 2 | 4 | 4 | 2 | 1 | 3570 | 818 | 2752 |

Таблиця 4.9

Елементи сонячних теплонадходжень $A_{sol}$, м$^2$ (опалення, модель 2)

| Місяць року | Параметр | | | | | | | | | | | | | | | | | $A_{sol,w} \cdot F_{sh} \cdot I_{sol}$, Вт | $\Phi_r \cdot F_r$, Вт | $\Phi_{sol}$, Вт |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $A_{sol,w} \cdot F_{sh}$, м$^2$ | | | | | | | | $A_{sol}$, м$^2$ | | | | | | | | | | | |
| | пн | пд | сх | зх | пнсх | пдсх | пдз | пнз | Пн | Сх | Пд | Зх | пнсх | пдсх | пдз | пнз | Гор. | | | |
| Січень | 18 | 20 | 20 | 21 | 25 | 16 | 17 | 25 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 4471 | 501 | 3970 |
| Лютий | 18 | 20 | 20 | 21 | 25 | 16 | 16 | 24 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 7428 | 524 | 6904 |
| Березень | 18 | 20 | 20 | 21 | 25 | 16 | 16 | 24 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 10354 | 504 | 9850 |
| Квітень | 18 | 20 | 20 | 21 | 25 | 16 | 16 | 24 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 12752 | 554 | 12198 |
| Травень | 18 | 20 | 20 | 21 | 25 | 16 | 16 | 24 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 16141 | 908 | 15233 |
| Червень | 18 | 20 | 20 | 21 | 25 | 16 | 16 | 24 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 17682 | 613 | 17069 |
| Липень | 18 | 20 | 20 | 21 | 25 | 16 | 16 | 24 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 17113 | 624 | 16489 |
| Серпень | 18 | 20 | 20 | 21 | 25 | 16 | 16 | 24 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 15600 | 619 | 14981 |
| Вересень | 18 | 20 | 20 | 21 | 25 | 16 | 16 | 24 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 12415 | 586 | 11830 |
| Жовтень | 18 | 20 | 20 | 21 | 25 | 16 | 16 | 24 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 7802 | 546 | 7256 |
| Листопад | 18 | 20 | 20 | 21 | 25 | 16 | 16 | 24 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 3914 | 510 | 3404 |
| Грудень | 18 | 20 | 20 | 21 | 25 | 16 | 16 | 24 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 3113 | 484 | 2629 |

## 4.4 Визначення енергопотреби на опалення та охолодження

***Динамічні параметри***

Часова константа будівлі характеризує внутрішню теплову інерцію будівлі. Будівля є важкою, відповідно згідно з таблицею 15 ДСТУ Б А.2.2-12:2015 внутрішня теплоємність будівлі на одиницю площі становить $C$ = 80 Вт·год/(м²·К).

Внутрішня теплоємність будівлі розрахована згідно з формулою (58) ДСТУ Б А.2.2-12:2015 і становить:

Таблиця 4.10

Визначення внутрішньої теплоємності та часової константи будівель

| Показник | ДСТУ Б А.2.2-12:2015 | | Запропонована методика | |
|---|---|---|---|---|
| | Модель 1 | Модель 2 | Модель 1 | Модель 2 |
| $C$, Вт·год/(м²·К) | 80 | 80 | 37,2 | 35,6 |
| $C_m$, Вт·год/К | 405360 | 405360 | 188635,4 | 180567,8 |
| $\tau$, год (опал) | 102,9 | 112,7 | 47,9 | 50,15 |
| $\tau$, год (охол) | 102,6 | 112,3 | 47,1 | 49,98 |

Таблиця 4.11

Визначення внутрішньої теплоємності для моделі 1

| Вид огороджувальної конструкції | $\kappa_j$, Вт·год/(м²·К) | $A_j$, м$^2$ | $C_{mj}$, Вт·год/К |
|---|---|---|---|
| Зовнішні стіни | 14,96 | 2850,6 | 42647,35 |
| Горищне перекриття | 22,81 | 450,9 | 10286,91 |
| Суміщене покриття | 22,54 | 99 | 2231,653 |
| Перекриття над холодним підвалом | 16,55 | 563 | 9321,56 |
| Внутрішні несучі стіни | 15,81 | 1710 | 27037,95 |
| Перекриття між поверхами | 21,56 | 4504 | 97109,99 |
| | | $C_m$ | 188635,4 |

Таблиця 4.12

Визначення внутрішньої теплоємності для моделі 2

| Вид огороджувальної конструкції | $\kappa_j$, Вт·год/(м²·К) | $A_j$, м$^2$ | $C_{mj}$, Вт·год/К |
|---|---|---|---|
| Зовнішні стіни | 14,96 | 1687,8 | 25250,89 |
| Горищне перекриття | 22,81 | 450,9 | 10286,91 |
| Суміщене покриття | 22,54 | 99 | 2231,653 |
| Перекриття над холодним підвалом | 16,55 | 563 | 9321,56 |
| Внутрішні несучі стіни | 15,81 | 2300 | 36366,83 |
| Перекриття між поверхами | 21,56 | 4504 | 97109,99 |
| | | $C_m$ | 180567,8 |

***Внутрішні умови***

Для цілей енергетичної сертифікації та документування дотримання вимогам будівельних норм значення заданих температур для постійного опалення наведені в таблиці 16 ДСТУ Б А.2.2-12:2015 і становить $\theta_{int,H.set}$ = 20 ºС.

Задана температура на охолодження прийнята згідно з таблицею 16 ДСТУ Б А.2.2-12:2015 і становить $\theta_{\text{int,C.set}}$ = 26ºС.

***Енергопотреби для опалення та охолодження***

Енергопотреби для опалення розраховані для кожного місяця згідно з формулою (3) ДСТУ Б А.2.2-12:2015 та приведені в таблиці 4.11-4.14. Енергопотреби для охолодження розраховані для кожного місяця згідно з формулою (5) ДСТУ Б А.2.2-12:2015 та приведені в таблиці 4.15-4.18.

Річні енергопотреби для опалення та охолодження будівлі розраховані згідно з формулами (65) ДСТУ Б А.2.2-12:2015.

***Енергопотреби ГВП***

Визначено згідно Методики визначення енергетичної ефективності будівель: $Q_{\text{DHW,nd}}$ = 219670,14 кВт·год.

Таблиця 4.13

Розрахунок енергопотреби для опалення (модель 1) за ДСТУ

| Місяць року | Параметр | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $Q_{H,tr}$, кВт·год | $Q_{H,ve}$, кВт·год | $Q_{H,ht}$, кВт·год | $Q_{H,sol}$, кВт·год | $Q_{H,int}$, кВт·год | $Q_{H,gn}$, кВт·год | $g_H$ | $\eta_{H,gn}$ | $Q_{H,nd}$, кВт·год |
| Січень | 32142 | 42873 | 75016 | 3176 | 13166 | 16342 | 0,22 | 1,00 | **58674** |
| Лютий | 28011 | 37363 | 65374 | 5036 | 13166 | 18203 | 0,28 | 1,00 | **47172** |
| Березень | 24735 | 32992 | 57727 | 7823 | 13166 | 20989 | 0,36 | 1,00 | **36742** |
| Квітень | 13366 | 17828 | 31194 | 9323 | 13166 | 22489 | 0,72 | 0,98 | **9212** |
| Травень | 5776 | 7704 | 13479 | 11921 | 13166 | 25087 | 1,86 | 0,54 | **47** |
| Червень | 1580 | 2107 | 3687 | 12749 | 13166 | 25915 | 7,03 | 0,14 | **0** |
| Липень | -628 | -837 | -1465 | 12757 | 13166 | 25923 | -17,69 | -0,06 | **0** |
| Серпень | 377 | 502 | 879 | 11845 | 13166 | 25011 | 28,45 | 0,04 | **0** |
| Вересень | 6926 | 9238 | 16164 | 9226 | 13166 | 22392 | 1,39 | 0,71 | **367** |
| Жовтень | 15443 | 20599 | 36043 | 5925 | 13166 | 19091 | 0,53 | 1,00 | **17013** |
| Листопад | 22722 | 30307 | 53029 | 2610 | 13166 | 15776 | 0,30 | 1,00 | **37254** |
| Грудень | 29255 | 39022 | 68276 | 2047 | 13166 | 15213 | 0,22 | 1,00 | **53063** |
| Всього за рік | | | | | | | | | **259544** |

Таблиця 4.14

Розрахунок енергопотреби для опалення (модель 1) з урахуванням запропонованої методики

| Місяць року | Параметр | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $Q_{H,tr}$, кВт·год | $Q_{H,ve}$, кВт·год | $Q_{H,ht}$, кВт·год | $Q_{H,sol}$, кВт·год | $Q_{H,int}$, кВт·год | $Q_{H,gn}$, кВт·год | $g_H$ | $\eta_{H,gn}$ | $Q_{H,nd}$, кВт·год |
| Січень | 32142 | 42873 | 75016 | 3176 | 13166 | 16342 | 0,22 | 1,00 | **58696** |
| Лютий | 28011 | 37363 | 65374 | 5036 | 13166 | 18203 | 0,28 | 1,00 | **47234** |
| Березень | 24735 | 32992 | 57727 | 7823 | 13166 | 20989 | 0,36 | 0,99 | **36931** |
| Квітень | 13366 | 17828 | 31194 | 9323 | 13166 | 22489 | 0,72 | 0,91 | **10654** |
| Травень | 5776 | 7704 | 13479 | 11921 | 13166 | 25087 | 1,86 | 0,52 | **481** |
| Червень | 1580 | 2107 | 3687 | 12749 | 13166 | 25915 | 7,03 | 0,14 | **1** |
| Липень | -628 | -837 | -1465 | 12757 | 13166 | 25923 | -17,69 | -0,06 | **0** |
| Серпень | 377 | 502 | 879 | 11845 | 13166 | 25011 | 28,45 | 0,04 | **0** |
| Вересень | 6926 | 9238 | 16164 | 9226 | 13166 | 22392 | 1,39 | 0,66 | **1406** |
| Жовтень | 15443 | 20599 | 36043 | 5925 | 13166 | 19091 | 0,53 | 0,97 | **17602** |
| Листопад | 22722 | 30307 | 53029 | 2610 | 13166 | 15776 | 0,30 | 1,00 | **37322** |
| Грудень | 29255 | 39022 | 68276 | 2047 | 13166 | 15213 | 0,22 | 1,00 | **53085** |
| Всього за рік | | | | | | | | | **263411** |

Таблиця 4.15

Розрахунок енергопотреби для опалення (модель 2) за ДСТУ

| Місяць року | Параметр | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $Q_{H,tr}$, кВт·год | $Q_{H,ve}$, кВт·год | $Q_{H,ht}$, кВт·год | $Q_{H,sol}$, кВт·год | $Q_{H,int}$, кВт·год | $Q_{H,gn}$, кВт·год | $g_H$ | $\eta_{H,gn}$ | $Q_{H,nd}$, кВт·год |
| Січень | 25640 | 42873 | 68514 | 2954 | 13166 | 16120 | 0,24 | 1,00 | **52394** |
| Лютий | 22345 | 37363 | 59708 | 4640 | 13166 | 17806 | 0,30 | 1,00 | **41902** |
| Березень | 19731 | 32992 | 52723 | 7329 | 13166 | 20495 | 0,39 | 1,00 | **32233** |
| Квітень | 10662 | 17828 | 28490 | 8783 | 13166 | 21949 | 0,77 | 0,97 | **7138** |
| Травень | 4607 | 7704 | 12311 | 11333 | 13166 | 24499 | 1,99 | 0,50 | **18** |
| Червень | 1260 | 2107 | 3367 | 12290 | 13166 | 25456 | 7,56 | 0,13 | **0** |
| Липень | -501 | -837 | -1338 | 12268 | 13166 | 25434 | -19,01 | -0,05 | **0** |
| Серпень | 300 | 502 | 803 | 11146 | 13166 | 24312 | 30,28 | 0,03 | **0** |
| Вересень | 5525 | 9238 | 14763 | 8517 | 13166 | 21684 | 1,47 | 0,67 | **183** |
| Жовтень | 12319 | 20599 | 32919 | 5399 | 13166 | 18565 | 0,56 | 1,00 | **14416** |
| Листопад | 18125 | 30307 | 48433 | 2451 | 13166 | 15617 | 0,32 | 1,00 | **32816** |
| Грудень | 23337 | 39022 | 62358 | 1956 | 13166 | 15122 | 0,24 | 1,00 | **47236** |
| Всього за рік | | | | | | | | | **228336** |

Таблиця 4.16

Розрахунок енергопотреби для опалення (модель 2) з урахуванням запропонованої методики

| Місяць року | Параметр | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $Q_{H,tr}$, кВт·год | $Q_{H,ve}$, кВт·год | $Q_{H,ht}$, кВт·год | $Q_{H,sol}$, кВт·год | $Q_{H,int}$, кВт·год | $Q_{H,gn}$, кВт·год | $g_H$ | $\eta_{H,gn}$ | $Q_{H,nd}$, кВт·год |
| Січень | 25640 | 42873 | 68514 | 2954 | 13166 | 16120 | 0,24 | 1,00 | **52417** |
| Лютий | 22345 | 37363 | 59708 | 4640 | 13166 | 17806 | 0,30 | 1,00 | **41967** |
| Березень | 19731 | 32992 | 52723 | 7329 | 13166 | 20495 | 0,39 | 0,99 | **32437** |
| Квітень | 10662 | 17828 | 28490 | 8783 | 13166 | 21949 | 0,77 | 0,90 | **8700** |
| Травень | 4607 | 7704 | 12311 | 11333 | 13166 | 24499 | 1,99 | 0,49 | **316** |
| Червень | 1260 | 2107 | 3367 | 12290 | 13166 | 25456 | 7,56 | 0,13 | **0** |
| Липень | -501 | -837 | -1338 | 12268 | 13166 | 25434 | -19,01 | -0,05 | **0** |
| Серпень | 300 | 502 | 803 | 11146 | 13166 | 24312 | 30,28 | 0,03 | **0** |
| Вересень | 5525 | 9238 | 14763 | 8517 | 13166 | 21684 | 1,47 | 0,63 | **1018** |
| Жовтень | 12319 | 20599 | 32919 | 5399 | 13166 | 18565 | 0,56 | 0,96 | **15060** |
| Листопад | 18125 | 30307 | 48433 | 2451 | 13166 | 15617 | 0,32 | 1,00 | **32893** |
| Грудень | 23337 | 39022 | 62358 | 1956 | 13166 | 15122 | 0,24 | 1,00 | **47260** |
| Всього за рік | | | | | | | | | **232069** |

Таблиця 4.17

Розрахунок енергопотреби для охолодження (модель 1) за ДСТУ

| Місяць року | Параметр | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $Q_{H,tr}$, кВт·год | $Q_{H,ve}$, кВт·год | $Q_{H,ht}$, кВт·год | $Q_{H,sol}$, кВт·год | $Q_{H,int}$, кВт·год | $Q_{H,gn}$, кВт·год | $g_H$ | $\eta_{H,gn}$ | $Q_{H,nd}$, кВт·год |
| Січень | 39954 | 52922 | 92876 | 3150 | 13166 | 16316 | 0,18 | 0,18 | **0** |
| Лютий | 35060 | 46439 | 81499 | 5004 | 13166 | 18170 | 0,22 | 0,22 | **0** |
| Березень | 32495 | 43041 | 75536 | 7774 | 13166 | 20940 | 0,28 | 0,28 | **1** |
| Квітень | 20801 | 27552 | 48353 | 9266 | 13166 | 22432 | 0,46 | 0,46 | **29** |
| Травень | 13402 | 17752 | 31155 | 11849 | 13166 | 25015 | 0,80 | 0,77 | **1030** |
| Червень | 8932 | 11831 | 20764 | 12674 | 13166 | 25840 | 1,24 | 0,96 | **5934** |
| Липень | 6954 | 9211 | 16165 | 12682 | 13166 | 25848 | 1,60 | 0,99 | **9838** |
| Серпень | 7966 | 10551 | 18516 | 11775 | 13166 | 24941 | 1,35 | 0,97 | **6922** |
| Вересень | 14316 | 18962 | 33279 | 9169 | 13166 | 22335 | 0,67 | 0,66 | **332** |
| Жовтень | 23138 | 30648 | 53786 | 5886 | 13166 | 19052 | 0,35 | 0,35 | **4** |
| Листопад | 30223 | 40032 | 70255 | 2591 | 13166 | 15757 | 0,22 | 0,22 | **0** |
| Грудень | 37046 | 49070 | 86116 | 2032 | 13166 | 15198 | 0,18 | 0,18 | **0** |
| Всього за рік | | | | | | | | | **24090** |

Таблиця 4.18

Розрахунок енергопотреби для охолодження (модель 1) з урахуванням запропонованої методики

| Місяць року | Параметр | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $Q_{H,tr}$, кВт·год | $Q_{H,ve}$, кВт·год | $Q_{H,ht}$, кВт·год | $Q_{H,sol}$, кВт·год | $Q_{H,int}$, кВт·год | $Q_{H,gn}$, кВт·год | $g_H$ | $\eta_{H,gn}$ | $Q_{H,nd}$, кВт·год |
| Січень | 39954 | 52922 | 92876 | 3150 | 13166 | 16316 | 0,18 | 0,18 | **0** |
| Лютий | 35060 | 46439 | 81499 | 5004 | 13166 | 18170 | 0,22 | 0,22 | **7** |
| Березень | 32495 | 43041 | 75536 | 7774 | 13166 | 20940 | 0,28 | 0,28 | **71** |
| Квітень | 20801 | 27552 | 48353 | 9266 | 13166 | 22432 | 0,46 | 0,45 | **494** |
| Травень | 13402 | 17752 | 31155 | 11849 | 13166 | 25015 | 0,80 | 0,71 | **2899** |
| Червень | 8932 | 11831 | 20764 | 12674 | 13166 | 25840 | 1,24 | 0,88 | **7487** |
| Липень | 6954 | 9211 | 16165 | 12682 | 13166 | 25848 | 1,60 | 0,94 | **10616** |
| Серпень | 7966 | 10551 | 18516 | 11775 | 13166 | 24941 | 1,35 | 0,91 | **8171** |
| Вересень | 14316 | 18962 | 33279 | 9169 | 13166 | 22335 | 0,67 | 0,62 | **1588** |
| Жовтень | 23138 | 30648 | 53786 | 5886 | 13166 | 19052 | 0,35 | 0,35 | **161** |
| Листопад | 30223 | 40032 | 70255 | 2591 | 13166 | 15757 | 0,22 | 0,22 | **4** |
| Грудень | 37046 | 49070 | 86116 | 2032 | 13166 | 15198 | 0,18 | 0,18 | **0** |
| Всього за рік | | | | | | | | | **31555** |

Таблиця 4.19

Розрахунок енергопотреби для охолодження (модель 2) за ДСТУ

| Місяць року | Параметр | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $Q_{H,tr}$, кВт·год | $Q_{H,ve}$, кВт·год | $Q_{H,ht}$, кВт·год | $Q_{H,sol}$, кВт·год | $Q_{H,int}$, кВт·год | $Q_{H,gn}$, кВт·год | $g_H$ | $\eta_{H,gn}$ | $Q_{H,nd}$, кВт·год |
| Січень | 31928 | 52922 | 84850 | 2926 | 13166 | 16092 | 0,19 | 0,19 | **0** |
| Лютий | 28017 | 46439 | 74456 | 4598 | 13166 | 17764 | 0,24 | 0,24 | **0** |
| Березень | 25967 | 43041 | 69008 | 7265 | 13166 | 20431 | 0,30 | 0,30 | **0** |
| Квітень | 16623 | 27552 | 44175 | 8708 | 13166 | 21875 | 0,50 | 0,49 | **28** |
| Травень | 10710 | 17752 | 28462 | 11238 | 13166 | 24404 | 0,86 | 0,81 | **1228** |
| Червень | 7138 | 11831 | 18969 | 12190 | 13166 | 25356 | 1,34 | 0,98 | **6822** |
| Липень | 5557 | 9211 | 14768 | 12168 | 13166 | 25334 | 1,72 | 1,00 | **10629** |
| Серпень | 6365 | 10551 | 16916 | 11053 | 13166 | 24219 | 1,43 | 0,99 | **7554** |
| Вересень | 11440 | 18962 | 30403 | 8443 | 13166 | 21609 | 0,71 | 0,70 | **359** |
| Жовтень | 18490 | 30648 | 49138 | 5349 | 13166 | 18515 | 0,38 | 0,38 | **3** |
| Листопад | 24152 | 40032 | 64183 | 2427 | 13166 | 15593 | 0,24 | 0,24 | **0** |
| Грудень | 29604 | 49070 | 78674 | 1936 | 13166 | 15102 | 0,19 | 0,19 | **0** |
| Всього за рік | | | | | | | | | **26623** |

Таблиця 4.20

Розрахунок енергопотреби для охолодження (модель 2) з урахуванням запропонованої методики

| Місяць року | Параметр | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $Q_{H,tr}$, кВт·год | $Q_{H,ve}$, кВт·год | $Q_{H,ht}$, кВт·год | $Q_{H,sol}$, кВт·год | $Q_{H,int}$, кВт·год | $Q_{H,gn}$, кВт·год | $g_H$ | $\eta_{H,gn}$ | $Q_{H,nd}$, кВт·год |
| Січень | 31928 | 52922 | 84850 | 2926 | 13166 | 16092 | 0,19 | 0,19 | **0** |
| Лютий | 28017 | 46439 | 74456 | 4598 | 13166 | 17764 | 0,24 | 0,24 | **2** |
| Березень | 25967 | 43041 | 69008 | 7265 | 13166 | 20431 | 0,30 | 0,29 | **74** |
| Квітень | 16623 | 27552 | 44175 | 8708 | 13166 | 21875 | 0,50 | 0,48 | **538** |
| Травень | 10710 | 17752 | 28462 | 11238 | 13166 | 24404 | 0,86 | 0,75 | **3193** |
| Червень | 7138 | 11831 | 18969 | 12190 | 13166 | 25356 | 1,34 | 0,91 | **8113** |
| Липень | 5557 | 9211 | 14768 | 12168 | 13166 | 25334 | 1,72 | 0,96 | **11195** |
| Серпень | 6365 | 10551 | 16916 | 11053 | 13166 | 24219 | 1,43 | 0,93 | **8567** |
| Вересень | 11440 | 18962 | 30403 | 8443 | 13166 | 21609 | 0,71 | 0,65 | **1699** |
| Жовтень | 18490 | 30648 | 49138 | 5349 | 13166 | 18515 | 0,38 | 0,37 | **169** |
| Листопад | 24152 | 40032 | 64183 | 2427 | 13166 | 15593 | 0,24 | 0,24 | **2** |
| Грудень | 29604 | 49070 | 78674 | 1936 | 13166 | 15102 | 0,19 | 0,19 | **0** |
| Всього за рік | | | | | | | | | **33622** |

## 4.5 Сумарне енергоспоживання системами опалення, охолодження та вентиляції

Тривалість опалювального періоду прийнято фіксованою згідно з 15.3.3 ДСТУ Б А.2.2-12:2015 як для І-ої температурної зони України, що становить 4500 годин.

Тривалість періоду охолодження визначена згідно з 15.3.4 ДСТУ Б А.2.2-12:2015 на основі даних таблиці А.3 додатку А для м. Полтави, і становить 909 годин.

***Загальне енергоспоживання при опаленні підсистеми тепловіддачі/виділення.***

Система опалення двотрубна. Наявні автоматичні регулятори перепаду тиску на стояках (вітках) з більш ніж вісьмома опалювальними приладами та вбудованими термостатичними клапанами (прийнято як П-регулювання (2 К*)), розташовуються під вікнами без ніш.

Загальні тепловтрати підсистеми тепловіддачі/виділення визначаються для кожного місяця за формулою (15) [54], при цьому:

$f_{hydr}$ = 0,98 – згідно з Додатком 3 [54];

$f_{im}$ = 1,0, $f_{rad}$ = 1,0 – згідно з п. 15 [54];

$\eta_{str} = (\eta_{str1} + \eta_{str2})/2 = (0,88 + 0,88)/2 = 0,88$ – згідно з Додатком 3 [54];

$\eta_{ctr} = 0,93$, $\eta_{emb} = 1,0$ – згідно з Додатком 3 [54];

$\eta_{em} = 0,84$ – згідно з формулою (16) [54].

Додаткова енергія для підсистеми тепловіддачі/виділення в розрахунках не враховується.

Енергію входу, що необхідна для підсистеми тепловіддачі/виділення розраховують для кожного місяця за формулою (13) [54].

Тепловтрати підсистеми розподілення визначаються для кожного місяця за формулою (10) [54]. Результатом розрахунку загальних тепловтрат є сума тепловтрат різних типів трубопроводів $L_A$, $L_S$, $L_V$ згідно з рис.7 ДСТУ Б А.2.2-12:2015.

Лінійні коефіцієнти теплопередачі трубопроводів визначені згідно з Додатком 2 [54]: $\Psi_{L,V} = 0{,}2$ Вт/(м·К), $\Psi_{L,S} = 0{,}3$ Вт/(м·К), $\Psi_{L,A} = 0{,}4$ Вт/(м·К).

Середня температура теплоносія становить $\theta_m = 70$ °С (температурний графік 80/60). Температура оточуючого середовища становить: для кондиціонованого об'єму $\theta = 21$ ºС.

Середня температура теплоносія в зоні упродовж і-го місяця θm,i визначається за температурним графіком регулювання теплоносія за погодними умовами при середньомісячній температурі зовнішнього середовища відповідного місяця (табл. А.2 додатка А ДСТУ Б А.2.2-12:2015). Визначення годин опалення $t_{op,an}$ здійснюється з урахуванням наступних спрощень: з листопада по березень опалення неперервне, в жовтні та квітні – тривалість годин опалення умовно становить половину тривалості відповідного місяця.

Додаткова енергія в підсистемі розподілення не використовується.

***Загальне енергоспоживання при опаленні підсистеми виробництва/генерування теплоти.***

Згідно з формулою (6) [54] загальна енергія виходу з підсистеми виробництва/генерування дорівнює енергії входу в підсистему розподілення.

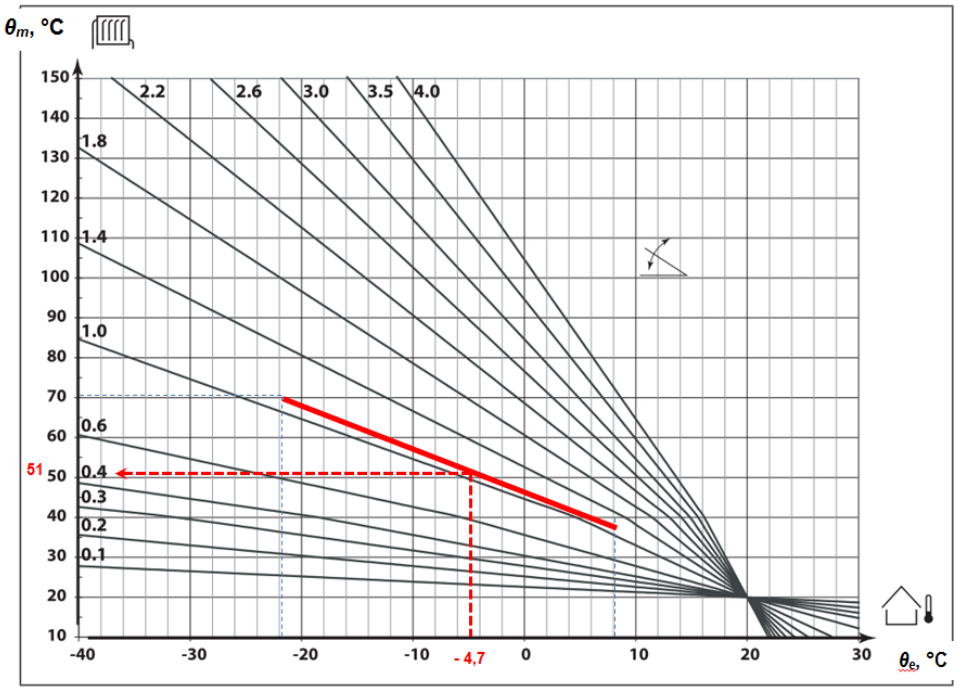



Рисунок 4.9 – Графік середніх температур теплоносія

Тепловтрати підсистеми виробництва/генерування теплоти визначаються для кожного місяця за формулою (7) [54]. При цьому, ефективність підсистеми виробництва/генерування теплоти прийнята згідно з Додаток 1 [54] для випадку централізованого теплопостачання з центральним якісним регулюванням за температурним графіком до 110 °С без зрізки без коригування в ІТП, $\eta_{H,gen}$ = 86 %.

***Загальне енергоспоживання при охолодженні***

Системи кондиціонування/охолодження в будівлі не передбачені.

Враховуючи формулу (103) [42], а також відсутність підсистеми розподілення для системи охолодження, то загальна енергія виходу з системи охолодження визначається згідно з формулою (109) [42], з урахуванням, що підсистема розподілення відсутня взагалі ($Q_{C,dis,in} = Q_{C,nd}$): $Q_{C,gen,out} = Q_{C,dis,in} / \eta_{C,ac}$.

Загальні тепловтрати підсистеми виробництва/генерування розраховуються за формулою (110) [42]. При цьому, ефективність підсистеми виробництва/генерування прийнята згідно з таблицею 31 і становить $\eta_{C,gen}$ = 2,24:

$$Q_{C,gen,ls} = Q_{C,gen,out} (1 - \eta_{C,gen}) / \eta_{C,gen}.$$

Загальне енергоспоживання при охолодженні визначено згідно з формулою (111) [42]: $Q_{C,use} = Q_{C,gen,out} + Q_{C,gen,ls}$.

***Енергоспоживання ГВП***

Система централізованого теплопостачання, як джерело гарячої води, не використовується. Приготування теплоносія на потреби гарячого водопостачання будівлі здійснюється за допомогою точкових електричних водонагрівачів ємнісного типу. Температура гарячої води на виході – 55°С.

Система розподілу виконана з поліпропіленових трубопроводів. Товщина теплоізоляційного матеріалу складає 0,5 діаметру трубопровода.

Рециркуляція відсутня.

Розрахунок питомого енергоспоживання при постачанні гарячої води виконано згідно формул (26) – (36) [54] за наступними вихідними даними.

Питоме споживання енергії при постачанні гарячої води $EP_{DHW,use}$ = = 49,11 кВт·год/м$^3$ (формула (27) [54]).

Річне енергоспоживання при постачанні гарячої води $Q_{DHW,use}$ = 248821 кВт·год, розраховане за формулою (28) [54].

Енергопотреба для гарячого водопостачання $Q_{DHW,nd}$ = 219670 кВт·год, за формулою (29) [54].

## 4.6 Порівняння результатів дослідження впливу внутрішньої теплоємності на оцінку енергоефективності будівель

Проведений розрахунок динамічних параметрів на двох моделях дев'ятиповерхових житлових будинків, які мають однакові кондиціоновані площу і об'єм, та однакові вхідні параметри до визначення енергоспоживання та енергетичної сертифікації, довів, що уточнення при визначенні внутрішньої теплоємності дозволяє оцінити енергоефективність конструктивних і планувальних рішень.

Визначення енергетичної ефективності будівель за 4 варіантами вихідних даних показав значний вплив компактності будівлі на її енергоефективність. За єдиними рішеннями щодо утеплення компактне планувальне рішення дозволяє зменшити питомі енергоспоживання та підвищити клас енергоефективності (табл.. 4.21-4.22).

Порівняння енергетичних показників розрахованих за ДСТУ та запропонованими рекомендаціями для моделі 1 визначило, що останні уточнюють величину питомих показників:

питома енергопотреби на опалення – на 2%;

питома енергопотреби на охолодження – на 30%;

питома енергоспоживання опалення – на 2%;

питома енергоспоживання охолодження – на 26%.

Таблиця 4.21

Показники енергетичної ефективності для будівель модель 1

| N з/п | Найменування показника | Одиниця виміру | Значення показника | |
|---|---|---|---|---|
| | | | ДСТУ | Запр. мет |
| 1 | Питома енергопотреба на опалення | кВт х год/м$^2$ за рік | 51,22 | 51,99 |
| 2 | Питома енергопотреба на охолодження | кВт х год/м$^2$ за рік | 4,78 | 6,23 |
| 3 | Питоме енергоспоживання опалення | кВт х год/м$^2$ за рік | 67,50 | 68,79 |
| 4 | Питоме енергоспоживання охолодження | кВт х год/м$^2$ за рік | 2,13 | 2,79 |
| 5 | Питоме споживання первинної енергії | кВт х год/м$^2$ за рік | 323 | 326 |
| 6 | Питомі викиди парникових газів | кг/м$^2$ за рік | 60,5 | 61,1 |
| 7 | Відсоткові показники, ΔEP | % | -18,1 | -15,8 |
| 8 | Клас енергетичної ефективності будівлі | | C | C |

Таблиця 4.22

Показники енергетичної ефективності для будівель коло

| N з/п | Найменування показника | Одиниця виміру | Значення показника | |
|---|---|---|---|---|
| | | | ДСТУ | Запр. мет |
| 1 | Питома енергопотреба на опалення | кВт х год/м2 за рік | 45,1 | 45,8 |
| 2 | Питома енергопотреба на охолодження | кВт х год/м2 за рік | 4,25 | 6,63 |
| 3 | Питоме енергоспоживання опалення | кВт х год/м2 за рік | 60,03 | 61,33 |
| 4 | Питоме енергоспоживання охолодження | кВт х год/м2 за рік | 2,35 | 2,97 |
| 5 | Питоме споживання первинної енергії | кВт х год/м2 за рік | 313,7 | 316,8 |
| 6 | Питомі викиди парникових газів | кг/м2 за рік | 58,6 | 59,2 |
| 7 | Відсоткові показники, ΔEP | % | -26,6 | -24,3 |
| 8 | Клас енергетичної ефективності будівлі | | B | B |

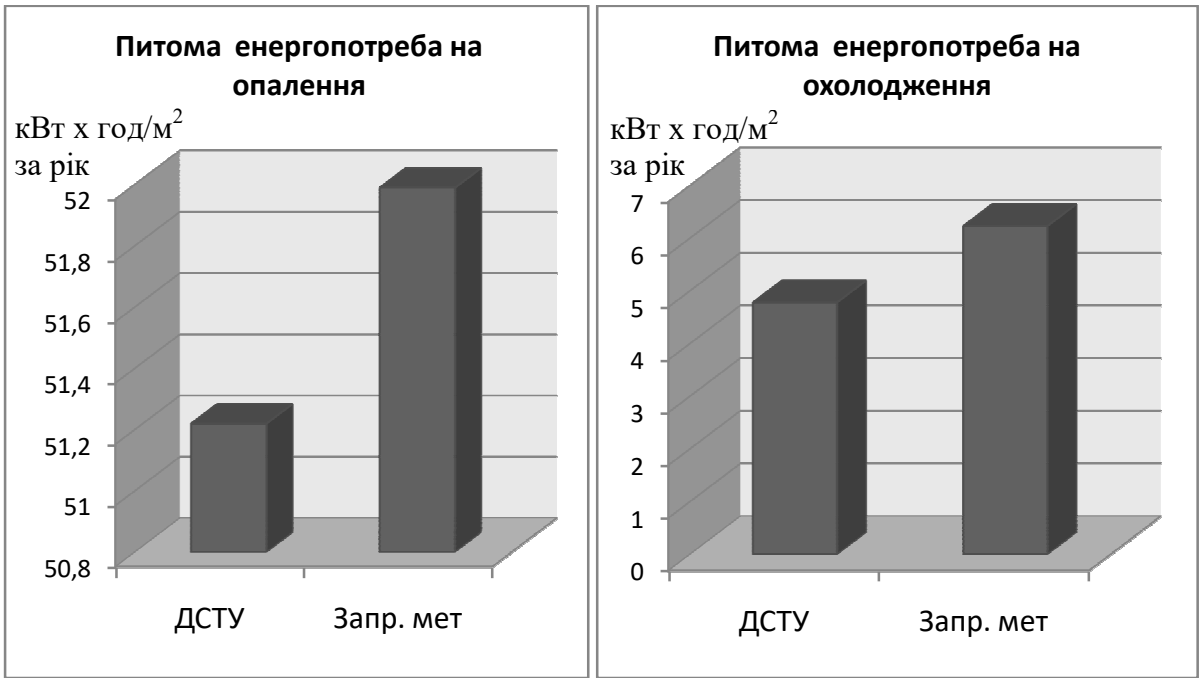



Рисунок 4. 10 – Порівняння питомої енергопотреби для моделі 1

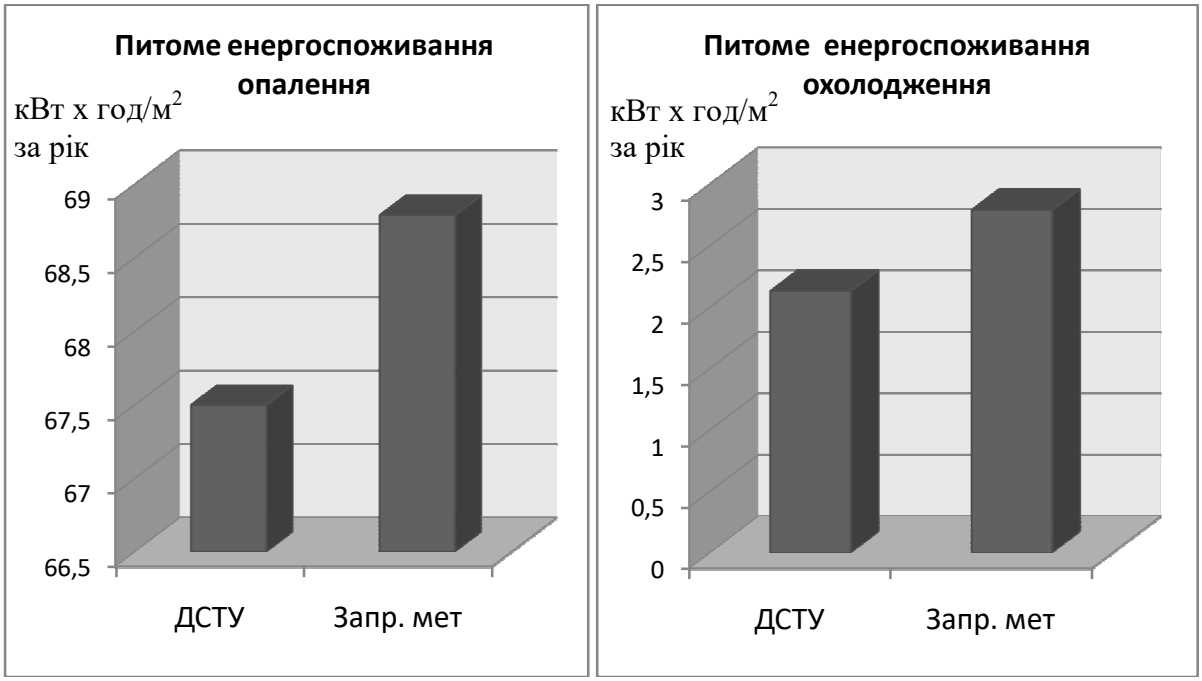



Рисунок 4. 11 – Порівняння питомого енергоспоживання для моделі 1

Порівняння енергетичних показників розрахованих за ДСТУ та запропонованими рекомендаціями для моделі 2 визначило, що останні уточнюють величину питомих показників:

питома енергопотреби на опалення – на 2%

питома енергопотреби на охолодження – на 50%

питома енергоспоживання опалення – на 2%

питома енергоспоживання охолодження – на 26%.

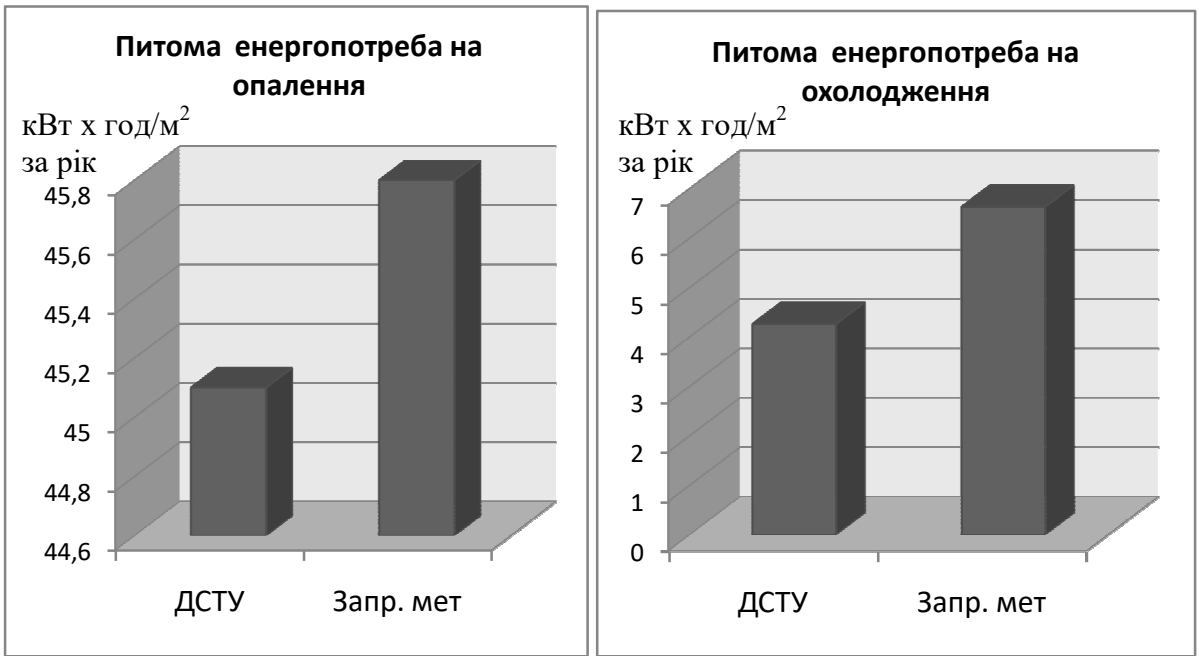



Рисунок 4. 12 – Порівняння питомої енергопотреби для моделі 2

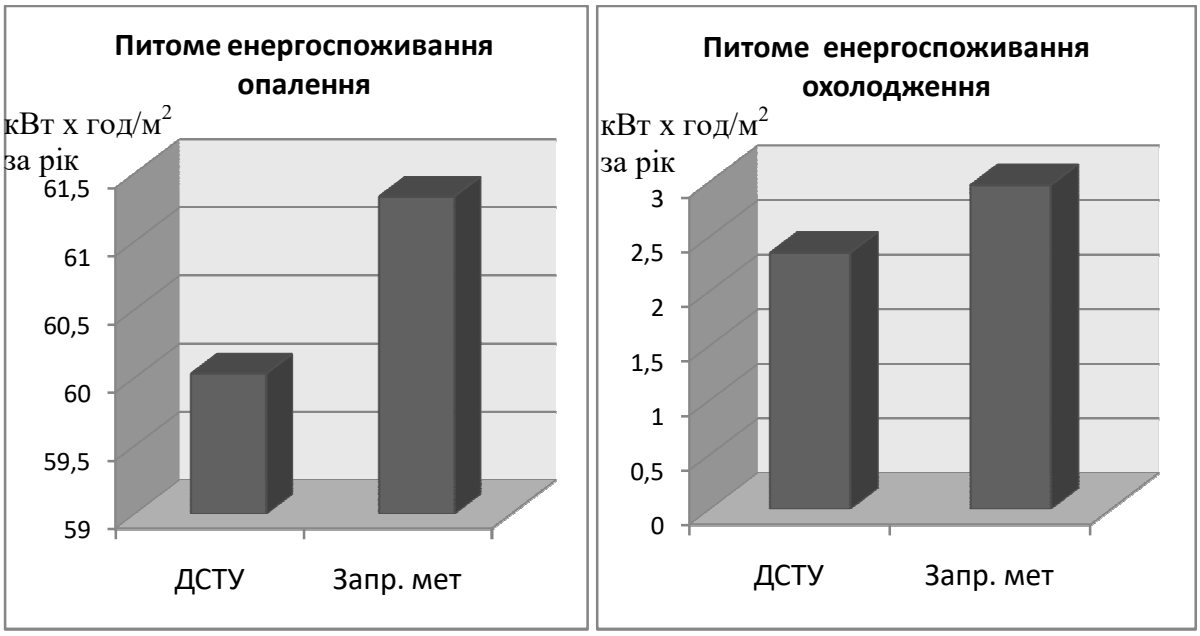



Рисунок 4. 13 – Порівняння питомого енергоспоживання для моделі 2

Хід розрахунку дозволяє зробити припущення, що при дослідженні наведених параметрів на протяжних (багатосекційних) будинках питомі показники по енергопотреби та енергоспоживання, які розраховано за

запропонованими рекомендаціями, будуть менші ніж ті, що визначені за ДСТУ.

Тобто уточнення розрахунку при визначення внутрішньої теплоємності дозволяє порівнювати різні конструктивні та планувальні рішення будинків по їх енергоефективності.

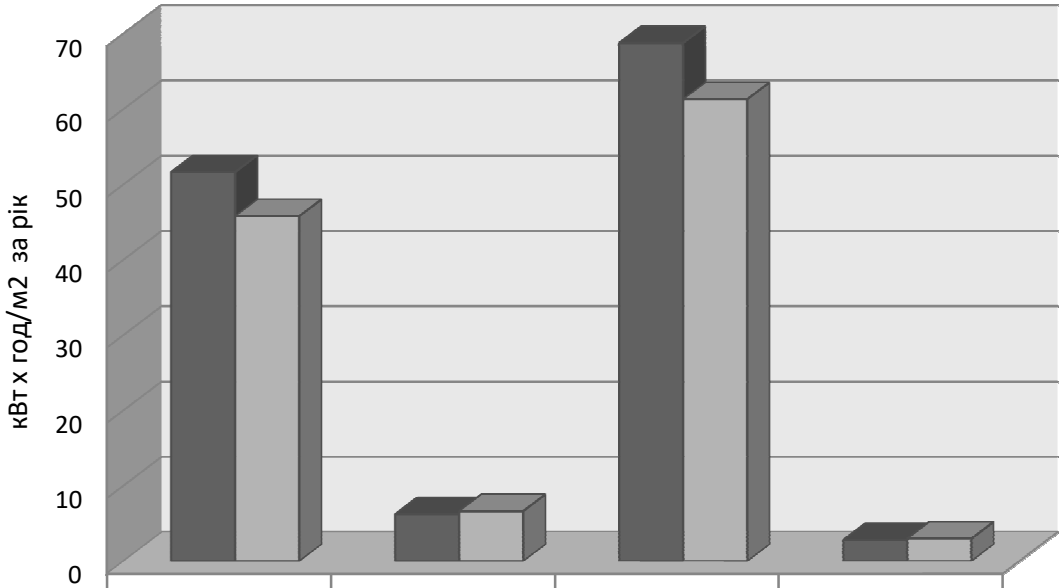
Огороджувальні стінові конструкції, які не мають зовнішніх кутів, тобто будівля в плані наближено до кола, знижують коефіцієнт теплопередачі трансмісією до 20%. Результати розрахунку на двох конкретних моделях показали:

зменшення питомої енергопотреби на опалення для моделі 2 на 14%

збільшення питомої енергопотреби на охолодження для моделі 2 на 6%

зменшення питомого енергоспоживання опалення для моделі 2 на 12%

збільшення питомого енергоспоживання охолодження для моделі 2 на 6%




| | Питома енергопотреба на опалення | Питома енергопотреба на охолодження | Питоме енергоспоживання опалення | Питоме енергоспоживання охолодження |
|---|---|---|---|---|
| Модель 1 | 51,66 | 6,23 | 68,79 | 2,79 |
| Модель 2 | 45,8 | 6,63 | 61,33 | 2,97 |

Рисунок 4. 14 – Порівняння питомих показників моделі 1 та 2

По результату розрахунку модель 2 має питоме енергоспоживання опалення та охолодження на 17%, підвищило клас енергетичної ефективності на позицію порівняно з показниками моделі 1.

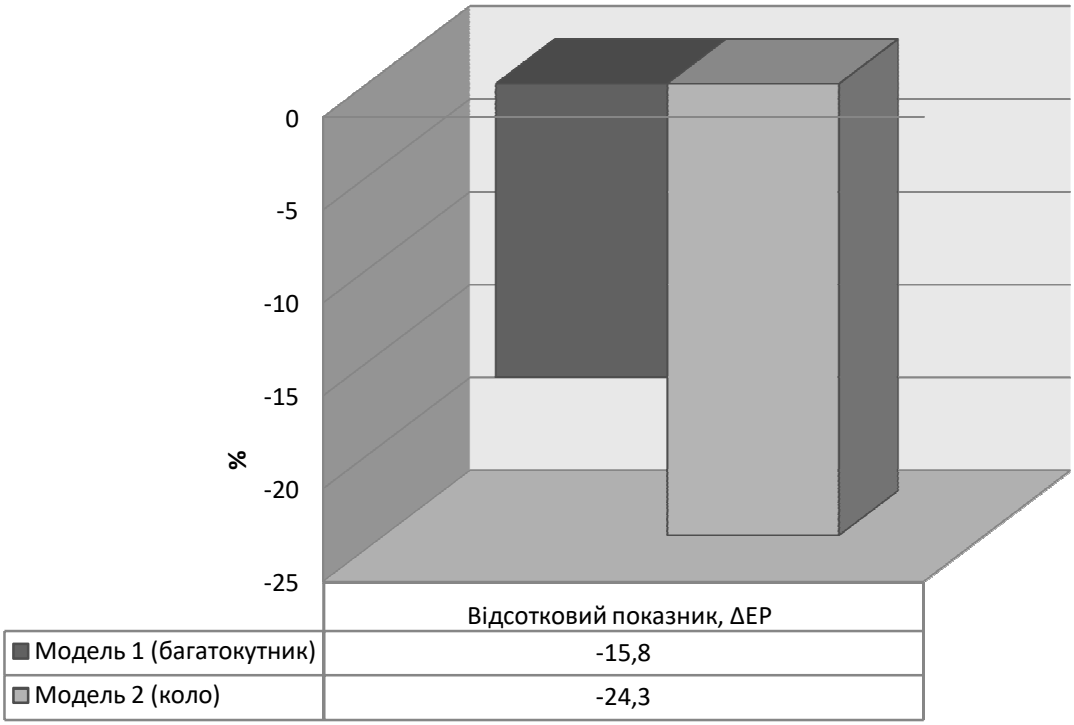



Рисунок 4.15 – Порівняння відсоткових показників моделі 1 та 2

Для розрахункових моделей проведено оцінку теплостійкості в зимовий період для постійного опалення за запропонованою у розділі 3 методикою. Амплітуда коливання внутрішньої температури становить:

модель 1 – 2,67 °С,

модель 2 – 1,98 °С.

Наведені результати доводять, що запропонована методика дозволяє врахувати планувальне рішення будинку при оцінці його теплостійкості в зимовий період.

## Висновок за розділом 4

Розрахунок динамічних теплових параметрів за методикою розділу 3, зокрема величини питомої теплоємності, довів, що рекомендації ДСТУ Б А.2.2-12:2015 щодо використання значення за замовчуванням як функцію типу конструкції будівлі, у два рази більше ніж реальна величина.

Проведений розрахунок динамічних параметрів на двох моделях дев'ятиповерхових житлових будинків, які мають однакові кондиціоновані площу і об'єм, та однакові вхідні параметри (кліматичні параметри, теплотехнічні характеристики зовнішніх огороджувальних конструкцій, характеристики інженерних систем) до визначення енергоспоживання та енергетичної сертифікації, довів, що уточнення відповідних методик дозволило більш точно прогнозувати теплостійкість конструкцій та приміщень та підвищити клас енергетичної ефективності з С до В.

Наведені результати доводять, що запропонована методика дозволяє врахувати планувальне рішення будинку при оцінці його теплостійкості в зимовий період.

Також результати дослідження розділу довели значний вплив коефіцієнта компактності будівлі на її енергоефективність. При певних умовах це підвищує клас енергетичної ефективності на позицію.

# РОЗДІЛ 5
# ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ЗМІНИ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ ОГОРОДЖУВАЛЬНОЇ КОНСТРУКЦІЇ

## 5.1 Методика натурних спостережень. Прилади та інструменти

Для верифікації результатів теоретичного дослідження динаміки температурного режиму огороджувальної конструкції було проведено натурно-експериментальне дослідження. Сутність методів експериментального визначення теплостійкості огороджувальних конструкцій полягає у знаходженні динаміки зміни температурного режиму внутрішньої поверхні огороджувальної конструкції за результатами натурних теплотехнічних випробувань у літній період року.

У натурних умовах випробування проводилось в літній період року, при ясному небі, коли встановлюються теплові умови, близькі до розрахункових.

Мета проведення експериментальних досліджень:

при випробуваннях непрозорих огороджувальних конструкцій визначити амплітуду коливань температури внутрішньої поверхні;

при випробуваннях світлопрозорих огороджувальних конструкцій визначити зміну приведеної температури внутрішньої поверхні;

провести верифікацію теоретичних досліджень.

Натурно-експерементальні дослідження проводились згідно методики ДСТУ Б В.2.6-100:2010.

Для визначення показників теплостійкості огороджувальної конструкції у натурних умовах експлуатації будинку використовувався температурний режим зовнішнього середовища, що існує в літній період року в сонячний день при ясному небі.

При дослідженні вимірювались:

– температури внутрішньої та зовнішньої поверхонь огородження;

– температури внутрішнього та зовнішнього повітря;

– вологість внутрішнього та зовнішнього повітря;

– тепловий потік крізь стіну.

Реєстрація та відображення контрольованих параметрів (теплових потоків, температур і вологості) з прив’язкою до часу і датою виконувалось вимірювачем щільності теплових потоків і температури – ТЕПЛОГРАФ (рис. 5.1).

Основні функції: обчислення термічного опору і теплопровідності, визначення опору теплопередачі; завдання режимів реєстрації через систему меню; реєстрація без обмеження часу з автоматичним видаленням старих даних; сервісна комп'ютерна програма; перенесення даних з приладу в ПК для перегляду, аналізу та архівації; перегляд і аналіз основних параметрів процесів; завдання режимів реєстрації: часу запуску, періодів відліків, тривалості циклу реєстрації, параметрів об'єкта контролю; обчислення опору теплопередачі, теплопровідності, термічного опору; експорт даних в Excel, текстовий формат.

Технічні характеристики:

| | |
|---|---|
| Кількість точок контролю термічного опору | 1...80 |
| Діапазон вимірювання щільності теплових потоків, Вт / м2 | 10...500 |
| Діапазон вимірювання температури, ° С | -40...+100 |
| Діапазон вимірювання вологості повітря,% | 0...100 |
| Похибка вимірювання щільності теплових потоків,% | ±6,0 |
| Похибка вимірювання температури поверхні / повітря, ° С | ±0,2...0,5 / ±0,2 |
| Період відліків | 20 с...100 хв |

Принцип роботи приладу полягає в перетворенні щільності теплового потоку в сигнал термоЕРС за допомогою датчиків теплового потоку (ДТП), перетворенні температури в опір за допомогою платинових термоперетворювачів (датчиків) опору (ПДТ) або безпосередньо в цифровий код за допомогою цифрових датчиків температури (ЦДТ), вимірі сигналів

напруги та опору і перетворенні їх в цифровий код, надалі перетворенні коду в зазначені величини, відповідно до номінальних статичними характеристиками, зберіганні та відображенні масивів вимірювальної інформації і передачі даних в зовнішні пристрої.




Рисунок 5.1 – Загальний вигляд регістратора

Прилад складається з реєстратора і підключених до нього модулів різних модифікацій з адаптерами датчиків ДТП, ПДТО та ЦДТ.

Модулі різних модифікацій виконані в прямокутних корпусах і містять певну кількість вбудованих адаптерів з вимірювальними каналами. Всі модифікації модулів ідентичні по вимірювальним каналам ДТП, ПДТО, ЦДТ (не залежно від кількості підключених датчиків і модифікації модулів).

Вбудовані адаптери забезпечують передачу сигналів з датчиків в вимірювальний тракт модулів (рис. 5.2).

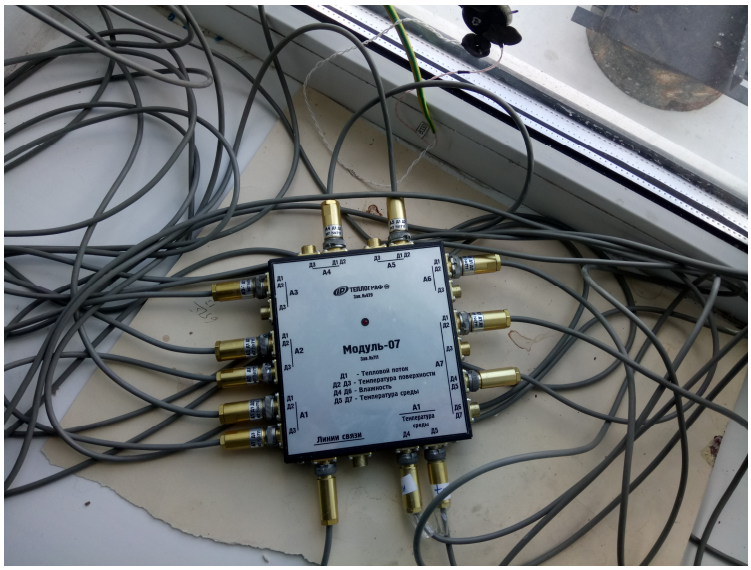



Рисунок 5.2 – Загальний вигляд модуля - 07.

Температура та вологість зовнішнього повітря додатково фіксувались кожні 10 хв. логгером даних testo 174 (рис. 5.3). Тип зонду - температурний сенсор NTC і внутрішній ємнісний сенсор вологості. Діапазон вимірів 0 - 100 % ОВ, 20 - +70 °C. Точність виміру вологості ± 3 %, температури ± 0,5 °C. Дані логгера оброблялися з використанням програми testo ComSoft.




Рисунок 5.3 – Загальний вигляд логгеру даних testo 174

Тепловий потік і температура вимірювалась вимірювачем теплових потоків ТЕМП-3.32 (рис. 5.4). Прилад має пам'ять вимірювань з прив'язкою до часу і датою, зв’язок з ПК для передачі даних вимірювань, режим реєстрації вимірювань з заданим користувачем інтервалом часу. Обладнаний датчиками:

✓ Датчик щільності теплового потоку (обов'язково поставляється у всіх модифікаціях приладу)

✓ Платиновий датчик температури поверхні (найбільш часто поставляється датчик для каналу вимірювання температури, діапазон -50 ... + 100 ° С)

✓ ХК-датчик температури середовища (варіант датчика для каналу вимірювання температури, діапазон -50 ... + 150 ° С)

Технічні характеристики:

| | |
|---|---|
| Діапазон вимірювання щільності теплового потоку, Вт / м | 10 ... 500 |
| Діапазон вимірювання температури Pt-датчика температури поверхні, ° С | -50 ... + 150 |
| Межі основної відносної похибки вимірювання щільності теплового потоку,% | ± 6,0 |
| Межі додаткової похибки вимірювання щільності теплового потоку викликаної відхиленням температури датчика теплового потоку від 20 ° С на кожні 10 ° С відхилення,% | ± 0,5 |
| Межі абсолютної похибки вимірювання температури, ° С | ± 0,5 |
| Роздільна здатність вимірювань (дискретність) | 0,1 |




Рисунок 5.4 – Загальний вигляд вимірювача теплового потоку ТЕМП 3.3

## 5.2 Аналіз результатів натурного дослідження теплових показників цегляної стіни

Натурне дослідження проведено з 27.07.2015 по 21.08.2015, як найжаркішого періоду 2015 року. Об'єкт дослідження – зовнішня цегляна суцільна стіна товщиною 510 мм із внутрішнім оздобленням вапняно-піщаною штукатуркою товщиною 20 мм (рис. 5.5).

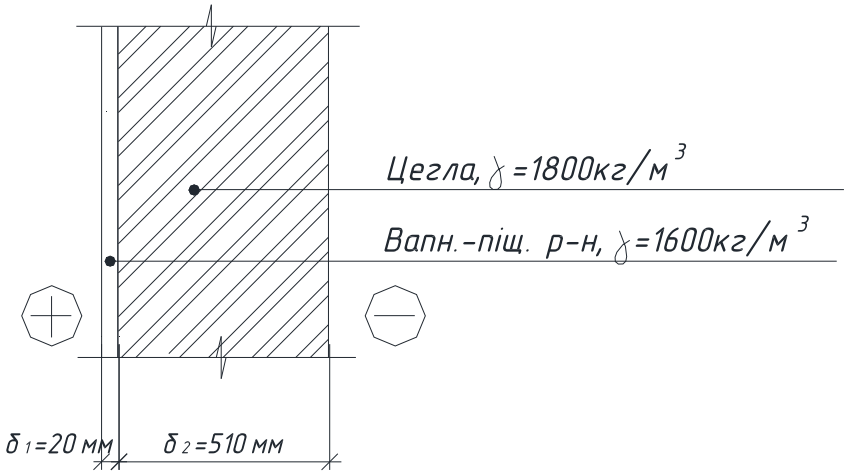



Рисунок 5.5 – Схема цегляної стіни об'єкту дослідження

Випробування проводились на огороджувальній конструкції будинку, що експлуатується. Випробування стіни в приміщенні проміжного поверху при орієнтації зовнішньої огороджувальної конструкції на південний захід та відсутності затінення її навколишньою забудовою та деревами.

Випробування непрозорої огороджувальної конструкції проводилось в приміщенні з коефіцієнтом скління вертикальної зовнішньої огороджувальної конструкції менше 0,25.

Проведено натурне дослідження з 27.07.2015 по 21.08.2015, як найжаркішого періоду 2015 року. Прилад розташовувався біля зовнішньої конструкції орієнтованої на південь. Температура та вологість зовнішнього повітря фіксувались кожні 10 хв. логгером даних testo 174. Результат вимірювання наведено на рис. 5.6.

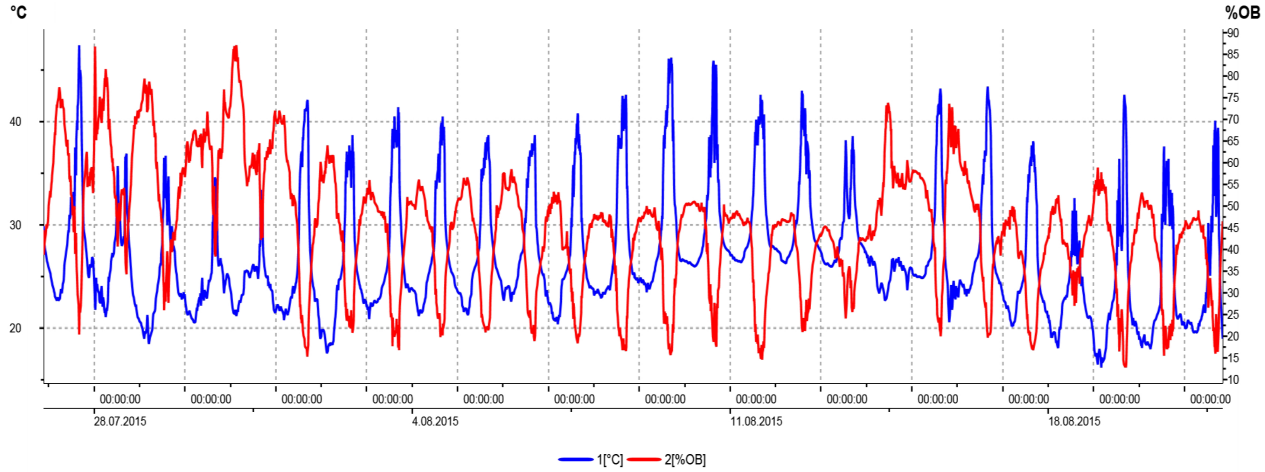



Рисунок 5.6 – Графік розподілу температури та вологості зовнішнього повітря за натурними вимірюваннями з 27.07.2015 по 21.08.2015

За результатами вимірювань побудовано графік розподілу температури за 10 діб найбільш сталого температурного режиму (рис. 5.7).

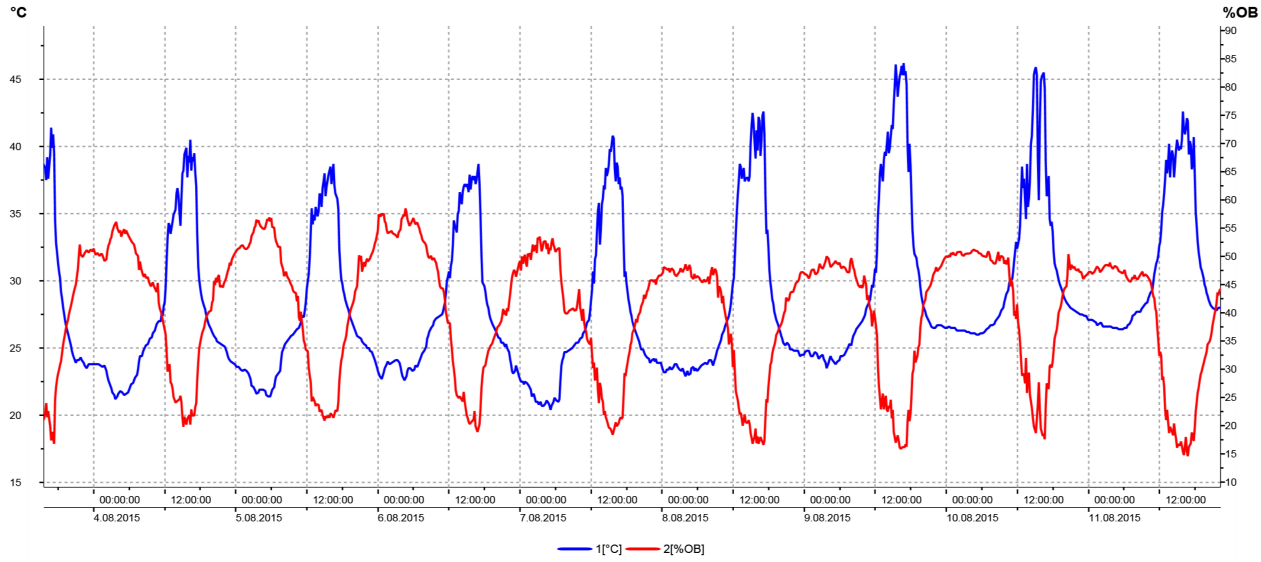



Рисунок 5.7 – Графік розподілу температури та вологості зовнішнього повітря за натурними вимірюваннями з 3.08.2015 по 13.08.2015 (логер)

За наведеним графіком визначено залежність, яка описує зміну температури зовнішнього повітря за натурними спостереженнями з 3.08.2015 по 13.08.2015

$$t_{зн} = 27,2375 + (-4,3681) \cdot \cos(T \cdot 2 \cdot \pi) + (-5,3567) \cdot \sin(T \cdot 2 \cdot \pi).$$

Результат вимірювання температури внутрішнього повітря за період з 3.08.2015 по 13.08.2015 у зоні глухої стіни та безпосередньо біля вікна наведено на рис. 5.8. Світлопрозора конструкція практично немає теплової інерції і не захищає приміщення від перегріву.

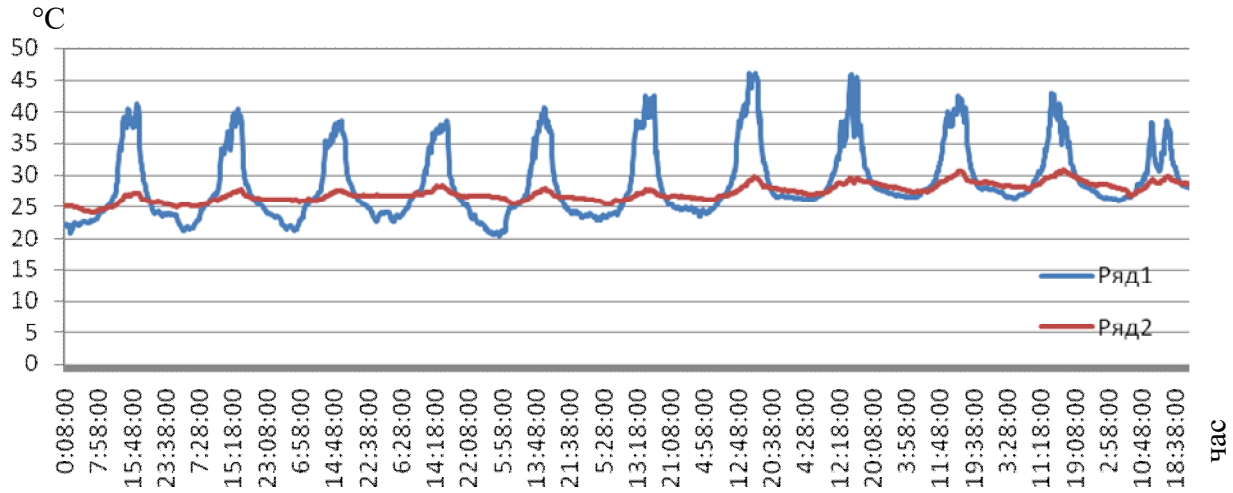



Рисунок 5.8 – Графік розподілу температури зовнішнього (ряд 1) і внутрішнього (ряд 2) повітря за натурними вимірюваннями з 3.08.2015 по 13.08.2015 (логер)

Температура зовнішнього повітря за вибраний розрахунковий період (з 3.08.2015 по 13.08.2015) також фіксувалась вимірювачем теплових потоків ТЕМП 3.32. Результати вимірювання обома приладами ідентичні (рис. 5.9).

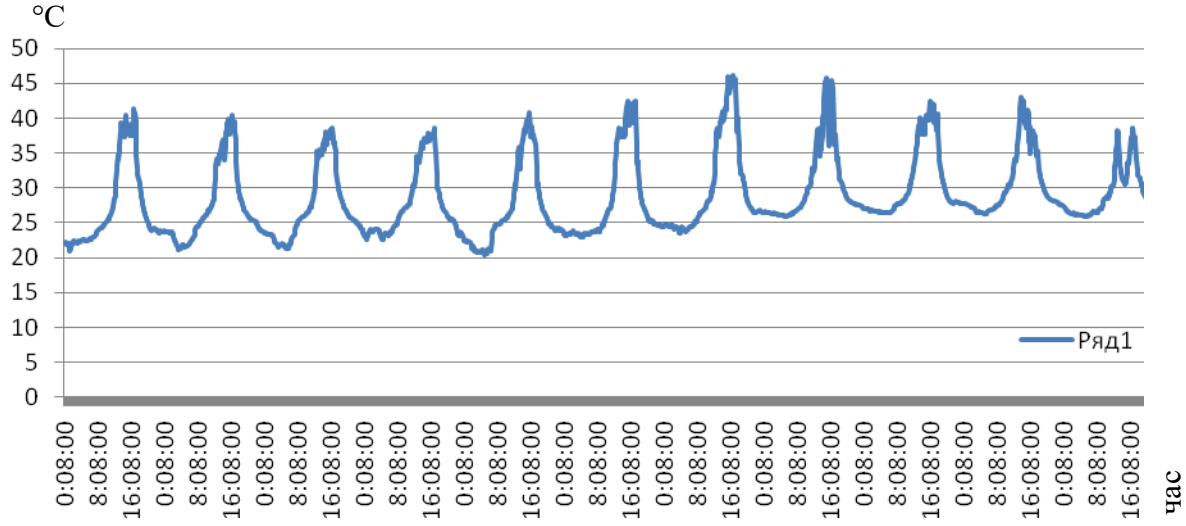



Рисунок 5.9 – Графік розподілу температури зовнішнього повітря за натурними вимірюваннями з 3.08.2015 по 13.08.2015 (ТЕМП 3.32)

Результат вимірювання температури внутрішнього та зовнішнього повітря, температури внутрішньої поверхні огородження та теплового потоку за добу 11 серпня 2015 року наведено на рис. 5.10. Величини фіксувались кожні 10 хв.

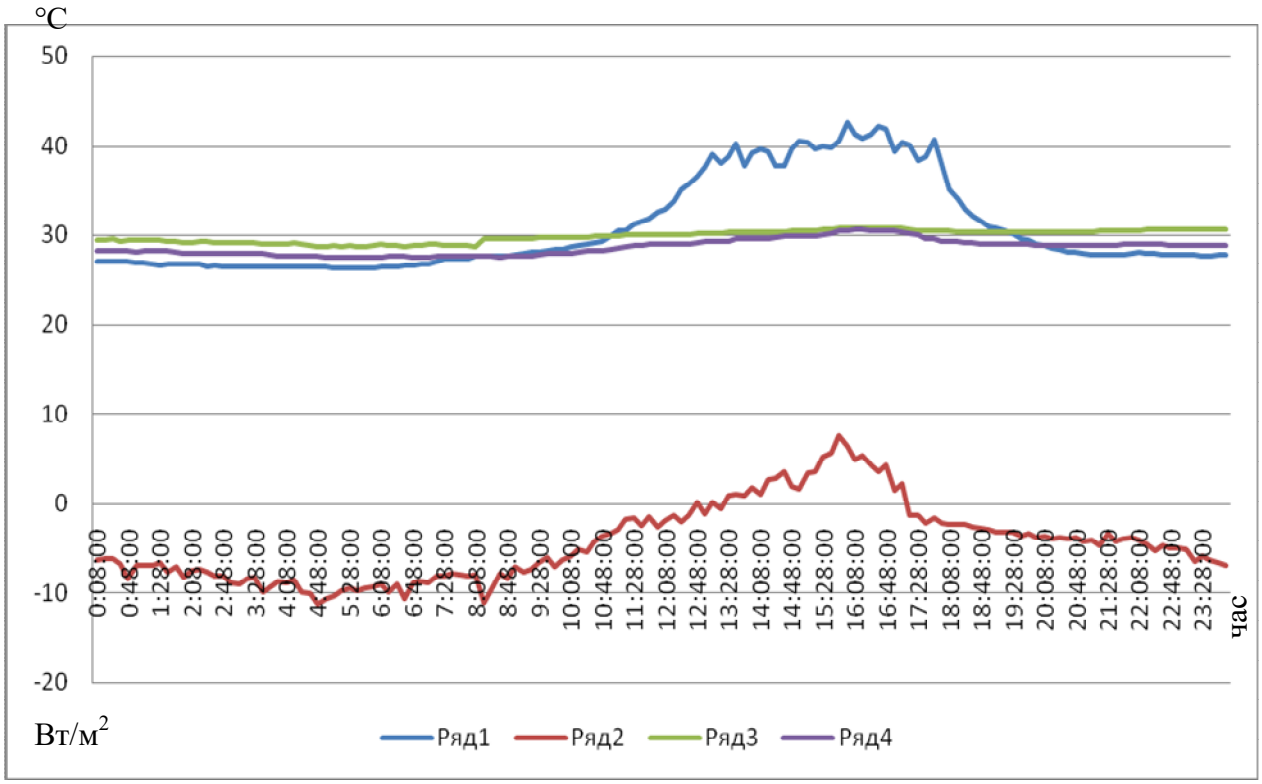



Рисунок 5.10 – Графік розподілу температури внутрішнього (ряд 4) та зовнішнього (ряд1) повітря, температури внутрішньої поверхні огородження (ряд 3) та теплового потоку (ряд 2) за добу 11 серпня 2015 року

## 5.3 Порівняння теоретичних результатів розрахунку та натурно-експериментальних даних

Для порівняння теоретичного та експериментального дослідження було проведено розрахунок динамічних параметрів протягом доби за методикою розділу 3 за розрахунковою схемою рис. 5.6 з вихідними даними стосовно зовнішніх кліматичних умов згідно виміряних величин.

Таблиця 5.1

Вихідні дані для розрахунку динамічних параметрів

| Назва шарів | Теплопровідність $\lambda_р$, Вт/(м·К) | Густина $\rho_0$, кг/м$^3$ | Питома теплоємність $c_0$, Дж/(кг·К) | Товщина шару, м | Термічний опір, м²·К/Вт |
|---|---|---|---|---|---|
| $R_{вн}$ | | | | | 0,13 |
| Вапняно-піщана шт-ка | 0,810 | 1600,0 | 840 | 0,0200 | 0,025 |
| Цегляна кладка | 0,810 | 1800,0 | 880 | 0,5100 | 0,630 |
| $R_{зн}$ | | | | | 0,04 |
| | | *U:* | *1,2131* | Вт/(м²·К) | |
| | загальна товщина | | *0,530* | м | |

Таблиця 5.2

Результат теоретичного розрахунку динамічних параметрів

| №п/п | Назва величини | Значення | Одиниці виміру |
|---|---|---|---|
| 1 | коефіцієнт теплозасвоєння зовнішньою поверхнею: | 7,418 | Вт/(м²·К) |
| 2 | часовий зсув з зовнішньої сторони: | 2,19 | год |
| 3 | коефіцієнт теплозасвоєння внутрішньою поверхнею: | 4,563 | Вт/(м²·К) |
| 4 | часовий зсув з внутрішньої сторони: | 1,31 | год |
| 5 | періодичний коефіцієнт теплозасвоєння: | 0,082 | Вт/(м²·К) |
| 6 | часовий зсув періодичного коефіцієнта теплозасвоєння: | -16,48 | год |
| 7 | зовнішня площинна теплоємність: | 101,809 | кДж/(м²·К) |
| 8 | внутрішня площинна теплоємність: | 62,811 | кДж/(м²·К) |
| 9 | коефіцієнт загасання *f*: | 0,068 | |

Графічне представлення результату теоретичного дослідження наведено на рис. 5.11.

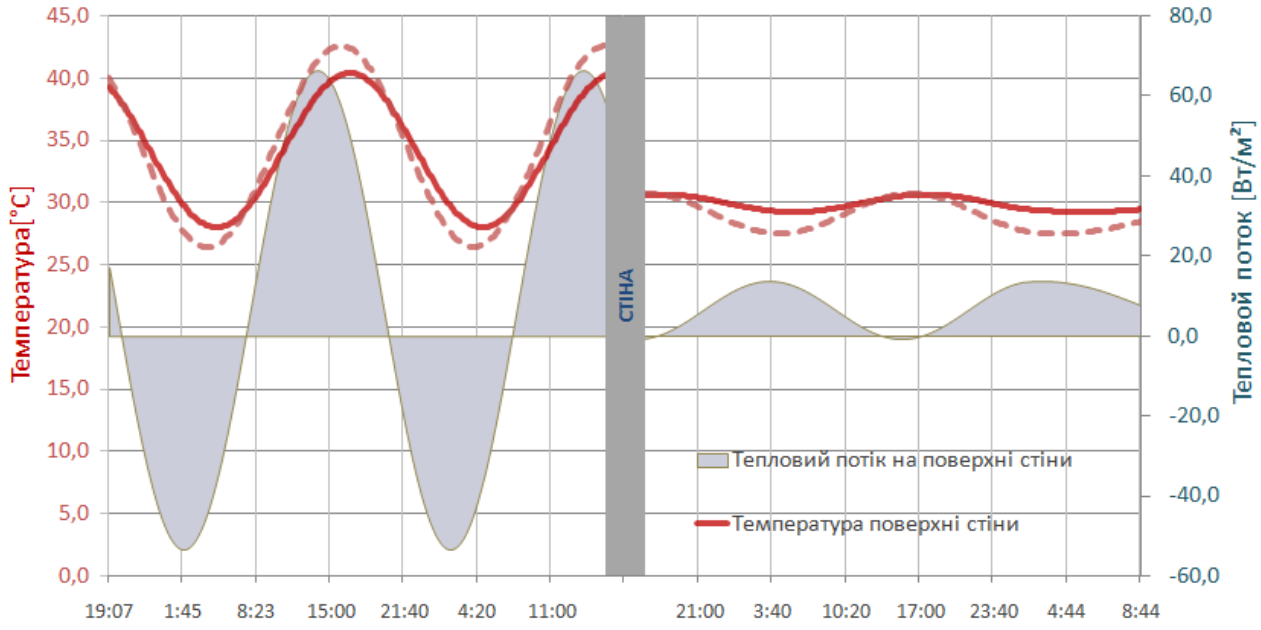



Рисунок 5.11 - Результат теоретичного розрахунку динамічних параметрів стіни

Порівняння виміряних та розрахованих параметрів наведено у додатку А та на графіках рис. 5.12-5.14.

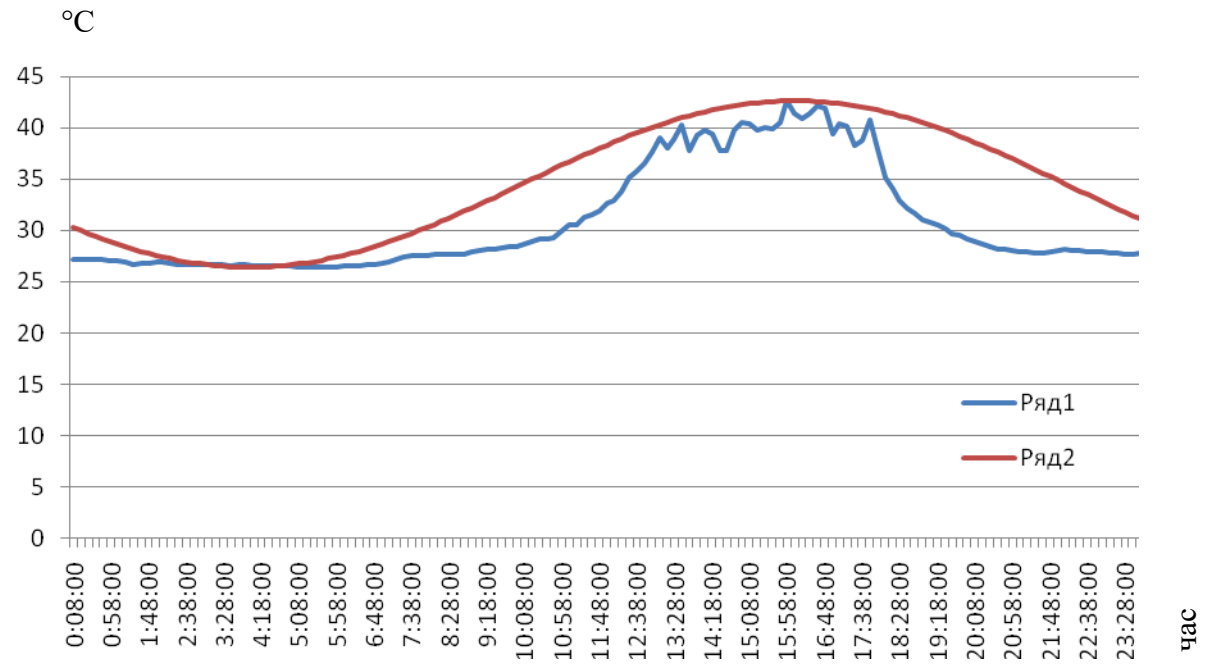



Рисунок 5.12 – Графік порівняння розрахованої (ряд 2) та виміряної (ряд 1) температури зовнішнього повітря протягом доби 11 серпня 2015 року

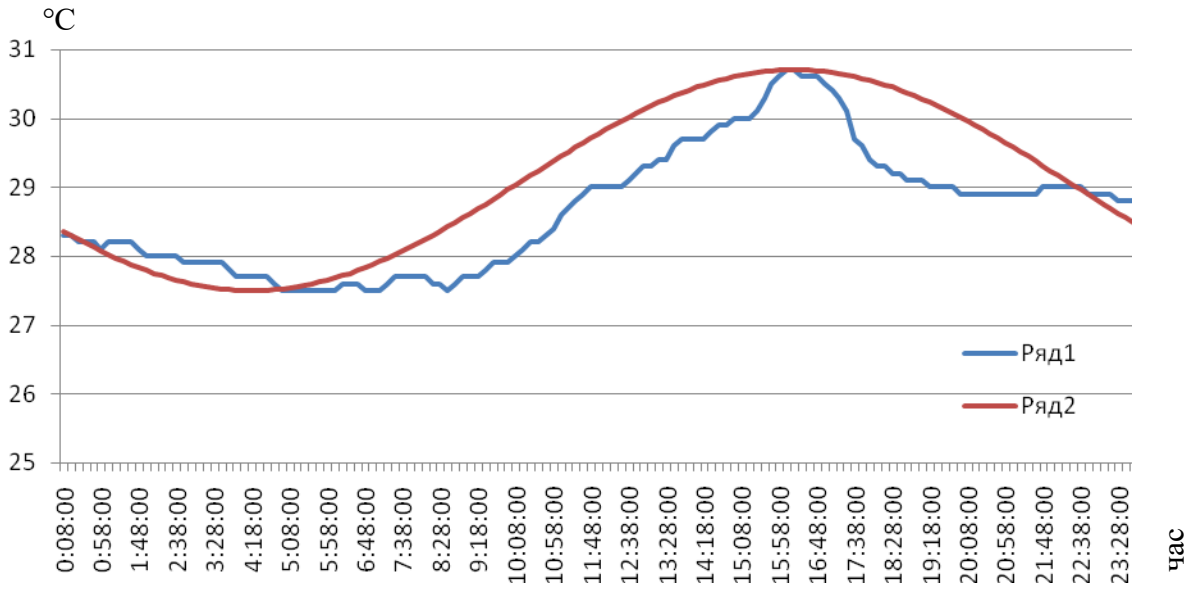



Рисунок 5.13 – Графік порівняння розрахованої (ряд 2) та виміряної (ряд 1) температури внутрішнього повітря протягом доби 11 серпня 2015 року

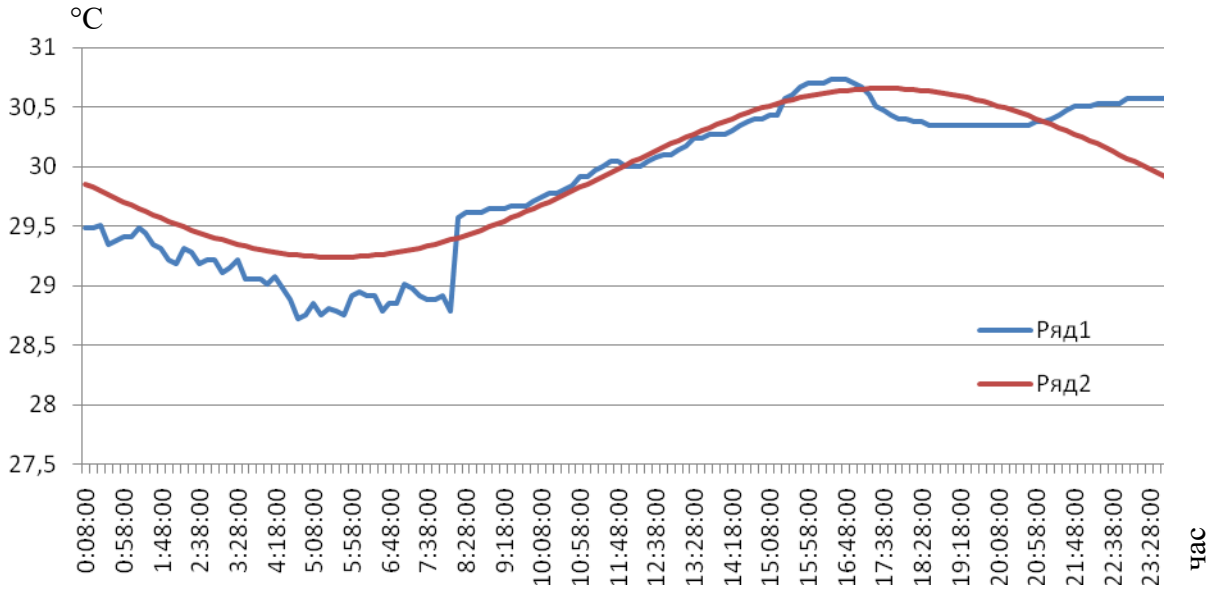



Рисунок 5.14 – Графік порівняння розрахованої (ряд 2) та виміряної (ряд 1) температури внутрішньої поверхні стіни протягом доби 11 серпня 2015 року

Оцінювання похибок вимірювання проведено за стандартною невизначеністю вхідних параметрів шляхом статистичної обробки вибірки результатів вимірювання (тип А). При наявності вибірки результатів вимірювань вхідного параметра (тип А) стандартна невизначеність *K*-того

вхідного параметра визначається шляхом її статистичної обробки відомими методами математичної статистики.

### 5.4 Аналіз результатів замірів натурного дослідження зміни теплових параметрів віконного блоку

Віконний блок з металопластику та двокамерним склопакетом зі скла без енергоефективного покриття. Середовище камер склопакета заповнено повітрям. Розмір віконного блоку 2325×1125 мм. Вікно розташовано в лабораторії (ауд. 301) та орієнтовано на південний схід (рис 5.15).



Рисунок 5.15 – Загальний вигляд вікна

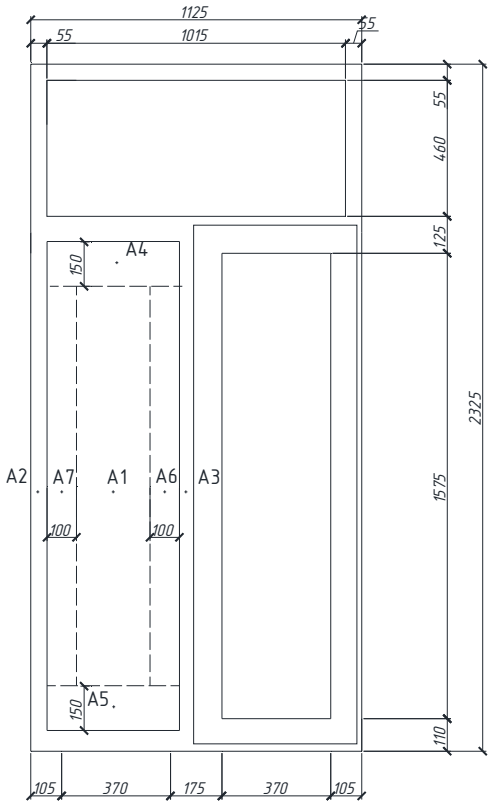



Рисунок 5.16 – Схема установки датчиків

Методика дослідження та опис приладів та матеріалів наведено у п. 5.1

Виміри проводились з 5 по 10 березня 2019 року. Параметри фіксувалися кожні 20 хв, а саме, температура зовнішнього та внутрішнього повітря, вологість внутрішнього повітря, температура скла та рами ззовні, температура рами та склопакету з внутрішньої сторони у точках зазначених на схемі рис. 5.16.

Датчики розташували на вимірюваному об'єкті, при цьому ділянки, обрані для вимірювань, мали однакові умови по променистому теплообміну і не перебували в безпосередній близькості від елементів, які можуть змінити напрямок і значення теплових потоків. Датчики ДТП встановлювалися на внутрішньому боці огороджувальної конструкції, притираючи їх до поверхні через тонкий шар теплопровідної пасти без повітряного зазору між датчиком і вимірювальною поверхнею.

Результати замірів температури внутрішнього та зовнішнього повітря представлено у додатку Б та на графіку рис. 5.17.

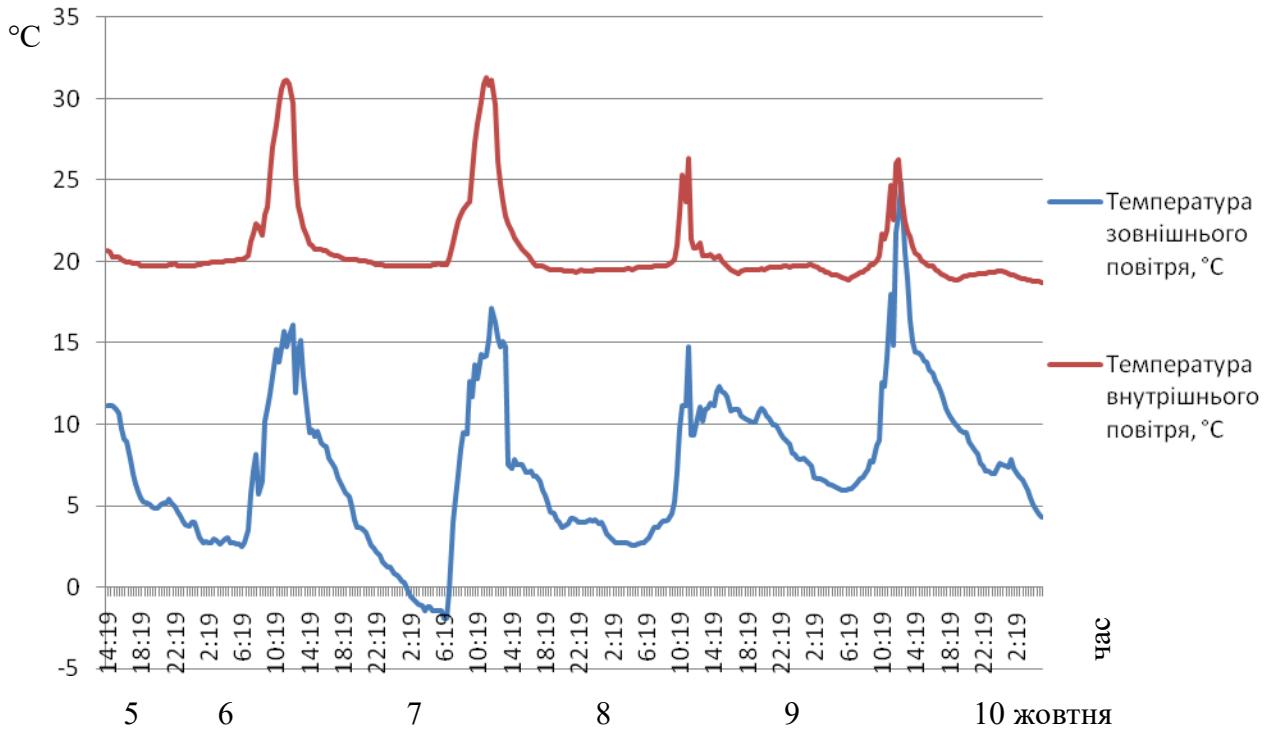



Рисунок 5.17 – Графік розподілу температур внутрішнього та зовнішнього повітря протягом 5-10 жовтня 2019 року.

Розподіл температури на внутрішній та зовнішній поверхнях склопакета представлено у додатку Б та на графіку рис. 5.18.

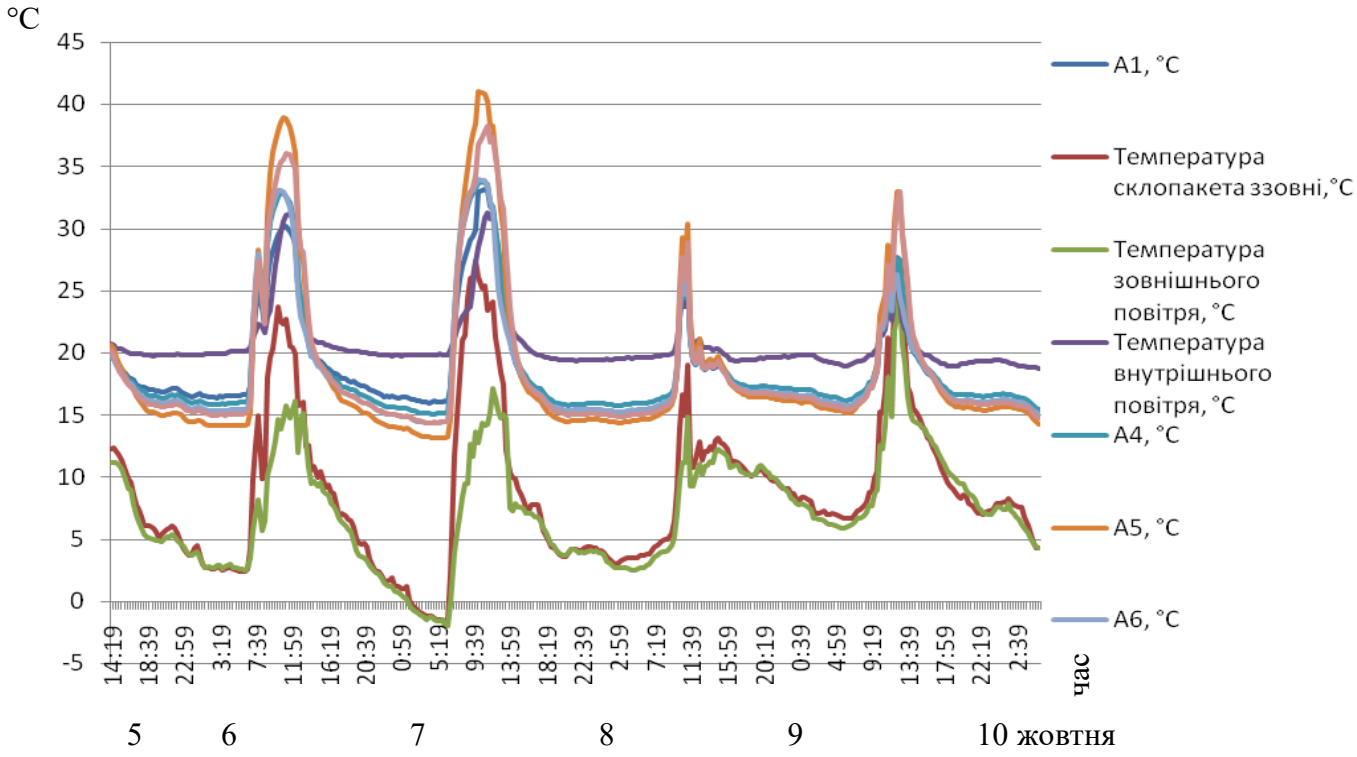



Рисунок 5.18 – Зміна температур у розрахункових точках склопакету

Розподіл температура на внутрішній та зовнішній поверхнях ПВХ рами представлено у додатку Б та на графіку рис. 5.19.

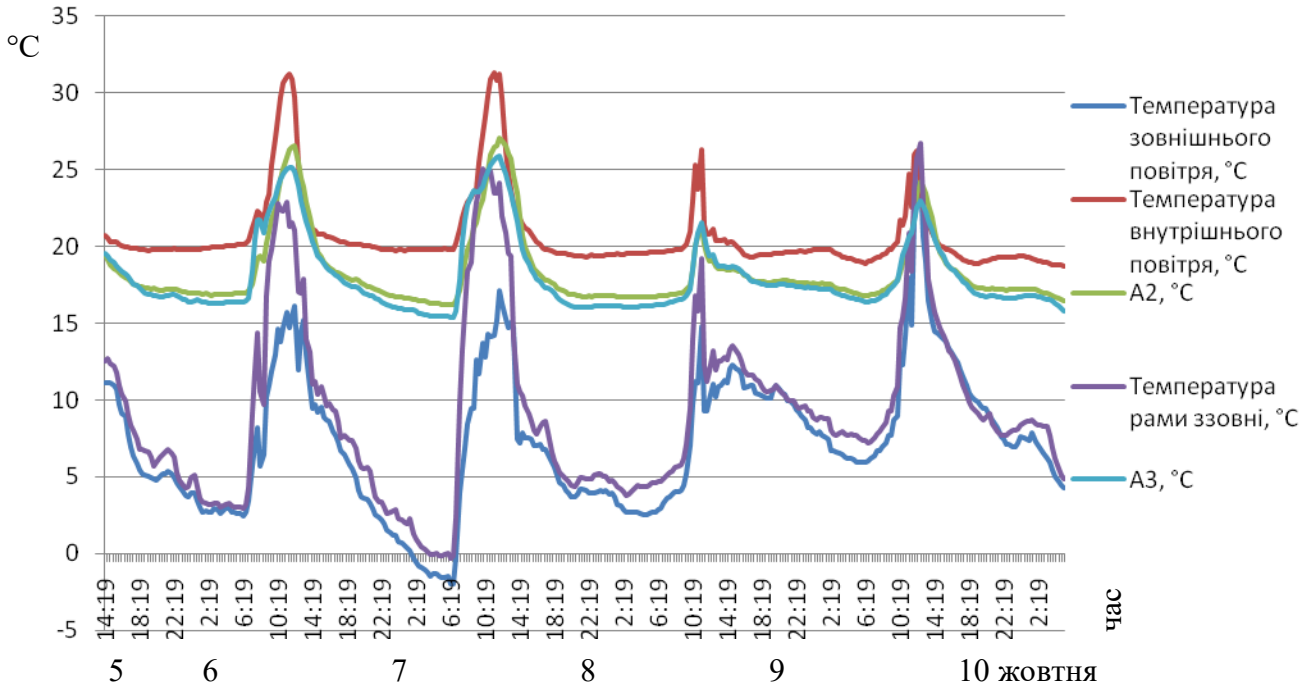



Рисунок 5.19 – Зміна температури у розрахункових точках рами.

Зміна значення теплового потоку у розрахункових точках віконного блоку наведено у додатку Б та на графіках рис. 5.20-5.21.

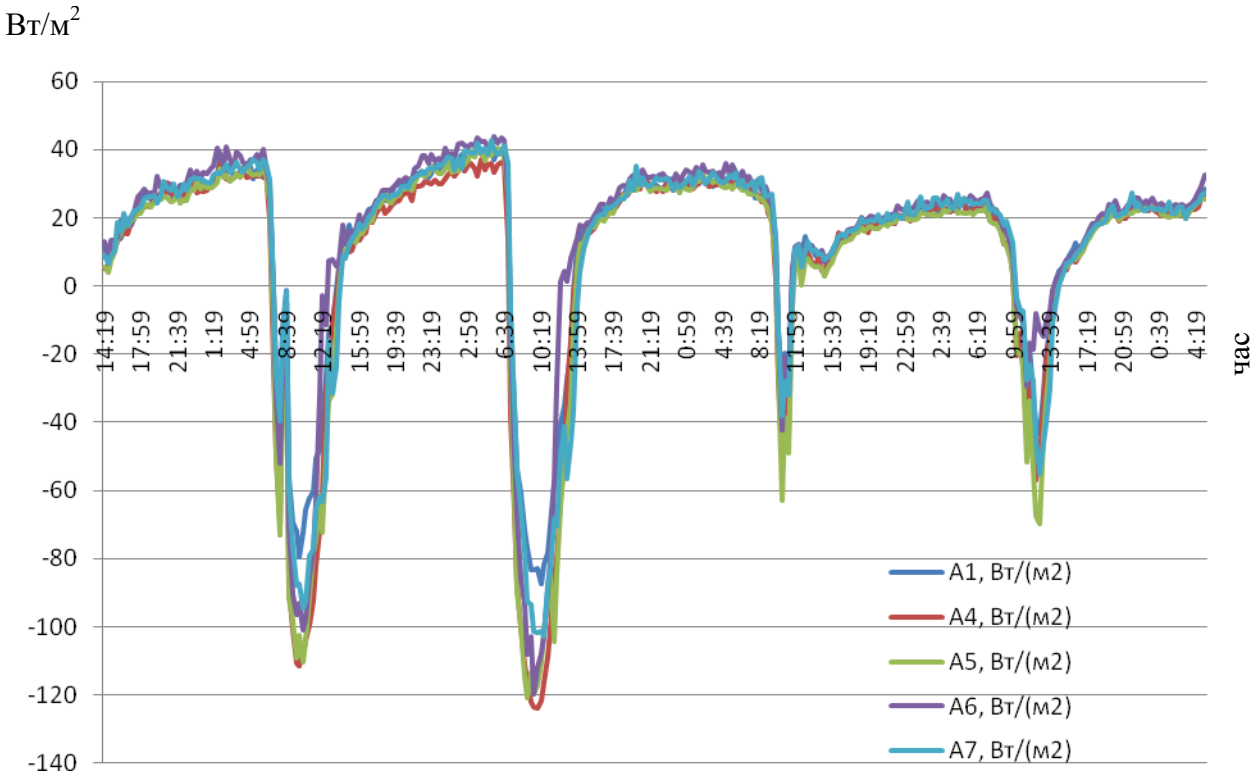



Рисунок 5.20 – Зміна теплового потоку крізь розрахункові точки склопакету

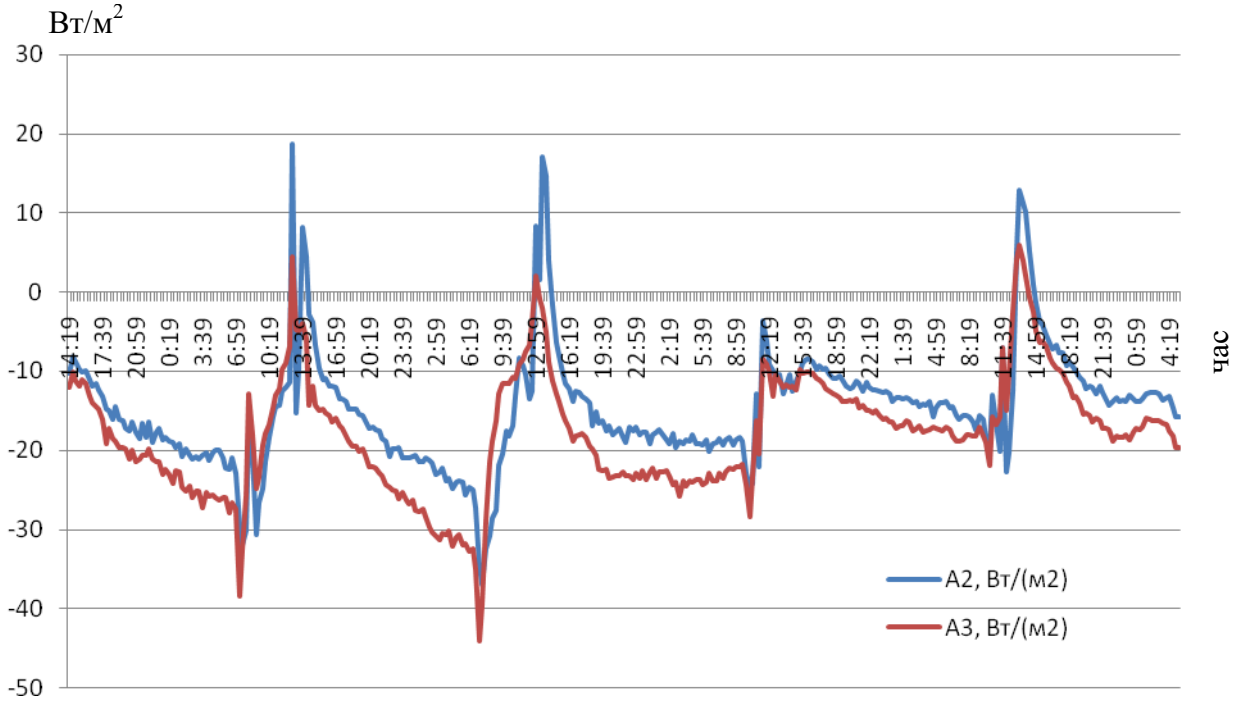



Рисунок 5.21 – Зміна теплового потоку крізь розрахункові точки рами

Для аналізу виміряних величин виділено заміри проведені 7 березня (рис. 5.22-5.24).

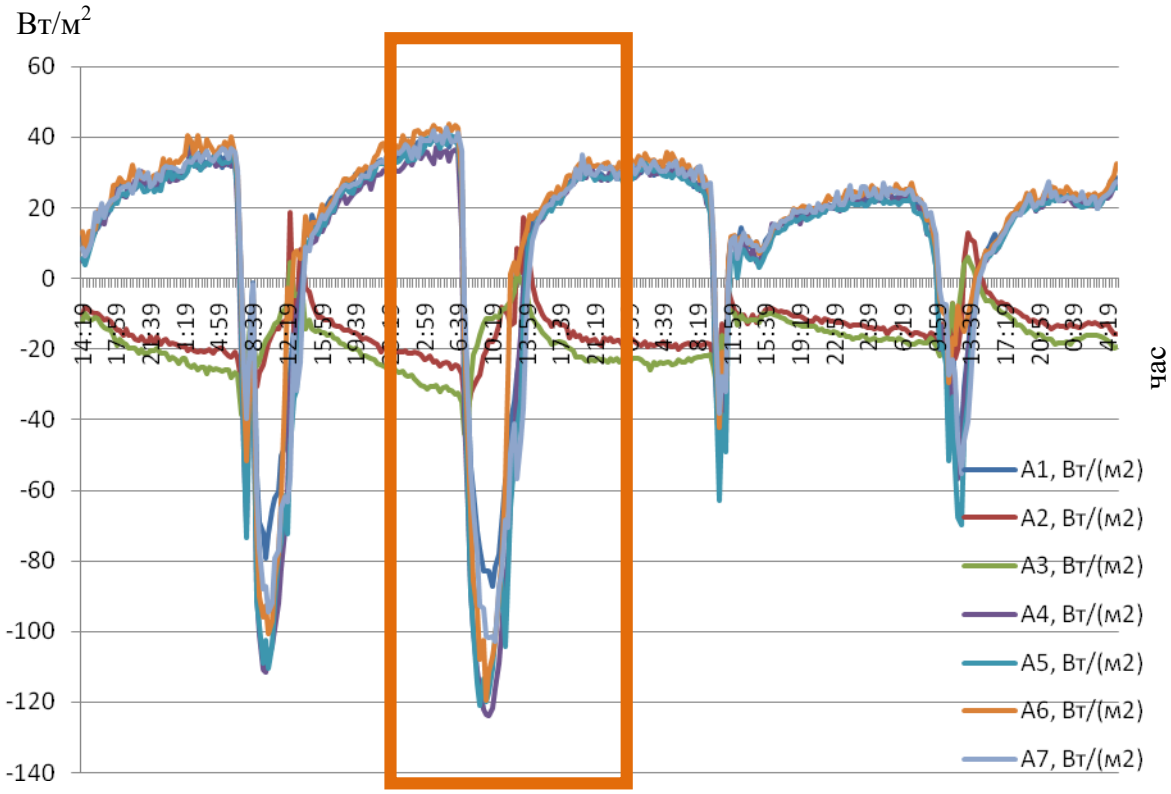



Рисунок 5.22 – Зміна теплового потоку крізь розрахункові точки склопакету та рами

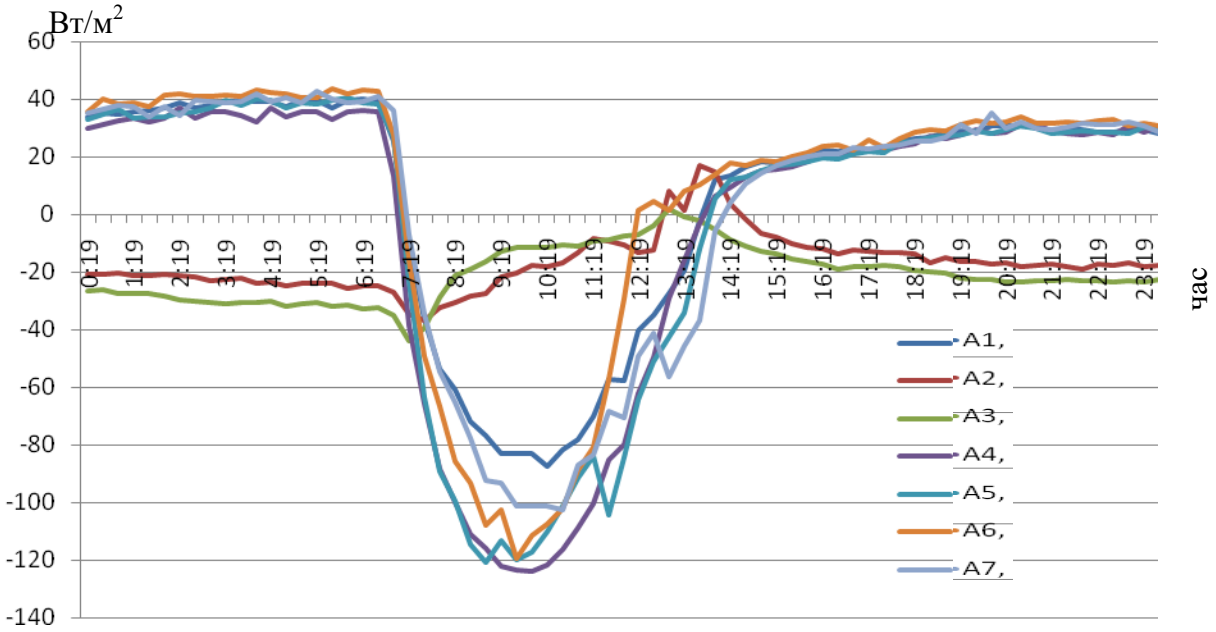



Рисунок 5.23 – Зміна теплового потоку у розрахункових точках протягом доби 7.03.2019.

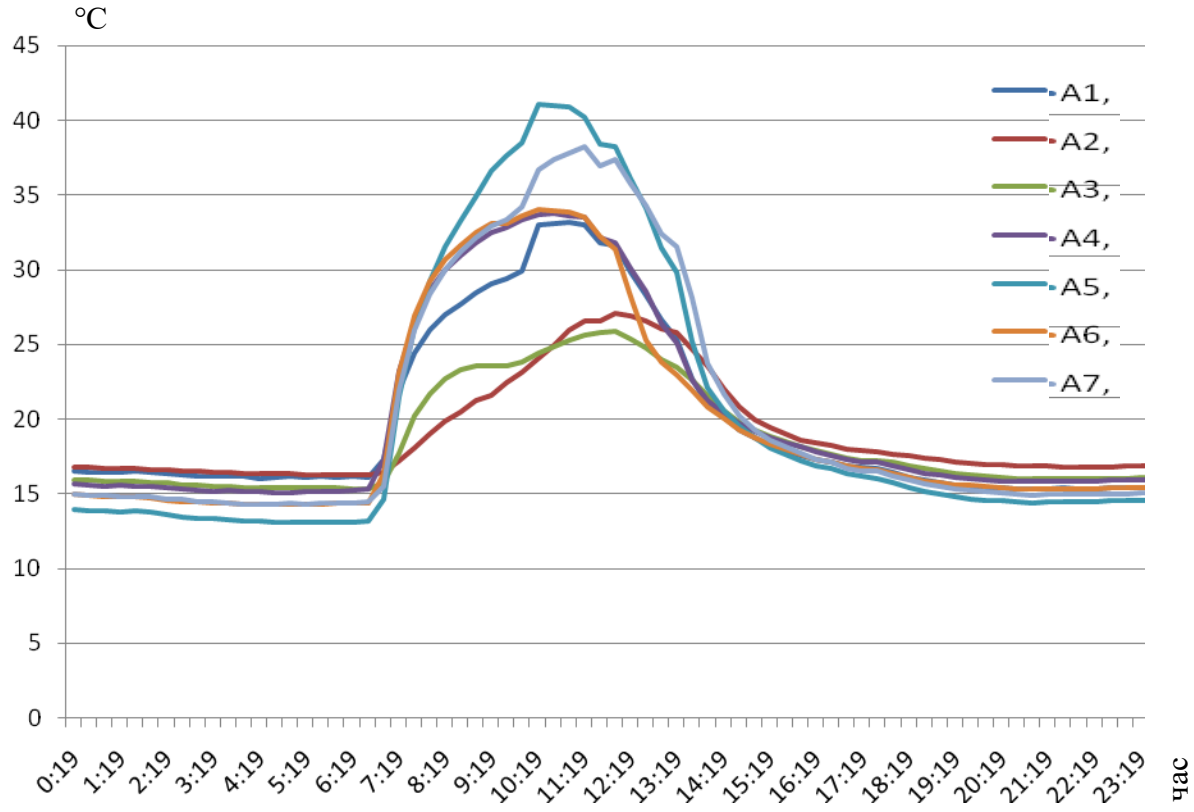



Рисунок 5.24 – Зміна температури у розрахункових точках протягом доби 7.03.2019.

Аналіз виміряних величин теплового потоку та температури на поверхнях скла і рами конструкції показав нестаціонарний випадковий процес, для якого застосування запропонованих методик дослідження динамічних теплових параметрів не є коректним.

Аналіз розподілу температур та теплового потоку протягом доби показав, що рама ПВХ з п’ятьма камерами, заповнена повітрям, практично не реагує на зміну температури ззовні. А склопакет без енергозберігаючого покриття не захищає приміщення від перегріву.

## 5.5 Методика лабораторних випробовувань. Прилади та інструменти

Лабораторні дослідження проводились згідно методики ДСТУ Б В.2.6-100:2010.

Випробування проведено на фрагментах огороджувальних конструкцій зібраних в умовах випробувальної лабораторії відповідно до технічної документації на ці конструкції. У разі випробовування фрагмента огороджувальної конструкції їх довжина і ширина повинні не менше ніж чотири товщини виробу.

Таблиця 5.3

Технічні характеристики випробовувальної камери

| | |
|---|---|
| Модель | КТК |
| Межа температури/межа відносної вологості | -30 – +90°С/20-100%R.H. |
| Сталість температури/сталість вологості | ± 1,0°С/± 3,0-5,0%R.H. |
| Система регулювання | Рівноважна система регулювання температури та вологості |
| Холодильна система | Механічна односходинкова компресорна холодильна система (фреон R507, охолодження хладоном) |
| Межі температури оточуючого середовища | +5 - +30 °С |
| Робота випробовувальної камери можлива у трьох режимах | «тепло-холод», «тепло-вологість», «дощування» |

Комплект засобів для вимірювання фактичних значень температури поверхонь досліджуваної огороджувальної конструкції та внутрішнього і зовнішнього повітря містив: первинні перетворювачі температури (далі - ПТ): термоелектричні згідно з ДСТУ 2857 (ГОСТ 6616), які мають характеристики перетворення, що відповідають номінальним статичним характеристикам перетворення згідно з ДСТУ 2837 (ГОСТ 3044), або термоперетворювачі опору згідно з ДСТУ 2858 (ГОСТ 6651), а також

електронні цифрові вимірювачі температури за чинною нормативно-технічною документацією.

Результати вимірювань температур фіксувалися із застосуванням програмно-технічних комплексів засобів автоматизації.

## 5.6 Опис об'єкту дослідження динамічних параметрів у лабораторних умовах

Лабораторне дослідження проведено у листопаді 2020 року у лабораторії будівельної фізики ДП НДІБК. Об'єкт дослідження – збірні системи фасадної теплоізоляції з опорядженням штукатурками двох типів виробництва ТМ «Polimin» за технологією THERMO FACADE. Загальний вид зразків № 05-1/20 та № 05-2/20 зображено на рис. 5.24.

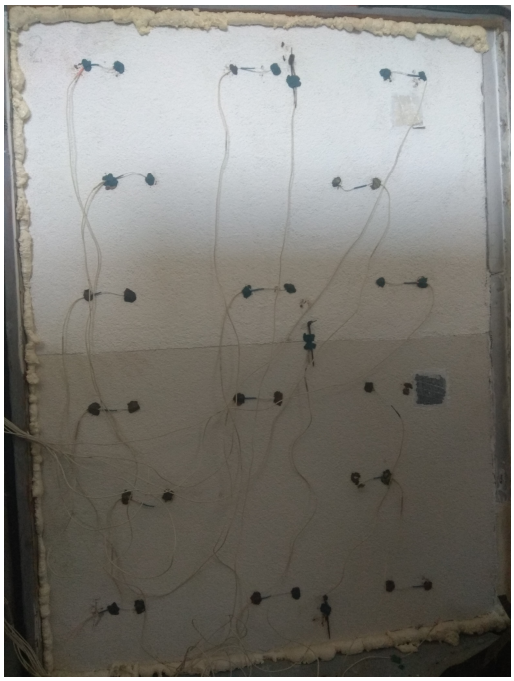




Рисунок 5.25 – Загальний вигляд дослідного фрагменту під час випробування

Характеристика зразків.

Зразок № 05-1/20:

–основа – плита ОСБ, товщиною 20 мм;

–клеюча суміш Polimin P21;

–плита теплоізоляційна із мінеральної вати Termolife, товщиною 15 мм.;

– армуюча склосітка Polimin AS-165 PRO;

– грунтівка Polimin AC-3;

– декоративний шар Polimin SB-15

Зразок № 05-2/20:

–основа – плита ОСБ, товщиною 20 мм;

–клеюча суміш Polimin P21;

–плита теплоізоляційна із мінеральної вати Termolife, товщиною 15 мм.;

– армуюча склосітка Polimin AS-165 PRO;

– грунтівка Polimin AC-3;

– декоративний шар Polimin SHF-5

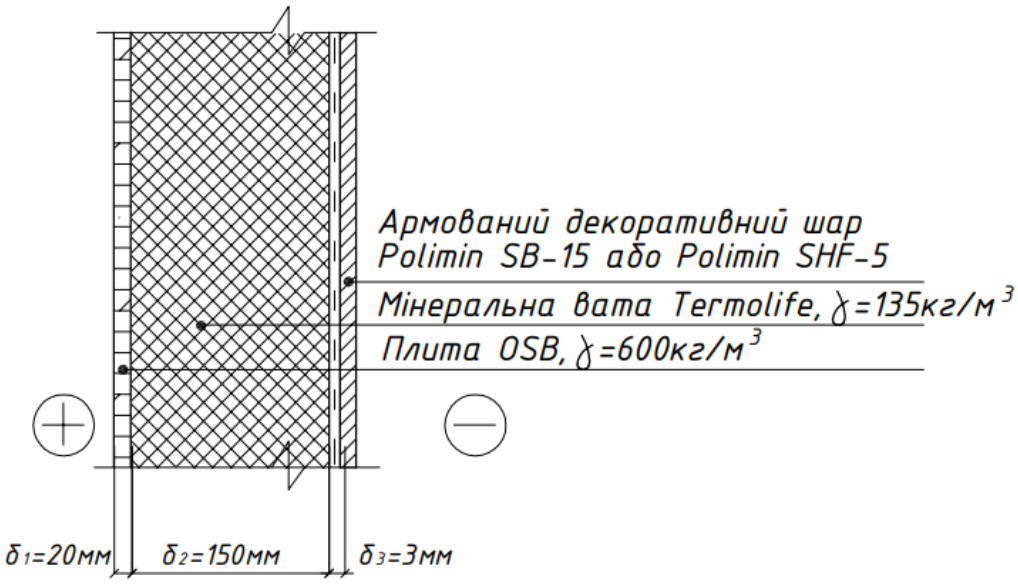



Рисунок 5.26 – Схема об’єкту дослідження

Таблиця 5.4

Характеристика шарів конструкції

| Назва шарів | Теплопровідність $\lambda_р$, Вт/(м·К) | Густина $\rho_0$, кг/м$^3$ | Питома теплоємність $c_0$, Дж/(кг·К) | Товщина шару, м | Термічний опір, м²К/Вт |
|---|---|---|---|---|---|
| Rвн | | | | | 0,13 |
| OSB | 0,230 | 800,0 | 2300 | 0,0200 | 0,087 |
| Мінеральна вата | 0,045 | 135,0 | 840 | 0,1500 | 3,333 |
| Декоративний шар | 0,810 | 1600,0 | 840 | 0,0030 | 0,004 |
| Rзн | | | | | 0,04 |
| | | *U:* | *0,2782* | Вт/(м²·К) | |
| | *Загальна товщина:* | | *0,173* | м | |

Визначення проводилося на зразках розміром 800×1200 мм.

Схема розміщення термопар наведено на рис. 5.27.

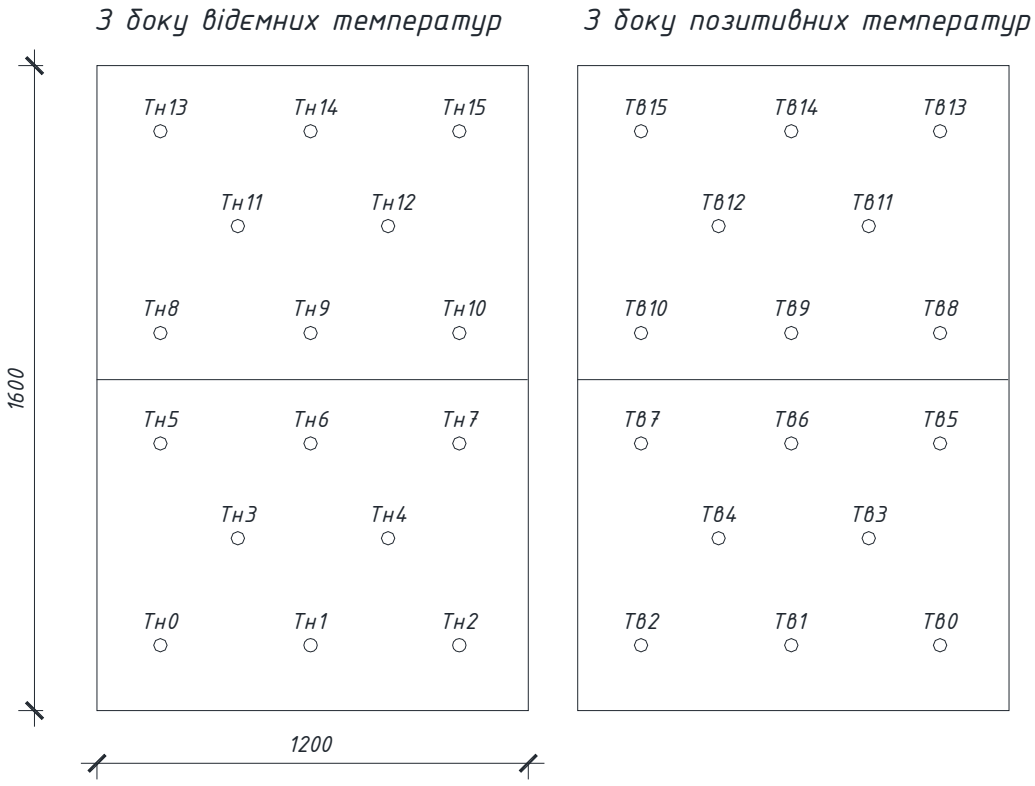



Рисунок 5.27 – Схема розміщення термопар

## 5.7 Результат лабораторного дослідження динамічних параметрів

Результат вимірювання теплового потоку при лабораторних дослідженнях багатошарової огороджувальної конструкції при змінних температурах середовища представлено для зразка №1 на рис. 5.28.

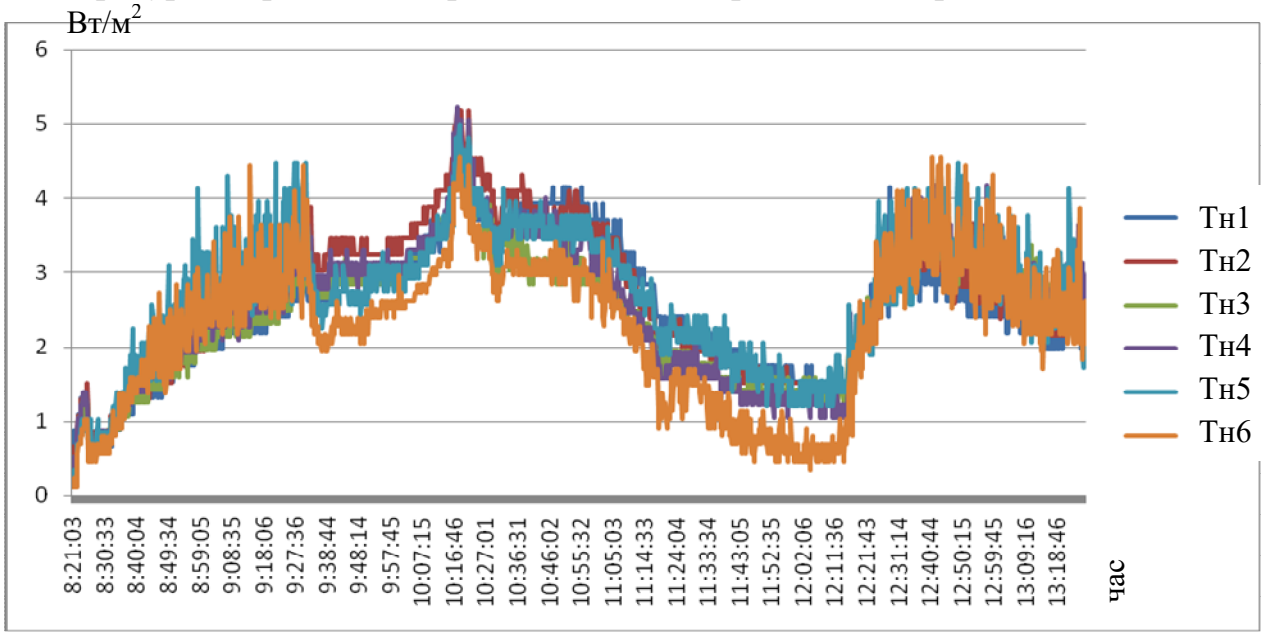



Рисунок 5.28 – Результат вимірювання теплового потоку багатошарової огороджувальної конструкції №1 при змінних температурах середовища

Розподіл температур на поверхні зразків з боку від'ємних температур показано на рис. 5.29 та 5.30.

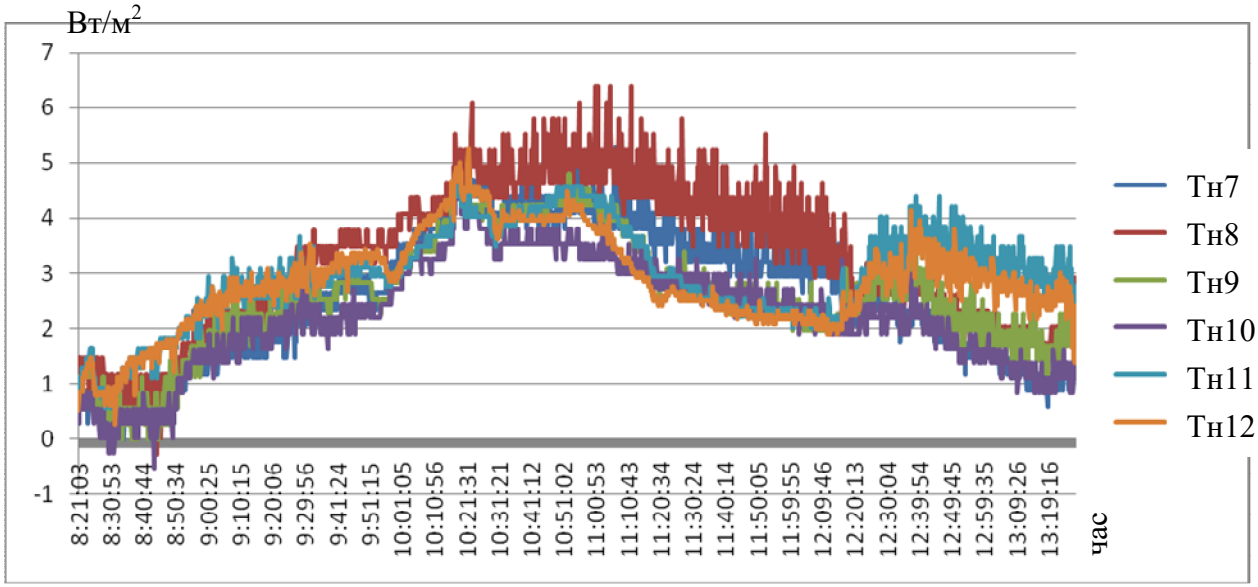



Рисунок 5.29 – Результат вимірювання теплового потоку багатошарової огороджувальної конструкції №2 при змінних температурах середовища

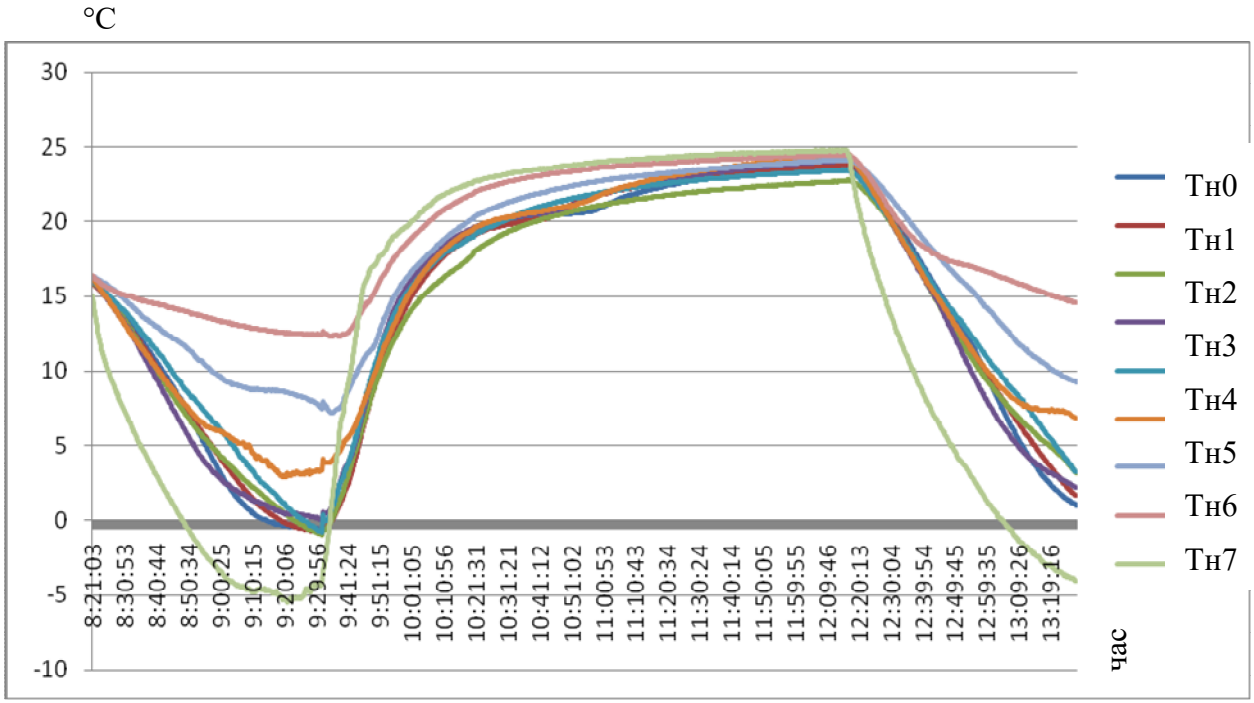



Рисунок 5.30 – Результат вимірювання температури поверхні багатошарової огороджувальної конструкції №1 з боку від'ємних температур

Залежність середніх температур середовища та температури поверхонь огородження від часу наведено на рис. 5.31 та 5.32.

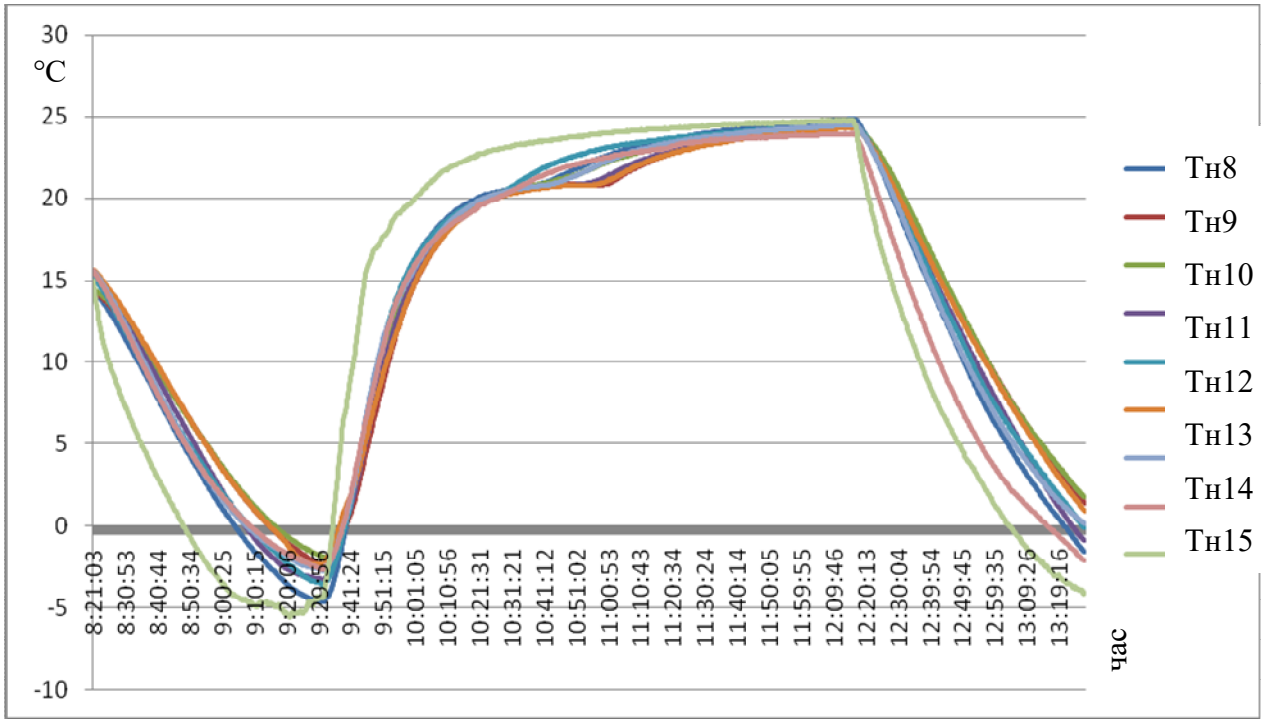



Рисунок 5.31 – Результат вимірювання температури поверхні багатошарової огороджувальної конструкції №2 з боку від'ємних температур

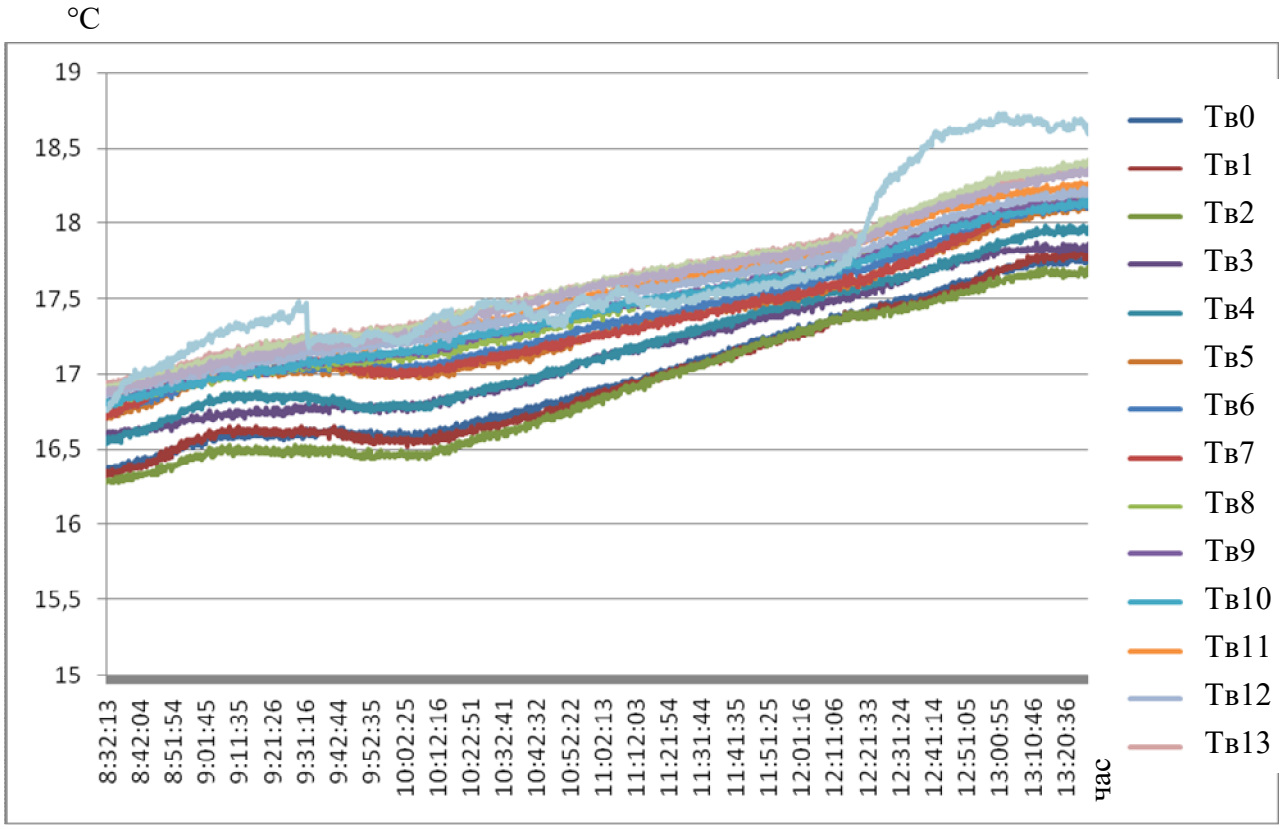



Рисунок 5.32 – Результат вимірювання температури поверхні багатошарової огороджувальної конструкції обох зразків з боку додатних температур

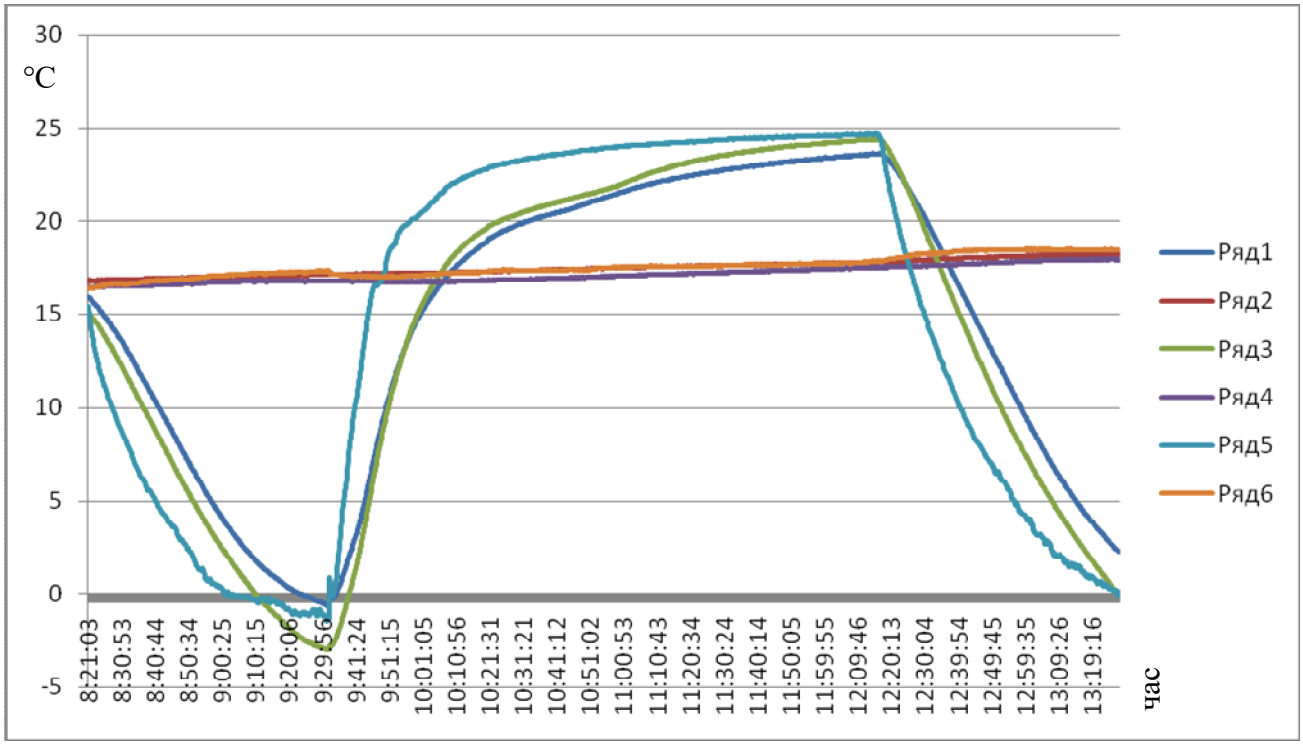



Рисунок 5.33 – Залежність середніх температур середовища та температури поверхонь огородження від часу

## 5.8 Порівняння теоретичних результатів розрахунку та лабораторно-експериментальних даних

За методикою розділу 3 розраховано динамічні теплові параметри за вихідними даними лабораторного експерименту (табл. 5.5-5.7 та рис.5.34).

Таблиця 5.5

Результат теоретичного розрахунку динамічних параметрів

| №п/п | Назва величини | Значення | Одиниці виміру |
|---|---|---|---|
| 1 | коефіцієнт теплозасвоєння зовнішньою поверхнею: | 0,776 | Вт/(м²·K) |
| 2 | часовий зсув з зовнішньої сторони: | 3,86 | год |
| 3 | коефіцієнт теплозасвоєння внутрішньою поверхнею: | 2,593 | Вт/(м²·K) |
| 4 | часовий зсув з внутрішньої сторони: | 3,86 | год |
| 5 | періодичний коефіцієнт теплозасвоєння: | 0,225 | Вт/(м²·K) |
| 6 | часовий зсув періодичного коефіцієнта теплозасвоєння: | -4,48 | год |
| 7 | зовнішня площинна теплоємність: | 12,709 | кДж/(м²·K) |
| 8 | внутрішня площинна теплоємність: | | кДж/(м²·K) |
| 9 | коефіцієнт загасання *f*: | 37,522 | |

Таблиця 5.6

Хід теоретичного розрахунку динамічних параметрів (сторона 1)

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| середня температура на стороні 1 (зн.): | | | 11,5 | °C |
| амплітуда коливань температури на стороні 1 (зн.): | | | 13,1 | °C |
| час максимальної температури на стороні 1 (зн.): | | | 12:20 | |
| | | | | |
| | Температура поверхні огороджувальної конструкції - сторона 1 | | | |
| | | Max: | 24,47 | °C |
| | | Min: | -1,32 | °C |
| | | діапазон: | 25,79 | °C |
| | | | | |
| | Тепловий потік крізь огороджувальну конструкцію - сторона 1 | | | |
| | | Max: | 8,76 | Вт/м² |
| | | Min: | -12,06 | Вт/м² |
| | | діапазон: | 20,81 | Вт/м² |

Таблиця 5.7

Хід теоретичного розрахунку динамічних параметрів (сторона 2)

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | середня температура на стороні 2 (вн.): | 17,4 | °C |
| | | амплітуда коливань температури на стороні 2 (вн.): | 1,1 | °C |
| | | час максимальної температури на стороні 2 (вн.): | 15:00 | |
| | | | | |
| | Температура поверхні огороджувальної конструкції - сторона 2 | | | |
| | | Max: | 18,54 | °C |
| | | Min: | 15,91 | °C |
| | | діапазон: | 2,62 | °C |
| | | | | |
| | Тепловий потік крізь огороджувальну конструкцію - сторона 2 | | | |
| | | Max: | 2,23 | Вт/м² |
| | | Min: | -5,53 | Вт/м² |
| | | діапазон: | 7,75 | Вт/м² |

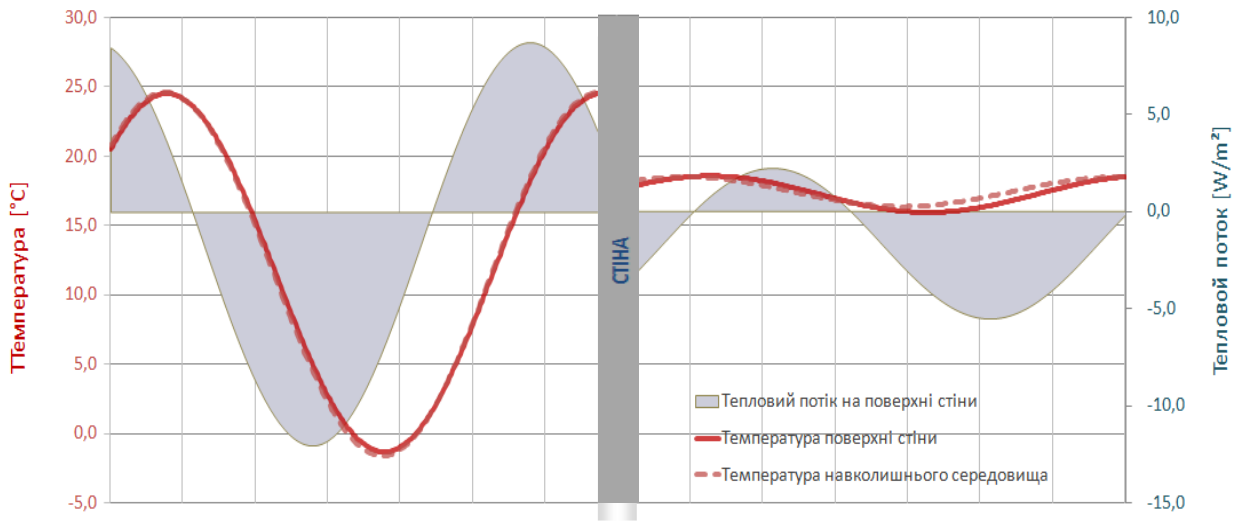



Рисунок 5.34 – Результат теоретичного розрахунку динамічних параметрів стіни

Оцінювання похибок вимірювання проведено за стандартною невизначеністю вхідних параметрів шляхом статистичної обробки вибірки результатів вимірювання (тип А).

## Висновки за розділом 5

Використана методика дослідження динаміки зміни температурного режиму огороджувальних конструкцій та прийняті вимірювальні прилади дозволяють отримати необхідні експериментальні дані по тепловому стану відповідної конструкції.

Результат статистичної обробки виміряних в натурних умовах величин дозволяє прийняти їх для подальшого порівняння з розрахованими даними.

За результатами випробувань встановлені значення амплітуди коливання температури внутрішньої поверхні огороджувальної конструкції $A_{\tau.вн}$, °С, та внутрішнього повітря $A_{T.вн}$, °С, та час доби, що відповідає максимальному значенню температури внутрішньої поверхні огороджувальної конструкції ($z_1$), год, час доби, що відповідає максимальному значенню температури внутрішнього повітря ($z_2$), год. Визначена амплітуда коливань температури внутрішньої поверхні огороджувальних конструкцій, що відповідає розрахунковим тепловим умовам, $A_{\tau.в}$, °С.

Натурно-експериментальні дослідження особливостей формування температурного поля непрозорих огороджувальних конструкцій в нестаціонарних умовах теплопередачі відповідають тепловому режиму, розрахованому за методикою розділу 3 з вихідними параметрами, які відповідають реальним кліматичним умовам.

Аналіз виміряних величин теплового потоку та температури на поверхнях скла і рами конструкції показав нестаціонарний випадковий процес, для якого застосування запропонованих методик дослідження динамічних теплових параметрів не є коректним.

# РОЗДІЛ 6
# ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМУ ПОКРИТТЯ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА ПРОЕКТУВАННІ

## 6.1 Результати обстеження стану покриття

Покриття – верхня огороджувальна конструкція будинку і споруди для захисту приміщень від зовнішніх кліматичних факторів і впливів.

В даній роботі увагу приділено особливостям проектування і розрахунку теплозахисту суміщеного (теплого) покриття (плоске покриття, що включає в себе несучу частину, паро-, тепло-, гідроізоляційні шари і захисні шари, які укладаються один по одному безпосередньо) та горищним дахам з холодним горищем. Наведені конструкції покриттів найбільш розповсюджені як об’єкти термомодернізації так і при новому будівництві.

Залежно від конструктивного рішення тепловтрати покриттям можуть досягати до 40% від загальних тепловтрат будинком. За законами конвекції, нагріте повітря піднімається вгору, і тепловтрати через покрівлю відчутніші. Крім того, якщо покрівля не теплоізольована, то при контакті нагрітого повітря з приміщення з холодною поверхнею покриття неминуче випадання конденсату. Вода буде поступово руйнувати конструкцію покрівлі, а при суміщеній покрівлі вона буде текти назад в приміщення. Утеплення відіграє особливу роль в створенні сприятливого мікроклімату в приміщеннях, що знаходяться безпосередньо під суміщеним покриттям в умовах як опалюваного періоду так і періоду охолодження.

При обстеженні ***суміщених покриттів*** спостерігаються основні теплові відмови – конденсація вологи на поверхні стелі, промерзання та утворення плісняви (рис.6.1 – 6.3).

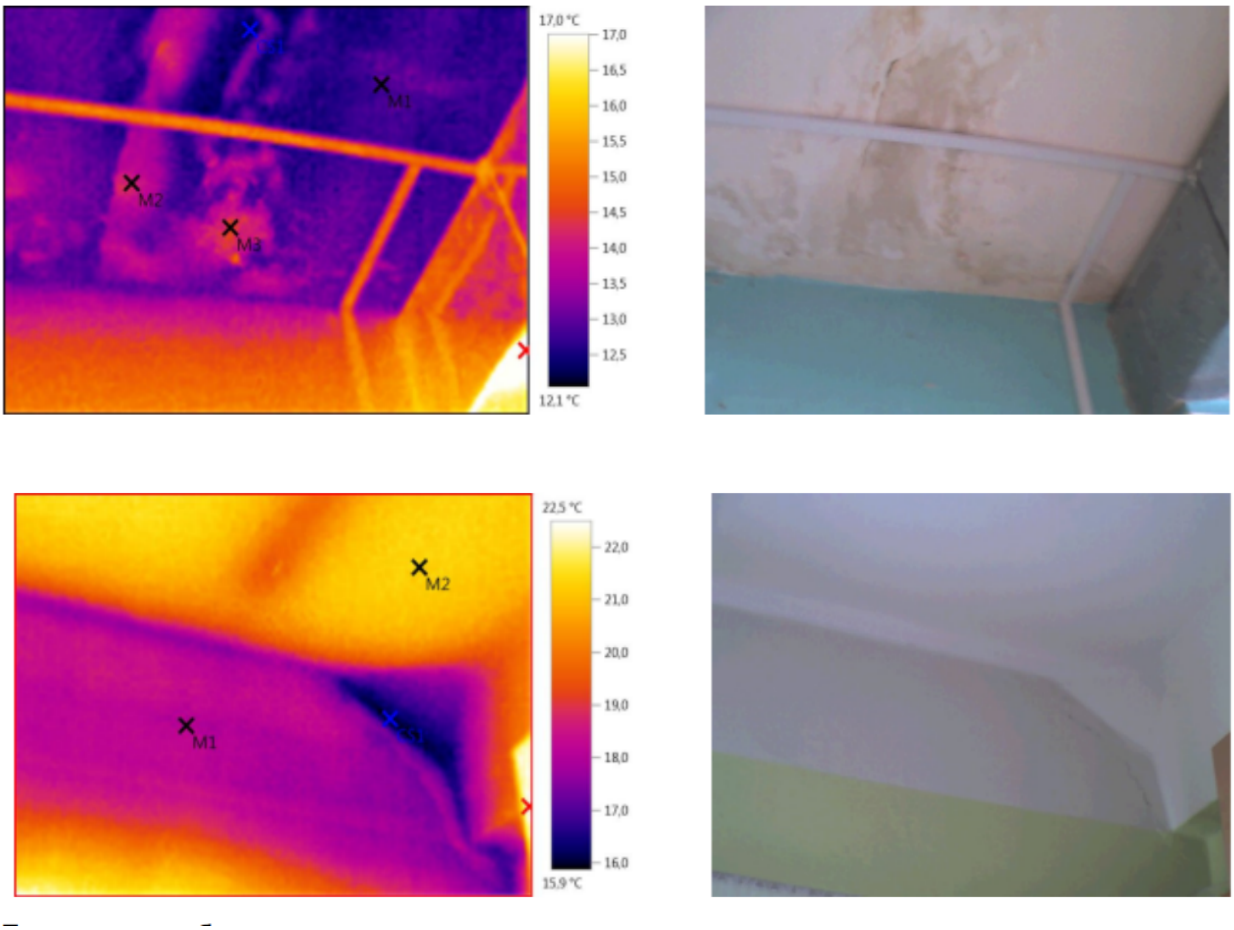



Рисунок 6.1 – Значні тепловтрати крізь суміщене покриття у місці примикання до зовнішньої стіни (фрагмент тепловізійної зйомки будівлі лабораторії Комунального підприємства "1-А міська клінічна лікарня Полтавської міської ради", 14 лютого 2020 р.)

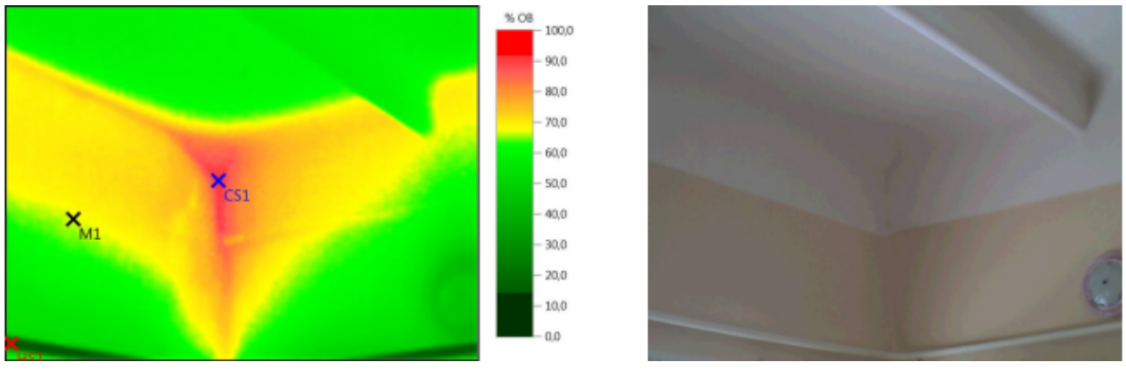



Рисунок 6.2 – Конденсування вологи у місці примикання покриття до зовнішньої стіни (фрагмент дослідження вологісного режиму внутрішніх поверхонь огороджувальних конструкцій будівлі лабораторії КП "1-А міська клінічна лікарня Полтавської міської ради" інфрачервоним методом", 14 лютого 2020 р.)



Рисунок 6.3 – Утворення плісняви у місці примикання покриття до зовнішньої стіни внаслідок низьких теплотехнічних властивостей огороджень та відсутності вентиляції приміщення (нежитлове приміщення за адресою м. Полтава, вул. Зигіна, буд. 5)

Відсутність теплоізоляції покриття та порушення вологісного режиму приміщення призводить до руйнування несучих елементів суміщеного покриття (рис. 6.4).



Рисунок 6.4 – Руйнування бетонного захисного шару та корозія арматури до 100 % перерізу (фрагмент ТЗ Обстеження технічного стану частини покрівлі будівлі (над приміщенням басейну) палацу спорту «Юність» за адресою: м. Полтава, майдан Незалежності, 24а)

При утепленні суміщених покриттів не приділяється увага попередженню утворення містків холоду в місцях примикання до надбудов даху, вентиляційних каналів та парапетів (рис. 6.5). І саме в цих місцях при експлуатації будівель спостерігаються теплові відмови. Моделювання температурного поля суміщеного покриття доводить, що наявність теплових містків може зменшувати приведене значення опору теплопередачі огороджувальної конструкції до 60% від величини визначеної по основному полю.

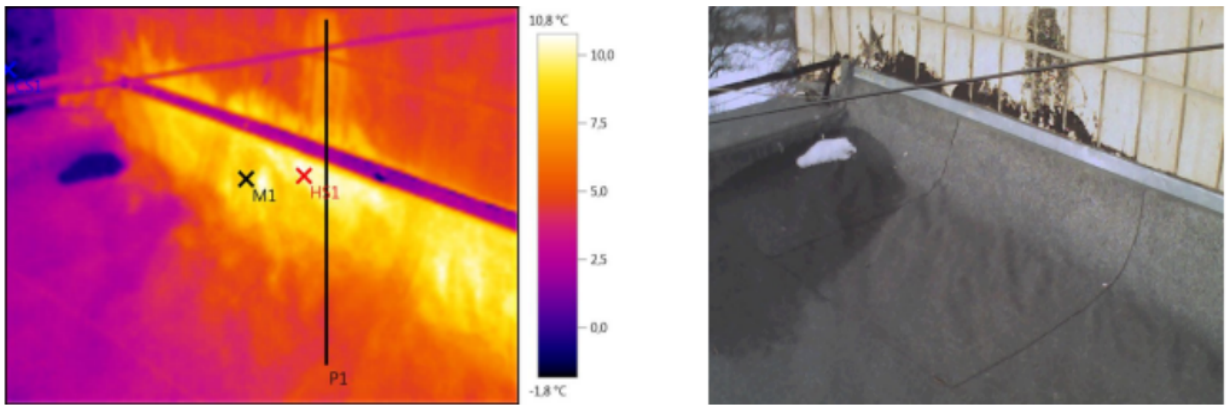



Рисунок 6.5 – Тепловтрати крізь суміщене покриття у місці примикання до зовнішньої стіни (фрагмент тепловізійної зйомки будівлі Головного корпусу КП "1-А міська клінічна лікарня Полтавської міської ради", 14 лютого 2020 р.)

В українських нормативних документа не наведено методики визначення тепловтрат крізь дахи з врахуванням конструктивних особливостей та значення лінійних коефіцієнтів теплопередачі. Для типових конструктивних вузлів у додатку Г ДСТУ Б В.2.6-189:2013 наведені лише значення лінійних коефіцієнтів теплопередачі для стінових конструкцій та їх елементів. Впровадження в практику утеплення типових енергоефективних конструктивних вузлів карнизної частини суміщеної покрівлі, примикання до вентиляційних шахт та дахових надбудов дозволить значно підвищити теплозахист будинку. Результати моделювання температурного поля цих

вузлів дозволяють за методикою ДСТУ ISO 10211:2005 визначити лінійних коефіцієнтів теплопередачі, які можна застосовувати в інженерних розрахунках опору теплопередачі відповідних конструкцій та доповнити додаток Г ДСТУ Б В.2.6-189:2013.

Застосування в практиці утеплення типових енергоефективних конструктивних вузлів суміщеної покрівлі дозволить значно підвищити теплозахист будинку. Аналіз розрахунку коефіцієнта теплопередачі компонентів з шарами змінної товщини згідно PN-EN ISO 6946:2008 доведе необхідність включення наведених методик до українських настанов з розрахунку теплопередачі трансмісією.

## 6.2 Теплотехнічний розрахунок суміщеного покриття

Суміщена покрівля це багатошарова огороджувальна конструкція із шарами змінною товщиною (наприклад, для створення ухилу організованої системи водовідведення). Тому загальний термічний опір змінюється по площі конструкції. В конструкції суміщеної покрівлі є багато ділянок де температурне поле дво- або три- вимірне. В більшості випадках в таких вузлах теплоізоляційна оболонка має технологічні розриви, які при експлуатації будинку стають значними «містками холоду».

В українській нормативній базі немає рекомендацій щодо врахування зміни опору теплопередачі при зміні товщини шарів в конструкції суміщених покрівель. При розрахунку сумарної теплопередачі трансмісією через зону будівлі за ДСТУ Б А.2.2-12:2015 враховується безпосередній узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією до зовнішнього середовища, Вт/К, за формулою (12) ДСТУ Б А.2.2-12:2015:

$$H_x = b_{\mathrm{tr},x} \sum_i A_i U_i \qquad (6.1)$$

де $A_i$ – площа і-го елемента оболонки будівлі, м$^2$; $U_i$ – приведений коефіцієнт теплопередачі і-го елемента оболонки будівлі, Вт/(м$^2$·К), що становить $U_i = 1/R_{\Sigma npi}$ ; $R_{\Sigma npi}$ – приведений опір теплопередачі і-го елемента оболонки будівлі, м$^2$·К/Вт, що для непрозорих елементів визначають згідно з ДСТУ Б В.2.6-189; $b_{tr,x}$ – поправочний коефіцієнт: $b_{tr,x}$ = 1 – при розрахунках $H_D$.

Визначення лінійних та точкових коефіцієнтів теплопередачі необхідно здійснювати на підставі розрахунків двомірних та тримірних температурних полів відповідно (ДСТУ Б А.2.2-12:2015). Методика розрахунків встановлена згідно з ДСТУ ISO 10211-1, ДСТУ ISO 10211-2.

Лінійні коефіцієнти та точкові коефіцієнти теплопередачі поширених теплопровідних включень наведені в ДСТУ Б В.2.6-189, але вузлів покрівель там не враховано.

У випадку, якщо теплопровідне включення розташоване на межі двох зон, то до кожної зони відносять половину значення лінійного коефіцієнту теплопередачі даного теплопровідного включення (п. 8.2.2.5.3 ДСТУ Б А.2.2-12:2015).

За відсутності інформації чи її недостатній кількості щодо теплопровідних включень у конструкції, рекомендується використовувати коригуючу поправку до коефіцієнта теплопередачі для врахування впливу теплопровідних включень, за формулою (21) ДСТУ Б А.2.2-12:2015:

$$U_{op,corr} = U_{op,mn} + \Delta U_{tb}, \qquad (6.2)$$

де $U_{op,mn}$ – коефіцієнт теплопередачі непрозорої частини конструкції (по основному полю), Вт/(м$^2$·К); $\Delta U_{tb}$ – додаткова складова за замовчуванням до коефіцієнта теплопередачі непрозорих конструкцій, $U_{op}$, що враховує вплив теплопровідних включень, Вт/(м$^2$·К), розрахункові значення наведені в

таблиці 4 ДСТУ Б А.2.2-12:2015, і для середнього значення коефіцієнта теплопередачі непрозорої частин конструкцій $U_{op,mn} < 0,4\ \Delta U_{tb} = 0,15$ Вт/(м$^2$·К).

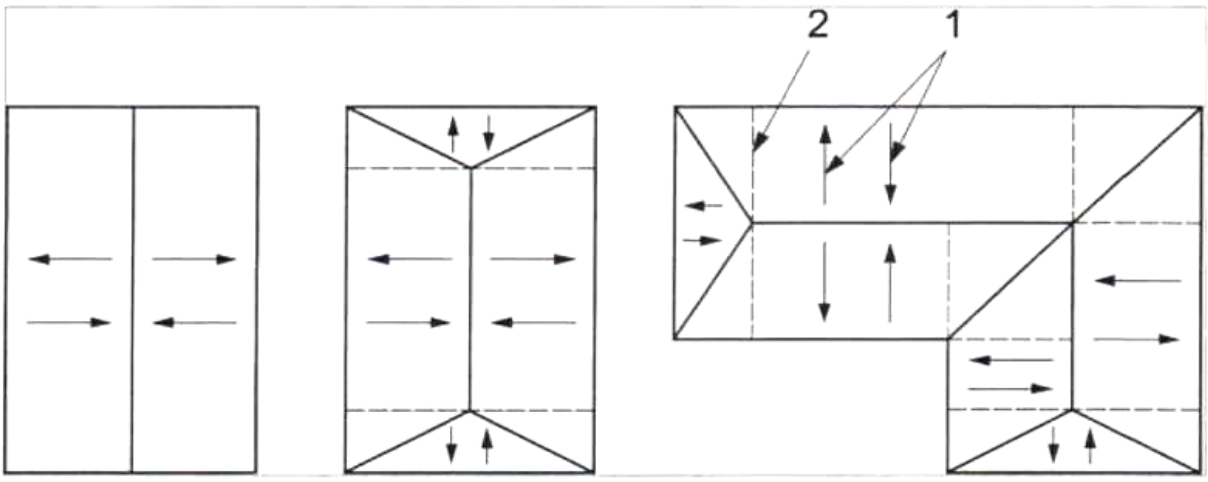
Така значна величина додаткової складової у рази може зменшувати дійсне значення опору теплопередачі суміщеного даху, тому для підвищення точності розрахунків доцільно користуватися формулою приведеного опору теплопередачі термічно неоднорідної непрозорої огороджувальної конструкції (3) ДСТУ Б В.2.6-189:2013. Визначення лінійних коефіцієнтів теплопередачі здійснено на підставі розрахунків двомірних температурних полів та методики згідно з ДСТУ ISO 10211-1, ДСТУ ISO 10211-2.

### 6.3 Теплотехнічний розрахунок суміщеного покриття з шарами змінної товщини

Згідно PN-EN ISO 6946:2008 розрахунок виконується за наступною методикою.

Конструкція з шаром змінної товщини показана на рисунках 6.6-6.10.

Коефіцієнт теплопередачі визначається шляхом інтегрування площі відповідного елемента. Розрахунки повинні виконуватися окремо для кожної частини, наприклад, даху різного нахилу і/або форми, як показано на рисунку 6.6.




1 – напрямок нахилу, 2 – умовний розподіл, що дозволяє використовувати рівняння (6.2-6.5).

Рисунок 6.6 – Приклади поділу дахів на різні частини

Коефіцієнт теплопередачі для форм суміщеного багатошарового даху, які найчастіше використовуються, можна розрахувати з рівнянь (6.2) до (6.5) з нахилом не більше 5%.

Для прямокутних поверхонь (рис. 6.7) коефіцієнт теплопередачі визначається за формулою:

$$U = \frac{1}{R_2} \ln\left(1 + \frac{R_2}{R_0}\right), \tag{6.3}$$

де $R_0$ – розрахунковий термічний опір частини конструкції з шарами сталої товщини, м$^2$·К/Вт; $R_2$ – максимальний термічний опір шару змінної товщини, м$^2$·К/Вт; $d_2$ – максимальна товщина шару зі змінною товщиною

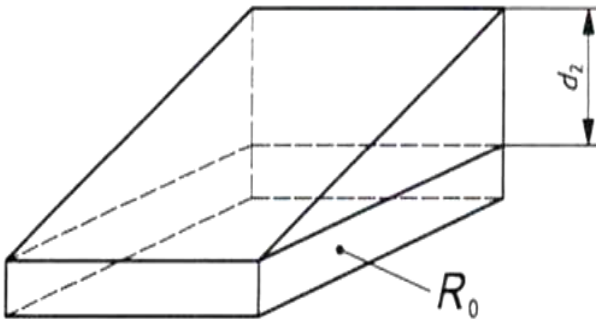



Рисунок 6.7 – Схема прямокутної поверхні

Для зручності виконання інженерних розрахунків та враховуючи, що наведена залежність є поверхнею (рис. 6.8), рекомендовано визначати коефіцієнт теплопередачі за таблицею 6.1.

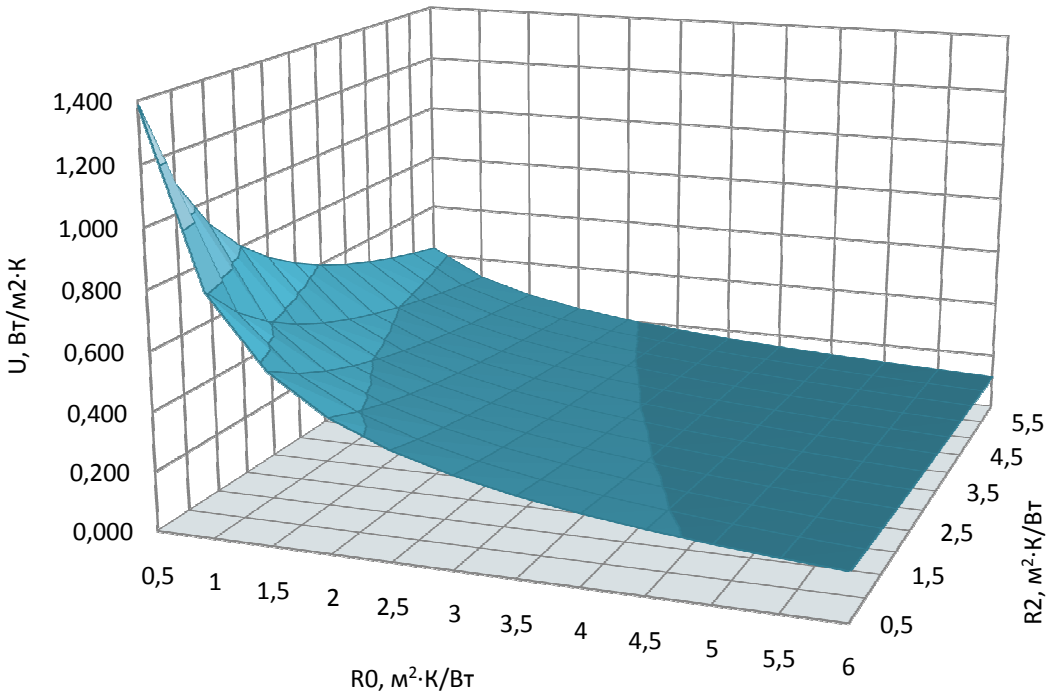



Рисунок 6.8 – Залежність коефіцієнта теплопередачі прямокутних поверхонь від термічний опір частини конструкції

Таблиця 6.1

Визначення коефіцієнта теплопередачі прямокутних поверхонь від термічний опір частини конструкції

| R2 / R0 | 0,5 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 3 | 3,5 | 4 | 4,5 | 5 | 5,5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **0,5** | 1,386 | 1,099 | 0,924 | 0,805 | 0,717 | 0,649 | 0,594 | 0,549 | 0,512 | 0,480 | 0,452 | 0,427 |
| **1** | 0,811 | 0,693 | 0,611 | 0,549 | 0,501 | 0,462 | 0,430 | 0,402 | 0,379 | 0,358 | 0,340 | 0,324 |
| **1,5** | 0,575 | 0,511 | 0,462 | 0,424 | 0,392 | 0,366 | 0,344 | 0,325 | 0,308 | 0,293 | 0,280 | 0,268 |
| **2** | 0,446 | 0,405 | 0,373 | 0,347 | 0,324 | 0,305 | 0,289 | 0,275 | 0,262 | 0,251 | 0,240 | 0,231 |
| **2,5** | 0,365 | 0,336 | 0,313 | 0,294 | 0,277 | 0,263 | 0,250 | 0,239 | 0,229 | 0,220 | 0,211 | 0,204 |
| **3** | 0,308 | 0,288 | 0,270 | 0,255 | 0,242 | 0,231 | 0,221 | 0,212 | 0,204 | 0,196 | 0,189 | 0,183 |
| **3,5** | 0,267 | 0,251 | 0,238 | 0,226 | 0,216 | 0,206 | 0,198 | 0,191 | 0,184 | 0,177 | 0,172 | 0,166 |
| **4** | 0,236 | 0,223 | 0,212 | 0,203 | 0,194 | 0,187 | 0,180 | 0,173 | 0,168 | 0,162 | 0,157 | 0,153 |
| **4,5** | 0,211 | 0,201 | 0,192 | 0,184 | 0,177 | 0,170 | 0,164 | 0,159 | 0,154 | 0,149 | 0,145 | 0,141 |
| **5** | 0,191 | 0,182 | 0,175 | 0,168 | 0,162 | 0,157 | 0,152 | 0,147 | 0,143 | 0,139 | 0,135 | 0,131 |
| **5,5** | 0,174 | 0,167 | 0,161 | 0,155 | 0,150 | 0,145 | 0,141 | 0,137 | 0,133 | 0,129 | 0,126 | 0,123 |
| **6** | 0,160 | 0,154 | 0,149 | 0,144 | 0,139 | 0,135 | 0,131 | 0,128 | 0,124 | 0,121 | 0,118 | 0,116 |

Для трикутних поверхонь з максимальною товщиною у вершині (рис. 6.9) коефіцієнт теплопередачі визначається за формулою:

$$U = \frac{2}{R_2}\left[\left(1+\frac{R_0}{R_2}\right)\ln\left(1+\frac{R_2}{R_0}\right)-1\right], \tag{6.4}$$

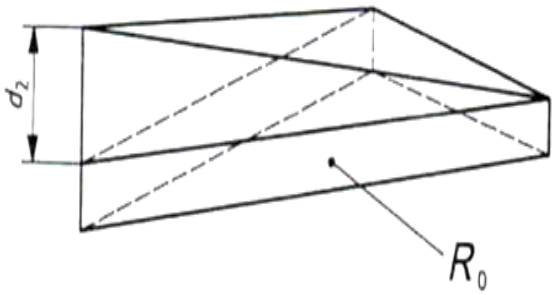



Рисунок 6.9 – Трикутна поверхня з максимальною товщиною у вершині

Для зручності виконання інженерних розрахунків та враховуючи, що наведена залежність є поверхнею (рис. 6.10), рекомендовано визначати коефіцієнт теплопередачі за таблицею 6.2.

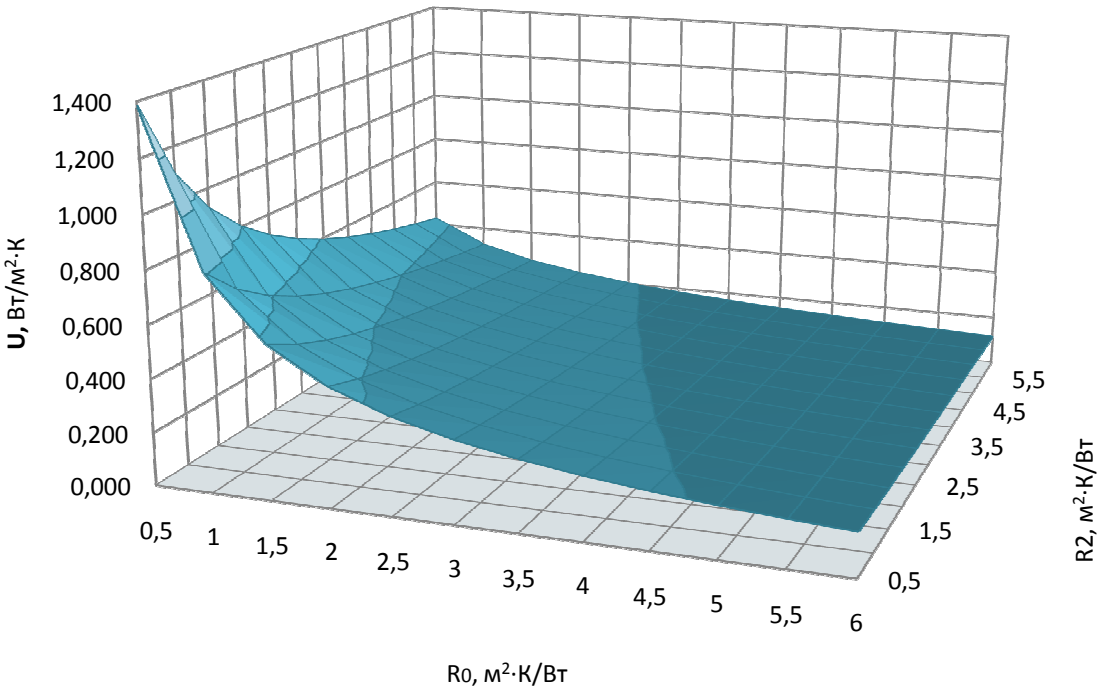



Рисунок 6.10 – Залежність коефіцієнта теплопередачі трикутних поверхонь з максимальною товщиною у вершині від термічний опір частини конструкції

Таблиця 6.2

Визначення коефіцієнта теплопередачі трикутних поверхонь з максимальною товщиною у вершині від термічний опір частини конструкції

| R2 / R0 | 0,5 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 3 | 3,5 | 4 | 4,5 | 5 | 5,5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **0,5** | 1,545 | 1,296 | 1,131 | 1,012 | 0,920 | 0,847 | 0,787 | 0,736 | 0,693 | 0,655 | 0,622 | 0,593 |
| **1** | 0,866 | 0,773 | 0,703 | 0,648 | 0,603 | 0,566 | 0,534 | 0,506 | 0,482 | 0,460 | 0,441 | 0,423 |
| **1,5** | 0,603 | 0,554 | 0,515 | 0,483 | 0,455 | 0,432 | 0,411 | 0,393 | 0,377 | 0,362 | 0,349 | 0,337 |
| **2** | 0,463 | 0,433 | 0,408 | 0,386 | 0,368 | 0,351 | 0,337 | 0,324 | 0,312 | 0,302 | 0,292 | 0,283 |
| **2,5** | 0,376 | 0,355 | 0,338 | 0,323 | 0,309 | 0,297 | 0,286 | 0,276 | 0,267 | 0,259 | 0,252 | 0,245 |
| **3** | 0,316 | 0,301 | 0,289 | 0,277 | 0,267 | 0,258 | 0,249 | 0,241 | 0,234 | 0,228 | 0,222 | 0,216 |
| **3,5** | 0,273 | 0,262 | 0,252 | 0,243 | 0,235 | 0,228 | 0,221 | 0,215 | 0,209 | 0,203 | 0,198 | 0,194 |
| **4** | 0,240 | 0,231 | 0,224 | 0,216 | 0,210 | 0,204 | 0,198 | 0,193 | 0,188 | 0,184 | 0,180 | 0,176 |
| **4,5** | 0,214 | 0,207 | 0,201 | 0,195 | 0,190 | 0,185 | 0,180 | 0,176 | 0,172 | 0,168 | 0,164 | 0,161 |
| **5** | 0,194 | 0,188 | 0,183 | 0,178 | 0,173 | 0,169 | 0,165 | 0,161 | 0,158 | 0,155 | 0,151 | 0,149 |
| **5,5** | 0,177 | 0,172 | 0,167 | 0,163 | 0,159 | 0,156 | 0,152 | 0,149 | 0,146 | 0,143 | 0,140 | 0,138 |
| **6** | 0,162 | 0,158 | 0,154 | 0,151 | 0,147 | 0,144 | 0,141 | 0,139 | 0,136 | 0,133 | 0,131 | 0,129 |

Для трикутної поверхні з мінімальною товщиною у вершині (рис. 6.11) коефіцієнт теплопередачі визначається за формулою:

$$U = \frac{2}{R_2}\left[1 - \frac{R_0}{R_2}\ln\left(1 + \frac{R_2}{R_0}\right)\right], \tag{6.5}$$

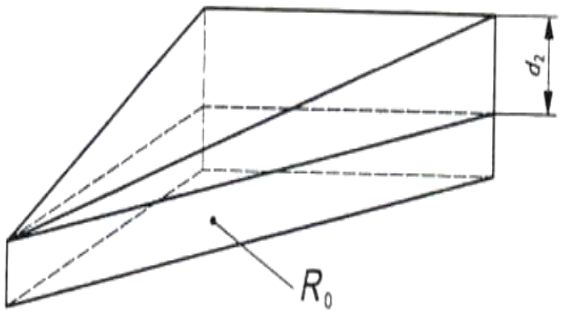



Рисунок 6.11 – Схема трикутної поверхні з мінімальною товщиною у вершині

Для зручності виконання інженерних розрахунків та враховуючи, що наведена залежність є поверхнею (рис. 6.12), рекомендовано визначати коефіцієнт теплопередачі за таблицею 6.3.

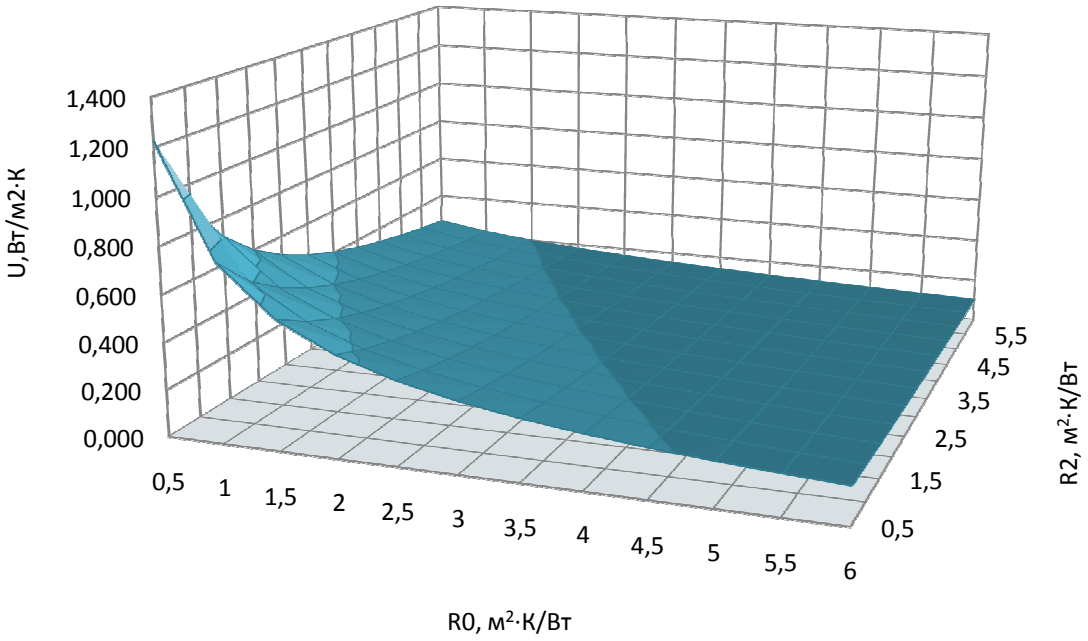



Рисунок 6.12 – Залежність коефіцієнта теплопередачі трикутних поверхонь з мінімальною товщиною у вершині від термічний опір частини конструкції

Таблиця 6.3

Визначення коефіцієнта теплопередачі трикутних поверхонь з мінімальною товщиною у вершині від термічний опір частини конструкції

| R2 / R0 | 0,5 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 3 | 3,5 | 4 | 4,5 | 5 | 5,5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **0,5** | 1,227 | 0,901 | 0,717 | 0,598 | 0,513 | 0,450 | 0,402 | 0,363 | 0,331 | 0,304 | 0,281 | 0,262 |
| **1** | 0,756 | 0,614 | 0,519 | 0,451 | 0,399 | 0,359 | 0,326 | 0,299 | 0,276 | 0,257 | 0,240 | 0,225 |
| **1,5** | 0,548 | 0,468 | 0,409 | 0,365 | 0,329 | 0,300 | 0,277 | 0,256 | 0,239 | 0,224 | 0,211 | 0,199 |
| **2** | 0,430 | 0,378 | 0,338 | 0,307 | 0,281 | 0,259 | 0,241 | 0,225 | 0,212 | 0,200 | 0,189 | 0,179 |
| **2,5** | 0,354 | 0,318 | 0,289 | 0,265 | 0,245 | 0,229 | 0,214 | 0,201 | 0,190 | 0,180 | 0,171 | 0,163 |
| **3** | 0,300 | 0,274 | 0,252 | 0,234 | 0,218 | 0,205 | 0,193 | 0,182 | 0,173 | 0,165 | 0,157 | 0,150 |
| **3,5** | 0,261 | 0,241 | 0,224 | 0,209 | 0,196 | 0,185 | 0,175 | 0,167 | 0,159 | 0,152 | 0,145 | 0,139 |
| **4** | 0,231 | 0,215 | 0,201 | 0,189 | 0,179 | 0,169 | 0,161 | 0,153 | 0,147 | 0,141 | 0,135 | 0,130 |
| **4,5** | 0,207 | 0,194 | 0,183 | 0,173 | 0,164 | 0,156 | 0,149 | 0,142 | 0,136 | 0,131 | 0,126 | 0,122 |
| **5** | 0,188 | 0,177 | 0,167 | 0,159 | 0,151 | 0,144 | 0,138 | 0,133 | 0,127 | 0,123 | 0,118 | 0,114 |
| **5,5** | 0,171 | 0,162 | 0,154 | 0,147 | 0,141 | 0,135 | 0,129 | 0,124 | 0,120 | 0,115 | 0,112 | 0,108 |
| **6** | 0,158 | 0,150 | 0,143 | 0,137 | 0,131 | 0,126 | 0,121 | 0,117 | 0,113 | 0,109 | 0,106 | 0,102 |

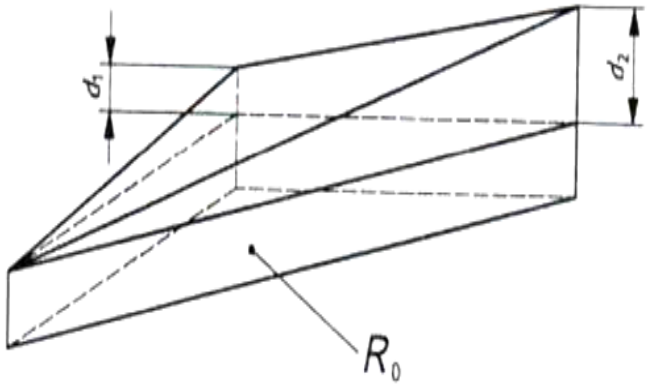



Рисунок 6.13 – Схема трикутної поверхні з різною товщиною в кожній вершині

Для трикутної поверхні різної товщини в кожній вершині (рис. 6.13) коефіцієнт теплопередачі визначається за формулою:

$$U = 2\left[\frac{R_0 R_1 \ln\left(1+\frac{R_2}{R_0}\right) - R_0 R_2 \ln\left(1+\frac{R_1}{R_0}\right) + R_1 R_2 \ln\left(\frac{R_0+R_2}{R_0+R_1}\right)}{R_1 R_2 (R_2 - R_1)}\right], \qquad (6.6)$$

де $R_1$ – термічний опір частини конструкції з шарами змінної товщини, м$^2$·К/Вт; $d_1$ – товщина проміжного шару зі змінною товщиною; $d_2$ – максимальна товщина шару зі змінною товщиною.

Коефіцієнт теплопередачі даху визначається наступним чином:

а) обчислити $R_0$ як загальний термічний опір компонента, виключаючи шар змінної товщини.

б) при необхідності розділити область з шарами різної товщини на різні ділянки (див. рисунок 6.6).

в) обчислити $R_1$ і $R_2$ для кожного шару змінної товщини за формулами

$$R_1 = \frac{d_1}{\lambda_1}, \qquad (6.7)$$

$$R_2 = \frac{d_2}{\lambda_2}, \tag{6.8}$$

де $d_1$ – товщина проміжного шару зі змінною товщиною, м; $d_2$ – максимальна товщина шару зі змінною товщиною, м; $\lambda_i$ – коефіцієнт теплопровідності матеріалу шару, Вт/(м·К).

Значення $R_1$ використовується тільки для схеми, показаної на рисунку 6.13.

г) обчислити коефіцієнт теплопередачі кожної окремої частини, *Uj*, згідно з відповідною формулами (6.2)-(6.5).

е) обчислити загальний коефіцієнт теплопередачі всієї площі, використовуючи формулу

$$U = \frac{\sum U_i A_i}{\sum A_i}, \tag{6.9}$$

Загальний термічний опір суміщеного даху визначається за формулою:

$$R = \frac{1}{U}. \tag{6.10}$$

Для порівняння методик українських та польських настанов по визначенню тепловтрат суміщеним утепленим покриттям проведено розрахунок за єдиними вихідними умовами.

Для досягнення теплотехнічними показниками суміщеного покриття нормативного значення рекомендується утеплення кам'яною ватою DACHROCK MAX подвійної щільності (верхній шар 210 кг/м$^3$, нижній 130 кг/м$^3$) за схемою (рис. 6.14) товщиною 250 мм. Ухилоутворюючий шар з полістиролбетону.

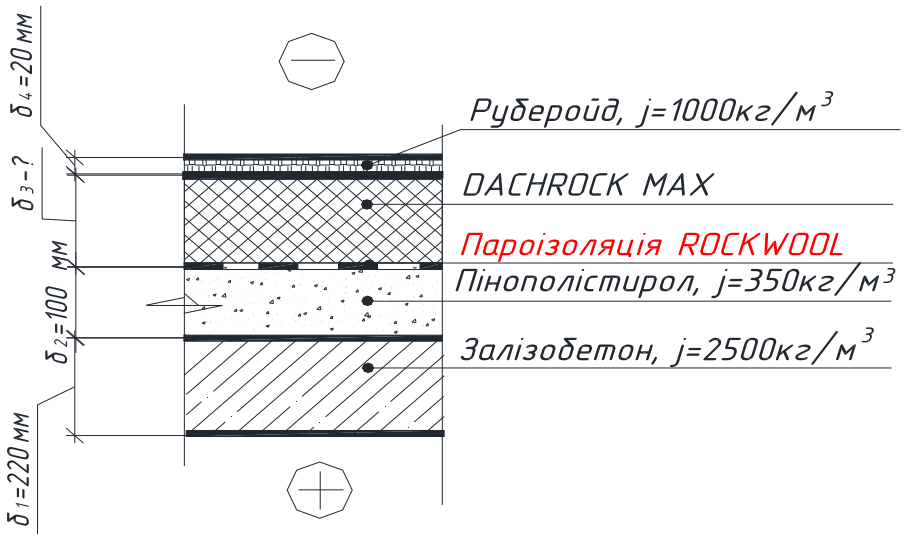



Рисунок – 6.14 Розрахункова схема утепленого покриття

Для забезпечення стоку атмосферної води передбачено ухил покрівлі 5%. При двоскатній організації даху та ширині торцевого фасаду 12 м, найбільша товщина ухилоутворюючого шару буде 300 мм.

Хід розрахунку за двома методиками, що розглядаються, наведено у таблиці 6.4. Використання коригуючої поправки до коефіцієнта теплопередачі для врахування впливу теплопровідних включень за формулою (21) ДСТУ Б А.2.2-12:2015 веде до зменшення дійсного значення опору теплопередачі багатошарової конструкції суміщеної покрівлі в два рази.

## 6.4 Визначення лінійних коефіцієнтів теплопередачі типових вузлів суміщеної покрівлі

Визначення лінійних коефіцієнтів теплопередачі здійснено на підставі розрахунків двомірних температурних полів та методики згідно з ДСТУ ISO 10211-1, ДСТУ ISO 10211-2.

Таблиця 6.4

Порівняння методик розрахунку тепловтрат суміщеним покриттям

| Хід розрахунку за методиками | |
|---|---|
| PN-EN ISO 6946:2008 | ДСТУ Б А.2.2-12:2015 |
| - термічний опір частини огороджувальної конструкції без врахування шару змінної товщини: $R_0$ = 6.47 м$^2$ К/Вт<br>- максимальний термічний опір шару змінної товщини складає: $R_2$ = 3 м$^2$·К/Вт<br>- коефіцієнт теплопередачі за формулою (2): $U$ = 0,127 Вт/м$^2$ К<br>- приведений опір теплопередачі з врахуванням містків холоду за формулою (3) ДСТУ Б В.2.6-189:2013 $R_{\Sigma np}$ = 6,689 м$^2$ К/Вт | - опір теплопередачі суміщеного даху з врахуванням середньої товщини ухилоутворюючого шару $R_\Sigma$ = 6.634 м2 К/Вт<br>- коефіцієнт теплопередачі: $U$ = 0,127 Вт/м2 К<br>- коригуюча поправка до коефіцієнта теплопередачі за табл. 4 ДСТУ Б А.2.2-12:2015: $\Delta U_{\text{tb}}$ .= 0,15 Вт/(м$^2$·К). |
| Результат розрахунку – приведений коефіцієнт теплопередачі покрівлі будівлі | |
| $U_i$ =1/6,689 = 0,149 Вт/(м$^2$·К) | за формулою (21) ДСТУ Б А.2.2-12:2015: $U$ = 0.301 Вт/м$^2$ К |

Для розрахунку двомірних температурних полів визначено розміри області моделювання та граничні умови. Розрахунок проведено методом скінчених елементів, який реалізовано програмою ELCUT. Програма дозволяє описати задачу (геометрія, властивості середовища, граничні

умови) та вирішити її з високою точністю, проаналізувати рішення за допомогою засобів кольорової графіки та зберегти результати у формі, придатній для подальшого аналізу.

Дослідження щодо визначення області моделювання проводились за вихідними умовами:

– температура зовнішнього повітря –22°С [20];

– температура внутрішнього повітря +20°С [20].

Розрахункова область моделювання (з зазначенням відповідних меж) наведена на рис. 6.15. Межі області моделювання та їх геометричні розміри встановлюються конструктивним рішенням частини будівлі, яка розглядається. На рисунку 6.16 наведено фрагмент розрахунку методом скінчених елементів – побудова сітки.

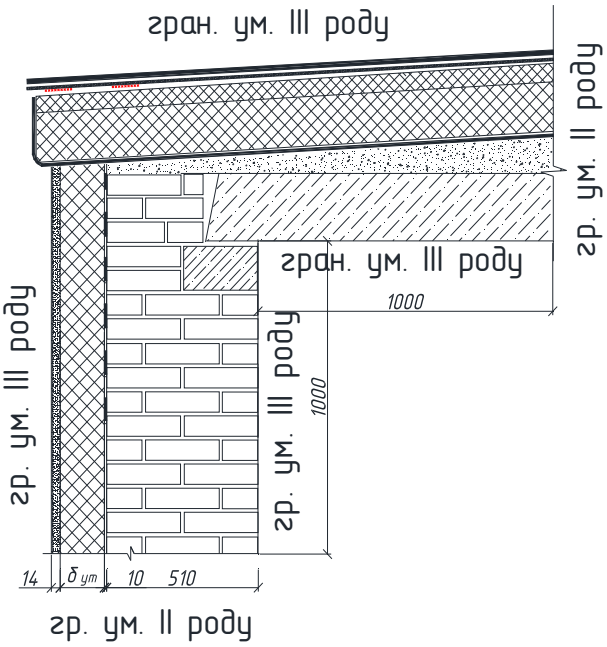



Рисунок 6.15 – Визначення граничних умов у розрахунковій моделі

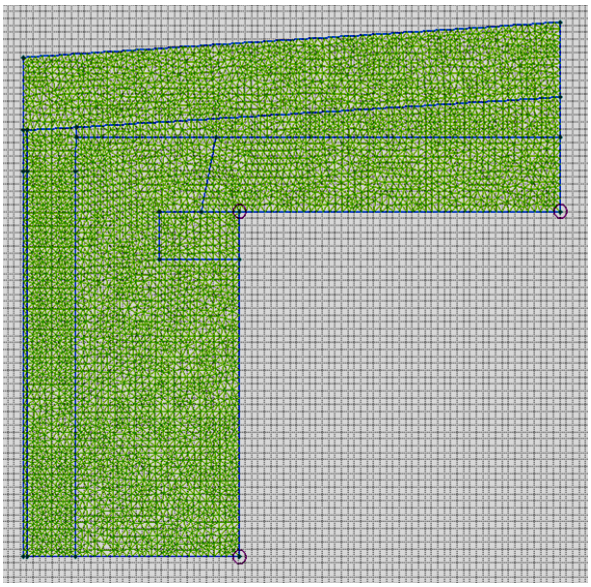


Рисунок 6.16 – Сітка скінчених елементів розрахункової моделі

Гранична умова II роду – завдання щільності теплового потоку для кожної точки поверхні тіла, як функції часу. Окремий випадок складає сталість щільності теплового потоку $q_n(\tau) = const$. Ця умова прийнята для перерізів де температурне поле одномірне і $q_n(\tau) = 0$.

Гранична умова III роду – завдання температури навколишнього середовища і закону теплообміну між поверхнею тіла і навколишнім середовищем [49]. Тобто кількість тепла, яка передається в одиницю часу з одиниці поверхні тіла в навколишнє середовище з температурою $t_c$, наприклад, в процесі охолодження ($t_n > t_c$), прямо пропорційна різниці температур між поверхнею тіла і навколишнім середовищем $t_c(\tau)$, яка в загальному випадку є функцією часу

$$q_n(\tau) = \alpha[t_n(\tau) - t_c(\tau)],$$

де $\alpha$ – коефіцієнт пропорційності (коефіцієнт теплообміну).

Для зовнішньої стіни $\alpha_{вн}$ = 8,7 Вт/(м$^2$·К), $\alpha_{зн}$ = 23 Вт/(м$^2$·К) [31]; Ззовні біля стіни зазвичай влаштовують бетонне або асфальтове вимощення, тому для цієї поверхні прийнято $\alpha_{зн}$ = 23 Вт/(м$^2$·К).

На межі дотикання шарів різниш матеріалів задано граничну умову IV роду – рівність температур $t_n(\tau) = \left[t_c(\tau)\right]_n$ та рівність теплових потоків

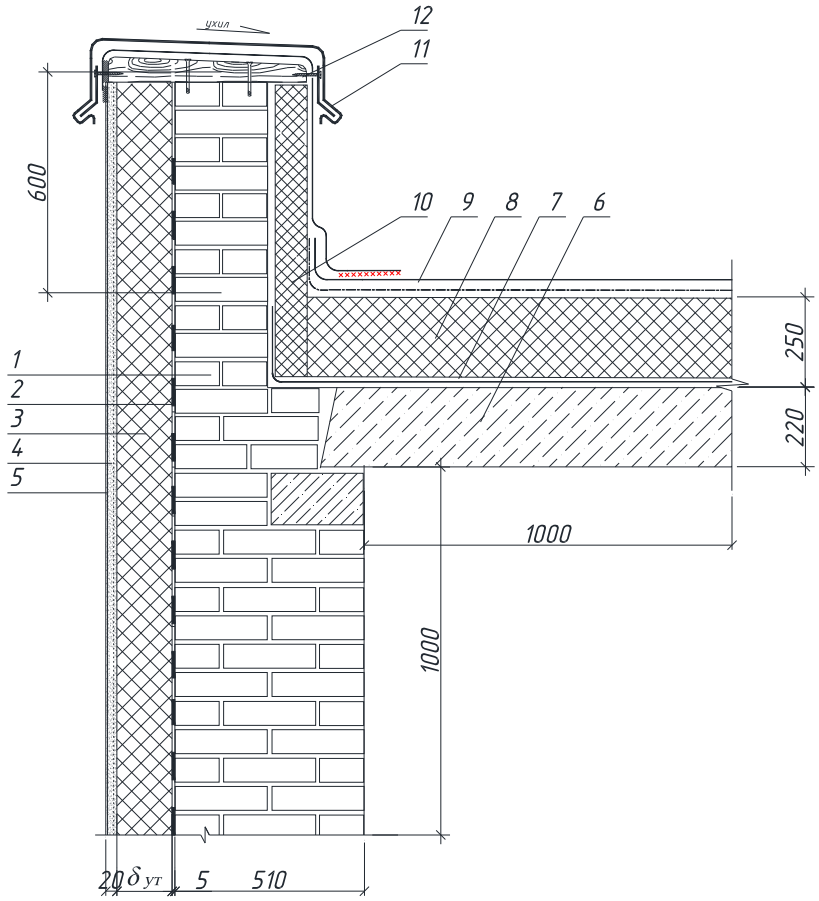
$$-\lambda_c\left(\frac{\partial t_c}{\partial n}\right)_n = -\lambda\left(\frac{\partial t}{\partial n}\right)_n.$$

У випадку, якщо теплопровідне включення розташоване на межі двох зон, то до кожної зони відносять половину значення лінійного коефіцієнту теплопередачі даного теплопровідного включення (п. 8.2.2.5.3 ДСТУ Б А.2.2-12:2015).

***Парапет суміщеної утепленої покрівлі***

Парапет суміщеної утепленої покрівлі необхідно теплоізолювати за схемою (рисунок 6.17) для уникнення промерзання кута примикання плити

покриття та зовнішньої стіни. Лінійні коефіцієнти теплопередачі такого рішення наведені у таблиці 6.5.




1 – цегляна стіна;
2 – клейовий шар для приклеювання плит утеплювача до основи, а також для вирівнювання поверхні основи;
3 – теплоізоляційний шар – мінеральна вата;
4 – армуюча склосітка;
5 – багатошарова штукатурка;
6 – залізобетонна плита перекриття;
7 – рулонна пароізоляція;
8 – теплоізоляційний шар – мінеральна вата, 250 мм;
9 – два шари руберойду;
10 – теплоізоляційний шар – мінеральна вата, 100 мм;
11 – листова сталь;
12 – антисептована дошка.

Рисунок 6.17 – Утеплення парапету суміщеної утепленої покрівлі

Приклад розрахунку. Товщина цегляної стіни 510 мм, товщина утеплювача зовнішньої стіни 150 мм, суміщеного покриття 250 мм, парапету 100 мм, теплопровідність утеплювача 0,04 Вт/(м · К).

Розрахунок лінійного коефіцієнта теплопередачі виконуємо згідно з ДСТУ ISO 10211-1 за формулою:

$$k_1 = L^{2D} - \sum_{i=1}^{j} U_j \cdot l_j = 0{,}618 - (0{,}2184 \times 1 + 0{,}1521 \times 1) = 0{,}248 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$$

де $L^{2D}$ – лінійний коефіцієнт теплового зв'язку, Вт/К, визначаємо за формулою

$$L^{2D} = \frac{Q_{\text{заг}}}{t_в - t_з} = \frac{25.966}{20 - (-22)} = 0{,}618 \text{ Вт/К}$$

де $Q_{\text{заг}}$ – тепловий потік, що проходить через розрахункову ділянку огороджувальної конструкції з теплопровідним включенням, Вт, визначають на підставі результатів розрахунку двомірного температурного поля (рисунок 6.18);

$$Q_{\text{заг}} = 25{,}966 \text{ Вт}$$

де $t_в$, $t_з$ – температура, ℃, відповідно внутрішнього та зовнішнього повітря. Розрахунок виконуємо для житлового будинку розташованого у І-й температурній зоні. Тоді за таблицею В.2 додатку В [20] $t_в = 20$ ℃; а за таблицею В.4 додатку В [20] $t_з = -22$ ℃;

$U_j$ – коефіцієнт теплопередачі одновимірного фрагмента, $Вт/(м^2 \cdot К)$, який розділяє два досліджуваних середовища визначаємо за формулою

$$U_1 = \frac{1}{R_{\Sigma i}} = \frac{1}{4{,}579} = 0{,}2184 \; Вт/(м^2 \cdot К)$$

де $R_{\Sigma i}$ – опір теплопередачі термічно однорідної частини конструкції зовнішньої стіни, $м^2 \cdot К/Вт$, визначаємо за формулою:

$$R_{\Sigma i} = \frac{1}{\alpha_в} + \sum_{i=1}^{n} R_i + \frac{1}{\alpha_з} = \frac{1}{\alpha_в} + \frac{\delta_1}{\lambda_{1р}} + \frac{\delta_2}{\lambda_{2р}} + \frac{\delta_3}{\lambda_{3р}} + \frac{\delta_4}{\lambda_{4р}} + \frac{\delta_5}{\lambda_{5р}} + \frac{1}{\alpha_з} =$$

$$= \frac{1}{8{,}7} + \frac{0{,}02}{0{,}81} + \frac{0{,}51}{0{,}81} + \frac{0{,}005}{0{,}93} + \frac{0{,}15}{0{,}04} + \frac{0{,}01}{0{,}93} + \frac{1}{23} = 4{,}579 \; м^2 \cdot К/Вт$$

де $\delta_1$, $\delta_2$, $\delta_3$, $\delta_4$, $\delta_5$ – товщина відповідно штукатурки, цегли, клейової суміші, утеплювача та декоративної штукатурки, м;

$\lambda_{1р}$, $\lambda_{2р}$, $\lambda_{3р}$, $\lambda_{4р}$, $\lambda_{5р}$ – теплопровідність відповідно штукатурки, цегли, клейової суміші, утеплювача, та декоративної штукатурки, Вт/(м · К), приймаємо за табл. А1 [31];

$\alpha_в$, $\alpha_з$ – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огороджувальної конструкції, Вт/(м$^2$ · К), які приймають згідно з додатком Б [31];

$\alpha_в = 8{,}7\ Вт/(м^2 \cdot К)$; $\alpha_{зн} = 23\ Вт/(м^2 \cdot К)$;

$l_1$ – довжина, м, до якої застосовано значення $U_1$.

$$l_1 = 1 \text{ м}$$

$$U_2 = \frac{1}{R_{\Sigma cci}} = \frac{1}{6{,}575} = 0{,}1521\ Вт/(м^2 \cdot К)$$

де $R_{\Sigma cci}$ – опір теплопередачі термічно однорідної частини конструкції суміщеного покриття, м$^2$ · К/Вт, визначаємо за формулою:

$$R_{\Sigma cci} = \frac{1}{\alpha_в} + \sum_{i=1}^{n} R_i + \frac{1}{\alpha_з} = \frac{1}{\alpha_в} + \frac{\delta_1}{\lambda_{1р}} + \frac{\delta_2}{\lambda_{2р}} + \frac{\delta_3}{\lambda_{3р}} + \frac{1}{\alpha_з} =$$

$$= \frac{1}{8{,}7} + \frac{0{,}22}{2{,}04} + \frac{0{,}25}{0{,}04} + \frac{0{,}01}{0{,}17} + \frac{1}{23} = 6{,}575\ м^2 \cdot К/Вт$$

де $\delta_1$, $\delta_2$, $\delta_3$ – товщина відповідно залізобетонної плити, утеплювача та руберойду, м;

$\lambda_{1р}$, $\lambda_{2р}$, $\lambda_{3р}$ – теплопровідність відповідно залізобетонної плити, утеплювача та руберойду, Вт/(м · К), приймаємо за табл. А1 [31];

$\alpha_в$, $\alpha_з$ – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огороджувальної конструкції, Вт/(м$^2$ · К), які приймають згідно з додатком Б [31];

$\alpha_в = 8{,}7\ Вт/(м^2 \cdot К)$; $\alpha_{зн} = 23\ Вт/(м^2 \cdot К)$;

$l_2$ – довжина, м, до якої застосовано значення $U_2$.

$$l_2 = 1 \text{ м}$$

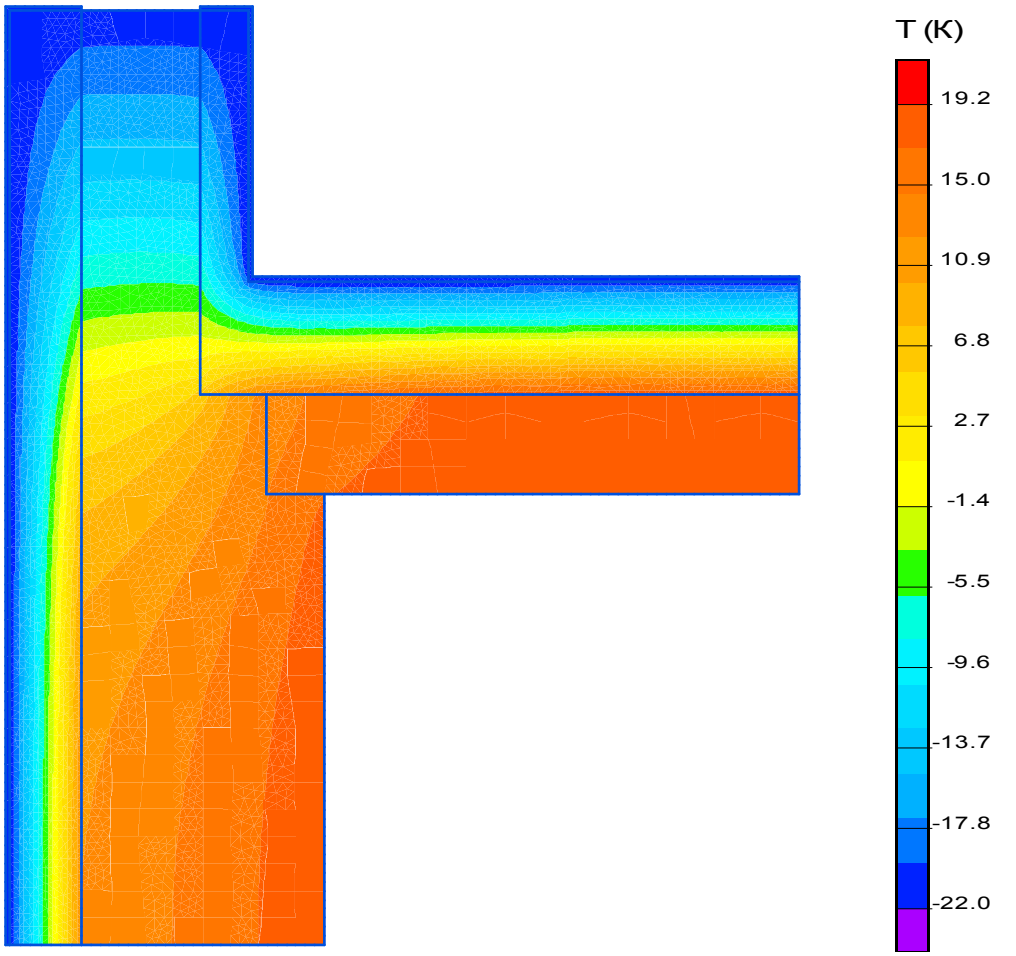



Рисунок 6.18 – Картина температурного поля – парапет суміщеної покрівлі

Таблиця 6.5

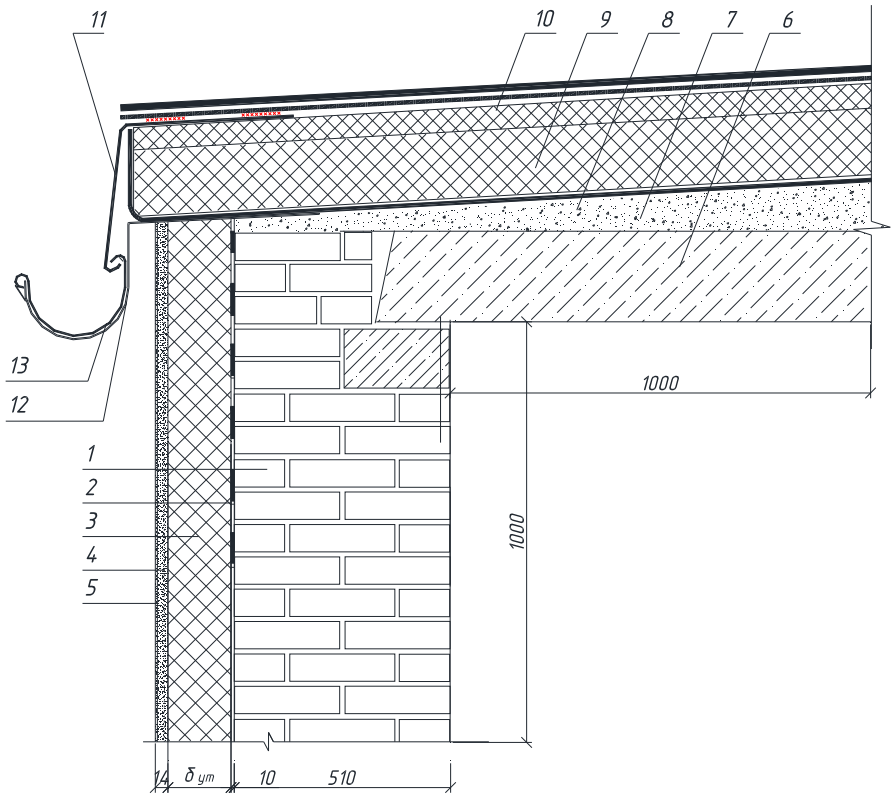
Парапет суміщеної покрівлі

| Лінійний коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м·К), залежно від параметрів теплоізоляційного шару | | | |
|---|---|---|---|
| Розрахункова теплопровідність, Вт/(м·К) | товщина теплоізоляції зовнішньої стіни, δут | | |
| | 120 мм | 150 мм | 180 мм |
| 0,035 | 0,245 | 0,241 | 0,237 |
| 0,040 | 0,252 | 0,248 | 0,243 |
| 0,045 | 0,259 | 0,254 | 0,249 |

***Примикання плити покриття та зовнішньої стіни***

Теплоізоляційний шар суміщеної покрівлі необхідно робити нерозривним з теплоізоляцією зовнішньої стіни за схемою (рисунок 6.19) для уникнення промерзання кута примикання плити покриття та зовнішньої

стіни. Лінійні коефіцієнти теплопередачі такого рішення наведені у таблиці 6.3. Конструктивні рішення з влаштування системи зовнішнього водовідведення та огородження даху повинні мати мінімальний вплив на цілісність тепло- і гідроізоляційного шару покрівлі. Розрахунок проведено методом кінцевих елементів, результат за одним з варіантів з таблиці 6.6 наведено на рисунку 6.20.




1 – цегляна стіна;
2 – клейовий шар для приклеювання плит утеплювача до основи та вирівнювання поверхні основи;
3 – теплоізоляційний шар – мінеральна вата;
4 – армуюча склосітка;
5 – багатошарова штукатурка;
6 – залізобетонна плита перекриття;
7 – ухилоутворюючий шар з легкого бетону;
8 – рулонна пароізоляція;
9 – теплоізоляційний шар – мінеральна вата, 250 мм;
10 – два шари руберойду;
11 – карнизна планка;
12 – кронштейн;
13 – ринва.

Рисунок 6.19 – Утеплення примикання плити покриття та зовнішньої стіни

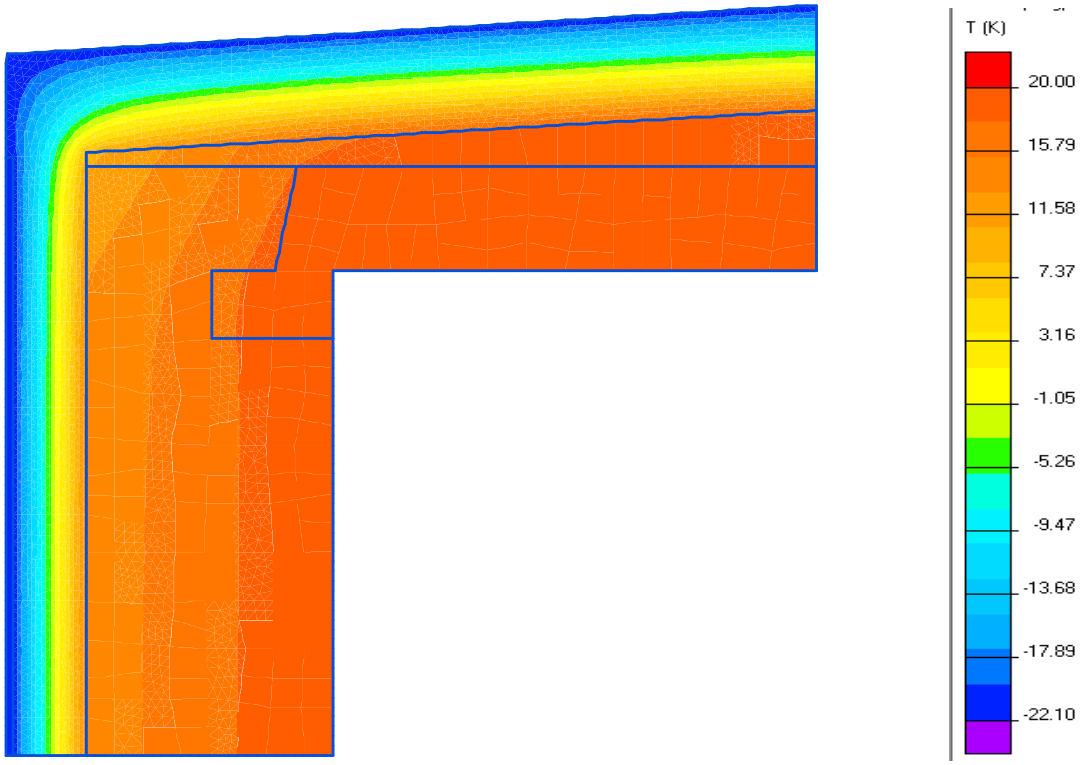



Рисунок 6.20 – Картина температурного поля вузла примикання плити покриття та зовнішньої стіни

Таблиця 6.6

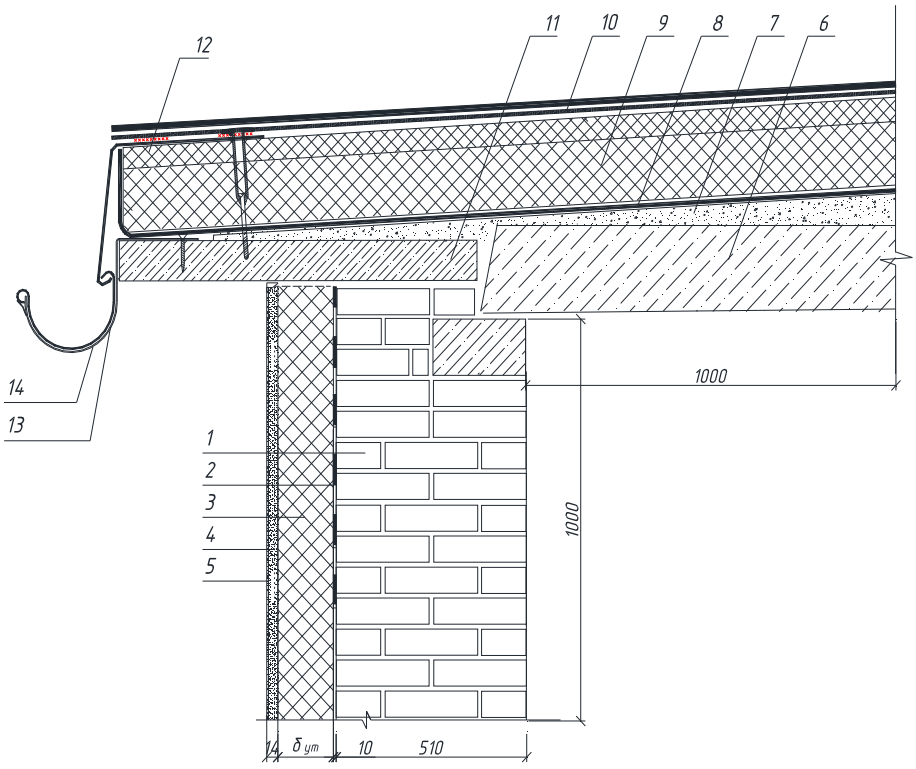
Суміщена покрівля без карнизу

| Лінійний коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м·К), залежно від параметрів теплоізоляційного шару | | | |
|---|---|---|---|
| Розрахункова теплопровідність, Вт/(м·К) | товщина теплоізоляції зовнішньої стіни, $\delta_{ут}$ | | |
| | 120 мм | 150 мм | 180 мм |
| 0,040 | 0,162 | **0,152** | 0,144 |
| 0,045 | 0,168 | 0,157 | 0,149 |
| 0,050 | 0,175 | 0,162 | 0,153 |

***Карнизна частина будівлі з залізобетонною плитою утепленою лише з одного боку***

Розрахунок температурного поля карнизної частини будівлі з залізобетонною плитою утепленою лише з одного боку (рисунок 6.21)

показую на скільки технологічний розрив у теплоізоляційній оболонці зменшує її ефективність.




1 – цегляна стіна;
2 – клейовий шар для приклеювання плит утеплювача до основи, а також для вирівнювання поверхні основи;
3 – теплоізоляційний шар – мінеральна вата;
4 – армуюча склосітка;
5 – багатошарова штукатурка;
6 – залізобетонна плита перекриття;
7 – ухилоутворюючий шар з легкого бетону;
8 – рулонна пароізоляція;
9 – теплоізоляційний шар – мінеральна вата, 250 мм;
10 – два шари руберойду;
11 – залізобетонна карнизна плита;
12 – карнизна планка;
13 – кронштейн;
14 – ринва.

Рисунок 6.21 – Схема утеплення карнизної частини будівлі з залізобетонною плитою утепленою лише з одного боку

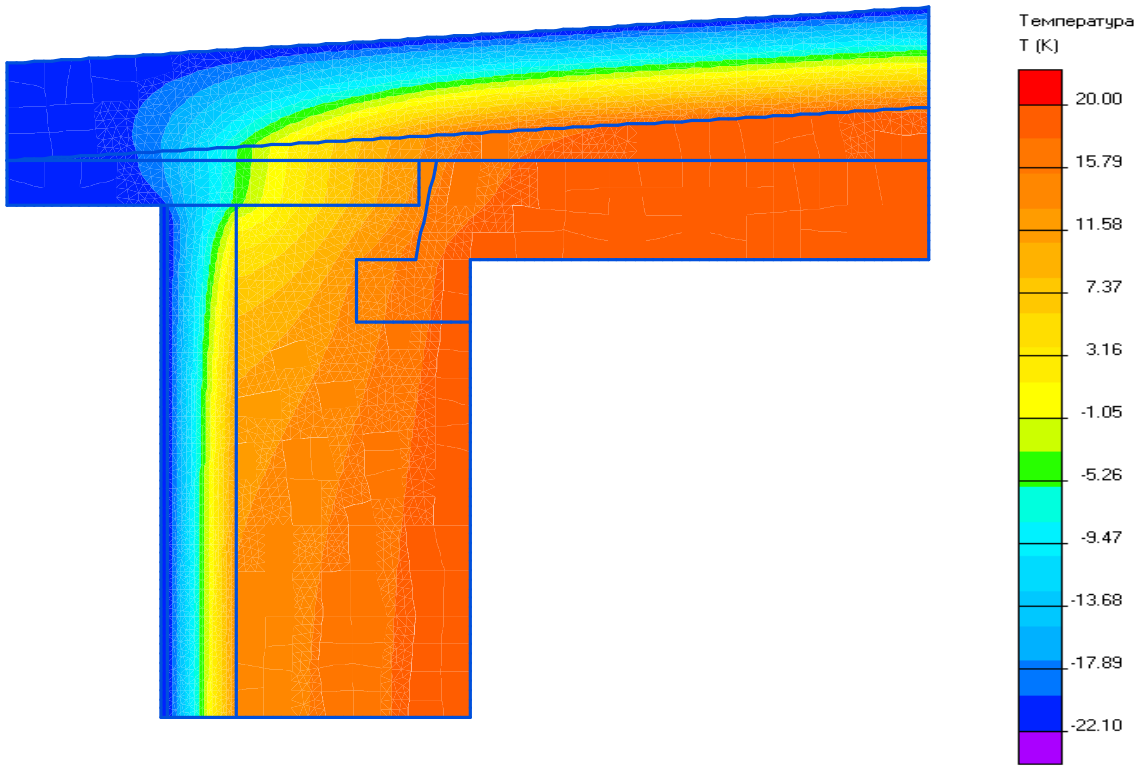



Рисунок 6.22 – Картина температурного поля карниза з залізобетонною плитою

Таблиця 6.7

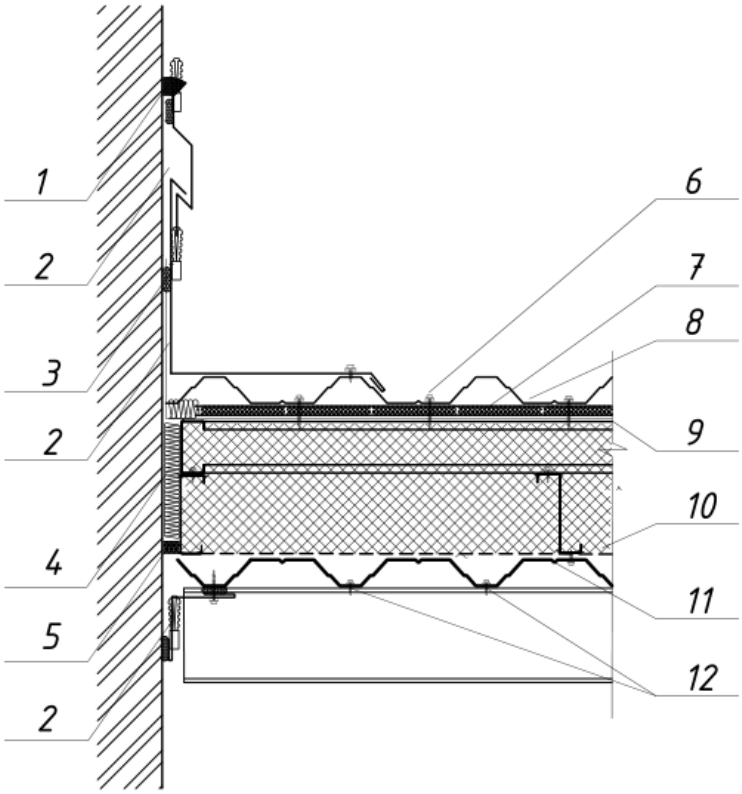
Суміщена покрівля з карнизною плитою

| Лінійний коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м·К), залежно від параметрів теплоізоляційного шару | | | |
|---|---|---|---|
| Розрахункова теплопровідність, Вт/(м·К) | товщина теплоізоляції зовнішньої стіни, δут | | |
| | 120 мм | 150 мм | 180 мм |
| 0,040 | 0,447 | **0,448** | 0,470 |
| 0,045 | 0,446 | 0,447 | 0,451 |
| 0,050 | 0,445 | 0,446 | 0,432 |

***Примикання суміщеної утепленої покрівлі з сандвіч-панелей поелементної зборки до кам'яних стін існуючих будівель***

Примикання суміщеної утепленої покрівлі до кам'яних стін існуючих будівель при реконструкції необхідно теплоізолювати за схемою (рис. 6.23) для уникнення промерзання кута між покрівлею та зовнішньою стіною. Лінійні коефіцієнти теплопередачі такого рішення наведені у таблиці 6.8. Враховуючи, що основні тепловтрати відбуваються крізь неутеплену стіну

існуючої будівлі, то лінійний коефіцієнт практично не залежить від теплотехнічних характеристик покрівлі. Результат розрахунку температурного поля з термовкладишами для ізолювання металевих елементів від поверхом з від'ємними температурами довів необхідність дотримання конструктивного рішення з безперервним теплоізолюючим шаром (рис. 6.24).




1 – поліуретановий герметик;
2 – фасонна планка;
3 – анкер з ущільнювачем;
4 – поліуретанова прокладка;
5 – ущільнююча мастика; 6 – гвинт самонарізний 5,5×50;
7 – термопрокладка 10 мм / 50 мм;
8 – панель покрівлі ПК-35/0,7;
9 – супердифузійна мембрана;
10 – паробар'єр;
11 – панель покрівлі ПК-60/0,7;
12 – гвинт самонарізний 5,5×25

Рисунок 6.23 – Вузол примикання суміщеної покрівлі до кам'яної стіни

Таблиця 6.8

Примикання суміщеної покрівлі до кам'яної стіни

| Розрахункова теплопровідність утеплювача у складі суміщеної покрівлі, Вт/(м·К) | Лінійний коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м·К), залежно від наявності термовкладишів | |
|---|---|---|
| | з термовкладишем | без термовкладиша |
| 0,035 | 0,512 | 0,823 |
| 0,040 | 0,515 | 0,824 |
| 0,045 | 0,518 | 0,825 |
| 0,050 | 0,521 | 0,826 |

а) б)

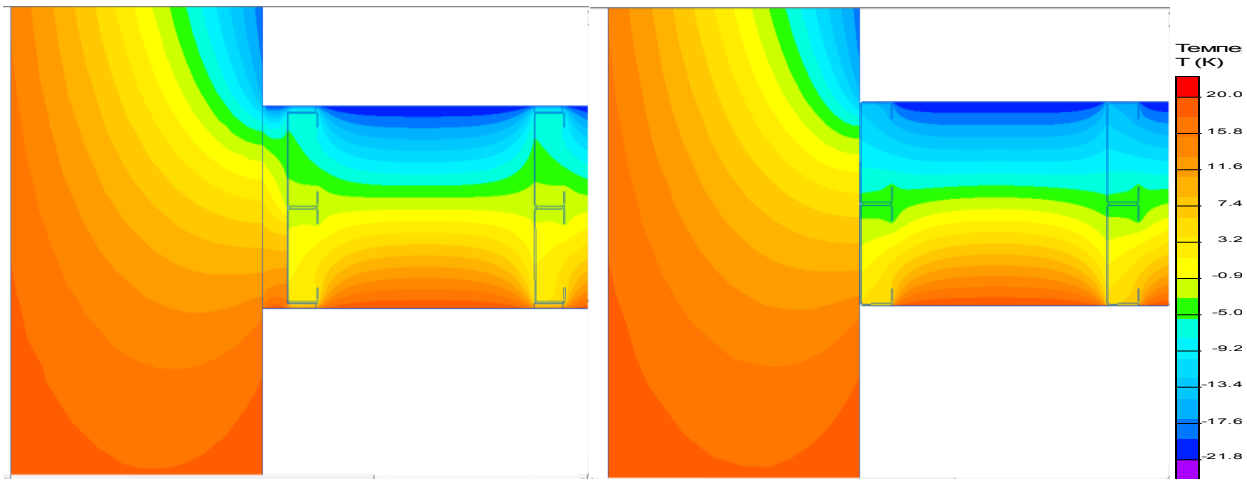
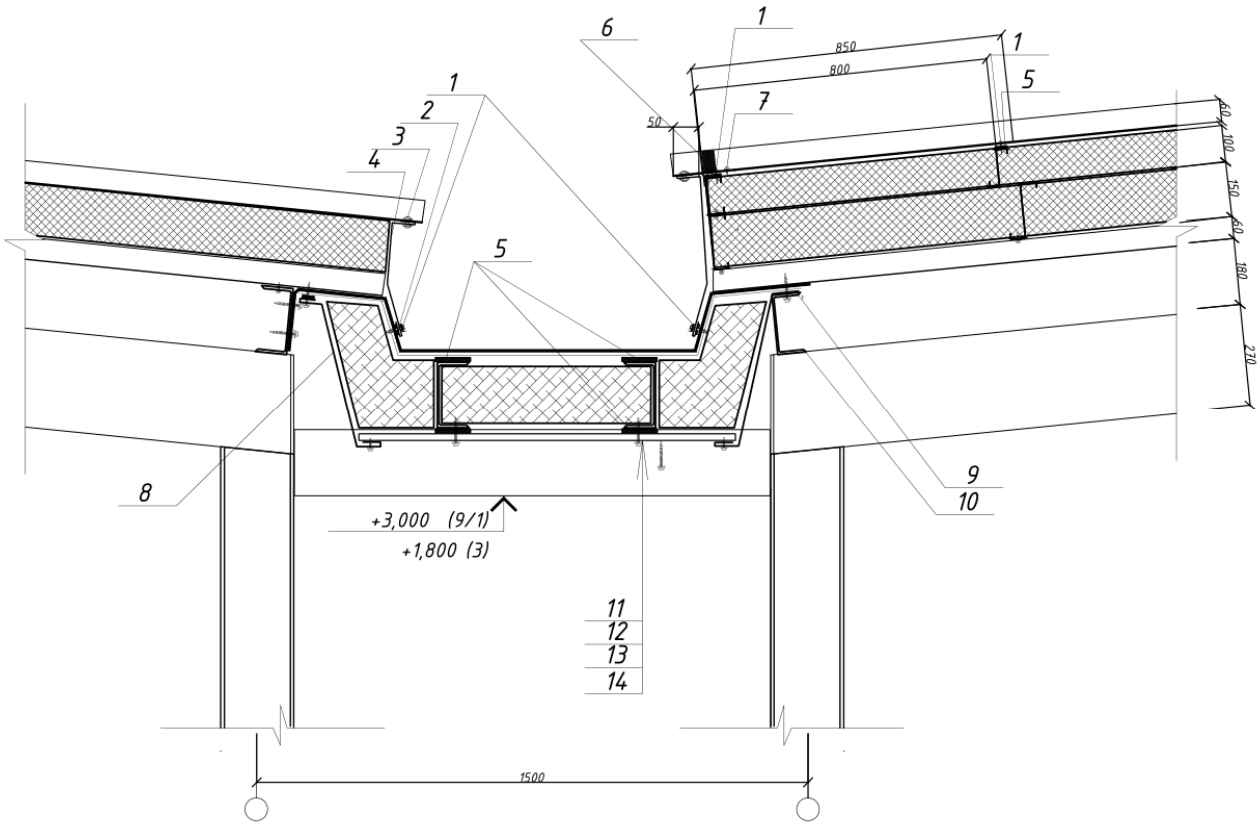



Рисунок 6.24 – Температурне поле вузла примикання суміщеної покрівлі до кам'яної стіни з урахуванням термопрокладок (а) та без додаткової теплоізоляції металевих елементів (б)

***Покрівля з сандвіч-панелей поелементного збирання з утепленим водостічним лотком***

Теплоізоляційний шар суміщеної покрівлі необхідно робити нерозривним з теплоізоляцією утепленого водостічного лотка за схемою (рис 6.25). Лінійні коефіцієнти теплопередачі такого рішення наведені у таблиці 6.9. Моделювання температурного поля довело значний вплив конструктивного рішення лотка на приведений опір теплопередачі суміщеної покрівлі внаслідок складної геометричної форми та наявності «містків холоду». Конструктивні рішення з влаштування системи зовнішнього водовідведення повинні мати мінімальний вплив на цілісність тепло- і гідроізоляційного шару покрівлі (рис. 6.26).




1 – гвинт самонарізний 5,5×50;
2 – герметик для зовнішніх робіт;
3 – заклепка (крок 300 мм);
4 – фасонний елемент 1;
5 – термопрокладка 10 мм / 50 мм;
6 – внутрішній ущільнювач;
7 – гвинт самонарізний 4,8×16;
8 – фасонний елемент 2;
9 – ущільнююча стрічка;
10 – покрівельний прогон;
11 – водостічний жолоб з електропідігрівом, матеріал – оцинкована сталь, товщина 4 мм;
12 – додатковий гідроізоляційний шар;
13 – мінвата 180 мм в поліетиленовій плівці;
14 – стінова панель ТП18.

Рисунок 6.25 – Вузол примикання суміщеної покрівлі до лотка

Таблиця 6.9

Примикання суміщеної покрівлі до лотка

| Розрахункова теплопровідність утеплювача у складі суміщеної покрівлі, Вт/(м·К) | Лінійний коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м·К), залежно від наявності термовкладишів | |
|---|---|---|
| | з термовкладишем | без термовкладиша |
| 0,035 | 0,836 | 1,517 |
| 0,040 | 0,888 | 1,577 |
| 0,045 | 0,939 | 1,637 |
| 0,050 | 0,991 | 1,697 |

а) б)

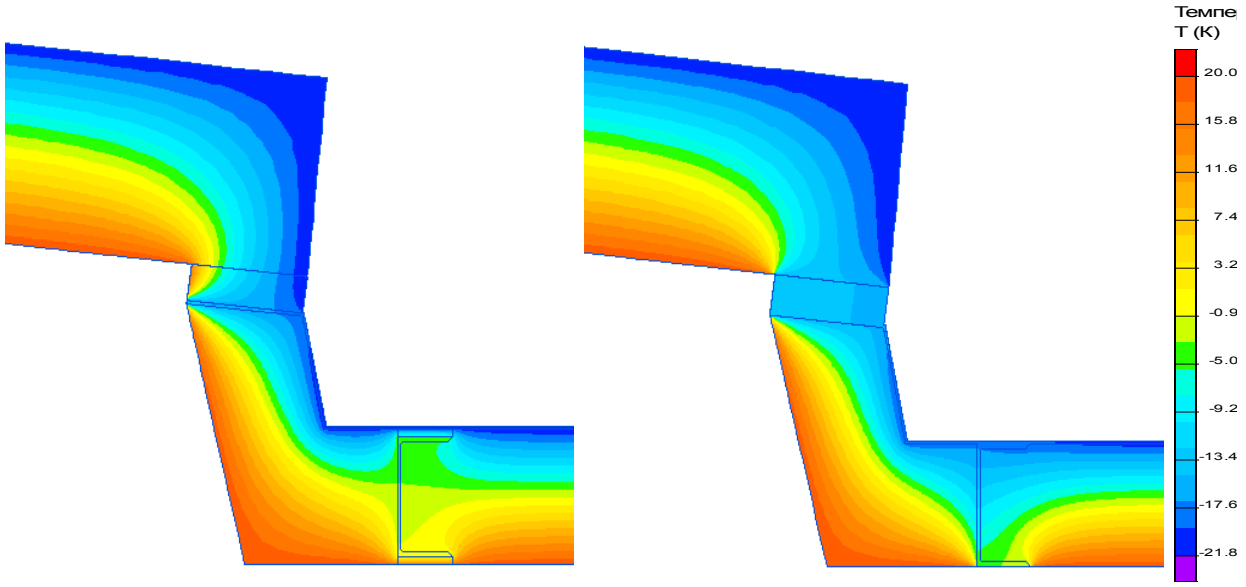



Рисунок 6.26 – Температурне поле вузла примикання суміщеної покрівлі до лотка з урахуванням термопрокладок (а) та без додаткової теплоізоляції металевих елементів (б)

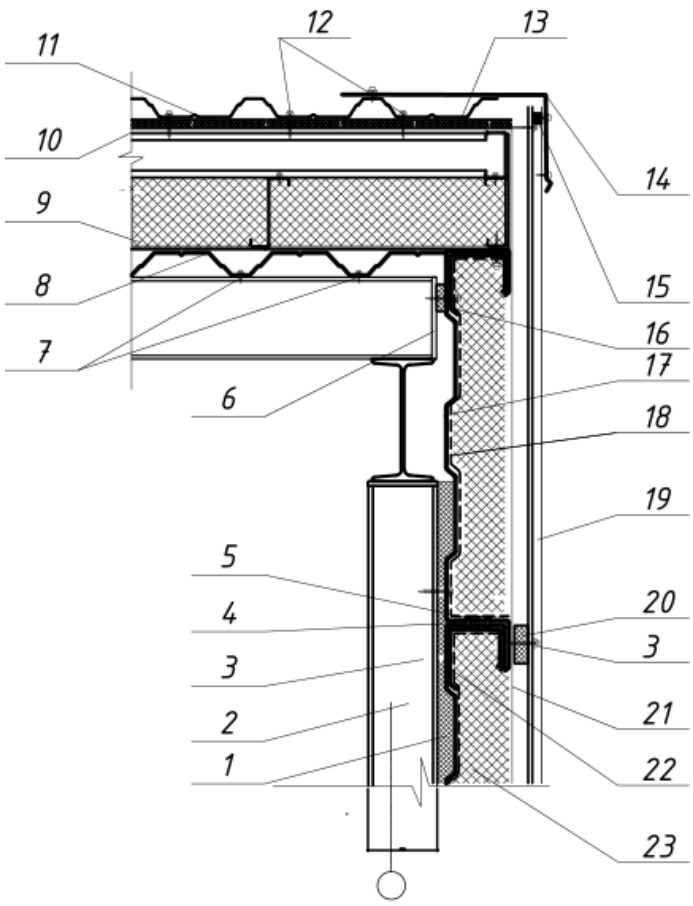
***Кут примикання покрівлі та стіни з сандвіч-панелей поелементного збирання***

Ефективність теплоізоляційного шару у наведеному вузлі залежить від його безперервності та зменшення впливу містків холоду (рис 6.27). Всі металеві елементи, які контактують одночасно із внутрішнім і зовнішнім середовищем повинні бути теплоізольовані. Влив конструктивних рішень з термопрокладками та без них ілюструють температурні поля відповідних елементів (рис. 6.28). Лінійні коефіцієнти теплопередачі таких рішень наведені у таблиці 6.10. Їх аналіз показує, що термоізоляція металевих елементів в два рази зменшує лінійних коефіцієнтів при розрахунку приведеного опору теплопередачі конструкцій.

Таблиця 6.10

Примикання суміщеної покрівлі до лотка

| Розрахункова теплопровідність утеплювача у складі суміщеної покрівлі та стіни, Вт/(м·К) | Лінійний коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м·К), залежно від наявності термовкладишів | |
|---|---|---|
| | з термовкладишем | без термовкладиша |
| 0,035 | 0,629 | 1,133 |
| 0,040 | 0,635 | 1,184 |
| 0,045 | 0,642 | 1,234 |
| 0,050 | 0,649 | 1,285 |




1 – ущільнювач колона – сендвіч
2 – колона каркасу
3 – саморіз 4,8×28 з прокладкою
4 – ущільнювач сендвіча горизонтальний
5 – саморіз з пресшайбою 4,2×16
6 – пластина 6 мм
7 – гвинт самонарізний 5,5×25
8 – панель покрівлі П-60/0,7
9 – паробар'єр
10 – супердифузійна мембрана
11 – панель покрівлі ПК-35/0,7
12 – гвинт самонарізний 5,5×50
13 – термопрокладка 10 мм / 50 мм
14 – карнизна планка
15 – зовнішній ущільнювач
16 – термопрокладка
17 – сендвич-профіль рядовий
18 – пароізоляція
19 – панель металева ТП-18
20 – термороздільна смуга
21 – вітрогідроізоляційна мембрана
22 – елемент жорсткості
23 – теплоізоляція

Рисунок 6.27 – Вузол примикання суміщеної покрівлі до стіни з сандвіч-панелей по елементної зборки

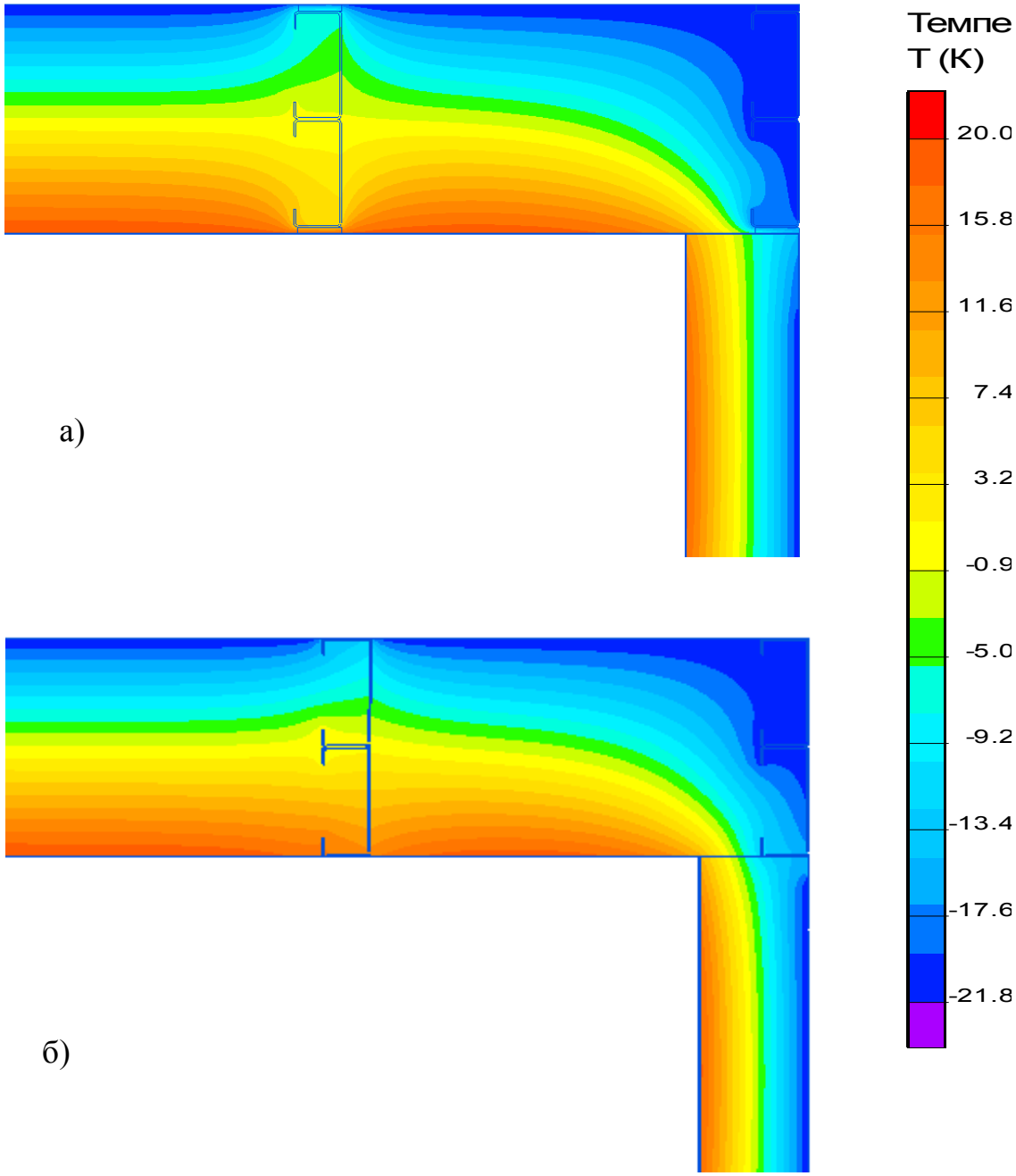



Рисунок 6.28 – Температурне поле вузла примикання суміщеної покрівлі до стіни з урахуванням термопрокладок (а) та без додаткової теплоізоляції металевих елементів (б)

Уточнення методики розрахунку тепловтрат крізь суміщене покриття та впровадження в практику утеплення типових енергоефективних конструктивних вузлів карнизної частини суміщеної покрівлі, примикання до

вентиляційних шахт та дахових надбудов дозволить значно підвищити теплозахист будинку.

### 6.5 Особливості експлуатації горищних дахів з холодним горищем

Основним заходом, який виключає конденсацію вологи в суміщених покриттях, є вентиляція їх товщі зовнішнім повітрям. Влаштування пароізоляції біля внутрішньої поверхні огороджувальних конструкцій має при цьому допоміжне призначення – для зменшення кількості елементів і спрощення конструкції вентиляційних систем.

Елементами вентиляційних систем слід призначати (по мірі ускладнення):

- ✓ повітряний прошарок над шаром теплоізоляції;
- ✓ компенсатори з осушувальними патрубками;
- ✓ продухи з карнизними і рядовими флюгарками;
- ✓ канали з магістральними флюгарками.

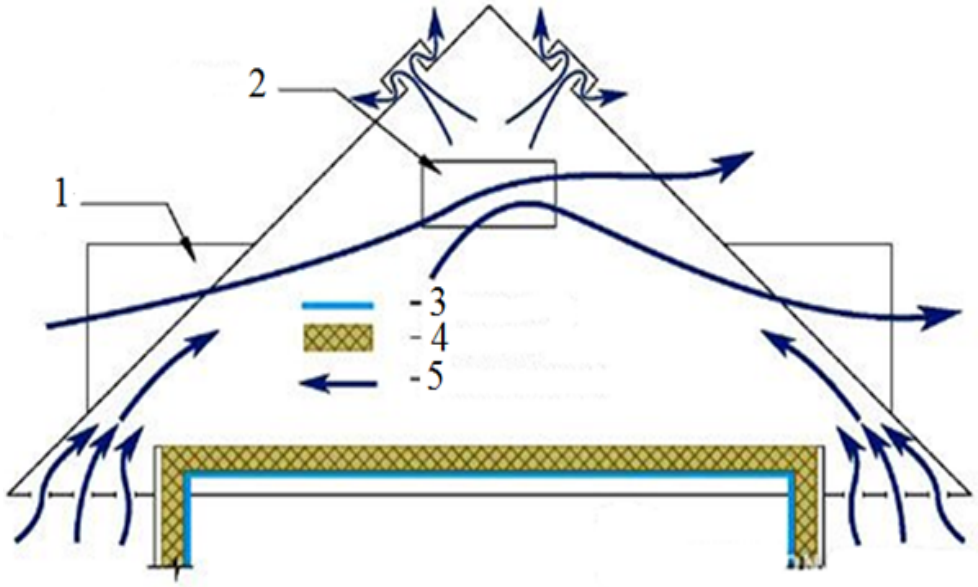
Вентиляційні продухи і канали слід передбачати тільки у товщі негорючих теплоізоляційних матеріалів: мінімальна межа вогнестійкості покрівельного килима при цьому повинна складати не менше ніж 0,5 год при мінімальній межі розповсюдження вогню по ньому, що дорівнює нулю.

Методика вибору і розрахунку вентиляційних систем наведена в додатку 4 ДБН В.2.6-14-97.

Більшість горищних дахів експлуатуються з порушенням вентиляційного режиму. Наслідками є гниття та ураження грибком дерев’яної кроквяної системи скатних дахів, а також руйнування карнизів. В залізобетонних горищних дахах з малим ухилом спостерігається утворення чорної плісняви на внутрішніх поверхнях. Заходи по ремонту часто передбачають усунення наслідків порушення вентиляційного режиму, а не його відновлення, тому ремонтні роботи потрібно повторювати.

При проведенні технічного обстеження дахів важливо встановити причину порушення роботи конструкцій. Тоді заходи по відновленню експлуатаційних властивостей відповідних елементів покрівлі будуть максимально ефективні.

В горищному просторі потрібно забезпечити температурний режим, при якому різниця температури зовнішнього і внутрішнього повинна складати не більше 2-4°С. Необхідна різниця температур досягається як влаштуванням вентиляції горищного приміщення (рис. 6.29), так і забезпеченням достатньої теплоізоляції перекриття трубопроводів та вентиляційних шахт, що проходять через горище. Це дозволить запобігти підтаванню снігу, утворенню бурульок та криги на даху, а також утворенню конденсату на конструктивних елементах.




1 – слухове вікно; 2 – вентиляційний отвір (вікно) в щипцевій стіні; 3 – пароізоляція; 4 – утеплювач; 5 – повітря, що входить і виходить з повітряної камери.

Рисунок 6.29 – Схема утеплення, пароізоляції і вентиляції нежилого горищного приміщення:

Взимку накопичення на даху льоду, як правило супроводжується протіканням покрівлі, з'являється неорганізований водостік з покрівлі, що викликає зволоження і забруднення фасаду, руйнування водостічних труб, обрушення льоду зі схилів. Основною причиною обледеніння і зволоження даху є наявність в горищному просторі надлишкового тепла та вологи, що поступають через горищні перекриття та покрівлю, під впливом сонця.

Під час невеликих морозів температура повітря горищного приміщення більше 0°С. При цьому сніг на даху розтає, а вода як тільки досягає холодних ділянок покрівлі над карнизом замерзає. Внаслідок високої відносної вологості повітря в горищному просторі утворюється рясний конденсат на внутрішній поверхні холодної покрівлі. Коли температура опускається нижче 0°С на ній випадає іній. На внутрішній поверхні покрівлі збирається конденсат і води від танення інею, що стікаючи, зволожують горищне перекриття.

Природне провітрювання горищних приміщень лише через жалюзійні решітки слухових вікон, що знаходяться на схилах даху, неефективно внаслідок нераціонального розташування вентиляційних отворів на одному рівні. При організації вентиляції приміщень, поряд із забезпеченням необхідного повітрообміну, важливе значення має отримання повного охоплення зовнішнім повітрям всього підпокрівельного простору. При розміщенні малопродуктивних вентиляційних отворів в розосереджених по даху слухових вікнах це положення не виконується. У горищному приміщенні утворюються зони з застійним повітрям [92].

Найкращий ефект природного провітрювання досягається при влаштуванні вентиляційних отворів під схилом (рис. 6.30) і гребеневою планкою покрівлі. Площа перерізу слухових вікон та продухів повинна складати не менше 1/300 – 1/500 площі горищного приміщення. Карнизні продухи виконують у вигляді щілини між цеглою та покрівлею (щілинні продухи) шириною 2-2,5 см або влаштовують окремі отвори (розміром 20×20 см) в прикарнизних частинах стіни з обов'язковим встановленням решітки.

Продухи біля гребеневої планки роблять у вигляді суцільної щілини шириною 5 см або у вигляді окремих отворів (флюгарок) через 6- 8м.

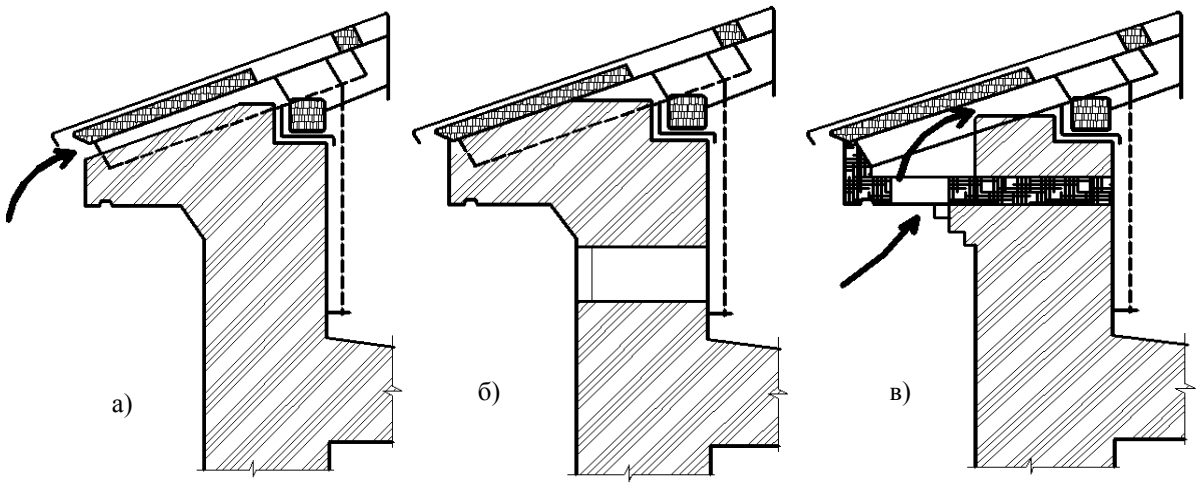



Рисунок 6.30 – Види вентиляційних карнизних продухів:

а – підкарнизний щілинний продух;

б – прикарнизний точковий продух;

в – прикарнизний продух.

Щілинні продухи в гребеневій частині даху з дерев'яними несучими елементами наведено на рис. 6.31. Для їх влаштування в гребені даху здвигають вниз по скату краї обрешітки. Над щілиною влаштовують дощатий оголовок, який перешкоджає потраплянню в горищне приміщення атмосферних опадів. Поверхню оголовка покривають покрівельною сталлю [260].

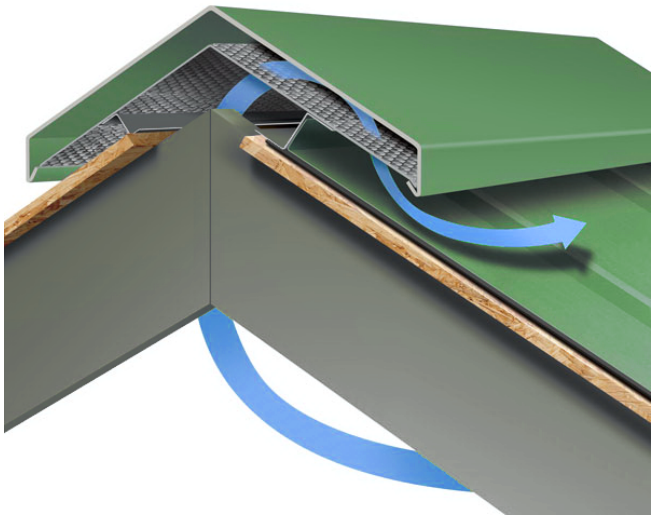


Рисунок 6.31 – Конструкція аераційної гребеневої планки [https://krovlyakrishi.ru/wp-content/uploads/2016/03/4.png.]

При обстеженні існуючих горищних дахів спостерігаються основні теплові відмови горищного перекриття – конденсація вологи на поверхні стелі, промерзання та утворення плісняви – навіть при його опорі теплопередачі, який відповідає вимогам ДБН В.2.6-31:2016. Теплові відмови виникають внаслідок порушення тепловологісного режиму горищного простору і ,як наслідок, замокання утеплювача та не якісного укладання теплоізоляційних плит.

При експлуатації горищних дахів з несучою кроквяною системою виникають наступні дефекти:

- ✓ Конденсування вологи на внутрішньому боці пароізоляційної мембрани над кроквами на всій площі даху (рис. 6.32);
- ✓ Замокання дерев’яних конструкцій кроквяної системи (рис. 6.32);





Рисунок 6.32 Конденсування вологи на внутрішніх поверхнях горища (фрагмент ТЗ Комплексні інженерні послуги по будівлі Полтавської спеціалізованої школи І-ІІІ ступенів № 3 Полтавської міської ради Полтавської області по вул. Чорновола, 4 м. Полтава, 2018 р)

- ✓ Біла пліснява на кроквах та укосах (рис. 6.33);
- ✓ Замокання утеплювача горищного перекриття внаслідок стікання сконденсованої вологи (рис 6.34);
- ✓ Руйнування карнизів внаслідок стікання конденсаційної вологи по внутрішній поверхні металевої покрівлі або мембрани (рис. 6.34).

Порушення тепловологісного режиму холодного горища відбувається внаслідок:

1. Система природної витяжної вентиляції в горищному просторі зруйновано – вентиляційні канали не перетинають настил покриття (рис. 6.35);
2. Існуюче рішення карнизу та гребеневої планки не дозволяють циркулювати повітрю вздовж внутрішнього боку схилів даху;



Рисунок 6.33 Біла пліснява на кроквах та укосах (фрагмент ТЗ Комплексні інженерні послуги по будівлі Полтавської спеціалізованої школи І-ІІІ ступенів № 3 Полтавської міської ради Полтавської області по вул. Чорновола, 4 м. Полтава, 2018 р)



Рис. 6.34. Руйнування карнизів та пліснява на кроквяній системі даху (фрагмент ТЗ Технічне обстеження даху корпусу Ц ПолтНТУ, 2017 р)

3. Існуюче рішення слухових вікон виключає основну функцію даної конструкції – провітрювання горищного простору (рис 6.35).

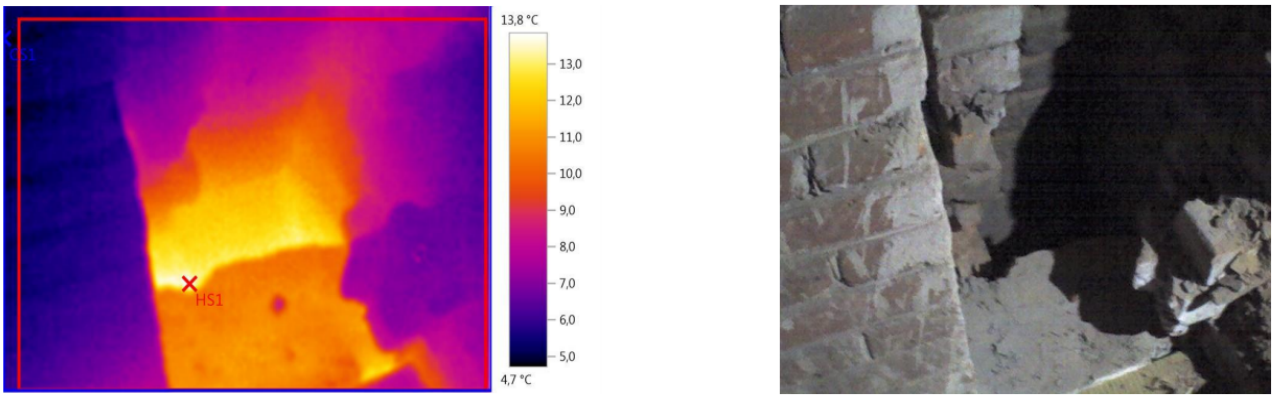



Рисунок 6.35 – Зруйнована система природної вентиляції (фрагмент ТЗ Комплексні інженерні послуги по будівлі Полтавської спеціалізованої школи І-ІІІ ступенів № 3 Полтавської міської ради Полтавської області по вул. Чорновола, 4 м. Полтава, 2018 р)



Рисунок 6.36 – Засклені слухові вікна (фрагмент ТЗ Комплексні інженерні послуги по будівлі Полтавської спеціалізованої школи І-ІІІ ступенів № 3 Полтавської міської ради Полтавської області по вул. Чорновола, 4 м. Полтава, 2018 р)

Карнизні продухи виконують важливу роль в забезпеченні збереження настінних частин даху (кінців стропильних ніг, мауерлату, обрешітки, схилів покрівлі), які знаходяться в найбільш несприятливих умовах експлуатації. Постійне проникнення через них повітря викликає провітрювання конструкції. Карнизні продухи полегшують контроль за станом покрівлі в найбільш схильних до пошкоджень місць. В центральному корпусі рекомендується відновити карнизні точкові продухи та встановити на них решітку для захисту від птахів.

Для відновлення експлуатаційних властивостей карнизів (на прикладі центрального корпуса ПолтНТУ) рекомендовано вжити наступні заходи:

Відновити карнизні точкові продухи, які були заштукатурені під час проведення попереднього ремонту. На вентиляційні отвори встановити решітки (з комірками 20×20 мм), які перешкодить гніздуванню в них птахів.

Вентиляційні канали рекомендовано відновити і підняти за рівень покриття. Провести ремонт слухових вікон та обладнати їх сталеві повітрозабірними гратами з ламелями під 45 градусів.

Розрахунок необхідної кількості карнизних продухів:

Площа даху складає 3040 м². Периметр даху 432 м. Для забезпечення вентиляції холодних дахів площа вентиляційних отворів має складати 1/300 - 1/500 площі даху. 3040/400=7,6 м² – необхідна площа вентиляційних продухів. Площа одного точкового продуха – 0,15×0,15= 0,023 м². Кількість продухів – 7,6/0,023=330 шт. Крок встановлення продухів – 432/330≈1.3 м. Рекомендовано встановлення продуху через секцію тобто з кроком 1200 мм.

Облицювання карнизу рекомендується виконати плитами Аквапанель® Зовнішня, розробленої компанією KNAUF. Плити кріпляться на стальний каркас, відстань між несучими стійками не повинна перевищувати 600 мм; кріплення виконують шурупами. Спочатку по центру плити, після цього по кутам і вздовж кромок, при монтажу плита повинна щільно прилягати до каркасу; відстань між шурупами повинна бути не більше 250 мм. Відстань від кромки до шурупа не менше 15 мм, шурупи не повинні провертатися,

попереднього просвердлювання не потрібно; між плитами залишають зазор 3-5 мм, для цього використовуються монтажні розпірки; монтаж плит проводиться зі зміщенням вертикальних стиків на відстань, рівну кроку стійок. Після монтажу всі стики та місця кріплення заповнюються шпаклювальною сумішшю; армуюча стрічка шириною 30 мм укладається в середину шва в свіжонанесену суміш; армування кутів виконується шляхом вдавлювання кутового профіля в попередньо нанесену штукатурно-клейову суміш. Останнім етапом є фарбування фасадною фарбою (рис. 6.37).

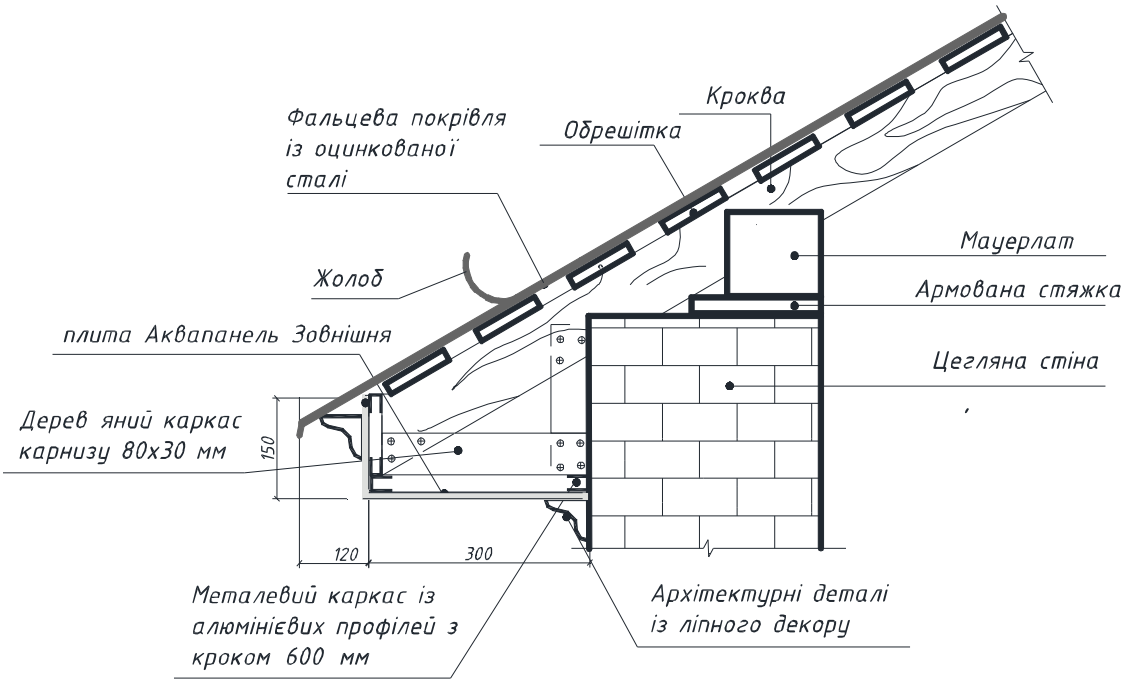



Рисунок 6.37 – Схема карнизу зовнішньої стіни

Рекомендації з подальшої експлуатації

1. Для унеможливлення потрапляння теплого вологого повітря у горищний простір крізь систему вентиляції необхідно або повністю її відновити та вивести вентиляційні канали крізь настил покриття назовні або герметично заглушити вентиляційні отвори у горищі і, обов’язково, у всіх приміщеннях.

2. Для провітрювання горищного простору рекомендовано демонтувати ПВХ рами на слухових вікнах та встановити металеві грати з

ламелями під 45°. Збільшити кількість слухових вікон (мінімум одне на кожний схил).

3. В конструкції карнизу передбачити аераційні отвори загальною площею 1/300 – 1/500 площі даху.

4. Забезпечити вільний вихід повітря крізь гребеневу планку – розкрити пароізоляційну мембрану та, при необхідності, підняти наведений елемент над площиною даху для збільшення аераційною щілини.

## 6.6 Аналіз вологісного режиму залізобетонного даху з холодним горищем

При технічному обстеженні холодних дахів спостерігається конденсація вологи на внутрішній поверхні залізобетонної плити покриття (рис. 6.38), утворення чорної плісняви та кородування елементів системи внутрішнього водовідведення (рис. 6.39). Конденсаційна волога замочує утеплювач горищного перекриття, що призводить до замокання стелі приміщень, утворення плісняви та промерзання.



Рисунок 6.38 – Конденсування вологи на внутрішній поверхні плити покриття (фрагмент звіту з технічного обстеження будівлі гуртожитку №5 НУПП, 2017 рік)



Рисунок 6.39 – Чорна пліснява на внутрішній поверхні плит покриття та корозія труб ( фрагмент ТЗ на розроблення проектно-кошт документації на капітальний ремонт покрівель Полтавської обласної клінічної лікарні ім.. М.В.Скліфасовського по вул.. Шевченка, 23 в м. Полтава, 2016 р)

Підвищення вологи в горищному просторі було внаслідок закриття вентиляційних отворів (рис. 6.40) або встановлення у них вікон. Тепле вологе повітря накопичується у не вентильованому просторі, окрім інфільтрації з приміщень верхнього поверху, також із-за не утеплених труб системи опалення та вентилювання труб каналізаційних стояків у горищний простір.

Для провітрювання горищного простору, унеможливлення накопичення вологи в утеплювачі та обмеження поширення чорної плісняви на внутрішніх поверхнях горища необхідно відкрити всі вентиляційні продухи у стінах горища. Для захисту від птахів потрібно установити сталеві повітрозабірні грати з ламелями під 45 градусів.



Рис. 6.40. Вентиляційні отвори холодного горища закрито мін ватою (фрагмент ТЗ на розроблення проектно-кошт документації на капітальний ремонт покрівель Полтавської обласної клінічної лікарні ім. М.В.Скліфасовського по вул. Шевченка, 23 в м. Полтава, 2016 р)

Для скорочення тепловтрат системою опалення з верхньою розводкою потрібно труби в межах холодного горища теплоізолювати мінераловатними матами, а каналізаційні стояки вивести за межі даху..

## 6.7 Визначення лінійних коефіцієнтів теплопередачі типових вузлів горищного даху з холодним горищем

Визначення лінійних коефіцієнтів теплопередачі здійснено на підставі розрахунків двомірних температурних полів та методики згідно з ДСТУ ISO 10211-1, ДСТУ ISO 10211-2.

***Примикання утепленого горищного перекриття до зовнішньої стіни.***

При утепленні горищного перекриття необхідно передбачити вертикальний теплоізолюючий шар по внутрішньому периметру зовнішніх

стін та продовжити фасадну теплоізоляцію до парапетної плити. Параметри внутрішнього вертикального утеплювача рекомендовано приймати 600×100 та монтувати з пароізоляційним шаром. За результатами моделювання температурного поля ззовні стіни допускається утеплювати до рівня на 500 мм вище за рівень верху утеплювача горищного перекриття. Але враховуючи складність улаштування міцного і герметичного вузла завершення фасадної теплоізоляції на рівні нижче за парапет, то конструктивно рекомендовано підводити фасадну систему під парапетну плиту (рис. 6.41).

У пункті 6.7 доведено необхідність провітрювання горищного простору, тому температура у ньому буде на 2-3 °С вища за температуру зовнішнього повітря. При невиконанні додаткового вертикального утеплення стін (рис. 6.42) у горищі спостерігається значний місток холоду через конструктивну частину зовнішньої стіни (рис. 6.43-6.45).

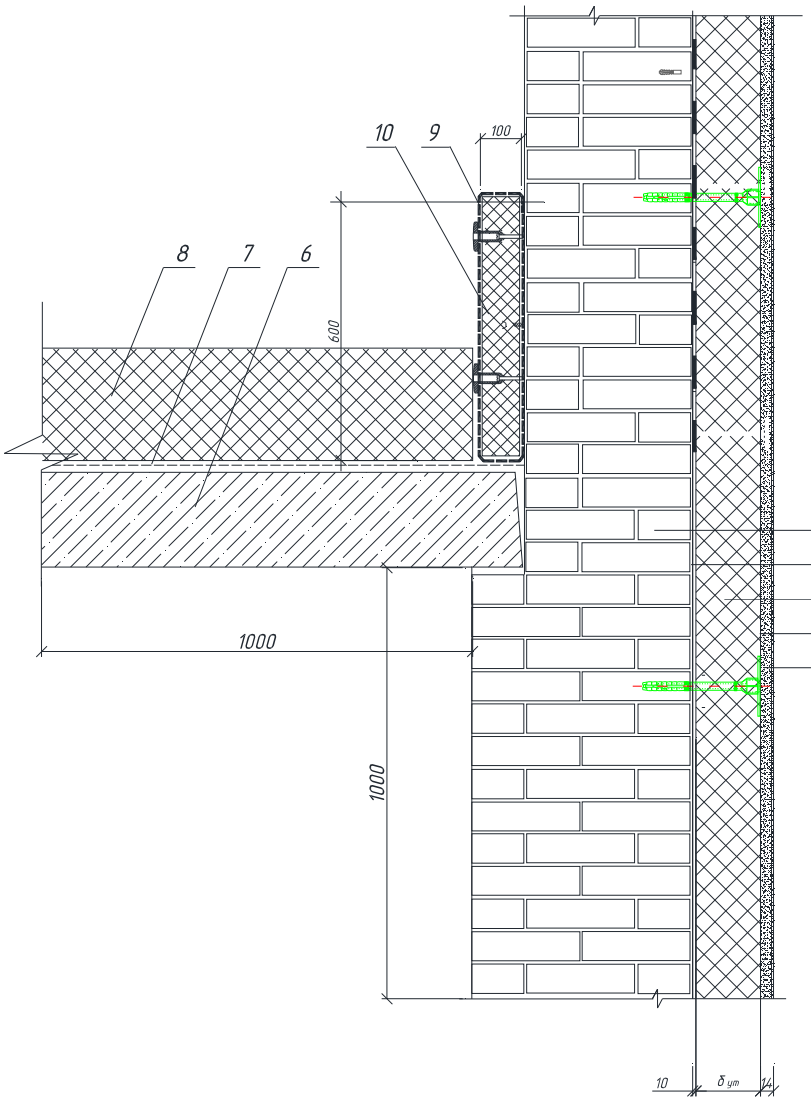
У разі відсутності внутрішнього і зовнішнього утеплення зовнішньої стіни на рівні вище за утеплювач горищного перекриття (рис. 6.43) спостерігається конденсування вологи, утворення плісняви або промерзання у кутах примикання плит перекриття до несучих стін, я також зниження дійсного приведеного значення опору теплопередачі горищного перекриття.

При неможливості робити теплоізоляційний шар безрозривним рекомендовано конструктивні рішення, які віддаляють нульову ізотерму у огороджувальній конструкції від її внутрішньої поверхні.

Таблиця 6.11

Горищна покрівля з холодним горищем з утепленням зовнішньої стіни

| Лінійний коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м·К), залежно від параметрів теплоізоляційного шару | | | |
|---|---|---|---|
| Розрахункова теплопровідність, Вт/(м·К) | товщина теплоізоляції зовнішньої стіни, δут | | |
| | 120 мм | 150 мм | 180 мм |
| 0,040 | 0,342 | 0,339 | 0,336 |
| 0,045 | 0,346 | 0,342 | 0,338 |
| 0,050 | 0,350 | 0,344 | 0,340 |



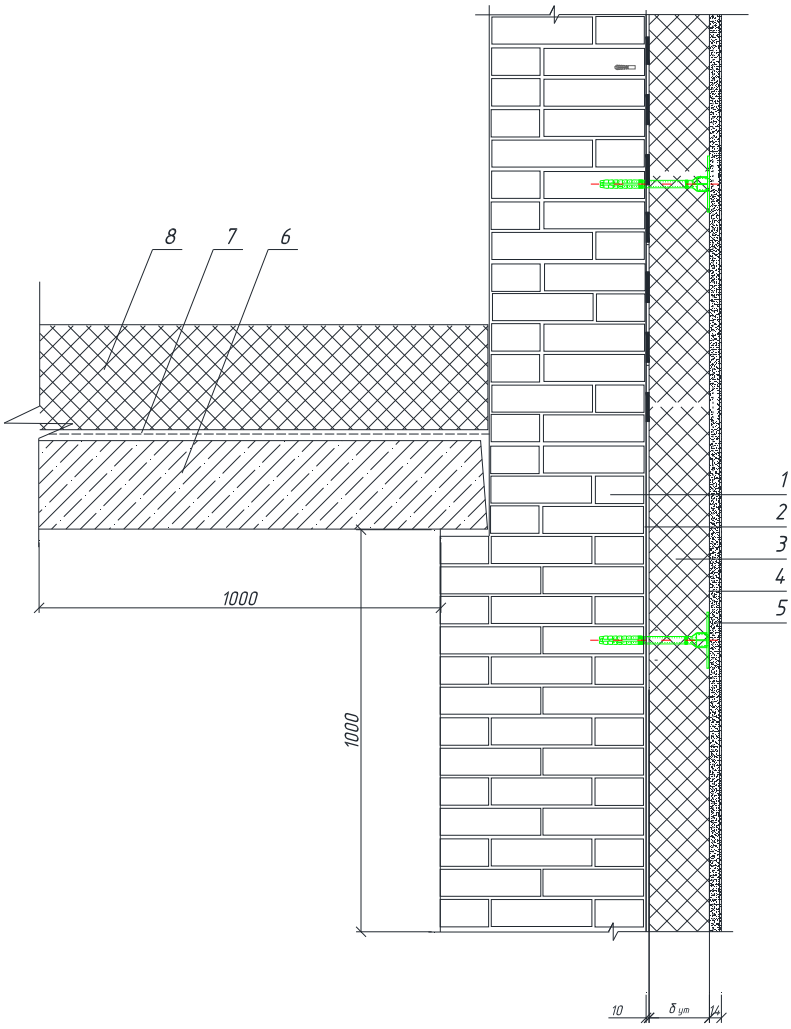

1 – цегляна стіна;
2 – клейовий шар для приклеювання плит утеплювача до основи, а також для вирівнювання поверхні основи;
3 – теплоізоляційний шар – мінеральна вата;
4 – армуюча склосітка;
5 – багатошарова штукатурка;
6 – залізобетонна плита перекриття;
7 – рулонна пароізоляція;
8 – теплоізоляційний шар – мінеральна вата, 250 мм;
9 – рулонна пароізоляція;
10 – шар вертикальної теплоізоляції.

Рисунок 6.41 – Горищна покрівля з холодним горищем з утепленням зовнішньої стіни

Таблиця 6.12

Горищна покрівля з холодним горищем з частковим утепленням зовнішньої стіни

| Лінійний коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м·К), залежно від параметрів теплоізоляційного шару | | | |
|---|---|---|---|
| Розрахункова теплопровідність, Вт/(м·К) | товщина теплоізоляції зовнішньої стіни, δут | | |
| | 120 мм | 150 мм | 180 мм |
| 0,040 | 0,415 | 0,411 | 0,408 |
| 0,045 | 0,420 | 0,415 | 0,410 |
| 0,050 | 0,425 | 0,417 | 0,413 |



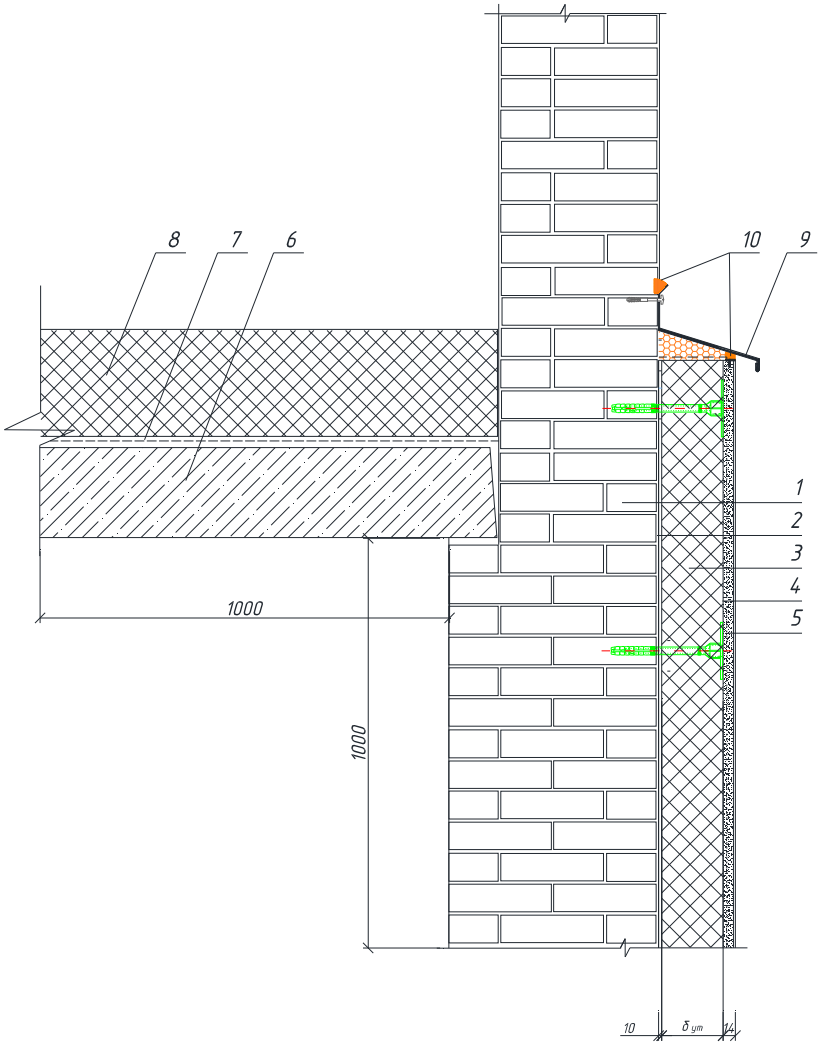

1 – цегляна стіна;
2 – клейовий шар для приклеювання плит утеплювача до основи, а також для вирівнювання поверхні основи;
3 – теплоізоляційний шар – мінеральна вата;
4 – армуюча склосітка;
5 – багатошарова штукатурка;
6 – залізобетонна плита перекриття;
7 – рулонна пароізоляція;
8 – теплоізоляційний шар – мінеральна вата, 250 мм.

Рисунок 6.42 – Горищна покрівля з холодним горищем з частковим утепленням зовнішньої стіни

Таблиця 6.13

Горищна покрівля з холодним горищем з без утеплення зовнішньої стіни

| Лінійний коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м·К), залежно від параметрів теплоізоляційного шару | | | |
|---|---|---|---|
| Розрахункова теплопровідність, Вт/(м·К) | товщина теплоізоляції зовнішньої стіни, δут | | |
| | 120 мм | 150 мм | 180 мм |
| 0,040 | 0,412 | 0,407 | 0,404 |
| 0,045 | 0,416 | 0,411 | 0,406 |
| 0,050 | 0,421 | 0,413 | 0,409 |




1 – цегляна стіна;
2 – клейовий шар для приклеювання плит утеплювача до основи, а також для вирівнювання поверхні основи;
3 – теплоізоляційний шар – мінеральна вата;
4 – армуюча склосітка;
5 – багатошарова штукатурка;
6 – залізобетонна плита перекриття;
7 – рулонна пароізоляція;
8 – теплоізоляційний шар – мінеральна вата, 250 мм;
9 – металевий фартук;
10 – поліуретановий герметик.

Рисунок 6.43 – Горищна покрівля з холодним горищем без утеплення зовнішньої стіни

Конструктивне рішення, у якому фасадна теплоізоляція не заводиться під парапетну плиту, повинно передбачати заходи по захисту від кліматичної вологи торця утеплюючого шару – влаштування металевого фартуку з герметизацією стиків.

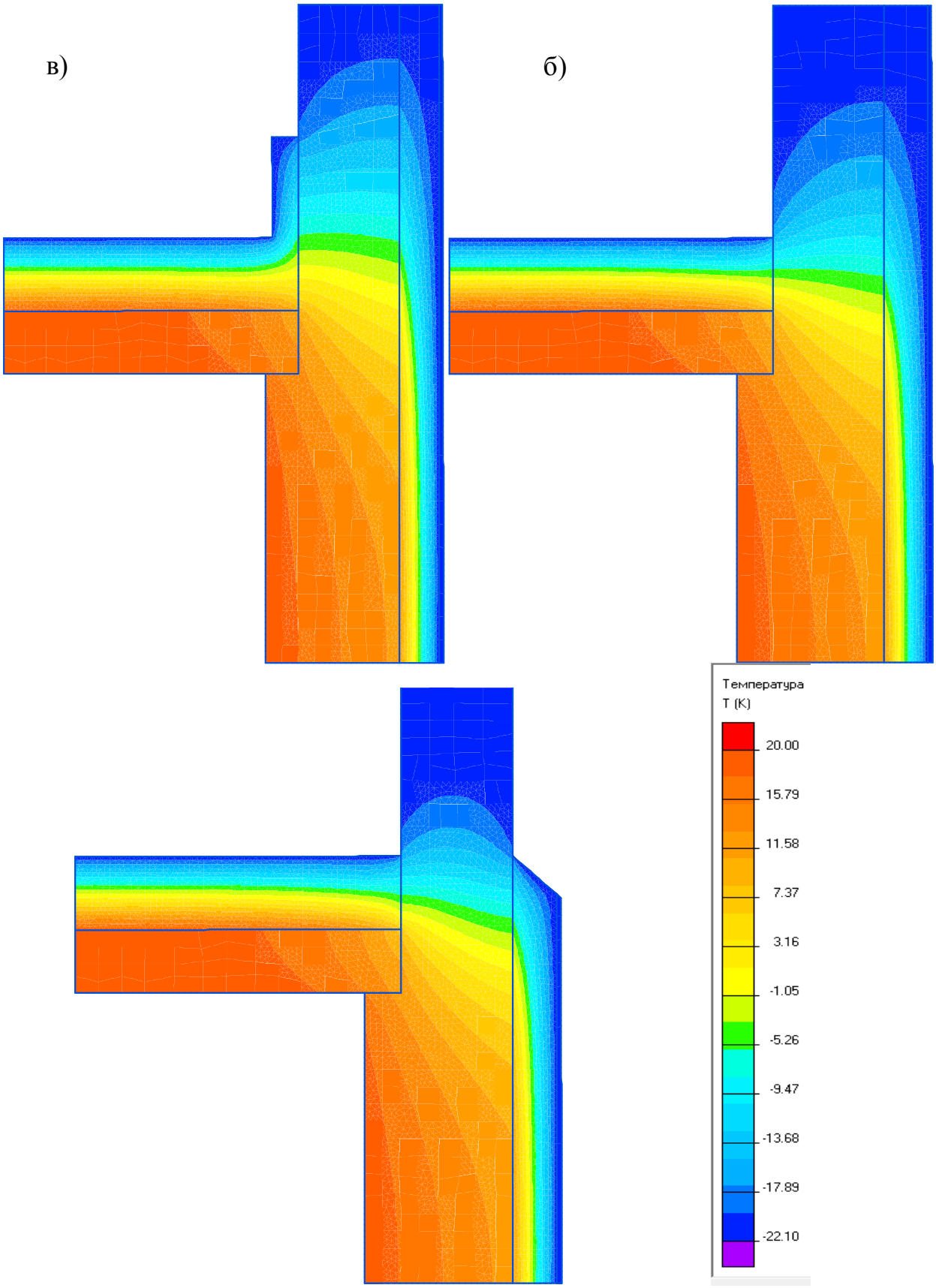



Рисунок 6.44 – Двомірне температурне поле вузла примикання горищного перекриття з утепленою (а), частково утепленою (б) та не утепленою (в) зовнішньою стіною

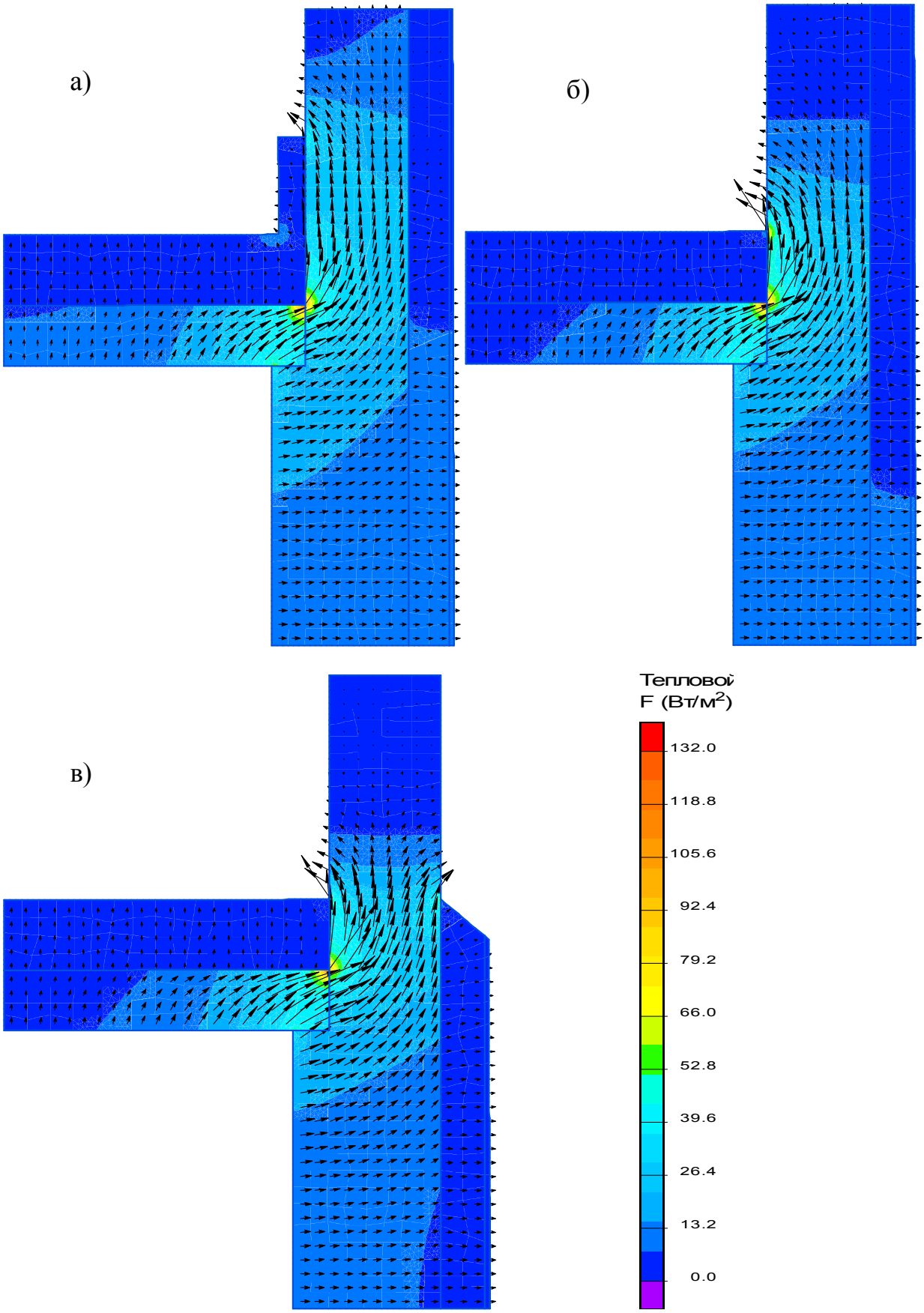
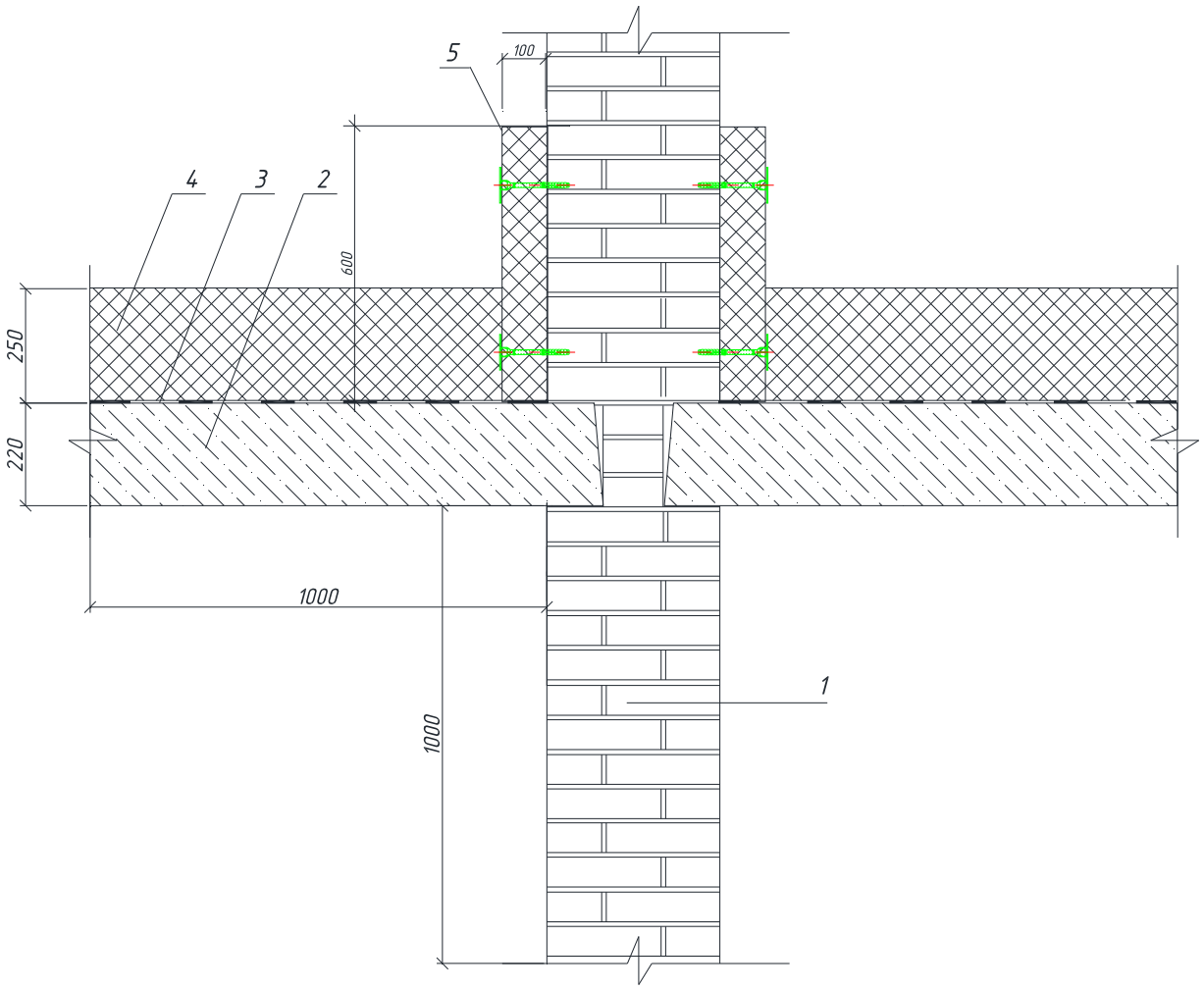



Рисунок 6.45 – Картина теплового потоку у вузлі примикання горищного перекриття з утепленою (а), частково утепленою (б) та не утепленою зовнішньою стіною (в)

***Примикання утепленого горищного перекриття до внутрішньої стіни.***

При утепленні горищного перекриття необхідно передбачити вертикальний теплоізолюючий шар по периметру з обох боків внутрішніх несучих стін, які контактують з від'ємними температурами у горищному просторі (рис. 6.46). Параметри такого утеплювача рекомендовано приймати 600×100 мм.



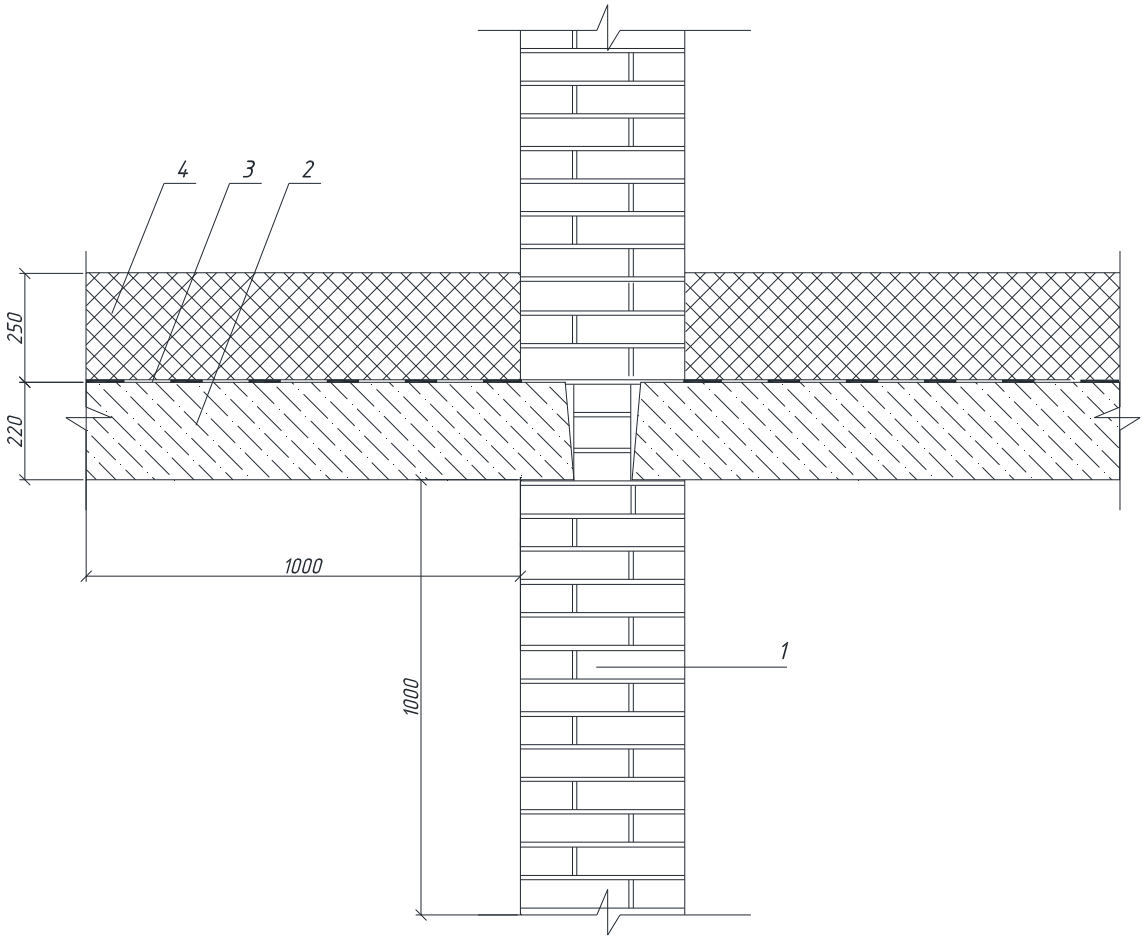

1 – внутрішня цегляна стіна;
2 – залізобетонна плита перекриття;
3 – рулонна пароізоляція;
4 – теплоізоляційний шар – мінеральна вата, 250 мм;
5 – плитний утеплювач.

Рисунок 6.46 – Горищне перекриття холодного горища з утепленням внутрішньої стіни

Таблиця 6.14

Горищне перекриття холодного горища з утепленням внутрішньої стіни

| Розрахункова теплопровідність утеплювача, Вт/(м·К) | Лінійний коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м·К), залежно від параметрів теплоізоляційного шару |
|---|---|
| 0,040 | 0,340 |
| 0,045 | 0,336 |
| 0,050 | 0,334 |




1 – внутрішня цегляна стіна;
2 – залізобетонна плита перекриття;
3 – рулонна пароізоляція;
4 – теплоізоляційний шар – мінеральна вата, 250 мм;
5 – плитний утеплювач

Рисунок 6.47 – Горищне перекриття холодного горища з не утепленою внутрішньою стіною

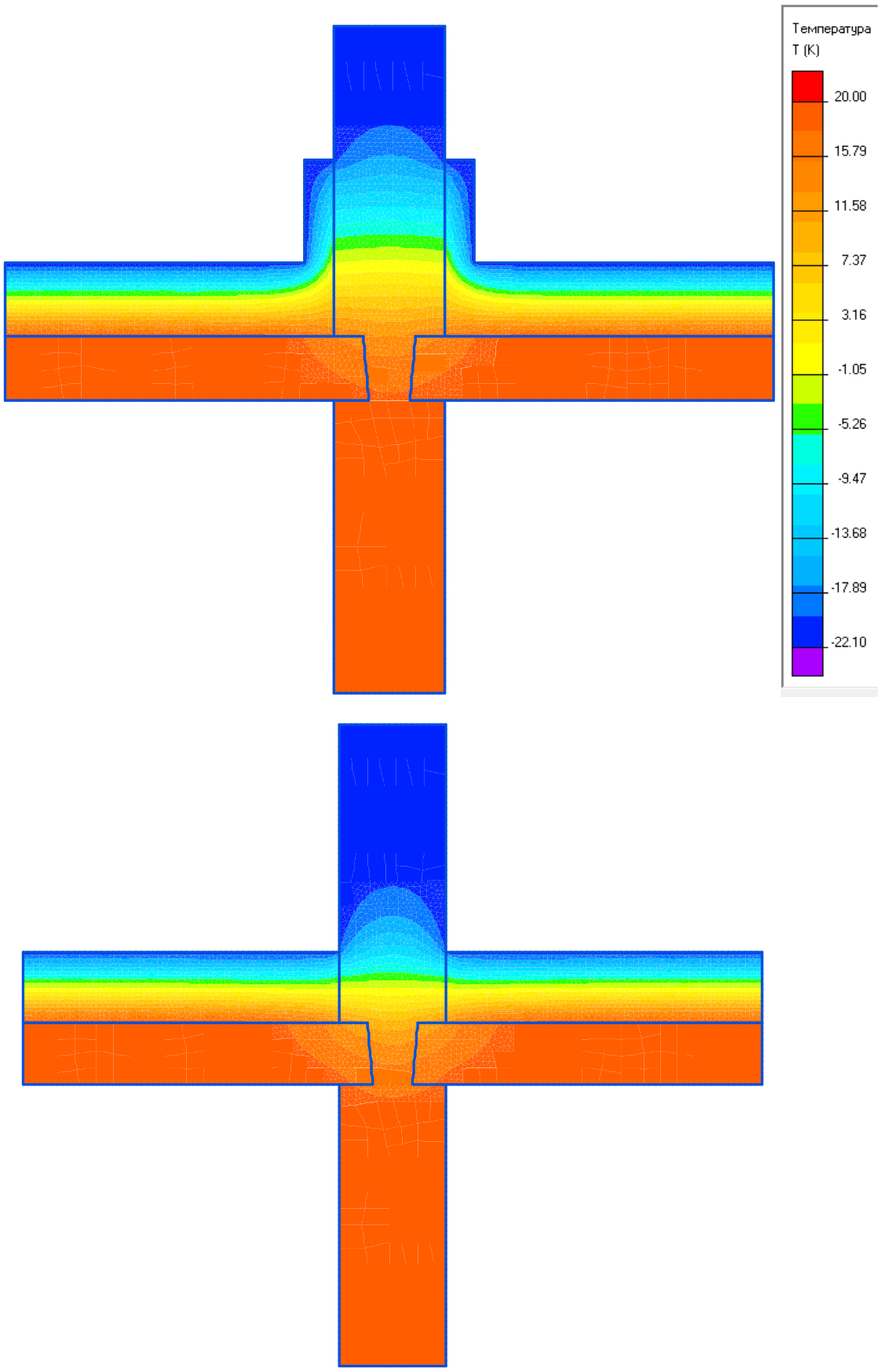



Рисунок 6.48 – Картина температурного поля вузла примикання горищного перекриття холодного горища до утепленої (а) та не утепленої (б) внутрішньої стіни

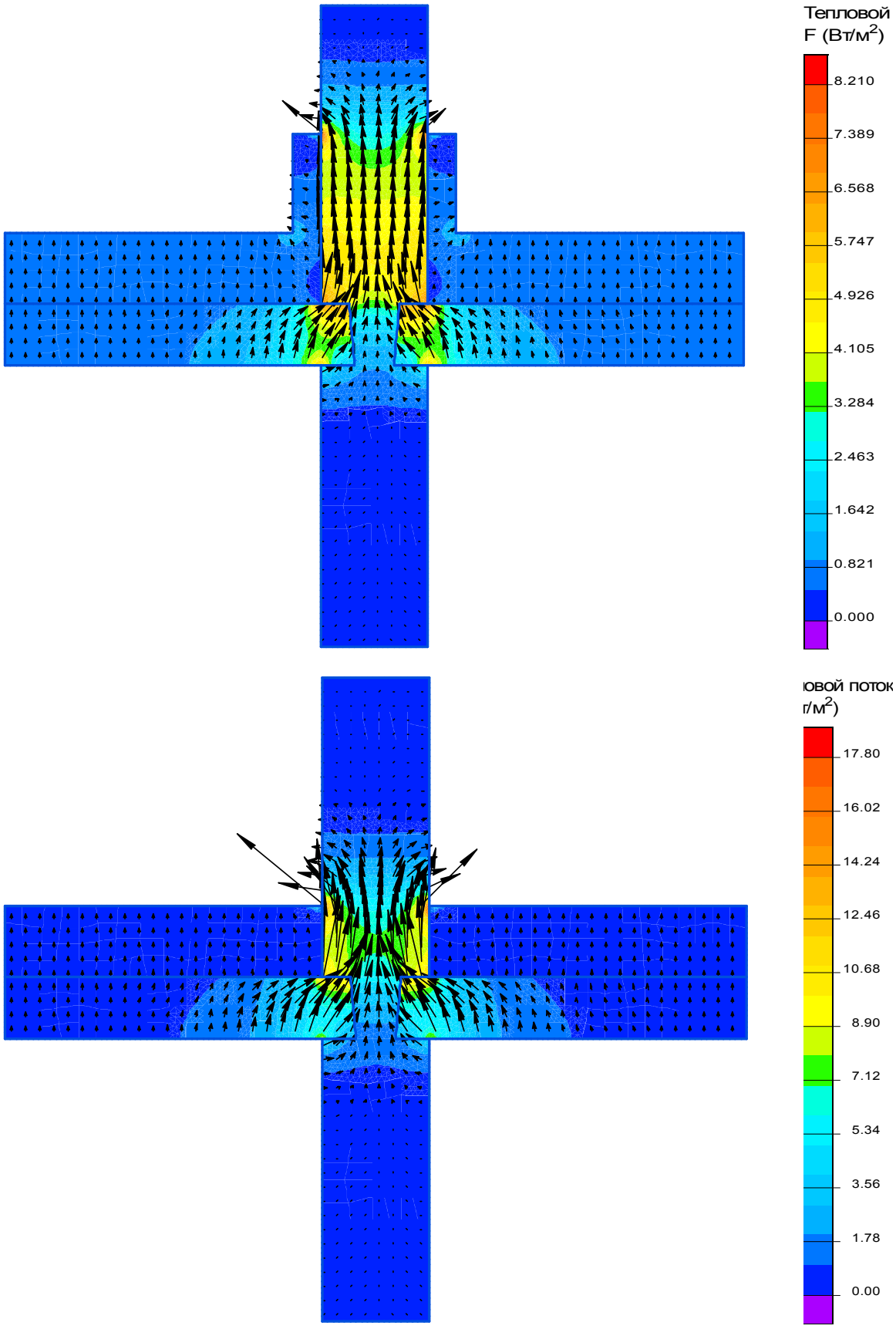



Рисунок 6.49 – Картина теплового потоку вузла примикання горищного перекриття холодного горища до утепленої (а) та не утепленої (б) внутрішньої стіни

Таблиця 6.15

Горищне перекриття холодного горища з не утепленою внутрішньою стіною

| Розрахункова теплопровідність утеплювача, Вт/(м·К) | Лінійний коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м·К), залежно від параметрів теплоізоляційного шару |
|---|---|
| 0,040 | 0,606 |
| 0,045 | 0,6 |
| 0,050 | 0,594 |

Для визначення максимально ефективної висоти додаткового шару утеплення проведено дослідження впливу геометричних параметрів утеплювача на лінійний коефіцієнт теплопередачі. За розрахункову модель прийнято конструктивне рішення утеплення перекриття холодного горища у місці примикання до внутрішньої несучої стіни (рис. 6.46). За результатами моделювання температурного поля при висоті додаткового шару утеплення 300 – 1200 мм з кроком 100 мм та сталою товщиною 100 мм визначено величини лінійних коефіцієнтів теплопередачі (рис. 6.50).

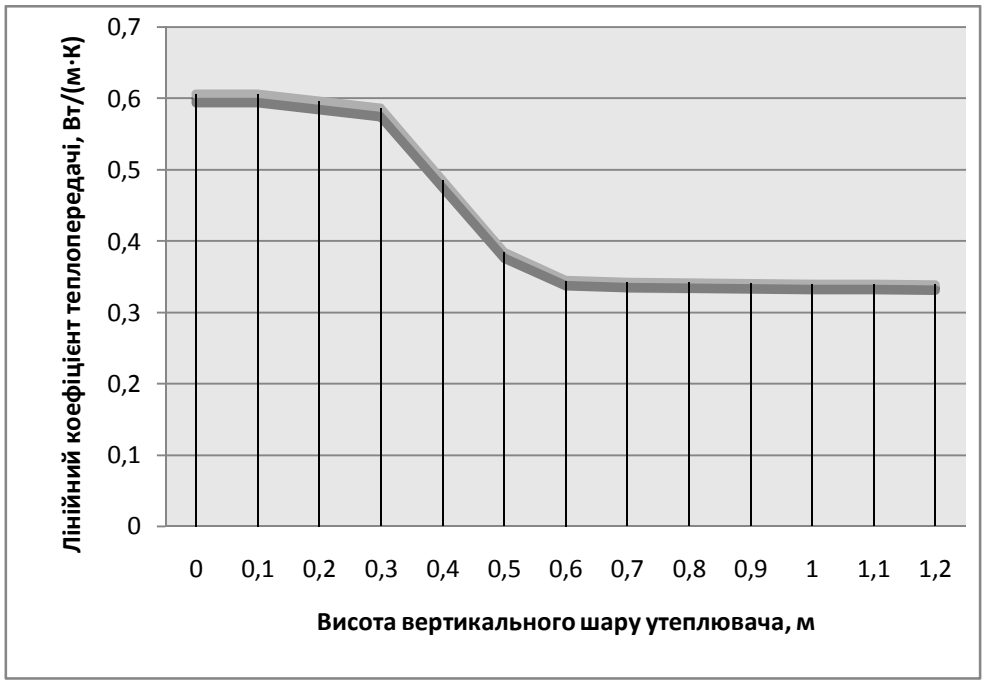



Рисунок 6.50 – Графік залежності лінійного коефіцієнта теплопередачі від геометричних параметрів додаткового вертикального шару утеплювача

За аналізом отриманих даних прийнято параметри додаткового шару утеплення 600×100 мм, що відповідає стандартним розмірам плитного утеплювача. Коефіцієнт теплопровідності (0,04-0,05 Вт/(м·К)) додаткового шару утеплювача практично не впливає на визначені оптимальні геометричні параметри.

## 6.8 Теплотехнічний розрахунок горищних дахів з холодним горищем

Польські норми PN-EN ISO 6946:2008 рекомендують враховувати загальний тепловий опір неопалюваних просторів – холодних горищ – при визначенні тепловтрат трансмісією. Термічні опори, наведені в цьому розділі, придатні для обчислення загального теплового потоку.

Горищний вентильований простір скатного даху з теплоізольованим перекриттям можна розглядати як термічно однорідний шар з тепловим опором, зазначеним в таблиці 6.16.

Таблиця 6.16

Тепловий опір простору даху

| Характеристики даху | | $R_u$, м$^2$ К/Вт |
|---|---|---|
| 1 | Черепичні покриття без гідроізоляційної мембрани | 0,06 |
| 2 | Листові або черепичні покриття з гідроізоляційною мембраною | 0,2 |
| 3 | Листові або черепичні покриття з алюмінієвою мембраною або іншою низькоемісійною поверхнею з боку горищного простору | 0,3 |
| 4 | Покриття рулонне (залізобетонні горищні дахи) | 0,3 |

Значення, наведені в цій таблиці, враховують тепловий опір вентильованого простору та конструкцію даху та застосовуються до природної вентиляції повітряного простору над опалювальними будівлями.

Для механічної вентиляції використовується методика ISO 13789, яка розглядає простір даху як неопалюване приміщення, з певною кратністю повітрообміну.

За українським ДБН В.2.6-31:2016 мінімально допустиме значення опору теплопередачі суміщеного покриття становить для I температурної зони становить 6 $м^2$·К/Вт, для II – 5,5 $м^2$·К/Вт. Те саме значення для горищного перекриття неопалювальних горищ – 4,95 $м^2$·К/Вт та 4,5 $м^2$·К/Вт відповідно для I та II температурної зони. Тобто вимоги для горищного перекриття нижчі за суміщений дах на 1 $м^2$·К/Вт, а за польськими нормами (табл. 6.12) наявність горищного вентильованого простору збільшує опір теплопередачі даху лише на 0,2-0,3 $м^2$·К/Вт. Враховуючи значення вентиляції для тепловологісного режиму горищного простору можна припустити величину конвективного теплообміну та температуру над утепленим перекриттям максимально наближену до зовнішніх розрахункових умов в зимовий період. Тому потрібно переглянути вимоги щодо мінімально допустимого значення опору теплопередачі горищного перекриття у холодному горищі та наблизити його до вимог проектування (теплотехнічного розрахунку) суміщених дахів.

**Висновки за розділом 6**

При обстеженні суміщених покриттів спостерігаються основні теплові відмови – конденсація вологи на поверхні стелі, промерзання та утворення плісняви.

При утепленні суміщених покриттів не приділяється увага попередженню утворення містків холоду в місцях примикання до надбудов даху, вентиляційних каналів та парапетів. Моделювання температурного поля суміщеного покриття доводить, що наявність теплових містків може зменшувати приведене значення опору теплопередачі огороджувальної конструкції до 60% від величини визначеної по основному полю.

Більшість горищних дахів експлуатуються з порушенням вентиляційного режиму. Наслідками є гниття та ураження грибком дерев’яної кроквяної системи скатних дахів, а також руйнування карнизів.

При організації вентиляції приміщень, поряд із забезпеченням необхідного повітрообміну, важливе значення має отримання повного охоплення зовнішнім повітрям всього підпокрівельного простору.

В українських нормативних документа не наведено методики визначення тепловтрат крізь дахи з врахуванням конструктивних особливостей та значення лінійних коефіцієнтів теплопередачі. Аналіз розрахунку коефіцієнта теплопередачі компонентів з шарами змінної товщини згідно PN-EN ISO 6946:2008 довів необхідність включення наведених методик до українських настанов з розрахунку теплопередачі трансмісією. Використання коригуючої поправки до коефіцієнта теплопередачі для врахування впливу теплопровідних включень за формулою (21) ДСТУ Б А.2.2-12:2015 веде до зменшення дійсного значення опору теплопередачі багатошарової конструкції суміщеної покрівлі в два рази.

Впроваджено в практику утеплення типові енергоефективні конструктивні вузли суміщених та горищних дахів. Результати моделювання температурного поля цих вузлів дозволяють за методикою ДСТУ ISO 10211:2005 визначити лінійних коефіцієнтів теплопередачі, які можна застосовувати в інженерних розрахунках опору теплопередачі відповідних конструкцій та доповнити додаток Г ДСТУ Б В.2.6-189:2013.

За українським ДБН В.2.6-31:2016 вимоги для горищного перекриття нижчі за суміщений дах на 1 $м^2 \cdot К/Вт$. Враховуючи значення вентиляції для тепловологісного режиму горищного простору можна припустити величину конвективного теплообміну та температуру над утепленим перекриттям максимально наближену до зовнішніх розрахункових умов в зимовий період. Тому потрібно переглянути вимоги щодо мінімально допустимого значення опору теплопередачі горищного перекриття у холодному горищі та наблизити його до вимог проектування (теплотехнічного розрахунку) суміщених дахів.

# РОЗДІЛ 7
# ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМУ ЗОВНІШНІХ СТІН ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА ПРОЕКТУВАННІ

## 7.1 Результати обстеження стану зовнішніх стін

Існуючий фонд вітчизняних будинків в основному був створений у післявоєнні радянські роки, коли при проектуванні та будівництві будинків в першу чергу заощаджували початкові витрати, а енергетичні експлуатаційні витрати у розрахунках кінцевої ефективності приймалися як вторинні показники. Зміна технологічних умов опалення будинків, що обумовлена необхідністю максимального енергозбереження, привела до виникнення в масовому порядку дискомфортних умов експлуатації житлових та громадських будинків – наявності низьких температур повітря, підвищеної вологості, канцерогенних грибкових утворень на внутрішній поверхні конструкцій та у повітряному просторі приміщень.

Житловий фонд міста Полтава, як і будь якого міста України, представлений цегляними, великоблочними та панельними будинками, які будувались в 50-80 рр. минулого століття (рис. 7.1). Громадські будинки в основному представлені цегляною будівельною системою.

Опір теплопередачі зовнішніх стін більшості житлових та громадських будинків менше нормованого значення. Для панельних будинків на 78 % – 82 %, блочних на 78 %, цегляних на 71 % – 80 %.

При обстеженні ***не утеплених стін*** спостерігаються основні теплові відмови – конденсація вологи на поверхні стін, промерзання та утворення плісняви (рис.7.2 – 7.3).

Не утеплені віконні укоси призводять до промерзання стіни навколо віконної рами та утворення плісняви (рис. 7.4).



Рисунок 7.1 – Житлові будинки у м. Полтава

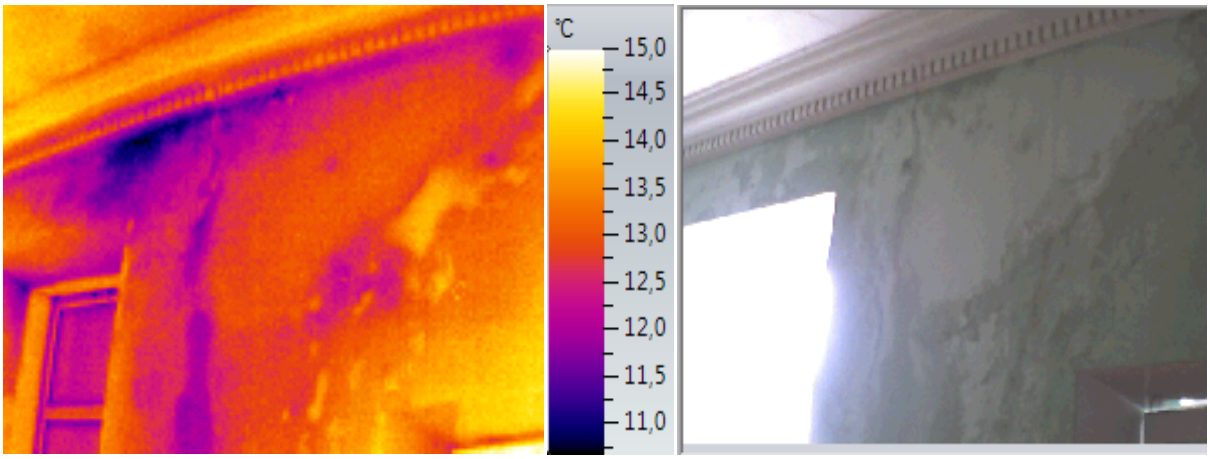



Рисунок 7.2 – Значні тепловтрати крізь зовнішні стіни, конденсування вологи на внутрішній поверхні стін та утворення грибку (фрагмент тепловізійної зйомки будівлі Полтавської міської ради, 27 лютого 2019 р.)

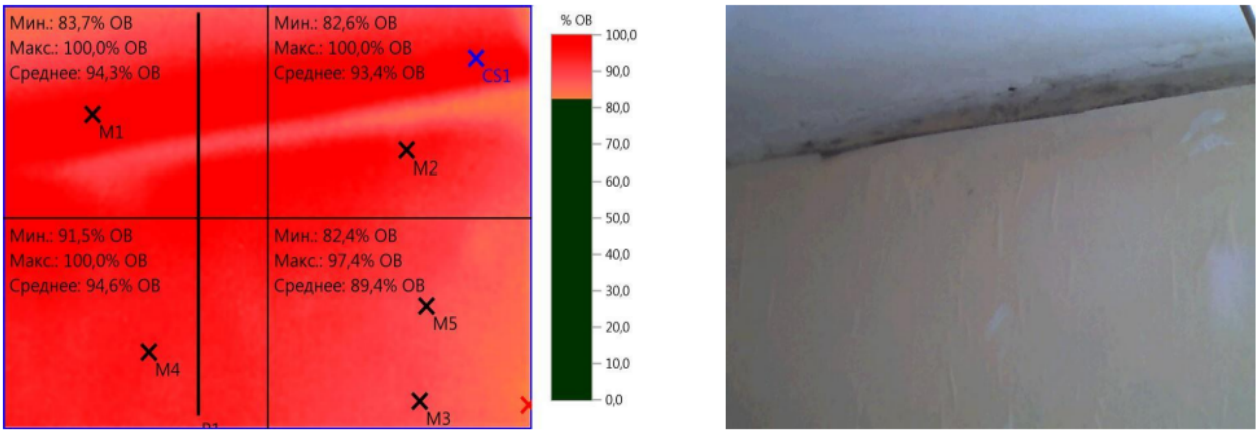



Рисунок 7.3 – Значні тепловтрати крізь зовнішні стіни, конденсування вологи на внутрішній поверхні стін та утворення чорної плісняви (фрагмент звіту «Дослідження вологісного режиму зовнішніх огороджувальних конструкцій будівлі гуртожитку №3 ПолтНТУ інфрачервоним методом», 3 лютого 2014 р.)

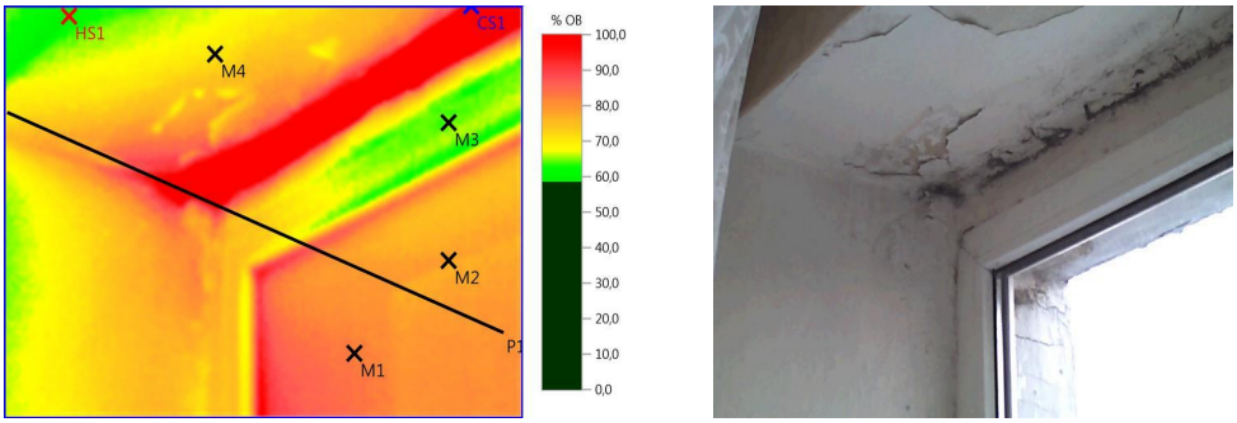



Рисунок 7.4 – Значні тепловтрати крізь віконні укоси, конденсування вологи на внутрішній поверхні укосу та утворення чорної плісняви (фрагмент звіту «Дослідження вологісного режиму огороджувальних конструкцій будівлі гуртожитку №4 ПолтНТУ інфрачервоним методом», 4 лютого 2014 р.)

Особливо значні тепловтрати спостерігаються у цокольній частині стіни внаслідок постійного зволоження. Зволоження відбувається внаслідок відсутності або руйнування вертикальної гідроізоляції цоколя. Особливо в місцях прориву системи зовнішнього водовідведення. Для історичних будівель основна причина зволоження і, як наслідок, промерзання стін цоколю – підняття капілярної вологи з ґрунту із-за цегляних фундаментів і відсутності горизонтальної гідроізоляції. Наприклад центральний корпус НУ

«Полтавської політехніки» має суцільні цегляні стіни товщиною в межах першого поверху 1200 мм. І внаслідок постійного зволоження найбільші тепловтрати спостерігаються в цокольній частині стіни (рис. 7.5).

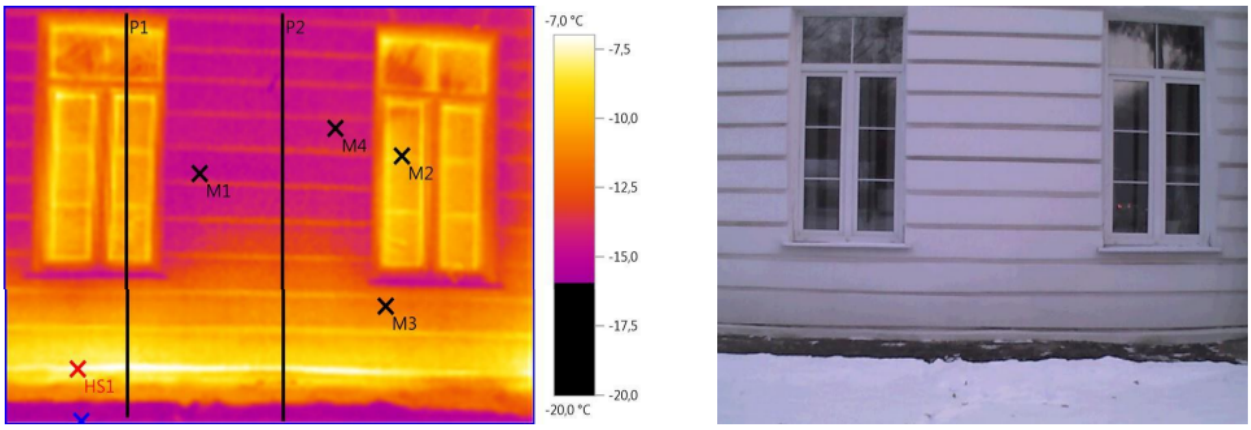



Рисунок 7.5 – Значні тепловтрати крізь цокольну частину стіни внаслідок постійного зволоження (фрагмент звіту «Дослідження теплових характеристик будівлі корпусу Ц ПолтНТУ інфрачервоним методом», 27 січня 2014 р.)

При обстеженні ***утеплених стін*** спостерігаються основні теплові відмови – конденсація вологи на поверхні стін у містках холоду із-за не якісного виконання монтажних робіт, значні тепловтрати у місцях примикання плит перекриття та балконних плит до стін внаслідок розриву теплоізоляційного шару (рис.7.6-7.7).

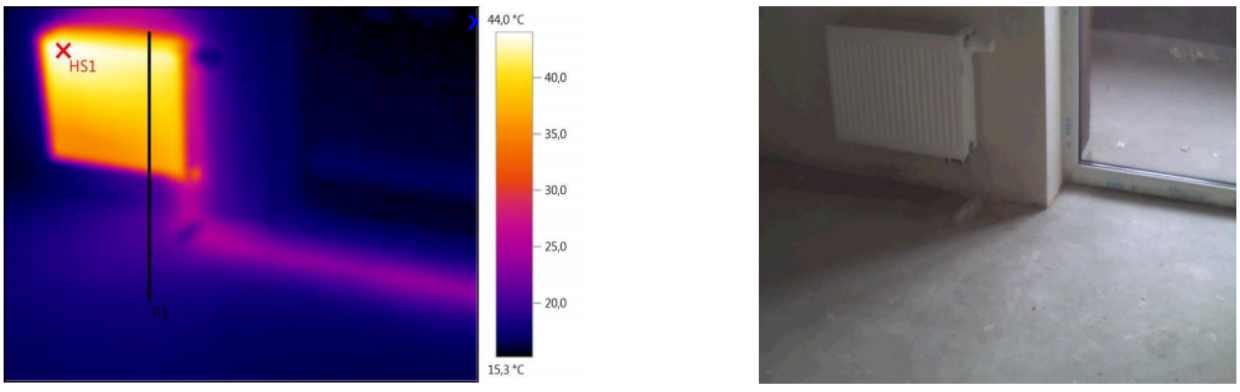



Рисунок 7.6 – Значні тепловтрати крізь не утеплену балконну плиту (фрагмент звіту «Тепловізійне обстеження зовнішніх огороджувальних конструкцій квартири по вул. Стрітенська, 22 інфрачервоним методом», 01 квітня 2018 р.)

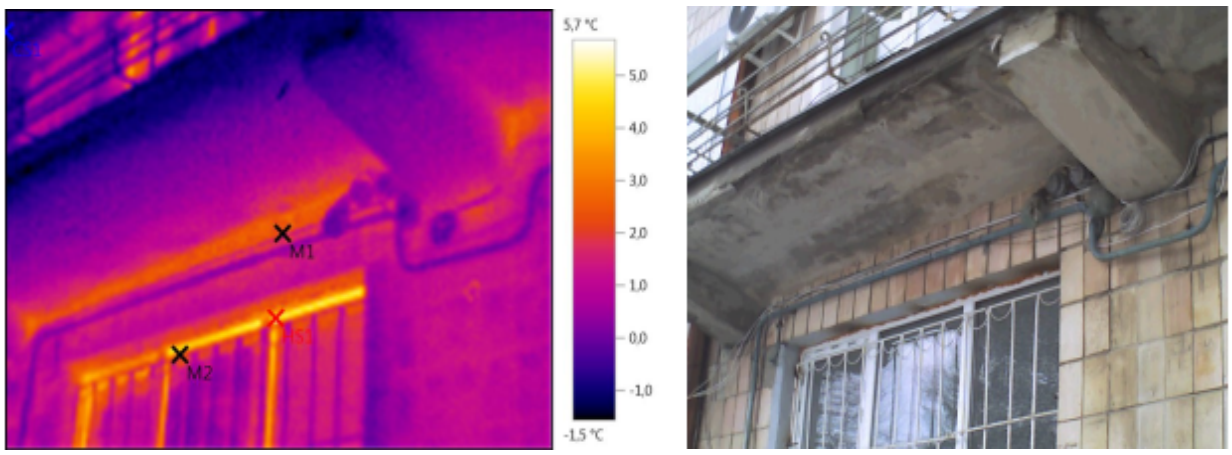



Рисунок 7.7 – Значні тепловтрати крізь не утеплені балконну плиту та стіни (фрагмент звіту з термографічного обстеження комплексу будівель Комунального підприємства «1-А міська клінічна лікарня Полтавської міської ради», 14 лютого 2020 р.)

При експлуатації будівель з тришарових утеплених панелей основні тепловтрати спостерігаються у стиках де утеплювач відсутній (рис. 7.8).

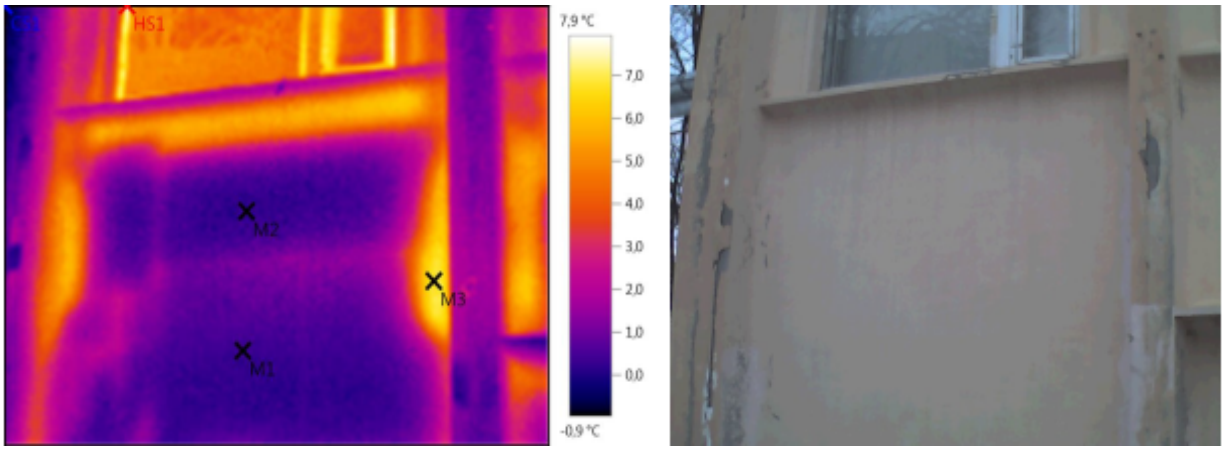
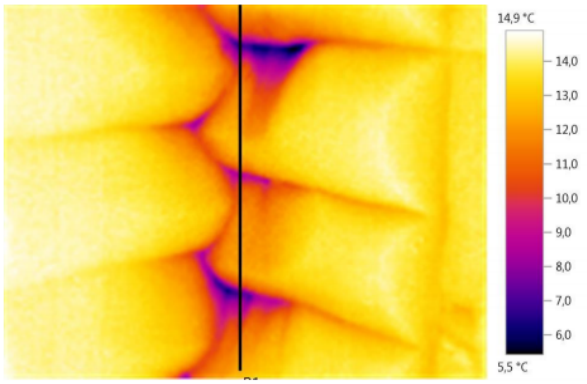



Рисунок 7.8 – Значні тепловтрати крізь не утеплені стики панелей (фрагмент звіту з термографічного обстеження комплексу будівель Комунального підприємства «1-А міська клінічна лікарня Полтавської міської ради», лабораторія, 14 лютого 2020 р.)

Основні тепловтрати крізь стіни з дерев’яних колод відбуваються у стиках при неякісному їх виконанні (рис.7.9).





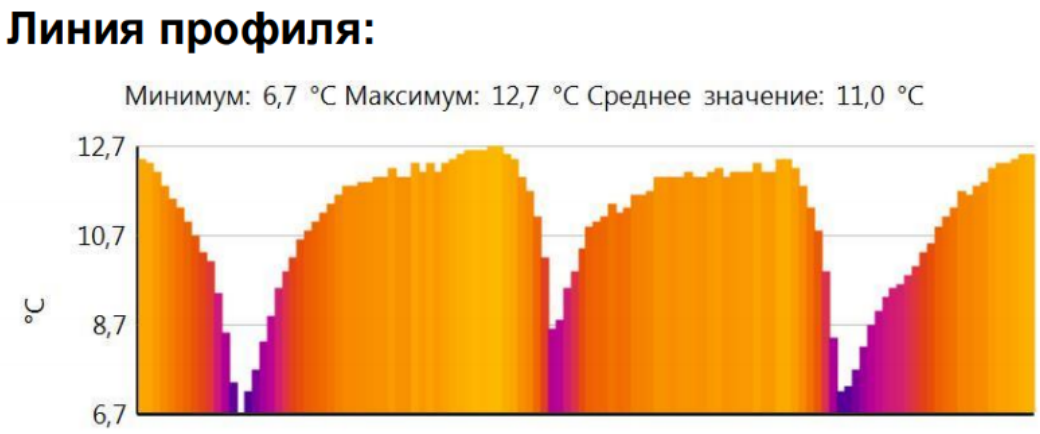




Рисунок 7.9 – Значні тепловтрати крізь не якісно виконані стики між колодами (фрагмент звіту з термографічного обстеження приватного будинку в с. Дублянщина, 22 листопада 2018 р.)

Тепловтрати крізь стіни внаслідок порушення технології виконання вентильованих фасадів – відсутній вентильований прошарок (рис 7.10). Металевий сайдинг змонтовано впритул до зовнішнього теплоізоляційного шару, що призвело до конденсування вологи у ньому.

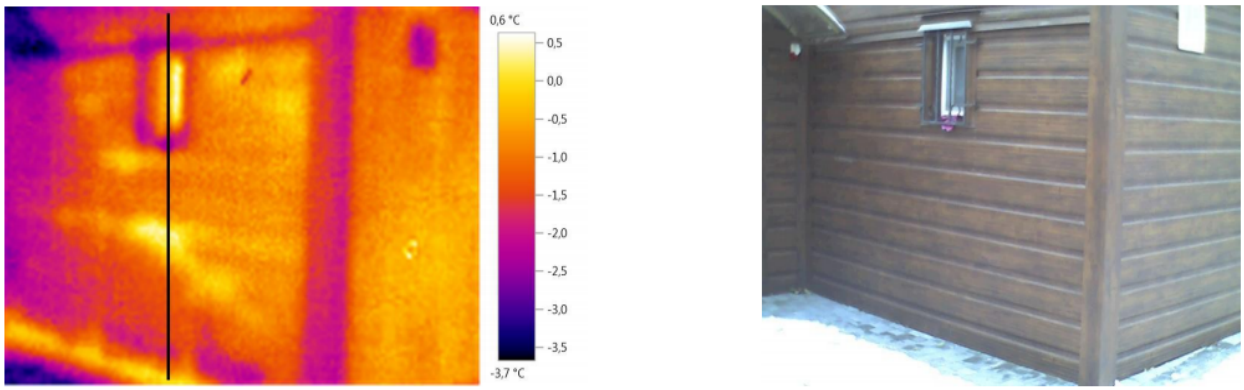



Рисунок 7.10 – Значні тепловтрати внаслідок порушення тепловологісного режиму стіни (фрагмент звіту з термографічного обстеження приватного будинку в с. Дублянщина, 22 листопада 2018 р.)

Промерзання стін внаслідок замокання теплоізоляційного шару при низькій якості виконання опоряджувального штукатурного шару на відсутності системи організованого водовідведення. Наприклад, при термомодернізації стін не було передбачено збільшення карнизного виступу покрівлі та влаштування лотків водовідведення. Кліматична волога стікає з даху по утепленим стінам насичуючи їх вологою (рис. 7.12).

Тепловтрати крізь не утеплені або не достатньо утеплені віконні укоси (рис. 7.11). У випадку, коли заміна вікон відбувається не одночасно з утепленням стін, то ширина рами існуючого вікна не дозволяє улаштувати шар утеплення на зовнішньому укосі шириною не менше 50 мм.

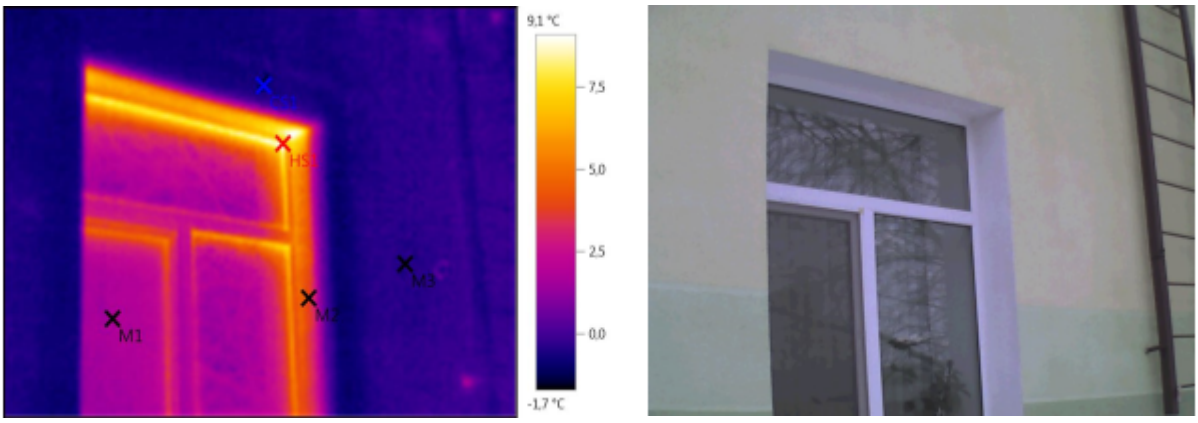



Рисунок 7.11 – Тепловтрати крізь не утеплені віконні укоси (фрагмент звіту з термографічного обстеження комплексу будівель Комунального підприємства «1-А міська клінічна лікарня Полтавської міської ради», дитяче інфекційне відділення, 14 лютого 2020 р.)

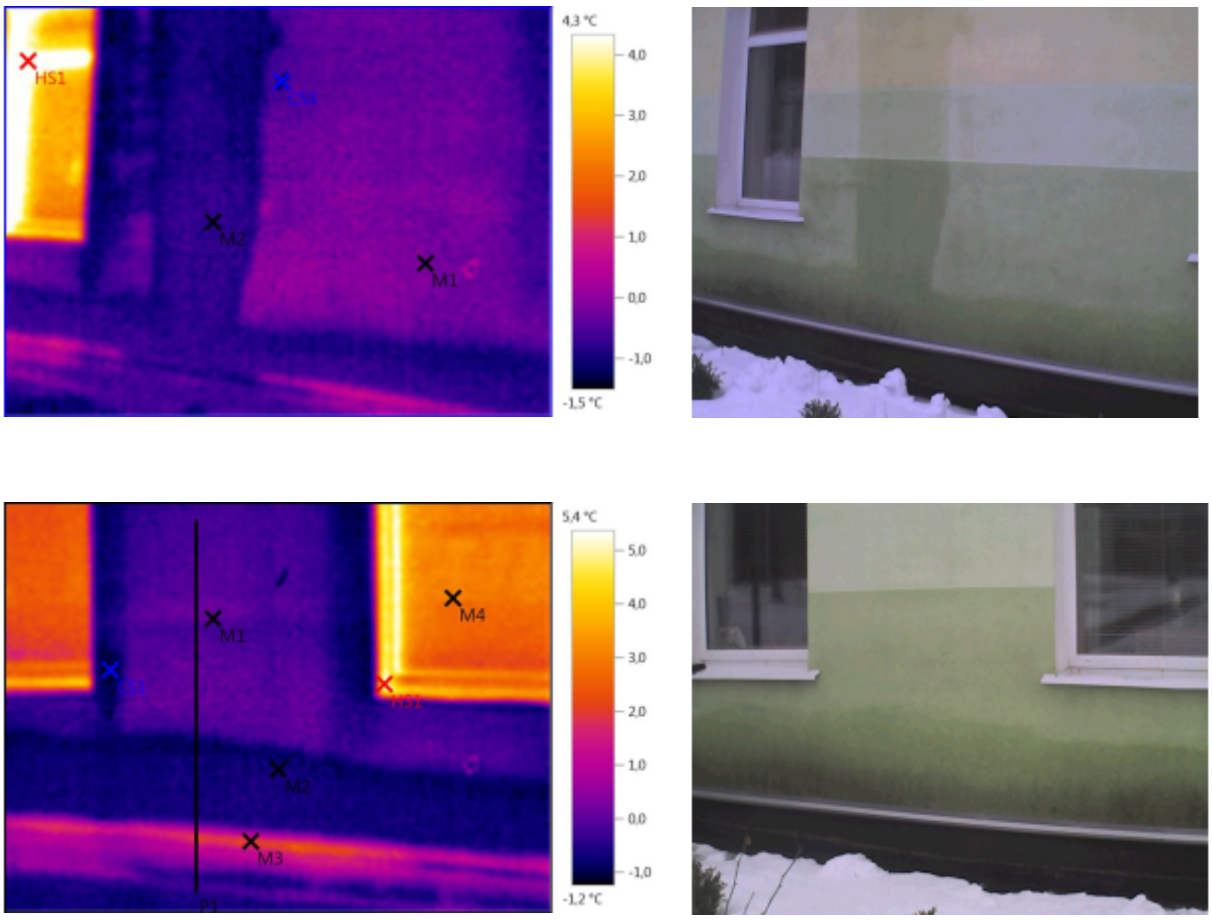



Рисунок 7.12 – Промерзання СФТО з штукатурним шаром внаслідок замокання (фрагмент звіту з термографічного обстеження комплексу будівель Комунального підприємства «1-А міська клінічна лікарня Полтавської міської ради», дитяче інфекційне відділення, 14 лютого 2020 р.)

## 7.2 Дослідження тепловологісного режиму утеплених стін при порушенні технології виконання монтажних робіт

Згідно ДБН Б В .2.6-33:2018 до монтажу конструкцій фасадної теплоізоляції на будинках, що підлягають реконструкції, необхідно очистити фасад від незв'язаних з основою стін елементів – штукатурки і навіть фарби. Але при виконанні фасадних робіт підрядник не виконує роботи по підготовці стін та монтує утеплювач по існуючій опоряджувальній плитці. Керамічною плиткою фасади оздоблювали в 70-90 роки минулого століття.

Вона втратила адгезію та розшарувалась. Частина плитки обвалилась. На інфрачервоному фото (рис 7.13) показана типовий стан розшарування оздоблення – повітряний шар між цегляною стіною та оздоблювальним шаром впливає на якісну оцінку теплового випромінювання.

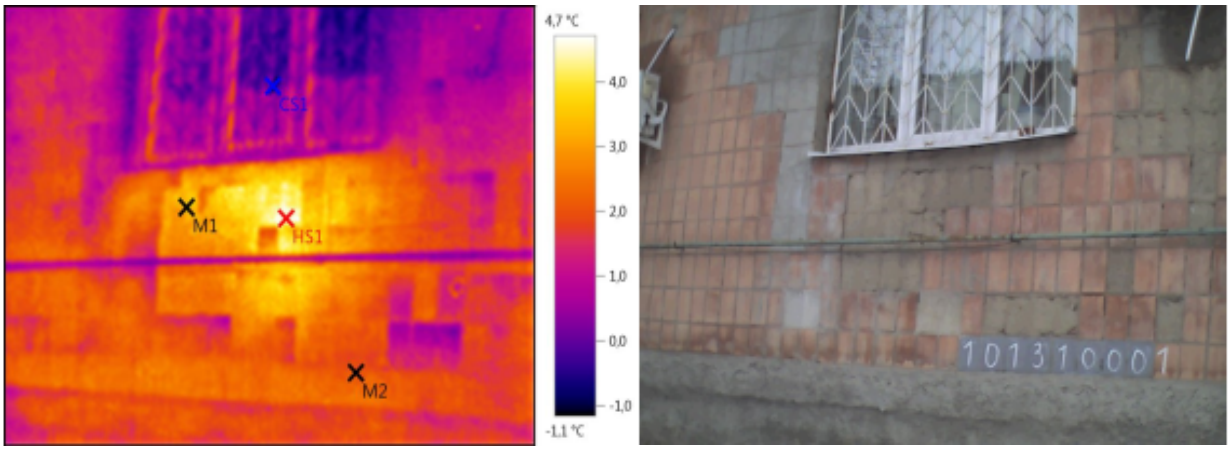



Рисунок 7.13 – Відшарування оздоблення фасаду (фрагмент звіту з термографічного обстеження комплексу будівель Комунального підприємства «1-А міська клінічна лікарня Полтавської міської ради», поліклініка, 14 лютого 2020 р.)

Особливу увагу у фахівців з енергоефективності викликало утеплення стін будівлі басейну «Спартак» у м. Полтава. Проведено монтаж сендвіч-панелей на відстані 100 мм від цегляної стіни. Повітряний прошарок не вентилюється (рис.7.14 -7.15).

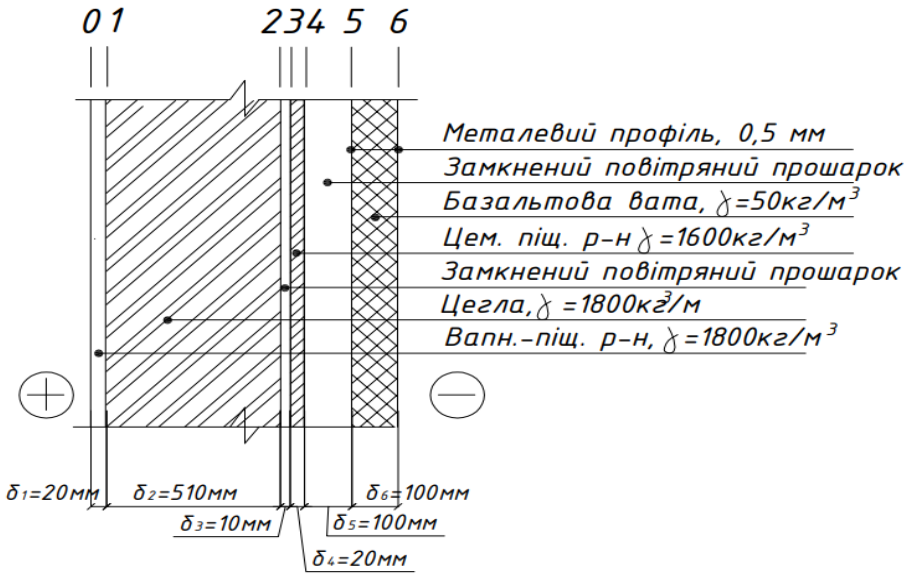



Рисунок 7.14 – Розрахункова схема огороджувальної конструкції



Рисунок 7.15 – Фото виконання монтажу СФТО на будівлі басейну «Спартак» у м. Полтава (грудень 2020 р).

***Оцінка тепловологісного стану зовнішньої стіни басейну***

Вихідні дані. Розрахункова схема огороджувальної конструкції наведена на рис. 7.14.

Теплофізичні дані для розрахунку кожного шару конструкції наведено в таблиці 7.1.

За формулою (5) ДСТУ-Н Б В.2.6-192:2013 розраховуємо розподіл температур на межах шарів конструкції $t(x)$. Виконуємо розрахунки для місяців вологонакопичення та вологовіддачі.

Так як $W_{зп} = 0{,}212$ кг/м$^2$ $\leq W_{лп} = 0{,}65$ кг/м$^2$ то вимога $W_{зп} \leq W_{лп}$ виконується.

Визначаємо пружність водяної пари у прошарку між перетинами 4 та 5 в кінці періоду вологонакопичення за формулою

$$e^3 = \frac{\frac{\mathrm{W}_{зп} \times 1000}{\delta_{пр}} \times \left(1 + \frac{t_{ср}^3}{273}\right)}{0{,}81} = \frac{\frac{0{,}212 \times 1000}{0{,}1}\left(1 + \frac{20}{273}\right)}{0{,}81} = 2808\ Па$$

Таблиця 7.1

Розрахункові характеристики матеріалів у складі огороджувальної конструкції

| Шар | Товщина шару δ, м | Густина ρ, кг/м$^3$ | Теплопро-відність λ, | Тепловий опір $R$, (м$^2$·К)/Вт | Коефіцієнт паропроникно сті μ, | Опір паро-проникненню |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Вапняно-піщаний розчин | 0,02 | 1800 | 0,81 | 0,025 | 0,12 | 0,167 |
| Цегла | 0,51 | 1800 | 0,81 | 0,63 | 0,11 | 4,636 |
| Замкнутий повітряний прошарок | 0,01 | 1,2 | 0,067 | 0,15 | 0,71 | 0,014 |
| Цементно-піщаний розчин | 0,02 | 1600 | 0,93 | 0,022 | 0,08 | 0,25 |
| Замкнутий повітряний прошарок | 0,1 | 1,2 | 0,56 | 0,18 | 0,71 | 0,141 |
| Металевий профіль | 0,005 | 7800 | 58 | 0,00009 | 0,0000001 | 50000 |
| Базальтова вата | 0,1 | 50 | 0,048 | 2,083 | 0,52 | 0,192 |
| Металевий профіль | 0,005 | 7800 | 58 | 0,00009 | 0,0000001 | 50000 |

Визначаємо середню температуру повітря у прошарку в кінці періоду вологонакопичення за формулою

$$t_{ср}^{3} = \frac{\tau_4^3 + \tau_5^3}{2} = \frac{20{,}8 + 19{,}2}{2} = 20\ ℃$$

Цій температурі відповідає пружність насиченої водяної пари $E^3 = 2340\ Па < e^3 = 2809\ Па$, тобто у прошарку відносна вологість повітря досягає 100%. У повітряному прошарку 4-5 протягом періоду вологонакопичення буде утворюватися туман. Зайва волога буде конденсуватися на поверхні металевого листа та існуючої стіни.

.

Таблиця 7.2

Кількості вологи, що накопичується та випаровується на внутрішній поверхні металевого листа (перетин 5)

| № | Місяць року | Кількість вологи, що накопичується, кг/м$^2$, $W_{зп}$ | Кількість вологи, що випаровується, кг/м$^2$, $W_{лп}$ |
|---|---|---|---|
| 1 | Січень | 0,063 | |
| 2 | Лютий | 0,058 | |
| 3 | Березень | 0,025 | |
| 4 | Квітень | | 0,04 |
| 5 | Травень | | 0,091 |
| 6 | Червень | | 0,125 |
| 7 | Липень | | 0,146 |
| 8 | Серпень | | 0,132 |
| 9 | Вересень | | 0,087 |
| 10 | Жовтень | | 0,029 |
| 11 | Листопад | 0,017 | |
| 12 | Грудень | 0,049 | |
| | | $W_{зп} = 0,212$ | $W_{лп} = 0,65$ |

Так як $W_{зп} = 0,06\frac{кг}{м^2} \leq W_{лп} = 0,876 кг/м^2$ то вимога $W_{зп} \leq W_{лп}$ виконується.

Визначаємо пружність водяної пари у прошарку між перетинами 2 та 3 в кінці періоду вологонакопичення за формулою

$$e^2 = \frac{\frac{W_{зп} \times 1000}{\delta_{пр}} \times \left(1 + \frac{t_{ср}^2}{273}\right)}{0,81} = \frac{\frac{0,06 \times 1000}{0,01}\left(1 + \frac{18,4}{273}\right)}{0,81} = 7907\ Па$$

Визначаємо середню температуру повітря у прошарку в кінці періоду вологонакопичення за формулою

$$t_{ср}^2 = \frac{\tau_2^2 + \tau_3^2}{2} = \frac{19,3 + 17,5}{2} = 18,4\ ℃$$

Цій температурі відповідає пружність насиченої водяної пари $E^2 = 2119\ Па < e^2 = 7907\ Па$, тобто у прошарку між існуючою стіною та фасадною системою відносна вологість повітря досягає 100%. У повітряному прошарку 2-3 протягом періоду вологонакопичення буде утворюватися туман. Зайва волога буде конденсуватися на поверхні цегли та цементно-піщаного розчину.

Дослідження тепловологісного режиму стін з замкненими повітряними прошарками, які виникли внаслідок порушення технології виконання робіт монтажу систем фасадних теплоізоляційно-опоряджувальних (СФТО) виявило вологонакопичення у середині огороджувальної конструкції. При наявності містків холоду ця волога буде провокувати морозобійне руйнування прилеглих шарів, особливо цегли.

Таблиця 7.3

Кількості вологи, що накопичується та випаровується на внутрішній поверхні цементно-піщаного розчину (перетин 3)

| № | Місяць року | Кількість вологи, що накопичується, $кг/м^2$, $W_{зп}$ | Кількість вологи, що випаровується, $кг/м^2$, $W_{лп}$ |
|---|---|---|---|
| 1 | Січень | 0,025 | |
| 2 | Лютий | 0,02 | |
| 3 | Березень | | 0,013 |
| 4 | Квітень | | 0,075 |
| 5 | Травень | | 0,123 |
| 6 | Червень | | 0,153 |
| 7 | Липень | | 0,173 |
| 8 | Серпень | | 0,161 |
| 9 | Вересень | | 0,118 |
| 10 | Жовтень | | 0,06 |
| 11 | Листопад | 0,004 | |
| 12 | Грудень | 0,011 | |
| | | $W_{зп} = 0,06$ | $W_{лп} = 0,876$ |

При монтуванні СФТО залишати оздоблювальний шар з керамічної плитки може спричинити не лише теплові відмови, а і обвал конструкції.

## 7.3 Визначення лінійних коефіцієнтів теплопередачі типових вузлів утеплення зовнішніх стін

Визначення лінійних коефіцієнтів теплопередачі здійснено на підставі розрахунків двомірних температурних полів та методики згідно з ДСТУ ISO 10211-1, ДСТУ ISO 10211-2.

У випадку, якщо теплопровідне включення розташоване на межі двох зон, то до кожної зони відносять половину значення лінійного коефіцієнту теплопередачі даного теплопровідного включення (п. 8.2.2.5.3 ДСТУ Б А.2.2-12:2015).

***Утеплення балконної плити або залізобетонного козирка.***

При розробці проектів термомодернізації гуртожитків та навчальних корпусів НУ «Полтавська політехніка» розроблено конструктивне рішення, яке відсторонює нульову ізотерму від внутрішніх поверхонь огороджувальної конструкції на зменшує тепловтрати.

В ідеалізованих умовах утеплення вузла обпирання балконних плит та плит перекриття на стіну повинно забезпечувати умову нерозривності теплоізоляційного шару (рис. 7.16). Лінійні коефіцієнти теплопередачі такого рішення наведені у таблиці 7.7. Але з економічного та експлуатаційного погляду такий вузол утеплення не раціональний. Тому в практику термомодернізації рекомендовано утеплювати плити балконів (залізобетонних козирків) зверху жорстким утеплювачем з високою стійкістю на стиск з ухилом для водовідведення, а знизу – СФТО згідно основній поверхні стіни з товщиною утеплювача 50 мм (рис. 7.17, 7.18). Розрахунок проведено методом кінцевих елементів, результат за одним з варіантів з таблиці 7.8 наведено на рисунку 7.19.

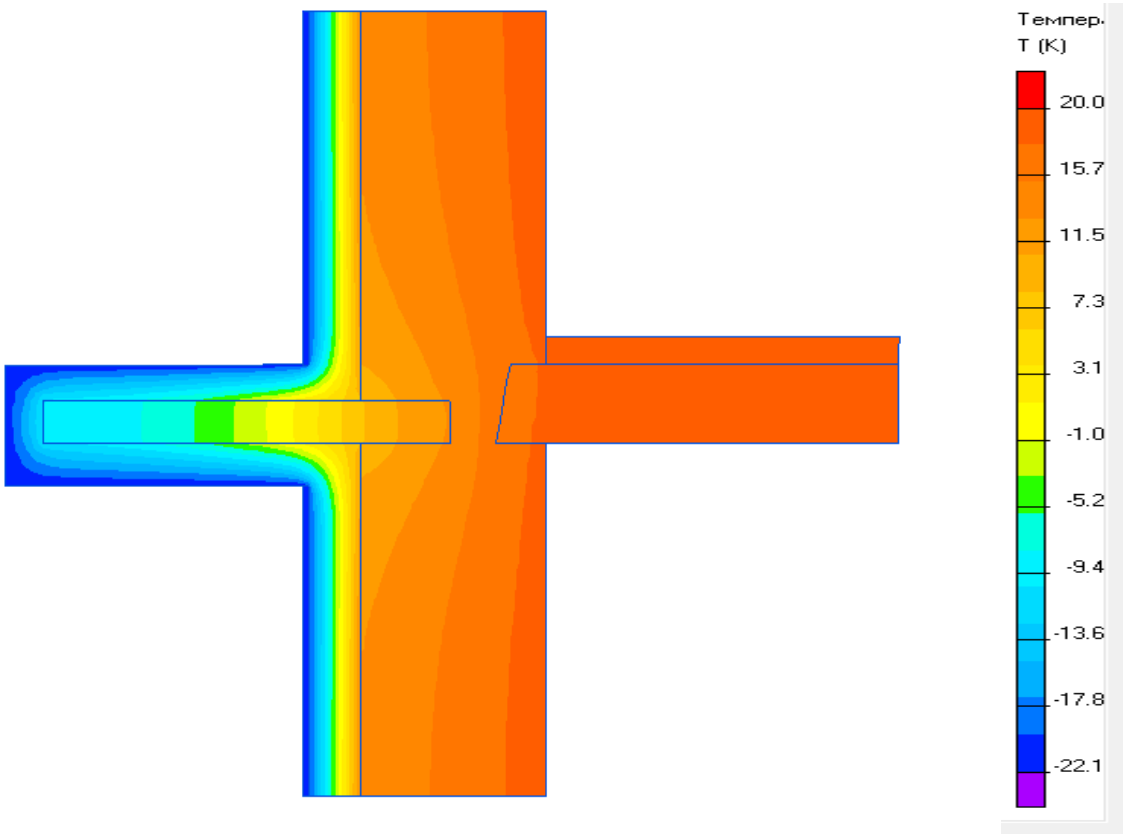



Рисунок 7.16 – Картина температурного поля вузла примикання плити балкону та зовнішньої стіни

Таблиця 7.7

Утеплення балконної плити по периметру

| Лінійний коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м·К), залежно від параметрів теплоізоляційного шару | | | |
|---|---|---|---|
| Розрахункова теплопровідність, Вт/(м·К) | Товщина теплоізоляції зовнішньої стіни, δут | | |
| | 120 мм | 150 мм | 180 мм |
| 0,035 | 0,147 | 0,146 | 0,146 |
| 0,040 | 0,147 | 0,147 | 0,146 |
| 0,045 | 0,147 | 0,147 | 0,147 |
| 0,050 | 0,148 | 0,148 | 0,148 |

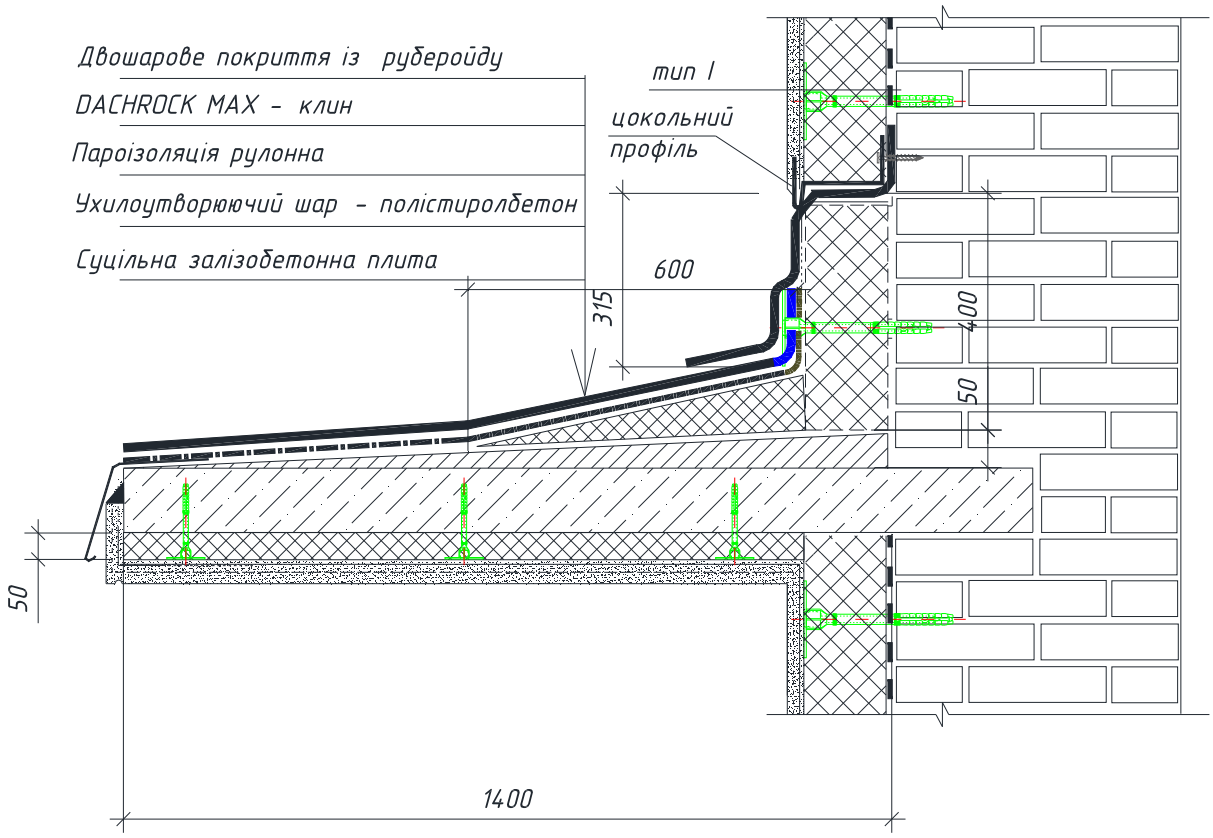



Рисунок 7.17 – Рекомендована схема утеплення залізобетонного козирка

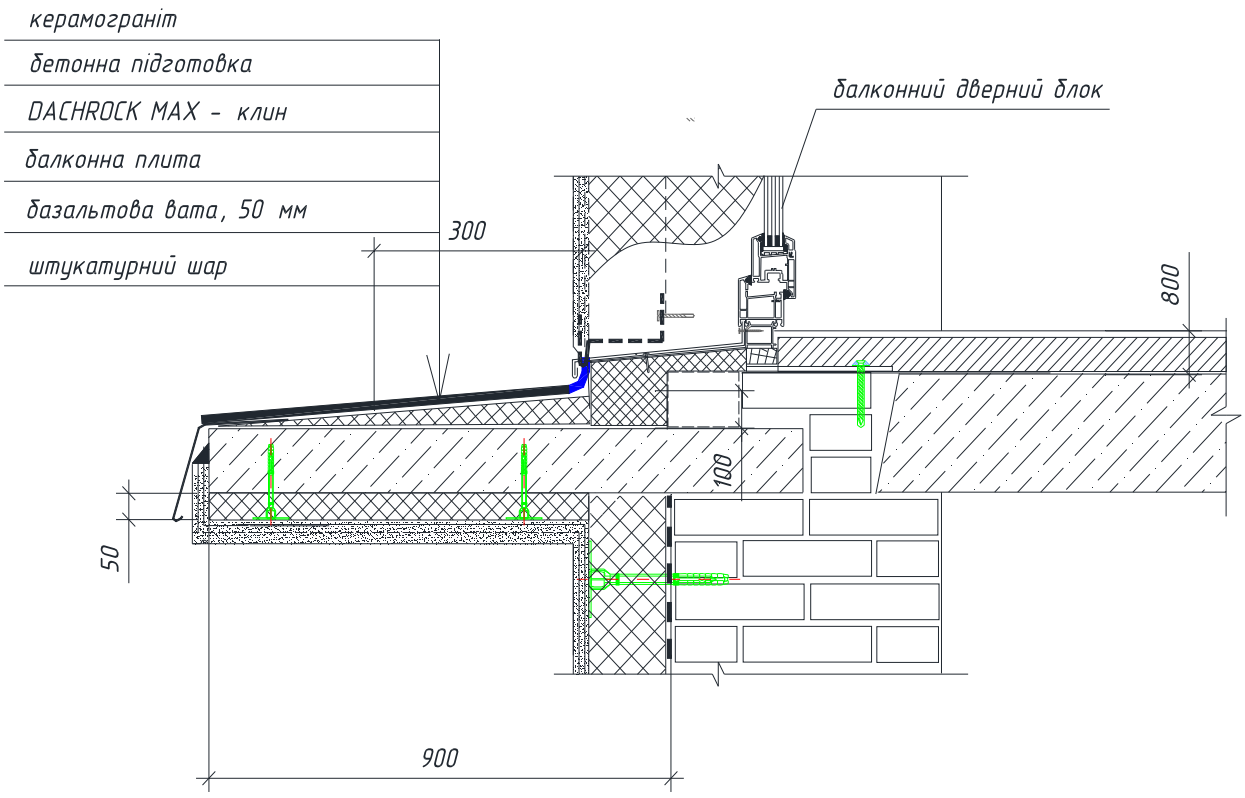



Рисунок 7.18 – Рекомендована схема утеплення балконної плити

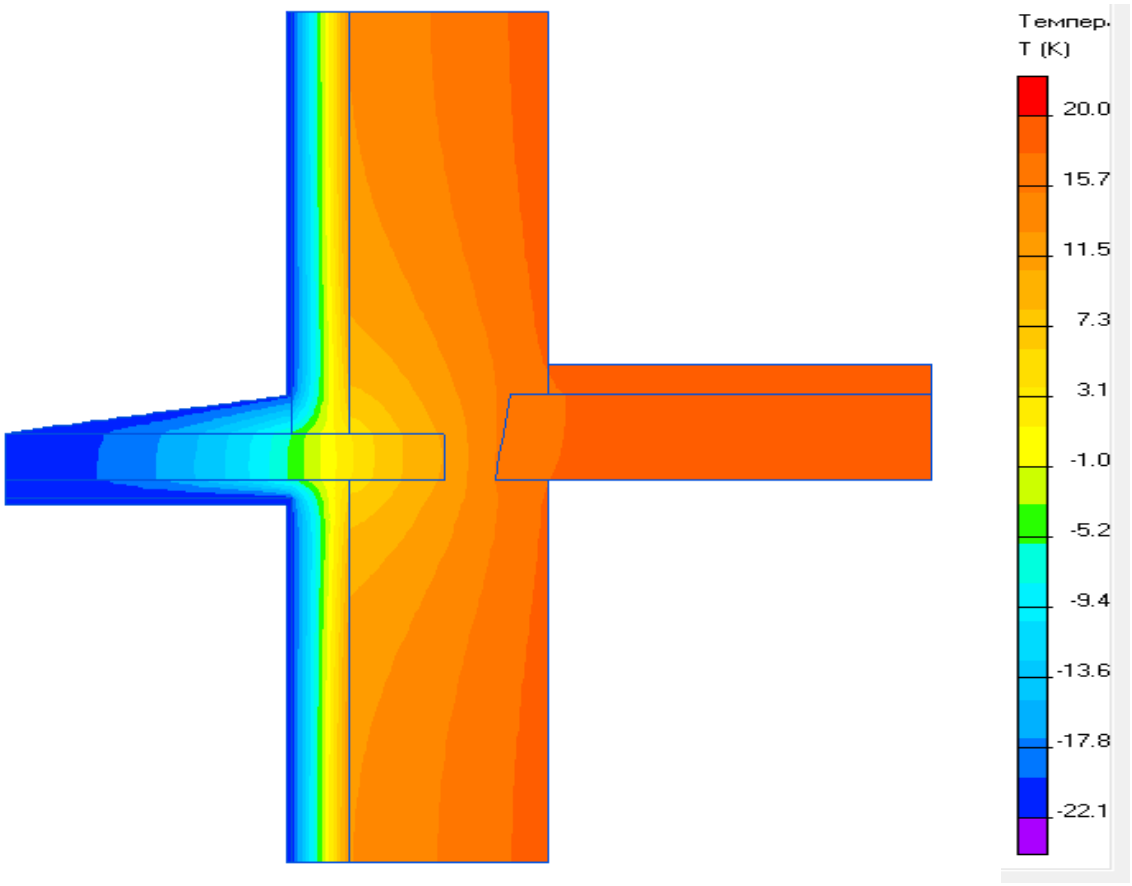



Рисунок 7.19 – Картина температурного поля вузла примикання плити балкону та зовнішньої стіни

Таблиця 7.8

Утеплення балконної плити по периметру частково

| Лінійний коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м·К), залежно від параметрів теплоізоляційного шару | | | |
|---|---|---|---|
| Розрахункова теплопровідність, Вт/(м·К) | Товщина теплоізоляції зовнішньої стіни, δут | | |
| | 120 мм | 150 мм | 180 мм |
| 0,035 | 0,248 | **0,262** | 0,271 |
| 0,040 | 0,238 | 0,253 | 0,265 |
| 0,045 | 0,229 | 0,246 | 0,258 |
| 0,050 | 0,220 | 0,238 | 0,251 |

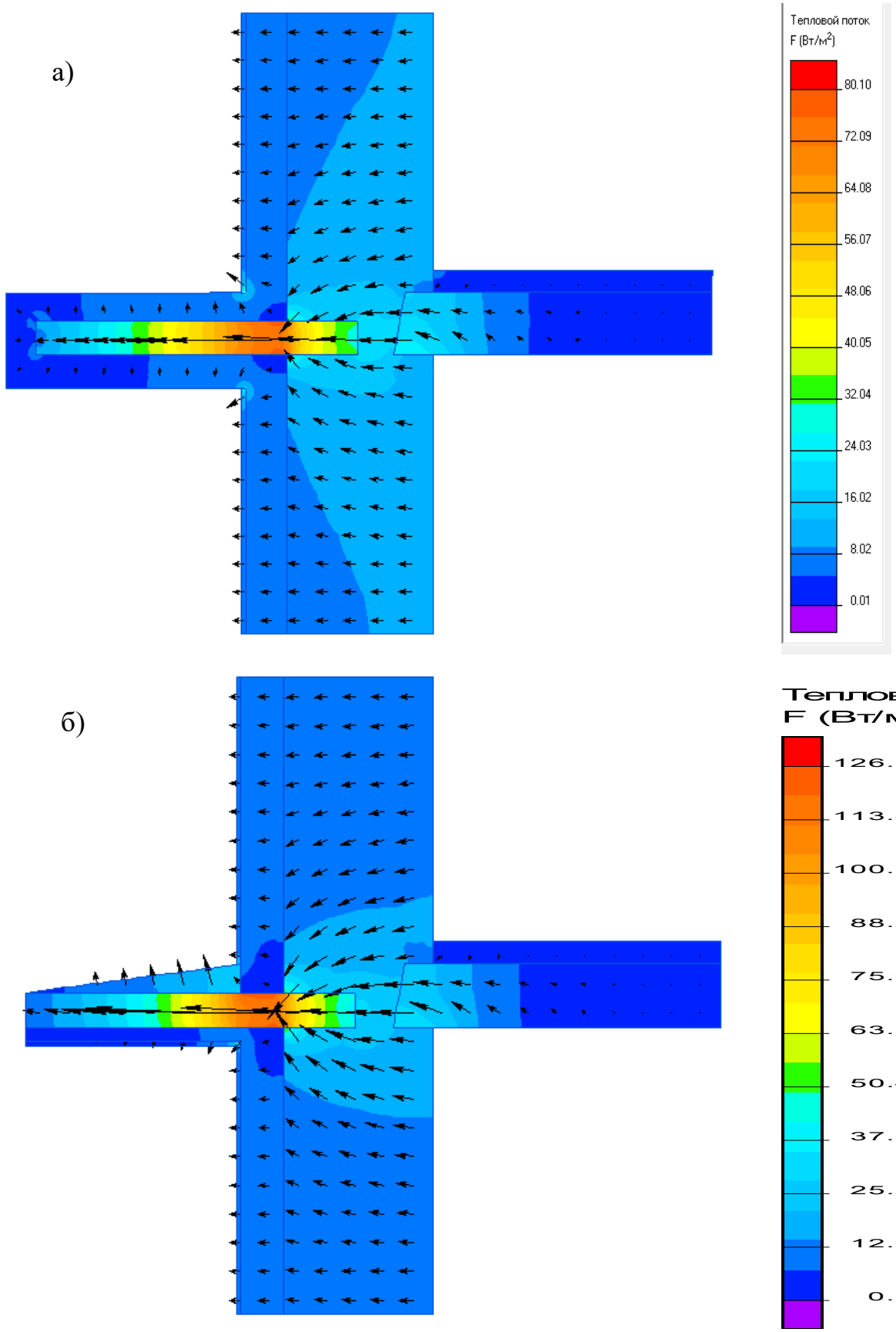



Рисунок 7.20 – Картина теплового потоку у вузлі примикання плити балкону – утепленою (а), частково утепленою (б)

## 7.4 Енергоефективні конструктивні рішення елементів стінових конструкцій

Енергоефективне конструктивне рішення вузла примикання балконної плити та плити лоджії до зовнішньої стіни призначене для забезпечення комфортного мікроклімату в приміщеннях житлових та громадських будівель.

Стінова огороджувальна конструкція із фасадною теплоізоляційно-опоряджувальною системою при защемленні балконної плити та примиканні плити лоджії має значні тепловтрати у наведеному конструктивному вузлі. Енергоефективне рішення, яке представлено на схемах (рис. 7.21, 7.22), виключає містки холоду.

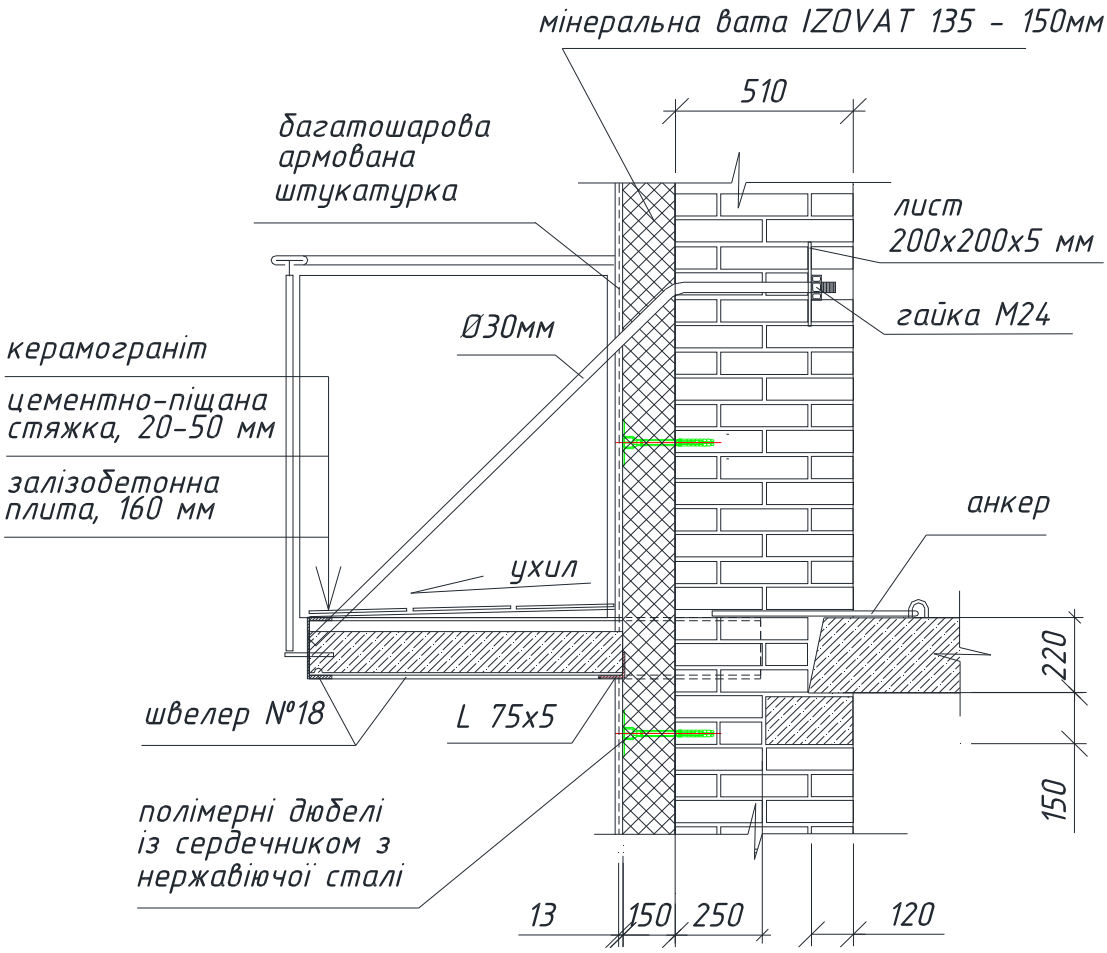



Рисунок 7.21 – Рекомендована схема спирання балконної плити на цегляну стіну

В ході проведених досліджень встановлено, що наявність безрозривного теплоізоляційного шару в огороджувальній конструкції зменшує величину приведеного опору теплопередачі до 10-20 %.

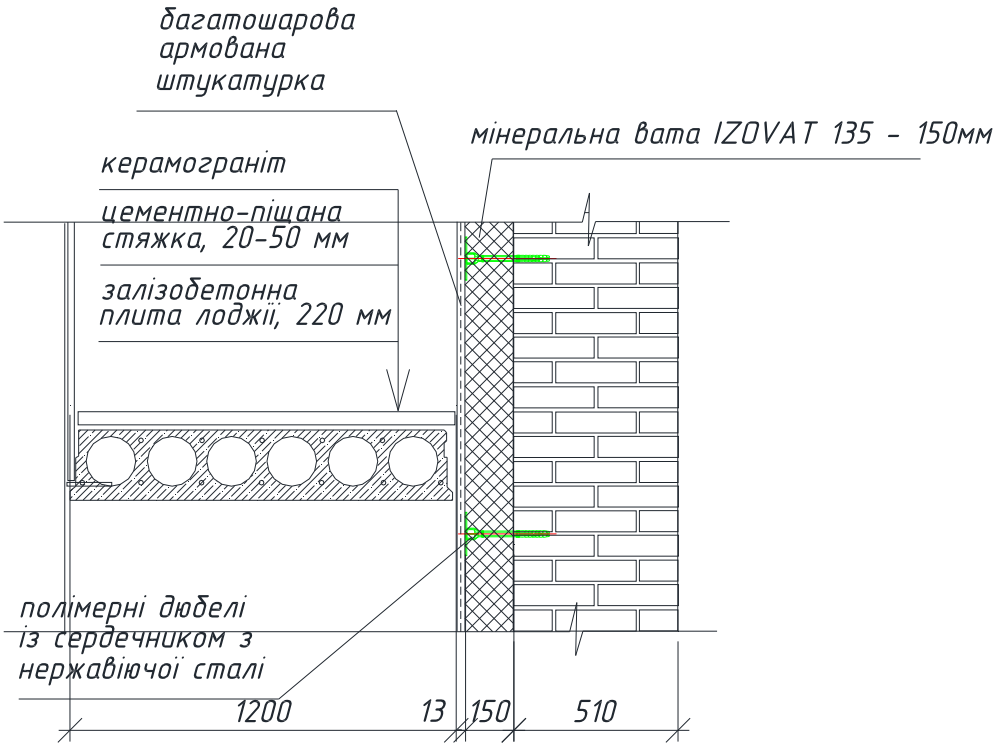
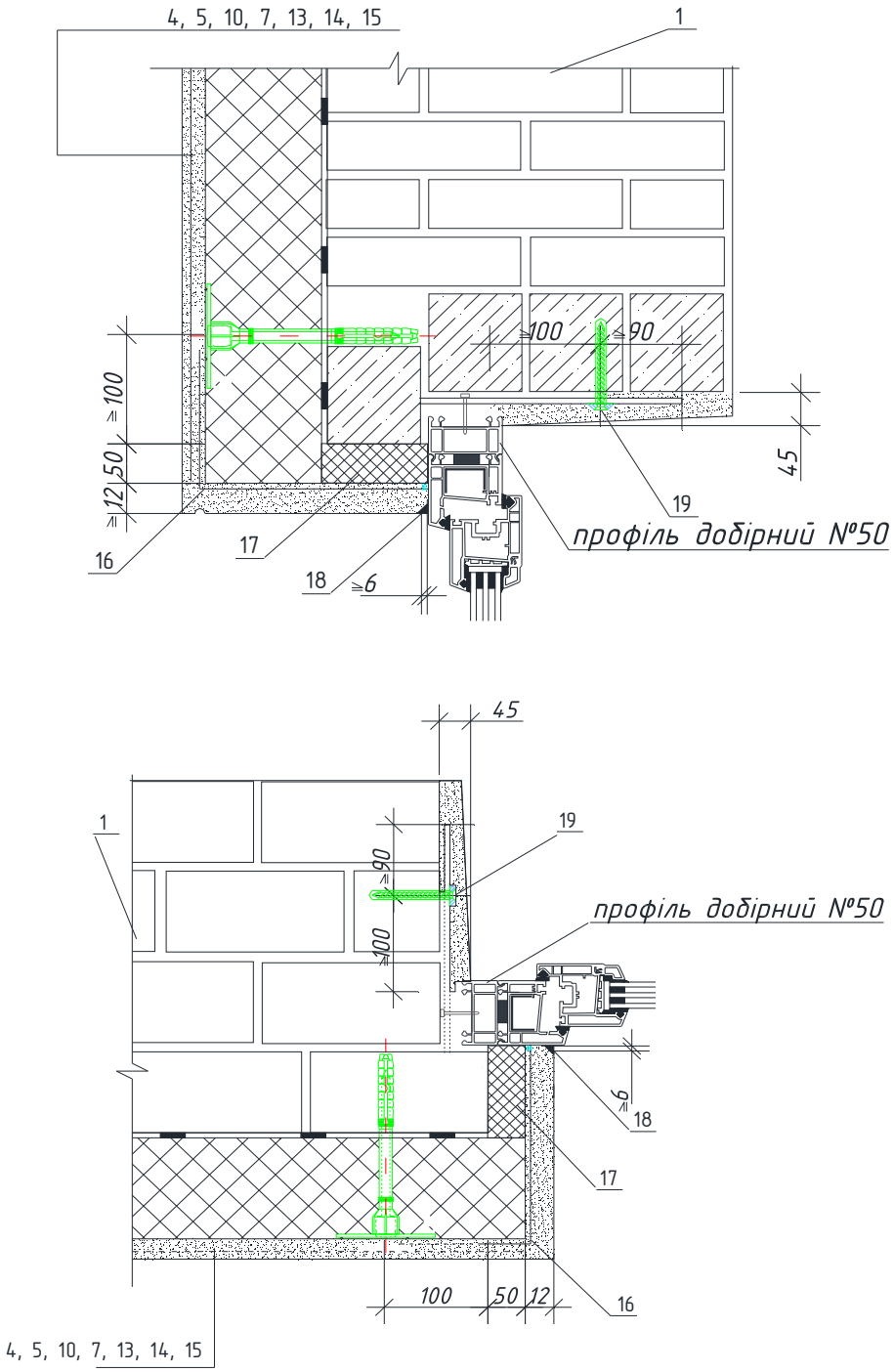



Рисунок 7.22 – Рекомендована схема примикання плити лоджії до цегляної стіни

При термомодернізації стін існуючого будинку для забезпечення утеплення віконних укосів необхідно використовувати добірний металопластиковий профіль. Кріплення добірних профілів відбувається за допомогою спеціальних пазів. Наприклад, компанія REHAU випускає добірні профілю наступних розмірів: 20, 40, 60 і 100 мм.

Конструктивне рішення віконної рами з добірними профілями дозволяє реалізувати утеплення укосу шириною 50 мм та відповідний оздоблювальний шар (рис. 7.23).




*1* - цегляна стіна - 510 мм;
2 - адгезійна грунтовка ;
4 - клейовий шар;
5 - теплоізоляційний шар - 150мм;
6 - полімерні дюбелі;
8 - армуючий штукатурний шар 3мм;
7 - армуюча сітка;
10 - другий штукатурний шар 5мм;
13 - адгезійна грунтовка;
14 - декоративно-захисне покриття 5мм;
15 - фарбування силіконовою фарбою
16 - підсилюючий кутик з склосіткою;
17 - теплоізоляційний шар - мінеральна вата IZOVAT 135 - 50 мм;
18 - мастика;
19 - дюбель HPS-I, ϕ 6 или 8

Рисунок 7.23 – Рекомендована схема утеплення віконного укосу (розріз та план)

Елементи металевого кріплення до стіни з СФТО повинні забезпечувати тепло-, водо-, повітронепроникність. Для попередження щілини між покриттям козирка та утепленою стіною рекомендовано використовувати металевий відлив та цокольний профіль, щілину між якими заповнити ущільнюючим полістиролом (рис. 7.24).

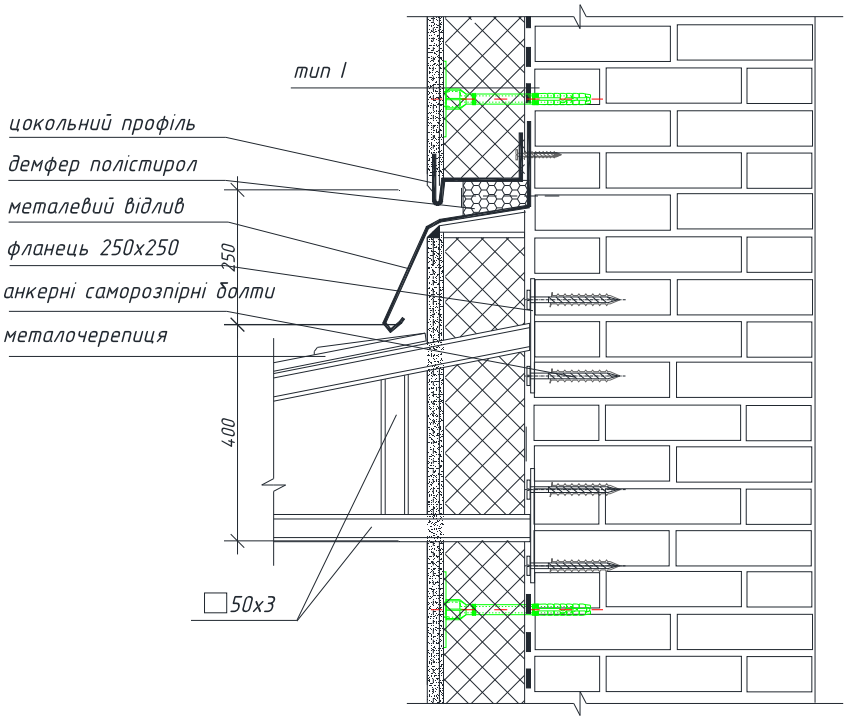



Рисунок 7.24 – Рекомендована схема влаштування металевого козирка

При утепленні вузла примикання конструкції суміщеної покрівлі до горищного даху з теплим горищем необхідно дотримуватися безперервності теплоізоляційного шару з високою герметизацією стику між покрівельним матеріалом даху та оздоблювальним шаром фасадної системи (рис. 7.25, 7.26).

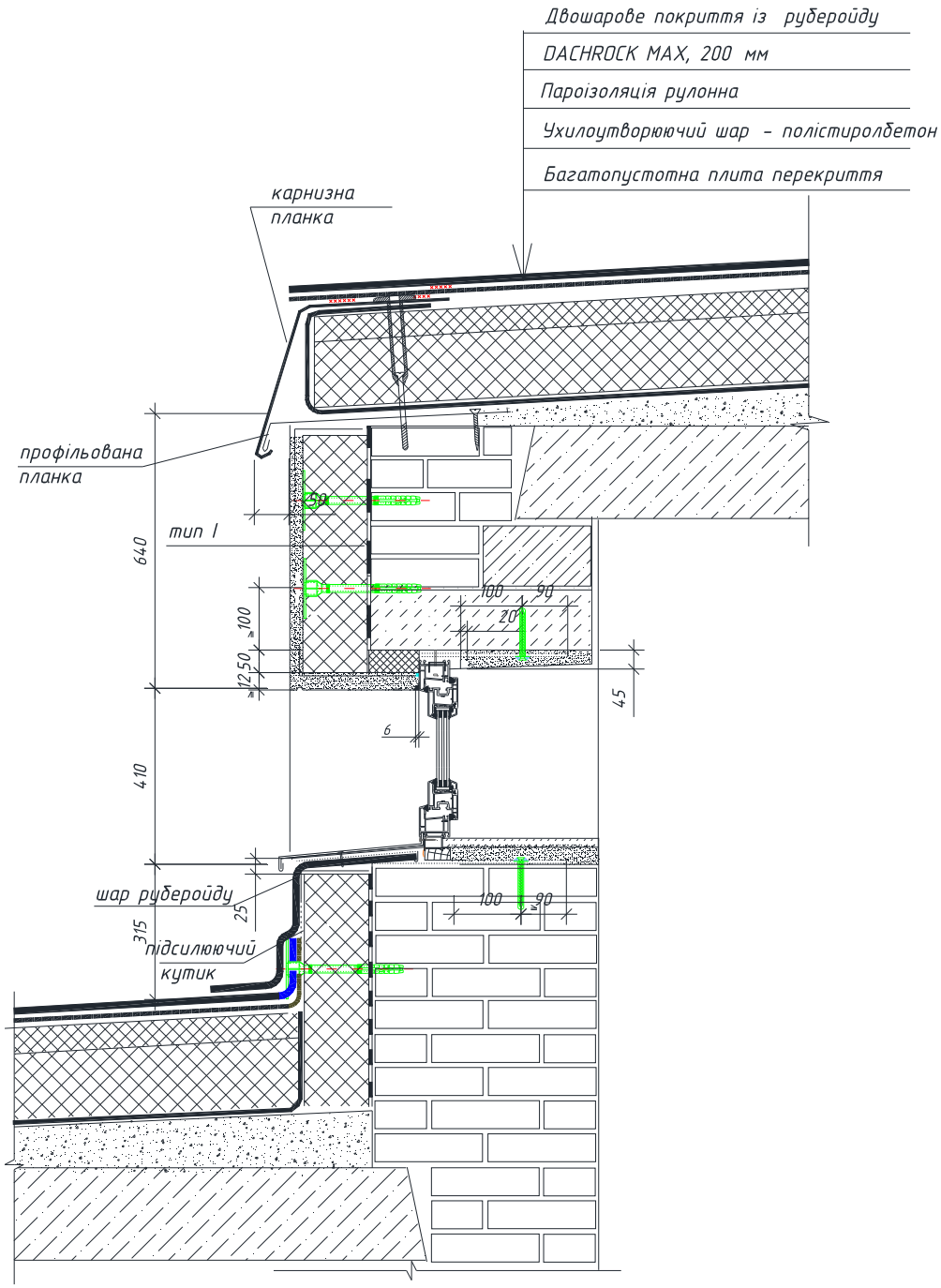



Рисунок 7.25 – Утеплення вузла примикання конструкції суміщеної покрівлі до горищного даху з теплим горищем з урахуванням віконного отвору

При наявності в надбудовах даху віконного отвору рекомендується заводити покрівельний килим під металевий відлив для максимальної герметизації стику.

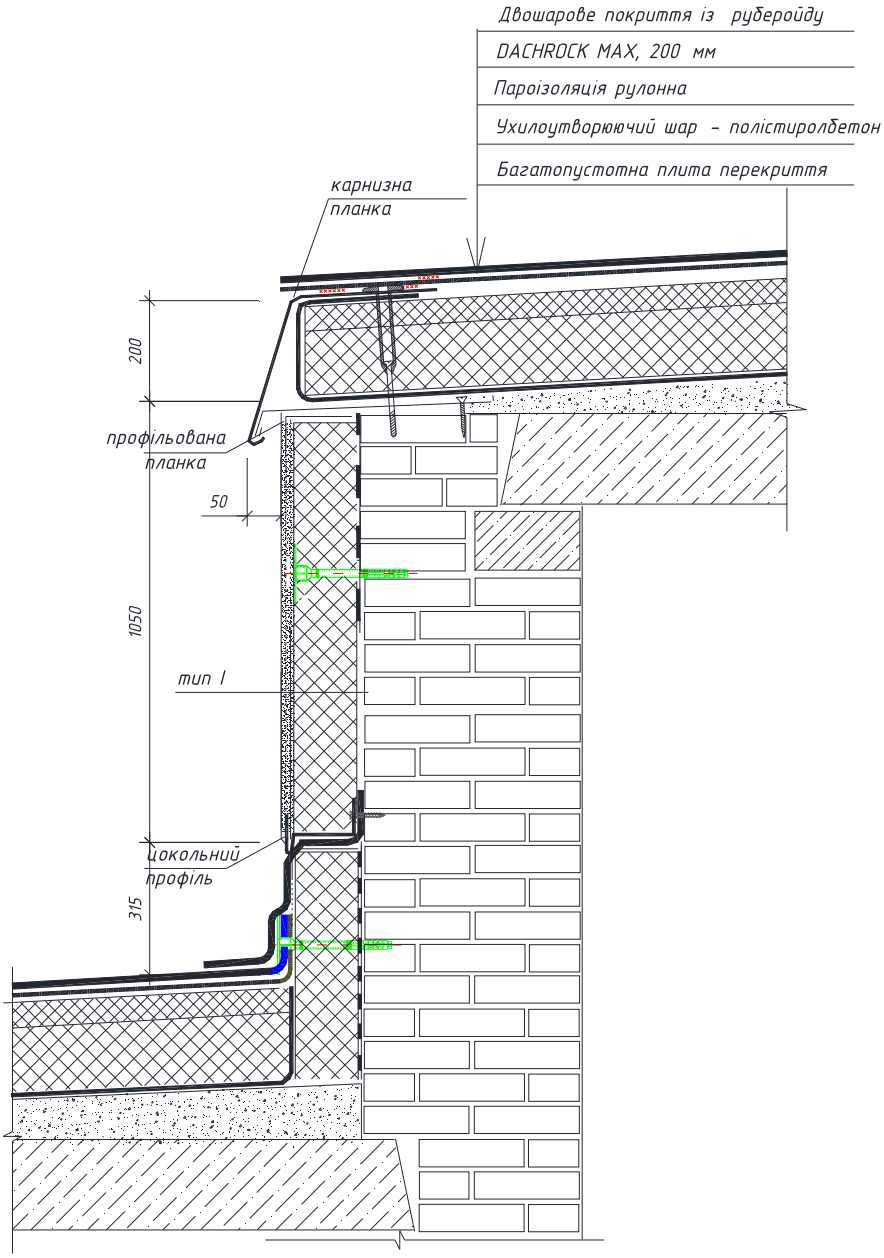



Рисунок 7.26 – Утеплення вузла примикання конструкції суміщеної покрівлі до горищного даху з теплим горищем

Гідроізоляційний килим рекомендується заводити на стіну прибудови на висоту від 300 мм. Стик між килимом покриття та фасадною системою виконується з використанням цокольного профілю.

## Висновки за розділом 7

При обстеженні утеплених стін спостерігаються основні теплові відмови – конденсація вологи на поверхні стін у містках холоду із-за не якісного виконання монтажних робіт, значні тепловтрати у місцях примикання плит перекриття та балконних плит до стін внаслідок розриву теплоізоляційного шару, замокання утеплювача, промерзання віконних укосів.

Дослідження тепловологісного режиму стін з замкненими повітряними прошарками, які виникли внаслідок порушення технології виконання робіт монтажу СФТО виявило вологонакопичення у середині огороджувальної конструкції. При наявності містків холоду ця волога буде провокувати морозобійне руйнування прилеглих шарів, особливо цегли.

При монтуванні СФТО залишати оздоблювальний шар з керамічної плитки може спричинити не лише теплові відмови, а і обвал конструкції.

Впроваджено в практику утеплення типові енергоефективні конструктивні вузли стінових конструкцій за рахунок неперервності теплоізоляційного шару. За результатами моделювання температурного поля визначено лінійні коефіцієнти теплопередачі. При зведенні та термомодернізації будівель застосування таких конструкцій дозволить мінімізувати вплив містка холоду, при цьому збільшивши загальний опір теплопередачі огороджувальних конструкцій та зменшити витрати на опалення будівель.

Враховуючи низьку якість виконання робіт по монтажу СФТО необхідно вимагати проведення тепловізійного контолю якості при прийнятті об’єкта в експлуатацію, який фіксує всі наявні ділянки з тепловтратами. На рис. 7.27 наведено приклад термограми, яка доводить якісне виконання теплоізоляційно опоряджувальних робіт на фасаді.

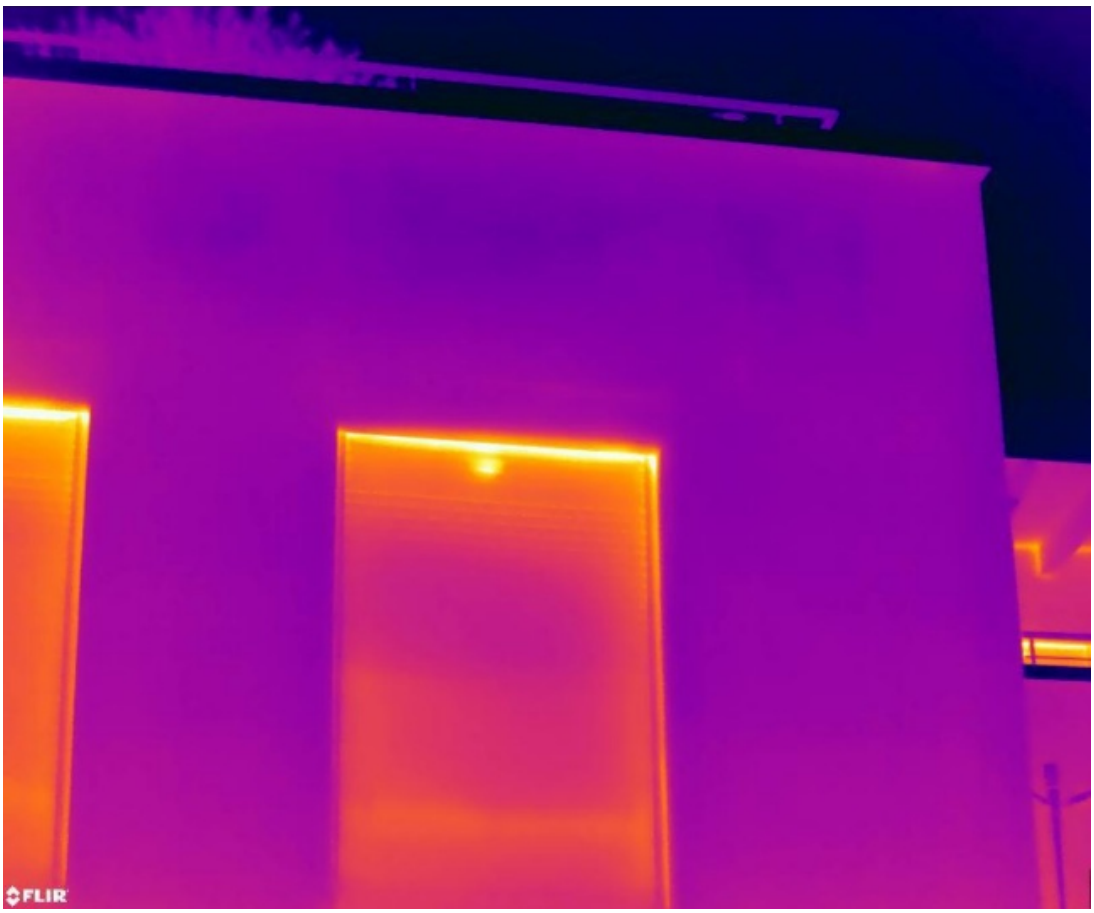



Рисунок 7.27 – Приклад термограми, яка доводить якісне виконання теплоізоляційно-опоряджувальних робіт на фасаді (фото Registered offices Bonn and Eschborn)

# РОЗДІЛ 8
# ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМУ ПІДЛОГИ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА ПРОЕКТУВАННІ

## 8.1 Результати обстеження стану підлог

Мікроклімат приміщення, а також тепловий стан різних об’єктів, які знаходяться у ньому, залежать від теплового режиму підлоги, з якою об’єкти знаходяться в безпосередньому контакті. Тепловий режим конструкції підлоги визначається видами і закономірностями внутрішніх та зовнішніх теплових впливів, її конструктивним рішенням і умовами теплової взаємодії з іншими елементами будівлі та ґрунтами основи. Температура на поверхні підлоги є основним фактором, який визначає ступінь комфортності приміщення. Температурний режим людського тіла вимагає, щоб температура на внутрішній поверхні підлоги приміщення була не нижчою за 2°С від температури повітря всередині його. За [20] нормується різниця між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні перекриття над проїздами та підвалами і складає для житлових будинків, дитячих установ, шкіл, інтернатів 2°С, для інших громадських будинків – 2,5°С.

У малоповерховому цивільному будинку втрати тепла через підлогу першого поверху можуть досягати 20% від загального об’єму тепловитрат.

При проведенні технічних обстежень та тепловізійної зйомки у будівлях, які експлуатуються, виявлено, що у конструкціях підлог перших поверхів відсутнє будь яке утеплення. Обстежувались підлоги по ґрунту, перекриття над холодними підвалами та проїздами, дерев’яні підлоги з технічним підпіллям.

Основні теплові відмови підлог по ґрунту та перекриттів над холодним підвалом та проїздом це низька температура поверхні підлоги, яка в деяких обстежуваних об’єктах складала 0°С (рис. 8.1).

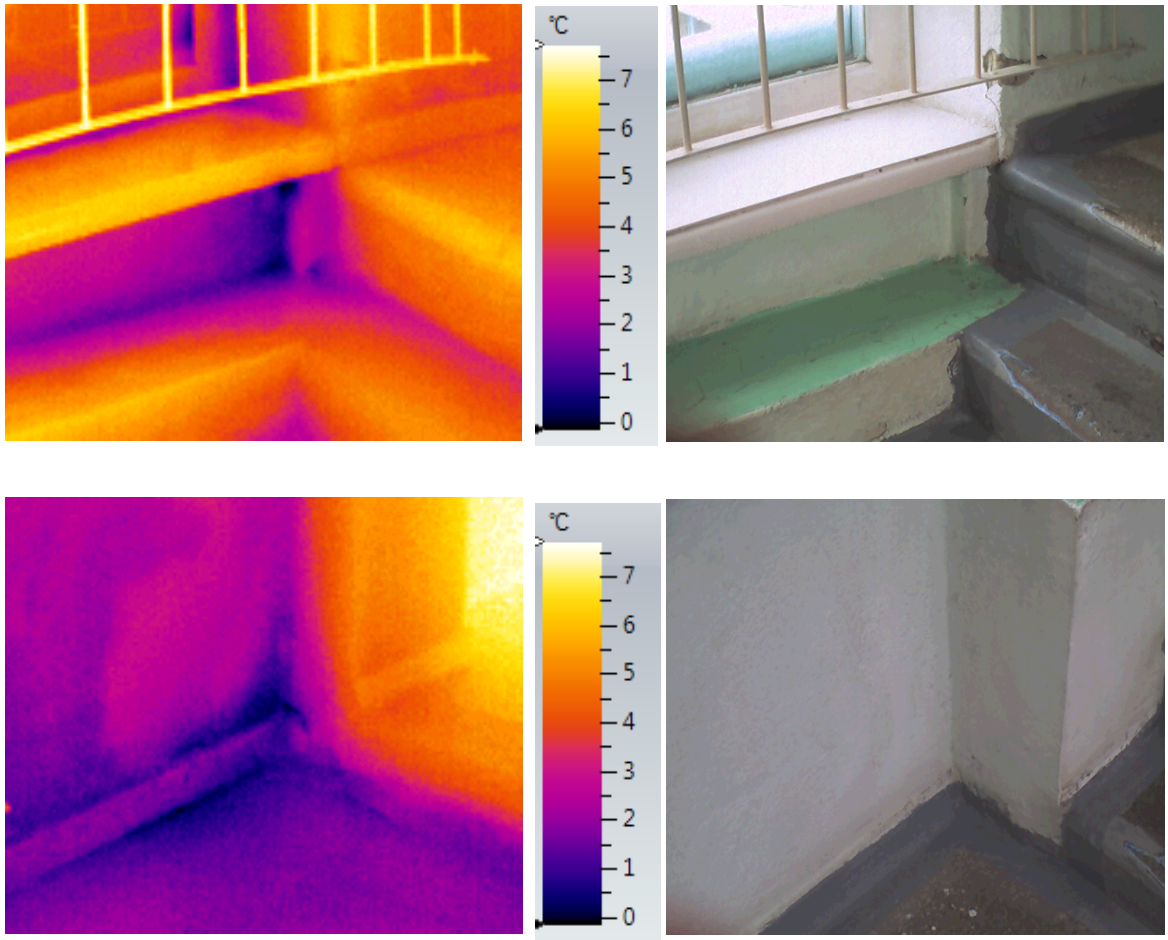



Рисунок 8.1 – Значні тепловтрати у місці примикання підлоги над проїздом та стіни (фрагмент звіту «Дослідження теплового режиму огороджувальних конструкцій будівлі навчального корпусу А ПолтНТУ інфрачервоним методом», 28 лютого 2018 р.)

При обстеженні дерев'яних підлог з підпіллям громадських будівель виявлення порушення вентиляційного режиму. В ході експлуатації будівель (наприклад, школа №4, ліцеї №1 та 3, 3-я міська клінічна лікарня у м. Полтаві) вентиляційні отвори у цоколі для провітрювання технічного підпілля заложили цеглою. Внаслідок порушення тепловологісного режиму дерев'яна підлога згнила.

У ліцеї №3 дерев'яну підлогу з підпіллям, яка втратила свої експлуатаційні властивості, замінили на суцільну бетонну. Горизонтальна гідроізоляція фундаментів не зафіксована. Цегляна кладка фундаментів і стін підпілля була у замоклому стані. Коли між ґрунтом та підлогою був повітряний шар волога у стінах не піднімалась вище рівня 0,000. При нових

суцільних підлогах без наскрізного провітрювання відбувається зволоження цегляної кладки фундаментів, цоколю та стін першого поверху за рахунок підтягування капілярної вологи з ґрунту. Під час обстеження несучих стін приміщень першого поверху на 80% периметру поверхонь внутрішніх та зовнішніх стін ліцею виявлено відшарування штукатурного шару та враження грибком. На новому штукатурному шарі спостерігаються висоли та сліди замокання.

При ремонті дерев'яних підлог з технічним підпіллям у складі реставраційних робіт, а також у будівлях зі зруйнованим шаром горизонтальної гідроізоляції необхідно відновити вентиляційні отвори у зовнішніх стінах (рис. 8.2).

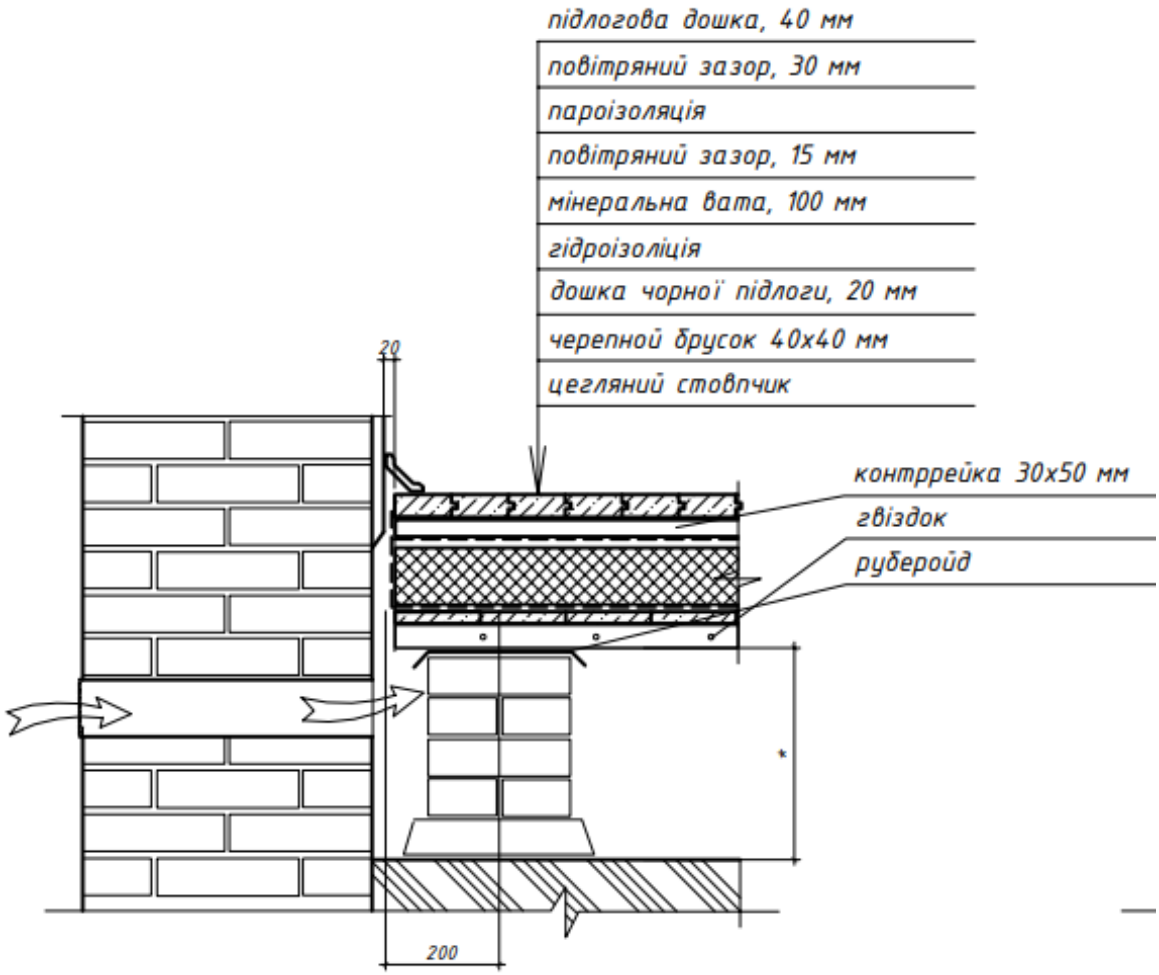



Рисунок 8.2 – Запропонована схема влаштування вентиляційних отворів для провітрювання технічного підпілля

Теплотехнічні характеристики дерев'яних підлог можна забезпечити укладанням між лагами теплоізоляційного шару, наприклад, за схемами рис 8.3.

Заміна дерев'яних підлог у технічним підпіллям на суцільні бетонні підлоги у старих будинках, де виявлено замокання фундаментів та цоколя через відсутність/пошкодження горизонтальної гідроізоляції недоцільна без відновлення гідроізоляційного шару, наприклад, методом ін'єктування гідрофобного розчину.

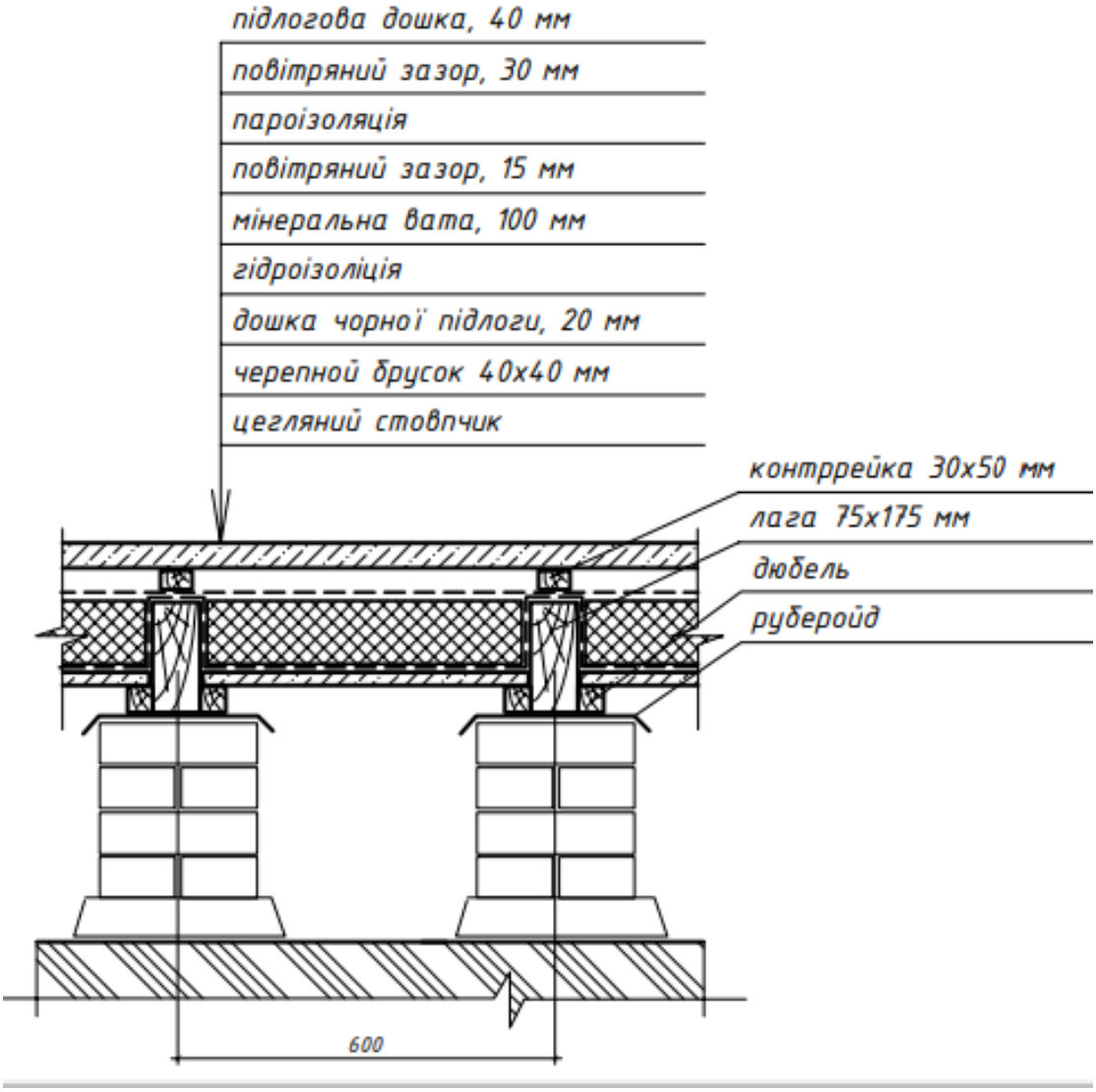



Рисунок 8.3 – Запропонована схема утеплення дерев'яної підлоги з технічним підпіллям

## 8.2 Дослідження теплового режиму суцільних підлог по ґрунту при утепленні фундаменту та цоколю з внутрішнього боку

Вибір області моделювання дослідження фундаментної зони та граничних умов, а також їх валідація і верифікація представлені в попередній роботі автора [54]. На відміну від попередньої роботи, у якій рівень промерзання приймався однаковим для певної температурної зони, завдання дослідження – визначення впливу глибини промерзання ґрунту на величину необхідного опору теплопередачі фундаментної зони будівлі для забезпечення нормативної різниці між температурою внутрішнього повітря та поверхні підлоги ($\Delta t^{н} = 2°C$).

Враховуючи нерівномірний розподіл температури на поверхні підлоги за визначальну прийнято температуру підлоги у куті її з'єднання з зовнішньою стіною, як ділянки, на якій температура підлоги найнижча.

Розрахунок проведено за схемою (рис. 8.4) з наступними вихідними умовами:

– підлога складається з шару бетонної підготовки δ =150 мм, λ = 0,92 Вт/(м·К) та цементного шару δ = 50 мм, λ = 0,81 Вт/(м·К);

– плитний утеплювач, λ = 0,037 Вт/(м·К);

– глибина закладання фундаменту на 0,2 м нижча за рівень промерзання ґрунту відповідної місцевості; заглиблення утеплювача відповідає глибині закладання фундаменту;

– області моделювання та граничні умови визначені в попередньому пункті;

– фундамент суцільний стрічковий з бутобетону шириною 0,6 м, λ = 1,86 Вт/(м·К);

– для першої температурної зони України прийнято розрахункову температуру зовнішнього повітря $t_{зн}$ = –22°С та розрахункову глибину сезонного промерзання ґрунту $d_f$ = 0,7 – 1,2 м; для другої температурної зони – $t_{зн}$ = –19°С та $d_f$ = 0,3 – 0,6 м;

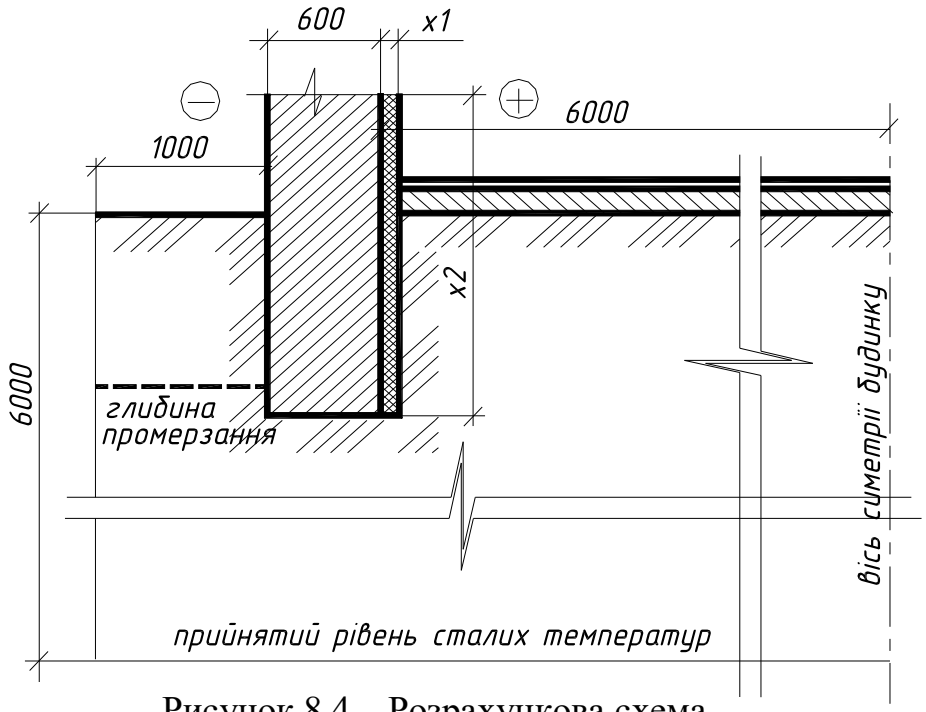



Рисунок 8.4 – Розрахункова схема

– розрахунок проведено при поступовому збільшенні глибини сезонного промерзання ґрунту від 0,3 м до 1,2 м з кроком 0,1 м.

По результатам розрахунку виявлено лінійну залежність між величинами $R_н$ та $d_f$ (рис. 8.5). Рівняння прямої, яка проходить через дві точки $A_1$ ($x_1$; $y_1$) і $A_2$ ($x_2$; $y_2$):

$$\begin{pmatrix} x_2 - x_1 & y_2 - y_1 \\ x - x_1 & y - y_1 \end{pmatrix} = 0 .$$

Рівняння прямої, яка відповідає графіку залежності необхідного значення опору теплопередачі від розрахункового значення глибини сезонного промерзання ґрунту, при сумі додатних і від'ємних відхилень, що прямує до нуля, має вигляд

$$y = -0,17x + 4,563. \qquad (8.1)$$

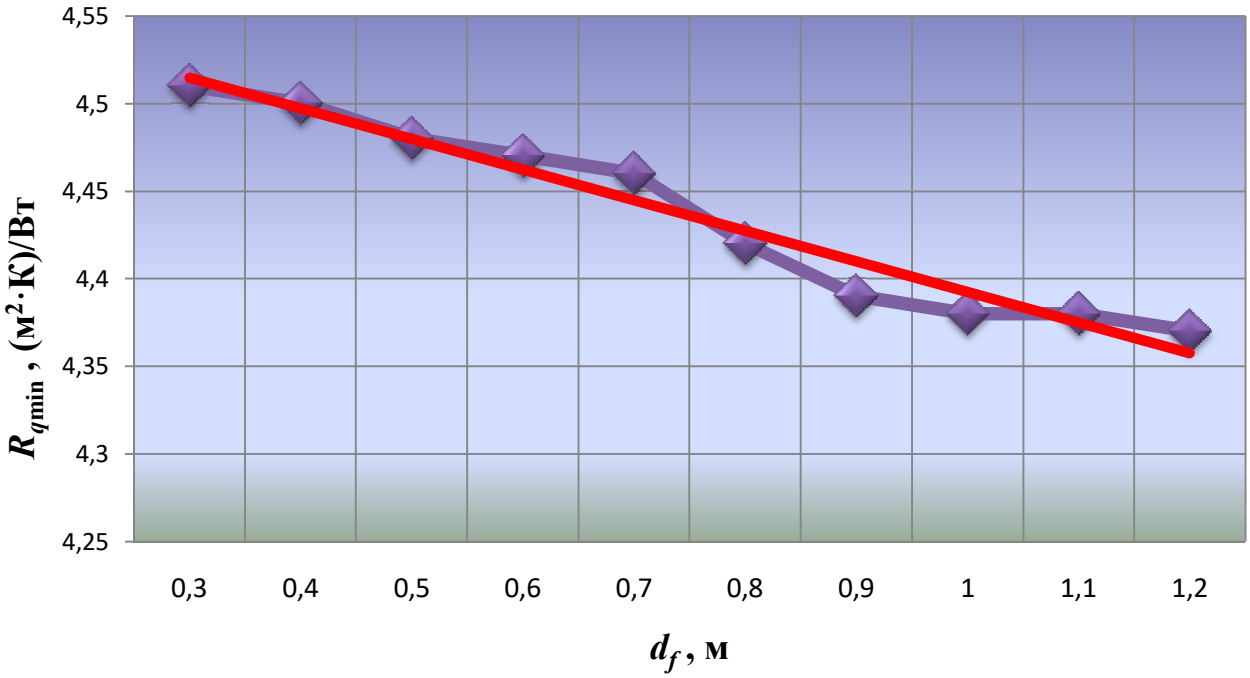



Рисунок 8.5 – Графік залежності необхідного опору теплопередачі фундаменту від розрахункової глибини сезонного промерзання ґрунту:
– отриманий шляхом моделювання температурного поля
– розрахований за формулою (8.2)

Підставляючи у формулу (8.1) замість $x$ і $y$ відповідні величини, визначено необхідне значення опору теплопередачі фундаментної зони, при якому у куті дотикання підлоги і зовнішньої стіни перепад між температурою поверхні підлоги і внутрішньою температурою приміщення дорівнює 2ºС. За аналогією ДБН В. 2.6-31-2016 дану величину можна прийняти за мінімально допустиме значення опору теплопередачі при заглибленні утеплювача до рівня на 0,2 м нижче рівня промерзання ґрунту:

$$R_{q\min} = -0{,}17 d_f + 4{,}563, \quad м^2 \cdot К / Вт, \tag{8.2}$$

де $R_{q\min}$ – мінімально допустиме значення опору теплопередачі фундаментної зони при внутрішньому утепленні, (м²·К)/Вт; $d_f$ – розрахункова глибина сезонного промерзанні ґрунту, м; 0,017 і 4,532 – коефіцієнти, отримані емпіричним шляхом, із розмірністю (за їх розрахунком) відповідно м·К /Вт, м²·К /Вт.

Перевірка розмірності:

$$\begin{pmatrix} м & м^2 \cdot К/Вт \\ x-м & y-м^2 \cdot К/Вт \end{pmatrix} = м \times \left(y-м^2 \cdot К/Вт\right) - \left(x-м\right) \times м^2 \cdot К/Вт =$$

$$= y \times м - м^3 \cdot К/Вт - x \times м^2 \cdot К/Вт + м^3 \cdot К/Вт = y \times м - x \times м^2 \cdot К/Вт + м^3 \cdot К/Вт;$$

$$y = x \times м \cdot К/Вт + м^2 \cdot К/Вт.$$

Вплив коефіцієнту теплопровідності конструктивного матеріалу фундаменту на мінімально допустиме значення опору теплопередачі фундаментної зони визначене за формулою (6) незначний і складає до 3%, що відповідає будівельним нормам.

## 8.3 Дослідження теплового режиму суцільних підлог по ґрунту при утепленні фундаменту та цоколю з зовнішнього боку

Попередній розрахунок температурних полів визначив, що зменшення заглиблення утеплювача веде до зниження його ефективності, і, як наслідок, до збільшення його товщини. При рівні заглиблення утеплювача до рівня промерзання ґрунту і вище необхідна товщина утеплювача буде настільки великою, що її використання в будівництві не раціонально. Тому в подальшому дослідженні розглядається зовнішній утеплювач з глибиною закладання до прийнятого рівня підошви фундаменту (на 0,2 м нижче рівня промерзання ґрунту).

Попередні дослідження (Філоненко, 2008) виявили значний вплив коефіцієнту теплопровідності несучої частини фундаменту при його зовнішньому утепленні на тепловтрати підлогою при заглибленні утеплювача нижче рівня промерзання ґрунту.

Проводилось визначення залежності необхідного опору теплопередачі фундаментної зони для дотримання температурного перепаду $\Delta t^н$ = 2°С між поверхнею підлоги та внутрішнім повітрям, від коефіцієнту теплопровідності матеріалу конструктивної частини фундаменту і розрахункової глибини промерзання ґрунту, тобто $R^н = f\left(d_f; \lambda_k\right)$.

Розрахунок проведено за схемою (рис. 8.6) з наступними вихідними умовами:

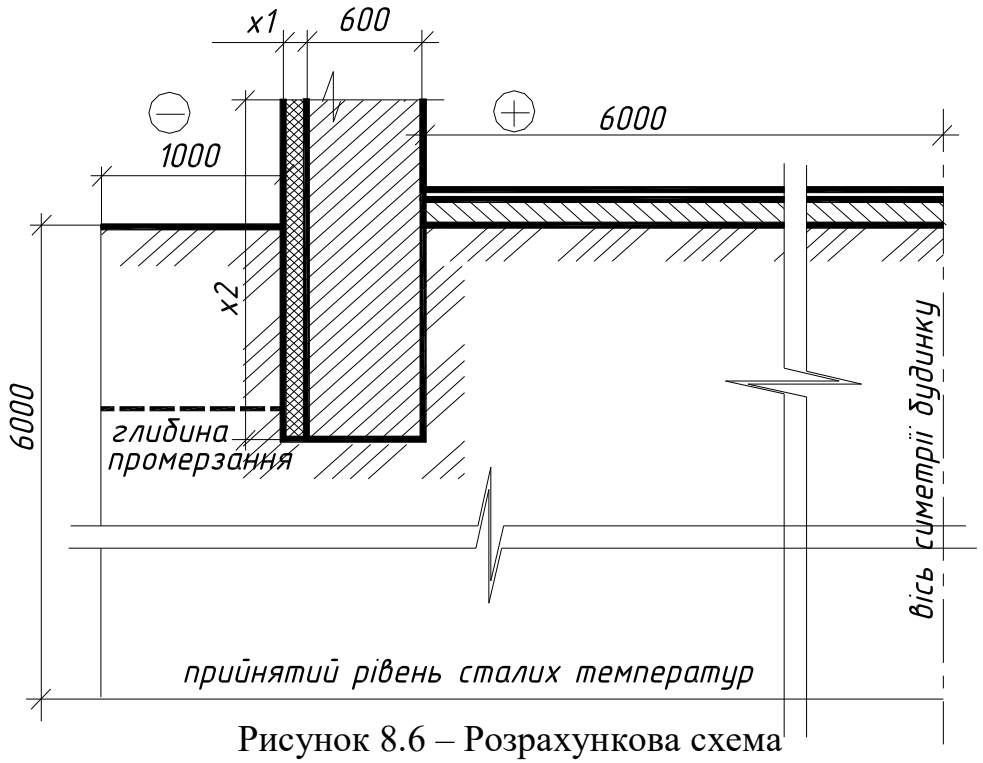



Рисунок 8.6 – Розрахункова схема

– підлога складається з шару бетонної підготовки δ =150 мм, λ = 0,92 Вт/(м·К) та цементного шару δ = 50 мм, λ = 0,81 Вт/(м·К);

– плитний утеплювач, λ = 0,037 Вт/(м·К);

– глибина закладання фундаменту на 0,2 м нижча за рівень промерзання ґрунту відповідної місцевості; заглиблення утеплювача відповідає глибині закладання фундаменту;

– області моделювання та граничні умови визначені в попередньому пункті;

– фундамент суцільний стрічковий (бетонний / бутобетонний / бутовий) шириною 0,6 м з коефіцієнтом теплопровідності конструктивної частини від 1 до 3,5 Вт/(м·К) з кроком 0,5 Вт/(м·К);

– для першої температурної зони України прийнято розрахункову температуру зовнішнього повітря $t_{зн}$ = –22°С та розрахункову глибину сезонного промерзання ґрунту $d_f$ = 0,7 – 1,2 м; для другої температурної зони – $t_{зн}$ = –19°С та $d_f$ = 0,3 – 0,6 м;

– при поступовому збільшенні глибини сезонного промерзання ґрунту від 0,3 м до 1,2 м з кроком 0,1 м.

Результати розрахунку підтвердили значну залежність значення необхідного опору теплопередачі фундаментної зони від коефіцієнту теплопровідності конструктивної частини фундаменту, а саме, значення необхідного опору теплопередачі буде збільшуватись при збільшенні коефіцієнту теплопровідності матеріалу несучої частини фундаменту.

Для кожної комбінації вихідних даних проводились розрахунки температурних полів і підбиралась така товщина утеплювача (λ = 0,037 Вт/(м·К)), яка забезпечує нормативну різницю між температурою внутрішнього повітря та поверхнею підлоги ($\Delta t^{н}$ = 2°С) навіть у куті з'єднання зовнішньої стіни і підлоги. Потім розраховувався необхідний опір теплопередачі фундаментної зони. Побудований графік по розрахованим значенням виявив, що залежність $R^{н} = f\left(d_f, \lambda_Ф\right)$ наближена до площини. На графіку (рис. 8.7, а) вісь ОХ відповідає коефіцієнту теплопровідності конструктивної частини фундаменту, вісь ОУ – розрахунковій глибині промерзанні ґрунту, вісь OZ – необхідному опору теплопередачі фундаментної зони.

Якщо точки $M_0$ ($x_0$; $y_0$; $z_0$), $M_1$ ($x_1$; $y_1$; $z_1$), $M_2$ ($x_2$; $y_2$; $z_2$) не належать одній прямій, то площина, яка проходить через них (рис. 8.8) представляється рівнянням

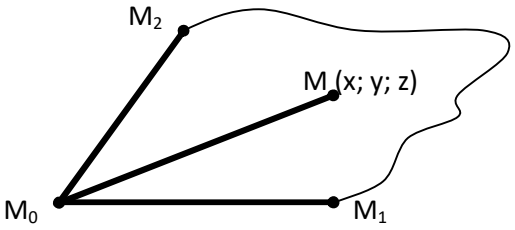



Рисунок 8.8 – Площина, яка проходить через три точки

$$\begin{pmatrix} x-x_0 & y-y_0 & z-z_0 \\ x_1-x_0 & y_1-y_0 & z_1-z_0 \\ x_2-x_0 & y_2-y_0 & z_2-z_0 \end{pmatrix} = 0 \qquad (8.3)$$

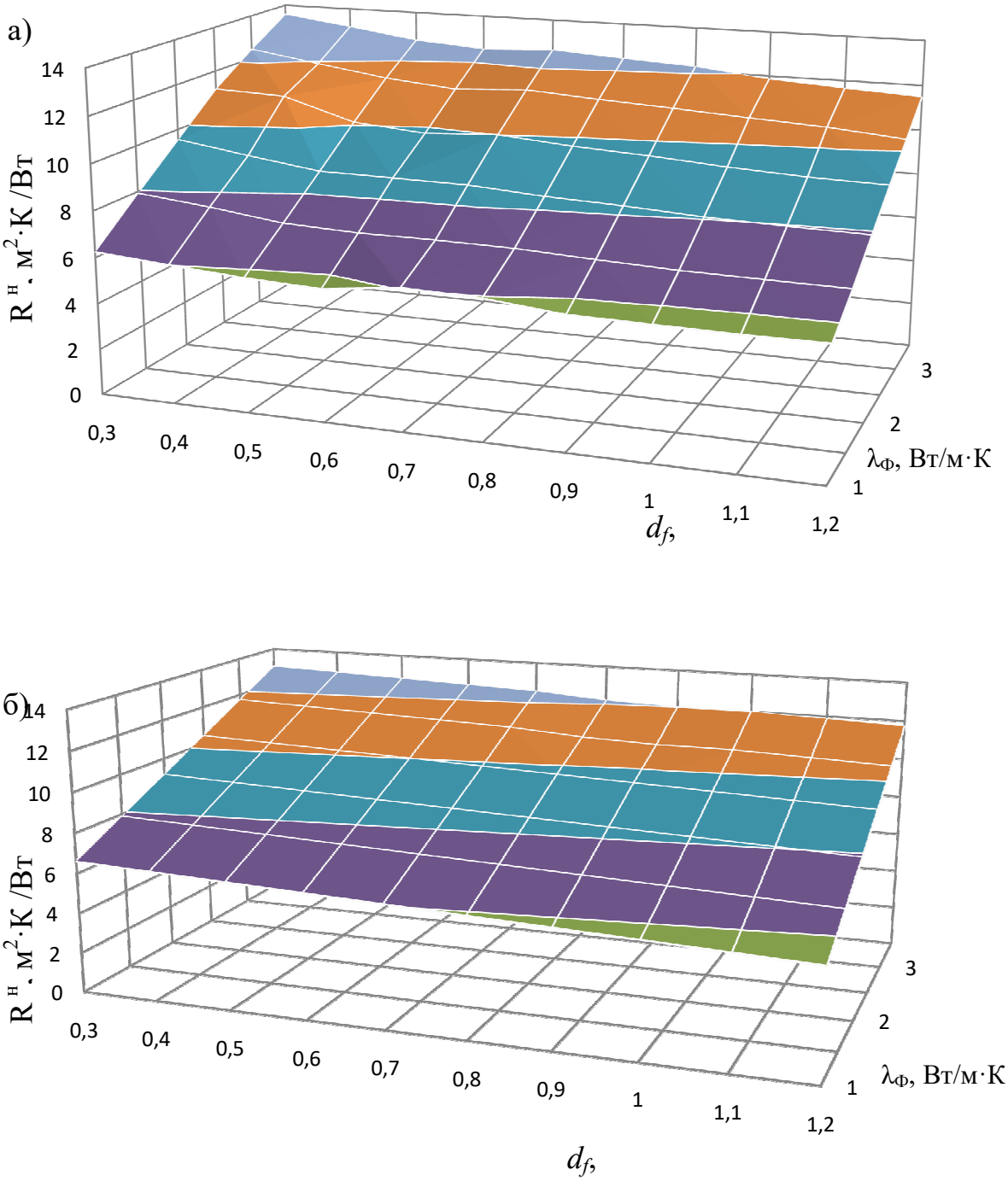



Рисунок 8.7 – Графік залежності необхідного опору теплопередачі фундаментної зони від коефіцієнту теплопровідності конструктивної частини фундаменту та розрахункової глибини промерзання ґрунту:

а) за даними, отриманими шляхом моделювання темп. полів;

б) за даними, розрахованими за формулою (8.5).

Для виведення формули площини, яка найбільше відповідає розрахованій поверхні за допомогою програми EXCEL проводився підбор

різних комбінацій трьох точок, які не належать одній прямій, і розрахунок відповідних поверхонь з їх поступовим наближенням до вихідної поверхні.

Площина, яка найбільше відповідає розрахованій поверхні, проходить через три наступні точки: $M_0$ (1; 0,7; 6,05), $M_1$ (2; 1,2; 7,91), $M_2$ (3; 1,1; 10,6) (рис. 8.7, б) та визначається рівнянням

$$\begin{pmatrix} x-1 & y-0,7 & z-6,05 \\ 2-1 & 1,2-0,7 & 7,91-6,05 \\ 3-1 & 1,1-0,7 & 10,6-6,05 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x-1 & y-0,7 & z-6,05 \\ 1 & 0,5 & 1,86 \\ 2 & 0,4 & 4,55 \end{pmatrix} =$$

$$= (x-1)\begin{pmatrix} 0,5 & 1,86 \\ 0,4 & 4,55 \end{pmatrix} - (y-0,7)\begin{pmatrix} 1 & 1,86 \\ 2 & 4,55 \end{pmatrix} + (z-6,05)\begin{pmatrix} 1 & 0,5 \\ 2 & 0,4 \end{pmatrix} =$$

$$= (x-1)(0,5\times 4,55 - 0,4\times 1,86) - (y-0,7)(1\times 4,55 - 1,86\times 2) +$$

$$+ (z-6,05)(1\times 0,4 - 2\times 0,5) = 1,531(x-1) - 0,83(y-0,7) - 0,6(z-6,05) =$$

$$= 1,532x - 0,83y - 0,6z + 2,68 = 0$$

(8.4)

Даний розрахунок проведено за формулою визначника третього порядку

$$\Delta = \begin{pmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{pmatrix} = a_1\begin{pmatrix} b_2 & c_2 \\ b_3 & c_3 \end{pmatrix} - b_1\begin{pmatrix} a_2 & c_2 \\ a_3 & c_3 \end{pmatrix} + c_1\begin{pmatrix} a_2 & b_2 \\ a_3 & b_3 \end{pmatrix} = a_1(b_2c_3 - b_3c_2) - b_1(a_2c_3 - a_3c_2) + c_1(a_2b_3 - a_3b_2)$$

Замінюючи *x, y, z* у формулі (8.4) відповідними фізичними величинами отримано формулу розрахунку значення необхідного опору теплопередачі фундаментної зони будинку, яке забезпечує нормативну різницю між температурою внутрішнього повітря та поверхнею підлоги ($\Delta t^{н}$ = 2°С), при зовнішньому утепленні. По аналогії ДБН В.2.6-31-2006 дану величину можна прийняти за мінімально допустиме значення опору теплопередачі фундаментної зони при зовнішньому утепленні:

$$R_{q\min} = 2,553\lambda_k - 1,383d_f + 4,467, \quad (м^2 \cdot К) / Вт, \tag{8.5}$$

де $R_{q\min}$ – мінімально допустиме значення опору теплопередачі, (м$^2$·К)/Вт; $d_f$ – розрахунковій глибині промерзанні ґрунту, м; $\lambda_k$ – коефіцієнт

теплопровідності матеріалу конструктивної частини фундаменту, Вт/м·К; 2,553, 1,383 і 4,467 – коефіцієнти, отримані емпіричним шляхом, з розмірністю (за їх розрахунком) відповідно $(м^3 \cdot К^2)/Вт^2$, м·К/Вт, $м^2 \cdot К$ /Вт.

Перевірка розмірності

$$\begin{pmatrix} x-Вт/м \cdot К & y-м & z-(м^2 \cdot К)/Вт \\ Вт/м \cdot К & м & (м^2 \cdot К)/Вт \\ Вт/м \cdot К & м & (м^2 \cdot К)/Вт \end{pmatrix} = (x-Вт/м \cdot К)(м \times (м^2 \cdot К)/Вт - м \times (м^2 \cdot К)/Вт) -$$

$$-(y-м)(Вт/м \cdot К \times (м^2 \cdot К)/Вт - Вт/м \cdot К \times (м^2 \cdot К)/Вт) + (z-(м^2 \cdot К)/Вт)(м \times Вт/м \cdot К - м \times Вт/м \cdot К) =$$

$$= (x-Вт/м \cdot К)(м \times (м^2 \cdot К)/Вт) - (y-м)(Вт/м \cdot К \times (м^2 \cdot К)/Вт) + (z-(м^2 \cdot К)/Вт)(м \times Вт/м \cdot К) =$$

$$= x \times (м^3 \cdot К)/Вт - м^2 - y \times м + м^2 + z \times Вт/К - м^2 = x(м^3 \cdot К)/Вт - y \times м + z \times Вт/К - м^2 = 0;$$

$$z = -x(м^3 \cdot К^2)/Вт^2 + y \times м \cdot К/Вт + м^2 \cdot К/Вт.$$

Максимальна похибка при розрахунку необхідного опору теплопередачі за формулою (8.4) відносно значень отриманих при дослідженні склала 5,7%, а середнє значення – ±2,8%.

### 8.4 Алгоритм розрахунку теплозахисту фундаментної зони будівель

В житлових та громадських будівлях з малозаглибленим стрічковим фундаментом для зменшення тепловтрат суцільною підлогою на ґрунті рекомендується утеплення фундаментної зони (фундаменту і цоколю) вертикальними суцільними смугами по внутрішньому або зовнішньому периметру. Оптимальна глибина закладання утеплювача – на 0,2 м глибше за рівень сезонного промерзання ґрунту. Визначення товщини утеплювача для досягнення нормативного перепаду між температурою приміщення і температурою поверхні підлоги в 2ºС виконується в наступній послідовності (для території України):

1. Визначення температурної зони району будівництва за дод. Б ДБН В. 2.6-31-2016;

2. Визначення глибини промерзання ґрунту району будівництва за результатами багаторічних спостережень;

3. Визначення розрахункових температур зовнішнього та внутрішнього повітря, вологісного режиму приміщення та вологісних умов експлуатації матеріалу в огороджувальних конструкціях (дод. В, ДБН В. 2.6-31-2016);

4. Визначення розрахункових характеристик будівельних матеріалів за дод А, ДСТУ Б В.2.6-189:2013;

5. Визначення необхідного виду утеплювача за наступними рекомендаціями:

5.1. при новому будівництві суцільну підлогу на ґрунті рекомендується утеплювати смугами суцільної вертикальної теплоізоляції, яка влаштовується з внутрішнього боку фундаментної зони (фундаменту і цоколю) та заглиблюється на 0,2 м нижче рівня промерзання ґрунту даної місцевості. Верхня межа теплоізоляційного шару повинна перевищувати рівень підлоги не менше ніж на 0,5 м.

5.2. утеплення фундаментної зони вертикальним утеплювачем по зовнішньому периметру менш економічно вигідне за витратою теплоізолюючого матеріалу, але при реконструкції такий варіант буде доцільним. Мінімально допустима глибина закладання зовнішньої теплоізоляції на 0,2 м нижче рівня сезонного промерзання ґрунту даної місцевості. Верхня межа теплоізоляційного шару повинна перевищувати рівень підлоги не менше ніж на 0,5 м. Також на можливість лише вертикального зовнішнього утеплення впливатимуть архітектурні особливості фасаду.

5.3. при зменшенні товщини, прийнятої при розрахунку, вертикального зовнішнього утеплювача в два рази рекомендується влаштовувати додатковий теплоізоляційний шар під кутом 60º до вертикалі розміром в поперечному перерізі 1000×50 мм. При зменшенні товщини зовнішньої вертикальної теплоізоляції до третини розрахункової рекомендується

влаштовувати додатковий теплоізоляційний шар під кутом 60º до вертикалі розміром 1000×100 мм. Різниця між внутрішньою температурою приміщення і температурою поверхні підлоги у куті дотикання до зовнішньої стіни буде $\Delta t = 3 – 4^{o}C$ при нормативному значенні $\Delta t^{н} = 2^{o}C$.

6. Визначення мінімально допустимого значення опору теплопередачі фундаментної зони відповідно до прийнятого виду утеплення за формулами:

6.1. при проектуванні утеплення фундаментної зони з внутрішнього боку при глибині його закладання на 0,2 м нижче рівня промерзання ґрунту даної місцевості:

$$R_{q\min} = –0,17d_f + 4,563, \quad \left(м^2 \cdot К / Вт\right),$$

де $R_{q\min}$ – мінімально допустиме значення опору теплопередачі фундаментної зони при внутрішньому утепленні, (м$^2$·К)/Вт; $d_f$ – розрахункова глибина промерзанні ґрунту, м; 0,17 і 4,563 – коефіцієнти, отримані емпіричним шляхом, із розмірністю (за їх розрахунком) відповідно м·К /Вт, м$^2$·К /Вт.

6.2. при проектуванні утеплення фундаментної зони з зовнішнього боку при глибині його закладання на 0,2 м нижче рівня промерзання ґрунту даної місцевості:

$$R_{q\min} = 2,553\lambda_k – 1,383d_f + 4,467, \quad \left(м^2 \cdot К\right) / Вт,$$

де $R_{q\min}$ – мінімально допустиме значення опору теплопередачі, (м$^2$·К)/Вт; $d_f$ – розрахунковій глибині промерзанні ґрунту, м; $\lambda_k$ – коефіцієнт теплопровідності матеріалу конструктивної частини фундаменту, Вт/м·К; 2,553, 1,383 і 4,467 – коефіцієнти, отримані емпіричним шляхом, з розмірністю (за їх розрахунком) відповідно (м$^3$·К$^2$)/Вт$^2$, м·К/Вт, м$^2$·К /Вт.

6.3. для житлових та громадських безпідвальних будинків із розрахунковою внутрішньою температурою повітря $t_{вн} = +20^{o}C$ мінімально допустиме значення опору теплопередачі фундаментної зони (для кліматичних умов України) можна визначити за таблицею 8.1.

Таблиця 8.1

Мінімально допустиме значення опору теплопередачі фундаментної зони житлових та громадських будинків з підлогами на ґрунті

| № поз. | Вид утеплення | Значення $R_{q\min}$, (м$^2$ ·К)/Вт, при глибині промерзання ґрунту, м | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,0 | 1,1 | 1,2 |
| 1 | Внутрішнє вертикальне утеплення до глибини на 0,2 м нижче за рівень промерзання ґрунту | 4,52 | 4,50 | 4,48 | 4,46 | 4,44 | 4,43 | 4,41 | 4,40 | 4,38 | 4,36 |
| 2 | Зовнішнє вертикальне утеплення до глибини на 0,2 м нижче за рівень промерзання ґрунту | $2,553\lambda_k+4,05$ | $2,553\lambda_k+3,91$ | $2,553\lambda_k+3,76$ | $2,553\lambda_k+3,64$ | $2,553\lambda_k+3,50$ | $2,553\lambda_k+3,36$ | $2,553\lambda_k+3,22$ | $2,553\lambda_k+3,08$ | $2,553\lambda_k+2,95$ | $2,553\lambda_k+2,81$ |

7. Визначення товщини утеплювача за формулою

$$\delta_{ут} = \lambda_{ут}\left(R_{q\min} - \sum\frac{\delta_i}{\lambda_i} - \frac{1}{\alpha_{вн}} - \frac{1}{\alpha_{зн}}\right), \qquad (8.6)$$

де $R_{q\min}$ – мінімально допустиме значення опору теплопередачі фундаментної зони, (м$^2$·К)/Вт, яке залежить від положення утеплювача (внутрішній або зовнішній), визначається за табл. 8.1; $\delta_{ут}$ і $\lambda_{ут}$ – відповідно товщина, м, та коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м·К), утеплювача; $\delta_i$ і $\lambda_i$ – відповідно товщина, м, та коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м·К), вертикальних шарів матеріалів фундаментної зони.

## 8.5 Визначення лінійних коефіцієнтів теплопередачі типових вузлів утеплення підлог

Визначення лінійних коефіцієнтів теплопередачі здійснено на підставі розрахунків двомірних температурних полів та методики згідно з ДСТУ ISO 10211-1, ДСТУ ISO 10211-2.

***Підлога над проїздом***

При розробці проекту термомодернізації навчального корпусу А НУ «Полтавська політехніка» розроблено конструктивне рішення, яке відсторонює нульову ізотерму від внутрішніх поверхонь огороджувальної конструкції на зменшує тепловтрати (8.10). При утепленні підлоги дотримувався принцип безперервності теплоізоляційного шару (рис. 8.9). Лінійні коефіцієнти теплопередачі такого рішення наведені у таблиці 8.2.

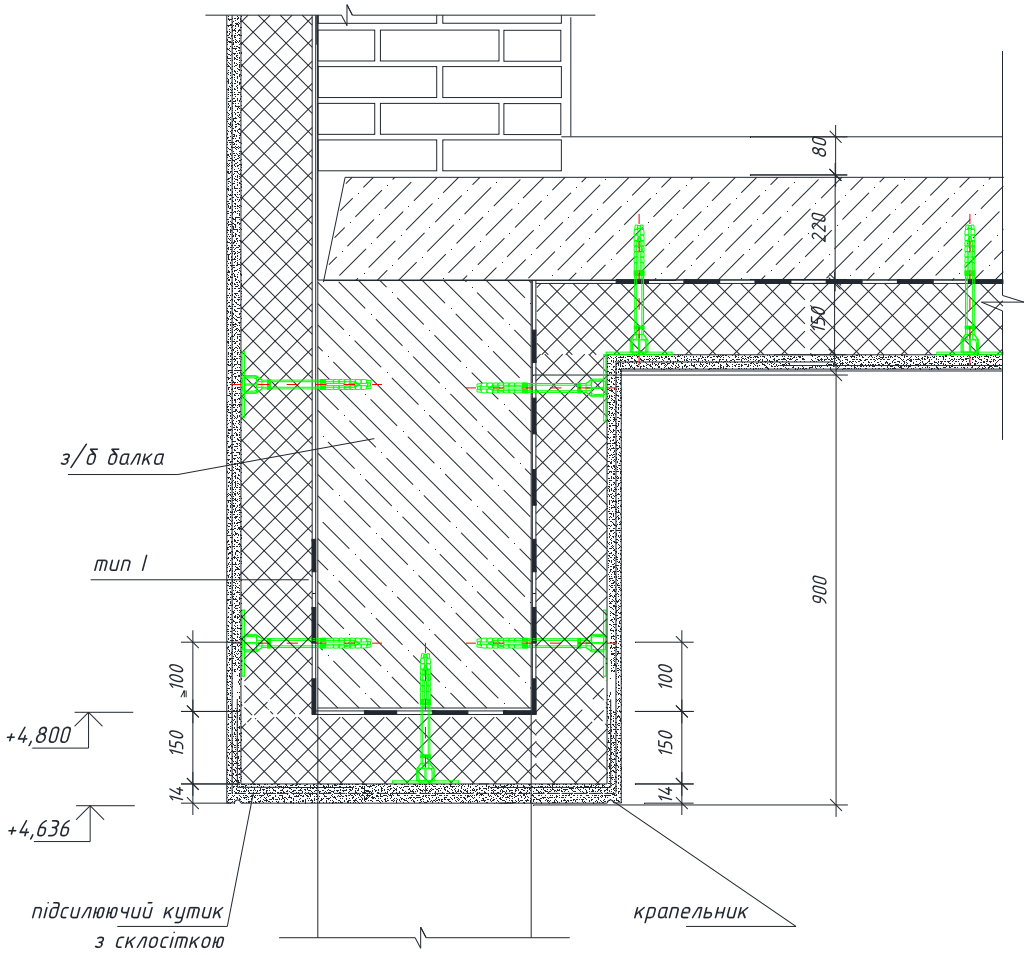



Рисунок 8.9 – Запропонована схема утеплення перекриття над проїздом

Таблиця 8.2

Утеплення перекриття над проїздом

| Лінійний коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м·К), залежно від параметрів теплоізоляційного шару | | | |
|---|---|---|---|
| Розрахункова теплопровідність, Вт/(м·К) | товщина теплоізоляції зовнішньої стіни, δут | | |
| | 120 мм | 150 мм | 180 мм |
| 0,035 | 0,289 | **0,264** | 0,235 |
| 0,040 | 0,299 | 0,277 | 0,251 |
| 0,045 | 0,308 | 0,290 | 0,268 |
| 0,050 | 0,319 | 0,302 | 0,284 |

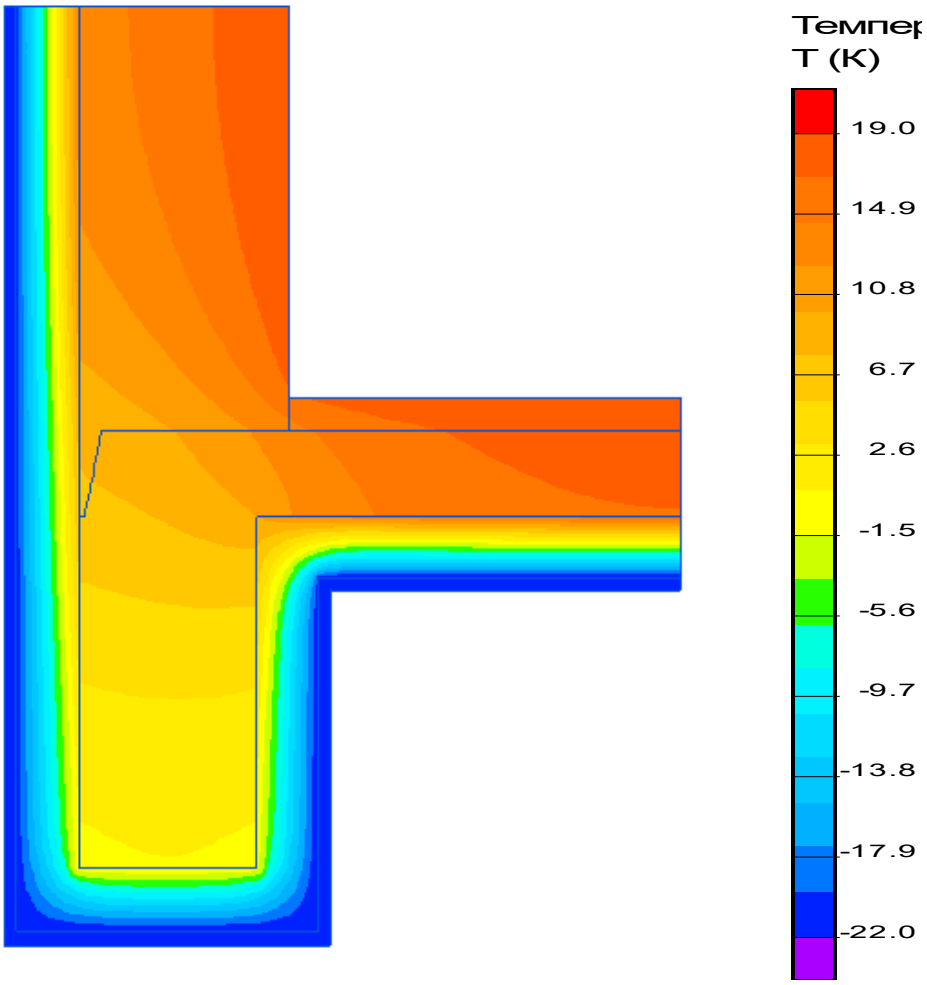
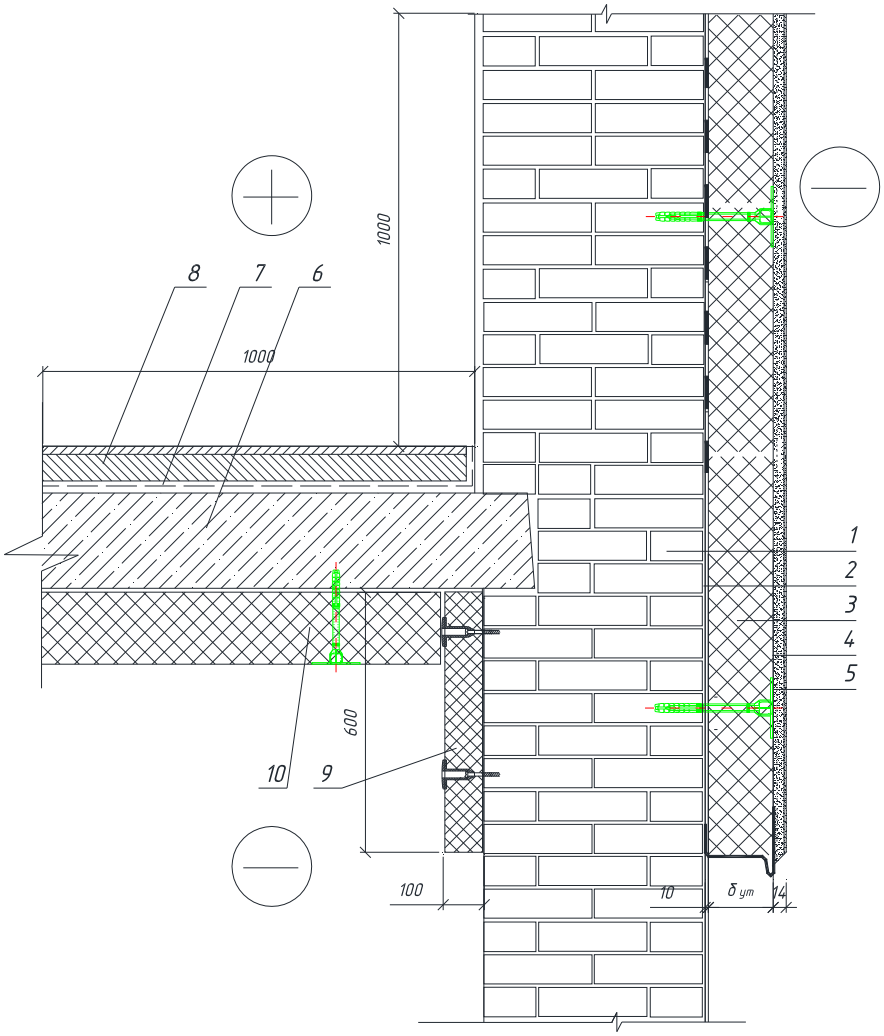



Рисунок 8.10 – Картина температурного поля вузла примикання плити перекриття над проїздом та зовнішньої стіни

***Перекриття над холодними підвалами*** рекомендовано утеплювати з боку від'ємної температури вологостійким утеплювачем. Для зменшення впливу несучих стін на приведений опір теплопередачі огороджувальної

конструкції необхідно влаштовувати вертикальне утеплення по внутрішньому периметру зовнішніх стін за схемою рис. 8.11.




1 – цегляна стіна;
2 – клейовий шар для приклеювання плит утеплювача до основи, а також для вирівнювання поверхні основи;
3 – теплоізоляційний шар – мінеральна вата;
4 – армуюча склосітка;
5 – багатошарова штукатурка;
6 – залізобетонна плита перекриття;
7 – гідро/пароізоляційна мембрана;
8 – бетонна шар з покриттям підлоги;
9 – вертикальний теплоізоляційний шар – плити пінополістиролу;
10 – горизонтальний теплоізоляційний шар – плити пінополістиролу

Рисунок 8.11 – Запропонована схема утеплення перекриття над холодним підвалом з додатковим вертикальним утепленням

Таке рішення відсторонює нульову ізотерму від внутрішніх поверхонь огороджувальних конструкцій (рис. 8.12) та дозволяє зменшити вплив лінійного коефіцієнта теплопередачі на приведений опір теплопередачі перекриття над холодним підвалом (табл. 8.3). Розрахунок температурного поля наведеного вузла при різних товщина утеплювача та його коефіцієнта

теплопровідності визначив їх незначний вплив на величину лінійного коефіцієнта теплопередачі.

Таблиця 8.3

Утеплення перекриття над холодним підвалом з додатковим вертикальним утепленням

| Лінійний коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м·К), залежно від параметрів теплоізоляційного шару | | | |
|---|---|---|---|
| Розрахункова теплопровідність, Вт/(м·К) | товщина теплоізоляції зовнішньої стіни та перекриття над підвалом, δут | | |
| | 120 мм | 150 мм | 180 мм |
| 0,035 | 0,345 | **0,346** | 0,347 |
| 0,040 | 0,345 | 0,345 | 0,346 |
| 0,045 | 0,345 | 0,345 | 0,346 |
| 0,050 | 0,345 | 0,345 | 0,346 |

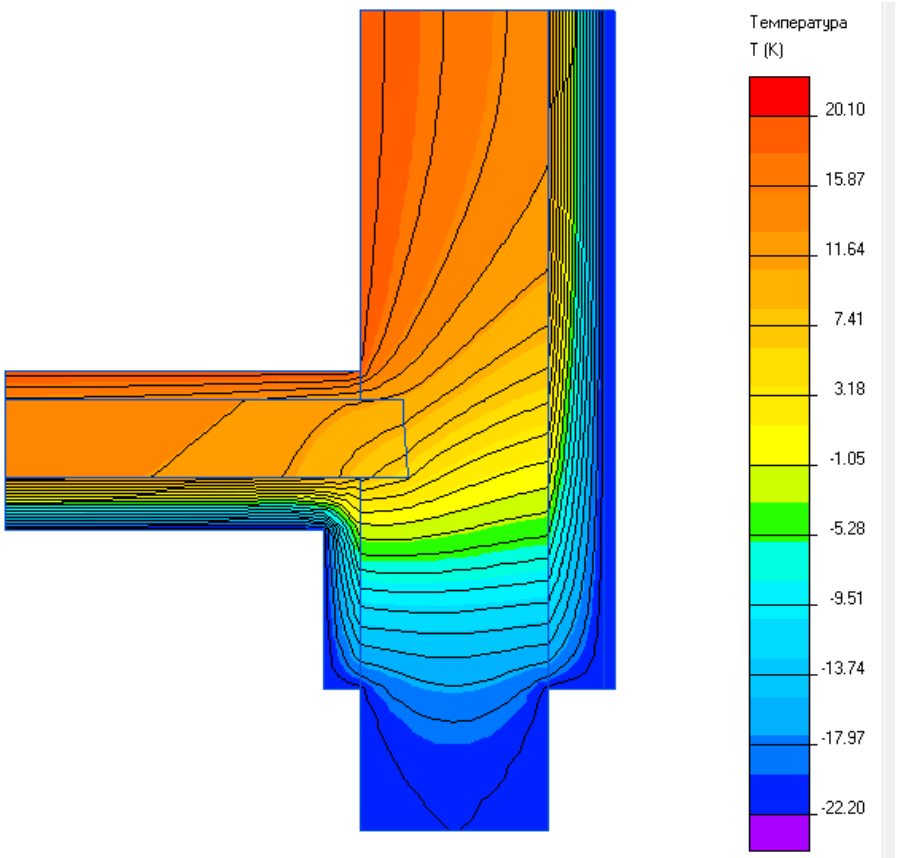
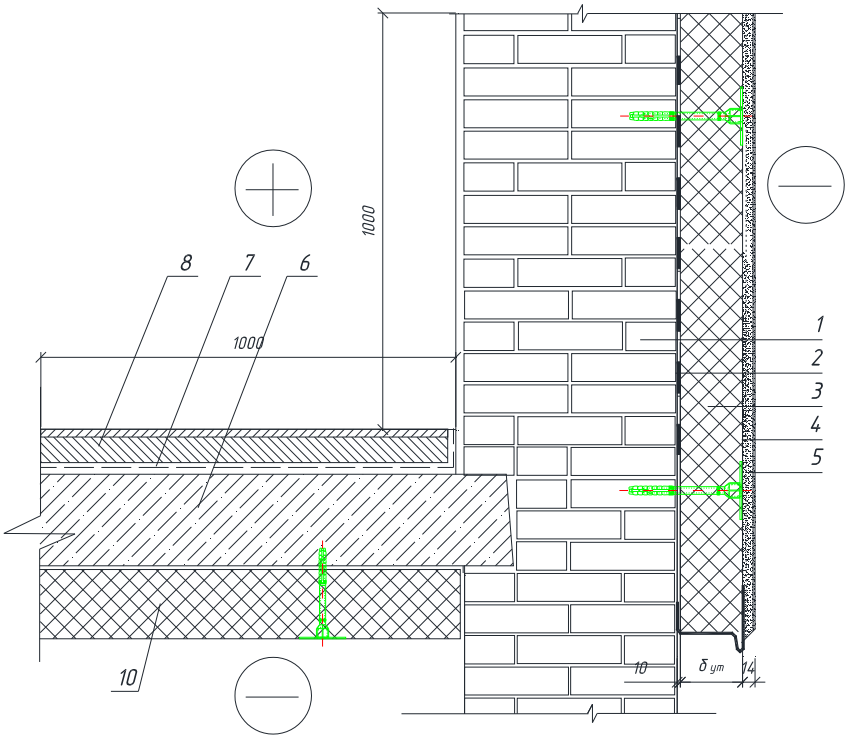



Рисунок 8.12 – Картина температурного поля вузла примикання плити перекриття над підвалом та зовнішньої стіни з додатковим утепленням

Для перевірки доцільності використання додаткового вертикального утеплення зовнішньої стіни при утепленні перекриття над холодним підвалом проведено моделювання температурного поля конструктивного рішення, яке постійно зустрічається в будівельній практиці. СФТО завершується на рівні утеплювача в перекриття над підвалом залишаючи значний місток холоду через конструктивну частину цоколя (рис. 8.13).




1 – цегляна стіна;
2 – клейовий шар для приклеювання плит утеплювача до основи, а також для вирівнювання поверхні основи;
3 – теплоізоляційний шар – мінеральна вата;
4 – армуюча склосітка;
5 – багатошарова штукатурка;
6 – залізобетонна плита перекриття;
7 – гідро/пароізоляційна мембрана;
8 – бетонна шар з покриттям підлоги;
10 – горизонтальний теплоізоляційний шар – плити пінополістиролу

Рисунок 8.13 – Існуюча схема утеплення перекриття над холодним підвалом

Розрахунок температурного поля наведеного вузла наведено на рис. 8.14. Величина лінійного коефіцієнта теплопередачі при різних товщинах утеплювача та його коефіцієнта теплопередачі наведено у табл. 8.4.

Таблиця 8.4

Утеплення перекриття над холодним підвалом

| Лінійний коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м·К), залежно від параметрів теплоізоляційного шару | | | |
|---|---|---|---|
| Розрахункова теплопровідність, Вт/(м·К) | товщина теплоізоляції, δут | | |
| | 120 мм | 150 мм | 180 мм |
| 0,035 | 0,554 | **0,567** | 0,579 |
| 0,040 | 0,546 | 0,561 | 0,572 |
| 0,045 | 0,538 | 0,553 | 0,565 |
| 0,050 | 0,530 | 0,546 | 0,558 |

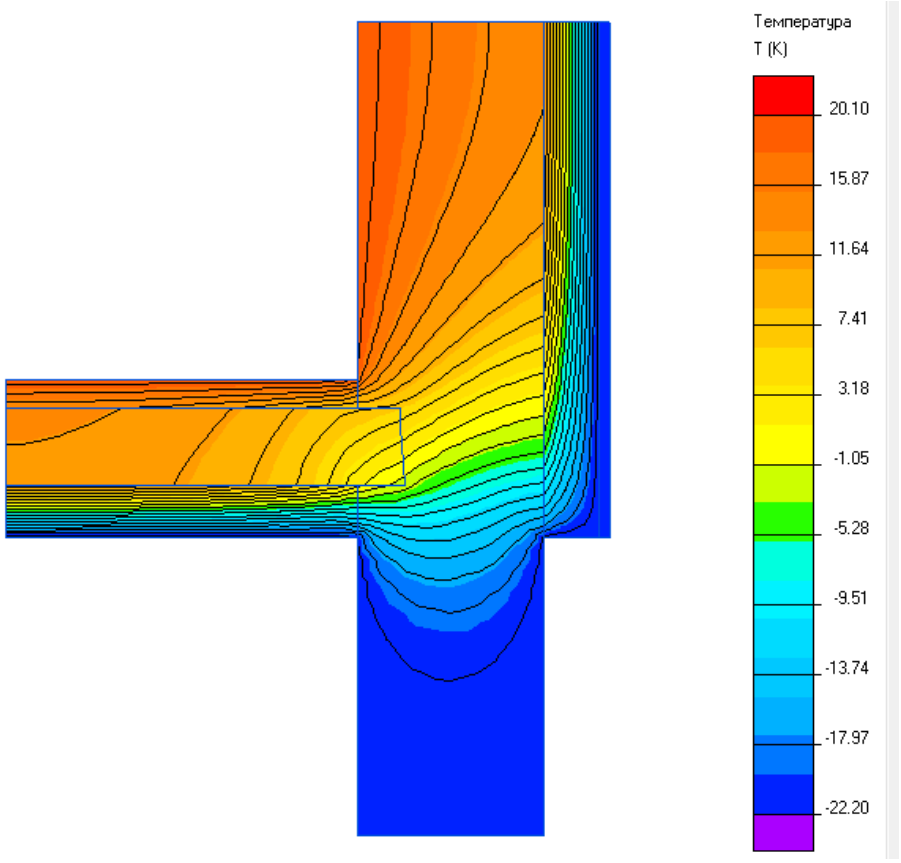



Рисунок 8.14 – Картина температурного поля вузла примикання плити перекриття над підвалом та зовнішньої стіни

Аналіз моделювання картини теплового потоку у вузлі примикання плити перекриття над підвалом та зовнішньої стіни за двома варіантами утеплення, наведеними вище, довів ефективність додаткового вертикального утеплення. Величина теплового потоку при додатковому вертикальному утепленні менше на 40% порівняно з варіантом з обмеженням утеплення стіни до рівня утеплювача перекриття (рис. 8.15).

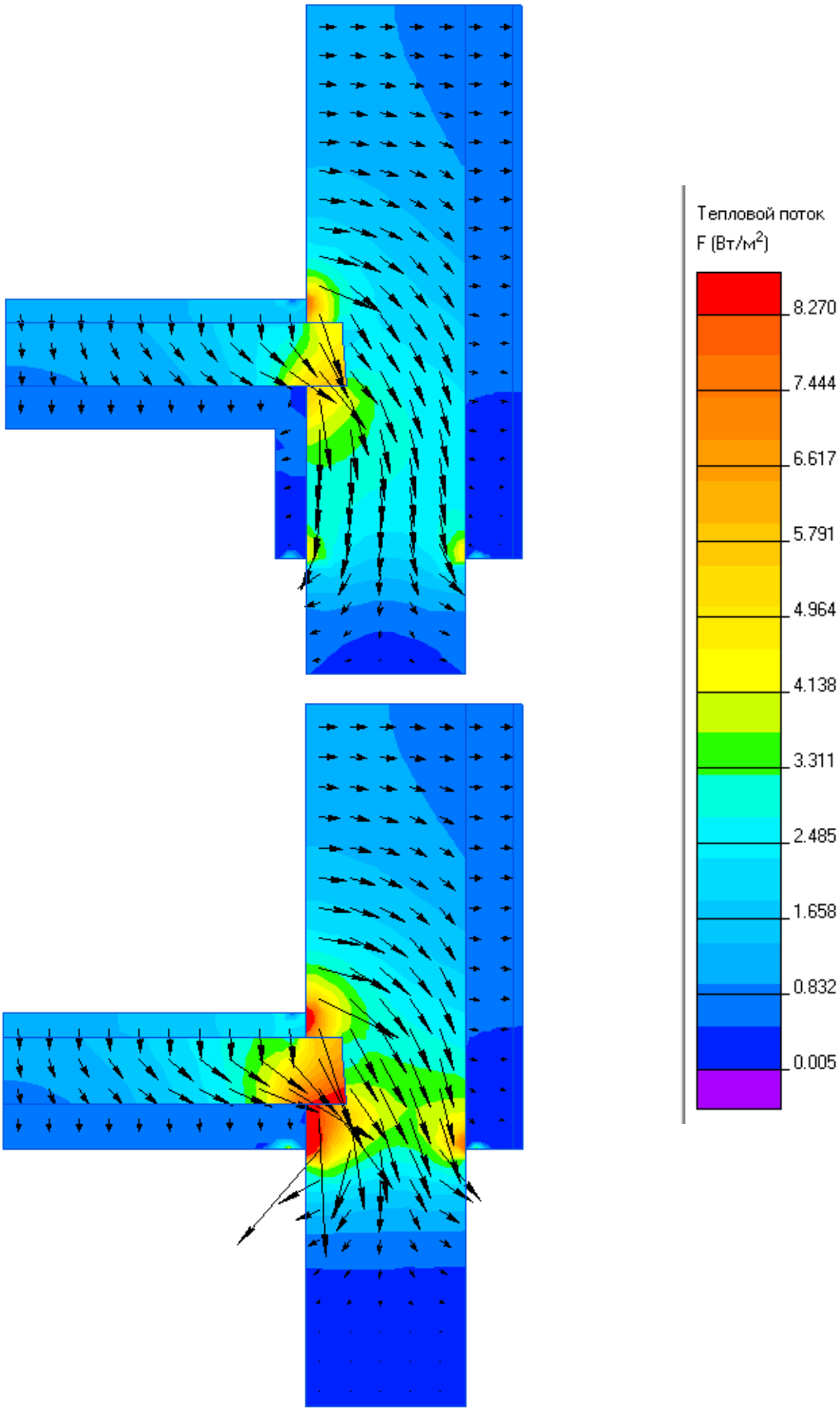
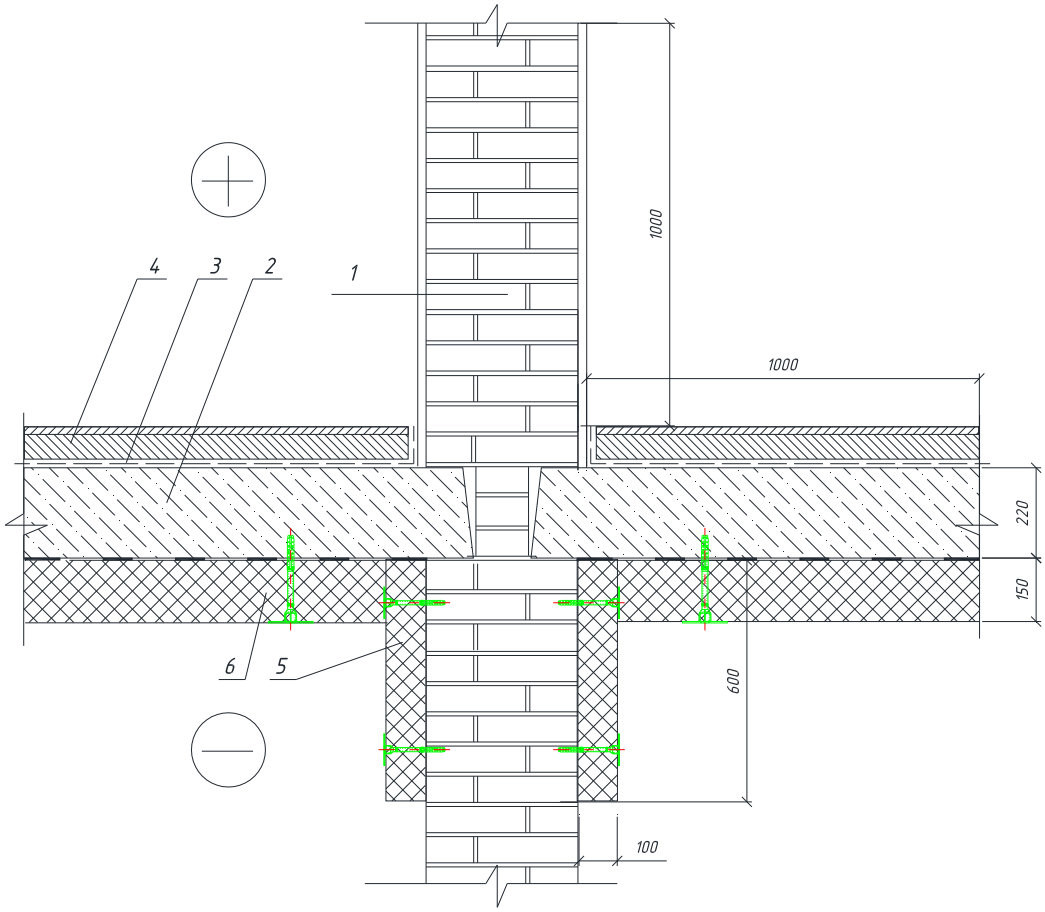



Рисунок 8.15 – Картини теплового потоку вузла примикання плити перекриття над підвалом та зовнішньої стіни з різними варіантами утеплення

***Перекриття над холодними підвалами*** рекомендовано утеплювати з боку від'ємної температури вологостійким утеплювачем з влаштовуванням вертикального утеплення по периметру внутрішніх несучих стін за схемою рис. 8.16 для зменшення їх впливу на приведений опір теплопередачі огороджувальної конструкції перекриття.




1 – цегляна кладка;
2 – залізобетонна плита перекриття;
3 – гидро/пароізоляційна мембрана;
4 – бетонний шар та покриття підлоги;
5 – вертикальне утеплення – плити пінополістиролу;
6 – горизонтальне утеплення – плити пінополістиролу

Рисунок 8.16 – Запропонована схема утеплення перекриття над холодним підвалом

Розрахунок температурного поля наведеного вузла наведено на рис. 8.17. Величина лінійного коефіцієнта теплопередачі при різних товщинах утеплювача та його коефіцієнта теплопередачі наведено у табл. 8.5.

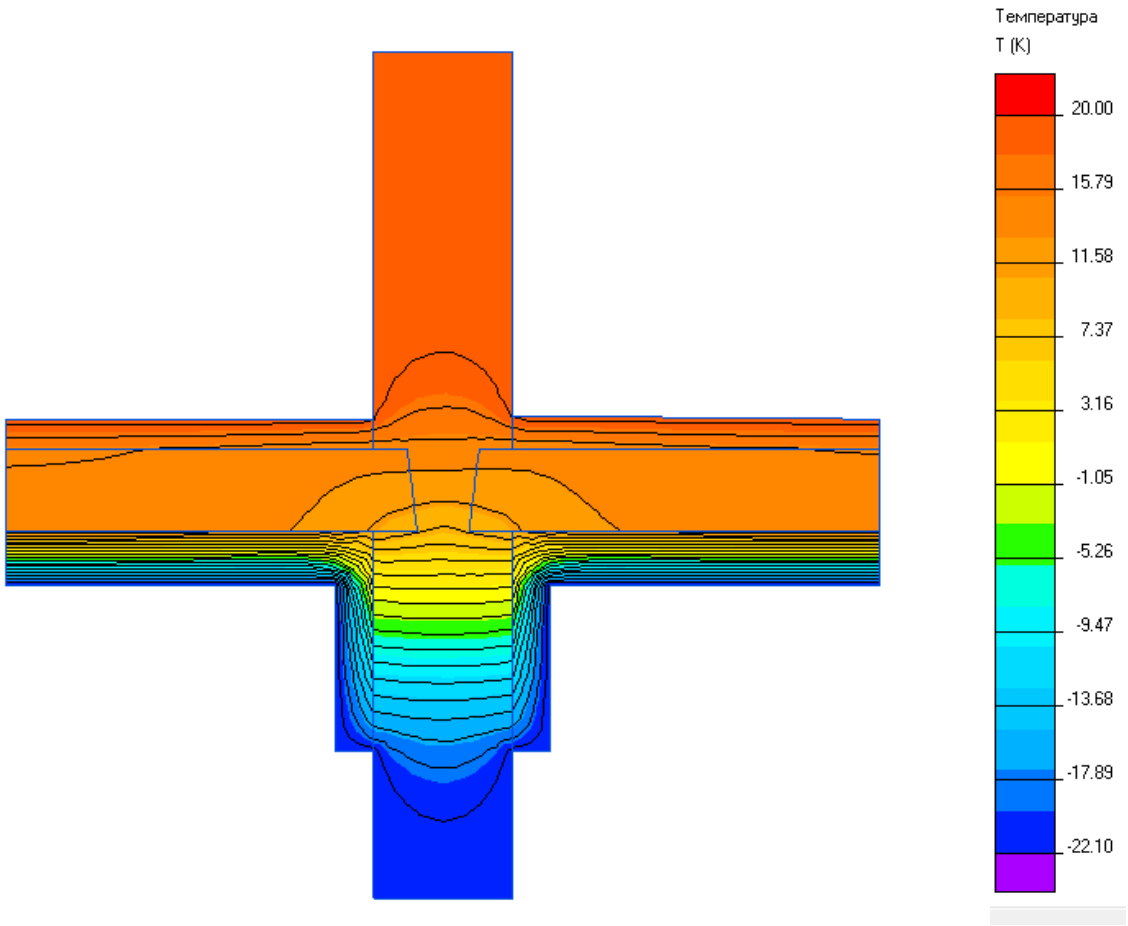


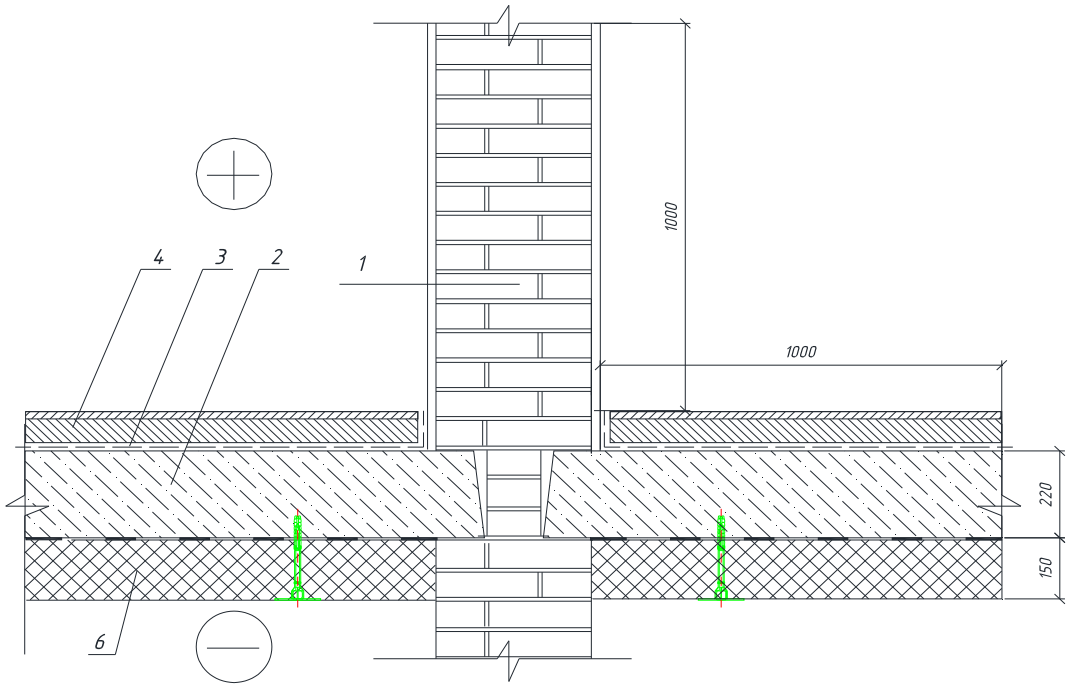

Рисунок 8.17 – Картина температурного поля вузла примикання плити перекриття над підвалом та внутрішньої стіни

Таблиця 8.5

Утеплення перекриття над холодним підвалом

| Лінійний коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м·К), залежно від параметрів теплоізоляційного шару | | | |
|---|---|---|---|
| Розрахункова теплопровідність, Вт/(м·К) | товщина теплоізоляції, δут | | |
| | 120 мм | 150 мм | 180 мм |
| 0,035 | 0,232 | **0,247** | 0,258 |
| 0,040 | 0,224 | 0,239 | 0,251 |
| 0,045 | 0,216 | 0,231 | 0,243 |
| 0,050 | 0,208 | 0,223 | 0,236 |

Для перевірки доцільності використання додаткового вертикального утеплення внутрішньої стіни при утепленні перекриття над холодним підвалом проведено моделювання температурного поля конструктивного рішення, яке не передбачає додаткове утеплення (рис. 8.18).




1 – цегляна кладка;
2 – залізобетонна плита перекриття;
3 – гидро/пароізоляційна мембрана;
4 – бетонний шар та покриття підлоги;
6 – горизонтальне утеплення – плити пінополістиролу

Рисунок 8.18 – Схема утеплення перекриття над холодним підвалом

Розрахунок температурного поля наведеного вузла наведено визначив значний місток холоду через конструктивну частину внутрішньої несучої стіни (рис. 8.19). Величина лінійного коефіцієнта теплопередачі при різних товщинах утеплювача та його коефіцієнта теплопередачі наведено у табл. 8.6.

Таблиця 8.6

Утеплення перекриття над холодним підвалом

| Лінійний коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м·К), залежно від параметрів теплоізоляційного шару | | | |
|---|---|---|---|
| Розрахункова теплопровідність, Вт/(м·К) | товщина теплоізоляції, δут | | |
| | 120 мм | 150 мм | 180 мм |
| 0,035 | 0,562 | **0,593** | 0,615 |
| 0,040 | 0,548 | 0,567 | 0,597 |
| 0,045 | 0,530 | 0,550 | 0,579 |
| 0,050 | 0,513 | 0,543 | 0,561 |

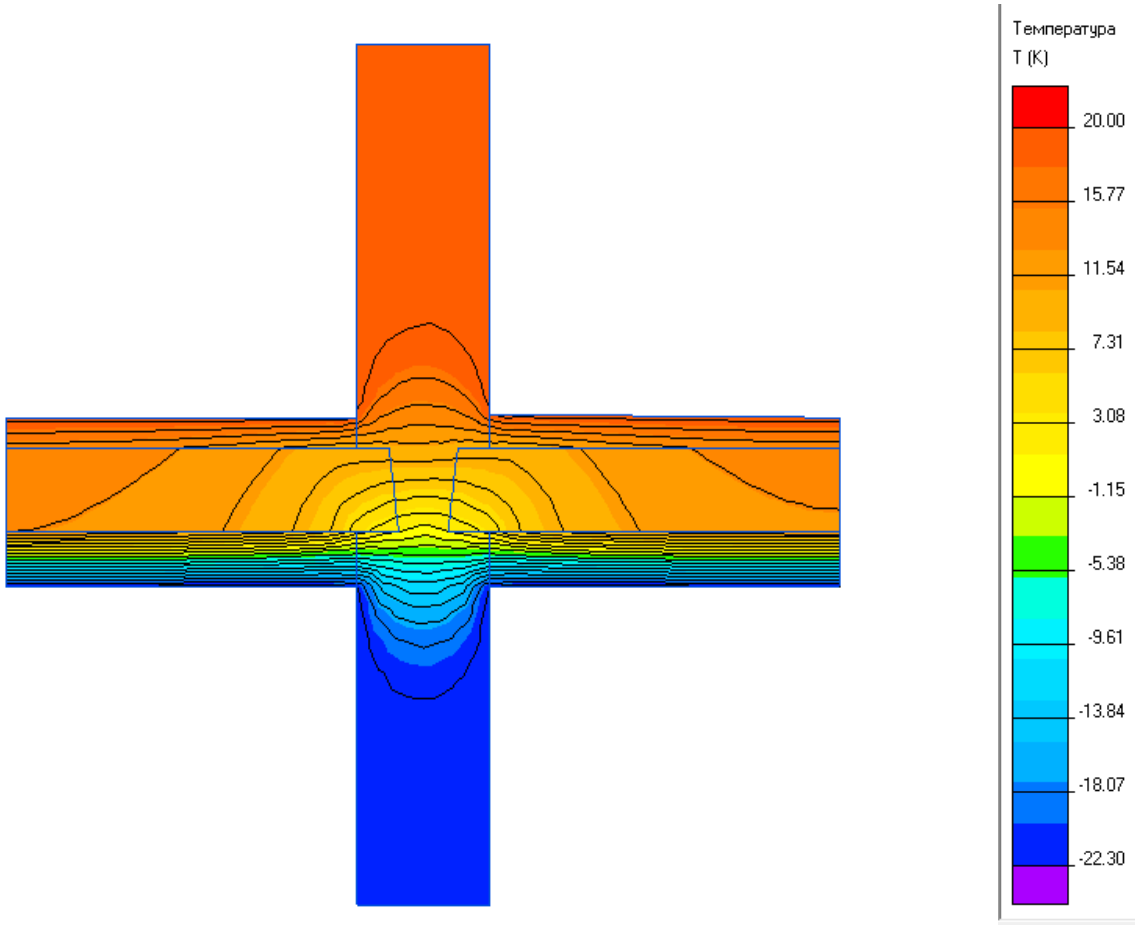



Рисунок 8.19 – Картина температурного поля вузла примикання плити перекриття над підвалом та внутрішньої стіни без додаткового утеплення

Аналіз моделювання картини теплового потоку у вузлі примикання плити перекриття над підвалом та внутрішньої стіни за двома варіантами утеплення, наведеними вище, довів ефективність додаткового вертикального утеплення. Величина теплового потоку при додатковому вертикальному утепленні менше на 50-60% порівняно з варіантом без утеплення стіни (рис. 8.20).

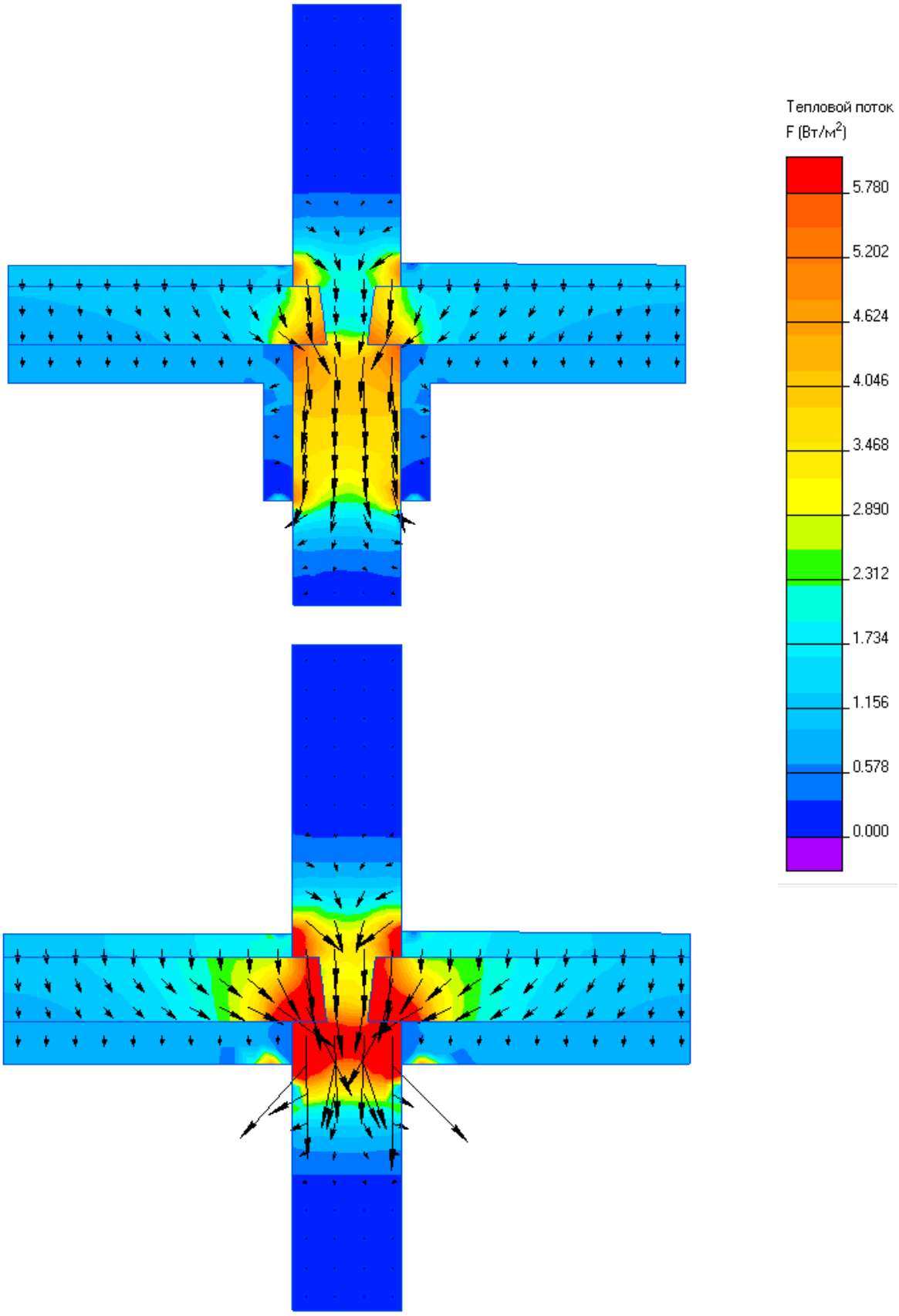
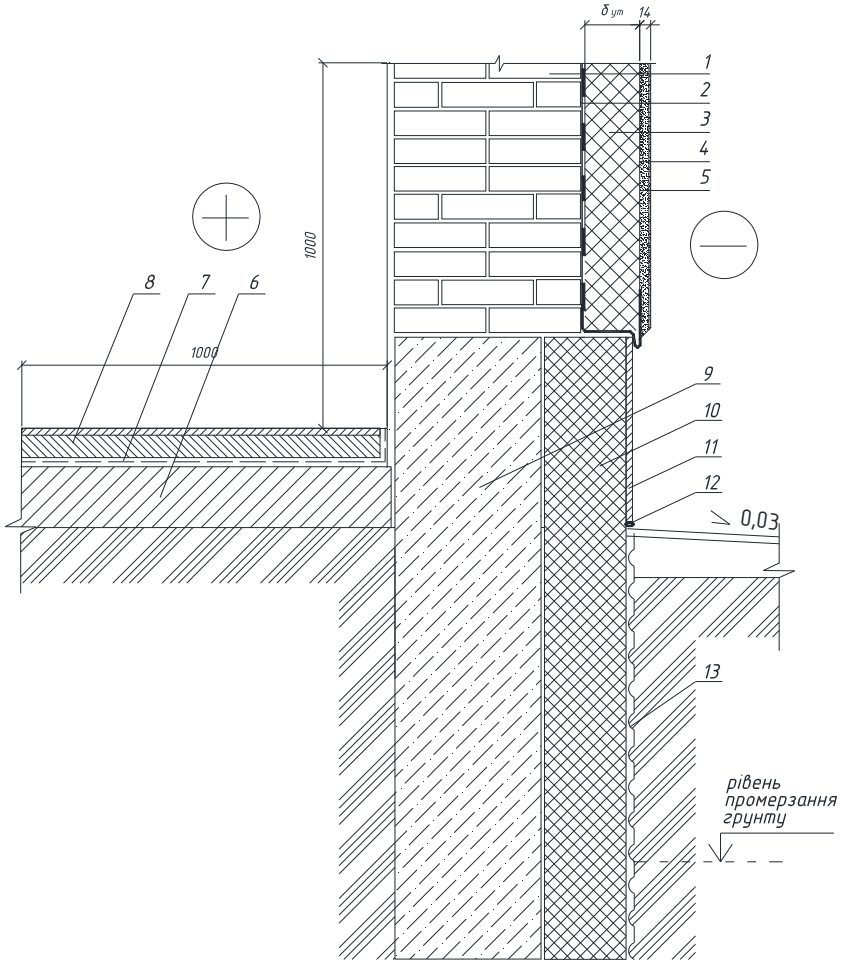



Рисунок 8.20 – Картини теплового потоку вузла примикання плити перекриття над підвалом та внутрішньої стіни з різними варіантами утеплення

***Підлогу по ґрунту*** рекомендовано утеплювати за методикою пункту 8.4. Теплоізоляційний шар фундаментної зони розташований вертикально по зовнішньому периметру до глибини на 200 мм нижче рівня промерзання ґрунту (рис. 8.21).




1 – цегляна стіна;
2 – клейовий шар для приклеювання плит утеплювача до основи, а також для вирівнювання поверхні основи;
3 – теплоізоляційний шар – мінеральна вата;
4 – армуюча склосітка;
5 – багатошарова штукатурка;
6 – бетонний шар, 150 мм;
7 – гідроізоляційна мембрана;
8 – бетонна шар з покриттям підлоги;
9 – залізобетонний фундамент;
10 – плити пінополістиролу;
11 – багатошарова штукатурка;
12 – ущільнювач;
13 – захисна мембрана

Рисунок 8.21 – Запропонована схема утеплення суцільної підлоги по ґрунту

Таблиця 8.7

Утеплення підлоги по ґрунту

| Лінійний коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м·К), залежно від параметрів теплоізоляційного шару | | | |
|---|---|---|---|
| Розрахункова теплопровідність, Вт/(м·К) | товщина теплоізоляції зовнішньої стіни, δут | | |
| | 120 мм | 150 мм | 180 мм |
| 0,035 | 0,023 | 0,019 | 0,015 |
| 0,040 | 0,028 | 0,022 | 0,018 |
| 0,045 | 0,033 | 0,026 | 0,021 |
| 0,050 | 0,038 | 0,029 | 0,024 |

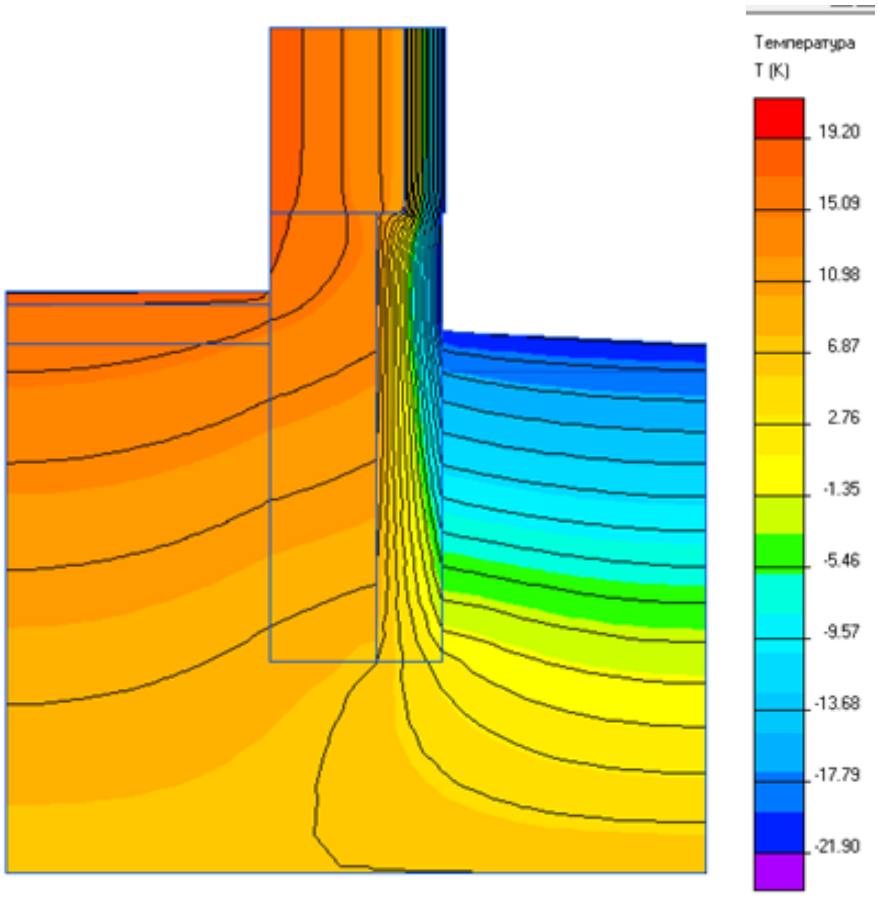



Рисунок 8.22 – Картина температурного поля вузла примикання підлоги та внутрішньої стіни без додаткового утеплення

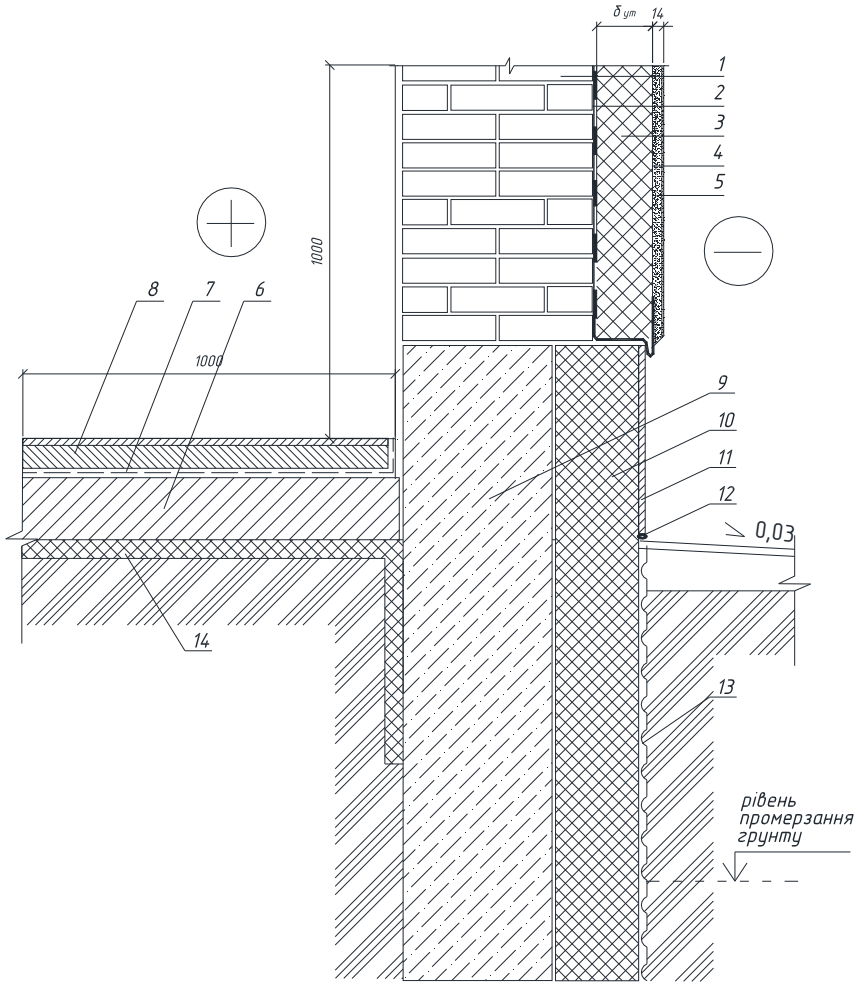



Рисунок 8.23 – Схема утеплення суцільної підлоги по ґрунту з додатковим шаром утеплення

Для утеплення фундаментної зони рекомендується застосовувати плитний утеплювач, стійкий до зволоження і зминання в умовах періодичного замерзання та відтаювання. Плити наклеюють на обґрунтовану стіну і закривають шаром гідроізоляції. Вид суміші, що клеїть, і гідроізоляції залежить від виду теплоізолюючого матеріалу.

В нормативних документах України окремо необумовлені вимоги до теплоізоляційних матеріалів, які контактують з ґрунтом (ГОСТ 4.201-79). А, наприклад, в Германії відповідно до діючих будівельних норм і правил DIN 4108-2 до вище наведених матеріалів висуваються наступні вимоги:

– міцність на стиск (номінальна) 300 кН/м$^2$;

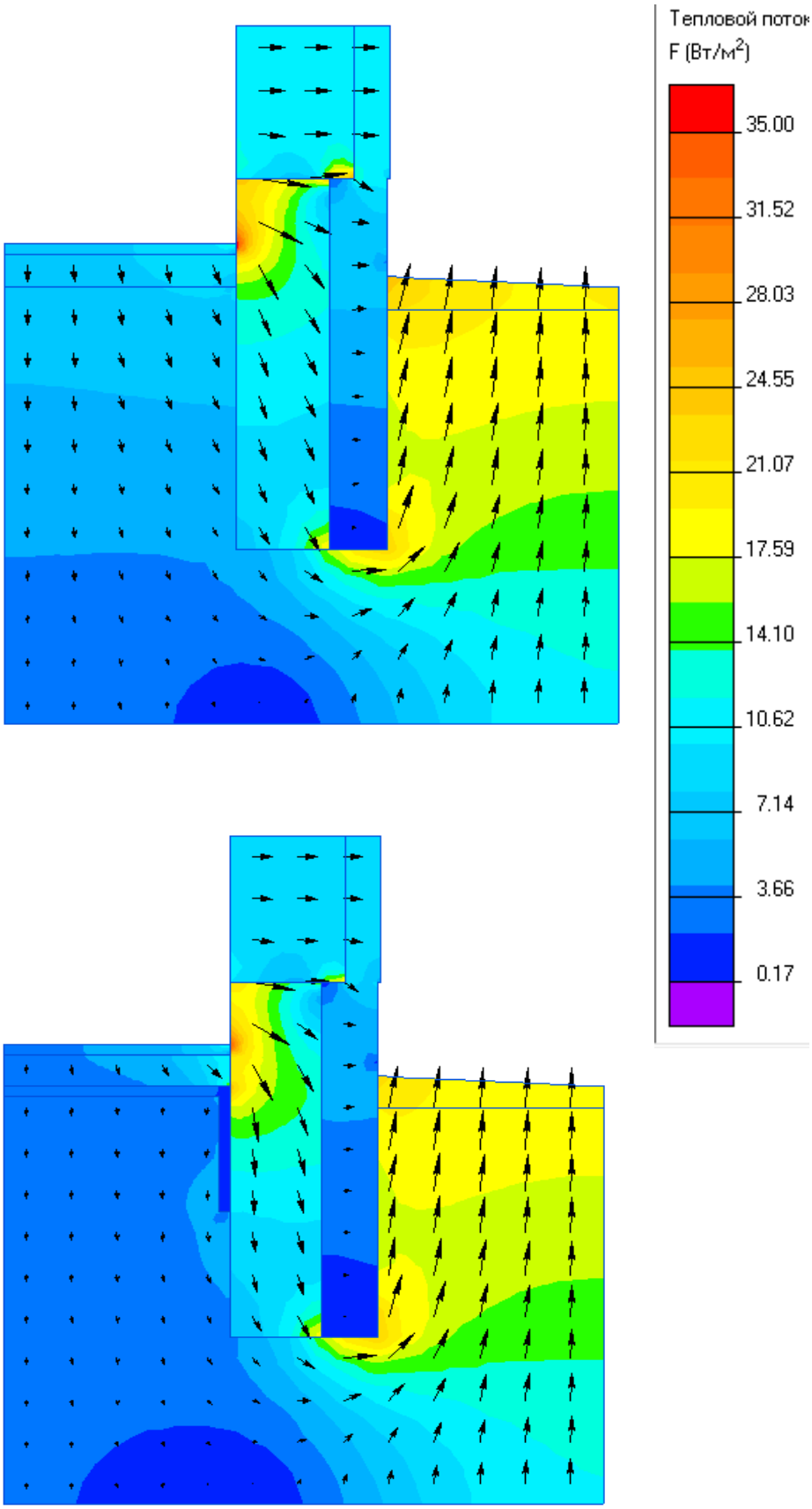



Рисунок 8.24 – Картини теплового потоку вузла примикання підлоги до зовнішньої стіни з різними варіантами утеплення

– довготривала міцність на стиск 110 кН/м$^2$;

– поглинання води при довготривалому (28 діб) зануренні ≤ 0,5 % об.;

– поглинання води при довготривалій (28 діб) дифузії ≤ 2 % об.;

– морозостійкість: поглинання води після 300 циклів заморожування і відтавання ≤ 1 об.; зниження міцності на стиск після 300 циклів заморожування і відтавання ≤ 10%.

Мінераловатні плити (λ = 0,040 – 0,065 Вт/м·К) клеять на гарячій бітумній мастиці без заповнювачів і гідроізолюють шаром гарячого бітуму для уникнення капілярного підсмоктування.

Плити з екструдованого піностиролу (λ = 0,032 – 0,034 Вт/м·К) наклеюють на стіну пінополіуретановою сумішшю. Завдяки однорідній структурі утеплюючого матеріалу з закритими порами його гідроізоляція не потрібна.

Пінополіуретан володіє високими міцнісними характеристиками та закритою структурою пор, що забезпечує майже нульове водопоглинання. Має низьку теплопровідність (λ = 0,020 Вт/м·К). До переваг цього матеріалу належить відсутність швів, суцільне прилягання до поверхні без додаткових кріплень та будь-яка товщина шару.

## Висновки за розділом 8

Тепловий режим конструкції підлоги визначається видами і закономірностями внутрішніх та зовнішніх теплових впливів, її конструктивним рішенням і умовами теплової взаємодії з іншими елементами будівлі та ґрунтами основи.

В житлових та громадських будівлях з малозаглибленим стрічковим фундаментом для зменшення тепловтрат суцільною підлогою на ґрунті рекомендується утеплення фундаментної зони (фундаменту і цоколю) вертикальними суцільними смугами по внутрішньому або зовнішньому периметру. Оптимальна глибина закладання утеплювача – на 0,2 м глибше за рівень сезонного промерзання ґрунту.

При ремонті дерев'яних підлог з технічним підпіллям у складі реставраційних робіт, а також у будівлях зі зруйнованим шаром горизонтальної гідроізоляції необхідно відновити вентиляційні отвори у зовнішніх стінах. Теплотехнічні характеристики дерев'яних підлог можна забезпечити укладанням між лагами теплоізоляційного шару.

Впроваджено в практику утеплення типові енергоефективні конструктивні вузли підлог по ґрунту та перекриттів над холодними підвалами та проїздами за рахунок неперервності теплоізоляційного шару. Визначено лінійні коефіцієнти теплопередачі на підставі розрахунків двомірних температурних полів, які можна застосовувати в інженерних розрахунках опору теплопередачі відповідних конструкцій.

# ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі розв’язано проблему коректного оцінювання впливу динамічних теплових характеристик та конструктивних рішень огороджувальних конструкцій на тепловий режим приміщень, а також розроблено енергозберігаючі конструктивні рішення зовнішніх огороджувальних конструкцій на основі теоретичних і натурних досліджень їх експлуатаційних якостей та впроваджено в будівництво.

1. За результатами виконаного аналізу напрямів розрахунку та нормування нестаціонарного режиму теплопередачі огороджувальних конструкцій виявлено невідповідність вітчизняних методик сучасній оцінці теплового стану огороджувальних конструкцій за змінних кліматичних умов та енергоефективності будівель у цілому. Нормування теплостійкості не відповідає сучасним вимогам комфорту, не враховує прогнозування загального теплового відчуття і ступеня дискомфорту людей, що піддаються дії помірних термальних середовищ. Аналіз існуючих методик не дозволяє оцінити проектні пропозиції будівель за енергоефективними показниками їх конструктивних і планувальних рішень.

2. Розроблено методику визначення розрахункових параметрів мікроклімату теплового середовища приміщень за критеріями місцевого теплового комфорту, яка дозволяє запроектувати приміщення з високою якістю повітряного середовища відповідно до призначених категорій приміщень. Параметри внутрішнього середовища будівлі, визначені за індексами теплового комфорту, рекомендовані до урахування при перегляді нормативних вимог щодо визначення комфортності умов експлуатації у державних будівельних нормах як один з етапів оцінювання загальної енергоефективності будівель.

3. Розроблено методику оцінювання теплостійкості приміщення в зимовий період, яка враховує всі теплові впливи, яким піддається будівля. На відміну від існуючої методики, де на теплостійкість перевіряється лише одне

приміщення з врахуванням трансмісійних тепловтрат та тепловтрат за рахунок вентиляції, запропонована методика дозволяє визначити теплостійкість всього будинку або будь якої його частини з урахуванням усіх впливів згідно з положенням по визначенню енергоефективності. Порівняння планувального рішення будівель за енергоефективністю рекомендовано проводити за визначенням дійсного значення внутрішньої теплоємності, яка відрізнятися від величини, прийнятою за типом будинку, до 50%. Розроблено методику оцінювання теплостійкості огороджувальних конструкцій у літній період та показника теплозасвоєння поверхнею підлоги, які більш детально досліджує теплові процеси у конструкції. Запропоновані методики рекомендовані до включення у нову редакцію ДСТУ-Н Б В.2.6-190 «Настанова з розрахункової оцінки показників теплостійкості та теплозасвоєння огороджувальних конструкцій». Результат дослідження теплових динамічних показників буде враховано у ДСТУ Б ISO 13786:202X «Теплові характеристики будівельних конструкцій. Динамічні теплові характеристики. Методи розрахунку».

4. Проведений розрахунок теплових динамічних параметрів на двох моделях дев’ятиповерхових житлових будинків, які мають однакові вхідні параметри та різне об’ємно-планувальне рішення, довів, що уточнення методики визначення внутрішньої теплоємності будинку призводить до збільшення розрахункової питомої енергопотреби на опалення й охолодження в межах 10 % та дозволяє порівнювати планувальні рішення будівель за енергоефективністю. Результати дослідження довели значний вплив коефіцієнта компактності будівлі на її енергоефективність. Огороджувальні стінові конструкції, наближені в плані до кола, знижують коефіцієнт теплопередачі трансмісією до 20%. За певних умов це підвищує клас енергетичної ефективності на позицію.

5. Натурно-експериментальні дослідження особливостей формування температурного поля огороджувальних конструкцій у нестаціонарних умовах теплопередачі, які проведено у межах роботи, відповідають тепловому

режиму, розрахованому за запропонованою методикою з вихідними параметрами, які відповідають реальним кліматичним умовам. Результат статистичної обробки виміряних у натурних умовах величин дозволяє прийняти їх для подальшого порівняння з розрахованими даними – коефіцієнт варіацій склав до 5–10%.

6 Розроблено енергозберігаючі конструктивні рішення зовнішніх огороджувальних конструкцій – стін, суміщеної покрівлі, горищного даху, перекриття над холодними підвалами та проїздами, підлоги по ґрунту – за рахунок досягнення безперервності теплоізоляційного шару. Моделювання температурного поля довело, що врахування теплових містків може змінювати приведене значення опору теплопередачі огороджувальної конструкції до 60% від величини, визначеної за основним полем.

7. Упроваджено в практику утеплення типові енергоефективні конструктивні вузли складних огороджувальних елементів будівель. Визначено відповідні лінійні коефіцієнти теплопередачі, які доповнюють існуючу базу ДСТУ Б В.2.6-189 «Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель». Рекомендації щодо уточнення методики розрахунку коефіцієнта теплопередачі суміщеної покрівлі з шарами змінної товщини при визначенні теплопередачі трансмісією та уточнення розрахунку динамічних параметрів буде враховано у новій редакції ДСТУ-Н Б А.2.2-12 «Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні»

8. За результатами обстеження реальних об’єктів виявлені теплові відмови таких видів: конденсація вологи на поверхні, промерзання й утворення плісняви, замокання утеплювача, промерзання віконних укосів, порушення вологісного режиму горищного простору та технічного підпілля дерев’яної підлоги. Розроблено рекомендації із забезпечення оптимальних тепловологісних умов експлуатації конструкцій, які впроваджуються при проектуванні об’єктів будівництва та їх обстеженні.

# СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Агєєва, Г. М. Аналіз конструктивних рішень утеплення житлового будинку / Г. М. Агєєва // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. 2013, №11, С. 30-34.

2. Анапольская Л. Е Метеорологические факторы теплового режима зданий / Л. Е. Анапольская, Л. С. Гандин – Л.: Гидрометеоиздат, 1973. – 225 с.

3. Анисимова Е.Ю. Энергоэффективность теплового режима здания при использовании отопительного режима прерывистого отопления / Е.Ю Анисимова // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». 2012. №38. С. 55–59.

4. Анисимова Е.Ю. Эффективность управления микроклиматом здания в нерабочее время / Е.Ю. Анисимова, В.И. Панферов // Сантехника. Отопление. Кондиционирование. М., 2014. №2. С. 72–78.

5. Афанасьев В.В. Исследование нестационарных тепловых режимов отопления зданий и сооружений / В.В. Афанасьев, В.Г. Ковалев, В.А. Тарасов, В.В. Тарасова, Д.Г. Федоров // Вестник Чувашского университета. 2015. № 1. С. 20–29.

6. Бабенко М. М. Показники енергоефективності екологічного малоповерхового будинку з місцевих матеріалів / М. В. Савицький, М. М. Бабенко // Строительство. Материаловедение. Машиностроение. - 2014. - Вып. 77. - С. 168-172. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/smmit_2014_77_33

7. Басок Б. І. Концептуальні основи створення експериментального будинку пасивного типу (загальною площею 300 кв. м) / Б. І. Басок, Г. Г. Фаренюк // Будівельні конструкції. - 2014. - Вип. 81. - С. 233-243.

8. Богословский В.Н. Строительная теплофизика (теплофизические основы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха): [учебник для вузов.] – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1982. – 415 с.: ил.

9. Варавін, Д.В. Деякі аспекти енергоефективновті / Д.В. Варавін, Р.В. Сіпаков // Ecological Safety and Balanced Use of Resources, 2016. (2 (14)), 153-159.

10. Галушко В. О. Использование комбинированных технологий для наружных ограждающих конструкций зданий / В. Галушко, О.М. Галушка, Д. Ю. Уваров, А.С. Уварова, // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві 2015. (2), 22-27.

11. Гиндоян А. Г. Тепловой режим конструкций полов / А. Г. Гиндоян. – М.: Стройиздат, 1984. – 222 с.

12. ГОСТ Р 53453-2009/ISO/TS 14415:2005 Эргономика термальной среды. Применение требований стандартов к людям с особыми требованиями.

13. Гусев Н.М. Основы строительной физики. М.: Высш. шк., 1975. – 511с.

14. Гусенцова Я. А. Определение динамических характеристик теплогенерирующих объектов с помощью случайных воздействий / Я. А. Гусенцова, Е. С. Гусенцова, А. А. Коваленко и др. // Международный научно-исследовательский журнал. – 2015. – №7 (38) Часть 1. – С. 36–37.

15. Григорчук С. О. Аналіз ефективності різних систем теплоізоляції у сучасному будівництві. / С. О. Григорчук // Збірник тез доповідей  Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“. 2018, 1, С. 70-71.

16. Григорчук М. С. Температурний режим кімнати з теплою підлогою. / М. С. Григорчук, І.Е. Фуртат, Ю.М. Камаєв // Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання. - 2016. - Вип. 19. - С. 71-75.

17. Данилевский Л. Н. Метод расчёта приведённого сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций и нормативные значения величины / Л. Н.Данилевский, И. А.Терехова, О.В Пивень // Сантехника, Отопление, Кондиционирование. 2019. (8), С. 38-42.

18. Данько, К. С. Аналіз архітектурно-планувальної організації житлових будинків підвищеної енергоефективності на прикладі типових кварталів історично сформованої забудови центральної частини міста Полтава / К.С.

Данько // Сучасні проблеми архітектури та містобудування. - 2015. - Вип. 40. - С. 465-472.

19. ДБН В.1.2-11: 2008 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Основні вимоги до будівель і споруд. Економія енергії. – К.: Мінрегіонбуд України, 2008. – 13 с.

20. ДБН В.2.6–31:2016 Теплова ізоляція будівель:. – Мінбуд України. – К.: Укрархбудінформ, 2016. – 33 с. – (Державні будівельні норми України).

21. ДБН В.2.6-33: 2018 Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування, улаштування та експлуатації. – К. : Мінрегіонбуд України, 2018. – 27 с.

22. Дешко В. І. Особливості енергетичної паспортизації фонду будівель в Україні. Energy-savings in engineering and architecture : наук.-техн. зб. / В. І. Дешко, О. М. Шевченко, Г. Г. Фаренюк // Київ. нац. ун-т буд-ва і архітектури ; відп. ред. А. М. Тугай. – Київ : КНУБА, 2011. – Вип. 2. – С. 71-78.

23. Дешко В.І. Методичні напрямки гармонізації з європейськими стандартами чинних норм з енергоефективності будівель / В.І. Дешко, Г.Г. Фаренюк, О. М. Шевченко // Будівництво України. – 2012. – № 1. – С. 7-10.

24. ДСТУ Б А.2.2-8:2010 Проектування. Розділ Енергоефективність у складі проектної документації об'єктів. – К. : Мінрегіонбуд України, 2014. – 53 с.

25. ДСТУ Б В.2.6-17-2000 (ГОСТ 26602.1-99) Конструкції будинків і споруд. Блоки віконні та дверні. Методи визначення опору теплопередачі

26. ДСТУ Б В.2.6-34:2008 Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією. Класифікація і загальні технічні вимоги. – К. : Мінрегіонбуд України, 2009. – 13 с.

27. ДСТУ Б В.2.6-35:2008 Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією та опорядженням індустріальними елементами з вентильованим повітряним прошарком. Загальні технічні умови. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 29 с.

28. ДСТУ Б В.2.6-36:2008 Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією та опорядженням штукатурками. Загальні технічні умови. К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 25 с.

29. ДСТУ Б В.2.6-100:2010 Конструкції будинків і споруд. Метод визначення теплостійкості огороджувальних конструкцій. - К. : Мінрегіонбуд України, 2010. – 24 с.

30. ДСТУ Б В.2.6-101:2010 Конструкції будинків і споруд. Метод визначення опору теплопередачі огороджувальних конструкцій. – К. : Мінрегіонбуд України, 2010. – 83 с.

31. ДСТУ Б В.2.6-189:2013 Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. – К. : Мінрегіонбуд України, 2013. – 51 с.

32. ДСТУ Б В.2.7-182:2009 Будівельні матеріали. Методи визначення терміну ефективної експлуатації та теплопровідності будівельних ізоляційних матеріалів у розрахункових та стандартних умовах. – К.: Мінрегіонбуд України, 2010. – 18 с.

33. ДСТУ Б EN ISO 13790:2011 Енергетична ефективність будівель. Розрахунок енергоспоживання на опалення та охолодження (EN ISO 13790:2008, IDT). -К. : НДІБК, 2011. – 229 с.

34. ДСТУ ISO 10211-1:2005 Теплопровідні включення в будівельних конструкціях. Обчислення теплового потоку та поверхневої температури. Частина 1. Загальні методи. – К.: Держспоживстандарт України, 2008. – 38 с.

35. ДСТУ ISO 10211-2:2005 Теплопровідні включення в будівельних конструкціях. Обчислення теплового потоку та поверхневої температури. Частина 2. Лінійні теплопровідні включення. – К.: Держспоживстандарт України, 2008. – 12 с.

36. ДСТУ Б EN ISO 7730: 2011 Ергономіка теплового середовища. Аналітичне визначення та інтерпретація теплового комфорту на основі розрахунків показників PMV і PPD і критеріїв локального теплового комфорту (EN ISO 7730: 2005, IDT).

37. ДСТУ Б EN 15251:2011 Розрахункові параметри мікроклімату приміщень для проектування та оцінки енергетичних характеристик будівель по відношенню до якості повітря, теплового комфорту, освітлення та акустики (EN 15251:2007, IDT).

38. ДСТУ-Н Б А.2.2 5:2007 Проектування. Настанова з розроблення та складання енергетичного паспорта будинків при новому будівництві та реконструкції. - К.: Мінрегіонбуд України, 2008.– 43 с.

39. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 Захист від небезпечних геологічних процесів шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 123 с.

40. ДСТУ-Н Б В.2.6-190:2013 Настанова з розрахункової оцінки теплостійкості та теплозасвоєння огороджувальних конструкцій. - К.: Мінрегіон України, 2014.– 6 с.

41. ДСТУ-Н Б В.2.6-192:2013 Настанова з розрахункової оцінки тепловологісного стану огороджувальних конструкцій. - К.: Мінрегіон України, 2014.– 37 с.

42. ДСТУ Б А.2.2-12:2015. Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні - К.: Мінрегіон України, 2015.– 203 с.

43. Карюк А. М. Економічно доцільний опір теплопередачі зовнішніх стін цивільних будівель для різних регіонів України. / А. М. Карюк, О. Б. Кошлатий // Нові технології в будівництві. 2015, (29), С. 35-39.

44. Коваль Е.А. Определение оптимальной толщины утеплителя внешней ограждающей конструкции при повышении энергоэффективности существующих жилых зданий / Е.А. Коваль, Н.В.Савицкий, Е.Л. Юрченко, Н.В.Пикулина, Т.А. Ковтун-Горбачова, А.С Коваль // Строительство. Материаловедение. Машиностроение. 2011, (61), С. 229-232.

45. Карюк А. М. Критерії теплової надійності вузлів примикання віконних блоків / А.М. Карюк, В.В. Ільченко, Р.А.Міщенко // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. 2016, (61), С. 147-153.

46. Кудинов В.А. Аналитические методы теплопроводности: монография / В.А. Кудинов, И.В. Кудинов // СГАСУ. Самара, 2011. 272 с.

47. Куличенко И. И. Совершенствование расчета теплопередачи через ограждающие конструкции зданий численным методом. / И.И. Куличенко, Т.Д. Никифорова, Н.В. Савицкий // Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Серия: Инновационные технологии жизненного цикла объектов жилищно-гражданского, промышленного и транспортного назначения. 2005, (35 (2)), С. 7–17.

48. Кулешова Э. И. Динамическая статистика теплогенерирующих объектов / Э. И. Кулешова, А. А. Коваленко, Я. А. Гусенцова // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля № 18 (207). – Луганськ. Вид. СНУ ім. В. Даля. 2013 р. – С. 29 – 32.

49. Лыков А.В. Теоретические основы строительной теплофизики / А. В. Лыков. – Минск: Изд-во АН БССР, 1961. – 519 с.

50. Ляшенко О.К. Типологічна класифікація енергоефективних висотних офісних будівель/ О.К. Ляшенко // Архітектурний вісник КНУБА. 2014, (4), С. 229-234.

51. Малявина Е.Г. Влияние различных факторов на темп остывания помещения после отключения теплоснабжения / Е.Г. Малявина, А.В. Цыганков // Известия вузов. Строительство. 2015. №1. С. 53–59.

52. Малявина Е.Г. Влияние теплового режима наружных ограждающих конструкций на нагрузку системы отопления при прерывистой подаче теплоты / Е.Г. Малявина // Academia (РААСН). 2010. №3. С. 324–327.

53. Малявина Е.Г. Сопряженный расчет нестационарного теплового режима системы отопления здания / Е.Г. Малявина, Д.Ю. Петров / Жилищное строительство. 2012. №6. С. 66–69.

54. Методика визначення енергетичної ефективності будівель – Наказ Мінрегіону від 11 липня 2018 року № 169 (Зі змінами – Наказ Мінрегіону від 27.10.2020 № 261) - Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0822-18#Text

55. Мінімальні вимоги до енергетичної ефективності будівель – Наказ Міністерства розвитку громад та територій України 27 жовтня 2020 року № 260 - Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1257-20#Text

56. Никифорова Т. Д. Особенности моделирования теплопередачи заглубленных зданий / Т.Д. Никифорова, Н.В. Савицкий, А.А. Несин // Будівельні конструкції. 2013, (77), С. 77-82.

57. Никифорова Т.Д. Научные основы и методы расчета конструкций заглубленных зданий с учетом внешних воздействий / Т.Д. Никифорова, Н.В. Савицкий // Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Серия: Инновационные технологии жизненного цикла объектов жилищно-гражданского, промышленного и транспортного назначения. 2011, (61), С. 286-292.

58. Никифорова Т. Д. Методологические подходы к расчету и проектированию конструкций заглубленных зданий с учетом внешних воздействий / Т.Д. Никифорова, И.И. Куличенко, Н.В. Савицкий // Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Серия: Инновационные технологии жизненного цикла объектов жилищно-гражданского, промышленного и транспортного назначения. 2006, (37), С. 332-337.

59. Пашинський В.А. Оцінка імовірності виникнення теплових відмов конструкцій / В.А. Пашинський, Г.Г. Фаренюк // Строительство, матереаловедение, машиностроение: Сборник научных трудов. Выпуск 56. – Днепропетровск: ДГАСА, 2010. – С. 305-310.

60. Пашинський В.А. Температурні впливи на огороджувальні конструкції будівель / В.А. Пашинський, Н.В. Пушкар, А.М. Карюк. – Одеса: ОДАБА. – Одеса, 2012. – 180 с.

61. Пашинський В.А. Методика оцінювання теплової надійності стін за критерієм тепловитрат / В.А. Пашинський, О.А. Плотніков, А.М. Карюк // Міжвузівський збірник «Наукові нотатки». – Випуск 45, - Луцьк, 2014. – С. 417-423.

62. Пашинський В.А. Дослідження теплотехнічних характеристик теплоізоляційних матеріалів / В.А. Пашинський, А.М. Карюк, О.А. Плотніков // Мир науки и инноваций. Выпуск 1. – Том 1. – Иваново: Научный мир, 2015. – С. 60-63.

63. Пашинський, В. А. Методика визначення кліматичних навантажень в заданій географічній точці / В. А. Пашинський, С. О. Карпушин, М. В. Пашинський // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. - Одеса : ОДАБА, 2018. - Вип. № 71. - С. 68-72.

64. Ратушняк Г.С. Енергоаудит багатоповерхових житлових будинків з використанням тепловізійних зйомок / Г.С. Ратушняк, А.М. Очеретний // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. 2017, № 1: С. 84-93.

65. Сергейчук О.В. Вдосконалення технічних рішень збірних систем фасадних теплоізоляційних, опоряджених цеглою / О.В. Сергейчук, В.В. Злоба, М.О. Штокерт // Містобудування та територіальне планування. 2010, (36), С. 406-412.

66. Савицкий Н. В. Энергоэффективность многоэтажных зданий / Н.В.Савицкий, Е.Л. Юрченко, Н.В.Панченко, Е.А. Коваль, Н.А. Котов // Будівельні конструкції. 2014, (80), С. 191-195.

67. Савицкий Н. В. Потенциал теплосбережения в жилых зданиях г. Днепропетровска / Н.В. Савицкий, Н.А. Швец, В.Т. Меркушов, А.Н. Савицкий // Реконструкція житла. 2000, С. 80-83.

68. Савицкий Н. В. Методология и результаты проектирования энергообеспечения малоэтажного экологичного жилого здания "нуль энергии" на основе солнечной энергетики / Н. В. Савицкий, В. И. Попов, С. И. Козарь, М. М. Бабенко, А. Н. Савицкий // Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Серия : Инновационные технологии жизненного цикла объектов жилищно-гражданского, промышленного и транспортного назначения.- 2017. - Вып. 100. - С. 138-145.

69. Савицкий Н. В. Экономическая эффективность термореновации жилых зданий старой настройки / Н.В. Савицкий, Е.А.Коваль, Е.Л. Юрченко, А.С.

Коваль, Н.В. Пикулин, // Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Серия: Стародубовские чтения. 2011, (58), С. 611-615.

70. Савицкий Н. В. Малоэтажное жилищное зеленое строительство-альтернатива жилью XX века. Будівельні конструкції. 2014, (81), С. 180-192.

71. Савицкий Н. В. Энергоэффективные системы отопления жилого дома на основе солнечных коллекторов и тепловых насосов / Н.В. Савицкий, В.В. Данишевский, И. Калга // Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Серия: Стародубовские чтения. 2011, (58), С. 596-603.

72. Савицкий Н. В. Малоэтажное жилищное зеленое строительство // Н.В. Савицкий, Е.Б. Бендерский, И.И. Куличенко, Н.В. Новиченко // Будівельні конструкції. 2014, (80), С. 183-190.

73. Савицкий Н. В. Влияние параметров внешней среды на эффективность холодильных установок / Н.В. Савицкий, В.Б. Скрыпников, М.М. Ляховецкая-Токарева, Я.Н. Шапран // Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Серия: Энергетика, экология, компьютерные технологии в строительстве. 2015, (84), С. 180-186.

74. Савицкий Н. В. Климатические условия эксплуатации зданий в украине для решения задач теплоснабжения / Н.В. Савицкий, Е.Л. Юрченко, Е.А. Коваль // Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Серия: Инновационные технологии жизненного цикла объектов жилищно-гражданского, промышленного и транспортного назначения. 2008, (47), С. 563-568.

75. Сердюк В. Р. Ефективність провадження енергоефективних заходів в аспекті техніко–економічного оцінювання: колективна монографія / Сердюк В. Р, Франишина С. Ю. Ефективність провадження енергоефективних заходів в аспекті техніко-економічного оцінювання // Полтавська державна аграрна академія. – П.:ТОВ НВП «Укрпромторгсервіс», 2018. – 658 с. – С.226-230.

76. Сергейчук О.В. Геометричні питання зміни № 1 ДБН В. 2.6-31: 2006" Теплова ізоляція будівель" / О.В. Сергейчук, Г.Г. Фаренюк // Прикладна

геометрія та інженерна графіка.-2013.-Вип. 91.-С. 409-414.-Режим доступу: http://nbuv. gov. ua/UJRN/prgeoig_2013_91_73

77. Табунщиков Ю.А. Математическое моделирование и оптимизация тепловой эффективности зданий // Ю.А. Табунщиков, М.М. Бродач –. М.: АВОК-ПРЕСС, 2002. - 194 с: ил.

78. Тарасова В.В. Математическое моделирование нестационарных тепловых процессов в ограждающих конструкциях зданий / В.В. Тарасова // Современные наукоемкие технологии. 2016. № 8. С. 265–269.

79. Тарасова В.В. Математическое моделирование нестационарных процессов теплопередачи / В.В. Тарасова // Региональная энергетика: проблемы и решения: сб. науч. тр. Вып. 9. Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2013. С. 128–144.

80. Тарасов В.А. Динамические тепловые характеристики ограждающих конструкций / В.В. Тарасова, А.Г. Калинин, В.В. Тарасова, В.В. Афанасьев, В.Г. Ковалев // Вестник Чувашского университета. 2012 – № 3. – С. 124–131.

81. Тимофєєв М.В. Математическое моделирование нужных сопротивлений теплопередаче элементов наружной оболочки зданий / М.В. Тимофєєв, С.О. Сахновська, Т.В. Жмихова // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры, 2(82). 2010. – С. 32-38.

82. Теплометрия: теория, метрология, практика. Монография в трех книгах. / Т.Г. Грищенко, Л.В. Декуша, Л.И. Воробьев [и др.]; под ред. д-р техн. наук Т.Г. Грищенко. ISBN 978-966-02-8199-8 Кн. 1: Методы и средства измерения теплового потока - К.: Институт технической теплофизики НАН Украины, 2017. – 438 с. ISBN 978-966-02-8201-8.

83. Фаренюк Г.Г. Світові тенденції підвищення енергоефективності будівель / Г. Г. Фаренюк, А. В. Тишковець // Наука та будівництво. - 2017. - № 4. - С. 4-10.

84. Фаренюк Г.Г. Основи забезпечення енергоефективності будинків та теплової надійності огороджувальних конструкцій / Г.Г. Фаренюк – К.: Гама-Принт. – 2009. – 216 с.

85. Фаренюк Г. Г. Наукові основи нормативного забезпечення енергоефективності будівельних об'єктів / Г.Г. Фаренюк // Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання. 2010, (14), С. 52-60.

86. Фаренюк Г. Г. Науково-методичні напрями вирішення проблеми енергоефективності будівель / Г.Г. Фаренюк, О.М. Федевич // Будівельні конструкції. 2013, (77), С. 10-14.

87. Фаренюк Г.Г. Методи експериментального визначення показників теплової надійності конструкцій фасадної теплоізоляції / Г.Г. Фаренюк // Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка. 2010, (36), С. 76-83.

89. Фаренюк Г.Г. Енергоефективність громадських будівель з врахуванням ергономіки теплового середовища / Г.Г.Фаренюк, О.І. Філоненко, М.В. Тимофєєв // Комунальне господарство міст. Серія: Технічні науки та архітектура. – Вип. 135. – Х.: ХНУМГ, 2017. – С. 119 – 124.

90. Фаренюк Г.Г. Теплові впливи на огороджувальні конструкції за нестаціонарних умов. / Г.Г. Фаренюк, О.І. Філоненко // Збірник наукових пр. аць. Серія: галузеве машинобудування, будівництво. Вип. 2 (44). – Полтава: ПолтНТУ, 2015. – С. 234 – 238.

88. Філоненко О.І. Теплозахисні властивості фундаментної зони цивільних будинків: Дис. на здобуття наук. ступени канд. техн. наук: спец. 05.23.01 – Будівельні конструкції, будівлі та споруди/О.І. Філоненко. – Полтава, 2009.– 133 с.

91. Філоненко О.І. Енергоефективні конструктивні рішення елементів будівель в умовах змінних теплових впливів: Монографія. – Полтава: ПП «Астрая», 2021. – 303 с.

92. Філоненко О.І. Вплив вентиляційного режиму холодного горища на конструкції даху / О.І. Філоненко, О.І. Юрін, О.А. Кодак // Комунальне господарство міст. Серія Технічні науки та архітектура. – Київ, 2017. – Вип. 134. – С. 15 – 20.

93. Філоненко О.І. Дослідження теплозахисних властивостей огороджувальних конструкцій при термомодернізації будівель // О.І. Філоненко, О.Б. Олексієнко, О.О. Геращенко // Науковий вісник будівництва:

збірник наукових праць. – Вип. № 2(76). – Харків: ХНУБА, 2014. – С. 147 – 151.

94. Філоненко О.І. Особливості формування екопоселень в Україні / О.В. Семко, О.І. Філоненко, О.М. Синянська // Комунальне господарство міст: наук.-техн. збірник. – Вип. № 116. – Харків: ХНАГХ, 2014 – С. 72 – 74.

95. Філоненко О.І. Аналіз енергоефективності стінових конструкцій залежно від їх архітектурно-конструктивних особливостей / О.І. Філоненко, М.А Вельбой // Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво). – Полт. нац. техн. ун-т імені Юрія Кондратюка. – Вип. 4 (39). Том 2. – Полтава: ПолтНТУ, 2013. – С. 233 – 240.

96. Філоненко О.І. Вплив повітропроникності конструкції на її теплозахисні властивості / О.І. Філоненко // Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво). – Полт. нац. техн. ун-т імені Юрія Кондратюка. – Вип. 4 (39). Том 1. – Полтава: ПолтНТУ, 2013. – С. 261 – 266.

97. Філоненко О.І. Спорудження малоповерхових житлових будинків з солом'яних блоків та визначення їх теплотехнічних характеристик / О. В. Семко, О. І. Філоненко, С. П. Панченко,Є. І. М'який // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – Д.: ПДАБА, 2013. – № 8. – С. 47 – 52.

98. Філоненко О.І. Геометричні параметри зовнішньої теплоізоляції фундаментної зони для кліматичних умов ІІІ температурної зони / О.І. Філоненко // Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво). – Полт. нац. техн. ун-т імені Юрія Кондратюка. – Вип. 1 (29). – Полтава: ПолтНТУ, 2011. – С.185 – 188.

99. Філоненко О.І. Вплив глибини закладання зовнішнього утеплення фундаментної зони на тепловтрати підлогою для кліматичних умов І температурної зони / О.І. Філоненко // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: збірник наук. праць. – Вип. 21. – Рівне: Національний університет господарства та природокористування, 2011. – С. 539 – 542.

100. Філоненко О.І. Аналіз внутрішнього утеплення фундаментної зони цивільних будинків для зменшення тепловтрат підлогою на ґрунті / О.І. Філоненко // Комунальне господарство міст: наук.-техн. збірник. – Вип. № 97. – Харків: ХНАГХ, 2011. – С. 73 – 77.

101. Філоненко О.І. Вологісний режим фундаментної зони за її зовнішнього утеплення / О.І. Філоненко // Вісник Національного університету «Львівська політехніка»: Теорія і практика будівництва. – Вип. № 697. – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2011. – С. 229 – 233.

102. Філоненко О. І., Юрін О. І. Енергетична ефективність будинків – Полтава: ПП «Астрая», 2018. – 484 с.

103. Філоненко О.І. Будівельна теплофізика огороджувальних конструкцій будівель / Філоненко О.І., О.І. Юрін. – Полтава: Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, 2015. – 226 с.

104. Філоненко О.І. Сади на дахах та їх соціально-економічний вплив / М.А. Міняйло, О.І. Філоненко // Строительство, материаловедение, машиностроение: сб. научн. трудов. – Вып. 81. – Д.: ГВУЗ «ПГАСА», 2015. – С. 111 – 118.

105. Філоненко О.І. Вологісний режим фундаментної зони при термомодернізації забудови / О.І. Філоненко // Містобудування та територіальне планування: наук.-техн. збірник. – Вип. 39. – Київ: КНУБА, 2011. – С. 402 – 407.

106. Філоненко О.І. Геометричні параметри зовнішньої теплоізоляції фундаментної зони для кліматичних умов ІІ температурної зони / О.І. Філоненко // Містобудування та територіальне планування: наук.-техн. збірник. – Вип. 40. – Київ: КНУБА, 2011. – С.492 – 497.

107. Філоненко О.І. Використання термоефективних фундаментних блоків для опалювальних підвальних та цокольних приміщень / О.В. Семко, О.І. Філоненко // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – Вип. 39. – Д.: Вид-во

Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад.В. Лазаряна, 2011. – С. 195 – 197

108. Фокин К. Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий / К. Ф. Фокин. – [изд. 4-е, перераб. и доп.]. – М.: Стройиздат, 1973. – 287 с.

109. Фомин С.Л. Расчет температурно-влажностного режима фасадных конструкций / С.Л. Фомин // Науковий вісник будівництва. Вип. 32. Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ, 2005 – С. 61-68.

110. Фомин С.Л. Особенности конструирования дополнительной теплозащиті фасадніх конструкцій / С.Л. Фомин, Ю.В. Фурсов // Науковий вісник будівництва. Вип. 41. Харків: ХНУБА. 2007. – С. 290-294.

111. Фомин С.Л. Экспериментальное исследование модели фрагмента сталежелезобетонной мостовой конструкции при нагреве / С.Л. Фомин, Ю.М. Избаш, И.А. Плахотникова // Наука та будівництво, 1 (15)’2018 – С. 18-26

112. Фомин С.Л. Расчет огнестойкости железобетонных плит перекрытия по уточненням и упрощенным методам / С.Л. Фомин, И.А. Плахотникова, А.А. Парафенко // Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту. – 2016. – Вип. 161. – С. 145-157.

113. Шляхов К.В. Проектирование ресурсосберегающих ограждающих конструкций малоэтажных жилых зданий / К.В. Шляхов, Т.Д. Никифорова, Н.В. Савицкий // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. 2013, (1-2), С. 5-9.

114. Чернявський В.В. Аналіз конструктивних розмірів вентильованого повітряного прошарку у фасадних системах марморок / В.В. Чернявський, О.І. Юрін, О.В. Скиба // Збірник наукових праць ПолтНТУ ім. Ю. Кондратюка. Сер.: Галузеве машинобудування, будівництво. 2011, №1 – С. 189-193

115. Чулков А.А. Исследование динамических характеристик отопительных приборов / А.А. Чулков, Ю.С. Вытчиков, И.В. Кудинов // Градостроительство и архитектура. 2016. №4(25). С. 44-48. DOI: 10.17673/Vestnik.2016.04.8.

116. Юрін О.І. Експериментальні дослідження впливу температури в повітряному прошарку на швидкість зменшення вологості утеплювача / О.І.

Юрін // Збірник наукових праць Полт НТУ ім. Ю. Кондратюка. Сер.: Галузеве машинобудування, будівництво. 2013, № 1(1) – С 216-225

117. Юрін О.І. Вплив взаємного розташування зовнішнього кута будинку та віконного прорізу на температуру внутрішньої поверхні кута / О.І. Юрін, О.В Семко // Збірник наукових праць [ПолтНТУ ім. Ю. Кондратюка]. Сер.: Галузеве машинобудування, будівництво. 2013, № 4(2) – С 182-190

118. Юрченко Е. Л. Анализ потенциала проектов повышения качества тепловой защиты оболочки зданий при реконструкции / Е. Л. Юрченко // Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Серия : 2016. - Вып. 91. - С. 173-177.

119. Юрченко Е. Л. Исследование зависимости энергоэффективности малоэтажных зданий от их архитектурно-конструктивных систем / Е. Л. Юрченко, Е. А. Коваль // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. - 2013. - № 1-2. - С. 25-31.

120. F. Aguilar, J.P. Transient modeling of high-inertial thermal bridges in buildings using the equivalent thermal wall method / F. Aguilar, J.P. Solano, P.G. Vicente. // Applied Thermal Engineering, Volume 67, Issues 1–2, 2014, pp. 370-377

121. Ali, A. Passive cooling and vernacularism in Mughal buildings in North India: a source of inspiration for sustainable development / Ali, A. // Int. Trans. J. Eng. Manag. Appl. Sci. Technol. 2013, 4: 15– 27.

122. Aldawoud, A. The influence of the atrium geometry on the building energy performance / Aldawoud, A. // Energy Build. 2013, 57: 1– 5.

123. Amir Omidvar. Modification of sweat evaporative heat loss in the PMV/PPD model to improve thermal comfort prediction in warm climates / Amir Omidvar, Jungsoo Kim // Building and Environment. 2020, 10.1016/j.buildenv.2020.106868, (106868)

124. Amitha Jayalath. Effects of phase change material roof layers on thermal performance of a residential building in Melbourne and Sydney / Amitha Jayalath, Lu Aye, Priyan Mendis, Tuan Ngo // Energy and Buildings, Volume 121, 2016, pp. 152-158

125. António Figueiredo. Indoor thermal comfort assessment using different constructive solutions incorporating PCM / António Figueiredo, Romeu Vicente, José Lapa, Claudino Cardoso, Fernanda Rodrigues, Jérôme Kämpf // Applied Energy, Volume 208, 2017, pp. 1208-1221.

126. Alfonso Capozzoli. A building thermal bridges sensitivity analysis / Alfonso Capozzoli, Alice Gorrino, Vincenzo Corrado // Applied Energy, Volume 107, 2013, pp. 229-243

127. Berggren B. Calculation of thermal bridges in (Nordic) building envelopes – risk of performance failure due to inconsistent use of methodology / B. Berggren, M. Wall // Energy Build. 2013, 65: 331–339.

128. Bambrook S. M. Design optimisation for a low energy home in Sydney / Bambrook, S. M., A. B. Sproul, and D. Jacob // Energy Build. 2011, 43: 1702–1711.

129. Benhammou M. Parametric study on thermal performance of earth to air heat exchanger used for cooling of buildings / Benhammou, M., and B. Draoui // Renew. Sustain. Energy Rev.2015, 44: 348– 355.

130. Benjamin Duraković. Passive Solar Heating/Cooling Strategies / Benjamin Duraković, Benjamin Duraković // PCM-Based Building Envelope Systems,2020, 10.1007/978-3-030-38335-0_3, (39-62).

131. Björn Berggren. Calculation of thermal bridges in (Nordic) building envelopes – Risk of performance failure due to inconsistent use of methodology / Björn Berggren, Maria Wall. // Energy and Buildings, Volume 65, 2013, pp. 331-339

132. Bojić, M., K. Optimizing energy and environmental performance of passive Trombe wall / Bojić, M., K. Johannes, and F. Kuznik // Energy Build.2014,70: 279–286.

133. Boris Rumiantcev. Insulation systems of the building construtions / Boris Rumiantcev, Aleksey Zhukov, Dmitry Zelenshikov, Anatoliy Chkunin, Kazbek Ivanov, Yuliya Sazonova // MATEC Web of Conferences 86, 0 (2016)
DOI: 10.1051/matecconf/20168604027 IPICSE-2016

https://www.researchgate.net/publication/311091265_Insulation_systems_of_the_building_construtions

134. Brager, G. S. The Effect of Personal Control and Thermal Variability on Comfort and Acceptability / Brager, G. S., Paliaga G. et al. // RP-1161 Final Report, ASHRAE Inc. 2003.

135. CEN/TS 16628, Energy Performance of Buildings — Basic principles for the set of EPB standards

136. CEN/TS 16629, Energy Performance of Buildings — Detailed technical rules for the set of EPB standards

137. Chávez, J. R. G. Application of combined passive cooling and passive heating techniques to achieve thermal comfort in a hot dry climate / Chávez, J. R. G., and F. F. Melchor // Energy Procedia. 2014, 57: 1669– 1676.

138. Chapman, K.S. Window Performance for Human Thermal Comfort / Chapman, K.S., Sengupta, J. // Final Report of ASHRAE Research Project RP-1162, Atlanta: ASHRAE Inc. 2004

139. Chen, W. Analysis on the passive evaporative cooling wall constructed of porous ceramic pipes with water sucking ability / Chen, W., S. Liu, and J. Lin. // Energy Build.2015, 86: 541– 549.

140. Chuan-Rui Yu, Revealing the Impacts of Passive Cooling Techniques on Building Energy Performance: A Residential Case in Hong Kong / Chuan-Rui Yu, Han-Sen Guo, Qian-Cheng Wang, Rui-Dong Chang // Applied Sciences. 2020, 10.3390/app10124188, 10, 12, (4188)

141. Cristina Baglivo. Multi-objective optimization analysis for high efficiency external walls of zero energy buildings (ZEB) in the Mediterranean climate / Cristina Baglivo, Paolo Maria Congedo, Andrea Fazio, Domenico Laforgia // Energy and Buildings, Volume 84, 2014, pp. 483-492

142. Dabaieh, M. Reducing cooling demands in a hot dry climate: a simulation study for non insulated passive cool roof thermal performance in residential buildings / Dabaieh, M., O. Wanas, M. A. Hegazy, and E. Johansson // Energy Build.2015, 89: 142– 152.

143. DeKay M. Sun, Wind and Light: Architectural Design Strategies / DeKay M, Brown GZ. // 3 edition. Wiley; 2014. 432 p

144. Dnyandip K. Bhamare. Passive cooling techniques for building and their applicability in different climatic zones - The State of Art / Dnyandip K. Bhamare, Manish K. Rathod, Jyotirmay Banerjee // Energy and Buildings. 2019, 10.1016/j.enbuild.2019.06.023.

145. ELCUT. Моделирование двумерных полей методом конечных элементов. Версия 5.1. Руководство пользователя. Производственный кооператив ТОР. Санкт-Петербург, 2003. – 252 с

146. Eromobor, S.O. Influence of building and indoor environmental parameters on designing energy-efficient buildings / Eromobor, S.O., Das, D.K. and Emuze, F. // International Journal of Building Pathology and Adaptation, 2020. ahead-of-print. https://doi.org/10.1108/IJBPA-05-2020-0035

147. EN ISO 7726 Ergonomics of the thermal environment - Instruments for measuring physical quantities (ISO 7726:1998)

148. EN ISO 7730 Ergonomics of the thermal environment-Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria (ISO 7730:2005)

149. EN ISO 8996 Ergonomics of the thermal environment - Determination of metabolic rate (ISO 8996:2004)

150. EN ISO 9920 Ergonomics of the thermal environment - Estimation of the thermal insulation and evaporative resistance of a clothing ensemble (ISO 9920:1995)

151. EN ISO 13731 2001 Ergonomics of the thermal environment - Vocabulary and symbols (ISO 13731:2001)

152. EN ISO 13790 Thermal performance of buildings - Calculation of energy use for space heating (ISO 13790:2004)

153. Evola G. Cost-effective design solutions for low-rise residential Net ZEBs in Mediterranean climate / Evola G., Marganib G., Marlettaa L. // Energy and

Buildings. Volume 68, Part A, January 2014, Pages 7-18. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.09.026

154. Fabrizio Ascione. Different methods for the modelling of thermal bridges into energy simulation programs: Comparisons of accuracy for flat heterogeneous roofs in Italian climates / Fabrizio Ascione, Nicola Bianco, Filippo de' Rossi, Gianluca Turni, Giuseppe Peter Vanoli // Applied Energy, Volume 97, 2012, pp. 405-418

155. Fabrizio Ascione. Simplified state space representation for evaluating thermal bridges in building: Modelling, application and validation of a methodology / Fabrizio Ascione, Nicola Bianco, Rosa Francesca De Masi, Filippo de' Rossi, Giuseppe Peter Vanoli // Applied Thermal Engineering, Volume 61, Issue 2, 2013, pp. 344-354

156. Fausto Barbolinia. Strategy to Reach nZEB Standards Integrating Energy Efficiency Measures and Passive Energy Use / Fausto Barbolinia, Paolo Cappellaccib, Luca Guardiglia // Energy Procedia. Volume 111, March 2017, Pages 205-214

157. Fanger, P. O. Extension of the PMV model to non-air-conditioned buildings in warm climates / Fanger, P. O. and Toftum, J. // Energy and Buildings. 2002, Volume 34, Issue 6.

158. Fanger, P.O. Comfort Limits for Heated Ceilings / Fanger, P.O., Banhidi, L., Olesen, B.W. and Langkilde, G. // ASHRAE Trans. 1980, 86 (2), 141 – 156.

159. Fanger, P.O. Comfort Limits for Asymmetric Thermal Radiation / Fanger, P.O., Ipsen, B.M., Langkilde, G., Olesen, B.W., Christensen N.K. and Tanabe, S. // Energy and Buildings. 1985, 8, 225 – 236.

160. Fanger, P.O. Air Turbulence and Sensation of Draught / Fanger, P.O., Melikov, A.K., Hanzawa, H.and Ring, J. // Energy and Buildings. 1988, 12, 21 – 29.

161. Fayçal El Fgaier. Dynamic thermal performance of three types of unfired earth bricks / Fayçal El Fgaier, Zoubeir Lafhaj, Emmanuel Antczak, Christophe Chapiseau // Applied Thermal Engineering, Volume 93, 2016, pp. 377-383

162. Farenyuk Gennadiy. Research on Calculation Methods of Building Envelope Thermal Characteristics / Gennadiy Farenyuk, Olena Filonenko, Volodymyr

Datsenko // International Journal of Engineering & Technology. Vol. 8, № 4.8, (2018), pp. 97–102.

163. Filonenko Olena. Definition of Parameters of Thermal Insulation in the Zone of Building Foundation According to the Ground Freezing Depth / Olena Filonenko // Energy Efficiency (Netherland) – Vol. 11, Issue 3, 2017, pp.603-626.

164. Filonenko Olena. Design Features of Thermomodernization of Combined Roofs / Olena Filonenko, Oleksandr Maliushytskyi, Nataliia Mahas // International Journal of Engineering & Technology. Vol. 7, № 3.2, (2018), pp. 111–115.

165. Filonenko Olena. Thermal Modernization of the Panel Buildings External Walls / Olena Filonenko, Oleg Yurin, Olga Kodak // International Journal of Engineering & Technology. Vol. 7, № 3.2, (2018), pp. 116–122.

166. Filonenko O. Considering the availability of cold bridges in the design of thermal insulation shell of sandwich panels element-by-element assembly / O. Filonenko, L. Hasenko, N. Mahas, N. Mammadov // ACADEMIC JOURNAL Industrial Machine Building, Civil Engineering – 2 (55), 2020. С. 102 – 110.

167. Filonenko Olena. Linear heat transfer coefficients of combined roof structural units / Olena Filonenko // Науково-технічний, виробничий та інформаційно-аналітичний журнал «Наука та будівництво», ДП ДНДІБК – 23 (2), 2020.

168. Filonenko O.I. Improving waterproofing properties In the wall basement area by injection method / O.I. Filonenko, M.V. Leshchenko, O.M. Rozdabara, O.M. Duka, V.V. Pashchenko, D.A. Filonenko // Збірник наукових праць. Серія: Галузеве машинобудування, будівництво/Academic journal. Series: Industrial Machine Building, Civil Engineering − 2 (53), 2019. С. 122 – 127.

169. Filonenko O.I. Energy performance of residential buildings / O.I Filonenko, O.I. Yurin, O.A. Kodak // Збірник наукових праць. Серія: Галузеве машинобудування, будівництво. − ПолтНТУ, 2018. − Вип. 1 (50). − С. 189 – 196.

170. Francesca Cappelletti. Analysis of the influence of installation thermal bridges on windows performance: The case of clay block walls / Francesca Cappelletti,

Andrea Gasparella, Piercarlo Romagnoni, Paolo Baggio // Energy and Buildings, Volume 43, Issue 6, 2011, pp. 1435-1442

171. Fomin, S. Features of performance of concrete and reinforced concrete structures of industrial facilities operated under impact of increased and high temperatures / Fomin, S., Plakhotnikova, I., Butenko, S. // MATEC Web of Conferences,2017. 116, 02013

172. Fomin, S. Scientific research basics of fire resistance testing for reinforced concrete structures and buildings / Fomin, S., Butenko, S., Plakhotnikova, I., Koliesnikov, S. // Materials Science Forum, 2020, 1006 MSF, стр. 158–165.

173. Fomin, S.L. Scientific approach to fire resistance calculation of reinforced concrete beams and columns / Fomin, S.L., Bondarenko, Y.V., Butenko, S.V., Koliesnikov, S.M. // Indoor Air, 4: 154 – 168. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2021, 1021(1), 012013

174. Gan, G. Analysis of Mean Radiant Temperature and Thermal Comfort / Gan, G. // Building Serv. Eng. Research Technology.2001, 22.2: 95 – 101.

175. Ge, H. Experimental Investigation of Cold Draft Induced by Two Different Types of Glazing Panels in Metal Curtain Walls / Ge, H. and Fazio, P. // Building and Environment. 2004, 39, 115 – 125.

176. Ge, H. Impact of balcony thermal bridges on the overall thermal performance of multi-unit residential buildings: A case study / Ge, H., McClung, V. R., & Zhang, S. // Energy and Buildings. 2013, 60, 163–170.

177. Griefahn, B. The Impact of Draught Related to Air Velocity, Air Temperature and Workload / Griefahn, B., Kunemund, C. and Gering, U. // Applied Ergonomics. 2001, 32, 407 – 417.

178. Grynning, S. Solar shading control strategies in cold climates Heating, cooling demand and daylight availability in office spaces / Grynning, S., B. Time, and B. Matusiak. // Sol. Energy. 2014, 107: 182– 194.

179. Hanif, M. Potential energy savings by radiative cooling system for a building in tropical climate / Hanif, M., T. Mahlia, A. Zare, T. Saksahdan, and H. Metselaar // Renew. Sustain. Energy Rev. 2014, 32: 642– 650.

180. Hashiguchi, N. Physiological and Subjective Responses in the Elderly When Using Floor Heating and Air Conditioning Systems / Hashiguchi, N., Tochihara, Y., Ohnaka, T., Tsuchida, C., Otsuki, T. // Journal of Physiological Anthropology and Applied Human Science. 2004, 23, 205 – 213.

181. Havenith, G. Personal factors in thermal comfort assessment: clothing properties and metabolic heat production / Havenith, G., Holmér, I. and Parsons, K. // Energy and Buildings. 2002, Volume 34, Issue 6.

182. Hyun Bae Kim. Experimental analysis of thermal performance in buildings with shape-stabilized phase change materials / Hyun Bae Kim, Masayuki Mae, Youngjin Choi, Takeshi Kiyota // Energy and Buildings, Volume 152, 2017, pp. 524-533

183. Huizenga, C. Skin and Core Temperature Responses in Uniform and Non-Uniform, Steady-State and Transient Thermal Environments / Huizenga, C., Zhang, H., Arens, E. and Wang, D. // Journal of Thermal Biology. 2004, 29, 549 – 558. Accepted by The 1st Symposium on Physiology and Pharmacology of Thermal Biology and Temperature Regulation, Rhodes Greece, October, 2004.

184. Huizenga, C. A Model of Human Physiology and Comfort for Assessing Complex Thermal Environments / Huizenga, C., Zhang, H., Arens, E. and Duan, T. // Building and Environment. 2001, 36(6): 691 - 699.

185. Ihm, P. Design optimization of energy efficient residential buildings in Tunisia / Ihm, P., and M. Krarti // Build. Environ.2012, 58: 81– 90.

186. ISO 13789:2007, Thermal performance of buildings – Transmission and ventilation heat transfer coefficients – Calculation method

187. ISO/TS 14415 Ergonomics of the thermal environment - Application of International Standards to people with special requirements

188. ISO/TR 52000-2, Energy performance of buildings — Overarching EPB assessment — Part 2: Explanation and justification of ISO 52000-1

189. ISO 13786:2017(E) Thermal performance of building components - Dynamic thermal characteristics - Calculation methods

190. ISO 7243 Hot environments - Estimation of the heat stress on working man, based on the WBGT-index (wet bulb globe temperature)

191. ISO 7933 Ergonomics of the thermal environment - Analytical determination and interpretation of heat stress using calculation of the predicted heat strain

192. ISO 9886 Ergonomics - Evaluation of thermal strain by physiological measurements

193. ISO 10551 Ergonomics of the thermal environment - Assessment of the influence of the thermal environment using subjective judgement scales

194. ISO/TR 11079 Ergonomics of the thermal environment - Determination and interpretation of cold stress when using required clothing insulation (IREQ) and local cooling effects

195. ISO 13732 Ergonomics of the thermal environment - Methods for the assessment of human responses to contact with surfaces

196. ISO 12894 Ergonomics of the thermal environment - Medical supervision of individuals exposed to extreme hot or cold environments

197. Jakhar, S. Thermal performance investigation of earth air tunnel heat exchanger coupled with a solar air heating duct for northwestern India / Jakhar, S., R. Misra, V. Bansal, and M. S. Soni // Energy Build.2015, 87: 360– 369.

198. Jaber, S. Optimum, technical and energy efficiency design of residential building in Mediterranean region / Jaber, S., and S. Ajib. // Energy Build. 2011, 43: 1829– 1834.

199. Joana Prata. Heat transfer measurements of a linear thermal bridge in a wooden building corner / Joana Prata, Nuno Simões, António Tadeu // Energy and Buildings, Volume 158, 2018, pp. 194-208.

200. Kamal, M. A. An overview of passive cooling techniques in buildings: design concepts and architectural interventions / Kamal, M. A.// Acta Tech. Napocen. Civil Eng. Architect. 2012, 55: 84– 97.

201. Kalle Kuusk. nZEB Retrofit of a Concrete Large Panel Apartment Building / Kalle Kuusk. Targo Kalamees // Energy Procedia. Volume 78, November 2015, Pages 985-990. doi.org/10.1016/j.egypro.2015.11.038

202. Kima, G. Comparative advantage of an exterior shading device in thermal performance for residential buildings / Kima, G., H. S. Lim, T. S. Lim, L. Schaefer, and J. T. Kim // Energy Build.2012, 46: 105– 111.

203. Klaus Landerheinecke. Thermodynamik für Ingenieuren / K. Landerheinecke, P. Gany, E. Satter // Vieveqes Fashbüsher Der Technik, 2003. – 336 p.

204. Klymenko Yevhenii. Influence of damages in structures while optimizing design decisions in civil engineering / Yevhenii Klymenko, Iryna Grynyova // Optimization of architectural, constructive, organizational and technological decisions of civil construction. Monograph. General edition by O. Menejljuk, O. Nikiforov. Riga: Omni Scriptum Publishing, 2019,p. p. 36-58.

205. Kos Željko. Analysis of Methods for Determining Climate Loads at a Specified Territory Point by Meteorological Data / Željko Kos, Viktor Pashynskyi, Yevhenii Klymenko, Mykola Pashynskyi // Tehnički glasnik – technical journal/ Znanstveno-stručni časopis Sveučilišta Syever. Scientific professional yournal of University Nort. – Volume 14 Number 2 Varaždin, 2020. Pages 206–211. doi.org/10.31803/tg-20191125075805

206. Kurnitski J. Cost Optimal and Nearly Zero-Energy Buildings (nZEB): Definitions, Calculation Principles and Case Studies. Springer Science & Business Media; 2013. 183 p.

207. Liu, Y. Integrating passive cooling and solar techniques into the existing building in South China / Liu, Y., and W. Feng // Adv. Mater. Res.2012, 368–373: 3717– 3720.

208. Leshchenko Maryna. Insulation of Building Envelope Complicated Node Points / Maryna Leshchenko, Oleksandr Semko, Liubov Shumska, Olena Filonenko // International Journal of Engineering & Technology. Vol. 8, № 4.8, (2018), pp. 190–195.

209. Loveday, D.L. Displacement Ventilation Environments with Chilled Ceiling: Thermal Comfort Design within the Context of the BS EN ISO 7730 versus Adaptive Debate / Loveday, D.L., Parsons, K.C., Taki, A.H. and Hodder, S.G. // Energy and Buildings. 2002, 34: 573 – 579.

210. Lorenzo Belussi. A review of performance of zero energy buildings and energy efficiency solutions / Lorenzo Belussi, Benedetta Barozzi, Alice Bellazzi, Ludovico Danza, Anna Devitofrancesco, Carlo Fanciulli, Matteo Ghellere, Giulia Guazzi, Italo Meroni, Francesco Salamone, Fabio Scamoni, Chiara Scrosati // Journal of Building Engineering. 2019, 10.1016/j.jobe.2019.100772, (100772).

211. Manz, H. Analysis of Thermal Comfort near Cold Vertical Surfaces by Means of Computational Fluid Dynamics / Manz, H. and Frank, T. // Indoor Built Environment. 2004, 13: 233 – 242.

212. Maria Panagiotidou. Progress in ZEBs—A review of definitions, policies and construction activity / Maria Panagiotidou, Robert J. Fuller. // Energy Policy, Volume 62, 2013, pp. 196-206

213. Maria Ferraraab. Modelling Zero Energy Buildings: Parametric Study for the Technical Optimization / Maria Ferraraab, Joseph Virgonea, Enrico Fabrizioc, Frédérik Kuznika, Marco Filippib // Energy Procedia. Volume 62, 2014, Pages 200-209

214. Maschio Isabella. Criteria and structure of a harmonised data collection for NZEBs retrofit buildings in Europe / Maschio Isabella, Delia D'Agostino, Barbara Cuniberti // Energy Procedia, Volume 140, 2017, pp. 170-181

215. Martin, K. Problems in the calculation of thermal bridges in dynamic conditions / Martin, K., Erkoreka, a., Flores, I., Odriozola, M., & Sala, J. M. // Energy and Buildings. 2011, 43(2-3), 529–535.

216. Martín, K. Methodology for the calculation of response factors through experimental tests and validation with simulation / Martín, K., Flores, I., Escudero, C., Apaolaza, A., & Sala, J. M. // Energy and Buildings. 2010, 42(4), 461–467

217. Martinez Roberto Garay. Disaggregation process for dynamic multidimensional heat flux in building simulation / Martinez Roberto Garay, Alberto Riverola, Daniel Chemisana // Energy and Buildings. 2017, 148. DOI: 10.1016/j.enbuild.2017.05.029

218. Mazzeoa, D. Dynamic thermal characteristics of opaque building components. A proposal for the extension of EN ISO 13786 / D. Mazzeoa, G. Olivetia, M. De

Simonea, N. Arcuri // Energy Procedia 78 (2015) 3240 DOI: 10.1016/j.egypro.2015.11.787

219. Millera Wendy. Anatomy of a sub-tropical Positive Energy Home (PEH) / Millera Wendy, Laurie Buysb // Solar Energy. Volume 86, Issue 1, January 2012, Pages 231-241

220. Mingzhe Liu. Development and sensitivity study of a simplified and dynamic method for double glazing facade and verified by a full-scale façade element / Mingzhe Liu, Kim Bjarne Wittchen, Per Kvols Heiselberg, Frederik Vildbrad Winther // Energy and Buildings, Volume 68, Part A, 2014, pp. 432-443

221. Morshed Alam. Energy saving potential of phase change materials in major Australian cities / Morshed Alam, Hasnat Jamil, Jay Sanjayan, John Wilson // Energy and Buildings, Volume 78, 2014, pp. 192-201

222. Moazamia Amin. Energy Retrofit of a Day Care Center for Current and Future Weather Scenarios / Moazamia Amin, Salvatore Carluccia, Francesco Causoneb, Lorenzo Paglianob // Procedia Engineering. Volume 145, 2016, Pages 1330-1337.

223. Morellia Martin. Energy retrofitting of a typical old Danish multi-family building to a “nearly-zero” energy building based on experiences from a test apartment / Morellia Martin, Leif Rønbyb, Svend Erik, Mikkelsenc Maja, G.Minzaric Troels, Kildemoesd Henrik, M.Tommerupa // Energy and Buildings. Volume 54, November 2012, Pages 395-406

224. Mora T. Dalla. Cost-Optimal measures for renovation of existing school buildings towards nZEB / Mora T. Dalla , Righi F.Peron, P.Romagnoni // Energy Procedia. Volume 140, December 2017, Pages 288-302

225. Nakano, J. Differences in perception of indoor environment between Japanese and non-Japanese workers / Nakano, J., Tanabe, S. and Kimura K. // Energy and Buildings. 2002, Volume 34, Issue 6.

226. Naser P. Sharifi. Application of phase change materials in gypsum boards to meet building energy conservation goals / Naser P. Sharifi, Ahsan Aadil Nizam Shaikh, Aaron R. Sakulich // Energy and Buildings, Volume 138, 2017, pp. 455-467

227. Neha Gupta. Review of passive heating/cooling systems of buildings / Neha Gupta, Gopal N. Tiwari // Energy Science & Engineering. 2016, Volume4, Issue5

228. Nilsson, H. O. Evaluation and Visualisation of Perceived Thermal Conditions / Nilsson, H. O. // The 5th International Meeting on Thermal Manikin and Modeling, Centre d'Etudes de Physiologie Appliquee, Strasbourg, France. 2003, September 29 - 30.

229. Nilsson, H. O. Thermal Comfort Evaluation with Virtual Manikin Methods / Nilsson, H. O. // The 10th International Conference on Indoor Air Quality and Climates, Beijing, China. 2005, September 4 - 9.

230. Noura Alkaabi, A data driven modeling and analysis approach to test the resilience of green buildings to uncertainty in operation patterns / Noura Alkaabi, Chung Suk Cho, Ahmad Mayyas, Elie Azar // Energy Science & Engineering. 2020, 10.1002/ese3.808, 8, 12, (4250-4269).

231. Oguro, M. Convective Heat Transfer Coefficients and Clothing Insulation for Each Part of the Clothed Human Body under Air Flow Conditions / Oguro, M., E. Arens, et al. // Journal of Architectural Planning and Environmental Engineering AIJ. 2002, No. 561, 31 – 39.

232. Olesen, B.W. Possibilities and Limitations of Radiant Floor Cooling / Olesen, B.W. // ASHRAE Transaction. 1997, 103 (1), 42 - 48.

233. Olesen, B.W. Thermiske Komfort Krav til Gulve (Thermal Comfort Requirements for Floors). Ph.D. Thesis, Laboratory of Heating and Air Conditioning, Technical University of Denmark. 1997.

234. Olesen, B.W. Are 'Cold' Window Surfaces A Problem with Regard to Thermal Comfort Nowadays (in Germany) / Olesen, B.W. // Proc. Of Velta Kongress. 2002, 81 - 96.

235. Olesen, B.W. Introduction to thermal comfort standards and to the proposed new version of EN ISO 7730 / Olesen, B.W. and Parsons, K. C. // Energy and Buildings. 2002, Volume 34, Issue 6.

236. Oseland, N.A. A Review of Thermal Comfort and Its Relevance to Future Design Models and Guidance / Oseland, N.A. // Proceedings of the BEPAC

Conference Building Environmental Performance: Facing the Future, York, UK. 1994, 205 – 216.

237. Parsons, K.C. The effects of gender, acclimation state, the opportunity to adjust clothing and physical disability on requirements for thermal comfort / Parsons, K.C // Energy and Buildings. 2002, Volume 34, Issue 6.

238. Pellerin, N. Local Thermal Unpleasantness and Discomfort Prediction in the Vicinity of Themoneutrality / Pellerin, N., Deschuyteneer, A. et al. // The 5th International Meeting on Thermal Manikin and Modeling, Centre d'Etudes de Physiologie Appliquee, Strasbourg, France. 2003, September 29 - 30.

239. Peter Lyons. Window Performance for Human Thermal Comfort / Peter Lyons, Dariush Arasteh, Charlie Huizenga // Presented at the 2000 ASHRAE Winter Meeting, Dallas, TX, February 5-9, 2000, and to be published in the proceedings

240. PN-EN ISO 6946 Komponenty budowlane i elementy budynku. Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła – Metoda obliczania.
https://www.locja.pl/haslo/PN-EN-ISO-6946,87

241. prEN 15255 Thermal performance of buildings - Sensible room cooling load calculation - General criteria and validation procedures

242. prEN 15265 Thermal performance of buildings - Calculation of energy needs for space heating and cooling using dynamic methods - General criteria and validation procedures

243. Roberto Garay. Performance assessment of thermal bridge elements into a full scale experimental study of a building façade / Roberto Garay, Amaia Uriarte, Inés Apraiz // Energy and Buildings, Volume 85, 2014, pp. 579–591.

244. Qingyuan, Z. Potentials of passive cooling for passive design of residential buildings in China / Qingyuan, Z., and L. Yu. // Energy Procedia, 2014, 57: 1726–1732.

245. Ruiz-Pardo A. Retrofit strategies towards Net Zero Energy Educational Buildings: A case study at the University of the Basque Country / Ruiz-Pardo A., Serra A., Salmerón J.M., Vega R.e. // Energy and Buildings. Volume 144, 1 June 2017, Pages 387-400

246. Reza Fathipour. Analytical solution for the study of time lag and decrement factor for building walls in climate of Iran / Reza Fathipour, Amin Hadidi // Energy, Volume 134, 2017, pp. 167-180

247. Sadineni, S. B. Passive building energy savings: a review of building envelope components / Sadineni, S. B., S. Madala, and R. F. Boehm // Renew. Sustain. Energy Rev.2011, 15: 3617– 3631.

248. Sadineni, S. Economic feasibility of energy efficiency measures in residential buildings / Sadineni, S., T. France, and R. Boehm // Renewable Energy. 2011, 36: 2925– 2931.

249. Schild, P. Good practice guidance on thermal bridges and construction details – Part 1: Principles / Schild, P.; Blom, P. // Information paper 188 (2010). http://www.buildup.eu/publications/8239.

250. Semko O.V. Investigation of the Temperature–Humidity State of a Tent-Covered Attic. / O.V. Semko, O.I. Yurin, O.I. Filonenko, N.M. Mahas / Proceedings of the 2nd International Conference on Building Innovations. ICBI 2019. Lecture Notes in Civil Engineering, vol 73. Springer, Cham.

251. Semko O. Civil building frame-struts steel carcass optimization by efforts regulation. / O.Semko, A. Hasenko, O. Filonenko, N. Mahas // ACADEMIC JOURNAL Industrial Machine Building, Civil Engineering – 1 (54), 2020. C. 48 – 54.

252. Soad Sarihi. A critical review of façade retrofit measures for minimizing heating and cooling demand in existing buildings / Soad Sarihi, Fatemeh Mehdizadeh Saradj, Mohsen Faizi // Sustainable Cities and Society. 2020, 10.1016/j.scs.2020.102525, (102525).

253. Shahrzad Soudian. Development of a performance-based design framework for multifunctional climate-responsive façades / Shahrzad Soudian, Umberto Berardi // Energy and Buildings. Volume 231, 15 January 2021, 110589

254. Sjoerd Nienhuys. Calculation Examples of Thermal Insulation. Technical working paper - number 2 (September 2012-updated), 42.
https://www.researchgate.net/publication/232613788

255. Soussi, M. Energy performance analysis of a solar cooled building in Tunisia: passive strategies impact and improvement techniques / Soussi, M., M. Balghouthi, and A. Guizani // Energy Build.2013, 67: 374– 386.

256. Spanaki, A. Assessing the passive cooling effect of the ventilated pond protected with a reflecting layer / Spanaki, A., D. Kolokotsa, T. Tsoutsos, and I. Zacharopoulos // Appl. Energy, 2014, 123: 273– 280.

257. Stevanović, S. Optimization of passive solar design strategies: a review / Stevanović, S. // Renew. Sustain. Energy Rev. 2013, 25: 177– 196.

258. Sareh Naji. Structure, energy and cost efficiency evaluation of three different lightweight construction systems used in low-rise residential buildings / S. Naji, O.C. Çelik, U.J. Alengaram [and other] // Energy and buildings. – 2014. – №84. – Pp. 727–739.

259. Stazi, F. Trombe wall management in summer conditions: an experimental study / Stazi, F., A. Mastrucci, and C. D. Perna. // Sol. Energy. 2012, 86: 2839– 2851.

260. Swinton, M.C. Small Buildings Technologies in Transition: Controlling the Transfer of Heat, Air, and Moisture Through the Building Envelope / Swinton, M.C., W.C. Brown, and G.A. Chown. Swinton, M.C., W.C. Brown, and G.A. Chown. // Building Science Insight Series. NRCC 3233. Ottawa, Canada. 1999: National Research Council Canada.

261. Taleb, H. M. Using passive cooling strategies to improve thermal performance and reduce energy consumption of residential buildings in U.A.E. buildings / Taleb, H. M. // Front. Architect. Res. 2014, 3: 154– 165.

262. Tadeu, A. Simulation of dynamic linear thermal bridges using a boundary element method model in the frequency domain / Tadeu, A., Simões, I., Simões, N., & Prata, J. // Energy and Buildings. 2011, 43(12), 3685–3695.

263. Tiwari, G. Energy efficient passive building: a case study of SODHA BERS COMPLEX / Tiwari, G., A. Deo, V. Singh, and A. Tiwari // Renewable Energy. 2016, 1: 1– 30.

264. Tiwari, G. N. Solar energy fundamentals, design, modelling and applications / Tiwari, G. N. // Narosa Publishing House Pvt. Ltd, Delhi. 2012

265. Tiwari, G. Design of an Earth Air Heat Exchanger (EAHE) for climatic condition of Chennai / Tiwari, G., V. Singh . Joshi, Shyam, A. Deo, Prabhakant et al. // India. Open Environ. Sci. 2014, 8: 24– 34.

266. Toe, D. H. C. Comparative assessment of vernacular passive cooling techniques for improving indoor thermal comfort of modern terraced houses in hot humid climate of Malaysia / Toe, D. H. C., and T. Kubota / Sol. Energy. 2015, 114: 229– 258.

267. Toftum, J. Human Response to Air Movement – Evaluation of ASHRAE's Draft Criteria / Toftum, J., Melikov, A., Tynel, A., Bruzda, M.A. and Fanger P.O. // International Journal of Heating, Ventilation, Air-conditioning and Refrigeration Research. 2003, 9: 187 – 202.

268. Vamshi Gooje. Impact of Radiant Asymmetry of Thermal Comfort. Comparison of real data with simulated data / Vamshi Gooje, Thornton Tomasetti // PLEA2013 - 29th Conference, Sustainable Architecture for a Renewable Future, Munich, Germany 10-12 September 2013
https://www.semanticscholar.org/paper/Impact-of-Radiant-Asymmetry-of-Thermal-Comfort-of-Gooje-Tomasetti/a72fc9042202557c72cad41a4e2ce6f811254621

269. Viot, H. Comparison of different methods for calculating thermal bridges: Application to wood-frame buildings / Viot, H., Sempey, A., Pauly, M., & Mora, L. // Building and Environment. 2015, 93, 339–348.

270. Wärmedämmung im Erdreich/Styrofoam Lösungen, 2006. – 10 S. http://www.styrofoam.de/styrofoam/europe/de/app/dip/war.htm.

271. Wang, Z. Analysis of energy efficiency retrofit schemes for heating, ventilating and air conditioning systems in existing office buildings based on the modified bin method / Wang, Z., Y. Ding, G. Geng, and N. Zhu / Energy Convers. Manage. 2014, 577: 233– 242.

272. Waleed Khalid Alhuwayil. Impact of External Shading Strategy on Energy Performance of Multi-Story Hotel Building in Hot-humid Climate / Waleed Khalid

Alhuwayil, M. Abdul Mujeebu, Ali Mohammed M. Algarny // Energy. 2018, 10.1016/j.energy.2018.12.069.

273. Xiang Zhou. Thermal comfort under radiant asymmetries of floor cooling system in 2 h and 8 h exposure durations / Xiang Zhou, Yunliang Liu, Maohui Luo, Lili Zhang, Qiqi Zhang, Xu Zhang // Energy and Buildings, 2019·February. DOI: 10.1016/j.enbuild.2019.02.009.

274. Ying-Nan Song. Novel passive cooling composite textile for both outdoor and indoor personal thermal management / Ying-Nan Song, Yue Li, Ding-Xiang Yan, Jun Lei, Zhong-Ming Li // Composites Part A: Applied Science and Manufacturing. 2020, 10.1016/j.compositesa.2019.105738, 130, (105738).

275. Yongjun Sun. Sensitivity analysis of macro-parameters in the system design of net zero energy building / Yongjun Sun // Energy and Buildings, Volume 86, 2015, pp. 464-477.

276. Yuan J. Impact of Insulation Type and Thickness on the Dynamic Thermal Characteristics of an External Wall Structure. Sustainability. 2018; 10(8):2835. https://doi.org/10.3390/su10082835.

277. Zhang, H. Thermal Sensation and Comfort in Transient Non-Uniform Thermal Environments / Zhang, H., Huizenga, C., Arens, E., and Wang, D. // European Journal of Applied Physiology, Vol. 92, 728 – 733.

278. Zhiyin, D. Indirect evaporative cooling: past, present and future potentials / Zhiyin, D., Z. Changhong, Z. Xingxing, M. Mahmud, Z. Xudong, A. Behrang et al. // Renew. Sustain. Energy Rev. 2012, 16: 6823– 6850.

279. Zhang, H. Human Thermal Sensation and Comfort in Transient and NonUniform Thermal Environments / Zhang, H. // Ph. D. Thesis, CEDR, University of California at Berkeley. 2003, pp 415.

280. Zalewski, L. Experimental and numerical characterization of thermal bridges in prefabricated building walls / Zalewski, L., Lassue, S., Rousse, D., & Boukhalfa, K. // Energy Conversion and Management. 2010, 51(12), 2869–2877.

# ДОДАТОК А

## Список публікацій здобувача за темою дисертації

*Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації*

1. Філоненко О.І. Енергоефективні конструктивні рішення елементів будівель в умовах змінних теплових впливів: Монографія. – Полтава: ПП «Астрая», 2021. – 303 с.

2. ДСТУ Б В.2.2-39:2016. Методи та етапи проведення енергетичного аудиту будівель. Мінрегіон України. Київ, 2016. – 67 с.

3. Filonenko O. Considering the availability of cold bridges in the design of thermal insulation shell of sandwich panels element-by-element assembly / O. Filonenko, L. Hasenko, N. Mahas, N. Mammadov // ACADEMIC JOURNAL Industrial Machine Building, Civil Engineering – 2 (55), 2020. С. 102 – 110.

4. Filonenko Olena. Linear heat transfer coefficients of combined roof structural units / Olena Filonenko // Науково-технічний, виробничий та інформаційно-аналітичний журнал «Наука та будівництво», ДП ДНДІБК – 23 (2), 2020.

5. Filonenko O.I. Improving waterproofing properties In the wall basement area by injection method / O.I. Filonenko, M.V. Leshchenko, O.M. Rozdabara, O.M. Duka, V.V. Pashchenko, D.A. Filonenko // Збірник наукових праць. Серія: Галузеве машинобудування, будівництво/Academic journal. Series: Industrial Machine Building, Civil Engineering − 2 (53), 2019. С. 122 – 127.

6. Filonenko O.I. Energy performance of residential buildings / O.I Filonenko, O.I. Yurin, O.A. Kodak // Збірник наукових праць. Серія: Галузеве машинобудування, будівництво. − ПолтНТУ, 2018. − Вип. 1 (50). − С. 189 – 196.

7. Філоненко О.І. Вплив вентиляційного режиму холодного горища на конструкції даху / О.І. Філоненко, О.І. Юрін, О.А. Кодак // Комунальне господарство міст. Серія Технічні науки та архітектура. – Київ, 2017. – Вип. 134. – С. 15 – 20.

8. Фаренюк Г.Г. Енергоефективність громадських будівель з врахуванням ергономіки теплового середовища / Г.Г.Фаренюк, О.І. Філоненко, М.В. Тимофєєв // Комунальне господарство міст. Серія: Технічні науки та архітектура. – Вип. 135. – Х.: ХНУМГ, 2017. – С. 119 – 124.

9. Фаренюк Г.Г. Теплові впливи на огороджувальні конструкції за нестаціонарних умов. / Г.Г. Фаренюк, О.І. Філоненко // Збірник наукових пр. аць. Серія: галузеве машинобудування, будівництво. Вип. 2 (44). – Полтава: ПолтНТУ, 2015. – С. 234 – 238.

10. Філоненко О.І. Дослідження теплозахисних властивостей огороджувальних конструкцій при термомодернізації будівель // О.І. Філоненко, О.Б. Олексієнко, О.О. Геращенко // Науковий вісник будівництва: збірник наукових праць. – Вип. № 2(76). – Харків: ХНУБА, 2014. – С. 147 – 151.

11. Філоненко О.І. Особливості формування екопоселень в Україні / О.В. Семко, О.І. Філоненко, О.М. Синянська // Комунальне господарство міст: наук.-техн. збірник. – Вип. № 116. – Харків: ХНАГХ, 2014 – С. 72 – 74.

12. Філоненко О.І. Аналіз енергоефективності стінових конструкцій залежно від їх архітектурно-конструктивних особливостей / О.І. Філоненко, М.А Вельбой // Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво). – Полт. нац. техн. ун-т імені Юрія Кондратюка. – Вип. 4 (39). Том 2. – Полтава: ПолтНТУ, 2013. – С. 233 – 240.

13. Філоненко О.І. Вплив повітропроникності конструкції на її теплозахисні властивості / О.І. Філоненко // Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво). – Полт. нац. техн. ун-т імені Юрія Кондратюка. – Вип. 4 (39). Том 1. – Полтава: ПолтНТУ, 2013. – С. 261 – 266.

14. Філоненко О.І. Спорудження малоповерхових житлових будинків з солом’яних блоків та визначення їх теплотехнічних характеристик / О. В. Семко, О. І. Філоненко, С. П. Панченко,Є. І. М’який // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – Д.: ПДАБА, 2013. – № 8. – С. 47 – 52.

15. Філоненко О.І. Геометричні параметри зовнішньої теплоізоляції фундаментної зони для кліматичних умов ІІІ температурної зони / О.І. Філоненко // Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво). – Полт. нац. техн. ун-т імені Юрія Кондратюка. – Вип. 1 (29). – Полтава: ПолтНТУ, 2011. – С.185 – 188.

16. Філоненко О.І. Вплив глибини закладання зовнішнього утеплення фундаментної зони на тепловтрати підлогою для кліматичних умов І температурної зони / О.І. Філоненко // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: збірник наук. праць. – Вип. 21. – Рівне: Національний університет господарства та природокористування, 2011. – С. 539 – 542.

17. Філоненко О.І. Аналіз внутрішнього утеплення фундаментної зони цивільних будинків для зменшення тепловтрат підлогою на ґрунті / О.І. Філоненко // Комунальне господарство міст: наук.-техн. збірник. – Вип. № 97. – Харків: ХНАГХ, 2011. – С. 73 – 77.

18. Філоненко О.І. Вологісний режим фундаментної зони за її зовнішнього утеплення / О.І. Філоненко // Вісник Національного університету «Львівська політехніка»: Теорія і практика будівництва. – Вип. № 697. – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2011. – С. 229 – 233.

19. Філоненко О.І. Дослідження акустичного забруднення центральної частини міста Полтави від транспортних потоків / О.І. Філоненко, Є.Г. Петренко // Комунальне господарство міст: наук.-техн. збірник. – Вип. № 109. – Харків: ХНАГХ, 2013. – С. 213 – 218.

*20.* Філоненко О.І. Дослідження акустичних якостей великого актового залу ПолтНТУ імені Юрія Кондратюка / О.І. Філоненко, Т.С. Крепка // Збірник наукових праць студентів будівельного факультету ПолтНТУ імені Юрія Кондратюка.. – Полтава, 2013. – С. 56 – 60.

*21.* Semko O. Civil building frame-struts steel carcass optimization by efforts regulation. / O.Semko, A. Hasenko, O. Filonenko, N. Mahas // ACADEMIC JOURNAL Industrial Machine Building, Civil Engineering – 1 (54), 2020. С. 48 – 54.

22. Філоненко О.І. Сади на дахах та їх соціально-економічний вплив / М.А. Міняйло, О.І. Філоненко // Строительство, материаловедение, машиностроение: сб. научн. трудов. – Вып. 81. – Д.: ГВУЗ «ПГАСА», 2015. – С. 111 – 118.

23. Філоненко О.І. Вологісний режим фундаментної зони при термомодернізації забудови / О.І. Філоненко // Містобудування та територіальне планування: наук.-техн. збірник. – Вип. 39. – Київ: КНУБА, 2011. – С. 402 – 407.

24. Філоненко О.І. Геометричні параметри зовнішньої теплоізоляції фундаментної зони для кліматичних умов ІІ температурної зони / О.І. Філоненко // Містобудування та територіальне планування: наук.-техн. збірник. – Вип. 40. – Київ: КНУБА, 2011. – С.492 – 497.

25. Філоненко О.І. Використання термоефективних фундаментних блоків для опалювальних підвальних та цокольних приміщень / О.В. Семко, О.І. Філоненко // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – Вип. 39. – Д.: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад.В. Лазаряна, 2011. – С. 195 – 197

26. Filonenko Olena. Definition of Parameters of Thermal Insulation in the Zone of Building Foundation According to the Ground Freezing Depth / Olena Filonenko // Energy Efficiency (Netherland) – Vol. 11, Issue 3, 2017, pp.603-626.DOI: 10.1007 / s12053-017-9600-x (НМБД Scopus).

27. Semko O.V. Investigation of the Temperature–Humidity State of a Tent-Covered Attic. / O.V. Semko, O.I. Yurin, O.I. Filonenko, N.M. Mahas / Proceedings of the 2nd International Conference on Building Innovations. ICBI 2019. Lecture Notes in Civil Engineering, vol 73. Springer, Cham. DOI: 10.1007/978-3-030-42939-3_26 (НМБД Scopus).

28. Filonenko Olena. Design Features of Thermomodernization of Combined Roofs / Olena Filonenko, Oleksandr Maliushytskyi, Nataliia Mahas // International Journal of Engineering & Technology. Vol. 7, № 3.2, (2018), pp. 111–115. DOI: 10.14419/ijet.v7i3.2.14385 (НМБД Scopus).

29. Filonenko Olena. Thermal Modernization of the Panel Buildings External Walls / Olena Filonenko, Oleg Yurin, Olga Kodak // *International Journal of Engineering & Technology*. Vol. 7, № 3.2, (2018), pp. 116–122. DOI: 10.14419/ijet.v7i3.2.14386 (НМБД Scopus).

30. Farenyuk Gennadiy. Research on Calculation Methods of Building Envelope Thermal Characteristics / Gennadiy Farenyuk, Olena Filonenko, Volodymyr Datsenko // International Journal of Engineering & Technology. Vol. 8, № 4.8, (2018), pp. 97–102. DOI: 10.14419/ijet.v7i4.8.27221.

31. Leshchenko Maryna. Insulation of Building Envelope Complicated Node Points / Maryna Leshchenko, Oleksandr Semko, Liubov Shumska, Olena Filonenko // International Journal of Engineering & Technology. Vol. 8, № 4.8, (2018), pp. 190–195. DOI:10.14419/ijet.v7i4.8.27239.

*Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації*

32. Фаренюк Г.Г. Дослідження методів розрахунку теплових характеристик огороджувальних конструкцій в літніх умовах експлуатації / Г.Г. Фаренюк, О.В. Семко, О.І. Філоненко, Н.М. Магас // Збірник наукових праць за матеріалами III Міжнародної українсько-азербайджанської конференції «BUILDING INNOVATIONS – 2020». – Полтава, 2020. – С. 176 – 178.

33. Filonenko Olena. Thermo-technical calculation of combined roof structure with variable thickness layers/ Olena Filonenko // Збірник наукових праць за матеріалами III Міжнародної українсько-азербайджанської конференції «BUILDING INNOVATIONS – 2020». – Полтава, 2020. – С. 179 – 181.

34. Філоненко О. І. Про методику обстеження огороджувальних конструкцій будівель інфрачервоним методом / О.І.Філоненко, В.І. Кіденко // Тези 72-ої наукової конференції професорів, викладачі , наукових працівників, аспірантів та студентів університету, присвяченої 90-річчю Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка». Том 1. (Полтава, 21 квітня – 15 травня 2020 р) – Полтава: ПолтНТУ, 2020. – С. 110 – 111.

35. Філоненко О. І. Аналіз кошторисної вартості утеплення стін / О.І. Філоненко, О.О. Циганок // Тези 72-ої наукової конференції професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів університету, присвяченої 90-річчю Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка». Том 1. (Полтава, 21 квітня – 15 травня 2020 р) – Полтава: ПолтНТУ, 2020. – С. 114 – 115.

36. Семко О.В. Аналіз пошкоджень залізобетонних конструкцій покриття під впливом вологи/ О.В. Семко, Філоненко О.І., Магас Н.М., Максимович О.А. // Тези 72-ої наукової конференції професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів університету, присвяченої 90-річчю Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка». Том 1. (Полтава, 21 квітня – 15 травня 2020 р) – Полтава: ПолтНТУ, 2020. – С. 124 – 125.

37. Семко О.В. Особливості експлуатації огороджувальних конструкцій карнизних вузлів / О.В. Семко, О.І. Філоненко, О.І. Юрін, Ю.О. Авраменко, Н.М. Магас // Експлуатація та реконструкція будівель і споруд : тези доп. III між нар. конф. – Одеса : ОДАБА, 2019. – с. 138.

38. Філоненко О.І. Особливості застосування системи КУБ 2.5 / О.І. Філоненко, В.К. Городчанин // Тези 71-ої наукової конференції професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів університету. Том 1. (Полтава, 22 квітня – 17 травня 2019 р.) – Полтава: ПолтНТУ, 2019. – С. 94 – 95.

39. Типові дефекти сталевого покриття шатрових покрівель цивільних будівель / О.В. Семко, О.І. Філоненко, О.І. Юрін, Н.М. Магас // Збірник наукових праць за матеріалами ІІ Міжнародної українсько-азербайджанської конференції «BUILDING INNOVATIONS – 2019». – Полтава, 2019. – С. 182 – 183.

40. Farenyuk G. Research on calculation methods of building envelope thermal characteristics / G. Farenyuk, O. Filonenko // Збірник наукових праць за матеріалами І Міжнародної науково-практичної конференції «TECHNOLOGY, ENGINEERING AND SCIENCE – 2018». – Лондон, 2018. – С. 67 – 69.

41. Філоненко О.І. Конструктивні особливості термомодернізації суміщених покрівель / О.І. Філоненко, О.В. Малюшицький, Н.М. Магас // Збірник наукових праць за матеріалами І Міжнародної азербайджансько-української конференції «BUILDING INNOVATIONS – 2018». – Баку, 2018. – С. 210 – 212.

42. Лещенко М.В. Утеплення складних вузлів зовнішніх огороджувальних конструкцій будівель / М.В. Лещенко, О.В. Семко, О.І. Філоненко, Л.П. Шумська // Збірник наукових праць за матеріалами І Міжнародної науково-практичної конференції «TECHNOLOGY, ENGINEERING AND SCIENCE – 2018». – Лондон, 2018. – С. 61 – 63.

43. Філоненко О.І. До питання нормування теплостійкості огороджувальних конструкцій в літній період року / О.І. Філоненко // Тези 68-ї наукової конференції професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів університету. Том 1. (Полтава, 19 квітня – 13 травня 2016 р.) – Полтава: ПолтНТУ, 2016. – С. 117 – 119.

44. Філоненко О.І. Сади на дахах та їх соціально-економічний вплив / О.І. Філоненко, М.А. Міняйло // Тези 67-ї наукової конференції професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів університету. Том 1. (Полтава, 2 квітня – 22 травня 2015 р.) – Полтава: ПолтНТУ, 2015. – С. 78 – 79.

45. Филоненко Е.И. Исследование принципов интеграции экопоселений на территории Украины /А.В. Семко, Е.И. Филоненко // Materi á ly X mezinárodní vědecko-praktick á konference „Aktu á lni vymoźenosti vědy – 2014" . – Díl 15. Zemědělství. Výstavba a architektura.: Praha. Publishing House „Educałion and Science" s.r.o, 2014 – S. 34 – 38.

46. Фаренюк Г. Г., Особливості термомодернізації громадських будівель / Г. Г. Фаренюк, О. І. Філоненко, О. Б. Борисенко, М. В. Лещенко // Проблеми й перспективи розвитку академічної та університетської науки: збірник наукових праць за матеріалами V Всеукраїнського науково-практичного форуму установ НАН України. – Полтава: ПолтНТУ, 2012. – С. 215 – 216.

47. Філоненко О.І.. Відновлення експлуатаційних властивостей зовнішніх огороджувальних конструкцій центрального корпусу ПНТУ ім. Юрія Кондратюка / О.І. Філоненко, Ю.Г. Тобольченко // Тези 64-ї наукової конференції професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів університету. Том 1. (Полтава, 17 квітня по 11 травня 2012 р.) – Полтава: ПолтНТУ, 2012. – С. 86 – 87.

48. Філоненко О.І. Вплив глибини закладання зовнішнього утеплення фундаментної зони на тепловтрати підлогою / О.І. Філоненко // Тези 63-ї наукової конференції професорів, викладачів, наукових працівників та студентів університету. Том 1. (Полтава, 10 – 19 травня 2011 р.) – Полтава: ПолтНТУ, 2011. – С. 89 – 91.

*Наукові праці, які додатково відображають наукові результати дисертації*

49. Філоненко О. І., Юрін О. І. Енергетична ефективність будинків – Полтава: ПП «Астрая», 2018. – 484 с.

50. Будівельна теплофізика огороджувальних конструкцій будівель / О.І. Філоненко, О.І. Юрін. – Полтава: Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, 2015. – 226 с

51. Утеплення, ремонт та реконструкція плоских покрівель цивільних будівель / Авраменко Ю.А., Філоненко О.І. (та інш.); за ред. О.В. Семко. – Полтава: ПП «Астрая», 2018. – 238 с.

52. Будівельна фізика: Захист від шуму / О.І. Філоненко, Н.М. Магас. – Полтава: ПП «Астрая», 2019. – 322 с.

**Апробація матеріалів дисертації.** Основні положення і результати дисертації представлено для обговорення на конференціях та конгресах:

63–72 наукові конференції професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів університету, ПолтНТУ, Полтава, 2011–2020 р., очна форма участі;

XI Міжнародний конгрес «Інституційні та технічні аспекти реформування житлово-комунального господарства» та Круглий стіл «Термомодернізація будівель. Сучасний стан, проблеми та перспективи», 12 листопада 2015 р., очна форма участі;

Круглий стіл «Консолідація зусиль щодо формування прозорих механізмів системи управління нерухомістю» Експертної Міжгалузевої Асоціації України та Київської міської організації роботодавців житлово-комунальної галузі «Федерація роботодавців ЖКГ міста Києва», м. Київ, 09 жовтня 2015 р., очна форма участі;

Круглий стіл «Формування прозорих відносин Споживача та Надавача послуг на ринку ЖКГ: роль управляючих компаній», м. Полтава, 27 квітня 2016 р., очна форма участі;

III Міжнародна конференція «ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ФАСАДИ – 2017» у рамках Будівельного конгресу України – 2017, Міжнародний виставковий центр, м. Київ, 01–03 березня 2017 р., очна форма участі;

Міжнародна науково-практична конференція «Kondratyuk Innovations XX-XXI» (до 120-ї річниці з дня народження Юрія Кондратюка (Олександра Шергея)), ПолтНТУ, м. Полтава, 23–26 травня 2017 р., очна форма участі;

X Міжнародна науково-практична конференція «Проблеми й перспективи розвитку академічної та університетської науки», м. Полтава, ПолтНТУ, 6–8 грудня 2017 р., очна форма участі;

VI Міжнародна науково-технічна конференція «ПРОБЛЕМИ НАДІЙНОСТІ ТА ДОВГОВІЧНОСТІ ІНЖЕНЕРНИХ СПОРУД ТА БУДІВЕЛЬ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ», м. Харків, 19–21 квітня 2017 р., заочна форма участі;

I Міжнародна азербайджансько-українська конференція «BUILDING INNOVATIONS – 2018», м. Баку, Азербайджан, 24–25 травня 2018 р., заочна форма участі;

III Міжнародна науково-практична конференція «Архітектура: естетика + екологія + економіка», м. Полтава, 2018 р., очна форма участі;

XI Міжнародний конгрес «Інституційні та технічні аспекти реформування житлово-комунального господарства», м. Київ, 2018 р, очна форма участі;

I–III Міжнародні науково-практичні конференції «TECHNOLOGY, ENGINEERING AND SCIENCE», 2018–2020 р., очна форма участі;

III міжнародна конференція «Експлуатація та реконструкція будівель і споруд», м. Одеса, ОДАБА, 26–28 вересня 2019 р., заочна форма участі.

У повному обсязі дисертаційна робота доповідалась:

Державне підприємство «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій» (м. Київ, 2021 рік);

Одеська державна академія будівництва та архітектури (м. Одеса, 2021 рік);

Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури» (м. Дніпро, 2021 рік);

Центральноукраїнський національний технічний університет (м. Кропивницький, 2021 рік).

# ДОДАТОК Б

Таблиця Б.1

Фрагмент результату вимірювання в натурних умовах теплового потоку в розрахункових точках віконного блоку

| Дата | Час год:хв | Тепловий потік, Вт/(м2) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | A1 | A2 | A3 | A4 | A5 | A6 | A7 |
| 05.03.2019 | 14:19 | 11,82 | -10,296 | -12,028 | 5,073 | 5,46 | 13,061 | 8,768 |
| 05.03.2019 | 14:39 | 7,527 | -8,158 | -10,038 | 6,259 | 3,724 | 7,883 | 6,582 |
| 05.03.2019 | 14:59 | 9,104 | -8,865 | -11,271 | 8,187 | 7,318 | 13,163 | 8,791 |
| 05.03.2019 | 15:19 | 11,742 | -9,71 | -11,907 | 11,09 | 9,984 | 13,359 | 10,338 |
| 05.03.2019 | 15:39 | 13,676 | -10,101 | -11,069 | 13,222 | 13,548 | 13,853 | 18,624 |
| 05.03.2019 | 15:59 | 14,311 | -9,938 | -11,488 | 15,853 | 15,437 | 19,132 | 16,225 |
| 05.03.2019 | 16:19 | 17,072 | -11,1 | -13,212 | 15,671 | 18,399 | 18,371 | 21,189 |
| 05.03.2019 | 16:39 | 19,462 | -11,848 | -14,018 | 15,376 | 17,279 | 19,164 | 17,361 |
| 05.03.2019 | 16:59 | 17,977 | -11,596 | -14,477 | 19,277 | 19,305 | 20,152 | 20,392 |
| 05.03.2019 | 17:19 | 19,779 | -12,4 | -14,791 | 21,008 | 19,511 | 21,619 | 22,097 |
| 05.03.2019 | 17:39 | 22,402 | -13,213 | -16 | 23,926 | 21,232 | 26,215 | 22,294 |
| 05.03.2019 | 17:59 | 25,024 | -14,765 | -19,117 | 24,872 | 21,095 | 26,717 | 23,225 |
| 05.03.2019 | 18:19 | 27,213 | -14,895 | -17,216 | 23,352 | 23,425 | 28,349 | 25,261 |
| 05.03.2019 | 18:39 | 27,291 | -16,105 | -18,44 | 23,541 | 23,943 | 26,835 | 26,074 |
| 05.03.2019 | 18:59 | 25,744 | -14,529 | -18,835 | 23,201 | 23,144 | 27,102 | 26,224 |
| 05.03.2019 | 19:19 | 25,48 | -16,138 | -19,633 | 26,361 | 24,377 | 27,204 | 26,713 |
| 05.03.2019 | 19:39 | 25,759 | -16,228 | -19,641 | 26,436 | 24,918 | 32,153 | 24,409 |
| 05.03.2019 | 19:59 | 25,403 | -17,3 | -19,706 | 27,555 | 25,489 | 28,796 | 26,697 |
| 05.03.2019 | 20:19 | 26,834 | -17,544 | -21,099 | 26,209 | 26,509 | 29,753 | 30,675 |
| 05.03.2019 | 20:39 | 27,708 | -16,479 | -19,996 | 30,405 | 25,717 | 28,294 | 28,86 |
| 05.03.2019 | 20:59 | 27,345 | -17,69 | -21,405 | 26,875 | 24,377 | 29,926 | 28,26 |
| 05.03.2019 | 21:19 | 25,666 | -18,592 | -21,099 | 27,321 | 24,895 | 28,482 | 30,123 |
| 05.03.2019 | 21:39 | 28,281 | -16,601 | -20,616 | 26,595 | 26,692 | 27,988 | 26,074 |
| 05.03.2019 | 21:59 | 27,554 | -18,348 | -20,527 | 25,756 | 24,37 | 29,291 | 27,147 |
| 05.03.2019 | 22:19 | 25,171 | -16,415 | -19,858 | 26,988 | 25,283 | 29,314 | 29,775 |
| 05.03.2019 | 22:39 | 27,144 | -18,941 | -21,131 | 27,404 | 24,941 | 30,146 | 27,929 |
| 05.03.2019 | 22:59 | 28,204 | -17,666 | -21,357 | 27,805 | 28,139 | 33,809 | 31,014 |
| 05.03.2019 | 23:19 | 29,333 | -17,308 | -21,405 | 30,836 | 27,911 | 31,275 | 31,906 |
| 05.03.2019 | 23:39 | 28,304 | -18,657 | -23 | 27,2 | 31,063 | 33,581 | 31,346 |
| 05.03.2019 | 23:59 | 32,017 | -18,3 | -22,316 | 27,971 | 28,177 | 31,769 | 31,385 |
| 06.03.2019 | 0:19 | 29,797 | -18,901 | -23,089 | 27,903 | 29,571 | 32,984 | 31,172 |
| 06.03.2019 | 0:39 | 30,478 | -19,007 | -24,096 | 28,024 | 28,825 | 32,671 | 30,462 |
| 06.03.2019 | 0:59 | 29,046 | -19,681 | -22,622 | 30,141 | 28,558 | 34,177 | 30,304 |
| 06.03.2019 | 1:19 | 31,476 | -19,177 | -22,678 | 30,163 | 29,236 | 34,875 | 32,616 |
| 06.03.2019 | 1:39 | 31,986 | -20,729 | -24,676 | 31,872 | 30,119 | 40,46 | 33,357 |
| 06.03.2019 | 1:59 | 38,708 | -19,893 | -25,063 | 35,908 | 34,33 | 38,656 | 32,821 |
| 06.03.2019 | 2:19 | 35,327 | -20,567 | -24,499 | 33,618 | 31,802 | 35,048 | 34,187 |
| 06.03.2019 | 2:39 | 32,551 | -21,071 | -25,941 | 31,396 | 32,563 | 40,523 | 35,599 |
| 06.03.2019 | 2:59 | 35,893 | -20,729 | -25,055 | 31,282 | 30,713 | 37,071 | 33,303 |
| 06.03.2019 | 3:19 | 32,102 | -21,071 | -25,216 | 31,758 | 31,871 | 35,032 | 34,968 |
| 06.03.2019 | 3:39 | 32,782 | -20,607 | -27,174 | 32,612 | 32,838 | 39,174 | 36,349 |
| 06.03.2019 | 3:59 | 33,711 | -20,372 | -25,361 | 33,398 | 31,855 | 38,005 | 33,91 |
| 06.03.2019 | 4:19 | 34,477 | -21,209 | -25,828 | 34,124 | 33,303 | 36,154 | 33,46 |
| 06.03.2019 | 4:39 | 35,8 | -20,258 | -25,667 | 31,841 | 35,755 | 34,923 | 34,691 |
| 06.03.2019 | 4:59 | 34,879 | -20,03 | -25,933 | 32,317 | 32,99 | 36,978 | 35,978 |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 06.03.2019 | 5:19 | 31,63 | -19,974 | -26,328 | 32,234 | 32,282 | 36,515 | 37,106 |
| 06.03.2019 | 5:39 | 34,314 | -21,005 | -25,981 | 32,196 | 32,906 | 38,57 | 36,483 |
| 06.03.2019 | 5:59 | 32,396 | -22,232 | -25,909 | 34,185 | 32,587 | 36,836 | 34,068 |
| 06.03.2019 | 6:19 | 35,946 | -22,468 | -27,963 | 31,849 | 34,681 | 39,966 | 37,043 |
| 06.03.2019 | 6:39 | 33,711 | -20,892 | -26,61 | 34,102 | 32,289 | 35,056 | 35,788 |
| 06.03.2019 | 6:59 | 25,782 | -22,842 | -27,407 | 19,277 | 24,324 | 29,283 | 30,936 |
| 06.03.2019 | 7:19 | -2,406 | -29,375 | -38,477 | -22,959 | -14,812 | -3,232 | -1,168 |
| 06.03.2019 | 7:39 | -29,046 | -32,024 | -32,636 | -49,063 | -50,544 | -32,538 | -25,885 |
| 06.03.2019 | 7:59 | -42,367 | -30,261 | -25,611 | -69,896 | -73,383 | -51,952 | -39,545 |
| 06.03.2019 | 8:19 | -12,616 | -17,455 | -12,89 | -20,222 | -26,517 | -24,835 | -15,002 |
| 06.03.2019 | 8:39 | -1,214 | -20,859 | -18,014 | -18,665 | -18,666 | -4,597 | -1,618 |
| 06.03.2019 | 8:59 | -56,013 | -30,667 | -24,781 | -88,939 | -91,766 | -71,17 | -59,866 |
| 06.03.2019 | 9:19 | -69,248 | -26,637 | -23,428 | -100,922 | -98,438 | -90,279 | -76,676 |
| 06.03.2019 | 9:39 | -72,023 | -24,768 | -19,303 | -110,545 | -109,176 | -96,232 | -87,818 |
| 06.03.2019 | 9:59 | -79,381 | -21,428 | -17,772 | -111,393 | -102,52 | -92,938 | -87,336 |
| 06.03.2019 | 10:19 | -72,512 | -18,332 | -16,692 | -107,658 | -110,41 | -100,854 | -94,424 |
| 06.03.2019 | 10:39 | -65,689 | -15,797 | -14,678 | -103,984 | -103,959 | -97,309 | -92,072 |
| 06.03.2019 | 10:59 | -62,286 | -14,529 | -12,914 | -99,236 | -91,393 | -85,203 | -79,186 |
| 06.03.2019 | 11:19 | -60,367 | -14,326 | -12,245 | -92,016 | -78,355 | -77,406 | -77,117 |
| 06.03.2019 | 11:39 | -50,312 | -12,555 | -9,667 | -82,076 | -74,686 | -62,88 | -65,027 |
| 06.03.2019 | 11:59 | -47,743 | -12,108 | -8,942 | -71,355 | -61,511 | -32,083 | -61,697 |
| 06.03.2019 | 12:19 | -41,849 | -11,449 | -6,888 | -60,568 | -72,453 | -2,722 | -63,394 |
| 06.03.2019 | 12:39 | -26,107 | 18,714 | 4,528 | -30,156 | -48,198 | -11,508 | -56,268 |
| 06.03.2019 | 12:59 | -13,413 | -15,309 | -4,777 | -23,238 | -33,851 | 7,193 | -16,107 |
| 06.03.2019 | 13:19 | -11,479 | -9,824 | -4,955 | -9,82 | -31,939 | 7,68 | -31,52 |
| 06.03.2019 | 13:39 | -0,851 | 8,134 | -3,875 | -3,069 | -13,266 | 5,601 | -23,707 |
| 06.03.2019 | 13:59 | 5,91 | 4,477 | -5,825 | 2,933 | -1,927 | 7,036 | -4,538 |
| 06.03.2019 | 14:19 | 14,643 | -2,771 | -14,316 | 9,563 | 10,296 | 17,587 | 8,933 |
| 06.03.2019 | 14:39 | 12,245 | -3,819 | -11,875 | 9,933 | 9,961 | 12,127 | 8,073 |
| 06.03.2019 | 14:59 | 18,163 | -6,696 | -14,316 | 10,039 | 12,954 | 15,673 | 12,406 |
| 06.03.2019 | 15:19 | 14,527 | -9,581 | -14,952 | 10,591 | 14,104 | 15,767 | 13,881 |
| 06.03.2019 | 15:39 | 16,531 | -11,084 | -14,799 | 13,774 | 12,528 | 16,198 | 15,12 |
| 06.03.2019 | 15:59 | 16,91 | -10,994 | -15,307 | 13,381 | 15,543 | 20,779 | 18,119 |
| 06.03.2019 | 16:19 | 18,147 | -11,823 | -15,573 | 15,036 | 15,155 | 18,167 | 16,872 |
| 06.03.2019 | 16:39 | 20,832 | -11,937 | -16,33 | 15,8 | 17,539 | 19,493 | 18,443 |
| 06.03.2019 | 16:59 | 22,696 | -12,043 | -15,871 | 19,799 | 19,069 | 21,446 | 20,353 |
| 06.03.2019 | 17:19 | 22,982 | -13,457 | -16,886 | 18,763 | 18,917 | 22,379 | 21,426 |
| 06.03.2019 | 17:39 | 23,214 | -13,538 | -17,12 | 21,356 | 24,111 | 24,741 | 23,959 |
| 06.03.2019 | 17:59 | 24,916 | -13,782 | -18,159 | 22,641 | 23,212 | 25,204 | 24,906 |
| 06.03.2019 | 18:19 | 26,688 | -14,74 | -18,852 | 23,488 | 25,063 | 27,925 | 26,532 |
| 06.03.2019 | 18:39 | 25,287 | -14,74 | -19,472 | 21,197 | 27,888 | 27,98 | 26,532 |
| 06.03.2019 | 18:59 | 25,125 | -14,879 | -19,407 | 22,354 | 24,377 | 27,776 | 25,924 |
| 06.03.2019 | 19:19 | 27,507 | -15,512 | -20,036 | 23,775 | 24,088 | 28,443 | 26,721 |
| 06.03.2019 | 19:39 | 29,766 | -15,683 | -19,729 | 24,592 | 26,563 | 29,235 | 26,737 |
| 06.03.2019 | 19:59 | 30,052 | -16,236 | -20,592 | 25,211 | 26,388 | 30,867 | 27,589 |
| 06.03.2019 | 20:19 | 28,846 | -17,187 | -22,058 | 26,814 | 28,238 | 30,381 | 29,349 |
| 06.03.2019 | 20:39 | 31,344 | -17,113 | -22,01 | 27,495 | 28,474 | 31,809 | 29,025 |
| 06.03.2019 | 20:59 | 27,987 | -17,422 | -22,219 | 27,94 | 28,55 | 31,134 | 28,939 |
| 06.03.2019 | 21:19 | 29,248 | -17,568 | -22,832 | 25,098 | 27,987 | 31,032 | 31,464 |
| 06.03.2019 | 21:39 | 33,076 | -18,446 | -23,202 | 29,203 | 30,18 | 34,225 | 31,945 |
| 06.03.2019 | 21:59 | 33,076 | -18,779 | -24,306 | 29,181 | 32,282 | 35,056 | 32,703 |
| 06.03.2019 | 22:19 | 33,873 | -20,811 | -24,628 | 29,589 | 32,473 | 38,021 | 33,397 |
| 06.03.2019 | 22:39 | 32,744 | -19,819 | -24,902 | 30,738 | 32,274 | 38,17 | 33,003 |
| 06.03.2019 | 22:59 | 32,079 | -19,868 | -25,167 | 30,42 | 33,021 | 35,942 | 34,573 |
| 06.03.2019 | 23:19 | 32,961 | -19,681 | -26,118 | 30,103 | 35,176 | 38,248 | 34,384 |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 06.03.2019 | 23:39 | 35,808 | -20,949 | -25,337 | 31,244 | 33,935 | 36,522 | 34,439 |
| 06.03.2019 | 23:59 | 35,212 | -20,949 | -26,295 | 30,11 | 32,686 | 37,464 | 35,765 |
| 07.03.2019 | 0:19 | 33,812 | -21,005 | -26,723 | 30,186 | 33,021 | 35,707 | 35,331 |
| 07.03.2019 | 0:39 | 35,281 | -20,802 | -26,215 | 31,532 | 34,406 | 40,312 | 36,696 |
| 07.03.2019 | 0:59 | 34,817 | -20,575 | -27,536 | 32,598 | 36,517 | 38,24 | 37,998 |
| 07.03.2019 | 1:19 | 36,023 | -21,412 | -27,673 | 33,671 | 33,097 | 38,978 | 37,445 |
| 07.03.2019 | 1:39 | 36,325 | -21,444 | -27,472 | 32,144 | 33,546 | 37,386 | 34,061 |
| 07.03.2019 | 1:59 | 37,215 | -21,014 | -28,382 | 33,762 | 33,508 | 41,37 | 37,406 |
| 07.03.2019 | 2:19 | 38,832 | -21,355 | -29,671 | 36,937 | 34,947 | 41,872 | 34,289 |
| 07.03.2019 | 2:39 | 37,021 | -21,623 | -30,283 | 33,807 | 35,366 | 40,892 | 39,79 |
| 07.03.2019 | 2:59 | 38,035 | -22,988 | -30,791 | 35,644 | 36,98 | 40,829 | 39,261 |
| 07.03.2019 | 3:19 | 39,373 | -22,785 | -31,226 | 35,886 | 39,456 | 41,394 | 38,953 |
| 07.03.2019 | 3:39 | 39,814 | -22,167 | -30,517 | 34,366 | 37,818 | 41,174 | 39 |
| 07.03.2019 | 3:59 | 39,566 | -23,858 | -30,638 | 32,325 | 39,813 | 43,339 | 41,991 |
| 07.03.2019 | 4:19 | 39,227 | -23,508 | -30,138 | 37,156 | 39,555 | 42,28 | 39,197 |
| 07.03.2019 | 4:39 | 37,602 | -24,8 | -32,104 | 34,215 | 36,623 | 42,1 | 40,469 |
| 07.03.2019 | 4:59 | 39,783 | -24,061 | -30,944 | 35,621 | 38,778 | 40,672 | 38,535 |
| 07.03.2019 | 5:19 | 39,868 | -23,85 | -30,71 | 35,938 | 37,955 | 40,516 | 42,741 |
| 07.03.2019 | 5:39 | 37,3 | -24,102 | -31,919 | 33,217 | 39,425 | 43,677 | 40,113 |
| 07.03.2019 | 5:59 | 39,868 | -25,597 | -31,709 | 35,689 | 40,362 | 41,951 | 38,685 |
| 07.03.2019 | 6:19 | 40,255 | -24,735 | -32,725 | 36,279 | 38,442 | 43,183 | 39,174 |
| 07.03.2019 | 6:39 | 39,203 | -24,922 | -32,435 | 35,817 | 37,979 | 42,704 | 41,139 |
| 07.03.2019 | 6:59 | 25,357 | -27,222 | -35,053 | 13,456 | 26,7 | 27,651 | 36,112 |
| 07.03.2019 | 7:19 | -9,785 | -34,755 | -44,1 | -38,191 | -23,517 | -15,971 | -7,229 |
| 07.03.2019 | 7:39 | -36,287 | -36,981 | -39,612 | -65,633 | -63,688 | -49,411 | -34,786 |
| 07.03.2019 | 7:59 | -53,397 | -32,52 | -28,922 | -88,078 | -89,428 | -66,793 | -54,8 |
| 07.03.2019 | 8:19 | -60,607 | -30,814 | -21,486 | -99,947 | -99,824 | -85,973 | -65,334 |
| 07.03.2019 | 8:39 | -71,73 | -28,498 | -18,884 | -110,945 | -114,826 | -93,354 | -77,811 |
| 07.03.2019 | 8:59 | -76,689 | -27,612 | -16,217 | -115,83 | -120,994 | -108,133 | -92,482 |
| 07.03.2019 | 9:19 | -83,164 | -21,932 | -12,866 | -121,93 | -113,295 | -102,578 | -93,398 |
| 07.03.2019 | 9:39 | -83,133 | -20,502 | -11,464 | -123,238 | -120,006 | -119,641 | -101,234 |
| 07.03.2019 | 9:59 | -82,861 | -17,552 | -11,569 | -123,752 | -117,324 | -111,631 | -101,566 |
| 07.03.2019 | 10:19 | -87,402 | -18,186 | -11,464 | -121,582 | -110,5 | -107,467 | -101,408 |
| 07.03.2019 | 10:39 | -81,811 | -16,91 | -10,683 | -116,094 | -101,248 | -102,422 | -102,781 |
| 07.03.2019 | 10:59 | -78,213 | -13,253 | -10,9 | -108,814 | -91,492 | -89,008 | -87,297 |
| 07.03.2019 | 11:19 | -69,967 | -8,321 | -9,039 | -100,324 | -83,953 | -80,74 | -83,438 |
| 07.03.2019 | 11:39 | -57,312 | -9,255 | -8,507 | -84,881 | -104,439 | -57,294 | -68,373 |
| 07.03.2019 | 11:59 | -57,652 | -10,385 | -7,476 | -79,68 | -84,76 | -29,133 | -70,559 |
| 07.03.2019 | 12:19 | -40,325 | -13,448 | -6,735 | -62,096 | -64,67 | 1,224 | -49,268 |
| 07.03.2019 | 12:39 | -35,033 | -12,498 | -3,714 | -49,305 | -51,313 | 4,307 | -41,194 |
| 07.03.2019 | 12:59 | -27,422 | 8,37 | 2,022 | -29,226 | -42,943 | 1,263 | -56,536 |
| 07.03.2019 | 13:19 | -19,338 | 1,487 | -0,781 | -15,724 | -34,277 | 7,923 | -45,953 |
| 07.03.2019 | 13:39 | -1,872 | 17,162 | -1,901 | -2,971 | -11,994 | 10,315 | -36,807 |
| 07.03.2019 | 13:59 | 12,261 | 14,724 | -5,027 | 6,592 | 5,118 | 14,08 | -5,627 |
| 07.03.2019 | 14:19 | 13,777 | 3,957 | -8,773 | 9,525 | 11,971 | 17,854 | 3,962 |
| 07.03.2019 | 14:39 | 16,685 | -1,706 | -11,118 | 13,048 | 12,588 | 16,857 | 10,638 |
| 07.03.2019 | 14:59 | 18,364 | -6,33 | -12,753 | 15,588 | 15,071 | 18,685 | 14,371 |
| 07.03.2019 | 15:19 | 17,799 | -8,028 | -13,72 | 15,898 | 17,013 | 18,128 | 16,714 |
| 07.03.2019 | 15:39 | 19,47 | -10,328 | -15,371 | 16,873 | 17,219 | 20,254 | 18,624 |
| 07.03.2019 | 15:59 | 20,963 | -11,604 | -16,298 | 18,416 | 18,201 | 21,478 | 20,092 |
| 07.03.2019 | 16:19 | 22,386 | -12,14 | -17,232 | 20,834 | 19,534 | 23,682 | 20,913 |
| 07.03.2019 | 16:39 | 22,062 | -13,822 | -18,859 | 20,6 | 19,1 | 23,94 | 21,079 |
| 07.03.2019 | 16:59 | 22,309 | -12,546 | -18,207 | 22,77 | 20,615 | 22,458 | 23,107 |
| 07.03.2019 | 17:19 | 22,054 | -12,725 | -17,981 | 22,437 | 21,582 | 25,721 | 22,878 |
| 07.03.2019 | 17:39 | 22,278 | -13,237 | -17,82 | 22,301 | 21,323 | 23,266 | 23,707 |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 07.03.2019 | 17:59 | 25,705 | -13,424 | -18,288 | 23,798 | 24,872 | 26,404 | 24,164 |
| 07.03.2019 | 18:19 | 26,563 | -13,928 | -19,407 | 24,584 | 25,146 | 28,741 | 25,301 |
| 07.03.2019 | 18:39 | 26,772 | -16,853 | -19,794 | 27,169 | 26,449 | 29,275 | 25,529 |
| 07.03.2019 | 18:59 | 28,853 | -15,123 | -20,576 | 26,625 | 27,142 | 28,922 | 26,761 |
| 07.03.2019 | 19:19 | 29,101 | -16,585 | -22,356 | 27,842 | 27,522 | 31,118 | 31,125 |
| 07.03.2019 | 19:39 | 28,528 | -16,179 | -22,485 | 29,611 | 28,81 | 32,506 | 28,11 |
| 07.03.2019 | 19:59 | 30,973 | -17,511 | -22,413 | 28,341 | 27,88 | 31,463 | 35,268 |
| 07.03.2019 | 20:19 | 30,725 | -16,886 | -23,589 | 28,591 | 29,373 | 32,239 | 29,768 |
| 07.03.2019 | 20:39 | 30,749 | -17,991 | -23,428 | 31,509 | 30,485 | 33,871 | 31,985 |
| 07.03.2019 | 20:59 | 30,362 | -17,682 | -23,129 | 31,244 | 29,563 | 31,738 | 29,688 |
| 07.03.2019 | 21:19 | 29,016 | -17,227 | -23,25 | 29,135 | 27,758 | 31,809 | 29,294 |
| 07.03.2019 | 21:39 | 29,813 | -18,356 | -22,662 | 28,47 | 28,353 | 32,012 | 30,28 |
| 07.03.2019 | 21:59 | 29,658 | -19,031 | -23,113 | 27,751 | 28,825 | 31,801 | 31,685 |
| 07.03.2019 | 22:19 | 28,498 | -17,089 | -23,21 | 28,734 | 28,154 | 32,467 | 31,133 |
| 07.03.2019 | 22:39 | 28,899 | -17,584 | -23,613 | 27,631 | 28,238 | 32,938 | 30,999 |
| 07.03.2019 | 22:59 | 29,565 | -17,008 | -22,832 | 30,821 | 28,048 | 30,93 | 31,938 |
| 07.03.2019 | 23:19 | 29,604 | -18,072 | -23,564 | 28,931 | 29,99 | 31,448 | 30,588 |
| 07.03.2019 | 23:39 | 28,149 | -17,788 | -22,558 | 31,131 | 29,479 | 30,844 | 28,292 |
| 07.03.2019 | 23:59 | 28,784 | -17,666 | -23,621 | 29,498 | 29,083 | 32,844 | 29,886 |
| 08.03.2019 | 0:19 | 29,859 | -19,145 | -22,767 | 29,377 | 27,324 | 30,467 | 28,986 |
| 08.03.2019 | 0:39 | 31,344 | -17,983 | -22,163 | 30,201 | 29,647 | 31,989 | 29,704 |
| 08.03.2019 | 0:59 | 29,395 | -17,788 | -23,557 | 28,402 | 28,467 | 34,036 | 30,557 |
| 08.03.2019 | 1:19 | 30,896 | -17,373 | -22,767 | 29,468 | 28,025 | 33,314 | 32,396 |
| 08.03.2019 | 1:39 | 30,625 | -17,966 | -22,703 | 28,523 | 28,817 | 32,562 | 29,712 |
| 08.03.2019 | 1:59 | 32,249 | -18,722 | -22,533 | 29,694 | 30,858 | 34,773 | 31,338 |
| 08.03.2019 | 2:19 | 30,199 | -19,137 | -23,138 | 30,526 | 30,599 | 32,239 | 33,618 |
| 08.03.2019 | 2:39 | 32,102 | -17,877 | -24,249 | 31,69 | 32,96 | 35,314 | 31,732 |
| 08.03.2019 | 2:59 | 30,741 | -19,624 | -23,992 | 30,526 | 30,843 | 33,723 | 30,043 |
| 08.03.2019 | 3:19 | 31,042 | -18,852 | -25,812 | 29,332 | 31,817 | 33,126 | 31,567 |
| 08.03.2019 | 3:39 | 29,287 | -19,169 | -23,879 | 30,186 | 30,31 | 33,69 | 33,192 |
| 08.03.2019 | 3:59 | 30,911 | -18,657 | -24,499 | 29,543 | 30,805 | 32,263 | 32,032 |
| 08.03.2019 | 4:19 | 32,35 | -18,893 | -23,879 | 29,838 | 30,021 | 33,212 | 30,557 |
| 08.03.2019 | 4:39 | 30,4 | -18,08 | -23,992 | 29,77 | 29,015 | 31,855 | 30,28 |
| 08.03.2019 | 4:59 | 31,607 | -19,112 | -23,693 | 31,297 | 28,771 | 35,77 | 30,856 |
| 08.03.2019 | 5:19 | 31,228 | -19,226 | -23,621 | 30,753 | 29,541 | 32,601 | 32,711 |
| 08.03.2019 | 5:39 | 30,083 | -19,364 | -24,354 | 28,765 | 28,337 | 35,283 | 31,827 |
| 08.03.2019 | 5:59 | 30,803 | -18,763 | -23,959 | 30,889 | 29,868 | 33,063 | 33,413 |
| 08.03.2019 | 6:19 | 31,135 | -20,144 | -22,912 | 29,8 | 29,106 | 31,393 | 29,736 |
| 08.03.2019 | 6:39 | 30,555 | -19,112 | -23,895 | 29,611 | 28,132 | 33,519 | 31,164 |
| 08.03.2019 | 6:59 | 31,282 | -18,941 | -23,79 | 32,174 | 28,215 | 31,251 | 28,797 |
| 08.03.2019 | 7:19 | 28,234 | -18,584 | -22,799 | 29,49 | 26,951 | 32,224 | 29,499 |
| 08.03.2019 | 7:39 | 27,445 | -19,307 | -23,484 | 28,379 | 26,715 | 29,847 | 30,864 |
| 08.03.2019 | 7:59 | 26,014 | -18,706 | -22,735 | 27,585 | 27,195 | 30,31 | 27,684 |
| 08.03.2019 | 8:19 | 26,239 | -18,348 | -22,227 | 26,338 | 25,306 | 31,338 | 31,425 |
| 08.03.2019 | 8:39 | 26,865 | -19,307 | -22,3 | 24,872 | 25,664 | 27,761 | 31,985 |
| 08.03.2019 | 8:59 | 27,159 | -18,649 | -22,106 | 26,24 | 23,867 | 28,922 | 26,074 |
| 08.03.2019 | 9:19 | 25,55 | -18,324 | -22,058 | 21,288 | 22,771 | 26,804 | 26,429 |
| 08.03.2019 | 9:39 | 21,783 | -18,844 | -21,768 | 19,368 | 18,079 | 23,509 | 26,974 |
| 08.03.2019 | 9:59 | 9,646 | -22,915 | -24,346 | 1,671 | 5,727 | 13,327 | 13,945 |
| 08.03.2019 | 10:19 | -13,785 | -24,703 | -28,374 | -27,896 | -25,862 | -13,876 | -12,737 |
| 08.03.2019 | 10:39 | -28,567 | -24,142 | -23,226 | -50,566 | -63,041 | -42,343 | -38,101 |
| 08.03.2019 | 10:59 | -19,625 | -12,79 | -16,145 | -26,822 | -38,771 | -20,818 | -27,81 |
| 08.03.2019 | 11:19 | -27,995 | -22,046 | -20,366 | -42,818 | -49,158 | -31,393 | -32 |
| 08.03.2019 | 11:39 | 4,603 | -3,592 | -8,491 | 3,772 | -5,872 | 4,683 | -0,837 |
| 08.03.2019 | 11:59 | 10,868 | -6,16 | -9,079 | 10,886 | 5,727 | 11,563 | 10,78 |

| 08.03.2019 | 12:19 | 11,116 | -9,142 | -9,998 | 11,582 | 7,12 | 12,017 | 11,751 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 08.03.2019 | 12:39 | 8,958 | -9,897 | -13,212 | 5,413 | 0,091 | 9,884 | 5,572 |
| 08.03.2019 | 12:59 | 14,489 | -10,702 | -10,376 | 10,478 | 7,349 | 11,813 | 10,314 |
| 08.03.2019 | 13:19 | 11,216 | -10,507 | -11,255 | 9,971 | 8,179 | 11,492 | 13,069 |
| 08.03.2019 | 13:39 | 11,882 | -12,937 | -12,012 | 7,076 | 6,001 | 11,578 | 10,204 |
| 08.03.2019 | 13:59 | 8,904 | -11,921 | -11,69 | 5,836 | 5,339 | 9,484 | 10,812 |
| 08.03.2019 | 14:19 | 8,958 | -10,482 | -11,931 | 8,179 | 5,719 | 9,46 | 9,367 |
| 08.03.2019 | 14:39 | 10,427 | -12,603 | -11,923 | 4,558 | 5,163 | 10,268 | 9,281 |
| 08.03.2019 | 14:59 | 7,627 | -11,214 | -12,39 | 4,974 | 2,909 | 7,052 | 7,821 |
| 08.03.2019 | 15:19 | 8,138 | -10,166 | -9,813 | 7,295 | 5,3 | 8,707 | 8,428 |
| 08.03.2019 | 15:39 | 10,636 | -8,938 | -10,24 | 7,923 | 6,922 | 9,429 | 9,817 |
| 08.03.2019 | 15:59 | 12,199 | -8,451 | -10,078 | 10,425 | 8,971 | 11,554 | 12,011 |
| 08.03.2019 | 16:19 | 13,707 | -8,516 | -9,982 | 15,558 | 11,324 | 13,704 | 14,481 |
| 08.03.2019 | 16:39 | 13,986 | -8,792 | -10,199 | 14,205 | 12,71 | 15,179 | 15,373 |
| 08.03.2019 | 16:59 | 14,643 | -9,751 | -10,803 | 13,161 | 12,885 | 14,528 | 14,465 |
| 08.03.2019 | 17:19 | 15,525 | -9,345 | -10,965 | 15,263 | 13,35 | 16,175 | 16,202 |
| 08.03.2019 | 17:39 | 15,726 | -9,743 | -11,504 | 15,331 | 13,738 | 16,755 | 16,186 |
| 08.03.2019 | 17:59 | 16,028 | -9,556 | -12,197 | 16,767 | 15,421 | 16,802 | 16,896 |
| 08.03.2019 | 18:19 | 16,399 | -10,361 | -12,511 | 16,269 | 15,612 | 17,681 | 17,283 |
| 08.03.2019 | 18:39 | 17,172 | -10,889 | -12,809 | 18,173 | 16,883 | 19,893 | 19,626 |
| 08.03.2019 | 18:59 | 18,573 | -10,929 | -12,962 | 17,637 | 16,076 | 18,967 | 18,813 |
| 08.03.2019 | 19:19 | 18,031 | -10,629 | -13,236 | 15,55 | 16,906 | 19,587 | 19,011 |
| 08.03.2019 | 19:39 | 19,161 | -11,149 | -13,784 | 17,962 | 17,355 | 20,293 | 19,295 |
| 08.03.2019 | 19:59 | 18,271 | -11,888 | -13,76 | 19,308 | 16,541 | 20,136 | 18,9 |
| 08.03.2019 | 20:19 | 18,875 | -12,213 | -13,631 | 17,606 | 16,777 | 19,587 | 20,747 |
| 08.03.2019 | 20:39 | 19,168 | -12,075 | -13,768 | 19,451 | 17,599 | 19,775 | 18,735 |
| 08.03.2019 | 20:59 | 18,387 | -11,206 | -13,486 | 19,3 | 18,643 | 19,885 | 18,893 |
| 08.03.2019 | 21:19 | 18,573 | -11,482 | -14,525 | 19,111 | 17,432 | 20,395 | 21,308 |
| 08.03.2019 | 21:39 | 19,764 | -12,595 | -14,284 | 18,627 | 18,483 | 20,591 | 19,492 |
| 08.03.2019 | 21:59 | 19,207 | -11,417 | -14,896 | 18,499 | 18,475 | 21,171 | 20,747 |
| 08.03.2019 | 22:19 | 20,53 | -12,043 | -14,993 | 20,925 | 20,288 | 23,313 | 20,724 |
| 08.03.2019 | 22:39 | 20,592 | -12,352 | -15,307 | 20,563 | 19,671 | 22,184 | 19,776 |
| 08.03.2019 | 22:59 | 20,421 | -12,36 | -14,896 | 19,867 | 20,95 | 22,419 | 20,771 |
| 08.03.2019 | 23:19 | 19,733 | -12,53 | -15,605 | 21,424 | 19,404 | 22,458 | 24,701 |
| 08.03.2019 | 23:39 | 19,88 | -12,717 | -16,016 | 19,02 | 19,343 | 22,199 | 21,031 |
| 08.03.2019 | 23:59 | 20,94 | -12,555 | -15,927 | 20,819 | 19,396 | 23,101 | 21,047 |
| 09.03.2019 | 0:19 | 20,29 | -12,896 | -16,378 | 20,797 | 19,831 | 24,812 | 22,791 |
| 09.03.2019 | 0:39 | 23,841 | -13,798 | -16,37 | 22,664 | 21,658 | 23,948 | 26,366 |
| 09.03.2019 | 0:59 | 23,276 | -13,278 | -17,127 | 22,792 | 21,08 | 24,278 | 22,546 |
| 09.03.2019 | 1:19 | 21,899 | -13,392 | -16,805 | 21,719 | 20,714 | 24,513 | 22,973 |
| 09.03.2019 | 1:39 | 22,069 | -13,44 | -16,91 | 21,893 | 20,889 | 23,627 | 23,32 |
| 09.03.2019 | 1:59 | 22,34 | -13,416 | -16,29 | 21,772 | 21,285 | 23,525 | 25,987 |
| 09.03.2019 | 2:19 | 20,747 | -13,522 | -16,395 | 24,138 | 20,448 | 24,592 | 25,869 |
| 09.03.2019 | 2:39 | 23,461 | -14,034 | -17,546 | 22,981 | 20,729 | 23,956 | 23,478 |
| 09.03.2019 | 2:59 | 22,804 | -13,904 | -17,12 | 22,437 | 22,435 | 26,247 | 23,975 |
| 09.03.2019 | 3:19 | 21,76 | -14,554 | -16,886 | 22,845 | 21,537 | 25,164 | 25,577 |
| 09.03.2019 | 3:39 | 22,835 | -14,204 | -17,732 | 21,9 | 22,412 | 25,329 | 23,115 |
| 09.03.2019 | 3:59 | 22,1 | -14,31 | -17,563 | 22,929 | 23,593 | 23,195 | 22,894 |
| 09.03.2019 | 4:19 | 22,425 | -13,871 | -17,289 | 23,949 | 21,057 | 25,431 | 26,966 |
| 09.03.2019 | 4:39 | 24,049 | -15,716 | -17,039 | 24,085 | 21,727 | 25,337 | 23,454 |
| 09.03.2019 | 4:59 | 24,266 | -14,692 | -17,12 | 24,04 | 21,11 | 24,442 | 25,68 |
| 09.03.2019 | 5:19 | 22,355 | -14,017 | -17,345 | 21,56 | 21,346 | 24,293 | 24,598 |
| 09.03.2019 | 5:39 | 23,245 | -14,017 | -17,522 | 21,863 | 21,598 | 26,537 | 24,922 |
| 09.03.2019 | 5:59 | 22,216 | -13,757 | -17,039 | 23,201 | 20,92 | 25,706 | 24,109 |
| 09.03.2019 | 6:19 | 23,748 | -14,586 | -17,426 | 23,828 | 21,849 | 24,513 | 24,409 |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 09.03.2019 | 6:39 | 23,717 | -14,554 | -18,102 | 22,611 | 22,032 | 25,29 | 23,936 |
| 09.03.2019 | 6:59 | 24,15 | -15,659 | -18,787 | 23,896 | 21,902 | 25,141 | 25,246 |
| 09.03.2019 | 7:19 | 22,518 | -16,081 | -18,771 | 21,636 | 23,563 | 27,055 | 25,001 |
| 09.03.2019 | 7:39 | 21,559 | -15,651 | -18,698 | 19,995 | 19,008 | 24,152 | 22,586 |
| 09.03.2019 | 7:59 | 21,148 | -15,667 | -18,022 | 20,086 | 18,277 | 22,144 | 22,736 |
| 09.03.2019 | 8:19 | 20,035 | -15,724 | -18,062 | 19,277 | 18,193 | 22,286 | 21,718 |
| 09.03.2019 | 8:39 | 18,317 | -16,39 | -18,159 | 17,886 | 16,464 | 19,587 | 20,913 |
| 09.03.2019 | 8:59 | 16,074 | -17,438 | -18,231 | 12,473 | 12,672 | 16,3 | 17,835 |
| 09.03.2019 | 9:19 | 15,889 | -15,675 | -17,015 | 12,753 | 11,667 | 16,669 | 18,916 |
| 09.03.2019 | 9:39 | 12,771 | -16,024 | -18,11 | 9,17 | 7,836 | 12,598 | 15,136 |
| 09.03.2019 | 9:59 | 8,648 | -18,673 | -18,908 | 3,432 | 3,381 | 8,487 | 12,642 |
| 09.03.2019 | 10:19 | -6,583 | -19,413 | -21,873 | -20,283 | -19,671 | -5,86 | -3,449 |
| 09.03.2019 | 10:39 | -6,885 | -13,075 | -15,669 | -13,479 | -18,917 | -9,217 | -7,41 |
| 09.03.2019 | 10:59 | -10,025 | -16,609 | -16,685 | -22,573 | -24,461 | -10,794 | -7,26 |
| 09.03.2019 | 11:19 | -26,548 | -20,071 | -15,686 | -43,415 | -51,618 | -29,549 | -27,439 |
| 09.03.2019 | 11:39 | -17,884 | -7,029 | -6,928 | -24,319 | -33,554 | -16,904 | -22,973 |
| 09.03.2019 | 11:59 | -31,886 | -22,81 | -14,912 | -51,232 | -54,024 | -18,803 | -28,007 |
| 09.03.2019 | 12:19 | -40,882 | -20,307 | -10,272 | -56,705 | -67,656 | -8,001 | -45,172 |
| 09.03.2019 | 12:39 | -43,512 | -12,522 | -2,433 | -50,483 | -69,781 | -13,131 | -55,202 |
| 09.03.2019 | 12:59 | -30,741 | 5,063 | 4,141 | -33,724 | -44,216 | -15,045 | -45,897 |
| 09.03.2019 | 13:19 | -20,483 | 12,839 | 5,986 | -21,644 | -34,285 | -10,543 | -40,231 |
| 09.03.2019 | 13:39 | -11,711 | 11,214 | 4,109 | -15,225 | -21,826 | -7,413 | -29,681 |
| 09.03.2019 | 13:59 | -1,911 | 10,19 | 2,078 | -5,443 | -9,717 | -1,561 | -10,843 |
| 09.03.2019 | 14:19 | 2,406 | 5,184 | -0,733 | -0,832 | -1,211 | 2,039 | -4,198 |
| 09.03.2019 | 14:39 | 4,44 | 0,975 | -2,409 | 0,877 | 1,942 | 3,083 | 0,426 |
| 09.03.2019 | 14:59 | 5,469 | -1,357 | -4,81 | 4,37 | 4,425 | 5,507 | 3,315 |
| 09.03.2019 | 15:19 | 7,488 | -3,754 | -6,397 | 5,005 | 5,376 | 7,585 | 6,487 |
| 09.03.2019 | 15:39 | 9,182 | -4,12 | -6,219 | 6,91 | 6,336 | 7,201 | 7 |
| 09.03.2019 | 15:59 | 10,992 | -5,453 | -6,864 | 7,477 | 7,501 | 9,193 | 7,71 |
| 09.03.2019 | 16:19 | 12,717 | -6,476 | -8,314 | 7,265 | 7,768 | 10,064 | 9,383 |
| 09.03.2019 | 16:39 | 10,605 | -7,11 | -8,902 | 8,905 | 8,826 | 10,833 | 10,37 |
| 09.03.2019 | 16:59 | 12,609 | -6,785 | -9,635 | 10,674 | 10,433 | 12,174 | 12,035 |
| 09.03.2019 | 17:19 | 14,117 | -7,663 | -9,804 | 12,746 | 12,581 | 14,151 | 13,25 |
| 09.03.2019 | 17:39 | 15,44 | -7,614 | -10,231 | 15,445 | 13,944 | 16,818 | 15,168 |
| 09.03.2019 | 17:59 | 17,42 | -9,272 | -11,287 | 17,213 | 15,688 | 18,316 | 16,438 |
| 09.03.2019 | 18:19 | 18,255 | -8,776 | -11,883 | 17,516 | 17,188 | 18,214 | 18,08 |
| 09.03.2019 | 18:39 | 18,983 | -9,377 | -13,228 | 17,818 | 18,231 | 19,869 | 18,379 |
| 09.03.2019 | 18:59 | 20,398 | -9,906 | -13,196 | 19,61 | 19,542 | 21,093 | 18,222 |
| 09.03.2019 | 19:19 | 19,779 | -10,759 | -14,002 | 19,451 | 18,445 | 20,638 | 19,808 |
| 09.03.2019 | 19:39 | 21,102 | -11,181 | -15,436 | 20,479 | 19,831 | 23,901 | 22,12 |
| 09.03.2019 | 19:59 | 21,458 | -12,173 | -15,218 | 22,135 | 20,874 | 23,258 | 23,738 |
| 09.03.2019 | 20:19 | 21,063 | -11,864 | -15,653 | 21,197 | 21,849 | 24,725 | 20,4 |
| 09.03.2019 | 20:39 | 19,849 | -12,051 | -16,354 | 18,929 | 19,442 | 21,917 | 20,724 |
| 09.03.2019 | 20:59 | 19,803 | -12,92 | -15,903 | 21,001 | 20,615 | 21,532 | 21,836 |
| 09.03.2019 | 21:19 | 21,172 | -11,905 | -16,161 | 20,01 | 20,806 | 22,686 | 21,458 |
| 09.03.2019 | 21:39 | 21,435 | -12,774 | -17,16 | 21,659 | 21,064 | 24,278 | 24,133 |
| 09.03.2019 | 21:59 | 22,394 | -13,635 | -17,12 | 24,456 | 21,232 | 23,384 | 27,345 |
| 09.03.2019 | 22:19 | 22,657 | -14,261 | -17,305 | 23,337 | 22,435 | 25,729 | 23,043 |
| 09.03.2019 | 22:39 | 23,995 | -13,839 | -18,852 | 23,027 | 21,978 | 25,486 | 24,472 |
| 09.03.2019 | 22:59 | 23,067 | -13,416 | -18,199 | 22,361 | 23,616 | 23,956 | 22,396 |
| 09.03.2019 | 23:19 | 24,537 | -13,79 | -18,279 | 21,999 | 22,214 | 24,905 | 22,112 |
| 09.03.2019 | 23:39 | 22,959 | -13,595 | -18,328 | 22,029 | 22,664 | 24,199 | 22,775 |
| 09.03.2019 | 23:59 | 22,92 | -13,879 | -17,941 | 23,133 | 23,296 | 25,808 | 22,973 |
| 10.03.2019 | 0:19 | 23,493 | -13,099 | -18,707 | 22,165 | 23,174 | 24,333 | 22,618 |
| 10.03.2019 | 0:39 | 22,378 | -13,57 | -17,74 | 21,197 | 23,417 | 23,415 | 22,988 |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 10.03.2019 | 0:59 | 21,357 | -13,806 | -17,265 | 20,472 | 20,973 | 24,129 | 22,042 |
| 10.03.2019 | 1:19 | 22,41 | -13,904 | -17,321 | 23,17 | 20,372 | 22,842 | 22,247 |
| 10.03.2019 | 1:39 | 21,033 | -13,522 | -16,999 | 20,139 | 20,188 | 23,776 | 24,669 |
| 10.03.2019 | 1:59 | 20,723 | -12,937 | -15,976 | 22,536 | 20,44 | 22,983 | 21,41 |
| 10.03.2019 | 2:19 | 20,901 | -12,758 | -16,112 | 21,855 | 20,684 | 23,643 | 21,149 |
| 10.03.2019 | 2:39 | 21,435 | -12,774 | -16,233 | 20,721 | 20,615 | 23,431 | 23,028 |
| 10.03.2019 | 2:59 | 21,497 | -12,677 | -16,169 | 20,434 | 21,643 | 23,948 | 23,186 |
| 10.03.2019 | 3:19 | 22,116 | -12,79 | -16,257 | 21,666 | 19,716 | 23,156 | 19,934 |
| 10.03.2019 | 3:39 | 22,502 | -13,627 | -16,499 | 21,295 | 21,019 | 23,564 | 22,436 |
| 10.03.2019 | 3:59 | 22,897 | -13,359 | -16,781 | 22,981 | 22,717 | 24,239 | 23,209 |
| 10.03.2019 | 4:19 | 25,001 | -13,107 | -17,595 | 22,49 | 23,585 | 25,376 | 23,762 |
| 10.03.2019 | 4:39 | 27,422 | -14,578 | -18,215 | 23,216 | 24,56 | 27,423 | 24,511 |
| 10.03.2019 | 4:59 | 27,43 | -15,716 | -19,633 | 25,816 | 25,428 | 29,141 | 26,642 |
| 10.03.2019 | 5:19 | 28,458 | -15,772 | -19,577 | 26,822 | 25,458 | 32,318 | 27,447 |

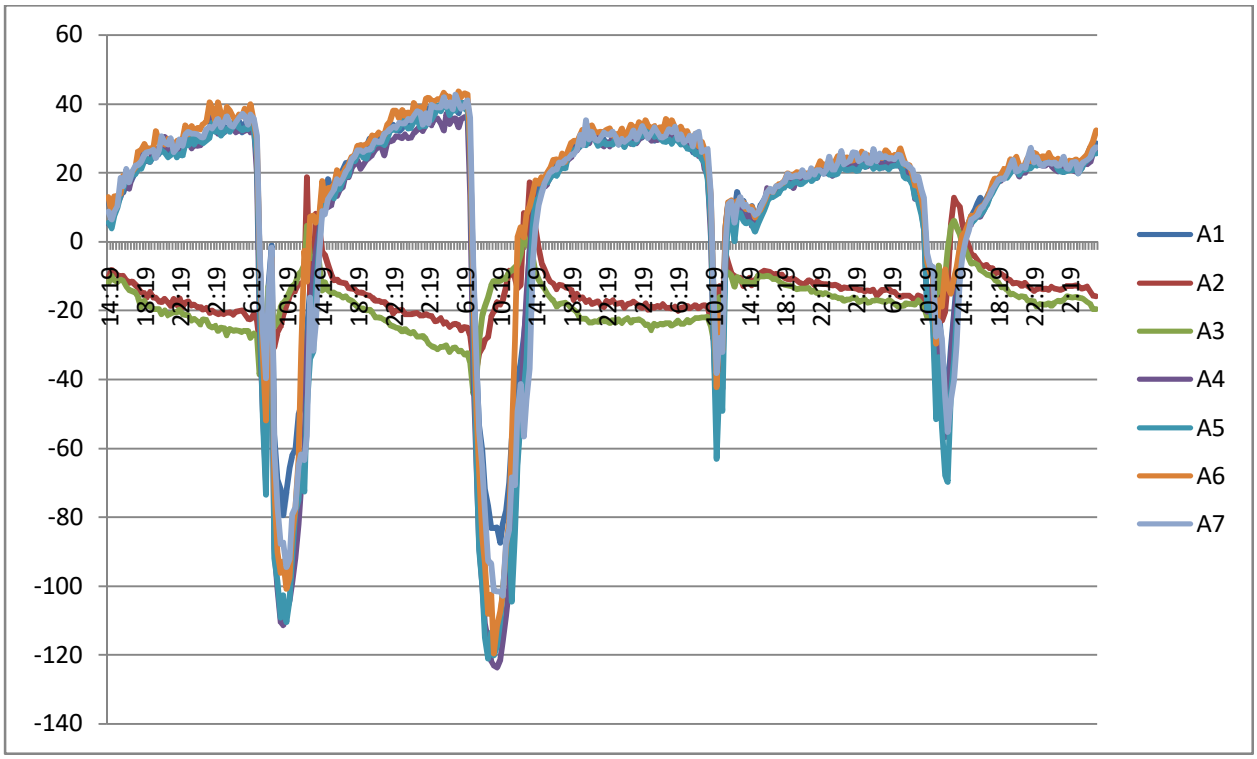



Рисунок Б.1 – Графік залежності теплового потоку в розрахункових точках віконного блоку від періоду доби протягом 5-10 березня 2019 р.

Таблиця Б.2

Фрагмент результату вимірювання в лабораторних умовах теплового потоку в розрахункових точках збірної стінової панелі

| Время | Тепловий потік, Вт/кв.м | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | q1 | q2 | q3 | q4 | q5 | q6 | q8 | q9 | q10 | q12 | q13 | q14 |
| 8:21:03 | 0,59 | 1,16 | 0,85 | 0,27 | 0,55 | 0,52 | 0,22 | 0,22 | 0,18 | 0,35 | 0,17 | 0,11 |
| 8:21:13 | 0,88 | 0,87 | 0,85 | 0,27 | 0,55 | 0,52 | 0,22 | 0,22 | 0,18 | 0,17 | 0,17 | 0,11 |
| 8:21:23 | 1,17 | 1,16 | 1,13 | 0,27 | 1,1 | 0,78 | 0,65 | 0,43 | 0,36 | 0,35 | 0,34 | 0,11 |
| 8:21:33 | 1,17 | 1,45 | 1,13 | 0,54 | 1,1 | 0,86 | 0,87 | 0,65 | 0,53 | 0,52 | 0,34 | 0,11 |
| 8:21:43 | 0,88 | 1,45 | 1,13 | 0,82 | 1,1 | 0,86 | 0,87 | 0,43 | 0,53 | 0,52 | 0,34 | 0,23 |
| 8:21:53 | 0,88 | 1,16 | 1,13 | 0,54 | 0,92 | 0,86 | 0,65 | 0,43 | 0,53 | 0,52 | 0,17 | 0,11 |
| 8:22:03 | 0,88 | 0,87 | 1,13 | 0,54 | 1,1 | 0,86 | 0,87 | 0,43 | 0,36 | 0,35 | 0,17 | 0,11 |
| 8:22:13 | 1,17 | 1,16 | 1,13 | 0,82 | 1,28 | 0,86 | 0,87 | 0,43 | 0,53 | 0,52 | 0,34 | 0,23 |
| 8:22:23 | 1,17 | 1,16 | 1,13 | 0,82 | 1,1 | 0,86 | 0,87 | 0,65 | 0,53 | 0,52 | 0,34 | 0,11 |
| 8:22:33 | 0,59 | 1,45 | 1,13 | 0,82 | 1,1 | 1,04 | 0,87 | 0,65 | 0,71 | 0,87 | 0,52 | 0,46 |
| 8:22:43 | 0,59 | 1,16 | 1,13 | 0,82 | 1,28 | 1,12 | 0,87 | 0,86 | 0,89 | 0,87 | 0,69 | 0,57 |
| 8:22:53 | 0,59 | 1,16 | 1,13 | 0,82 | 1,28 | 1,12 | 0,87 | 1,08 | 0,89 | 1,04 | 0,69 | 0,68 |
| 8:23:03 | 0,59 | 1,16 | 1,13 | 0,54 | 1,28 | 1,21 | 1,09 | 1,08 | 0,89 | 1,04 | 0,69 | 0,68 |
| 8:23:13 | 0,88 | 1,16 | 1,13 | 0,54 | 1,28 | 1,12 | 0,87 | 1,08 | 1,07 | 1,04 | 0,69 | 0,68 |
| 8:23:23 | 0,88 | 1,45 | 1,13 | 0,82 | 1,28 | 1,12 | 1,09 | 1,08 | 1,07 | 1,04 | 0,69 | 0,68 |
| 8:23:33 | 0,88 | 1,16 | 1,13 | 0,82 | 1,28 | 1,12 | 1,09 | 1,08 | 1,07 | 1,04 | 0,86 | 0,68 |
| 8:23:43 | 0,59 | 1,16 | 1,42 | 0,82 | 1,46 | 1,29 | 1,31 | 1,3 | 1,07 | 1,22 | 0,86 | 0,8 |
| 8:23:53 | 0,59 | 1,16 | 1,42 | 0,82 | 1,46 | 1,29 | 1,09 | 1,3 | 1,25 | 1,22 | 1,03 | 0,8 |
| 8:24:03 | 0,29 | 1,16 | 1,13 | 0,82 | 1,46 | 1,38 | 1,31 | 1,3 | 1,07 | 1,22 | 1,03 | 0,91 |
| 8:24:13 | 0,29 | 1,16 | 1,42 | 0,82 | 1,46 | 1,29 | 1,31 | 1,3 | 1,07 | 1,39 | 0,86 | 0,91 |
| 8:24:23 | 0,88 | 0,87 | 1,42 | 0,82 | 1,46 | 1,38 | 1,31 | 1,3 | 1,07 | 1,22 | 0,86 | 0,91 |
| 8:24:33 | 0,88 | 1,16 | 1,42 | 0,82 | 1,46 | 1,38 | 1,31 | 1,3 | 1,07 | 1,39 | 0,86 | 0,91 |
| 8:24:43 | 0,59 | 1,16 | 1,13 | 0,82 | 1,65 | 1,38 | 1,31 | 1,3 | 1,25 | 1,22 | 1,03 | 0,91 |
| 8:24:53 | 0,59 | 1,16 | 1,42 | 0,54 | 1,65 | 1,47 | 1,31 | 1,3 | 1,25 | 1,39 | 0,86 | 1,03 |
| 8:25:03 | 0,59 | 1,16 | 1,42 | 0,54 | 1,65 | 1,47 | 1,09 | 1,3 | 1,25 | 1,39 | 0,86 | 0,91 |
| 8:25:13 | 0,88 | 1,16 | 1,42 | 0,54 | 1,65 | 1,38 | 1,31 | 1,3 | 1,25 | 1,39 | 1,03 | 0,91 |
| 8:25:23 | 0,59 | 1,45 | 1,42 | 0,54 | 1,65 | 1,29 | 1,31 | 1,3 | 1,25 | 1,22 | 1,03 | 1,03 |
| 8:25:33 | 0,59 | 1,45 | 1,42 | 0,82 | 1,65 | 1,38 | 1,31 | 1,51 | 1,25 | 1,22 | 1,03 | 1,03 |
| 8:25:43 | 0,59 | 1,16 | 1,13 | 0,54 | 1,28 | 1,21 | 0,87 | 1,08 | 0,89 | 0,87 | 0,69 | 0,57 |
| 8:25:53 | 0,59 | 1,45 | 1,13 | 0,27 | 1,1 | 1,04 | 0,87 | 0,86 | 0,71 | 0,7 | 0,69 | 0,46 |
| 8:26:03 | 0,88 | 1,45 | 0,85 | 0,54 | 1,1 | 0,95 | 0,87 | 0,86 | 0,71 | 0,87 | 0,69 | 0,57 |
| 8:26:13 | 0,88 | 1,45 | 0,85 | 0,54 | 1,1 | 0,95 | 0,65 | 0,86 | 0,71 | 0,7 | 0,69 | 0,57 |
| 8:26:23 | 0,88 | 1,45 | 0,85 | 0,54 | 0,92 | 0,78 | 0,65 | 0,86 | 0,53 | 0,7 | 0,69 | 0,46 |
| 8:26:33 | 0,59 | 1,16 | 0,85 | 0,54 | 0,92 | 0,78 | 0,65 | 0,86 | 0,53 | 0,7 | 1,03 | 0,68 |
| 8:26:43 | 0,88 | 1,45 | 0,57 | 0,54 | 0,92 | 0,86 | 0,87 | 0,86 | 0,71 | 0,7 | 0,86 | 0,57 |
| 8:26:53 | 0,88 | 1,45 | 0,85 | 0,54 | 0,92 | 0,78 | 0,65 | 0,65 | 0,71 | 0,7 | 0,69 | 0,57 |
| 8:27:03 | 0,88 | 1,16 | 0,57 | 0,54 | 0,92 | 0,86 | 0,65 | 0,65 | 0,71 | 0,7 | 0,69 | 0,46 |
| 8:27:13 | 0,88 | 1,16 | 0,57 | 0,54 | 0,92 | 0,86 | 0,65 | 0,86 | 0,71 | 0,7 | 0,69 | 0,57 |
| 8:27:23 | 0,88 | 1,16 | 0,85 | 0,54 | 0,92 | 0,78 | 0,65 | 0,86 | 0,71 | 0,7 | 0,69 | 0,57 |
| 8:27:33 | 0,88 | 1,16 | 0,57 | 0,27 | 0,92 | 0,78 | 0,65 | 0,86 | 0,71 | 0,7 | 0,69 | 0,68 |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 8:27:43 | 0,29 | 0,58 | 0,57 | 0 | 0,92 | 0,78 | 0,65 | 0,86 | 0,71 | 0,7 | 0,69 | 0,57 |
| 8:27:53 | 0,88 | 1,16 | 0,57 | 0,27 | 0,92 | 0,86 | 0,65 | 0,86 | 0,71 | 0,7 | 0,69 | 0,57 |
| 8:28:03 | 0,88 | 1,45 | 0,57 | 0,54 | 0,73 | 0,86 | 0,65 | 0,86 | 0,71 | 0,7 | 0,69 | 0,57 |
| 8:28:13 | 1,17 | 0,87 | 0,85 | 0,54 | 0,92 | 0,86 | 0,87 | 0,86 | 0,53 | 0,7 | 0,69 | 0,46 |
| 8:28:23 | 0,88 | 1,16 | 0,85 | 0 | 0,92 | 0,86 | 0,65 | 0,86 | 0,71 | 0,7 | 0,69 | 0,57 |
| 8:28:33 | 0,88 | 1,45 | 1,13 | 0,27 | 0,92 | 0,86 | 0,65 | 0,86 | 0,71 | 0,87 | 0,86 | 0,68 |
| 8:28:43 | 0,88 | 1,45 | 1,13 | 0,54 | 0,92 | 0,86 | 0,65 | 0,86 | 0,71 | 0,87 | 1,03 | 0,68 |
| 8:28:53 | 0,59 | 1,16 | 1,13 | 0,54 | 0,92 | 0,86 | 0,65 | 0,86 | 0,71 | 0,87 | 0,86 | 0,57 |
| 8:29:03 | 0,59 | 0,87 | 0,85 | 0,27 | 0,73 | 0,78 | 0,87 | 0,65 | 0,71 | 0,87 | 0,69 | 0,68 |
| 8:29:13 | 0,59 | 0,87 | 0,57 | 0,27 | 0,55 | 0,6 | 0,87 | 0,65 | 0,71 | 0,87 | 0,86 | 0,68 |
| 8:29:23 | 0,59 | 1,16 | 0,85 | 0 | 0,55 | 0,69 | 0,65 | 0,86 | 0,71 | 0,87 | 0,69 | 0,57 |
| 8:29:33 | 0,59 | 1,16 | 0,85 | 0 | 0,55 | 0,78 | 0,65 | 0,86 | 0,71 | 0,87 | 0,86 | 0,57 |
| 8:29:43 | 0,59 | 1,16 | 0,57 | 0,27 | 0,92 | 0,78 | 0,65 | 0,86 | 0,71 | 0,87 | 0,69 | 0,68 |
| 8:29:53 | 0,59 | 1,16 | 0,28 | 0,27 | 0,92 | 0,86 | 0,65 | 0,86 | 0,71 | 0,87 | 0,69 | 0,57 |
| 8:30:03 | 0,88 | 1,16 | 0,57 | 0 | 0,92 | 0,86 | 0,87 | 0,86 | 0,71 | 0,87 | 0,86 | 0,8 |
| 8:30:13 | 0,88 | 0,87 | 0,57 | 0 | 0,92 | 0,95 | 0,87 | 0,86 | 0,71 | 0,7 | 0,69 | 0,57 |
| 8:30:23 | 0,59 | 0,58 | 0,57 | 0 | 0,92 | 0,95 | 0,87 | 0,86 | 0,71 | 0,87 | 0,86 | 0,68 |
| 8:30:33 | 0,29 | 0,87 | 0,57 | -0,27 | 0,92 | 0,86 | 0,65 | 0,86 | 0,71 | 0,87 | 0,69 | 0,8 |
| 8:30:43 | 0,29 | 0,58 | 0,57 | 0 | 0,92 | 0,6 | 0,65 | 0,86 | 0,71 | 0,87 | 0,69 | 0,57 |
| 8:30:53 | 0,59 | 0,58 | 0,57 | -0,27 | 0,73 | 0,6 | 0,87 | 0,86 | 0,71 | 0,7 | 0,86 | 0,68 |
| 8:31:03 | 0,29 | 0,58 | 0,57 | 0 | 0,55 | 0,6 | 0,65 | 0,65 | 0,71 | 0,7 | 0,86 | 0,57 |
| 8:31:13 | 0,59 | 1,16 | 0 | 0 | 0,73 | 0,69 | 0,65 | 0,65 | 0,71 | 0,7 | 0,69 | 0,57 |
| 8:31:23 | 0,59 | 1,16 | 0,57 | 0,27 | 0,73 | 0,78 | 0,87 | 0,65 | 0,71 | 0,7 | 0,69 | 0,57 |
| 8:31:33 | 0,59 | 0,87 | 0,28 | 0 | 0,92 | 0,86 | 0,65 | 0,86 | 0,71 | 0,87 | 0,86 | 0,57 |
| 8:31:43 | 0,59 | 0,58 | 0,57 | 0 | 0,92 | 0,86 | 0,65 | 0,86 | 0,71 | 0,87 | 0,69 | 0,68 |
| 8:31:53 | 0,59 | 0,87 | 0,57 | -0,27 | 0,92 | 0,78 | 0,87 | 0,86 | 0,89 | 0,87 | 0,69 | 0,57 |
| 8:32:03 | 0,29 | 0,58 | 0,28 | -0,27 | 0,92 | 0,95 | 0,65 | 0,86 | 0,71 | 0,87 | 0,69 | 0,57 |
| 8:32:13 | 0,59 | 0,58 | 0,57 | 0 | 0,92 | 0,95 | 0,87 | 0,86 | 0,71 | 0,87 | 0,69 | 0,68 |
| 8:32:23 | 0,59 | 0,87 | 0,57 | 0 | 0,73 | 0,26 | 0,87 | 0,86 | 0,71 | 0,87 | 0,69 | 0,8 |
| 8:32:33 | 0,88 | 0,58 | 0,57 | 0,27 | 0,55 | 0,69 | 0,87 | 0,86 | 0,71 | 0,87 | 0,86 | 0,68 |
| 8:32:43 | 0,59 | 0,58 | 0,57 | 0,27 | 0,73 | 0,78 | 0,87 | 1,08 | 0,89 | 0,87 | 1,03 | 0,68 |
| 8:32:54 | 0,59 | 0,87 | 0,85 | 0,54 | 0,92 | 0,95 | 0,65 | 0,86 | 0,89 | 0,87 | 0,86 | 0,68 |
| 8:33:04 | 0,59 | 0,58 | 0,85 | 0,54 | 1,1 | 1,04 | 0,87 | 1,08 | 0,89 | 0,87 | 1,03 | 0,8 |
| 8:33:14 | 0,88 | 1,16 | 0,85 | 0,27 | 1,1 | 1,12 | 0,87 | 1,08 | 0,89 | 1,04 | 1,2 | 1,14 |
| 8:33:24 | 1,17 | 1,16 | 0,57 | 0 | 1,1 | 0,95 | 0,87 | 1,08 | 0,89 | 1,04 | 1,03 | 1,03 |
| 8:33:34 | 1,17 | 0,87 | 0,57 | 0,27 | 1,1 | 0,86 | 0,87 | 1,08 | 0,89 | 0,87 | 0,86 | 0,8 |
| 8:33:44 | 0,88 | 0,87 | 0,85 | 0,54 | 1,1 | 0,95 | 0,87 | 1,08 | 0,89 | 0,87 | 0,86 | 0,8 |
| 8:33:54 | 0,29 | 0,87 | 0,57 | 0,54 | 0,92 | 1,04 | 0,87 | 0,86 | 0,89 | 1,04 | 1,2 | 0,8 |
| 8:34:04 | 0,88 | 1,16 | 0,57 | 0,27 | 0,92 | 0,95 | 1,09 | 1,08 | 0,89 | 1,04 | 1,2 | 0,8 |
| 8:34:14 | 0,59 | 1,16 | 0,57 | 0,27 | 0,92 | 1,12 | 0,87 | 1,08 | 1,07 | 1,04 | 1,2 | 0,91 |
| 8:34:24 | 0,29 | 0,87 | 0,57 | 0,54 | 1,28 | 1,21 | 0,87 | 1,3 | 1,07 | 1,04 | 1,38 | 1,03 |
| 8:34:34 | 0,59 | 0,87 | 0 | 0,54 | 1,28 | 1,21 | 1,09 | 1,08 | 1,07 | 1,04 | 1,38 | 0,91 |
| 8:34:44 | 0 | 0,58 | 0,57 | 0,27 | 1,28 | 1,29 | 1,09 | 1,08 | 1,07 | 1,04 | 1,03 | 0,91 |
| 8:34:54 | 0 | 0,58 | 0,57 | 0,27 | 1,28 | 1,21 | 1,09 | 1,08 | 0,89 | 1,04 | 1,03 | 0,91 |
| 8:35:04 | 0 | 1,16 | 0,28 | 0,27 | 1,28 | 1,21 | 0,87 | 1,08 | 0,89 | 1,04 | 1,2 | 0,91 |
| 8:35:14 | 0,59 | 0,87 | 0,57 | 0,27 | 1,1 | 1,29 | 0,87 | 1,08 | 1,07 | 1,04 | 1,03 | 1,37 |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 8:35:24 | 0,59 | 0,87 | 0,28 | 0,27 | 1,1 | 1,21 | 1,09 | 1,08 | 1,07 | 1,22 | 1,03 | 0,91 |
| 8:35:34 | 0,59 | 0,87 | 0,57 | 0,27 | 1,1 | 1,04 | 1,09 | 1,08 | 1,07 | 1,04 | 1,2 | 0,91 |
| 8:35:44 | 0,59 | 0,87 | 0,57 | 0,27 | 1,28 | 1,21 | 1,09 | 1,08 | 1,07 | 1,22 | 1,03 | 0,91 |
| 8:35:54 | 0,29 | 0,87 | 0,57 | 0,27 | 1,28 | 1,38 | 1,09 | 1,3 | 1,07 | 1,04 | 1,2 | 0,91 |
| 8:36:04 | 0,59 | 1,16 | 0,57 | 0,27 | 1,1 | 1,12 | 1,09 | 1,08 | 1,25 | 1,22 | 1,38 | 1,03 |
| 8:36:14 | 0,59 | 0,87 | 0,57 | 0,54 | 1,28 | 1,29 | 1,09 | 1,3 | 1,07 | 1,22 | 1,38 | 1,37 |
| 8:36:24 | 0,59 | 0,58 | 0,28 | 0,27 | 1,28 | 1,38 | 1,09 | 1,08 | 1,25 | 1,22 | 1,2 | 1,25 |
| 8:36:34 | 0,59 | 0,87 | 0,57 | 0,27 | 1,28 | 1,38 | 1,09 | 1,08 | 1,25 | 1,22 | 1,38 | 1,14 |
| 8:36:44 | 0,29 | 0,87 | 0,57 | 0,27 | 1,28 | 1,38 | 1,09 | 1,3 | 1,07 | 1,22 | 1,38 | 1,03 |
| 8:36:54 | 0,88 | 1,16 | 0,28 | 0,27 | 1,46 | 1,47 | 1,09 | 1,3 | 1,25 | 1,22 | 1,38 | 1,14 |
| 8:37:04 | 0,59 | 0,87 | 0,57 | 0,27 | 1,46 | 1,38 | 1,09 | 1,3 | 1,25 | 1,22 | 1,72 | 1,14 |
| 8:37:14 | 0,59 | 0,87 | 0,28 | 0,27 | 1,46 | 1,47 | 1,31 | 1,3 | 1,25 | 1,39 | 1,72 | 1,14 |
| 8:37:24 | 0,59 | 0,58 | 0 | 0,54 | 1,46 | 1,47 | 1,31 | 1,3 | 1,25 | 1,39 | 1,55 | 1,25 |
| 8:37:34 | 0,88 | 1,16 | 0 | 0,27 | 1,1 | 1,38 | 1,09 | 1,3 | 1,25 | 1,22 | 1,2 | 1,14 |
| 8:37:44 | 0,59 | 0,87 | 0,57 | 0,27 | 1,46 | 1,38 | 1,09 | 1,3 | 1,07 | 1,22 | 1,55 | 1,14 |
| 8:37:54 | 0,88 | 0,87 | 0 | 0,27 | 1,46 | 1,29 | 1,09 | 1,3 | 1,07 | 1,39 | 1,55 | 1,37 |
| 8:38:04 | 0,88 | 1,16 | 0,28 | 0,54 | 1,28 | 1,38 | 1,09 | 1,3 | 1,25 | 1,39 | 1,38 | 1,48 |
| 8:38:14 | 0,88 | 0,87 | 0 | 0,54 | 1,46 | 1,47 | 1,31 | 1,3 | 1,25 | 1,22 | 1,38 | 1,25 |
| 8:38:24 | 0,88 | 1,16 | 0,57 | 0 | 1,46 | 0,78 | 1,09 | 1,51 | 1,42 | 1,22 | 1,89 | 1,37 |
| 8:38:34 | 0,88 | 0,29 | 0,28 | 0,27 | 1,28 | 0,86 | 1,09 | 1,3 | 1,25 | 1,39 | 1,55 | 1,6 |
| 8:38:44 | 0 | 1,16 | 0,28 | 0,54 | 1,28 | 1,38 | 1,09 | 1,3 | 1,25 | 1,39 | 1,55 | 1,37 |
| 8:38:54 | 0,88 | 0,87 | 0,57 | 0,27 | 1,46 | 1,47 | 1,09 | 1,3 | 1,25 | 1,39 | 1,72 | 1,25 |
| 8:39:04 | 0,59 | 0,87 | 0,57 | 0,27 | 1,46 | 1,38 | 1,31 | 1,3 | 1,25 | 1,39 | 1,72 | 1,25 |
| 8:39:14 | 0,59 | 0,87 | 0 | 0,54 | 1,46 | 1,38 | 1,09 | 1,51 | 1,25 | 1,39 | 2,24 | 1,6 |
| 8:39:24 | 0,59 | 0,58 | 0,28 | 0 | 1,65 | 1,47 | 1,31 | 1,51 | 1,25 | 1,57 | 1,72 | 1,48 |
| 8:39:34 | 0,88 | 0,58 | 0,28 | 0,27 | 1,65 | 1,47 | 1,31 | 1,51 | 1,42 | 1,39 | 1,55 | 1,48 |
| 8:39:44 | 0,59 | 0,58 | 0,85 | 0,54 | 1,46 | 1,47 | 1,31 | 1,3 | 1,42 | 1,39 | 1,72 | 1,48 |
| 8:39:54 | 0,59 | 0,58 | 0,57 | 0,27 | 1,28 | 1,38 | 1,31 | 1,3 | 1,25 | 1,39 | 1,72 | 1,37 |
| 8:40:04 | 0,59 | 0,87 | 0,85 | 0,54 | 1,46 | 1,38 | 1,31 | 1,3 | 1,25 | 1,39 | 1,89 | 1,48 |
| 8:40:14 | 0,59 | 1,16 | 0,57 | 0,27 | 1,28 | 1,47 | 1,31 | 1,51 | 1,25 | 1,39 | 1,55 | 1,37 |
| 8:40:24 | 0,29 | 0,58 | 0,85 | 0,27 | 1,46 | 1,47 | 1,31 | 1,51 | 1,42 | 1,39 | 1,55 | 1,37 |
| 8:40:34 | 0,88 | 0,29 | 1,13 | 0,27 | 1,65 | 1,55 | 1,31 | 1,51 | 1,42 | 1,39 | 1,55 | 1,48 |
| 8:40:44 | 0,59 | 0,87 | 0,57 | 0,54 | 1,46 | 1,55 | 1,31 | 1,51 | 1,25 | 1,39 | 1,72 | 1,6 |
| 8:40:54 | 0,88 | 0,87 | 0,57 | 0,54 | 1,28 | 1,29 | 1,31 | 1,51 | 1,42 | 1,57 | 1,55 | 1,6 |
| 8:41:04 | 0,59 | 0,87 | 0,57 | 0,82 | 1,46 | 1,38 | 1,31 | 1,51 | 1,42 | 1,39 | 1,72 | 1,48 |
| 8:41:14 | 0,88 | 0,58 | 0,57 | 0,54 | 1,65 | 1,47 | 1,31 | 1,51 | 1,25 | 1,39 | 1,55 | 1,48 |
| 8:41:24 | 0,59 | 0,58 | 0,28 | 0,54 | 1,65 | 1,47 | 1,31 | 1,51 | 1,42 | 1,57 | 1,55 | 1,48 |
| 8:41:34 | 0,29 | 0,87 | 0,28 | 0,27 | 1,46 | 1,55 | 1,31 | 1,51 | 1,25 | 1,39 | 1,89 | 1,48 |
| 8:41:44 | 0,88 | 1,16 | 0,85 | 0,27 | 1,46 | 1,55 | 1,31 | 1,51 | 1,42 | 1,57 | 1,72 | 1,82 |
| 8:41:54 | 0,88 | 0,58 | 0,85 | 0,27 | 1,46 | 1,47 | 1,53 | 1,51 | 1,42 | 1,39 | 1,72 | 1,6 |
| 8:42:04 | 0,59 | 0,58 | 0,85 | 0,54 | 1,65 | 1,55 | 1,31 | 1,51 | 1,42 | 1,74 | 2,06 | 1,82 |
| 8:42:14 | 0,29 | 1,16 | 0,85 | 0,54 | 1,46 | 1,47 | 1,31 | 1,51 | 1,25 | 1,57 | 1,89 | 1,6 |
| 8:42:24 | 0,59 | 0,58 | 0,28 | 0,27 | 1,46 | 1,55 | 1,31 | 1,51 | 1,25 | 1,57 | 2,06 | 1,48 |
| 8:42:34 | 0,59 | 0 | 0 | 0,27 | 1,46 | 1,55 | 1,31 | 1,51 | 1,42 | 1,57 | 1,72 | 1,71 |
| 8:42:44 | 0 | 0,87 | 0,57 | 0,27 | 1,46 | 1,64 | 1,31 | 1,51 | 1,25 | 1,39 | 1,72 | 1,48 |
| 8:42:54 | 0 | 0,58 | 0,57 | 0,27 | 1,46 | 1,55 | 1,53 | 1,51 | 1,42 | 1,57 | 2,06 | 1,71 |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 8:43:04 | 0,59 | 0,58 | 0,57 | 0 | 1,65 | 1,64 | 1,53 | 1,51 | 1,25 | 1,57 | 1,89 | 1,82 |
| 8:43:14 | 0,88 | 0,58 | 0,57 | 0,27 | 1,65 | 1,55 | 1,53 | 1,51 | 1,42 | 1,57 | 1,55 | 1,6 |
| 8:43:24 | 0,88 | 0,58 | 0,57 | 0,27 | 1,65 | 1,55 | 1,53 | 1,51 | 1,42 | 1,57 | 1,72 | 1,48 |
| 8:43:34 | 0,88 | 1,16 | 0,28 | 0,27 | 1,28 | 1,29 | 1,31 | 1,73 | 1,42 | 1,57 | 1,72 | 1,6 |
| 8:43:44 | 0,88 | 0,87 | 0,28 | 0,54 | 1,1 | 1,64 | 1,31 | 1,51 | 1,25 | 1,57 | 1,89 | 1,37 |
| 8:43:54 | 0,59 | 0,58 | 0,57 | 0,27 | 1,46 | 1,55 | 1,31 | 1,51 | 1,42 | 1,57 | 1,89 | 1,6 |
| 8:44:04 | 0,29 | 0,87 | 0,57 | 0,27 | 1,65 | 1,64 | 1,53 | 1,51 | 1,42 | 1,74 | 2,24 | 2,28 |
| 8:44:14 | 0 | 0 | 0,28 | -0,54 | 1,46 | 1,55 | 1,53 | 1,3 | 1,42 | 1,57 | 2,24 | 1,82 |
| 8:44:24 | 0,59 | 0,58 | 0,57 | 0 | 1,46 | 1,64 | 1,53 | 1,51 | 1,42 | 1,57 | 1,89 | 1,71 |
| 8:44:34 | 0,59 | 0,87 | 0,28 | 0,27 | 1,28 | 1,47 | 1,31 | 1,51 | 1,42 | 1,57 | 1,55 | 1,6 |
| 8:44:44 | 0,59 | 0,87 | 0,85 | 0,54 | 1,65 | 1,64 | 1,53 | 1,51 | 1,42 | 1,57 | 2,41 | 1,6 |
| 8:44:54 | 0,88 | 1,16 | 0,85 | 0,27 | 1,65 | 1,73 | 1,53 | 1,73 | 1,42 | 1,57 | 2,58 | 1,82 |
| 8:45:04 | 0,29 | -0,29 | 0,28 | 0 | 1,65 | 1,64 | 1,53 | 1,51 | 1,42 | 1,57 | 2,41 | 1,82 |
| 8:45:14 | 0,59 | 0,58 | 0,57 | 0 | 1,1 | 1,55 | 1,53 | 1,51 | 1,6 | 1,74 | 1,89 | 1,71 |
| 8:45:24 | 0,29 | 0,29 | 0,28 | 0,27 | 1,46 | 1,73 | 1,31 | 1,51 | 1,42 | 1,57 | 2,06 | 1,6 |
| 8:45:34 | 0,29 | 1,16 | 0 | 0,54 | 1,65 | 1,55 | 1,53 | 1,51 | 1,42 | 1,74 | 2,24 | 2,39 |
| 8:45:44 | 0,59 | 0,87 | 0,28 | 0,27 | 1,46 | 1,38 | 1,53 | 1,51 | 1,42 | 1,74 | 1,72 | 1,71 |
| 8:45:54 | 0,88 | 1,16 | 0,28 | 0,54 | 1,46 | 1,55 | 1,53 | 1,51 | 1,42 | 1,57 | 2,06 | 1,71 |
| 8:46:04 | 0,29 | 0,58 | 0,57 | 0,27 | 1,83 | 1,64 | 1,53 | 1,51 | 1,42 | 1,74 | 1,72 | 2,28 |
| 8:46:14 | 0,29 | 0 | 0,57 | 0,27 | 1,65 | 1,73 | 1,53 | 1,51 | 1,42 | 1,57 | 1,55 | 1,82 |
| 8:46:24 | 0,88 | 0,87 | 0,57 | 0,27 | 1,65 | 1,73 | 1,53 | 1,51 | 1,42 | 1,57 | 2,24 | 1,71 |
| 8:46:34 | 0,59 | 0,87 | 0,57 | 0,54 | 1,65 | 1,73 | 1,53 | 1,73 | 1,42 | 1,57 | 1,89 | 1,82 |
| 8:46:44 | 0,59 | 1,16 | 0,28 | 0,54 | 1,65 | 1,73 | 1,31 | 1,73 | 1,6 | 1,57 | 2,24 | 2,17 |
| 8:46:54 | 0,59 | 1,16 | 0,85 | 0,54 | 1,65 | 1,73 | 1,53 | 1,94 | 1,42 | 1,74 | 2,06 | 1,94 |
| 8:47:04 | 0,88 | 1,16 | 0,57 | 0,54 | 1,83 | 1,73 | 1,53 | 1,73 | 1,6 | 1,74 | 2,58 | 1,6 |
| 8:47:14 | 0,88 | 0,87 | 0,28 | 0,27 | 1,65 | 1,64 | 1,53 | 1,73 | 1,42 | 1,74 | 2,24 | 2,74 |
| 8:47:24 | 0,59 | 1,16 | 0,85 | 0,27 | 1,83 | 1,73 | 1,53 | 1,73 | 1,6 | 1,91 | 1,89 | 1,94 |
| 8:47:34 | 0,88 | 1,16 | 1,13 | 0,54 | 1,83 | 1,73 | 1,53 | 1,73 | 1,42 | 1,57 | 1,72 | 1,71 |
| 8:47:44 | 0,59 | 0,87 | 0,85 | 0,54 | 1,65 | 1,64 | 1,53 | 1,73 | 1,42 | 1,57 | 1,55 | 1,71 |
| 8:47:54 | 0,59 | 1,16 | 0,57 | 0,27 | 1,65 | 1,73 | 1,31 | 1,73 | 1,42 | 1,57 | 1,55 | 1,6 |
| 8:48:04 | 0,88 | 1,16 | 0,57 | 0,27 | 1,83 | 1,73 | 1,53 | 1,73 | 1,6 | 1,74 | 1,89 | 2,28 |
| 8:48:14 | 1,17 | 0,87 | 0,28 | 0,27 | 1,65 | 1,81 | 1,53 | 1,73 | 1,42 | 1,74 | 2,41 | 2,17 |
| 8:48:24 | 0,59 | 0,58 | 1,13 | 0,54 | 1,83 | 1,73 | 1,53 | 1,73 | 1,6 | 1,74 | 1,89 | 1,82 |
| 8:48:34 | 0,59 | 0,58 | 1,13 | 0,54 | 1,65 | 1,64 | 1,53 | 1,73 | 1,6 | 1,91 | 1,89 | 1,48 |
| 8:48:44 | 0,59 | 1,16 | 0,28 | 0,82 | 1,83 | 1,73 | 1,53 | 1,51 | 1,6 | 1,57 | 1,55 | 1,71 |
| 8:48:54 | 0,88 | 0,87 | 0,57 | 0,54 | 1,65 | 1,73 | 1,53 | 1,51 | 1,42 | 1,74 | 1,72 | 1,6 |
| 8:49:04 | 0,29 | 0,87 | 1,42 | 0,27 | 1,83 | 1,81 | 1,53 | 1,51 | 1,42 | 1,57 | 1,72 | 1,37 |
| 8:49:14 | 0,88 | 1,16 | 1,13 | 0,54 | 1,83 | 1,73 | 1,74 | 1,51 | 1,6 | 1,57 | 1,89 | 1,6 |
| 8:49:24 | 0,88 | 1,16 | 0,85 | 0,54 | 1,65 | 1,73 | 1,53 | 1,73 | 1,6 | 1,74 | 2,06 | 1,71 |
| 8:49:34 | 0,88 | 1,16 | 0,85 | 0,54 | 1,65 | 1,47 | 1,53 | 1,73 | 1,6 | 1,74 | 1,72 | 1,6 |
| 8:49:44 | 0,88 | 0,58 | 0,85 | 0,27 | 1,65 | 1,64 | 1,53 | 1,73 | 1,6 | 1,74 | 2,58 | 2,39 |
| 8:49:54 | 0,59 | 0,58 | 0,85 | 0 | 1,65 | 1,73 | 1,74 | 1,73 | 1,6 | 1,91 | 3,1 | 2,05 |
| 8:50:04 | 0,88 | 1,16 | 0,85 | 0,54 | 1,83 | 1,81 | 1,53 | 1,51 | 1,6 | 1,74 | 1,89 | 1,71 |
| 8:50:14 | 0,88 | 1,16 | 0,57 | 0,27 | 1,83 | 1,47 | 1,74 | 1,73 | 1,6 | 1,74 | 1,72 | 1,71 |
| 8:50:24 | 0,88 | 1,16 | 0,85 | 0,54 | 1,46 | 1,21 | 1,53 | 1,73 | 1,6 | 1,57 | 2,24 | 1,6 |
| 8:50:34 | 1,17 | 1,45 | 1,13 | 0,82 | 1,46 | 1,64 | 1,53 | 1,73 | 1,6 | 1,74 | 2,24 | 2,51 |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 8:50:44 | 0,88 | 1,16 | 1,42 | 0,54 | 1,83 | 1,73 | 1,74 | 1,73 | 1,6 | 1,74 | 2,06 | 2,17 |
| 8:50:54 | 1,17 | 1,45 | 1,13 | 0,54 | 1,65 | 1,73 | 1,53 | 1,51 | 1,6 | 1,74 | 2,06 | 1,6 |
| 8:51:04 | 1,17 | 1,45 | 0,85 | 0,54 | 1,83 | 1,81 | 1,74 | 1,94 | 1,78 | 1,74 | 2,41 | 2,39 |
| 8:51:14 | 1,17 | 1,16 | 0,57 | 0,82 | 1,83 | 1,81 | 1,53 | 1,73 | 1,6 | 1,91 | 2,24 | 2,39 |
| 8:51:24 | 0,88 | 1,45 | 0,57 | 0,82 | 1,83 | 1,81 | 1,74 | 1,73 | 1,6 | 1,74 | 1,89 | 1,94 |
| 8:51:34 | 1,17 | 1,45 | 0,85 | 1,09 | 1,83 | 1,81 | 1,74 | 1,73 | 1,6 | 1,74 | 2,24 | 2,39 |
| 8:51:44 | 1,17 | 1,45 | 1,13 | 1,09 | 2,01 | 1,98 | 1,96 | 1,94 | 1,78 | 1,74 | 2,58 | 2,39 |
| 8:51:54 | 1,17 | 1,16 | 1,13 | 0,82 | 2,01 | 1,9 | 1,96 | 1,94 | 1,78 | 1,91 | 1,89 | 2,05 |
| 8:52:04 | 1,17 | 1,45 | 1,13 | 1,09 | 1,83 | 1,9 | 1,96 | 1,94 | 1,78 | 1,74 | 1,72 | 1,71 |
| 8:52:14 | 1,17 | 1,16 | 1,13 | 1,09 | 1,83 | 1,98 | 1,74 | 1,73 | 1,78 | 1,91 | 2,58 | 2,85 |
| 8:52:24 | 0,88 | 1,16 | 1,13 | 1,09 | 2,01 | 1,98 | 1,96 | 1,73 | 1,78 | 1,91 | 2,41 | 2,17 |
| 8:52:34 | 1,17 | 1,45 | 0,85 | 1,09 | 2,01 | 2,07 | 1,74 | 1,94 | 1,78 | 1,91 | 2,41 | 1,94 |
| 8:52:45 | 1,17 | 1,74 | 1,13 | 0,82 | 1,83 | 1,98 | 1,74 | 1,94 | 1,78 | 1,91 | 2,24 | 1,71 |
| 8:52:55 | 1,17 | 1,45 | 1,13 | 1,09 | 2,01 | 1,98 | 1,74 | 1,94 | 1,78 | 1,91 | 2,41 | 1,94 |
| 8:53:05 | 1,17 | 1,74 | 1,42 | 1,09 | 2,01 | 1,98 | 1,74 | 1,94 | 1,6 | 1,91 | 2,75 | 2,05 |
| 8:53:15 | 1,47 | 1,74 | 1,13 | 1,09 | 2,01 | 1,98 | 1,74 | 1,94 | 1,78 | 1,91 | 2,75 | 2,17 |
| 8:53:25 | 1,17 | 1,74 | 1,42 | 1,09 | 2,01 | 1,98 | 1,74 | 1,73 | 1,78 | 1,91 | 2,24 | 1,94 |
| 8:53:35 | 0,88 | 1,45 | 1,13 | 1,09 | 2,01 | 1,98 | 1,74 | 1,94 | 1,78 | 1,74 | 1,89 | 1,71 |
| 8:53:45 | 0,88 | 1,45 | 1,42 | 1,09 | 2,01 | 2,07 | 1,74 | 1,94 | 1,78 | 1,91 | 2,58 | 2,51 |
| 8:53:55 | 1,47 | 1,74 | 1,42 | 1,36 | 2,01 | 2,16 | 1,74 | 1,94 | 1,96 | 1,91 | 2,41 | 2,05 |
| 8:54:05 | 1,17 | 1,74 | 1,42 | 1,09 | 2,2 | 1,98 | 1,74 | 1,94 | 1,78 | 1,91 | 2,41 | 2,39 |
| 8:54:15 | 1,17 | 1,74 | 1,13 | 1,09 | 1,83 | 2,07 | 1,74 | 1,94 | 1,78 | 1,91 | 2,58 | 2,17 |
| 8:54:25 | 1,47 | 1,74 | 1,13 | 1,09 | 2,01 | 1,98 | 1,74 | 2,38 | 1,78 | 2,09 | 2,92 | 2,28 |
| 8:54:35 | 1,17 | 1,74 | 1,42 | 1,09 | 2,01 | 2,16 | 1,74 | 1,94 | 1,78 | 1,91 | 2,75 | 2,17 |
| 8:54:45 | 1,17 | 1,74 | 1,13 | 1,36 | 2,2 | 2,16 | 1,74 | 1,73 | 1,96 | 1,91 | 3,1 | 2,39 |
| 8:54:55 | 1,17 | 1,74 | 1,13 | 1,36 | 2,2 | 2,16 | 1,74 | 1,94 | 1,78 | 2,09 | 2,92 | 2,39 |
| 8:55:05 | 1,17 | 1,74 | 1,42 | 1,09 | 2,01 | 2,07 | 1,96 | 1,94 | 1,78 | 2,09 | 2,41 | 2,05 |
| 8:55:15 | 1,17 | 1,74 | 1,42 | 1,36 | 2,01 | 2,07 | 1,96 | 1,94 | 1,78 | 1,91 | 2,41 | 1,94 |
| 8:55:25 | 1,47 | 1,45 | 1,7 | 1,36 | 2,01 | 2,07 | 1,74 | 1,94 | 1,96 | 1,91 | 2,75 | 2,39 |
| 8:55:35 | 1,47 | 1,74 | 1,42 | 1,36 | 2,01 | 2,07 | 1,74 | 1,73 | 1,6 | 2,09 | 2,92 | 2,85 |
| 8:55:45 | 1,17 | 1,74 | 1,42 | 1,36 | 2,01 | 2,07 | 1,74 | 1,94 | 1,78 | 2,09 | 2,92 | 2,51 |
| 8:55:55 | 1,17 | 1,74 | 1,42 | 1,36 | 2,01 | 1,98 | 1,74 | 1,94 | 1,78 | 2,26 | 2,41 | 2,28 |
| 8:56:05 | 1,47 | 1,74 | 1,42 | 1,36 | 2,01 | 2,07 | 1,74 | 1,94 | 1,78 | 2,09 | 2,24 | 1,94 |
| 8:56:15 | 1,47 | 1,74 | 1,42 | 1,63 | 2,2 | 2,24 | 1,96 | 2,16 | 1,96 | 2,09 | 2,58 | 2,74 |
| 8:56:25 | 1,17 | 2,32 | 1,7 | 1,63 | 2,2 | 2,24 | 1,96 | 2,16 | 1,96 | 1,91 | 2,58 | 2,17 |
| 8:56:35 | 1,17 | 1,45 | 1,13 | 1,36 | 2,01 | 2,16 | 1,96 | 2,16 | 1,96 | 2,09 | 2,41 | 2,51 |
| 8:56:45 | 1,47 | 1,74 | 1,42 | 1,36 | 2,38 | 2,16 | 1,74 | 2,16 | 1,96 | 2,09 | 2,58 | 2,74 |
| 8:56:55 | 1,17 | 2,03 | 1,42 | 1,36 | 1,83 | 2,16 | 2,18 | 2,16 | 1,96 | 2,09 | 2,75 | 2,74 |
| 8:57:05 | 1,47 | 1,74 | 1,42 | 1,36 | 2,2 | 2,42 | 1,96 | 1,94 | 1,96 | 2,09 | 2,92 | 2,28 |
| 8:57:15 | 1,47 | 2,03 | 1,7 | 1,36 | 2,01 | 2,24 | 1,96 | 1,94 | 1,96 | 2,09 | 3,44 | 2,39 |
| 8:57:25 | 1,47 | 1,74 | 1,42 | 1,36 | 2,2 | 2,33 | 1,74 | 1,94 | 1,78 | 2,09 | 2,75 | 2,51 |
| 8:57:35 | 1,47 | 2,03 | 1,42 | 1,36 | 2,56 | 2,24 | 1,74 | 1,94 | 1,96 | 1,91 | 2,58 | 2,51 |
| 8:57:45 | 1,47 | 1,74 | 1,42 | 1,36 | 2,2 | 2,33 | 1,96 | 1,94 | 1,78 | 2,26 | 2,75 | 2,39 |
| 8:57:55 | 1,47 | 2,03 | 1,98 | 1,63 | 2,2 | 2,42 | 1,96 | 1,94 | 1,96 | 2,26 | 2,58 | 2,96 |
| 8:58:05 | 1,47 | 1,74 | 1,7 | 1,36 | 2,38 | 2,24 | 2,18 | 2,16 | 2,14 | 2,09 | 2,58 | 2,28 |
| 8:58:15 | 1,47 | 2,03 | 1,13 | 1,36 | 1,83 | 2,16 | 1,96 | 2,16 | 1,96 | 2,09 | 2,58 | 1,94 |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 8:58:25 | 1,47 | 1,74 | 1,42 | 1,36 | 2,2 | 2,42 | 1,96 | 2,16 | 2,14 | 1,91 | 2,41 | 2,05 |
| 8:58:35 | 1,17 | 2,03 | 1,98 | 1,63 | 2,2 | 2,5 | 1,96 | 2,16 | 2,14 | 2,09 | 2,58 | 2,51 |
| 8:58:45 | 1,76 | 2,03 | 1,7 | 1,63 | 2,2 | 2,33 | 1,96 | 2,16 | 1,96 | 2,09 | 4,13 | 3,08 |
| 8:58:55 | 1,76 | 2,03 | 1,7 | 1,63 | 2,2 | 2,33 | 1,96 | 2,16 | 1,96 | 2,26 | 3,1 | 2,62 |
| 8:59:05 | 1,17 | 2,03 | 1,7 | 1,36 | 2,2 | 2,42 | 1,96 | 2,16 | 1,96 | 2,26 | 2,75 | 2,17 |
| 8:59:15 | 1,47 | 2,03 | 1,7 | 1,36 | 2,38 | 2,42 | 1,96 | 2,16 | 1,96 | 2,09 | 2,58 | 2,17 |
| 8:59:25 | 1,17 | 2,03 | 1,7 | 1,36 | 2,38 | 2,33 | 1,96 | 2,16 | 1,96 | 2,26 | 2,92 | 2,17 |
| 8:59:35 | 1,47 | 2,03 | 1,7 | 1,63 | 2,2 | 2,33 | 1,96 | 1,94 | 1,96 | 2,09 | 2,41 | 2,39 |
| 8:59:45 | 1,47 | 1,74 | 1,7 | 1,63 | 2,38 | 2,24 | 1,96 | 2,16 | 1,96 | 2,09 | 2,41 | 2,17 |
| 8:59:55 | 1,17 | 1,74 | 1,7 | 1,36 | 2,2 | 2,33 | 1,96 | 2,16 | 1,96 | 2,09 | 3,27 | 2,62 |
| 9:00:05 | 1,17 | 2,03 | 1,42 | 1,36 | 2,56 | 2,24 | 1,96 | 2,16 | 2,14 | 2,61 | 3,27 | 2,62 |
| 9:00:15 | 1,17 | 2,03 | 1,7 | 1,36 | 2,2 | 2,33 | 2,18 | 2,16 | 2,14 | 2,26 | 3,1 | 2,28 |
| 9:00:25 | 1,17 | 2,03 | 1,7 | 1,36 | 2,2 | 2,24 | 1,96 | 2,38 | 1,96 | 2,26 | 2,75 | 2,28 |
| 9:00:35 | 1,47 | 2,32 | 1,7 | 1,36 | 2,38 | 2,33 | 2,18 | 1,94 | 2,14 | 2,26 | 2,58 | 2,17 |
| 9:00:45 | 1,47 | 2,03 | 1,42 | 1,36 | 2,93 | 2,5 | 2,18 | 2,16 | 1,96 | 2,09 | 3,1 | 2,05 |
| 9:00:55 | 1,47 | 2,03 | 1,98 | 1,9 | 2,38 | 2,24 | 1,96 | 2,16 | 1,96 | 2,26 | 2,92 | 2,62 |
| 9:01:05 | 1,47 | 2,03 | 1,98 | 1,9 | 2,56 | 2,5 | 1,96 | 2,16 | 1,96 | 2,26 | 2,92 | 2,62 |
| 9:01:15 | 1,47 | 2,03 | 1,98 | 1,36 | 2,38 | 2,42 | 2,18 | 2,16 | 1,96 | 2,44 | 2,75 | 2,28 |
| 9:01:25 | 1,47 | 1,74 | 1,98 | 1,36 | 2,75 | 2,59 | 1,96 | 2,16 | 2,49 | 2,26 | 3,27 | 2,39 |
| 9:01:35 | 1,47 | 2,32 | 1,98 | 1,36 | 2,38 | 2,24 | 1,96 | 2,16 | 1,96 | 2,26 | 3,27 | 2,96 |
| 9:01:45 | 1,47 | 2,32 | 1,7 | 1,36 | 2,38 | 2,33 | 2,18 | 2,16 | 2,14 | 2,26 | 2,92 | 2,51 |
| 9:01:55 | 1,47 | 2,03 | 1,7 | 1,63 | 2,38 | 2,5 | 2,18 | 2,38 | 2,31 | 2,26 | 3,27 | 2,39 |
| 9:02:05 | 1,47 | 1,74 | 1,42 | 1,36 | 2,75 | 2,76 | 2,18 | 2,38 | 2,31 | 2,44 | 3,1 | 2,39 |
| 9:02:15 | 1,17 | 1,74 | 1,98 | 1,09 | 2,56 | 2,59 | 2,4 | 2,38 | 2,14 | 2,61 | 2,92 | 2,39 |
| 9:02:25 | 1,47 | 2,03 | 1,42 | 1,09 | 2,38 | 2,59 | 1,96 | 2,16 | 2,14 | 2,26 | 2,75 | 2,62 |
| 9:02:35 | 1,47 | 2,03 | 1,42 | 1,36 | 2,38 | 2,42 | 2,18 | 2,38 | 2,14 | 2,26 | 2,58 | 2,28 |
| 9:02:45 | 1,47 | 1,74 | 2,26 | 1,63 | 2,56 | 2,5 | 2,18 | 2,16 | 1,96 | 2,26 | 2,58 | 2,28 |
| 9:02:55 | 1,76 | 2,03 | 1,7 | 1,63 | 2,38 | 2,59 | 2,18 | 2,16 | 1,96 | 2,44 | 3,1 | 2,62 |
| 9:03:05 | 1,76 | 1,45 | 1,7 | 1,36 | 2,56 | 2,5 | 2,18 | 2,16 | 2,49 | 2,26 | 2,75 | 2,28 |
| 9:03:15 | 1,76 | 2,32 | 1,42 | 1,36 | 2,2 | 2,5 | 1,96 | 2,16 | 1,96 | 2,09 | 2,92 | 2,62 |
| 9:03:25 | 1,76 | 2,03 | 1,7 | 1,36 | 2,2 | 2,24 | 1,96 | 2,16 | 1,96 | 2,44 | 3,1 | 3,42 |
| 9:03:35 | 1,17 | 1,74 | 1,7 | 1,9 | 2,38 | 2,42 | 2,18 | 2,38 | 2,14 | 2,44 | 2,92 | 3,31 |
| 9:03:45 | 1,47 | 2,03 | 1,7 | 1,63 | 2,38 | 2,42 | 2,18 | 2,16 | 2,14 | 2,26 | 3,27 | 2,39 |
| 9:03:55 | 1,76 | 2,03 | 1,42 | 1,63 | 2,01 | 2,42 | 2,18 | 2,16 | 1,96 | 2,44 | 2,58 | 2,51 |
| 9:04:05 | 1,76 | 2,03 | 1,7 | 1,63 | 2,38 | 2,5 | 1,96 | 2,16 | 2,14 | 2,44 | 3,27 | 2,96 |
| 9:04:15 | 1,47 | 2,03 | 1,7 | 1,63 | 2,38 | 2,68 | 2,18 | 2,16 | 2,31 | 2,44 | 3,61 | 2,96 |
| 9:04:25 | 1,47 | 1,74 | 1,7 | 1,63 | 2,38 | 2,5 | 2,18 | 2,16 | 2,31 | 2,44 | 3,44 | 2,96 |
| 9:04:35 | 1,76 | 2,32 | 1,98 | 1,63 | 2,38 | 2,33 | 1,96 | 2,38 | 2,31 | 2,44 | 2,58 | 2,51 |
| 9:04:45 | 1,76 | 2,32 | 1,7 | 1,36 | 2,2 | 1,98 | 2,18 | 2,38 | 2,14 | 2,44 | 2,58 | 2,51 |
| 9:04:55 | 1,76 | 2,32 | 1,7 | 1,63 | 2,38 | 2,5 | 2,18 | 2,59 | 2,14 | 2,26 | 2,58 | 2,28 |
| 9:05:05 | 2,05 | 2,03 | 2,26 | 1,63 | 2,38 | 2,42 | 2,18 | 2,38 | 2,49 | 2,44 | 2,41 | 2,28 |
| 9:05:15 | 1,47 | 2,03 | 2,26 | 1,9 | 2,93 | 2,5 | 2,18 | 2,38 | 2,14 | 2,44 | 2,92 | 2,74 |
| 9:05:25 | 1,76 | 2,32 | 1,7 | 1,63 | 2,75 | 2,5 | 2,18 | 2,16 | 2,31 | 2,61 | 2,58 | 2,39 |
| 9:05:35 | 2,05 | 2,32 | 1,7 | 1,63 | 2,93 | 2,59 | 1,96 | 2,38 | 2,14 | 2,44 | 2,75 | 2,85 |
| 9:05:45 | 1,76 | 1,74 | 1,42 | 1,36 | 2,38 | 2,42 | 1,96 | 2,38 | 2,31 | 2,26 | 2,41 | 2,39 |
| 9:05:55 | 1,76 | 2,32 | 1,42 | 1,36 | 2,38 | 2,42 | 2,18 | 2,38 | 2,14 | 2,26 | 2,58 | 2,17 |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 9:06:05 | 1,76 | 2,03 | 2,26 | 1,36 | 2,56 | 2,42 | 1,96 | 2,16 | 2,14 | 2,09 | 3,44 | 2,51 |
| 9:06:15 | 1,76 | 2,03 | 1,7 | 1,63 | 2,38 | 2,68 | 2,4 | 2,16 | 2,14 | 2,44 | 3,61 | 2,74 |
| 9:06:25 | 1,76 | 2,03 | 1,7 | 1,63 | 2,56 | 2,42 | 2,18 | 2,16 | 2,14 | 2,78 | 2,75 | 2,96 |
| 9:06:35 | 1,76 | 2,32 | 1,7 | 1,63 | 2,56 | 2,42 | 2,18 | 2,38 | 2,31 | 2,61 | 2,58 | 2,39 |
| 9:06:45 | 1,47 | 2,03 | 1,7 | 1,36 | 2,56 | 2,5 | 2,4 | 2,38 | 2,14 | 2,26 | 2,58 | 2,28 |
| 9:06:55 | 1,47 | 2,32 | 1,98 | 1,63 | 2,56 | 2,59 | 2,18 | 2,16 | 2,31 | 2,44 | 3,1 | 3,53 |
| 9:07:05 | 1,47 | 2,32 | 2,26 | 1,9 | 2,56 | 2,5 | 2,18 | 2,38 | 2,31 | 2,78 | 2,75 | 2,62 |
| 9:07:15 | 1,76 | 2,32 | 2,26 | 1,63 | 2,56 | 2,93 | 2,18 | 2,81 | 2,31 | 2,61 | 3,44 | 3,19 |
| 9:07:25 | 1,76 | 2,32 | 1,7 | 1,63 | 2,93 | 2,85 | 2,18 | 2,38 | 2,31 | 2,61 | 2,92 | 3,08 |
| 9:07:35 | 1,76 | 2,03 | 1,7 | 1,63 | 2,56 | 2,5 | 2,18 | 2,38 | 2,14 | 2,44 | 3,44 | 2,62 |
| 9:07:45 | 1,47 | 2,03 | 1,98 | 1,63 | 2,75 | 2,59 | 2,4 | 2,16 | 2,14 | 2,44 | 4,3 | 2,74 |
| 9:07:55 | 1,47 | 2,03 | 1,98 | 1,63 | 2,75 | 2,5 | 2,18 | 2,38 | 2,14 | 2,44 | 3,44 | 2,74 |
| 9:08:05 | 1,47 | 2,32 | 2,26 | 1,63 | 3,29 | 2,5 | 2,18 | 2,38 | 2,31 | 2,44 | 2,92 | 2,51 |
| 9:08:15 | 1,76 | 2,03 | 2,55 | 2,18 | 3,11 | 2,93 | 2,18 | 2,38 | 2,14 | 2,44 | 2,75 | 2,28 |
| 9:08:25 | 1,76 | 2,32 | 1,98 | 1,9 | 2,56 | 2,5 | 2,18 | 2,38 | 2,31 | 2,44 | 3,1 | 3,76 |
| 9:08:35 | 1,76 | 2,32 | 1,98 | 1,63 | 2,56 | 2,5 | 2,4 | 2,38 | 2,31 | 2,44 | 3,1 | 2,62 |
| 9:08:45 | 1,76 | 2,32 | 1,98 | 1,9 | 2,75 | 2,68 | 2,62 | 2,38 | 2,31 | 2,61 | 3,78 | 2,74 |
| 9:08:55 | 1,47 | 2,32 | 1,98 | 1,63 | 2,93 | 2,59 | 2,18 | 2,59 | 2,67 | 2,61 | 3,44 | 3,31 |
| 9:09:05 | 1,47 | 2,32 | 1,7 | 1,63 | 2,56 | 2,68 | 2,18 | 2,38 | 2,49 | 2,61 | 3,27 | 2,74 |
| 9:09:15 | 1,76 | 2,32 | 1,98 | 1,63 | 3,11 | 2,93 | 2,62 | 2,38 | 2,31 | 2,44 | 3,27 | 2,85 |
| 9:09:25 | 1,76 | 1,74 | 1,7 | 1,36 | 2,56 | 2,68 | 2,4 | 2,38 | 2,49 | 2,44 | 2,75 | 2,51 |
| 9:09:35 | 1,76 | 2,32 | 2,55 | 1,9 | 2,75 | 2,68 | 2,4 | 2,81 | 2,31 | 2,44 | 3,61 | 3,31 |
| 9:09:45 | 2,05 | 2,03 | 1,98 | 1,63 | 2,75 | 2,5 | 2,4 | 2,38 | 2,31 | 2,44 | 3,61 | 3,31 |
| 9:09:55 | 1,76 | 2,03 | 1,7 | 1,36 | 2,75 | 2,59 | 2,18 | 2,59 | 2,31 | 2,61 | 2,92 | 2,74 |
| 9:10:05 | 2,05 | 2,32 | 1,98 | 1,36 | 2,56 | 2,59 | 2,4 | 2,38 | 2,14 | 2,44 | 2,41 | 2,28 |
| 9:10:15 | 1,76 | 2,03 | 1,98 | 1,63 | 2,56 | 2,76 | 2,18 | 2,38 | 2,31 | 2,26 | 3,61 | 2,51 |
| 9:10:25 | 1,76 | 2,32 | 2,26 | 1,9 | 2,75 | 2,76 | 2,18 | 2,59 | 2,14 | 2,44 | 2,75 | 2,85 |
| 9:10:35 | 1,76 | 2,03 | 1,98 | 1,63 | 2,56 | 2,59 | 2,62 | 2,59 | 2,49 | 2,44 | 2,41 | 2,17 |
| 9:10:45 | 2,05 | 2,32 | 2,26 | 1,9 | 2,93 | 2,59 | 2,4 | 2,38 | 2,31 | 2,09 | 2,41 | 2,28 |
| 9:10:55 | 2,34 | 2,32 | 2,26 | 2,18 | 2,56 | 2,59 | 2,18 | 2,59 | 2,14 | 2,26 | 3,27 | 3,76 |
| 9:11:05 | 2,05 | 2,32 | 2,26 | 1,9 | 2,56 | 2,59 | 2,4 | 2,38 | 2,49 | 2,61 | 3,61 | 2,74 |
| 9:11:15 | 2,05 | 2,32 | 1,98 | 1,9 | 2,56 | 2,68 | 2,18 | 2,59 | 2,14 | 2,61 | 3,1 | 2,62 |
| 9:11:25 | 1,76 | 2,32 | 1,7 | 1,63 | 2,56 | 2,59 | 2,18 | 2,38 | 2,31 | 2,61 | 3,27 | 2,85 |
| 9:11:35 | 1,76 | 2,03 | 2,26 | 1,9 | 2,38 | 2,59 | 2,4 | 2,38 | 2,49 | 2,78 | 3,27 | 3,08 |
| 9:11:45 | 1,47 | 2,03 | 1,98 | 1,63 | 2,56 | 2,68 | 2,18 | 2,59 | 2,31 | 2,44 | 2,75 | 2,62 |
| 9:11:55 | 1,47 | 2,32 | 1,98 | 2,18 | 2,56 | 2,68 | 2,4 | 2,38 | 2,49 | 2,26 | 2,92 | 2,28 |
| 9:12:05 | 1,47 | 2,32 | 1,98 | 1,9 | 2,56 | 2,85 | 2,4 | 2,59 | 2,14 | 2,26 | 2,92 | 2,74 |
| 9:12:15 | 1,76 | 2,32 | 1,98 | 2,18 | 2,75 | 2,85 | 2,18 | 2,38 | 2,14 | 2,44 | 2,92 | 3,08 |
| 9:12:25 | 1,76 | 2,32 | 2,26 | 2,18 | 2,56 | 2,59 | 2,4 | 2,38 | 2,31 | 2,61 | 3,27 | 2,62 |
| 9:12:35 | 1,76 | 2,61 | 1,98 | 2,18 | 2,75 | 2,68 | 2,18 | 2,59 | 2,31 | 2,44 | 2,92 | 2,39 |
| 9:12:46 | 1,47 | 2,61 | 2,26 | 1,9 | 2,56 | 2,59 | 2,18 | 2,38 | 2,31 | 2,44 | 2,92 | 2,28 |
| 9:12:56 | 1,76 | 2,61 | 2,26 | 2,18 | 2,75 | 2,68 | 2,4 | 2,38 | 2,14 | 2,44 | 3,27 | 2,28 |
| 9:13:06 | 2,05 | 2,9 | 2,55 | 2,18 | 3,11 | 2,59 | 2,18 | 2,38 | 2,31 | 2,78 | 3,27 | 3,31 |
| 9:13:16 | 2,05 | 2,32 | 2,55 | 2,18 | 2,56 | 2,76 | 2,62 | 2,38 | 2,31 | 2,44 | 3,44 | 2,85 |
| 9:13:26 | 2,05 | 2,61 | 2,26 | 1,9 | 2,75 | 2,5 | 2,62 | 2,38 | 2,31 | 2,44 | 3,27 | 2,51 |
| 9:13:36 | 1,76 | 2,32 | 1,7 | 1,9 | 2,56 | 2,59 | 2,62 | 2,38 | 2,31 | 2,44 | 3,1 | 2,62 |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 9:13:46 | 1,76 | 2,61 | 2,26 | 1,9 | 2,56 | 2,59 | 2,4 | 2,38 | 2,31 | 2,44 | 2,92 | 3,08 |
| 9:13:56 | 2,05 | 2,32 | 2,26 | 2,18 | 2,56 | 3,02 | 2,4 | 2,38 | 2,14 | 2,44 | 3,1 | 2,74 |
| 9:14:06 | 1,76 | 2,03 | 2,26 | 1,9 | 2,56 | 2,59 | 2,4 | 2,81 | 2,31 | 2,26 | 3,44 | 2,62 |
| 9:14:16 | 1,76 | 1,74 | 2,26 | 1,63 | 2,75 | 2,59 | 2,4 | 2,38 | 2,31 | 2,26 | 2,75 | 2,51 |
| 9:14:26 | 1,47 | 2,03 | 2,55 | 1,9 | 2,56 | 2,68 | 2,4 | 2,38 | 2,14 | 2,44 | 3,44 | 4,45 |
| 9:14:36 | 1,76 | 2,32 | 1,98 | 2,18 | 2,56 | 2,68 | 2,4 | 2,38 | 2,31 | 2,44 | 2,92 | 3,42 |
| 9:14:46 | 1,76 | 2,32 | 1,98 | 1,9 | 2,75 | 2,59 | 2,83 | 2,59 | 2,31 | 2,44 | 2,58 | 2,62 |
| 9:14:56 | 1,76 | 2,32 | 1,98 | 1,9 | 2,75 | 2,68 | 2,4 | 2,59 | 2,31 | 2,44 | 2,41 | 2,96 |
| 9:15:06 | 1,47 | 2,32 | 1,98 | 1,9 | 2,56 | 2,68 | 2,4 | 2,59 | 2,31 | 2,44 | 2,58 | 2,62 |
| 9:15:16 | 1,47 | 2,32 | 1,98 | 1,9 | 2,75 | 2,68 | 2,4 | 2,59 | 2,31 | 2,44 | 3,27 | 2,62 |
| 9:15:26 | 1,47 | 2,32 | 1,98 | 1,9 | 2,75 | 2,76 | 2,18 | 2,38 | 2,49 | 2,78 | 3,61 | 3,19 |
| 9:15:36 | 1,47 | 2,61 | 2,26 | 2,18 | 2,75 | 2,68 | 2,18 | 2,59 | 2,49 | 2,44 | 2,58 | 2,74 |
| 9:15:46 | 2,05 | 2,61 | 1,98 | 1,9 | 2,75 | 2,68 | 2,62 | 2,38 | 2,31 | 2,44 | 2,75 | 2,85 |
| 9:15:56 | 1,47 | 2,32 | 1,98 | 2,18 | 2,93 | 2,68 | 2,4 | 2,59 | 2,31 | 2,61 | 3,1 | 2,96 |
| 9:16:06 | 1,76 | 2,03 | 2,26 | 2,18 | 2,75 | 2,68 | 2,4 | 2,59 | 2,31 | 2,61 | 3,27 | 2,74 |
| 9:16:16 | 1,76 | 2,61 | 1,98 | 1,9 | 2,56 | 2,59 | 2,4 | 2,38 | 2,49 | 2,78 | 3,78 | 2,74 |
| 9:16:26 | 2,05 | 2,32 | 1,98 | 2,18 | 2,75 | 2,76 | 2,4 | 2,38 | 2,49 | 2,78 | 3,1 | 2,96 |
| 9:16:36 | 1,47 | 2,32 | 2,26 | 1,9 | 3,11 | 2,76 | 2,62 | 2,38 | 2,85 | 2,44 | 3,1 | 2,62 |
| 9:16:46 | 1,76 | 2,61 | 2,26 | 1,9 | 2,75 | 2,68 | 2,4 | 2,38 | 2,31 | 2,61 | 3,96 | 3,19 |
| 9:16:56 | 2,05 | 2,61 | 1,98 | 1,9 | 2,75 | 2,68 | 2,4 | 2,59 | 2,49 | 2,61 | 3,61 | 3,53 |
| 9:17:06 | 2,05 | 2,03 | 2,26 | 1,9 | 2,93 | 2,68 | 2,62 | 2,59 | 2,49 | 2,61 | 3,27 | 3,31 |
| 9:17:16 | 2,05 | 2,32 | 1,7 | 1,63 | 2,75 | 2,85 | 2,4 | 2,59 | 2,31 | 2,44 | 3,27 | 2,74 |
| 9:17:26 | 2,05 | 2,03 | 1,7 | 1,63 | 2,56 | 2,68 | 2,18 | 2,38 | 2,31 | 2,78 | 3,27 | 3,08 |
| 9:17:36 | 1,47 | 2,61 | 1,98 | 1,9 | 2,75 | 2,59 | 2,62 | 2,59 | 2,31 | 2,78 | 3,27 | 2,51 |
| 9:17:46 | 1,76 | 2,61 | 1,7 | 1,9 | 2,75 | 2,76 | 2,4 | 2,38 | 2,31 | 2,61 | 3,61 | 3,65 |
| 9:17:56 | 1,76 | 2,61 | 1,98 | 1,63 | 2,56 | 2,76 | 2,4 | 2,59 | 2,31 | 2,96 | 3,1 | 2,96 |
| 9:18:06 | 1,47 | 2,61 | 1,98 | 1,9 | 2,93 | 2,76 | 2,18 | 2,59 | 2,49 | 2,61 | 3,1 | 2,51 |
| 9:18:16 | 1,47 | 2,32 | 1,98 | 1,9 | 2,75 | 2,76 | 2,4 | 2,59 | 2,49 | 2,78 | 2,92 | 3,08 |
| 9:18:26 | 1,76 | 2,32 | 1,98 | 1,9 | 2,56 | 3,02 | 2,4 | 2,59 | 2,31 | 2,61 | 3,44 | 2,85 |
| 9:18:36 | 2,05 | 2,03 | 1,98 | 1,9 | 2,56 | 2,68 | 2,4 | 2,81 | 2,31 | 2,61 | 3,27 | 3,19 |
| 9:18:46 | 1,76 | 2,32 | 2,26 | 1,9 | 2,93 | 2,76 | 2,4 | 2,59 | 2,49 | 2,78 | 3,78 | 2,96 |
| 9:18:56 | 2,05 | 2,61 | 1,98 | 1,9 | 2,75 | 3,11 | 2,62 | 2,59 | 2,49 | 2,61 | 3,44 | 2,51 |
| 9:19:06 | 2,05 | 2,61 | 1,98 | 1,63 | 2,93 | 2,68 | 2,4 | 2,59 | 2,31 | 2,44 | 3,27 | 2,85 |
| 9:19:16 | 2,05 | 2,32 | 1,98 | 1,9 | 2,75 | 2,68 | 2,18 | 2,38 | 2,31 | 2,61 | 3,44 | 3,31 |
| 9:19:26 | 1,76 | 2,61 | 2,26 | 2,18 | 2,75 | 2,68 | 2,62 | 2,38 | 2,49 | 2,61 | 3,44 | 3,31 |
| 9:19:36 | 1,76 | 2,32 | 2,55 | 2,18 | 2,93 | 2,68 | 2,4 | 2,59 | 2,49 | 2,61 | 3,96 | 2,74 |
| 9:19:46 | 2,05 | 2,32 | 1,98 | 1,9 | 2,56 | 2,59 | 2,4 | 2,59 | 2,49 | 2,78 | 3,44 | 2,85 |
| 9:19:56 | 2,05 | 2,9 | 1,98 | 1,9 | 2,56 | 2,85 | 2,4 | 2,59 | 2,49 | 2,61 | 3,1 | 2,74 |
| 9:20:06 | 1,76 | 2,9 | 1,98 | 1,63 | 3,11 | 2,68 | 2,4 | 2,81 | 2,31 | 2,61 | 3,78 | 3,19 |
| 9:20:16 | 1,76 | 2,61 | 1,98 | 1,9 | 2,75 | 2,85 | 2,4 | 2,59 | 2,49 | 2,61 | 2,92 | 2,62 |
| 9:20:26 | 1,76 | 2,61 | 1,98 | 1,9 | 2,93 | 2,85 | 2,4 | 2,59 | 2,49 | 2,44 | 2,75 | 2,39 |
| 9:20:36 | 1,76 | 2,9 | 2,26 | 2,18 | 2,38 | 2,42 | 2,4 | 2,59 | 2,49 | 2,61 | 3,44 | 3,65 |
| 9:20:46 | 1,76 | 2,61 | 2,26 | 2,18 | 2,75 | 2,59 | 2,62 | 2,59 | 2,31 | 2,61 | 3,27 | 2,74 |
| 9:20:56 | 2,05 | 2,61 | 1,98 | 1,9 | 2,75 | 2,85 | 2,4 | 2,59 | 2,49 | 2,61 | 3,27 | 2,74 |
| 9:21:06 | 2,05 | 2,61 | 2,26 | 1,9 | 2,56 | 2,68 | 2,4 | 2,81 | 2,49 | 2,61 | 3,27 | 2,74 |
| 9:21:16 | 1,76 | 2,61 | 2,26 | 1,9 | 2,56 | 2,85 | 2,62 | 3,02 | 2,67 | 2,61 | 3,44 | 2,85 |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 9:21:26 | 1,76 | 2,61 | 2,26 | 1,9 | 2,93 | 2,76 | 2,83 | 2,59 | 2,67 | 2,61 | 3,1 | 2,85 |
| 9:21:36 | 2,05 | 2,61 | 2,26 | 1,9 | 2,93 | 2,76 | 2,62 | 2,59 | 2,49 | 2,78 | 3,27 | 2,62 |
| 9:21:46 | 2,05 | 2,61 | 1,98 | 1,9 | 2,38 | 2,59 | 2,62 | 2,59 | 2,49 | 2,61 | 2,75 | 2,51 |
| 9:21:56 | 1,76 | 2,32 | 1,98 | 1,9 | 2,93 | 2,85 | 2,62 | 3,02 | 2,31 | 2,96 | 4,47 | 3,19 |
| 9:22:06 | 2,05 | 2,61 | 2,55 | 2,18 | 2,93 | 2,85 | 2,83 | 2,81 | 2,67 | 2,61 | 3,78 | 2,85 |
| 9:22:16 | 1,76 | 2,61 | 2,26 | 1,9 | 2,93 | 3,02 | 2,4 | 2,81 | 2,49 | 2,78 | 3,27 | 2,85 |
| 9:22:26 | 1,76 | 2,61 | 1,98 | 2,18 | 3,29 | 2,76 | 2,83 | 2,59 | 2,49 | 2,78 | 3,27 | 2,74 |
| 9:22:36 | 2,05 | 2,61 | 2,26 | 2,18 | 3,11 | 2,76 | 2,4 | 2,81 | 2,67 | 2,61 | 2,92 | 2,85 |
| 9:22:46 | 2,34 | 2,9 | 2,83 | 2,18 | 2,93 | 2,76 | 2,4 | 2,81 | 2,31 | 2,61 | 2,92 | 2,51 |
| 9:22:56 | 2,34 | 2,61 | 1,98 | 1,9 | 2,75 | 2,85 | 2,83 | 2,59 | 2,49 | 2,78 | 3,1 | 2,39 |
| 9:23:06 | 2,34 | 2,61 | 2,26 | 1,9 | 2,75 | 2,76 | 2,62 | 2,59 | 2,67 | 2,61 | 3,27 | 3,65 |
| 9:23:16 | 2,64 | 2,61 | 2,26 | 1,9 | 3,11 | 2,93 | 2,62 | 2,59 | 2,67 | 2,78 | 3,44 | 2,51 |
| 9:23:26 | 1,76 | 2,61 | 2,55 | 1,9 | 2,93 | 2,93 | 2,62 | 2,59 | 2,49 | 2,61 | 3,61 | 2,51 |
| 9:23:36 | 1,76 | 2,32 | 1,98 | 1,9 | 2,93 | 2,76 | 2,62 | 2,81 | 2,49 | 2,61 | 3,44 | 2,74 |
| 9:23:46 | 1,47 | 2,61 | 1,98 | 1,9 | 2,93 | 2,85 | 2,62 | 2,81 | 2,49 | 2,61 | 2,92 | 2,62 |
| 9:23:56 | 2,05 | 2,9 | 2,26 | 1,9 | 2,93 | 2,85 | 2,4 | 2,59 | 2,85 | 2,78 | 3,27 | 2,85 |
| 9:24:06 | 1,76 | 2,32 | 2,26 | 2,18 | 2,93 | 2,85 | 2,4 | 2,59 | 2,49 | 2,61 | 2,92 | 2,96 |
| 9:24:16 | 1,76 | 2,9 | 2,55 | 2,45 | 2,75 | 2,85 | 3,05 | 2,81 | 2,49 | 2,44 | 3,96 | 2,51 |
| 9:24:26 | 1,47 | 2,61 | 1,7 | 1,9 | 2,56 | 2,59 | 2,62 | 2,81 | 2,67 | 2,61 | 3,44 | 2,85 |
| 9:24:36 | 1,47 | 2,32 | 1,98 | 1,63 | 2,38 | 2,5 | 2,4 | 2,81 | 2,67 | 2,78 | 3,27 | 2,74 |
| 9:24:46 | 1,76 | 2,9 | 1,98 | 1,9 | 2,93 | 2,85 | 2,62 | 2,81 | 2,67 | 2,61 | 4,13 | 2,62 |
| 9:24:56 | 1,76 | 2,61 | 2,55 | 2,18 | 2,75 | 2,68 | 2,4 | 2,59 | 2,49 | 2,78 | 3,78 | 2,74 |
| 9:25:06 | 2,05 | 2,61 | 2,26 | 1,9 | 2,75 | 2,76 | 2,4 | 2,59 | 2,49 | 2,61 | 2,75 | 2,62 |
| 9:25:16 | 2,34 | 2,9 | 2,26 | 1,9 | 2,75 | 2,68 | 2,62 | 2,59 | 2,49 | 2,61 | 3,78 | 3,65 |
| 9:25:26 | 2,05 | 2,9 | 2,26 | 1,9 | 3,29 | 2,93 | 2,62 | 2,59 | 2,67 | 2,78 | 3,44 | 3,53 |
| 9:25:36 | 2,05 | 2,32 | 2,55 | 2,18 | 2,93 | 2,76 | 2,62 | 2,59 | 2,49 | 2,78 | 3,44 | 3,65 |
| 9:25:46 | 2,34 | 2,9 | 2,83 | 2,45 | 3,11 | 2,85 | 2,4 | 2,59 | 2,67 | 3,13 | 3,61 | 3,31 |
| 9:25:56 | 2,34 | 2,9 | 2,83 | 2,18 | 2,93 | 2,68 | 2,62 | 2,81 | 2,85 | 3,13 | 3,44 | 3,08 |
| 9:26:06 | 2,64 | 3,19 | 2,55 | 2,18 | 3,11 | 2,93 | 2,83 | 2,81 | 2,67 | 2,96 | 3,61 | 3,53 |
| 9:26:16 | 2,34 | 3,19 | 2,83 | 2,45 | 3,29 | 3,11 | 2,62 | 3,02 | 2,67 | 2,96 | 4,13 | 3,19 |
| 9:26:26 | 2,05 | 2,9 | 2,83 | 2,18 | 2,93 | 2,85 | 2,62 | 2,81 | 2,49 | 3,13 | 3,1 | 3,08 |
| 9:26:36 | 2,05 | 2,32 | 2,55 | 2,18 | 3,11 | 2,76 | 2,62 | 2,81 | 2,67 | 2,96 | 2,75 | 2,85 |
| 9:26:46 | 2,34 | 2,9 | 2,55 | 2,18 | 3,11 | 2,93 | 2,83 | 3,02 | 2,67 | 2,96 | 2,92 | 2,85 |
| 9:26:56 | 1,47 | 2,32 | 2,55 | 2,18 | 2,75 | 2,85 | 2,83 | 3,67 | 2,67 | 3,31 | 2,58 | 2,62 |
| 9:27:06 | 1,76 | 2,9 | 2,26 | 2,18 | 2,56 | 3,19 | 2,62 | 3,02 | 2,67 | 2,96 | 3,44 | 3,42 |
| 9:27:16 | 2,05 | 2,9 | 2,26 | 1,9 | 2,93 | 2,85 | 2,62 | 2,81 | 2,67 | 2,96 | 3,96 | 3,76 |
| 9:27:26 | 1,76 | 2,61 | 2,26 | 2,18 | 2,56 | 2,68 | 2,62 | 2,81 | 3,03 | 3,65 | 3,96 | 3,65 |
| 9:27:36 | 2,34 | 3,19 | 2,55 | 2,18 | 2,93 | 3,11 | 2,62 | 3,46 | 3,03 | 2,96 | 4,47 | 3,08 |
| 9:27:46 | 2,34 | 3,48 | 2,55 | 2,18 | 2,93 | 2,76 | 2,62 | 3,02 | 3,03 | 3,31 | 3,61 | 4,1 |
| 9:27:56 | 2,64 | 3,19 | 2,55 | 2,18 | 2,56 | 2,59 | 2,62 | 3,24 | 3,03 | 3,31 | 3,27 | 3,08 |
| 9:28:06 | 2,64 | 3,19 | 2,83 | 2,45 | 3,11 | 3,02 | 2,83 | 3,02 | 2,85 | 3,48 | 4,3 | 3,42 |
| 9:28:16 | 2,64 | 2,9 | 2,55 | 2,45 | 3,11 | 3,19 | 2,62 | 3,02 | 2,85 | 3,13 | 4,13 | 3,65 |
| 9:28:26 | 2,34 | 2,9 | 2,26 | 2,18 | 3,66 | 3,11 | 2,83 | 3,24 | 3,2 | 3,31 | 4,47 | 3,31 |
| 9:28:36 | 2,05 | 2,9 | 2,55 | 2,18 | 2,93 | 3,11 | 2,62 | 3,02 | 3,2 | 3,48 | 3,96 | 3,53 |
| 9:28:46 | 2,34 | 3,19 | 2,26 | 2,18 | 3,11 | 3,11 | 2,83 | 3,02 | 2,85 | 3,31 | 3,61 | 3,19 |
| 9:28:56 | 2,05 | 2,61 | 2,55 | 2,45 | 3,29 | 3,28 | 2,83 | 3,46 | 3,03 | 3,31 | 3,44 | 3,08 |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 9:29:06 | 2,34 | 2,61 | 3,4 | 2,72 | 3,29 | 3,37 | 2,83 | 3,24 | 2,85 | 3,31 | 3,44 | 2,96 |
| 9:29:16 | 2,34 | 3,19 | 2,55 | 1,9 | 3,29 | 3,11 | 2,62 | 3,24 | 2,85 | 3,13 | 3,27 | 2,85 |
| 9:29:26 | 2,34 | 3,19 | 2,83 | 1,9 | 3,11 | 2,76 | 2,62 | 3,24 | 2,85 | 2,96 | 3,27 | 3,08 |
| 9:29:36 | 2,34 | 2,9 | 2,55 | 1,9 | 2,93 | 2,76 | 2,83 | 3,02 | 3,2 | 3,13 | 3,1 | 2,85 |
| 9:29:46 | 2,05 | 2,9 | 2,83 | 2,18 | 2,93 | 2,93 | 2,62 | 3,02 | 2,67 | 2,96 | 2,92 | 2,39 |
| 9:29:56 | 2,05 | 3,19 | 2,83 | 2,45 | 2,93 | 3,02 | 2,62 | 3,02 | 2,67 | 2,78 | 3,44 | 2,62 |
| 9:30:06 | 2,05 | 3,48 | 3,11 | 2,18 | 2,93 | 3,02 | 2,62 | 3,02 | 2,67 | 3,31 | 4,13 | 3,19 |
| 9:30:16 | 2,05 | 3,19 | 3,11 | 2,72 | 2,93 | 3,11 | 2,83 | 3,24 | 2,85 | 3,48 | 4,3 | 3,65 |
| 9:30:26 | 2,34 | 3,19 | 2,83 | 2,45 | 2,93 | 3,11 | 2,83 | 3,24 | 3,38 | 3,48 | 4,3 | 4,45 |
| 9:30:36 | 2,64 | 3,19 | 2,55 | 2,72 | 3,11 | 3,02 | 2,83 | 3,24 | 3,03 | 3,48 | 3,27 | 3,31 |
| 9:30:46 | 2,64 | 3,48 | 2,83 | 2,45 | 3,11 | 2,68 | 3,05 | 3,24 | 3,56 | 3,31 | 2,92 | 3,08 |
| 9:30:56 | 2,64 | 3,48 | 2,83 | 2,45 | 2,93 | 2,93 | 2,83 | 3,24 | 3,03 | 3,13 | 4,3 | 2,96 |
| 9:31:06 | 2,93 | 3,19 | 2,55 | 2,45 | 3,11 | 3,19 | 2,83 | 3,24 | 2,85 | 3,48 | 4,47 | 3,53 |
| 9:31:16 | 2,64 | 3,19 | 2,83 | 2,45 | 2,75 | 3,19 | 2,83 | 3,24 | 3,2 | 3,31 | 3,44 | 3,42 |
| 9:31:26 | 2,34 | 2,9 | 2,55 | 2,45 | 3,11 | 3,37 | 2,83 | 3,24 | 3,2 | 3,48 | 3,61 | 3,99 |
| 9:31:36 | 2,34 | 2,9 | 2,55 | 2,18 | 3,11 | 3,54 | 2,62 | 3,24 | 3,03 | 3,31 | 3,44 | 3,08 |
| 9:31:46 | 2,34 | 2,61 | 2,83 | 2,45 | 3,29 | 3,37 | 3,05 | 3,02 | 2,85 | 3,31 | 3,27 | 2,85 |
| 9:31:56 | 2,93 | 3,19 | 3,4 | 2,18 | 3,29 | 3,19 | 3,49 | 3,46 | 3,2 | 3,65 | 3,27 | 3,19 |
| 9:33:44 | 2,05 | 2,9 | 3,11 | 2,18 | 3,11 | 3,19 | 3,05 | 3,46 | 3,2 | 3,31 | 3,27 | 2,85 |
| 9:33:54 | 2,05 | 3,19 | 3,11 | 1,9 | 3,29 | 3,11 | 2,83 | 3,24 | 3,03 | 3,31 | 3,1 | 2,74 |
| 9:34:04 | 2,34 | 3,48 | 3,11 | 2,18 | 3,11 | 3,45 | 3,05 | 3,24 | 3,2 | 3,31 | 3,1 | 2,74 |
| 9:34:14 | 2,64 | 3,19 | 3,11 | 2,45 | 3,48 | 3,45 | 3,27 | 3,89 | 3,38 | 3,48 | 3,1 | 2,85 |
| 9:34:24 | 2,34 | 3,77 | 2,26 | 1,9 | 2,75 | 2,85 | 2,62 | 3,02 | 2,67 | 2,78 | 2,75 | 2,28 |
| 9:34:34 | 2,34 | 3,77 | 2,55 | 2,18 | 2,56 | 2,85 | 2,62 | 3,02 | 2,67 | 2,78 | 2,92 | 2,62 |
| 9:34:44 | 2,64 | 3,48 | 2,83 | 1,9 | 2,75 | 2,59 | 2,62 | 3,02 | 2,67 | 2,96 | 3,1 | 2,51 |
| 9:34:54 | 2,64 | 3,48 | 2,55 | 2,18 | 2,75 | 2,76 | 2,62 | 3,02 | 2,67 | 2,96 | 2,92 | 2,74 |
| 9:35:04 | 2,64 | 3,48 | 2,55 | 2,18 | 2,75 | 3,11 | 2,83 | 3,02 | 2,67 | 2,96 | 2,92 | 2,39 |
| 9:35:14 | 2,64 | 3,19 | 2,83 | 2,45 | 2,93 | 3,02 | 2,83 | 3,02 | 2,85 | 2,96 | 2,75 | 2,39 |
| 9:35:24 | 2,64 | 3,48 | 2,83 | 2,45 | 2,93 | 3,02 | 2,62 | 3,24 | 2,67 | 2,96 | 2,58 | 2,17 |
| 9:35:34 | 2,93 | 3,48 | 2,55 | 2,18 | 2,93 | 2,93 | 2,83 | 3,24 | 2,67 | 2,78 | 2,58 | 2,39 |
| 9:35:44 | 2,64 | 3,48 | 2,55 | 2,18 | 2,75 | 2,76 | 2,83 | 3,02 | 2,67 | 2,78 | 2,75 | 2,17 |
| 9:35:54 | 2,64 | 3,48 | 2,55 | 2,18 | 2,93 | 2,85 | 2,83 | 3,02 | 2,67 | 2,96 | 2,75 | 2,28 |
| 9:36:04 | 2,93 | 3,48 | 2,83 | 2,45 | 2,75 | 2,85 | 2,83 | 3,24 | 2,67 | 2,78 | 2,75 | 2,17 |
| 9:36:14 | 2,64 | 3,48 | 2,55 | 2,18 | 2,75 | 3,02 | 2,62 | 3,24 | 2,67 | 2,96 | 2,58 | 2,28 |
| 9:36:24 | 2,34 | 3,48 | 2,55 | 1,9 | 2,93 | 3,11 | 2,62 | 3,24 | 2,67 | 2,96 | 2,41 | 2,05 |
| 9:36:34 | 2,64 | 3,48 | 2,55 | 2,18 | 2,93 | 3,11 | 2,83 | 3,02 | 2,85 | 2,78 | 2,58 | 2,05 |
| 9:36:44 | 2,34 | 3,48 | 2,55 | 2,18 | 2,75 | 3,02 | 2,83 | 3,02 | 2,85 | 2,96 | 2,41 | 2,05 |
| 9:36:54 | 2,34 | 3,19 | 2,55 | 2,18 | 2,93 | 3,02 | 2,83 | 3,02 | 2,67 | 2,78 | 2,58 | 2,17 |
| 9:37:04 | 2,34 | 3,48 | 2,55 | 2,18 | 2,93 | 2,93 | 2,62 | 3,02 | 2,85 | 2,96 | 2,58 | 2,05 |
| 9:37:14 | 2,64 | 3,48 | 2,55 | 1,9 | 2,75 | 2,76 | 2,62 | 3,02 | 2,67 | 2,78 | 2,58 | 2,05 |
| 9:37:24 | 2,34 | 3,19 | 2,55 | 1,9 | 2,75 | 2,76 | 2,83 | 3,02 | 2,67 | 2,78 | 2,41 | 1,94 |
| 9:37:34 | 2,34 | 3,48 | 2,55 | 2,18 | 2,93 | 2,93 | 2,83 | 3,02 | 2,67 | 2,96 | 2,24 | 1,94 |
| 9:37:44 | 2,34 | 3,19 | 2,55 | 1,9 | 2,93 | 3,11 | 2,83 | 3,02 | 2,67 | 2,78 | 2,41 | 2,05 |
| 9:37:54 | 2,64 | 3,19 | 2,55 | 1,9 | 2,75 | 3,02 | 2,83 | 3,02 | 2,67 | 2,96 | 2,58 | 2,05 |
| 9:38:04 | 2,34 | 3,48 | 2,55 | 1,9 | 2,75 | 3,02 | 2,62 | 3,24 | 2,67 | 2,78 | 2,58 | 2,17 |
| 9:38:14 | 2,64 | 3,48 | 2,55 | 1,9 | 2,75 | 2,93 | 2,83 | 3,02 | 2,67 | 2,78 | 2,41 | 2,05 |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 9:38:24 | 2,64 | 3,48 | 2,55 | 1,9 | 2,93 | 2,93 | 2,62 | 3,02 | 2,67 | 2,78 | 2,58 | 2,17 |
| 9:38:34 | 2,64 | 3,48 | 2,55 | 1,9 | 2,93 | 3,11 | 2,83 | 3,24 | 2,67 | 2,78 | 2,58 | 2,17 |
| 9:38:44 | 2,34 | 3,19 | 2,26 | 1,63 | 2,93 | 3,11 | 2,62 | 3,24 | 2,85 | 2,78 | 2,41 | 1,94 |
| 9:38:54 | 2,34 | 3,48 | 2,55 | 2,18 | 2,75 | 3,11 | 2,62 | 3,24 | 2,67 | 2,96 | 2,58 | 1,94 |
| 9:39:04 | 2,34 | 3,48 | 2,55 | 2,18 | 2,93 | 3,02 | 2,62 | 3,24 | 2,67 | 2,78 | 2,58 | 1,94 |
| 9:39:14 | 2,34 | 3,48 | 2,55 | 1,9 | 2,93 | 3,02 | 2,62 | 3,24 | 2,85 | 2,78 | 2,58 | 2,05 |
| 9:39:24 | 2,34 | 3,48 | 2,55 | 1,9 | 2,93 | 3,02 | 2,62 | 3,24 | 2,67 | 2,96 | 2,58 | 2,05 |
| 9:39:34 | 2,64 | 3,48 | 2,26 | 1,9 | 2,93 | 3,02 | 2,62 | 3,24 | 2,85 | 2,96 | 2,58 | 2,05 |
| 9:39:44 | 2,64 | 3,48 | 2,55 | 2,18 | 2,75 | 3,02 | 2,83 | 3,24 | 2,85 | 2,96 | 2,58 | 2,05 |
| 9:39:54 | 2,64 | 3,48 | 2,55 | 2,18 | 2,93 | 3,02 | 2,83 | 3,24 | 2,85 | 3,13 | 2,58 | 2,05 |
| 9:40:04 | 2,34 | 3,48 | 2,55 | 2,18 | 2,93 | 3,19 | 2,83 | 3,46 | 2,85 | 2,96 | 2,58 | 2,17 |
| 9:40:14 | 2,34 | 3,48 | 2,55 | 2,18 | 2,93 | 3,11 | 2,83 | 3,24 | 2,85 | 3,31 | 2,58 | 2,17 |
| 9:40:24 | 2,34 | 3,19 | 2,55 | 1,9 | 2,93 | 3,02 | 2,83 | 3,24 | 2,85 | 2,96 | 2,75 | 2,28 |
| 9:40:34 | 2,64 | 3,48 | 2,55 | 1,9 | 2,93 | 3,19 | 2,83 | 3,46 | 2,85 | 2,96 | 2,75 | 2,05 |
| 9:40:44 | 2,34 | 3,19 | 2,83 | 2,18 | 2,93 | 3,19 | 2,83 | 3,24 | 2,85 | 2,96 | 2,58 | 2,17 |
| 9:40:54 | 2,64 | 3,19 | 2,83 | 2,18 | 3,11 | 3,11 | 2,83 | 3,24 | 3,03 | 2,96 | 2,75 | 2,28 |
| 9:41:04 | 2,64 | 3,48 | 2,55 | 2,18 | 2,93 | 3,19 | 2,83 | 3,24 | 2,85 | 2,96 | 2,92 | 2,39 |
| 9:41:14 | 2,64 | 3,48 | 2,55 | 1,9 | 2,93 | 3,19 | 2,83 | 3,24 | 3,03 | 2,96 | 2,92 | 2,17 |
| 9:41:24 | 2,34 | 3,19 | 2,55 | 2,18 | 2,93 | 3,28 | 2,83 | 3,24 | 3,03 | 2,96 | 2,92 | 2,28 |
| 9:41:34 | 2,64 | 3,48 | 2,55 | 2,18 | 3,11 | 3,37 | 2,83 | 3,46 | 3,03 | 2,96 | 2,75 | 2,28 |
| 9:41:44 | 2,64 | 3,48 | 2,83 | 2,18 | 2,93 | 3,28 | 2,83 | 3,24 | 3,03 | 3,13 | 3,1 | 2,39 |
| 9:41:54 | 2,64 | 3,48 | 2,83 | 2,18 | 3,11 | 3,28 | 2,83 | 3,46 | 3,03 | 2,96 | 2,92 | 2,28 |
| 9:42:04 | 2,64 | 3,48 | 2,83 | 2,18 | 3,11 | 3,28 | 2,83 | 3,46 | 3,03 | 3,13 | 2,75 | 2,62 |
| 9:42:14 | 2,93 | 3,48 | 2,83 | 2,18 | 3,11 | 3,02 | 2,83 | 3,24 | 3,03 | 3,13 | 2,58 | 2,51 |
| 9:42:24 | 2,64 | 3,48 | 2,83 | 2,18 | 3,11 | 3,19 | 2,83 | 3,24 | 2,85 | 3,13 | 2,75 | 2,28 |
| 9:42:34 | 2,64 | 3,77 | 2,83 | 2,18 | 2,93 | 3,28 | 2,83 | 3,24 | 2,85 | 3,13 | 2,58 | 2,39 |
| 9:42:44 | 2,93 | 3,77 | 2,83 | 1,9 | 3,11 | 3,28 | 2,83 | 3,24 | 3,03 | 2,96 | 2,75 | 2,39 |
| 9:42:54 | 2,93 | 3,77 | 2,83 | 2,45 | 3,11 | 3,28 | 2,83 | 3,46 | 3,03 | 2,96 | 2,75 | 2,28 |
| 9:43:04 | 2,93 | 3,77 | 2,83 | 2,45 | 3,11 | 3,37 | 2,83 | 3,46 | 3,03 | 2,96 | 2,75 | 2,39 |
| 9:43:14 | 2,93 | 3,48 | 2,83 | 2,18 | 3,11 | 3,28 | 2,83 | 3,46 | 3,03 | 2,96 | 2,75 | 2,28 |
| 9:43:24 | 2,64 | 3,48 | 2,83 | 2,45 | 3,11 | 3,28 | 3,05 | 3,46 | 3,03 | 2,96 | 2,75 | 2,28 |
| 9:43:34 | 2,64 | 3,48 | 2,83 | 2,45 | 3,11 | 3,28 | 2,83 | 3,46 | 3,03 | 3,13 | 2,75 | 2,17 |
| 9:43:44 | 2,93 | 3,77 | 2,83 | 2,45 | 3,11 | 3,28 | 2,83 | 3,46 | 3,03 | 2,96 | 2,75 | 2,28 |
| 9:43:54 | 2,64 | 3,77 | 2,83 | 2,45 | 2,93 | 3,19 | 2,83 | 3,46 | 3,03 | 3,13 | 3,1 | 2,17 |
| 9:44:04 | 2,93 | 3,77 | 2,55 | 2,45 | 3,11 | 3,28 | 2,83 | 3,46 | 3,03 | 2,96 | 2,92 | 2,28 |
| 9:44:14 | 2,64 | 3,48 | 2,83 | 2,45 | 3,11 | 3,11 | 2,83 | 3,24 | 3,03 | 3,13 | 2,75 | 2,17 |
| 9:44:24 | 2,93 | 3,77 | 2,83 | 2,18 | 2,93 | 3,19 | 2,83 | 3,46 | 3,2 | 2,96 | 2,75 | 2,39 |
| 9:44:34 | 2,93 | 3,77 | 2,83 | 2,18 | 3,11 | 3,28 | 2,83 | 3,46 | 3,2 | 3,13 | 2,75 | 2,17 |
| 9:44:44 | 2,93 | 3,77 | 2,83 | 1,9 | 2,93 | 2,68 | 2,83 | 3,46 | 3,03 | 3,13 | 2,92 | 2,39 |
| 9:44:54 | 3,22 | 3,77 | 2,83 | 1,9 | 3,11 | 3,28 | 2,83 | 3,46 | 3,03 | 3,13 | 2,75 | 2,28 |
| 9:45:04 | 2,93 | 3,77 | 3,11 | 2,45 | 2,93 | 3,19 | 2,83 | 3,24 | 3,03 | 3,31 | 2,75 | 2,28 |
| 9:45:14 | 2,93 | 3,77 | 2,83 | 1,9 | 3,11 | 3,28 | 2,83 | 3,24 | 2,85 | 2,96 | 2,75 | 2,17 |
| 9:45:24 | 2,93 | 3,77 | 3,11 | 2,45 | 3,11 | 3,19 | 2,83 | 3,24 | 2,85 | 3,13 | 2,75 | 2,28 |
| 9:45:34 | 2,93 | 3,48 | 3,11 | 2,18 | 2,93 | 3,19 | 2,83 | 3,46 | 3,03 | 3,13 | 2,58 | 2,17 |
| 9:45:44 | 2,93 | 3,48 | 3,11 | 1,9 | 3,11 | 3,28 | 2,83 | 3,46 | 2,85 | 3,13 | 2,58 | 2,28 |
| 9:45:54 | 2,93 | 3,48 | 2,83 | 2,18 | 3,11 | 3,28 | 2,83 | 3,24 | 2,85 | 2,96 | 2,58 | 2,28 |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 9:46:04 | 2,64 | 3,48 | 3,11 | 2,18 | 3,29 | 3,37 | 2,83 | 3,46 | 2,85 | 3,13 | 2,75 | 2,28 |
| 9:46:14 | 2,93 | 3,77 | 3,11 | 2,18 | 3,11 | 3,37 | 2,83 | 3,24 | 3,03 | 3,13 | 2,75 | 2,39 |
| 9:46:24 | 2,93 | 3,48 | 2,83 | 2,45 | 3,11 | 3,28 | 2,83 | 3,46 | 3,03 | 2,96 | 2,75 | 2,28 |
| 9:46:34 | 2,64 | 3,48 | 2,83 | 2,72 | 3,11 | 3,28 | 2,83 | 3,24 | 3,03 | 3,13 | 2,75 | 2,17 |
| 9:46:44 | 2,64 | 3,77 | 2,83 | 2,45 | 3,11 | 3,37 | 2,83 | 3,46 | 3,03 | 3,13 | 2,75 | 2,28 |
| 9:46:54 | 2,64 | 3,48 | 3,11 | 2,18 | 3,11 | 3,37 | 2,83 | 3,46 | 2,85 | 3,13 | 2,75 | 2,28 |
| 9:47:04 | 2,64 | 3,48 | 3,11 | 1,9 | 2,93 | 3,19 | 2,83 | 3,24 | 3,03 | 2,96 | 2,75 | 2,28 |
| 9:47:14 | 2,64 | 3,77 | 3,11 | 2,18 | 3,11 | 3,19 | 2,83 | 3,24 | 2,85 | 2,96 | 2,58 | 2,28 |
| 9:47:24 | 2,93 | 3,48 | 3,11 | 2,18 | 3,29 | 3,28 | 2,83 | 3,24 | 2,85 | 2,96 | 2,75 | 2,17 |
| 9:47:34 | 2,93 | 3,48 | 2,83 | 2,18 | 3,11 | 3,37 | 2,83 | 3,24 | 3,03 | 3,13 | 2,58 | 2,28 |
| 9:47:44 | 2,64 | 3,48 | 2,83 | 2,18 | 3,11 | 3,28 | 2,83 | 3,24 | 3,03 | 3,13 | 2,75 | 2,28 |
| 9:47:54 | 2,64 | 3,77 | 2,83 | 2,45 | 3,11 | 3,28 | 2,83 | 3,24 | 2,85 | 3,13 | 2,58 | 2,17 |
| 9:48:04 | 2,64 | 3,77 | 3,11 | 2,45 | 3,11 | 3,37 | 2,83 | 3,24 | 2,85 | 2,96 | 2,75 | 2,17 |
| 9:48:14 | 2,93 | 3,77 | 2,83 | 2,45 | 3,11 | 3,37 | 2,83 | 3,24 | 2,85 | 2,78 | 2,75 | 2,39 |
| 9:48:24 | 2,93 | 3,48 | 2,83 | 2,18 | 2,93 | 3,28 | 3,05 | 3,24 | 3,03 | 2,96 | 2,58 | 2,28 |
| 9:48:34 | 2,93 | 3,48 | 2,83 | 2,45 | 3,11 | 3,28 | 3,05 | 3,24 | 3,03 | 2,96 | 2,75 | 2,28 |
| 9:48:44 | 2,93 | 3,48 | 2,83 | 2,18 | 3,11 | 3,37 | 2,83 | 3,24 | 3,03 | 2,96 | 2,58 | 2,17 |
| 9:48:54 | 2,64 | 3,48 | 2,83 | 2,18 | 3,11 | 3,28 | 2,83 | 3,24 | 3,03 | 2,96 | 2,58 | 2,28 |
| 9:49:04 | 2,93 | 3,48 | 2,83 | 2,45 | 3,11 | 3,19 | 2,83 | 3,24 | 2,85 | 2,96 | 2,41 | 2,05 |
| 9:49:14 | 2,93 | 3,48 | 2,83 | 2,45 | 3,29 | 3,28 | 2,83 | 3,46 | 2,85 | 2,96 | 2,58 | 2,28 |
| 9:49:24 | 2,93 | 3,48 | 2,83 | 2,45 | 3,11 | 3,28 | 2,83 | 3,24 | 2,85 | 2,96 | 2,58 | 2,28 |
| 9:49:35 | 2,64 | 3,48 | 2,83 | 2,18 | 3,11 | 3,37 | 2,83 | 3,24 | 2,85 | 3,13 | 2,58 | 2,17 |
| 9:49:45 | 2,93 | 3,48 | 2,83 | 2,18 | 3,11 | 3,28 | 2,83 | 3,24 | 3,03 | 3,31 | 2,58 | 2,39 |
| 9:49:55 | 2,64 | 3,48 | 2,83 | 2,18 | 3,11 | 3,37 | 3,05 | 3,24 | 3,03 | 2,96 | 2,58 | 2,17 |
| 9:50:05 | 2,93 | 3,48 | 2,83 | 2,45 | 3,29 | 3,45 | 2,83 | 3,24 | 2,85 | 3,31 | 2,58 | 2,05 |
| 9:50:15 | 2,64 | 3,48 | 2,83 | 2,18 | 3,29 | 3,45 | 2,83 | 3,24 | 3,03 | 3,13 | 2,75 | 2,28 |
| 9:50:25 | 2,64 | 3,48 | 2,83 | 2,45 | 3,29 | 3,37 | 2,83 | 3,24 | 3,03 | 2,96 | 2,58 | 2,28 |
| 9:50:35 | 2,93 | 3,77 | 2,83 | 2,45 | 3,29 | 3,37 | 3,05 | 3,24 | 2,85 | 2,96 | 2,92 | 2,28 |
| 9:50:45 | 2,93 | 3,77 | 2,83 | 2,45 | 3,11 | 3,28 | 3,05 | 3,46 | 2,85 | 3,13 | 2,75 | 2,28 |
| 9:50:55 | 2,93 | 3,48 | 2,83 | 2,45 | 3,11 | 3,28 | 3,05 | 3,24 | 3,03 | 2,96 | 2,58 | 2,51 |
| 9:51:05 | 2,93 | 3,48 | 2,83 | 2,45 | 3,11 | 3,28 | 2,83 | 3,24 | 3,03 | 3,13 | 2,75 | 2,39 |
| 9:51:15 | 2,64 | 3,48 | 2,83 | 2,45 | 3,11 | 3,28 | 3,05 | 3,24 | 3,03 | 3,13 | 2,92 | 2,17 |
| 9:51:25 | 2,34 | 3,48 | 2,83 | 2,45 | 3,11 | 3,37 | 3,05 | 3,24 | 2,85 | 2,96 | 2,58 | 2,17 |
| 9:51:35 | 2,64 | 3,48 | 2,83 | 2,45 | 3,11 | 3,28 | 3,05 | 3,24 | 3,03 | 2,96 | 2,92 | 2,51 |
| 9:51:45 | 2,34 | 3,48 | 2,83 | 2,18 | 3,11 | 3,28 | 2,83 | 3,24 | 2,85 | 2,96 | 3,1 | 2,39 |
| 9:51:55 | 2,64 | 3,48 | 2,83 | 2,45 | 3,11 | 3,19 | 2,83 | 3,24 | 2,85 | 2,96 | 3,1 | 2,51 |
| 9:52:05 | 2,34 | 3,48 | 2,83 | 2,45 | 2,93 | 3,19 | 3,05 | 3,24 | 2,85 | 3,13 | 2,92 | 2,51 |
| 9:52:15 | 2,34 | 3,48 | 2,55 | 2,18 | 3,11 | 3,28 | 3,05 | 3,24 | 2,85 | 2,96 | 2,92 | 2,51 |
| 9:52:25 | 2,34 | 3,48 | 2,55 | 2,45 | 3,11 | 3,37 | 3,05 | 3,24 | 2,85 | 2,96 | 2,75 | 2,39 |
| 9:52:35 | 2,34 | 3,19 | 2,55 | 2,45 | 3,11 | 3,28 | 3,05 | 3,24 | 2,85 | 2,96 | 2,92 | 2,62 |
| 9:52:45 | 2,64 | 3,48 | 2,55 | 2,18 | 2,93 | 3,28 | 2,83 | 3,24 | 3,03 | 2,96 | 2,92 | 2,39 |
| 9:52:55 | 2,64 | 3,48 | 2,55 | 2,18 | 3,11 | 3,37 | 2,83 | 3,24 | 3,03 | 3,13 | 2,92 | 2,39 |
| 9:53:05 | 2,64 | 3,48 | 2,55 | 2,18 | 3,11 | 3,28 | 2,83 | 3,24 | 3,03 | 3,13 | 2,92 | 2,39 |
| 9:53:15 | 2,34 | 3,19 | 2,55 | 2,18 | 3,11 | 3,28 | 3,05 | 3,24 | 3,03 | 2,96 | 3,1 | 2,39 |
| 9:53:25 | 2,34 | 3,48 | 2,55 | 2,18 | 2,93 | 3,37 | 3,05 | 3,24 | 3,03 | 3,13 | 2,92 | 2,51 |
| 9:53:35 | 2,64 | 3,48 | 2,55 | 2,18 | 2,93 | 3,28 | 2,83 | 3,24 | 3,03 | 3,13 | 2,92 | 2,51 |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 9:53:45 | 2,64 | 3,48 | 2,55 | 2,18 | 3,11 | 3,28 | 3,05 | 3,24 | 3,03 | 3,13 | 3,1 | 2,51 |
| 9:53:55 | 2,64 | 3,48 | 2,55 | 2,18 | 3,11 | 3,45 | 3,05 | 3,24 | 2,85 | 2,96 | 2,75 | 2,39 |
| 9:54:05 | 2,64 | 3,48 | 2,55 | 2,18 | 3,11 | 3,37 | 2,83 | 3,24 | 2,85 | 3,13 | 2,92 | 2,39 |
| 9:54:15 | 2,64 | 3,77 | 2,55 | 2,18 | 3,11 | 3,28 | 3,05 | 3,24 | 2,85 | 3,13 | 3,1 | 2,39 |
| 9:54:25 | 2,64 | 3,48 | 2,55 | 2,18 | 3,11 | 3,28 | 3,05 | 3,24 | 3,03 | 3,13 | 2,92 | 2,39 |
| 9:54:35 | 2,64 | 3,77 | 2,55 | 2,18 | 2,93 | 3,28 | 2,83 | 3,24 | 2,85 | 3,13 | 3,1 | 2,39 |
| 9:54:45 | 2,64 | 3,48 | 2,26 | 2,45 | 2,93 | 3,19 | 3,05 | 3,24 | 3,03 | 2,96 | 2,92 | 2,51 |
| 9:54:55 | 2,64 | 3,48 | 2,55 | 2,45 | 2,93 | 3,19 | 3,05 | 3,24 | 3,03 | 3,13 | 2,92 | 2,39 |
| 9:55:05 | 2,64 | 3,77 | 2,55 | 2,45 | 2,93 | 3,28 | 2,83 | 3,24 | 3,03 | 3,13 | 3,1 | 2,51 |
| 9:55:15 | 2,64 | 3,77 | 2,55 | 2,45 | 2,93 | 3,28 | 2,83 | 3,24 | 2,85 | 3,13 | 2,92 | 2,51 |
| 9:55:25 | 2,64 | 3,48 | 2,55 | 2,45 | 2,93 | 3,28 | 2,83 | 3,24 | 3,03 | 3,13 | 2,92 | 2,62 |
| 9:55:35 | 2,64 | 3,48 | 2,55 | 2,45 | 2,93 | 3,28 | 3,05 | 3,24 | 3,03 | 3,13 | 3,27 | 2,62 |
| 9:55:45 | 2,64 | 3,48 | 2,55 | 2,45 | 2,93 | 3,28 | 2,83 | 3,24 | 2,85 | 3,13 | 2,92 | 2,51 |
| 9:55:55 | 2,64 | 3,48 | 2,55 | 2,45 | 2,93 | 3,28 | 2,83 | 3,24 | 2,85 | 3,13 | 2,92 | 2,51 |
| 9:56:05 | 2,64 | 3,48 | 2,55 | 2,45 | 2,93 | 3,19 | 2,83 | 3,24 | 3,03 | 3,13 | 2,75 | 2,51 |
| 9:56:15 | 2,64 | 3,19 | 2,55 | 2,45 | 2,93 | 3,11 | 2,83 | 3,24 | 2,85 | 3,13 | 2,92 | 2,51 |
| 9:56:25 | 2,93 | 3,48 | 2,55 | 2,45 | 2,75 | 3,02 | 3,05 | 3,24 | 2,85 | 3,13 | 3,1 | 2,62 |
| 9:56:35 | 2,64 | 3,48 | 2,55 | 2,45 | 2,93 | 3,11 | 2,83 | 3,24 | 2,85 | 3,13 | 3,1 | 2,51 |
| 9:56:45 | 2,64 | 3,48 | 2,55 | 2,45 | 2,93 | 3,02 | 2,83 | 3,24 | 3,03 | 3,13 | 2,92 | 2,39 |
| 9:56:55 | 2,64 | 3,48 | 2,55 | 2,45 | 2,93 | 3,02 | 2,83 | 3,24 | 2,85 | 3,13 | 2,92 | 2,51 |
| 9:57:05 | 2,64 | 3,48 | 2,55 | 2,45 | 2,93 | 3,02 | 2,83 | 3,24 | 3,03 | 3,13 | 3,1 | 2,51 |

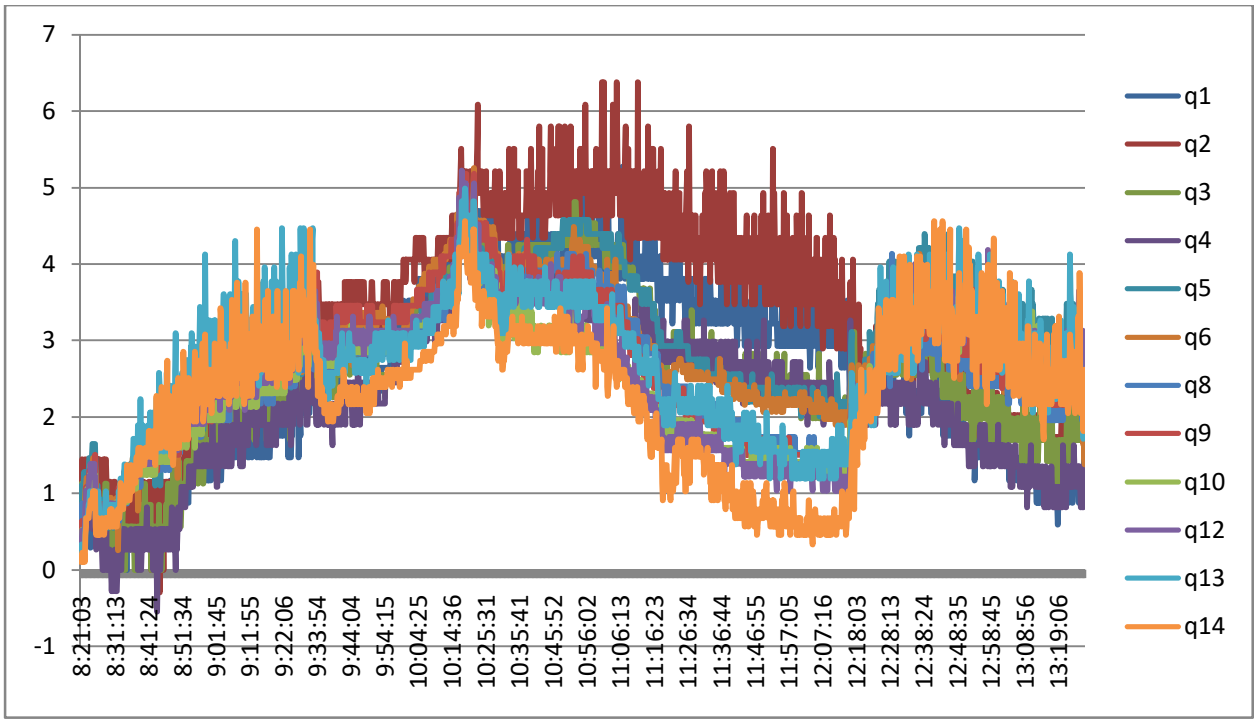



Рисунок Б.2 – Графік залежності теплового потоку в розрахункових точках збірної стінової панелі від часу при змінних температурних впливах

**ДОДАТОК В**

# НАЦІОНАЛЬНЕ АГЕНТСТВО З АКРЕДИТАЦІЇ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН УКРАЇНИ З АКРЕДИТАЦІЇ

# АТЕСТАТ ПРО АКРЕДИТАЦІЮ

Зареєстрований у Реєстрі
**24** вересня **2018** року
за **№ 2Т167**
дійсний до **23** вересня **2023** року

Дата первинної акредитації: **24 вересня 2007 року**

НАЦІОНАЛЬНЕ АГЕНТСТВО З АКРЕДИТАЦІЇ УКРАЇНИ ЦИМ ЗАСВІДЧУЄ КОМПЕТЕНТНІСТЬ

**Відділу будівельної фізики та енергоефективності ДЕРЖАВНОГО ПІДПРИЄМСТВА "ДЕРЖАВНИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ"**

**03680, м. Київ, вул. І. Клименка, 5/2**

| 0 | 2 | 4 | 9 | 5 | 4 | 3 | 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

(Код ЄДРПОУ)

ВІДПОВІДНО ДО ВИМОГ ДСТУ ISO/IEC 17025:2006 (ISO/IEC 17025:2005) В СФЕРІ:

**випробування матеріалів, виробів, конструкцій, будівель за теплофізичними та акустичними показниками, характеристиками довговічності та надійності; визначення питомих тепловитрат будівель, споруд, приміщень.**

Сфера акредитації визначена додатком до цього атестата.
Додаток є невід'ємною частиною цього атестата і складається з **16** аркушів.

Голова В. М. Горицький

*м. Київ, 01133, вул. Генерала Алмазова, 18/7* *Зареєстровано у журналі обліку за № 970 А*

НААУ є підписантом: 1) Угоди EA BLA у сферах «Випробування», «Калібрування», «Сертифікація продукції», «Сертифікація персоналу», «Сертифікація систем менеджменту» та «Інспектування»; 2) Угоди ILAC MRA у сферах «Випробування», «Калібрування» та «Інспектування»; 3) Угоди IAF MLA у сферах «Сертифікація продукції», «Сертифікація персоналу», «Сертифікація систем менеджменту».

ЗГІДНО З ОРИГІНАЛОМ
(підпис)
«__» 20

**НАЦІОНАЛЬНЕ АГЕНТСТВО З АКРЕДИТАЦІЇ УКРАЇНИ**

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН УКРАЇНИ З АКРЕДИТАЦІЇ

# АТЕСТАТ ПРО АКРЕДИТАЦІЮ

Зареєстрований у Реєстрі
**11** червня **2020** року*
за № **20174**
дійсний до **18** листопада **2023** року

Дата первинної акредитації: **19 листопада 2018 року**

НАЦІОНАЛЬНЕ АГЕНТСТВО З АКРЕДИТАЦІЇ УКРАЇНИ ЦИМ ЗАСВІДЧУЄ КОМПЕТЕНТНІСТЬ

**Випробувального центру Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»**

**36011, м. Полтава, проспект Першотравневий, 24**

| 0 | 2 | 0 | 7 | 1 | 1 | 0 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

(Код ЄДРПОУ)

ВІДПОВІДНО ДО ВИМОГ ДСТУ ISO/IEC 17025:2017 (ISO/IEC 17025:2017) В СФЕРІ:

**випробування будівельних матеріалів, виробів та конструкцій за показниками зовнішнього вигляду, геометричних розмірів, фізико-технічних характеристик, експлуатаційних властивостей, якості виготовлення, міцності, зносостійкості, морозостійкості, теплопровідності, звукоізоляції, повітропроникності, водонепроникності.**

Сфера акредитації визначена додатком цього атестата.
Додаток є невід'ємною частиною атестата і складається з **27** аркушів

*На заміну виданого від 19 листопада 2018 року у у зв'язку з внесенням змін.
Рішення щодо змін, що стосуються наданої акредитації ООВ від 11 червня 2020 року.

В.о. директора Сергій ПОПИК

*м. Київ, 01133, вул. Генерала Алмазова, 18/7*

*Зареєстровано у журналі обліку за № 987А*

НААУ є підписантом: 1) Угоди EA BLA у сферах «Випробування», «Калібрування», «Сертифікація продукції», «Сертифікація персоналу», «Сертифікація систем менеджменту» та «Інспектування»; 2) Угоди ILAC MRA у сферах «Випробування», «Калібрування» та «Інспектування»; 3) Угоди IAF MLA у сферах «Сертифікація продукції», «Сертифікація персоналу», «Сертифікація систем менеджменту».

**ДОДАТОК Г**

**ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО**
**„ДЕРЖАВНИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ"**
**(ДП НДІБК)**

юридична адреса: вул. І.Клименка, 5/2, м. Київ-37, 03680, поштова адреса: вул. Преображенська,5/2, м. Київ-37, 03037; тел. (044) 249-72-34, факс (044) 248-89-09
www.niisk.com; e-mail: ndibk@ndibk.gov.ua; niisk-office@ndibk.gov.ua; код ЄДРПОУ 02495431

№ 217-393 на № _____ від _____

За місцем вимоги

**ДОВІДКА**
про впровадження результатів наукової роботи
на тему «Динамічні теплові характеристики огороджувальних конструкцій будівель»
Філоненко Олени Іванівни

Результати наукової роботи «Динамічні теплові характеристики огороджувальних конструкцій будівель» к.т.н., доцента Філоненко Олени Іванівни, що включають методичні положення з оцінки теплостійкості огороджувальних конструкцій у літній період та показника теплозасвоєння поверхнею підлоги при дослідженнях теплових процесів у сучасних конструкціях, а також метод оцінки теплостійкості приміщення в зимовий період з урахуванням всіх теплових впливів, яким піддається будівля, буде впроваджено при розробленні нової редакції ДСТУ-Н Б В.2.6-190 «Настанова з розрахункової оцінки показників теплостійкості та теплозасвоєння огороджувальних конструкцій».

Директор Державного підприємства "Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій", доктор технічних наук, професор _____ Геннадій ФАРЕНЮК

Вик. Олексієнко О.Б.
Тел.: (044) 249-37-70

МІНІСТЕРСТВО РОЗВИТКУ ГРОМАД ТА ТЕРИТОРІЙ УКРАЇНИ
(МІНРЕГІОН)

**ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО
„ДЕРЖАВНИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ
БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ"
(ДП НДІБК)**

юридична адреса: вул. І.Клименка, 5/2, м. Київ-37, 03680, поштова адреса: вул. Преображенська,5/2,
м. Київ-37, 03037; тел. (044) 249-72-34, факс (044) 248-89-09
www.niisk.com; e-mail: ndibk@ndibk.gov.ua; niisk-office@ndibk.gov.ua; код ЄДРПОУ 02495431

№ 217-392 на № _____ від _____

За місцем вимоги

**ДОВІДКА**
про впровадження результатів наукової роботи
на тему «Динамічні теплові характеристики огороджувальних конструкцій будівель»
Філоненко Олени Іванівни

Результати наукової роботи «Динамічні теплові характеристики огороджувальних конструкцій будівель» к.т.н., доцента Філоненко Олени Іванівни увійдуть у нову редакцію ДСТУ-Н Б А.2.2-12 «Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні», а саме – методика розрахунку коефіцієнта теплопередачі суміщеної покрівлі з шарами змінної товщини у визначенні теплопередачі трансмісією та уточнення розрахунку динамічних параметрів.

Директор Державного підприємства на
"Державний науково-дослідний
інститут будівельних конструкцій"
доктор технічних наук, професор _____ Геннадій ФАРЕНЮК

Вик. Олексієнко О.Б.
Тел.: (044) 249-37-70

**ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО**
**„ДЕРЖАВНИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ**
**БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ"**
**(ДП НДІБК)**

юридична адреса: вул. І.Клименка, 5/2, м. Київ-37, 03680, поштова адреса: вул. Преображенська,5/2, м. Київ-37, 03037; тел. (044) 249-72-34, факс (044) 248-89-09
www.niisk.com; e-mail: ndibk@ndibk.gov.ua; niisk-office@ndibk.gov.ua; код ЄДРПОУ 02495431

№217-391 на № _____ від _____

За місцем вимоги

**ДОВІДКА**
про впровадження результатів наукової роботи
на тему «Динамічні теплові характеристики огороджувальних конструкцій будівель»
Філоненко Олени Іванівни

Результати наукової роботи «Динамічні теплові характеристики огороджувальних конструкцій будівель» к.т.н., доцента Філоненко Олени Іванівни буде враховано при розробці нової редакції ДСТУ Б В.2.6-189 «Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель». Впроваджено в практику утеплення типові енергоефективні конструктивні вузли складних огороджувальних елементів будівель. Визначені лінійні коефіцієнти теплопередачі за наведеними конструктивними рішеннями доповнять існуючу базу таблиці «Значення лінійних коефіцієнтів теплопередачі лінійних теплопровідних включень» стандарту.

Директор Державного підприємства
"Державний науково-дослідний
інститут будівельних конструкцій",
доктор технічних наук, професор _____ Геннадій ФАРЕНЮК

Вик. Олексієнко О.Б.
Тел.: (044) 249-37-70

МІНІСТЕРСТВО РОЗВИТКУ ГРОМАД ТА ТЕРИТОРІЙ УКРАЇНИ
(МІНРЕГІОН)

МІНІСТЕРСТВО РОЗВИТКУ ГРОМАД ТА ТЕРИТОРІЙ УКРАЇНИ
(МІНРЕГІОН)

**ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО
„ДЕРЖАВНИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ
БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ"
(ДП НДІБК)**

юридична адреса: вул. І.Клименка, 5/2, м. Київ-37, 03680, поштова адреса: вул. Преображенська,5/2,
м. Київ-37, 03037, тел. (044) 249-72-34, факс (044) 248-89-09
www.niisk.com; e-mail: ndibk@ndibk.gov.ua; niisk-office@ndibk.gov.ua; код ЄДРПОУ 02495431

№ 217-390 на № _____ від _____

За місцем вимоги

**ДОВІДКА**
про впровадження результатів наукової роботи
на тему «Динамічні теплові характеристики огороджувальних конструкцій будівель»
Філоненко Олени Іванівни

Результати наукової роботи «Динамічні теплові характеристики огороджувальних конструкцій будівель» к.т.н., доцента Філоненко Олени Іванівни було впроваджено при розробці ДСТУ ISO 13786:202X «Динамічні теплові характеристики. Методи розрахунку». При розробці національних додатків до стандарту визначено вплив динамічних теплових параметрів, які більш детально досліджують теплові процеси у зовнішніх огороджувальних конструкціях, на енергоефективність будівель.

Директор Державного підприємства "Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій", доктор технічних наук, професор _____ Геннадій ФАРЕНЮК

Вик. Олексієнко О.Б.
Тел.: (044) 249-37-70

МІНІСТЕРСТВО РОЗВИТКУ ГРОМАД ТА ТЕРИТОРІЙ УКРАЇНИ
(МІНРЕГІОН)

МІНІСТЕРСТВО
ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ПОЛТАВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА
ІМЕНІ ЮРІЯ КОНДРАТЮКА»
Першотравневий проспект, 24, м. Полтава, Україна, 36011
Тел./факс +38 (0532) 56-98-94;
+38 (0532) 60-87-30 (приймальня)
сайт: www.nupp.edu.ua
e-mail: rector@nupp.edu.ua; kanc@nupp.edu.ua
код згідно з ЄДРПОУ 02071100

MINISTRY OF
EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE
NATIONAL UNIVERSITY
«YURI KONDRATYUK
POLTAVA POLYTECHNIC»
Pershotravneva Avenue 24, Poltava, 36011, Ukraine
Tel./fax +38 (0532) 56-98-94;
+38 (0532) 60-87-30 (reception)
web: www.nupp.edu.ua
e-mail: rector@nupp.edu.ua; kanc@nupp.edu.ua
USREOU code 02071100

від _____ 20__ р. №_____ на №_____від _____ 20__ р.

# ДОВІДКА

про впровадження результатів наукової роботи
на тему «Динамічні теплові характеристики огороджувальних конструкцій будівель»
здобувача наукового ступеня доктора технічних наук
спеціальності 05.23.01 – Будівельні конструкції, будівлі та споруди
Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
Філоненко Олени Іванівни

Результати наукової роботи «Динамічні теплові характеристики огороджувальних конструкцій будівель» к.т.н., доцента Філоненко Олени Іванівни було впроваджено при розробці наукової роботи «Комплексні конструктивні рішення забезпечення енергоефективності громадських будівель в умовах євроінтеграції» (номер державної реєстрації НДР: 0118U001097). В межах роботи видано посібник у співавторстві: Енергетична ефективність будинків: Навч. посібник / О.І. Філоненко, О.І. Юрін. - Полтава: ПП «Астрая», 2018. - 484 с.

Розроблено конструктивні рішення складних вузлів стін та покрівлі, примикання стін до фундаменту, примикання нової споруди до існуючої будівлі. Наведені конструктивні рішення дозволять уникнути теплових відмов при експлуатації будинків.

Проректор з наукової та
міжнародної роботи, к.е.н., доцент Світлана СІВІЦЬКА

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ПОЛТАВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА ІМЕНІ ЮРІЯ КОНДРАТЮКА»**
Першотравневий проспект, 24, м. Полтава, Україна, 36011
Тел./факс +38 (0532) 56-98-94;
+38 (0532) 60-87-30 (приймальня)
сайт: www.nupp.edu.ua
e-mail: rector@nupp.edu.ua; kanc@nupp.edu.ua
код згідно з ЄДРПОУ 02071100

**MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE NATIONAL UNIVERSITY «YURI KONDRATYUK POLTAVA POLYTECHNIC»**
Pershotravneva Avenue 24, Poltava, 36011, Ukraine
Tel./fax +38 (0532) 56-98-94;
+38 (0532) 60-87-30 (reception)
web: www.nupp.edu.ua
e-mail: rector@nupp.edu.ua; kanc@nupp.edu.ua
USREOU code 02071100

від _____ 20__ р. №_____ на №_____від _____ 20__ р.

# ДОВІДКА

про впровадження результатів наукової роботи
на тему «Динамічні теплові характеристики огороджувальних конструкцій будівель»
здобувача наукового ступеня доктора технічних наук
спеціальності 05.23.01 – Будівельні конструкції, будівлі та споруди
Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
Філоненко Олени Іванівни

Результати наукової роботи «Динамічні теплові характеристики огороджувальних конструкцій будівель» к.т.н., доцента Філоненко Олени Іванівни було впроваджено при розробці науково роботи «Ресурсоекономні технології відновлення й реконструкції житлових, громадських і виробничих будівель та захисних споруд цивільної оборони» (номер державної реєстрації: 0116U002567). В межах роботи видано ряд статей з енергетичної ефективності, у яких розроблено конструктивні рішення складних вузлів огороджувальних конструкцій. Наведені конструктивні рішення дозволять уникнути теплових відмов при експлуатації будівлі. Запропоновані методи удосконалення розрахунків динамічних характеристик зовнішніх огороджувальних конструкцій.

Проректор з наукової та міжнародної роботи, к.е.н., доцент Світлана СІВІЦЬКА

*Товариство з обмеженою відповідальністю «ВЕНТИЛЯТОРНИЙ ЗАВОД «ГОРИЗОНТ»*

ГОРИЗОНТ
ВЕНТИЛЯТОРНИЙ ЗАВОД

www.vent.com.ua

37300 м. Гадяч, Полтавська обл.,
вул. Чапаєва,15, тел. (05354) 2-04-01,
(067) 532 66 60, (050) 482 85 75,
Код ЄДРПОУ 02971340,
р/р UA123314010000026008054639275
в ПГРУ АТ Б «Приватбанк»,
E-mail: zat.horizont@gmail.com

«21» грудня 20 р.
№ 7491

За місцем вимоги

# ДОВІДКА

про впровадження результатів наукової роботи
на тему «Динамічні теплові характеристики огороджувальних конструкцій будівель»
здобувача вищої освіти ступеня доктора наук
по спеціальності 05.23.01 – Будівельні конструкції, будівлі та споруди
Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
Філоненко Олени Іванівни

ТОВ Вентиляторний завод Горизонт повідомляє, що результати наукової роботи «Динамічні теплові характеристики огороджувальних конструкцій будівель» к.т.н., доцента Філоненко Олени Іванівни було впроваджено при розробці проектно-кошторисної документації по об'єкту: «Реконструкція магазину будматеріалів ТОВ Вентиляторний завод «Горизонт» за адресою м. Гадяч, вул. Чапаєва, 15-а», 2020 р. При проектуванні добудови до магазину у розділі «Архітектурно-будівельні рішення» та «Енергоефективність» розроблено конструктивні рішення складних вузлів сандвіч-панелей поелементної зборки стін на покрівлі, наприклад, примикання стін до фундаменту, примикання нової споруди до існуючої будівлі магазину, утеплений водозбірний лоток та ін. Наведені конструктивні рішення дозволять уникнути теплових відмов при експлуатації будівлі.

Директор
ТОВ Вентиляторний завод «Горизонт» Євген ГОНЧАРОВ

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**
**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ПОЛТАВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА ІМЕНІ ЮРІЯ КОНДРАТЮКА»**
Першотравневий проспект, 24, м. Полтава, Україна, 36011
Тел./факс +38 (0532) 56-98-94;
+38 (0532) 60-87-30 (приймальня)
сайт: www.nupp.edu.ua
e-mail: rector@nupp.edu.ua; kanc@nupp.edu.ua
код згідно з ЄДРПОУ 02071100

**MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE**
**NATIONAL UNIVERSITY «YURI KONDRATYUK POLTAVA POLYTECHNIC»**
Pershotravneva Avenue 24, Poltava, 36011, Ukraine
Tel./fax +38 (0532) 56-98-94;
+38 (0532) 60-87-30 (reception)
web: www.nupp.edu.ua
e-mail: rector@nupp.edu.ua; kanc@nupp.edu.ua
USREOU code 02071100

від 13.08 2020р. № 29-9/1410 на №_____від _____ 20__ р.

Довідка

про впровадження результатів дисертаційної роботи Філоненко О.І.

«Динамічні теплові характеристики огороджувальних конструкцій будівель»

Результати дисертаційної роботи «Динамічні теплові характеристики огороджувальних конструкцій будівель» к.т.н., доцента Філоненко Олени Іванівни впроваджено при розробці проектно-кошторисної документації по об'єкту: «Капітальний ремонт гуртожитку №4 Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка за адресою м. Полтава, Першотравневий проспект, 27», виконаної та такої, що пройшла експертизу у 2018 році. Для даного об'єкту розроблено комплексні конструктивні рішення вузлів утеплення зовнішніх огороджувальний конструкцій, що дозволило досягти клас енергетичної ефективності будівлі С.

Проректор з наукової та міжнародної роботи Світлана СІВІЦЬКА

**МІНІСТЕРСТВО
ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ПОЛТАВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА
ІМЕНІ ЮРІЯ КОНДРАТЮКА»**
Першотравневий проспект, 24, м. Полтава, Україна, 36011
Тел./факс +38 (0532) 56-98-94;
+38 (0532) 60-87-30 (приймальня)
сайт: www.nupp.edu.ua
e-mail: rector@nupp.edu.ua; kanc@nupp.edu.ua
код згідно з ЄДРПОУ 02071100

**MINISTRY OF
EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE
NATIONAL UNIVERSITY
«YURI KONDRATYUK
POLTAVA POLYTECHNIC»**
Pershotravneva Avenue 24, Poltava, 36011, Ukraine
Tel./fax +38 (0532) 56-98-94;
+38 (0532) 60-87-30 (reception)
web: www.nupp.edu.ua
e-mail: rector@nupp.edu.ua; kanc@nupp.edu.ua
USREOU code 02071100

від 13.08 2020р. № 29-9/1411 на №_____від _____ 20__ р.

Довідка

про впровадження результатів дисертаційної роботи Філоненко О.І.
«Динамічні теплові характеристики огороджувальних конструкцій будівель»

Результати дисертаційної роботи «Динамічні теплові характеристики огороджувальних конструкцій будівель» к.т.н., доцента Філоненко Олени Іванівни впроваджено при розробці проектно-кошторисної документації по об'єкту: «Капітальний ремонт навчального корпусу «Ф» Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка за адресою м. Полтава, Першотравневий проспект, 24», виконаної та такої, що пройшла експертизу у 2018 році. Для даного об'єкту розроблено комплексні конструктивні рішення вузлів утеплення зовнішніх огороджувальний конструкцій, що дозволило досягти клас енергетичної ефективності будівлі В.

Проректор з наукової та
міжнародної роботи Світлана СІВІЦЬКА

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**
**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ПОЛТАВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА ІМЕНІ ЮРІЯ КОНДРАТЮКА»**
Першотравневий проспект, 24, м. Полтава, Україна, 36011
Тел./факс +38 (0532) 56-98-94;
+38 (0532) 60-87-30 (приймальня)
сайт: www.nupp.edu.ua
e-mail: rector@nupp.edu.ua; kanc@nupp.edu.ua
код згідно з ЄДРПОУ 02071100

**MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE**
**NATIONAL UNIVERSITY «YURI KONDRATYUK POLTAVA POLYTECHNIC»**
Pershotravneva Avenue 24, Poltava, 36011, Ukraine
Tel./fax +38 (0532) 56-98-94;
+38 (0532) 60-87-30 (reception)
web: www.nupp.edu.ua
e-mail: rector@nupp.edu.ua; kanc@nupp.edu.ua
USREOU code 02071100

від 13.08 2020р. № 29-9/1412 на №_____від _____ 20__ р.

Довідка

про впровадження результатів дисертаційної роботи Філоненко О.І.

«Динамічні теплові характеристики огороджувальних конструкцій будівель»

Результати дисертаційної роботи «Динамічні теплові характеристики огороджувальних конструкцій будівель» к.т.н., доцента Філоненко Олени Іванівни впроваджено при розробці проектно-кошторисної документації по об'єкту: «Капітальний ремонт навчального корпусу «В» Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка за адресою м. Полтава, Першотравневий проспект, 24», виконаної та такої, що пройшла експертизу у 2018 році. Для даного об'єкту розроблено комплексні конструктивні рішення вузлів утеплення зовнішніх огороджувальний конструкцій, що дозволило досягти клас енергетичної ефективності будівлі С.

Проректор з наукової та міжнародної роботи Світлана СІВІЦЬКА

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**
**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ПОЛТАВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА ІМЕНІ ЮРІЯ КОНДРАТЮКА»**
Першотравневий проспект, 24, м. Полтава, Україна, 36011
Тел./факс +38 (0532) 56-98-94;
+38 (0532) 60-87-30 (приймальня)
сайт: www.nupp.edu.ua
e-mail: rector@nupp.edu.ua; kanc@nupp.edu.ua
код згідно з ЄДРПОУ 02071100

**MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE**
**NATIONAL UNIVERSITY «YURI KONDRATYUK POLTAVA POLYTECHNIC»**
Pershotravneva Avenue 24, Poltava, 36011, Ukraine
Tel./fax +38 (0532) 56-98-94;
+38 (0532) 60-87-30 (reception)
web: www.nupp.edu.ua
e-mail: rector@nupp.edu.ua; kanc@nupp.edu.ua
USREOU code 02071100

від 13.08 2020р. №29-9/1413 на №_____від _____ 20__ р.

Довідка

про впровадження результатів дисертаційної роботи Філоненко О.І.

«Динамічні теплові характеристики огороджувальних конструкцій будівель»

Результати дисертаційної роботи «Динамічні теплові характеристики огороджувальних конструкцій будівель» к.т.н., доцента Філоненко Олени Іванівни впроваджено при розробці проектно-кошторисної документації по об'єкту: «Капітальний ремонт навчального корпусу «А» Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка за адресою м. Полтава, Першотравневий проспект, 24», виконаної та такої, що пройшла експертизу у 2018 році. Для даного об'єкту розроблено комплексні конструктивні рішення вузлів утеплення зовнішніх огороджувальний конструкцій, що дозволило досягти клас енергетичної ефективності будівлі С.

Проректор з наукової та міжнародної роботи Світлана СІВІЦЬКА

ПОЛТАВСЬКА МІСЬКА РАДА
**ВИКОНАВЧИЙ КОМІТЕТ**
вул. Соборності, 36, м. Полтава, 36000, тел. (0532) 56-29-47, 56-20-08,
тел./факс (0532) 52-24-84, e-mail: cancelar@rada-poltava.gov.ua

05.03.2019 №04.2.2-30/2/356 На № _____ від _____

**Довідка**

**про впровадження результатів дисертаційної роботи Філоненко О.І.**
**«Динамічні теплові характеристики огороджувальних конструкцій будівель»**

Результати дисертаційної роботи «Динамічні теплові характеристики огороджувальних конструкцій будівель» к.т.н., доцента Філоненко Олени Іванівни впроваджено при розробці рекомендацій з подальшої експлуатації конструкцій горищного даху будівлі виконавчого комітету Полтавської міської ради по вул. Соборності, 36 у м. Полтава, розроблених за результатами технічного огляду відповідних конструкцій. Для даного об'єкту розроблено рекомендації з відновлення тепловологісного режиму горищного простору та запобігання теплових відмов.

Заступник міського голови
з питань діяльності виконавчих органів,
керуючий справами виконавчого комітету
Полтавської міської ради В.Ю. Нікіпелов

Юрченко 562727

190943

**ПОЛТАВСЬКА МІСЬКА РАДА**
ВИКОНАВЧИЙ КОМІТЕТ
УПРАВЛІННЯ КАПІТАЛЬНОГО БУДІВНИЦТВА
вул. Соборності, 36, м. Полтава, 36000, тел. (0532) 56-20-10,
тел./факс (0532) 57-30-91, E-mail: 04057600@mail.gov.ua

18.10.2019 № 01-03/62/1290 На № _____ від _____

Довідка

про впровадження результатів дисертаційної роботи Філоненко О.І.

«Динамічні теплові характеристики огороджувальних конструкцій будівель»

Результати дисертаційної роботи «Динамічні теплові характеристики огороджувальних конструкцій будівель» к.т.н., доцента Філоненко Олени Іванівни впроваджено при розробці рекомендацій з подальшої експлуатації та визначенні технічного стану, розроблених за результатами технічного огляду відповідних конструкцій, по об'єкту: Комунальний заклад «Полтавська загальноосвітня школа I-III ступенів №38 Полтавської міської ради за адресою: м. Полтава, вул. Пушкіна, 74. Для даного об'єкту розроблено рекомендації з підвищення конструктивної та теплової надійності огороджувальних конструкцій.

Начальник управління капітального
будівництва виконавчого комітету
Полтавської міської ради Володимир ГОДНЯ

**ПОЛТАВСЬКА МІСЬКА РАДА**
ВИКОНАВЧИЙ КОМІТЕТ
УПРАВЛІННЯ КАПІТАЛЬНОГО БУДІВНИЦТВА
вул. Соборності, 36, м. Полтава, 36000, тел. (0532) 56-20-10,
тел./факс (0532) 57-30-91, E-mail: 04057600@mail.gov.ua

18.10.2019 №01-05/02/1291 На № _____ від _____

Довідка

про впровадження результатів дисертаційної роботи Філоненко О.І.

«Динамічні теплові характеристики огороджувальних конструкцій будівель»

Результати дисертаційної роботи «Динамічні теплові характеристики огороджувальних конструкцій будівель» к.т.н., доцента Філоненко Олени Іванівни впроваджено при розробці рекомендацій з подальшої експлуатації та визначенні технічного стану, розроблених за результатами технічного огляду відповідних конструкцій, по об'єкту: Комунальний заклад «Полтавський дошкільний навчальний заклад (ясла-садок) компенсуючого типу №42 «Зайчатко» за адресою: м. Полтава, вул. Короленка, 17б. Для даного об'єкту розроблено рекомендації з підвищення конструктивної та теплової надійності огороджувальних конструкцій.

Начальник управління капітального
будівництва виконавчого комітету
Полтавської міської ради Володимир ГОДНЯ

**ПОЛТАВСЬКА МІСЬКА РАДА**
ВИКОНАВЧИЙ КОМІТЕТ
УПРАВЛІННЯ КАПІТАЛЬНОГО БУДІВНИЦТВА
вул. Соборності, 36, м. Полтава, 36000, тел. (0532) 56-20-10,
тел./факс (0532) 57-30-91, E-mail: 04057600@mail.gov.ua

18.10.2019 №01-03/02/1292 На № _____ від _____

Довідка

про впровадження результатів дисертаційної роботи Філоненко О.І.

«Динамічні теплові характеристики огороджувальних конструкцій будівель»

Результати дисертаційної роботи «Динамічні теплові характеристики огороджувальних конструкцій будівель» к.т.н., доцента Філоненко Олени Іванівни впроваджено при розробці рекомендацій з подальшої експлуатації та визначенні технічного стану, розроблених за результатами технічного огляду відповідних конструкцій, по об'єкту: Полтавська загальноосвітня школа I-III ступенів №4 за адресою: м. Полтава, вул. Шевченка, 19. Для даного об'єкту розроблено рекомендації з підвищення конструктивної та теплової надійності огороджувальних конструкцій.

Начальник управління капітального
будівництва виконавчого комітету
Полтавської міської ради Володимир ГОДНЯ

**ПОЛТАВСЬКА МІСЬКА РАДА**
ВИКОНАВЧИЙ КОМІТЕТ
УПРАВЛІННЯ КАПІТАЛЬНОГО БУДІВНИЦТВА
вул. Соборності, 36, м. Полтава, 36000, тел. (0532) 56-20-10,
тел./факс (0532) 57-30-91, E-mail: 04057600@mail.gov.ua

18.10.2019 №01-03/02/1293 На № _____ від _____

Довідка

про впровадження результатів дисертаційної роботи Філоненко О.І.

«Динамічні теплові характеристики огороджувальних конструкцій будівель»

Результати дисертаційної роботи «Динамічні теплові характеристики огороджувальних конструкцій будівель» к.т.н., доцента Філоненко Олени Іванівни впроваджено при розробці рекомендацій з подальшої експлуатації та визначення технічного стану несучих конструкцій над підвалом та першим поверхом травматологічного відділення «Комунального підприємства «3-ї міської клінічної лікарні Полтавської міської ради» за адресою: в м. Полтава по пл. Слави, 2, розроблених за результатами технічного огляду відповідних конструкцій. Для даного об'єкту розроблено рекомендації з підвищення теплотехнічних характеристик перекриття над холодним підвалом.

Начальник управління капітального
будівництва виконавчого комітету
Полтавської міської ради Володимир ГОДНЯ

**ПОЛТАВСЬКА МІСЬКА РАДА**
ВИКОНАВЧИЙ КОМІТЕТ
УПРАВЛІННЯ КАПІТАЛЬНОГО БУДІВНИЦТВА
вул. Соборності, 36, м. Полтава, 36000, тел. (0532) 56-20-10,
тел./факс (0532) 57-30-91, E-mail: 04057600@mail.gov.ua

18.10.2019 №01-03/02/1297 На № _____ від _____

Довідка

про впровадження результатів дисертаційної роботи Філоненко О.І.

«Динамічні теплові характеристики огороджувальних конструкцій будівель»

Результати дисертаційної роботи «Динамічні теплові характеристики огороджувальних конструкцій будівель» к.т.н., доцента Філоненко Олени Іванівни впроваджено при розробці рекомендацій з подальшої експлуатації конструкції перекриття актового залу комунального закладу «Полтавської спеціалізованої школа І-ІІІ ступенів №3 Полтавської міської ради Полтавської області» за адресою: вул. Вячеслава Чорновола, 4, розроблених за результатами технічного огляду відповідних конструкцій. Для даного об'єкту розроблено рекомендації з відновлення тепловологісного режиму горищного простору та запобігання теплових відмов.

Начальник управління капітального
будівництва виконавчого комітету
Полтавської міської ради Володимир ГОДНЯ

ГРОМАДСЬКА ОРГАНІЗАЦІЯ
«ФОНД ЗАХИСТУ І ПІДТРИМКИ ТАЛАНОВИТИХ ДІТЕЙ»
ІМЕНІ АНАТОЛІЯ КУКОБИ

вул. Європейська, буд. 7, м. Полтава, Україна, 36020
тел.: (0532) 56-17-28, тел./факс: (0532) 60-63-08,
e-mail: gofond-pl@ukr.net

р/р 2600511204,
ПАТ «Полтава-банк»,
МФО 331489, код 13958644

За місцем вимоги

# ДОВІДКА

Громадська організація «Фонд захисту і підтримки талановитих дітей» імені А. Кукоби повідомляє, що результати наукової роботи «Динамічні теплові характеристики огороджувальних конструкцій будівель» к.т.н., доцента Філоненко Олени Іванівни впроваджено у будівництво об'єкту: «Будівництво (спорудження) Центру соціальної підтримки талановитих дітей по проспекту Першотравневий, 21 в м. Полтава», реалізованого у 2018 році. Для даного об'єкту розроблено конструктивні рішення утеплення складних елементів огороджувальних конструкцій будівлі, зокрема суміщеного даху, та проведено розрахунок енергетичної ефективності будівлі.

**Голова ГО** **В. П. Кальник**

**СЕМЕНІВСЬКА СЕЛИЩНА РАДА**
**ПОЛТАВСЬКОЇ ОБЛАСТІ**
вул. Леніна 44А, смт Семенівка, Полтавська область, 38200 тел. (05341) 9-17-51, факс (05341) 9-17-51,
р/р 35417039001301 код ЄДРПОУ 22538295 МФО 831019 ГУДКУ в Полтавській області,
E-mail: Semenivka_sr@ukr.net

06.11.2018 № 02-17/1174 на № _____ від _____

За місцем вимоги

ДОВІДКА

Семенівська селищна рада повідомляє, що результати наукової роботи «Динамічні теплові характеристики огороджувальних конструкцій будівель» к.т.н., доцента Філоненко Олени Іванівни впроваджено у будівництво об'єкту: «Термомодернізація (реконструкція) будівлі спортивної школи по вул. Миру, 11 в смт. Семенівка, Семенівського району Полтавської області», реалізованого у 2018 році. Загальні рекомендації з термомодернізації та запропоновані конструктивні рішення утеплення складних елементів огороджувальних конструкцій будівлі школи дозволили покращити показники мікроклімату приміщень та підвищити клас енергетичної ефективності будівлі.

Заступник Семенівського
селищного голови С.М. Полупан

УКРАЇНА
**КОВАЛІВСЬКА СІЛЬСЬКА РАДА**
**ПОЛТАВСЬКОГО РАЙОНУ ПОЛТАВСЬКОЇ ОБЛАСТІ**
38701, Полтавська область, Полтавський район, село Ковалівка, вулиця Коломацька, 1-а, тел. 69-08-84

Вих. № 1338 від «23» грудня 2019 року

За місцем вимоги

ДОВІДКА

щодо впровадження результатів наукової роботи «Динамічні теплові характеристики огороджувальних конструкцій будівель» к.т.н., доцента Філоненко Олени Іванівни

Результати наукової роботи «Динамічні теплові характеристики огороджувальних конструкцій будівель» к.т.н., доцента Філоненко Олени Іванівни впроваджено при розробці проектно-кошторисної документації об'єкта будівництва: «Реконструкція Ковалівського дошкільного навчального закладу «Зірочка» по вул. Садова, 46а в с. Ковалівка Полтавського району, Полтавської області» (2019 р). Для об'єкта розроблено заходи з термомодернізації будівлі та інженерних систем, запропоновані конструктивні рішення утеплення складних елементів огороджувальних конструкцій та розраховано енергетичний паспорт. Енергоощадні рішення, запропоновані О.І. Філоненко, покращують показники мікроклімату приміщень та підвищують клас енергетичної ефективності будівлі до «С».

Ковалівський сільський голова О.В.Бублик

УКРАЇНА
**КОВАЛІВСЬКА СІЛЬСЬКА РАДА**
ПОЛТАВСЬКОГО РАЙОНУ ПОЛТАВСЬКОЇ ОБЛАСТІ
38701, Полтавська область, Полтавський район, село Ковалівка, вулиця Коломацька, 1-а, тел. 69-08-84

Вих. № 1339 від «23» грудня 2019 року

За місцем вимоги

ДОВІДКА

щодо впровадження результатів наукової роботи «Динамічні теплові характеристики огороджувальних конструкцій будівель» к.т.н., доцента Філоненко Олени Іванівни

Результати наукової роботи «Динамічні теплові характеристики огороджувальних конструкцій будівель» к.т.н., доцента Філоненко Олени Іванівни впроваджено при розробці проектно-кошторисної документації та будівництві об'єкта: «Реконструкція даху громадської будівлі вул. М. Гаврилка, 2 В, с. Ковалівка, Полтавського району, Полтавської області». Заходи, запропоновані О.І. Філоненко, дозволяють відновити тепло-вологісний режим холодного горища та скоротити тепловтрати горищним перекриттям.

Ковалівський сільський голова О.В.Бублик

**ЗАТВЕРДЖУЮ:**
Проректор з наукової та міжнародної роботи Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

Світлана СІВІЦЬКА
«__» _____ 2021 р.

**Довідка**
про впровадження результатів дисертаційної роботи

Ми, директор навчально-наукового інституту архітектури, будівництва та землеустрою, д.е.н., доцент Григорій ШАРИЙ і завідувач кафедри будівництва та цивільної інженерії, д.т.н., професор Олександр СЕМКО склали цей акт про те, що результати дисертаційної роботи Олени ФІЛОНЕНКО на тему «Динамічні теплові характеристики огороджувальних конструкцій будівель» впроваджено в навчальний процес при проведенні лекційних та практичних занять у 2009-2021 рр. з дисциплін «Архітектура будівель та споруд», «Будівельна фізика», «Енергоаудит та енергетична ефективність будівель», «Наукові дослідження в області термомодернізації, ремонту, реконструкції будівель та міської забудови» для студентів спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія», а також у дипломному проектуванні (2010-2020 р.). Також результати роботи було впроваджено у навчальний процес з підготовки до атестації осіб, які мають намір провадити діяльність з енергетичного аудиту будівель (2019-2021 р.).

Ефективність впровадження наукових положень, розроблених здобувачем Оленою ФІЛОНЕНКО виявилась в актуалізації теоретичного курсу та у підвищенні якості навчання студентів-будівельників та енергоаудиторів.

Директор навчально-наукового інституту архітектури, будівництва та землеустрою Національного університету "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка", д.е.н, доцент Григорій ШАРИЙ

Завідувач кафедри будівництва та цивільної інженерії Національного університету "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка", д.т.н., професор Олександр СЕМКО