

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ  
УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ НАУКИ І ТЕХНОЛОГІЙ  
ННІ «ПРИДНІПРОВСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ  
БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ»

Кваліфікаційна наукова  
праця на правах рукопису

ЖЕЛЕЗНЯКОВ ЄГОР ОЛЕГОВИЧ

УДК 697.1:621.178+628.87  
(індекс)

**ДИСЕРТАЦІЯ**

**ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ УМОВ МІКРОКЛІМАТУ ПРИМІЩЕНЬ З УРАХУВАННЯМ  
КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ БУДІВЕЛЬ ПРИ АВАРІЙНИХ  
ВІДКЛЮЧЕННЯХ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ**

263 – Цивільна безпека

263 – Цивільна безпека

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

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

 Железняков Є.О.  
(підпис, ініціали та прізвище здобувача)

Науковий керівник Беліков А.С., доктор технічних наук., професор, завідувач кафедри охорони праці, цивільної та техногенної безпеки ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури» Українського державного університету науки та технологій.

Дніпро – 2025

## АНОТАЦІЯ

*Железняков Є.О.* Забезпечення умов мікроклімату приміщень з урахуванням конструктивних особливостей будівель при аварійних відключеннях теплопостачання. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 263 «Цивільна безпека». – Навчально-науковий інститут «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури» Українського державного університету науки та технологій, Дніпро, 2025.

Дисертацію присвячено забезпеченню умов мікроклімату приміщень з урахуванням конструктивних особливостей будівель при аварійних відключеннях теплопостачання.

Останні події в Україні зумовлюють появу нових напрямів і сфер наукових досліджень. Безпека людини є правом, закріпленим Конституцією України, а також іншими нормативно-правовими актами та документами. Військові дії на території країни вимагають посиленої уваги до питань безпеки не лише у виробничій сфері, а й у повсякденному житті кожного громадянина. Аварійні ситуації та тривалі порушення теплового режиму в приміщеннях і будівлях погіршують умови мікроклімату, подекуди доводячи його показники до критичних меж, що становлять загрозу для життя людей. Особливої значущості ці проблеми набувають на тлі збільшення в Україні кількості аварій у системах теплопостачання, спричинених як високим ступенем зношеності їхньої інфраструктури в цілому, так і надзвичайними обставинами воєнного часу. Отже, дослідження, спрямовані на забезпечення безпеки функціонування систем теплопостачання в умовах аварійних відключень шляхом вивчення закономірностей зміни температурного режиму в приміщеннях, визначення критичної температури та часу роботи систем із врахуванням просторового розміщення приміщень у будівлях і їхніх конструктивних особливостей, є надзвичайно актуальними.

В роботі проведено обґрунтування та розроблено методики проведення досліджень мікроклімату приміщень житлових будівель при виникненні аварійних

ситуацій систем теплопостачання з урахуванням забезпечення відновлення мікроклімату після виконання аварійних робіт. В результаті проведених досліджень встановленні закономірності зміни мікрокліматичних параметрів у приміщенні в залежності від типу зовнішніх огорожувальних конструкцій сучасного будівництва, при аварійних ситуаціях в системах теплопостачання. За результатами роботи встановлено закономірності зміни температури внутрішньої поверхні  $t, ^\circ\text{C}$  у приміщенні в залежності від типу зовнішніх огорожувальних конструкцій сучасного будівництва, при аварійних ситуаціях в системах теплопостачання із урахуванням впливу зовнішніх кліматичних факторів (дія сонячної радіації, дія вітру). Проведені дослідження зміни температури на поверхні конструкцій та температури повітря всередині приміщень дозволяють визначити граничний час проведення аварійних робіт по відновленню мікроклімату та безпечної роботи систем теплопостачання з урахуванням недосягнення критичних температур в приміщеннях.

У **вступі** наведено актуальність теми, мету дослідження, наукову новизну, практичне значення одержаних результатів, особистий внесок здобувача та апробацію результатів досліджень.

У **першому розділі** проведено аналіз сучасного стану системи теплопостачання в Україні. Проаналізовано вплив основних параметрів мікроклімату на організм людини, умови праці та безпеку життєдіяльності в будівлях та спорудах. Наведено данні про вплив конструктивних особливостей будівель і споруд на забезпечення нормальних умов мікроклімату в приміщеннях та тепловий комфорт людини. Розглянуто вплив аварійних режимів при експлуатації теплових систем на безпеку життєдіяльності в приміщенні.

У **другому розділі** описано методику дослідження мікроклімату при виникненні аварійних ситуацій систем теплопостачання з урахуванням конструктивних особливостей будівель і споруд житлового комплексу.

У **третьому розділі** наведені результати теоретичних та експериментальних досліджень мікроклімату при виникненні аварійних ситуацій систем

теплопостачання з урахуванням забезпечення відновлення мікроклімату після виконання аварійних робіт.

У **четвертому розділі** наведені результати визначення динаміки зміни температури внутрішньої поверхні приміщень при аварійних ситуаціях в системах теплопостачання із урахуванням впливу зовнішніх кліматичних факторів та забезпечення відновлення параметрів мікроклімату приміщень.

У **п'ятому розділі** наведені результати визначення динаміки охолодження внутрішнього повітря приміщень при аварійних ситуаціях в системах теплопостачання із урахуванням впливу зовнішніх кліматичних факторів та забезпечення відновлення параметрів мікроклімату приміщень. Показані результати впровадження проведених досліджень у виробній та науковій сфері.

**Ключові слова:** безпека праці, аварійні відключення; мікроклімат; зовнішні кліматичні умови; конструктивні особливості, критичний час.

## СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА

### Наукові праці, які відображають основні результати дисертації

#### *Публікації у наукових фахових виданнях України:*

1. Беліков А.С., Дзюбан О.В., Крекнін К.А., Железняков Є.О. Забезпечення умов мікроклімату в приміщеннях будівель під час аварійних ситуацій у системах теплопостачання. *Металознавство та термічна обробка металів*, 2020. № 3. С. 10–19. DOI: <https://doi.org/10.30838/J.PMNTM.2413.290920.10.664>. URL: <http://srd.pgasa.dp.ua:8080/handle/123456789/4960>.

2 Беліков А.С., І.О. Колесник, Клименко Г.О., Железняков Є.О. До питання визначення критичних умов мікроклімату в приміщеннях у разі порушень роботи системи теплопостачання. *Український журнал будівництва та архітектури*, 2022. № 6. С. 7-13. DOI: <https://doi.org/10.30838/J.BPSACEA.2312.271222.7.906>. URL: <http://srd.pgasa.dp.ua:8080/handle/123456789/9785?locale=uk>.

3. Беліков А. С., Колесник І.О., Железняков Є.О. Дослідження динаміки зміни температури внутрішніх поверхонь огорожувальних конструкцій приміщень сучасних будівель та споруд у разі аварійних відключень теплопостачання.

*Український журнал будівництва та архітектури*, 2023. № 2. С. 29-35.

DOI: <https://doi.org/10.30838/J.BPSACEA.2312.250423.29.927>.

URL:

<http://srd.pgasa.dp.ua:8080/handle/123456789/10476>.

4. Беліков А.С., Колесник І.О., Железняков Є.О., Клименко Г.О. Забезпечення умов мікроклімату з урахуванням конструктивних особливостей будівель та споруд у разі аварійних відключень теплопостачання. *Український журнал будівництва та архітектури*, 2023. № 3. С. 7-13.

DOI: <https://doi.org/10.30838/J.BPSACEA.2312.140723.7.948>.

URL:

<http://srd.pgasa.dp.ua:8080/handle/123456789/10725>.

5. Беліков А. С., Колесник І.О., Железняков Є.О., Рагімов С.Ю., Крекін К.А. Теоретичні дослідження визначення критичних умов мікроклімату при аварійних відключеннях теплопостачання з урахуванням конструктивних особливостей будинків. *Науковий вісник Донецького національного технічного університету*, 2023. № 1(10). С. 8-15. DOI: <https://doi.org/10.31474/2415-7902-2023-1-8-15>.

6. Беліков А.С., Железняков Є.О. Визначення критичних умов мікроклімату та безпеки експлуатації систем теплопостачання при аварійних відключеннях теплопостачання. *Системи управління, навігації та зв'язку*, 2023. №4 (74).

DOI: <https://doi.org/10.26906/SUNZ.2023.4.147>.

URL:

<https://journals.nupp.edu.ua/sunz/article/view/3173>.

7. Беліков А.С., Железняков Є.О. До питання забезпечення умов мікроклімату та безпеки експлуатації систем теплопостачання у випадку аварійних відключень теплопостачання. *Український журнал будівництва та архітектури*, 2023. № 5. С. 96-102. DOI: <https://doi.org/10.30838/J.BPSACEA.2312.241023.96.997> URL:

<http://srd.pgasa.dp.ua:8080/handle/123456789/11640>.

8. Беліков А.С., Железняков Є.О. До питання дослідження критичних умов та безпеки експлуатації систем теплопостачання при аварійних відключеннях теплопостачання. *Український журнал будівництва та архітектури*, 2024, № 6. С. 25-30. DOI: <https://doi.org/10.30838/UJCEA.2312.271224.25.1107> URL:

<http://srd.pgasa.dp.ua:8080/handle/123456789/14462>

***Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:***

9. Железняков Є.О, Беліков А.С. Теоретичні дослідження визначення критичних умов мікроклімату при аварійних відключеннях теплопостачання. Матеріали науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених ПДАБА (27 -28 березня 2023 року, ПДАБА, Дніпро) С. 433-435 URL: <https://pgasa.dp.ua/wp-content/uploads/2023/06/Zbirnyk-tez-Konferentsiyi-studentiv-aspirantiv-molodyh-vchenyh.pdf>

## ABSTRACT

*Zheleznyakov E.O.* Ensuring the microclimate conditions of the premises taking into account the structural features of the buildings during emergency shutdowns of the heat supply – Qualifying scientific work on manuscript rights.

Thesis for a PhD Degree in the specialty 263 – “Civil Safety”. – Educational and Scientific Institute “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture” of Ukrainian State University of Science and Technologies, Dnipro, 2025.

The Thesis is dedicated to ensuring the microclimate conditions of the premises, taking into account the structural features of the buildings during emergency shutdowns of the heat supply.

Recent events in Ukraine have led to the emergence of new directions and areas of scientific research. Human security is a right enshrined in the Constitution of Ukraine, as well as other regulatory legal acts and documents. Military operations in the country require increased attention to security issues not only in the production sector, but also in the everyday life of every citizen. Emergency situations and prolonged violations of the thermal regime in premises and buildings worsen microclimate conditions, sometimes bringing its indicators to critical limits that pose a threat to people's lives. These problems are of particular importance against the background of an increase in the number of accidents in heat supply systems in Ukraine, caused both by the high degree of wear and tear of their infrastructure as a whole and by the extraordinary circumstances of wartime. Therefore, research aimed at ensuring the safe operation of heat supply systems in conditions of emergency shutdowns by studying the patterns of temperature changes in rooms, determining the critical temperature and operating time of systems, taking into

account the spatial arrangement of rooms in buildings and their design features, is extremely relevant.

In the work, the rationale and methods of microclimate studies of the premises of residential buildings in the event of emergency situations of heat supply systems, taking into account the provision of restoration of the microclimate after performing emergency works, have been developed.

As a result of the research, the regularity of changes in microclimatic parameters in the room, depending on the type of external enclosing structures of modern construction, in emergency situations in heat supply systems, was established. According to the results of the work, regularities of changes in the internal surface temperature  $\tau, ^\circ\text{C}$  in the room depending on the type of external enclosing structures of modern construction, in emergency situations in heat supply systems, taking into account the influence of external climatic factors (effect of solar radiation, effect of wind) were established. Conducted studies of changes in temperature on the surface of structures and air temperature inside the premises allow to determine the maximum time for emergency work to restore the microclimate and safe operation of heat supply systems, taking into account the failure to reach critical temperatures in the premises.

In the **introduction**, the relevance of the topic, the purpose of the research, scientific novelty, the practical significance of the obtained results, the personal contribution of the recipient and the approbation of the research results are given.

In the **first** chapter, an analysis of the current state of the heat supply system in Ukraine was carried out. The impact of the main parameters of the microclimate on the human body, working conditions and the safety of life in buildings and structures is analyzed. Data on the impact of structural features of buildings and structures on provision are presented. The impact of emergency modes during the operation of heating systems on the safety of life in the room is considered.

The **second** chapter describes the methodology of microclimate research in the event of emergency situations of heat supply systems, taking into account the structural features of buildings and structures of the residential complex.

The **third** chapter presents the results of theoretical and experimental studies of the microclimate in the event of emergency situations of heat supply systems, taking into account the provision of microclimate restoration after emergency work.

The **fourth** chapter presents the results of determining the dynamics of changes in the temperature of the internal surface of the premises during emergency situations in heat supply systems, taking into account the influence of external climatic factors and ensuring the recovery of the microclimate parameters of the premises.

The **fifth** chapter presents the results of determining the dynamics of indoor air cooling in emergency situations in heat supply systems, taking into account the influence of external climatic factors and ensuring the recovery of the microclimate parameters of the premises. The results of the implementation of the conducted research in the industrial and scientific spheres are shown.

**Keywords:** labor safety, emergency shutdowns; microclimate; external climatic conditions; design features, critical time.

## References

1. Belikov A. S., Dzyuban O. V., Kreknin K. A., Zheleznyakov E. O. Ensuring microclimate conditions in building premises during emergency situations in heat supply systems. *Metal science and heat treatment of metals.* , 2020. № 3. Pp. 10–19. DOI: <https://doi.org/10.30838/J.PMHTM.2413.290920.10.664>. URL: <http://srd.pgasa.dp.ua:8080/handle/123456789/4960>.
2. Belikov A.S. Kolesnyk I.O. G.O. Klymenko Zheleznyakov E.O. On the issue of determining critical microclimate conditions in premises in the event of heat supply system malfunctions. *Ukrainian Journal of Construction and Architecture*, 2022. № 6. Pp. 7-13. DOI: <https://doi.org/10.30838/J.BPSACEA.2312.271222.7.906>. URL: <http://srd.pgasa.dp.ua:8080/handle/123456789/9785?locale=uk>.
3. Belikov A.S. Kolesnyk I.O. Zheleznyakov E.O. Study of the dynamics of changes in the temperature of the internal surfaces of the enclosing structures of the premises of modern buildings and structures in the event of emergency shutdowns of the heat supply.

*Ukrainian Journal of Construction and Architecture*, 2023. № 2. Pp. 29-35.  
DOI: <https://doi.org/10.30838/J.BPSACEA.2312.250423.29.927>. URL:

<http://srd.pgasa.dp.ua:8080/handle/123456789/10476>.

4. Belikov A.S. Kolesnyk I.O. Zheleznyakov E.O. G.O. Klymenko Ensuring microclimate conditions taking into account the structural features of buildings and structures in case of emergency shutdowns of heat supply. *Ukrainian Journal of Construction and Architecture*, 2023. № 3. C. 7-13.  
DOI: <https://doi.org/10.30838/J.BPSACEA.2312.140723.7.948>. URL:

<http://srd.pgasa.dp.ua:8080/handle/123456789/10725>.

5. Belikov A.S. Kolesnyk I.O. Zheleznyakov E.O. Rahimov S.Yu. K. A. Kreknin Theoretical studies of determining the critical conditions of the microclimate during emergency shutdowns of heat supply taking into account the structural features of buildings. *Scientific Bulletin of the Donetsk National Technical University*, 2023. № 1(10). C. 8-15. DOI: <https://doi.org/10.31474/2415-7902-2023-1-8-15>.

6. Belikov A.S. Zheleznyakov E.O. Determination of critical conditions of the microclimate and safety of operation of heat supply systems during emergency shutdowns of heat supply. *Management, navigation and communication systems*, 2023. №4 (74). DOI: <https://doi.org/10.26906/SUNZ.2023.4.147>. URL:

<https://journals.nupp.edu.ua/sunz/article/view/3173>.

7. Belikov A.S. Zheleznyakov E.O. On the issue of ensuring the microclimate conditions and operational safety of heat supply systems during emergency heat supply shutdowns. *Ukrainian Journal of Construction and Architecture*, 2023. № 5. C. 96-102.  
DOI: <https://doi.org/10.30838/J.BPSACEA.2312.241023.96.997> URL:

<http://srd.pgasa.dp.ua:8080/handle/123456789/11640>.

8. Belikov A.S. Zheleznyakov E.O. On the issue of researching critical conditions and operational safety of heat supply systems during emergency heat supply shutdowns. *Ukrainian Journal of Construction and Architecture*, № 6. C. 25-30.  
DOI: <https://doi.org/10.30838/UJCEA.2312.271224.25.1107> URL:

<http://srd.pgasa.dp.ua:8080/handle/123456789/14462>

9. Zheleznyakov E.O, Belikov A.S. Theoretical studies of determining critical microclimate conditions during emergency heat supply outages. *Materials of the scientific and practical conference of students, postgraduates and young scientists of the PSACEA* (March 27-28, 2023, PSACEA, Dnipro) Pp. 433-435 URL: <https://pgasa.dp.ua/wp-content/uploads/2023/06/Zbirnyk-tez-Konferentsiyi-studentiv-aspirantiv-molodyh-vchenyh.pdf>

## ЗМІСТ

|                                                                                                                                                                                                                        |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВСТУП.....                                                                                                                                                                                                             | 15 |
| РОЗДІЛ 1. СТАН ПИТАННЯ. ВПЛИВ МІКРОКЛІМАТУ НА УМОВИ ПРАЦІ<br>ТА БЕЗПЕКУ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ В БУДІВЛЯХ ТА СПОРУДАХ.....                                                                                                    | 21 |
| 1.1. Основні параметри мікроклімату та їх вплив на організм людини.....                                                                                                                                                | 21 |
| 1.2. Вплив конструктивних особливостей будівель і споруд на забезпечення<br>нормальних умов мікроклімату в приміщеннях та тепловий комфорт людини...                                                                   | 29 |
| 1.3. Нормування та засоби контролю параметрів мікроклімату в<br>приміщеннях.....                                                                                                                                       | 35 |
| 1.4. Аварійні режими при експлуатації теплових систем і їх вплив на безпеку<br>життєдіяльності в приміщенні.....                                                                                                       | 38 |
| Висновки за розділом 1.....                                                                                                                                                                                            | 46 |
| РОЗДІЛ 2. МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ МІКРОКЛІМАТУ ПРИ<br>ВИНИКНЕННІ АВАРІЙНИХ СИТУАЦІЙ СИСТЕМ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ З<br>УРАХУВАННЯМ КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ БУДІВЕЛЬ І<br>СПОРУД ЖИТЛОВОГО КОМПЛЕКСУ.....                     | 48 |
| 2.1. Визначення та дослідження зміни $t_v$ , °C температури внутрішньої поверхні<br>огороджувальних конструкцій під час аварійних ситуацій та відключень<br>систем теплопостачання протягом опалювального періоду..... | 56 |
| 2.2. Визначення $\beta_{год}$ коефіцієнту акумуляції теплової енергії для новітніх та<br>несерійних огороджувальних конструкцій.....                                                                                   | 58 |
| 2.3. Визначення та дослідження зміни $t_v(Z)$ , °C очікуваної температури<br>внутрішнього повітря приміщень під час аварійних ситуацій та відключень<br>систем теплопостачання протягом опалювального періоду.....     | 61 |
| 2.4 Визначення $\Delta\theta_{пр}$ , °C різниці між $t_v(Z)$ , °C очікуваною температурою<br>внутрішнього повітря приміщень і $t_v$ , °C температурою внутрішньої поверхні<br>огороджувальних конструкцій.....         | 62 |
| Висновки за розділом 2.....                                                                                                                                                                                            | 62 |
| РОЗДІЛ 3. ТЕОРЕТИЧНІ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ<br>МІКРОКЛІМАТУ ПРИ ВИНИКНЕННІ АВАРІЙНИХ СИТУАЦІЙ СИСТЕМ                                                                                                          |    |

|                                                                                                                                                                                                                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ З УРАХУВАННЯМ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ<br>ВІДНОВЛЕННЯ МІКРОКЛІМАТУ ПІСЛЯ ВИКОНАННЯ АВАРІЙНИХ<br>РОБІТ.....                                                                                                                                                        | 64 |
| 3.1. Дослідження охолодження внутрішніх поверхонь приміщень при<br>аварійному відключенні системи теплопостачання в залежності від типу<br>зовнішніх огорожувальних конструкцій.....                                                                                  | 64 |
| 3.2. Дослідження охолодження внутрішнього повітря приміщень при<br>аварійному відключенні системи теплопостачання в залежності від типу<br>огорожувальних конструкцій.....                                                                                            | 69 |
| 3.3. Визначення коефіцієнту акумуляції теплової енергії $\beta_{\text{год}}$ .....                                                                                                                                                                                    | 72 |
| 3.4. Очікувана температура внутрішнього повітря $t_v(Z)$ , яка встановиться в<br>приміщенні через час $Z$ після порушення нормального теплового режиму.....                                                                                                           | 74 |
| 3.5. Визначення $\Delta\theta_{\text{пр}}$ , °C різниці між $t_v(Z)$ , °C очікуваною температурою<br>внутрішнього повітря приміщень і $t$ , °C температурою внутрішньої поверхні<br>огорожувальних конструкцій.....                                                   | 83 |
| Висновки за розділом 3.....                                                                                                                                                                                                                                           | 87 |
| РОЗДІЛ 4. ВИЗНАЧЕННЯ ДИНАМІКИ ЗМІНИ ТЕМПЕРАТУРИ<br>ВНУТРІШНЬОЇ ПОВЕРХНІ ПРИМІЩЕНЬ ПРИ АВАРІЙНИХ СИТУАЦІЯХ<br>В СИСТЕМАХ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ІЗ УРАХУВАННЯМ ВПЛИВУ<br>ЗОВНІШНІХ КЛІМАТИЧНИХ ФАКТОРІВ ТА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ<br>ВІДНОВЛЕННЯ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ ПРИМІЩЕНЬ..... | 90 |
| 4.1. Дослідження охолодження внутрішніх поверхонь приміщень при<br>аварійному відключенні системи теплопостачання, якщо вплив зовнішнього<br>середовища на будівлі враховує дію сонячної радіації та вітру для випадку<br>вільної розімкненої забудови.....           | 90 |
| 4.2. Дослідження охолодження внутрішніх поверхонь приміщень при<br>аварійному відключенні системи теплопостачання, якщо вплив зовнішнього<br>середовища на будівлі враховує дію сонячної радіації та вітру для випадку<br>щільної забудови.....                       | 95 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                           |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.3. Дослідження охолодження внутрішніх поверхонь приміщень при аварійному відключенні системи теплопостачання, якщо вплив зовнішнього середовища на будівлі враховує дію виключно сонячної радіації для випадку вільної розімкненої забудови.....                                        | 99  |
| 4.4. Дослідження охолодження внутрішніх поверхонь приміщень при аварійному відключенні системи теплопостачання, якщо вплив зовнішнього середовища на будівлі враховує дію виключно сонячної радіації для випадку щільної забудови.....                                                    | 103 |
| 4.5. Дослідження охолодження внутрішніх поверхонь приміщень при аварійному відключенні системи теплопостачання, якщо вплив зовнішнього середовища на будівлі враховує дію виключно вітру.....                                                                                             | 111 |
| Висновки за розділом 4.....                                                                                                                                                                                                                                                               | 115 |
| РОЗДІЛ 5. ВИЗНАЧЕННЯ ДИНАМІКИ ОХОЛОДЖЕННЯ ВНУТРІШНЬОГО ПОВІТРЯ ПРИМІЩЕНЬ ПРИ АВАРІЙНИХ СИТУАЦІЯХ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ІЗ УРАХУВАННЯМ ВПЛИВУ ЗОВНІШНІХ КЛІМАТИЧНИХ ФАКТОРІВ ТА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВІДНОВЛЕННЯ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ ПРИМІЩЕНЬ.....                                       | 117 |
| 5.1. Дослідження температури внутрішнього повітря $t_v(Z)$ , яка встановиться в приміщенні через час $Z$ після порушення нормального теплового режиму, якщо вплив зовнішнього середовища на будівлі враховує дію сонячної радіації та вітру для випадку вільної розімкненої забудови..... | 117 |
| 5.2. Дослідження температури внутрішнього повітря $t_v(Z)$ , яка встановиться в приміщенні через час $Z$ після порушення нормального теплового режиму, якщо вплив зовнішнього середовища на будівлі враховує дію сонячної радіації та вітру для випадку щільної забудови.....             | 125 |
| 5.3. Дослідження температури внутрішнього повітря $t_v(Z)$ , яка встановиться в приміщенні через час $Z$ після порушення нормального теплового режиму, якщо вплив зовнішнього середовища на будівлі враховує виключно дію                                                                 |     |

|                                                                                                                                                                                                                                                                               |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| сонячної радіації для випадку вільної розімкненої забудови.....                                                                                                                                                                                                               | 132 |
| 5.4. Дослідження температури внутрішнього повітря $t_v(Z)$ , яка встановиться в приміщенні через час $Z$ після порушення нормального теплового режиму, якщо вплив зовнішнього середовища на будівлі враховує виключно дію сонячної радіації для випадку щільної забудови..... | 140 |
| 5.5. Дослідження температури внутрішнього повітря $t_v(Z)$ , яка встановиться в приміщенні через час $Z$ після порушення нормального теплового режиму, якщо вплив зовнішнього середовища на будівлі враховує виключно дію вітру                                               | 147 |
| 5.6. Впровадження результатів дослідження.....                                                                                                                                                                                                                                | 155 |
| Висновки за розділом 5.....                                                                                                                                                                                                                                                   | 161 |
| ВИСНОВКИ.....                                                                                                                                                                                                                                                                 | 163 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....                                                                                                                                                                                                                                               | 165 |
| ДОДАТКИ.....                                                                                                                                                                                                                                                                  | 178 |
| Додаток А.....                                                                                                                                                                                                                                                                | 178 |
| Додаток Б.....                                                                                                                                                                                                                                                                | 180 |
| Додаток В.....                                                                                                                                                                                                                                                                | 181 |

## ВСТУП

Події останнього часу в Україні диктують нові напрямки і сфери досліджень. Безпека людини – право, що гарантоване Конституцією України та іншими законодавчими актами і документами. Воєнні дії на території держави спонукають до ще більшої уваги щодо безпеки не тільки у виробництві, а й у буденному житті кожної людини. Аварійні ситуації та значні порушення теплового режиму в приміщеннях і будівлях невизначений час погіршують умови мікроклімату, аж до досягнення його параметрами граничних значень, небезпечних для життя людей. Особливу актуальність ці питання отримують в умовах зростання в Україні чисельності аварійних ситуацій в системах теплопостачання, як внаслідок високого рівня зношеності їх інфраструктури загалом, так і надзвичайних ситуацій воєнного часу. Тому, проведення досліджень із забезпечення безпеки експлуатації систем теплопостачання при аварійних відключеннях через визначення закономірностей зміни температури в приміщеннях, досягнення критичної температури та часу роботи систем теплопостачання із урахуванням просторового розташування приміщень в будівлях та їх конструктивних особливостей є актуальною задачею.

**Актуальність теми. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Питання забезпечення умов мікроклімату житлових будівель в холодну пору року мають виняткову важливість, оскільки їх порушення безпосередньо впливають на здоров'я та життєдіяльності людини та є не тільки складною науково-технічною проблемою, а також першочерговим обов'язком держави перед своїми громадянами. Особливо в умовах зростання чисельності аварійних ситуацій в системах теплопостачання, як внаслідок зростаюче високого рівня зношеності їх інфраструктури загалом, так і надзвичайних ситуацій останнього часу. Як свідчить статистика в Україні в зв'язку з військовими діями та руйнуванням інфраструктури об'єктів встановлено регулювання, щодо відпуску електроенергії для об'єктів та населених пунктів. Такий стан в Україні призводить до значних порушень в підтриманні в нормальному стані життєдіяльності населення та може призвести до непоправних порушень з руйнуванням систем життєдіяльності об'єктів за рахунок виходу систем теплопостачання з ладу.

Тому, проведення досліджень при аварійних відключеннях систем теплопостачання по визначенню закономірностей зміни температури в приміщеннях та досягнення критичної температури та часу роботи систем теплопостачання із урахуванням конструктивних особливостей будівництва житла в Україні є важливим питанням.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційна робота виконана згідно з основними положеннями Закону України «Про охорону праці» від 14.10.1992 р. №2694-ХІІ, «Концепції реформування системи управління охороною праці в Україні», схваленої розпорядженням Кабінету Міністрів України від 12.12.2018 р. №989-р, «Концепції управління ризиками виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру», схваленої розпорядженням Кабінету Міністрів України від 22.01.2014 р. №37-р, «Стратегії національної безпеки України», затвердженої Указом Президента України від 14.09.2020 р. №392/2020, «Енергетичної стратегії України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність»», схваленої розпорядженням Кабінету Міністрів України від 18.08.2017 р. №605-р, «Стратегії енергетичної безпеки», схваленої розпорядженням Кабінету Міністрів України від 04.08.2021 р. №907-р.

Наукові дослідження, викладені в дисертації, виконані згідно з напрямками наукової діяльності кафедри безпеки життєдіяльності Придніпровської державної академії будівництва та архітектури відповідно до тематики плану науково-дослідницьких робіт: «Безпека об'єктів при виникненні надзвичайних ситуацій. Безпека та охорона праці в різних сферах життєдіяльності людини» (№ держреєстрації 0111U006481), «Охорона праці людини при впливі на неї небезпечних та шкідливих факторів виробничого середовища. Безпека життєдіяльності людини при виникненні надзвичайних ситуацій природного та антропогенного середовища» (№ держреєстрації 0116U006038). В усіх роботах рівень участі здобувача – виконавець.

**Мета і завдання дослідження.** Метою дисертаційної роботи є забезпечення умов мікроклімату приміщень при аварійних відключеннях систем теплопостачання із урахуванням конструктивних особливостей будівель та споруд.

Відповідно до поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

1. Провести аналіз стану систем теплопостачання в Україні по забезпеченню умов мікроклімату в приміщеннях і спорудах.
2. Провести обґрунтування та розробити методику проведення досліджень мікроклімату приміщень житлових будівель при виникненні аварійних ситуацій систем теплопостачання з урахуванням забезпечення відновлення мікроклімату після виконання аварійних робіт.
3. З урахуванням аварійних відключень систем теплопостачання провести дослідження по визначенню закономірностей зміни динаміки температур поверхні огорожувальних конструкцій та температури в приміщеннях в залежності від найбільш поширених конструктивних особливостей при будівництві житла в Україні.
4. Провести дослідження по визначенню закономірностей зміни температури поверхні огорожувальних конструкції та температури повітря в приміщеннях при аварійному відключенні теплопостачання з урахуванням впливу зовнішнього середовища (пори року, сонячної радіації, швидкості та напрямку вітру).
5. Враховуючи конструктивні особливості будівель і споруд, які пов'язані з технологічними особливостями будівництва в Україні, провести дослідження по визначенню досягнення критичного часу виходу з ладу систем теплопостачання в наслідок аварій та відключень, що дозволяє прогнозувати час ліквідації аварійних ситуацій в системах теплопостачання та недопущення їх виходу із експлуатації та забезпечення умов безпеки життєдіяльності в приміщеннях.
6. Провести дослідно-експериментальну оцінку одержаних результатів досліджень та впровадити їх на виробництві.

**Об'єкт дослідження.** Вплив процесів теплообміну на мікроклімат приміщень при аварійно-дефіцитних ситуаціях у системах тепlopостачання із урахуванням дії зовнішніх кліматичних факторів.

**Предмет дослідження.** Визначення граничних умов мікроклімату приміщень будівель та споруд та проміжку часу виходу з ладу систем тепlopостачання внаслідок аварій та аварійних відключень.

**Методи дослідження.** Теоретичні та експериментальні дослідження на основі фундаментальних знань у галузі теплових процесів та методик вирішення завдань теплообміну, моделювання динамічних процесів, методу та аналізу випадкових процесів, методів математичної статистики та прогнозу.

**Наукова новизна:**

- вперше для основних сучасних типів житлових будівель в Україні встановлені залежності, які дозволяють прогнозувати зміни температури внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції з урахуванням будівельних конструкцій та матеріалів при відключенні системи тепlopостачання, що дозволяє керувати режимом тепlopостачання для забезпечення необхідних умов мікроклімату в приміщеннях;

- вперше встановлена залежність зміни температури внутрішнього повітря приміщення на температурний градієнт по відношенню до температури внутрішньої поверхні огорожувальних конструкцій, що дозволяє прогнозувати умови мікроклімату в приміщеннях з урахуванням санітарних норм;

- вперше встановлено час досягнення граничних умов мікроклімату та критичний час роботи інженерних мереж для різних типів будівель за різних коефіцієнтів теплоаккумуляції при температурах зовнішнього повітря – холодної п'ятиденки та місяців опалювального періоду;

- проведене теоретичне та практичне обґрунтування забезпечення безпечної експлуатації систем тепlopостачання та умов мікроклімату в житлових приміщеннях при аварійних відключеннях з урахуванням конструктивних особливостей будівництва житла в Україні.

**Практичне значення.** Розроблено методику проведення досліджень мікроклімату приміщень житлових будівель при виникненні аварійних ситуацій систем теплопостачання з урахуванням забезпечення відновлення мікроклімату після виконання аварійних робіт. Практичне впровадження отриманих під час досліджень результатів дозволить оптимізувати діяльність ремонтно-рятувальних служб під час аварійних відключень систем теплопостачання.

**Особистий внесок.** Автором дисертації сформульовано мету, завдання досліджень, наукові положення та висновки. У публікаціях (додаток А) повною мірою викладено матеріал дисертаційної роботи. В усіх опублікованих працях Железнякова Є.О. викладено основні результати теоретичних та практичних досліджень. Особистий внесок у них автора відповідає високому рівню дослідницької діяльності. Результати дисертації використані у навчальному процесі Придніпровської державної академії будівництва та архітектури, у частині розрахунку умов мікроклімату в приміщеннях під час опалювального періоду з урахуванням пори року та виникнення відключень систем теплопостачання. Запропонована методика розрахунку дозволяє визначити час досягнення допустимих та критичних умов мікроклімату в приміщеннях при відсутності опалення, визначити клас умов праці.

Результати дисертаційних досліджень щодо визначення небезпечних факторів застосовуються при викладанні та проведенні практичних робіт з дисципліни «Організаційно-технічне забезпечення атестації та паспортизації робочих місць в галузі».

Результати дисертації були впроваджені в період з 12.01.2023 по 17.03.2023 на комунальному підприємстві "Теплоенерго" Дніпровської міської ради. Впровадження було проведено на об'єкті: житловий будинок за адресою м. Дніпро, вул. С. Бандери, 13, квартири двух- та трьохкімнатні. Запропонована методика дозволила визначити для обраного варіанту будівлі очікувану температуру внутрішнього повітря, котра встановиться в приміщенні через час після порушення нормального теплового режиму при аварійних відключеннях систем теплопостачання.

Проведенні дослідно-промислові випробування дозволили при дефіцитах теплової енергії теплопостачальним організаціям підвищити надійність забезпечення встановленої мінімально допустимої температури внутрішнього повітря в приміщеннях, а також не допустити досягнення критичних температур та збільшити час живучості систем теплопостачання, за рахунок впровадження комплексної системи автоматизованого контролю та управління параметрами мікроклімату приміщень при аварійно-дефіцитних ситуаціях в системах теплопостачання.

Впровадження запропонованої у дисертаційній роботі методики дозволяє прогнозувати час досягнення критичних температур у приміщеннях при відключенні систем теплопостачання, дає соціальний ефект за рахунок запобігання виходу з ладу систем теплопостачання і забезпеченні умов мікроклімату.

**Апробація результатів роботи.** Основні положення та результати наукових досліджень доповідались на: IV Науково-практична конференція студентів, аспірантів і молодих вчених ПДАБА ( 27 березня 2023 року, Дніпро, ПДАБА).

**Публікації.** За темою дисертації опубліковано 8 наукових праць, з яких: 8 у наукових фахових виданнях, рекомендованих МОН України.

**Структура і об'єм роботи.** Дисертаційна робота викладена на 186 сторінках друкованого тексту, складається зі вступу, 5 розділів, загальних висновків, списку використаних джерел та 3 додатків. Обсяг основного тексту дисертації складає 163 сторінок. Робота ілюстрована 60 таблицями, 87 рисунками. Список використаних джерел містить 96 іменувань, з яких 56 кирилицею та 40 латиницею.

## РОЗДІЛ 1

### СТАН ПИТАННЯ. ВПЛИВ МІКРОКЛІМАТУ НА УМОВИ ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКУ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ В БУДІВЛЯХ ТА СПОРУДАХ

#### 1.1 Основні параметри мікроклімату та їх вплив на організм людини

Питання забезпечення умов мікроклімату житлових будівель в холодну пору року мають виняткову важливість, оскільки їх порушення безпосередньо впливають на здоров'я та життєдіяльності людини та є не тільки складною науково-технічною проблемою, а також першочерговим обов'язком держави перед своїми громадянами. Особливо в умовах зростання чисельності аварійних ситуацій в системах теплопостачання, як внаслідок зростаюче високого рівня зношеності їх інфраструктури загалом, так і надзвичайних ситуацій останнього часу. Як свідчить статистика в Україні в зв'язку з військовими діями та руйнуванням інфраструктури об'єктів встановлено регулювання, щодо відпуску електроенергії для об'єктів та населених пунктів. Такий стан в Україні призводить до значних порушень в підтриманні в нормальному стані життєдіяльності населення та може призвести до непоправних порушень з руйнуванням систем життєдіяльності об'єктів.

Дослідженню зміни параметрів мікроклімату в приміщеннях будівель та споруд різного призначення присвячено багато праць (В.Н. Богословський, О. Фангер, Л. Банхиді та ін.) [1 - 5].

Зниження теплостійкості різних будівель, а також їх охолодження в холодний період, обумовлене, у тому числі аварійними та дефіцитними ситуаціями в системах теплогазопостачання, може призвести до ряду досить несприятливих явищ, що порушують тепловий режим і, безумовно, комфорт у приміщеннях, а в деяких випадках до дуже шкідливих наслідків для здоров'я людини та збереження будівлі[6-24]. Відомо, що умови внутрішнього середовища, що впливають на тепловий обмін людини з її оточенням – мікроклімат – визначаються поєднанням температури, відносної вологості та швидкості руху повітря разом із температурою оточуючих людину поверхонь та інтенсивністю теплового (інфрачервоного) випромінювання.

В опалюваних будівлях при нормованих в Україні термічних опорах огорожувальних конструкцій, температурах поверхні опалювальних приладів та вентиляційних витратах повітря теплові потоки від поверхонь, що нагріваються та охолоджуються, а також параметри швидкості внутрішнього повітря та вологості повинні зберігатися на рівні гігієнічних вимог [6-13, 25-30]. Внаслідок чого взаємопов'язані температури внутрішнього повітря та огорожувальних конструкцій зумовлюють узагальнений показник мікроклімату – температуру приміщення.

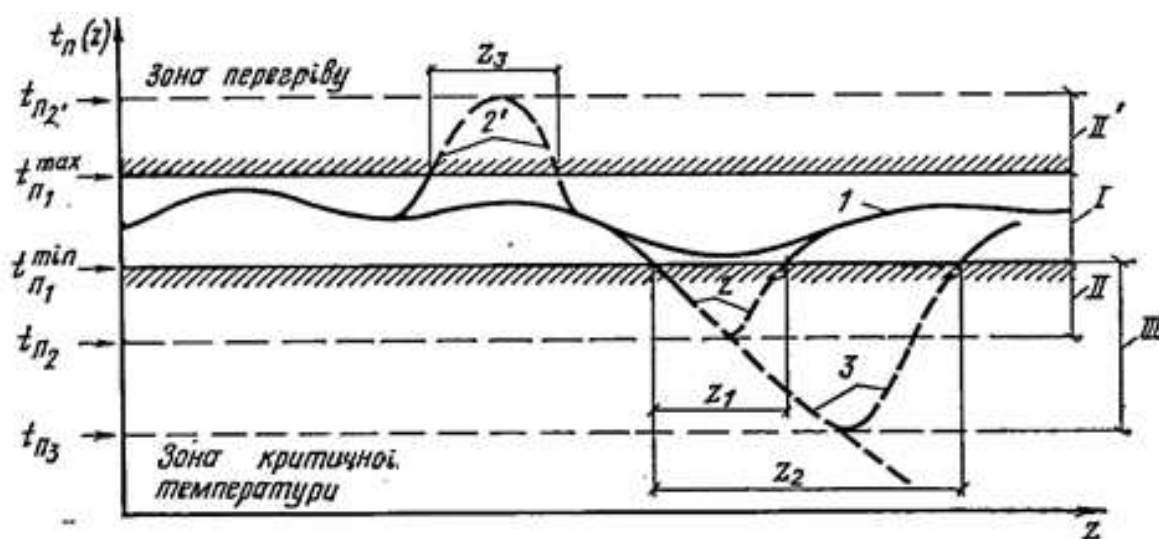


Рис. 1.1. Зони, що визначають задані температурні умови приміщень, котрі обігріваються: 1 – комфортна; 2, 2' – допустима при поодиноких відхиленнях протягом опалювального сезону; 3 – допустима при можливому відхиленні 1 раз на кілька років.

Дійсно, коливання температури приміщення у певному порівняно вузькому діапазоні не змінюють комфортного тепловідчуття основної маси людей (рис. 1.1., зона I). Також як було визначено у [2, 6-13], для більшості випадків ми можемо пред'являти менш жорсткі вимоги до теплових умов. Причому припустимі теплові умови хоч і викликають деякі суб'єктивні відхилення від відчуття теплового комфорту, є фізіологічно обґрунтованими. Тому відхилення внутрішньої температури за межі комфортної зони, регламентовані за величиною та тривалістю, а також частоти самих відхилень, допустимі та характеризують лише менший ступінь теплового комфорту навколишнього середовища (зони II, II'). У дуже рідкісних випадках (приблизно раз на кілька років) можуть бути допущені ще більш

суттєві відхилення – внутрішньої температури, які відповідають допустимому тепловому стану людей [31-42], які тривалий час перебувають у приміщенні (зона III).

Зниження температури за межі III зони (див. рис. 1.1) неприпустимо не лише з гігієнічним умовам, а й унаслідок створення аварійних ситуацій до роботи систем водопостачання і каналізації, і систем роботи устаткування, в тому числі – ліфтів [20-25]. Такі відхилення температури слід розглядати як критичні, що становлять загрозу повної відмови у використанні будівлі за своїм призначенням.

Цілям оцінки ефективності витрат теплової енергії на опалення є допустимі відхилення температури в межах або вище межі зони II'. Забезпечення теплового режиму будівель передбачає гарантовану підтримку заданих теплових умов.

Зовнішній клімат, теплофізичні властивості конструкцій будівлі, що захищають, теплоінерційні властивості нагрівального приладу, режим подачі теплової енергії на опалення, реакція людини на теплові умови, побутові джерела теплонадходжень і т. д. – неповний перелік впливів різної природи, що обумовлюють тепловий режим будівлі.

Вплив мікрокліматичних факторів на стан людини всередині приміщення носить постійний характер, однак інтенсивність цього впливу може створити різні типи мікрокліматичних умов в приміщенні. Таким чином параметри мікроклімату можуть діяти, як по одинці так і комплексно. Однак найчастіше в умовах реальної експлуатації будівель та їх систем ОВК доводиться стикатися з комплексним впливом різних факторів на параметри мікроклімату. Необхідно пам'ятати, що пристосування організму людини до певних умов довкілля завжди є комплексним процесом і особливо складно він реагує на сумісну дію різноманітних факторів [1-16, 43, 44].

За ступенем впливу на самопочуття людини, її працездатність мікрокліматичні умови підрозділяються на оптимальні, допустимі, шкідливі і небезпечні [6-10].

Оптимальні мікрокліматичні умови характеризуються такими параметрами показників мікроклімату, які при їх одночасному впливі на людину протягом робочої зміни забезпечують збереження теплового стану організму. У цих умовах

напруга терморегуляції мінімально, загальні та/або локальні дискомфортні тепловідчуття відсутні, що є передумовою збереження високої працездатності [6-10, 45-50].

Допустимі мікрокліматичні умови характеризуються такими параметрами показників мікроклімату, які при їх одночасному впливі на людину протягом робочої зміни можуть викликати зміну теплового стану. Це призводить до помірної напруги механізмів терморегуляції, незначним дискомфортом загальним і/або локальним тепловідчуття. При цьому зберігається відносна термостабільність, може мати місце тимчасове (протягом робочої зміни) зниження працездатності, але не порушується здоров'я (протягом усього періоду трудової діяльності) [1-5, 49-54].

Шкідливі мікрокліматичні умови - параметри мікроклімату, які при їх одночасному впливі на людину протягом робочої зміни викликають зміни теплового стану організму: виражені загальні та/або локальні дискомфортні тепловідчуття, значне напруження механізмів терморегуляції, зниження працездатності та призводить до порушень безпеки технологічних процесів [6-10, 55-57]. При цьому не гарантується термостабільність організму людини і збереження його здоров'я в період трудової діяльності, і після її закінчення. Ступінь шкідливості мікроклімату визначається як величинами його складових, так і тривалістю їх впливу на працюючих (безперервно і сумарно за робочу зміну, за період трудової діяльності).

Екстремальні (небезпечні) мікрокліматичні умови - параметри мікроклімату, які при їх одночасній дії на людину навіть протягом нетривалого часу (менше 1 год) викликають зміну теплового стану, що характеризується надмірним напруженням механізмів терморегуляції, що може призвести до порушення стану здоров'я і виникнення ризику смерті та порушення безпеки працюючих [6-10, 57-60].

За температурною характеристикою мікроклімат поділяють на нагрівальний та охолоджуючий [6-10].

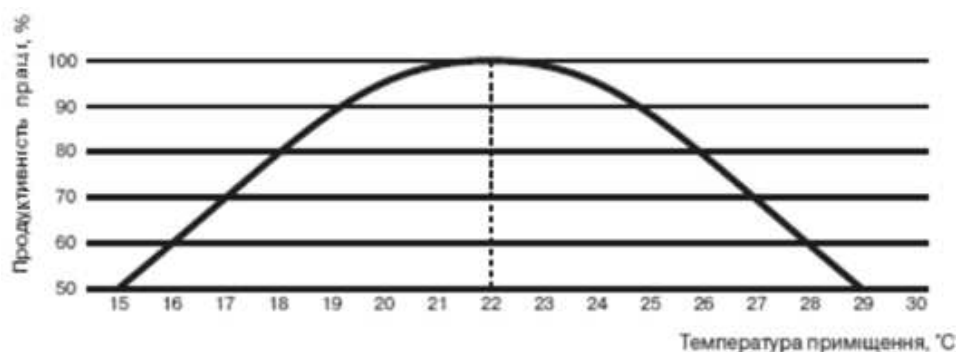


Рис.1.2. Вплив температури приміщення на продуктивність праці людини

Нагрівальним мікрокліматом є таке поєднання температури повітря, вологості, швидкості руху, інфрачервоного випромінювання за якого спостерігається порушення теплообміну людини з навколишнім середовищем, виражене накопиченням тепла в організмі вище верхньої межі оптимальної величини ( $>0,87$  кДж/кг) та/або збільшення частки втрати тепла під час роботи потових залоз ( $>30\%$ ) в загальній структурі теплового балансу, появою загальних або локальних дискомфортних тепловідчуттів (трохи тепло, тепло, спекотно) [18-24, 60-67].

Дискомфортні тепловідчуття, що є викликаними нагрівальним мікрокліматом, в залежності від ступеня цього дискомфорту, віку людини та ряду інших факторів, може призвести до виникнення гострої або хронічної форми теплової патології серцево-судинної, центральної нервової та/або дихальної системи, хронічної гіпертермії [2, 5, 68-73]. Хронічна гіпертермія може виникати при тривалому перебуванні, особливо під час роботи, в мікрокліматі з температурою повітря 26-28 °C, високою вологістю (понад 80%) і швидкістю руху повітря менше 0,3 м/с. Хронічна гіпертермія сприяє виникненню хронічних гіпоксичних станів, посилює перебіг наявних хронічних захворювань. Це, зокрема, проявляється порушенням водно-сольового обміну, збільшенням навантаження на серцевий м'яз, гіпертрофією (дистрофією) міокарду, ураженням запального і трофічного характеру судин нижніх кінцівок (облітеруючий ендартерійт, обумовлений ангіоспазмом), збільшенням навантаження на сечовидільну систему, зниженням працездатності та порушень безпеки праці [7, 9, 11, 70-75].

Охолоджувальним мікрокліматом є таке поєднання температури повітря, вологості, швидкості руху, інфрачервоного випромінювання за якого відбувається зміна теплообміну організму, котра призводить до появи загального або локального дефіциту тепла в організмі ( $>0,87$  кДж/кг) внаслідок зниження температури «ядра» та/або «оболонки» тіла (температура «ядра» і «оболонки» тіла відповідно температура глибоких та поверхневих шарів тканин організму).

В умовах низької температури повітря виникає небезпека переохолодження організму внаслідок посиленої тепловіддачі. В результаті чого часто виникають загострення захворювань органів дихання (риніт, бронхіт, плеврит, пневмонія), м'язово-суглобового апарату (міозит, артрит) та периферичної нервової системи (міалгія, ревматизм, неврит, радикуліт та ін.) [2-18, 57, 74-84].

Особливо шкідливі різкі коливання (зниження) температури, до яких організм не завжди встигає пристосуватися. Вони, перш за все, небезпечні для осіб, які страждають вадами серця, склерозом судин, хворобами нирок. Слід зазначити, що різке короткочасне охолодження всього тіла, (якщо за ним відразу ж слідує зігрівання), менш небезпечне, ніж порівняно слабке, але тривале охолодження його окремих частин. При загальному охолодженні відчуття холоду негайно доходить до центральної нервової системи, і у відповідь на це вступають в дію всі захисні механізми, тоді як "локальне охолодження", особливо у розігрітих людей, може залишитися непоміченим і, внаслідок бездіяльності терморегуляторного апарату, викликати місцеві патологічні зміни.

В [6-16] зазначається, що в умовах побуту мінімально можливе значення температури приміщення  $\approx 14^{\circ}\text{C}$  забезпечується при врівноваженні теплопродукції людини та її тепловіддачі. Це відповідає максимальному утепленню одягу  $\approx 15$  КЛО (термічний опір одягу вимірюється в так званих одиницях КЛО:  $1 \text{ КЛО} = 0,155 (\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})/\text{Вт}$ ). Для умов України ця температура може бути  $\approx 13^{\circ}\text{C}$ . Практичне значення має регламентація тривалості некомфортних станів у приміщеннях масової забудови. Звісно, що вона повинна бути більш жорсткою для умов знаходження температури в діапазоні, близькому до мінімально допустимого. Підставою для такої регламентації може бути висновок гігієністів, які вважають

допустимими зниження температури повітря в житлових приміщеннях на  $\approx 4^{\circ}\text{C}$  (від рівня розрахункової) протягом трьох діб (для умов України  $\approx$  на  $5^{\circ}\text{C}$ ).

Проведений нами аналіз свідчить, що охолодження огорожувальних конструкцій нижче температури точки роси, у тому числі при відключенні системи опалення або дефіцитному теплопостачанні, може призвести до конденсації водяної пари на внутрішній поверхні та всередині конструкцій. Збільшення вмісту вологи в будівельних конструкціях з багатьох причин є несприятливим фактором. Насамперед погіршуються технологічні властивості будівельних конструкцій. Вологі конструкції є сприятливим середовищем для появи та росту плісняви, грибка та різних мікроорганізмів. Ймовірно, що підвищення вологості може погіршити умови зберігання різних предметів і виробів, котрі знаходяться у приміщенні, знизити їх властивості, якості тощо. Вологість також впливає на термін служби будівельних конструкцій. Відомо, що морозостійкість будівельних матеріалів зменшується зі збільшенням вмісту в них вологи [36-41, 80-88].

Конденсація водяної пари на внутрішній поверхні і всередині конструкцій може відбуватися також при локальному зниженні температури нижче температури точки роси. Особливо часто конденсація водяної пари відбувається в кутах приміщення, на залізобетонних перемичках, колонах, металевих рамках тощо; тобто на поверхнях теплопровідних включень (так званих) "містків холоду" [39-41, 85-96].

Якщо водяні пари не конденсуються на внутрішній поверхні конструкцій, це ще не означає, що неможлива конденсація всередині них. Водяні пари, що містяться в повітрі, проникають у пористі матеріали, і це впливає на їхній парціальний тиск в окремих місцях конструкцій. Однак повітря може містити тільки певну (максимальну) кількість водяної пари, що називається станом повного насичення. При певних теплотехнічних і дифузійних властивостях конструкції в деяких її місцях настає стан повного насичення повітря водяними парами. Подальше насичення водяними парами призводить до їх конденсації, а за негативної температури цей конденсат перетворюється на кристали льоду.

Відносна вологість повітря умовно вважається комфортною в межах від 30% до 60%. Однак не у всьому цьому діапазоні комфортна вологість є здоровою. Ризик

простудних захворювань та грипу значно нижчий, якщо відносна вологість повітря знаходиться у вузьких межах – від 40% до 60%. З цієї точки зору підтримання відносної вологості, що дорівнює 50%, є оптимальним [2, 13].



Рис. 1.3. Залежність ризику нежиттю та грипу від вологості

Згідно проведених досліджень [1, 2, 5, 37, 39-41] встановлено, що рух повітря може призвести до відчуття холоду за нормальної температури. Воно сприяє локальному охолодженню окремих ділянок тіла та негативно позначається на здоров'ї. У приміщеннях не повинно бути протягів, створюваних системами припливно-витяжної вентиляції. Повітря рухається по повітроводах зі швидкістю від одного до кількох метрів за секунду. Потрапляючи до приміщення, воно різко знижує свою швидкість. При низькій рухливості повітря навколо тіла людини утворюється тонка повітряна оболонка, що має високу температуру і насичена водяною парою. В результаті ускладнюється тепло- і вологообмін з навколишнім повітрям. Мінімальна рухливість повітря, що руйнує цю оболонку, за даними різних авторів, становить 0,05-0,1 м/с [1, 2, 25-27].

Надмірна рухливість повітря викликає відчуття протягу. Через охолоджувальну дію повітря, котре рухається, порушується теплосприйняття шкірного покриву, причому як тільки ефект охолодження перевищить деяке критичне значення, судини починають звужуватися. Найбільш схильні до дії протягу потилиця і щиколотки, при цьому рухливість повітря обмежена 0,15 м/с.

Таким чином порушення підтримання нормальних параметрів мікроклімату призводить до цілої низки професійних захворювань та впливає на безпеку праці працівників.

## 1.2. Вплив конструктивних особливостей будівель і споруд на забезпечення нормальних умов мікроклімату в приміщеннях та тепловий комфорт людини

Логіка розвитку сучасного будівництва та архітектури багато в чому є результатом прагнення забезпечити гармонію між оточуючим будинок природним середовищем та мікрокліматом у приміщеннях.

Будівля є складною архітектурно-конструктивною системою з різноманіттям складових елементів огорожувальних конструкцій та інженерного обладнання, в яких протікають різні за фізичною суттю процеси поглинання, перетворення та перенесення теплоти. Під дією різниці температур зовнішнього та внутрішнього повітря та сонячної радіації приміщення через огорожувальні конструкції в зимовий час втрачає, а в літнє отримує теплоту. Гравітаційні сили, дія вітру і вентиляція створюють перепади тисків, що призводять до перетікання повітря між сполученими приміщеннями та його фільтрації через пори матеріалів і нещільності огорож. Атмосферні опади, вологовиділення в приміщеннях, різниця вологості внутрішнього та зовнішнього повітря призводять до вологообміну через огороження, під впливом якого можливе зволоження матеріалів та погіршення їх теплозахисту. Зовнішні огорожувальні конструкції захищають приміщення від несприятливих впливів клімату, в той час як сумісна робота систем опалення, вентиляції та кондиціювання повітря забезпечують у приміщенні протягом усього року оптимальні/допустимі параметри внутрішнього середовища [14-17].

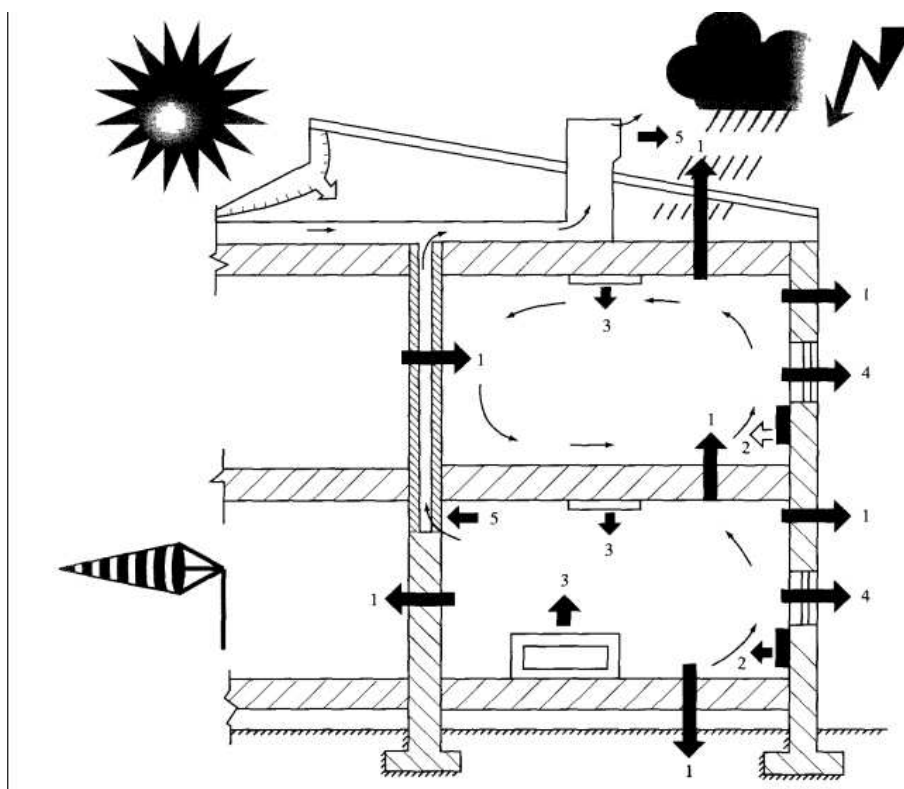


Рис. 1.4. Вплив різних факторів на мікроклімат будівлі: 1 – тепловтрати або теплонадходження через огорожувальні конструкції (стіни, покриття, перекриття і т. д.), 2 – тепловиділення від опалювальних приладів, 3 – теплонадходження від технологічного обладнання, 4 – тепловтрати або теплонадходження через заповнення світлового 5 – тепловтрати за рахунок повітрообміну

Показники клімату виявляють взаємні – позитивні та негативні – кореляції при зміні умов зовнішнього середовища. Відомо, що інтенсивність сонячної радіації, швидкість і напрям вітру, температура зовнішнього повітря змінюються в широких межах залежно від географічного положення, орографії, мікрорельєфу місцевості та пори року. Вплив зовнішнього клімату на огорожувальні конструкції будівлі доцільно характеризувати метеорологічним градієнтом, який враховує напрям, величину та повторюваність показників зовнішнього клімату. Статистична обробка зовнішнього клімату як сукупності залежних (або незалежних) випадкових величин показує, що в кожній місцевості для окремих характерних періодів часу має місце свій метеорологічний градієнт, котрий створює спрямований вплив на формування мікроклімату по-різному орієнтованих приміщень. На рис. 1.5 наведено добові суми прямої сонячної радіації на різноорієнтовані поверхні для 35° пн.ш. Розгляд графіків

зміни добових сум прямої сонячної радіації показує, що ці значення суттєво змінюються у річному циклі, маючи обернено пропорційну залежність, наприклад, для східної та південної орієнтації [23-27].

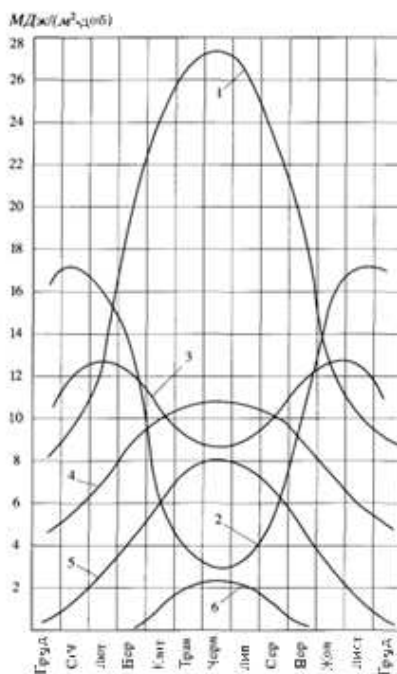


Рис. 1.5 Добові суми прямої сонячної радіації на різні орієнтовані поверхні для 35° п.ш. 1 – горизонтальна площина, 2-6 – вертикальні площини, звернені на 2 – південь, 3 – південний схід або південний захід, 4 – схід або захід, 5 – північний схід або північний захід, 6 – північ

Особливе значення має та обставина, що кількісний вплив сонячної радіації та вітру на мікроклімат приміщення залежить як від орієнтації та габаритів будівлі, так і від розташування приміщення у будівлі (перший, середній, чи останній поверх) [25, 33-37].

Згідно проведених досліджень [6, 9, 41] встановлено, що зміна умов мікроклімату призводить до автоматичного пристосування температурного і вологісного стану шкіри людини внаслідок дії системи терморегуляції організму, але кожен організм індивідуальний. Теплові відчуття в більшій чи меншій мірі відрізняються від нормативних середньостатистичних показників мікроклімату в приміщенні. Таке положення обумовлюється строгою індивідуальністю кожної людини. Тому при виділенні факторів у окремі класифікаційні групи необхідно чітко розуміти, що при їх зовнішній схожості їх вплив на людину може призводити

до похибок у визначення інтервалу значень параметрів мікроклімату, які є комфортними для більшої частини присутніх людей [7, 11, 23].

Суб'єктивний стан психологічного тепловідчуття людини оцінюють наступною шкалою (табл.1.1) значень PMV:

Табл. 1.1

Шкала оцінювання психологічного тепловідчуття людини

| Тепловідчуття     | Оцінка |
|-------------------|--------|
| Жарко             | +3     |
| Тепло             | +2     |
| Злегка тепло      | +1     |
| Нормально         | 0      |
| Злегка прохолодно | -1     |
| Прохолодно        | -2     |
| Холодно           | -3     |

Ці показники використовують разом із нормованими параметрами мікроклімату для оцінки працездатності системи опалення або кондиціювання повітря в залежності від виду діяльності, що виконується працівниками. Зокрема для осіб, що здійснюють свою діяльність в приміщеннях житлових будинків залежність комфортної температури приміщення від різних видів діяльності можна побачити на рис. 1.6 [16].

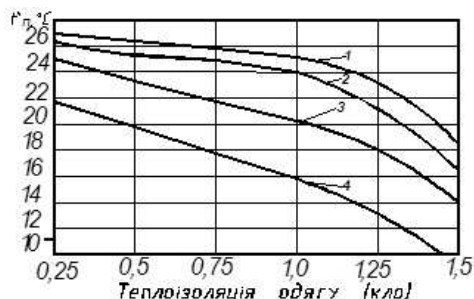


Рис. 1.6. Залежність комфортної температури приміщення від різних видів діяльності людини (теплопродукції, Вт/м²) і ступеня утеплення його одягу (за даними П.О.Фангера): 1 – стан спокою; 2 – те ж саме, сидячи або стоячи; 3 – звичайна домашня робота; 4 – важка домашня робота.

Забезпечення комфортних або допустимих параметрів мікроклімату приміщення залежить від цілого ряду чинників (тяжкості виконуваних робіт, періоду року) і відповідно їх значення регламентуються ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень».

Комплексну оцінку стану мікроклімату при застосовуються параметрах можна провести за величиною еквівалентно-ефективної температури рис. 3 (поєднання трьох параметрів мікроклімату) [2, 13, 14]. Їх поєднання може створювати комфортні або дискомфортні мікрокліматичні умови, які визначають самопочуття, здоров'я і працездатність людини на виробництві і в побуті [2, 12, 14].

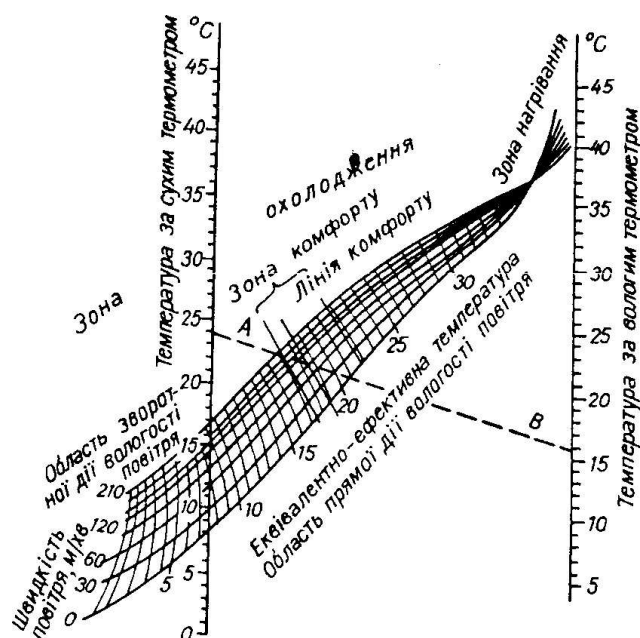


Рис. 1.7. Номограма мікрокліматичних параметрів в робочій зоні

Зовнішнє середовище впливає на теплові параметри мікроклімату через огорожувальні конструкції. При визначенні умов мікроклімату важливо враховувати зовнішні фактори. Знаючи параметри зовнішнього середовища, теплоакумуючу здатність огорожувальних конструкцій, можна оптимізувати кількість і якість теплової енергії необхідної для підтримки всередині будівлі оптимальних параметрів мікроклімату.

Таким чином, теплофізичні характеристики огорожувальних конструкцій та місце розташування приміщення всередині будівлі мають значний, якщо не вирішальний, вплив на умови мікроклімату. Так, кутове приміщення буде завжди

мати тепловтрати більші, ніж приміщення всередині будівлі. Тому, для забезпечення оптимальних (допустимих) мікрокліматичних умов всередині кутового приміщення необхідно докладати більше зусиль і у разі виникнення аварійної ситуації в системах теплопостачання погіршення умов мікроклімату в такому приміщенні буде відбуватися значно швидше.

Показники теплопровідності, термічного опору, паро проникнення і теплотривкості будівельних матеріалів огорожувальних конструкцій відіграють велику роль визначення стратегії підтримки оптимальних (допустимих) мікрокліматичних умов.

Згідно проведеного аналізу [1, 2, 24-33] в Україні в житловому будівництві застосовуються різні матеріали, конструкції та технології, що визначає теплофізичні характеристики конструкцій, в тому числі їх теплотривкість

Під теплотривкістю приміщення розуміється його властивість зберігати відносну сталість температури при коливаннях зовнішніх теплових впливів або тепловіддачі опалювальних приладів. Бажана висока теплотривкість конструкції для зменшення коливання температури, тим самим це впливає на зменшення теплового навантаження на системи забезпечення параметрів мікроклімату.

Теплопоглинання та теплосасвоєння є показниками теплотривкості приміщень при періодичному характері теплових впливів. Якщо теплові впливи неперіодичні, то за такий показник приймають коефіцієнт акумуляції теплоти будівлею. Цей показник визначається натурними випробуваннями [1, 5, 7, 19].

Зниження теплотривкості різних будівель, а також їх охолодження в холодний період, обумовлене, також аварійними і дефіцитними ситуаціями в системах теплогазопостачання, може привести до ряду досить несприятливих явищ, які порушують тепловий режим в приміщеннях, порушують гігієнічні умови, що впливає на збереження будівлі, та може привести до виникнення критичних умов при експлуатації систем теплопостачання.

### 1.3. Нормування та засоби контролю в приміщеннях

В основу принципів нормування параметрів мікроклімату покладено диференційну оцінку оптимальних та допустимих метеорологічних умов у робочій зоні в залежності від категорії робіт, періоду року та виду робочих місць.

Найбільший вплив на людину здійснюють чинники, пов'язані з тепловідчуттям, до яких відносяться: температура внутрішнього повітря  $t, ^\circ\text{C}$ , відносна вологість повітря  $\varphi, \%$ , швидкість повітряного потоку  $v, \text{M}/\text{c}$ , їх розподіл в об'ємі приміщення і в часі, а також температура поверхонь, звернених всередину приміщення  $\tau_{\text{рад}}, ^\circ\text{C}$ . З перерахованих вище факторів, пов'язаних з тепловідчуттям, нормуються [1, 3-10, 44] лише перші три.

При санітарно-гігієнічному нормуванні умов мікроклімату відповідно нормативу ДСН 3.3.6.042-99 виділяють два періоду року: теплий і холодний. Холодний період року характеризується середньодобовою температурою зовнішнього повітря  $+10^\circ\text{C}$  і нижче. Теплий період року – температурою понад  $+10^\circ\text{C}$ .

Комплексну оцінку стану мікроклімату виробляють за величиною еквівалентно-ефективної температури, тобто такої температура повітря, яка відповідає певному поєднанню трьох параметрів мікроклімату (температури, вологості та швидкості руху повітря) з суб'єктивними тепловими відчуттями людини. Їх поєднання може створювати комфортні або дискомфортні мікрокліматичні умови, які ведуть до перегріву або переохолодження організму.

Велике значення при забезпеченні контролю за мікрокліматом в приміщенні мають теплотехнічні характеристики його огорожувальних конструкцій. Адже огорожувальні будівельні конструкції є бар'єром на шляху поширення і передачі тепла. Тому теплотехнічні характеристики застосовуваних будівельних матеріалів в огорожувальних конструкціях зажадають значну кількість енергії від теплоносіїв, що в кінцевому підсумку визначає температуру на їх поверхні і температуру повітря в приміщенні.

В даний час існують різні методи оцінки і контролю теплотехнічних характеристик будівельних матеріалів. Розрізняють дві великі групи методів визначення теплотехнічних характеристик: стаціонарні і нестаціонарні [26, 48, 58].

При визначенні теплотехнічних характеристик стаціонарним методом тепловий потік проходить через досліджуване тіло в момент проведення вимірювання і при цьому зберігається постійним по величині і напрямку [27].

Стаціонарні умови теплопередачі характеризуються сталістю в часі величини теплового потоку і температури огорожі. При стаціонарному режимі теплопередачі всі теплотехнічні розрахунки досить прості. Тому зазвичай при теплотехнічних розрахунках зовнішніх огорожувальних конструкцій будинків приймається, що теплопередача відбувається при стаціонарному тепловому потоці. Однак у випадках, коли розрахунки для стаціонарних умов дають занадто значні відхилення від дійсних, враховується зміна в часі величини теплового потоку і температури огорожі [26].

Більшість стаціонарних методів визначення теплотехнічних характеристик мають цілий ряд недоліків, які впливають на проведення вимірювань та результати. До таких недоліків відноситься тривалість експериментів, необхідність використання певних стандартних зразків. Найчастіше при стаціонарних методах вимірювання визначається лише один теплофізичний параметр - коефіцієнт теплопровідності [26]. Потрібно відзначити, що стаціонарні методи визначення теплотехнічних характеристик матеріалів неможливо застосовувати без порушення цілісності останніх. До того ж вони дають оцінку теплотехнічних характеристик без урахування зміни їх у часі.

Методи визначення теплотехнічних характеристик матеріалів, засновані на закономірностях нестаціонарного потоку тепла, можна розділити на групи: а) метод регулярного режиму; б) методи, засновані на визначенні параметрів нестаціонарного температурного поля на початковій стадії його розвитку.

У будівельній теплотехніці необхідність врахування теплопередачі в нестаціонарних умовах з'являється при вирішенні таких питань: визначення амплітуди коливання температури повітря в приміщеннях у зв'язку з

нерівномірністю віддачі теплоти системою опалення; розрахунку загасання температурних коливань в огороженні в зв'язку з коливаннями температури зовнішнього повітря або під впливом сонячної радіації; прогріву і охолодження масивних огорож тощо. [26-30].

Основними недоліками методів регулярного режиму є: тривалість експерименту; можливість проведення вимірювань тільки на спеціально підготовлених зразках певної форми. Останнє ускладнює застосування цих методів для неруйнівного контролю теплотехнічних характеристик матеріалів [27-29].

Основним завданням теплового неруйнівного контролю будівель і споруд є визначення теплофізичних характеристик матеріалів, що становлять зовнішні огорожувальні конструкції досліджуваних об'єктів. Найбільш важливою з визначених характеристик досліджуваного фрагмента зовнішніх огорожувальних конструкцій є величина його опору теплопередачі. Ця величина визначає теплоізоляційні властивості фрагмента конструкції і пов'язує щільність теплового потоку через обраний фрагмент конструкцій з різницею температур повітря всередині та зовні приміщення. Саме вона показує то, наскільки ефективно в будівлі зберігається тепло взимку і наскільки повільно будівлю прогрівається влітку. Більшість існуючих методик визначення опору теплопередачі будівельних конструкцій в реальних умовах експлуатації засновані на безпосередньому вимірі щільності теплового потоку, що проходить через поверхню фрагмента досліджуваної конструкції. Однак, як показали дослідження це призводить до суттєвої помилки при визначенні щільності теплового потоку. Поява помилки пов'язана з істотною відмінністю теплофізичних характеристик поверхні фрагмента огорожувальних конструкцій і матеріалу використовуваного в датчику. Велика похибка у визначенні щільності теплового потоку призводить до некоректного визначення величини опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій. Тому проведення теоретичних та експериментальних досліджень динаміки зміни температури на поверхні огорожувальних будівельних конструкцій та температури внутрішнього повітря приміщень при аварійних режимах відключення теплопостачання є актуальною задачею і має важливе значення для України.

#### 1.4. Аварійні режими при експлуатації теплових систем і їх вплив на безпеку життєдіяльності в приміщенні

Численні аварійні ситуації в системах теплопостачання щорічно залишають без тепла безліч людей по всій Україні. Найвідоміші випадки аварій в системах теплопостачання останнього п'ятиріччя відбулися в Харкові (2018 р.) та Києві (2018, 2020, 2021 рр.). Головною причиною подібного є вичерпання нормативного строку експлуатації теплових мереж у багатьох містах. Так, наприклад, в одному лише Києві, згідно з відкритими даними, 80% теплових мереж вже вичерпали свій нормативний термін експлуатації і потребують заміни [20-34]. Загальний аналіз останніх відкритих даних стосовно стану об'єктів системи теплопостачання України демонструє ситуацію близьку до катастрофічної (табл.1.2).

Табл. 1.2

##### Показники зносу об'єктів системи теплопостачання України

| Показник, %                                                                                           | Значення |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| Частка енергоблоків теплоелектростанцій (ТЕС), які відпрацювали розрахунковий ресурс (100 тис. годин) | 92,1     |
| Частка енергоблоків ТЕС, що підтримуються у працездатному стані                                       | 80       |
| Частка енергоблоків ТЕС, які відпрацювали граничний ресурс (потребують модернізації чи заміни)        | 63,8     |
| Частка теплових мереж із строком експлуатації більше 20 років                                         | 50       |
| Частка котелень, які відпрацювали нормативний термін                                                  | 60       |
| Частка малоефективних та застарілих котлів з низьким ККД                                              | 38       |
| Частка теплових пунктів в аварійному                                                                  | 40       |

|                                                                  |      |
|------------------------------------------------------------------|------|
| стані                                                            |      |
| Частка аварійних тепломереж                                      | 15,8 |
| Частка оснащення житлового фонду<br>приладами обліку             | 35   |
| Частка житлових будинків, які потребують<br>капітального ремонту | 40   |

Аналіз аудиту ефективності використання бюджетних коштів, виділених Державній інспекції з енергетичного нагляду проведений Розрахунковою палатою демонструє, що порівняно з опалювальним періодом 2016/2017 рр., кількість технологічних порушень в опалювальний період 2019/2020 років зросла у 3,7 рази – з 1353 до 4969 [25-32].

Яскравим прикладом тяжкого стану у системі централізованого теплопостачання є рішення міської ради міста Дніпра, згідно із яким 896 будинків будуть відключені від централізованого теплопостачання «ураховуючи тривалий термін експлуатації теплових мереж котелень, у зв'язку із неможливістю подальшої їх експлуатації».

В цілому аварійні ситуації в системах теплопостачання можна розділити на три категорії за ступенем їх негативного впливу на життєдіяльність людей (табл. 1.3).

Табл. 1.3

Категорії аварійних ситуацій в системах теплопостачання та їх вплив на життєдіяльність людини

| Категорія аварійної ситуації                      | Потенціал негативного впливу                  |
|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| Аварійні ситуації в системах опалення<br>будівель | одна / декілька квартир - житловий<br>будинок |
| Несправності елементів теплового вводу            | Житловий будинок                              |
| Аварійні ситуації в теплових мережах              | мікрорайон                                    |

В загальному випадку причини аварійних інцидентів в системах опалення можна звести до наступного переліку основних відмов (табл. 1.4): течі (у різьбових і зварювальних з'єднаннях трубопроводів та опалювальних приладах), нерівномірне прогрівання (стояків та опалювальних приладів), замерзання (опалювальні прилади, ділянки трубопроводів), розриви трубопроводів, припинення циркуляції теплоносія.

Табл. 1.4

Основні відмови систем опалення та причини, що їх викликають

| Відмова системи опалення                                         | Причини                                                                                                                                                                                                                                    |
|------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Течі в різьбових і зварювальних з'єднаннях трубопроводів         | через збирання на сухому льоні, попадання повітря в систему, спорожнення в літній період, механічних пошкоджень, стрибків тиску теплоносія і ін.                                                                                           |
| Течі в опалювальних приладах                                     | періодичне спорожнення систем, підживлення водою без деаерації і достатньою хіміобробки, механічні пошкодження, розморожування                                                                                                             |
| Нерівномірне прогрівання різних, особливо далеких стояків        | разрегулювання, внутрішнє обростання трубопроводів, відсутність літніх промивок системи, повітряні «мішки»                                                                                                                                 |
| Нерівномірне прогрівання опалювальних приладів по висоті будівлі | обростання трубопроводів, нерозрахована витрата теплоносія, завищені тепловтрати будівлі, несанкціонована установка опалювальних приладів в окремих приміщеннях, засмічення окремих приладів і арматури, «заповітрювання» окремих приладів |

|                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Замерзання опалювальних приладів,<br>дільниць трубопроводів | локальне охолодження при відкритих<br>зовнішніх дверях або вікнах,<br>відсутність ізоляції на розвідних<br>трубопроводах, низька температура<br>теплоносія, перерви в циркуляції<br>теплоносія                                                                      |
| Розриви трубопроводів                                       | відсутність міжповерхових гільз,<br>компенсаторів, деформація<br>конструктивних елементів будівлі,<br>нерозрахункові механічні<br>навантаження на трубопроводи,<br>завищені тиски в трубопроводах,<br>замерзання ділянок трубопроводів,<br>внутрішня корозія та ін. |
| Припинення циркуляції теплоносія                            | «Заповітрювання» системи, часткове<br>спорожнення, зниження або<br>відсутність перепаду тиску на вводі,<br>засмічення або перемерзання ділянки<br>трубопроводу, витік води з<br>трубопроводу, що подає і ін.                                                        |

Серед наведених у табл. 1.4 варіантів основних відмов систем теплопостачання випадки розриву трубопроводів та припинення циркуляції теплоносія вимагають негайного втручання ремонтних служб.

При розриві трубопроводу, зазвичай необхідно спорожнити частину або всю опалювальну систему і провести відновлювальні роботи. В зворотному випадку різко зростає ризик перемерзання трубопроводів. У разі добре (з продувкою) спорожненої опалювальної системи (або її частини) час ремонтних робіт визначається, крім соціальних вимог, охолодженням будівлі (або її частини), а

також з умови можливого спонтанного розвитку аварій при нерозрахованих підключеннях споживачами електричних і газових джерел теплоти.

У разі припинення циркуляції теплоносія, особливо в системі опалення в цілому, час ліквідації аварії (до спорожнення) визначається кліматичними умовами. Для збільшення часу перебування системи опалення в заповненому стані необхідна реалізація наступних заходів: спорожнення тільки сходових стояків (як найбільш вразливих місць); організація природної циркуляції через байпасну лінію (або шляхом зняття сопла елеватора); підключення на введенні циркуляційного насоса; підключення на введенні пересувного додаткового джерела тепла; теплоізоляція трубопроводів на вводі, сходових майданчиках; підключення в квартирах додаткових джерел тепла з одночасною організацією циркуляції в системі опалення; обігрів сходових майданчиків пересувними повітряно-опалювальними агрегатами.

В процесі експлуатації на тепловому вводі можливі наступні несправності, опосередковано сприяючі виникненню аварійних ситуацій в системах опалення та гарячого водопостачання (табл. 1.5).

Табл.1.5

Несправності в системах опалення та гарячого водопостачання,  
опосередковано сприяючі виникненню аварійних ситуацій

| Несправності                          | Можливі наслідки                                                                                                                         |
|---------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Засмічення сопла елеватора            | Припинення циркуляції теплоносія                                                                                                         |
| Видалення сопла елеватора             | Перегрів верхніх поверхів, збільшення тиску в системі опалення з можливим перевищенням допустимих значень (розрив опалювальних приладів) |
| Заповнення грязевиків шламом          | Зниження перепаду тиску і, як наслідок, зменшення циркуляції в системі опалення                                                          |
| Порушення теплоізоляції трубопроводів | Збільшення теплових втрат, прискорення замерзання трубопроводів при аварії                                                               |

|                                        |                                                                                          |
|----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| Заростання трубок теплообмінників      | Зниження температури повітря в опалювальних приміщеннях, вертикальне розрегулювання      |
| Відмови в роботі циркуляційних насосів | Припинення циркуляції теплоносія, можливість перемерзання трубопроводів системи опалення |

Загалом найбільш характерними неполадками в теплових мережах є: розрив трубопроводів або руйнування арматури; збільшене підживлення теплових мереж за рахунок свищів в трубопроводах; гідравлічне розрегулювання теплових мереж.

Аварії, пов'язані з розривом трубопроводу, вимагають оперативного втручання. Залежно від призначення, діаметра, схеми і типу системи теплопостачання можливі наступні етапи і варіанти їх ліквідації з подальшим ремонтом теплопроводу: виявлення точного місця аварії; прогноз теплового і гідравлічного режимів при розвитку аварії і відключення ділянки тепломережі; відключення аварійної трубопроводу; вибір оптимального теплового і гідравлічного режимів системи на період відновлення аварійного теплопроводу з розробкою стратегії і часу відновлення.

В основі зазначеної послідовності лежить вибір одного з варіантів тимчасового функціонування системи теплопостачання аварійної зони: функціонування системи теплопостачання з відключеною на період ремонту ділянкою (тимчасове відключення системи опалення); опалення будівель за допомогою локальних обігрівачів (повітряні калорифери, електричні або газові опалювальні прилади, «буржуйки» та ін.); робота трьох-, чотиритрубною тепловою мережі (з перемиканням) в режимі на опалення (без гарячого водопостачання); підключення в місці аварії пересувної тимчасової котельні; робота двотрубною тепловою мережі за однострубним варіантом (на злив).

Перший варіант - найбільш несприятливий, але разом з тим він досить широко застосовується. Тут визначальним є допустимий період часу на відновлення трубопроводу.

З розвитком централізованого теплопостачання, ускладненням схем теплових мереж актуальною стала задача виявлення пошкодженої ділянки в складній мережі з метою якнайшвидшої локалізації аварії, а потім вже уточнення місця пошкодження для проведення ремонтних робіт.

Факт досить великого пошкодження, як правило, встановлюється по різкому збільшенню витрати підживлювальної води, зниженню тиску на колекторах, істотній різниці витрати води в подавальному і зворотному трубопроводах. У разі різкого зростання підживлення необхідно встановити контроль над її величиною. Одночасно виробляють зовнішній огляд мережі з метою виявлення пошкодження. Паралельно на станції перевіряється герметичність теплофікаційного обладнання та колекторів котельні.

Якщо при зовнішньому огляді мережі і перевірці герметичності місце витoku виявити не вдається, то перевірка здійснюється шляхом почергового відключення від мережі абонентських систем, квартальних і магістральних ділянок теплових мереж та одночасне спостереження за величиною підживлення.

Під час пошуку пошкоджень в кільцевої мережі таким методом необхідно спочатку перебудувати її на радіальну. Це збільшує час виявлення з моменту виникнення пошкодження до його локалізації.

Щоб забезпечити можливість більш швидкого виявлення аварійної магістралі за показаннями витратомірів, встановлених на висновках котельні, рекомендується секційна схема експлуатації теплових мереж. Безпосередньо місце пошкодження виявляється шурфовкою.

В цілому ефективність способів знаходження пошкоджень, які застосовуються у вітчизняній практиці експлуатації міських теплових мереж, досить низька. Практично аварійну ділянку найчастіше встановлюється по появі води в камерах, виходу мережевої води на поверхню землі або по виходу парів з теплофікаційних камер.

В даний час розроблений ряд більш досконалих методів виявлення аварій в теплових мережах (метод автоматичної сигналізації, гідролокації, контрольованих тисків; методи, засновані на застосуванні в умовах теплових мереж сучасних АСУ).

Але через недостатнє фінансування вони не стали масовим технологічним базисом для створення постійно функціонуючих систем дистанційного виявлення та локалізації ділянок і місць витоків мережної води в сучасних діючих системах теплопостачання.

В результаті аварій на теплових мережах і джерелах можливі найбільш масові і серйозні за своїм характером порушення теплового режиму, супроводжувані значними матеріальними і моральними витратами. Розробку схемних рішень систем опалення, більш стійких до екстремальних ситуацій, слід вести з урахуванням можливих порушень гідравлічних і теплових режимів в системах теплопостачання. Особливо актуальним є питання забезпечення безпеки життєдіяльності житлових масивів в воєнний час.

Згідно запропонованих в Україні в зв'язку з військовим станом режимів регулювання подачі електроенергії для побутових потреб з 20 жовтня 2022 року визначені графіки відключення (рис. 1.8).



Рис. 1.8. Приклад графіка стабілізаційних відключень для м. Дніпро

Таким чином проведення досліджень по визначенню виникнення критичного стану в системах теплопостачання в Україні, що дозволяє визначити граничний час ліквідації аварій та недопущення екстремальних умов мікроклімату в приміщеннях та виходу із стану систем теплопостачання в цілому є актуальною задачею для України.

## Висновки за розділом 1

1. Проведений аналіз стану систем теплопостачання в Україні показав, що системи теплопостачання в Україні знаходяться у критичному стані, що приводить до виникнення аварійних ситуацій та порушення умов мікроклімату у приміщеннях (в більшій частині вони відпрацювали граничний ресурс, частка теплових мереж із строком експлуатації більше 20 років складає 50%, а частка, які відпрацювали нормативний термін 60%).

2. Проведений аналіз показав, що в Україні незадовільний стан роботи систем опалення під час опалювального періоду призводить до їх зупинок на невизначений час, в результаті чого відбувається охолодження будівельних конструкцій, що викликає погіршення умов мікроклімату до небезпечних для життєдіяльності людини.

3. Аналіз виникнення дискомфортних умов мікроклімату показав, що вони суттєво впливають на цілий ряд професійних захворювань, як із переохолодженням, так із перегрівом людини.

4. Визначено, що аварійність теплових систем та введення режимів регулювання подачі електроенергії в Україні в зв'язку з військовим станом усугубляє ситуацію та призводить до значних порушень теплового режиму в приміщеннях та будівлях, що супроводжується виникненням екстремальних умов мікроклімату та досягнення граничних умов експлуатації систем теплопостачання та виходу їх із ладу, що може призвести до значних матеріальних витрат для їх відновлення.

5. На основі проведених досліджень провести обґрунтування та розробити методiku проведення досліджень мікроклімату приміщень житлових будівель при виникненні аварійних ситуацій систем теплопостачання з урахуванням забезпечення відновлення мікроклімату після виконання аварійних робіт.

6. З урахуванням аварійних відключень систем теплопостачання провести дослідження по визначенню закономірностей динаміки температур поверхні

огороджувальних конструкцій та температури в приміщеннях в залежності від найбільш поширених конструктивних особливостей при будівництві житла в Україні.

7. Провести дослідження по визначенню закономірностей зміни температури поверхні огороджувальних конструкції та температури повітря в приміщеннях при аварійному відключенні теплопостачання з урахуванням впливу зовнішнього середовища ( пори року, сонячної радіації, швидкості та напрямку вітру).

Враховуючи конструктивні особливості будівель і споруд, які пов'язані з технологічними особливостями будівництва в Україні, виникла необхідність проведення досліджень по визначенню досягнення критичного часу виходу з ладу систем теплопостачання в наслідок аварій та відключень, що дозволяє прогнозувати час ліквідації аварійних ситуацій в системах теплопостачання та недопущення їх виходу із експлуатації та забезпечення умов безпеки життєдіяльності в приміщеннях.

## РОЗДІЛ 2.

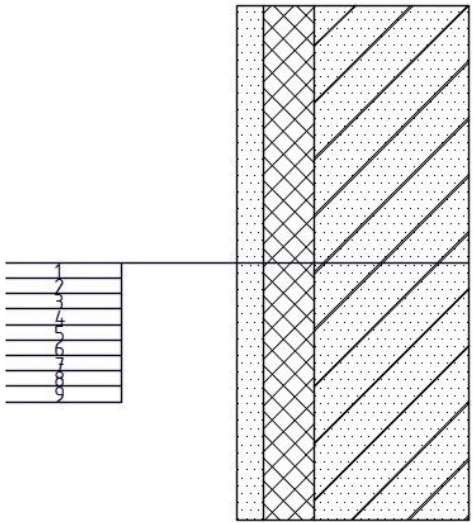
### МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ МІКРОКЛІМАТУ ПРИ ВИНИКНЕННІ АВАРІЙНИХ СИТУАЦІЙ СИСТЕМ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ З УРАХУВАННЯМ КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД ЖИТЛОВОГО КОМПЛЕКСУ

При визначенні методики дослідження із забезпечення параметрів мікроклімату приміщень будівель при виникненні аварійних ситуацій в роботі систем теплопостачання був проведений аналіз будівельних об'єктів зведених протягом останнього десятиріччя в десяти областях України, в тому числі: Дніпропетровській, Київській та інших.

На основі проведеного аналізу житлових будинків в якості об'єктів дослідження у рамках даної дисертаційної роботи було визначені шість типів стін, чий конструктивні рішення наведено у табл. 2.1.

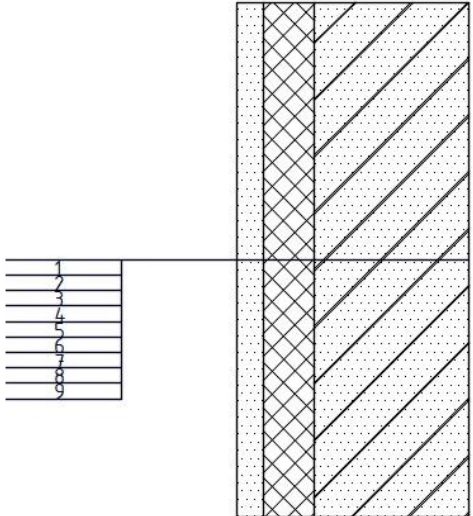
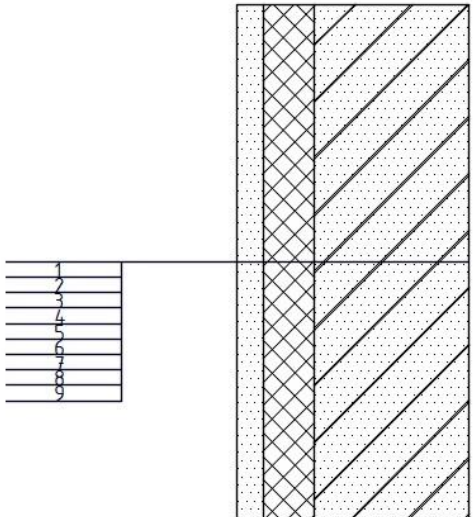
Табл. 2.1

Типи огорожувальних конструкцій досліджуваних будинків

| Тип | № шару | Назва шару                              | Товщина $\delta$ , м | Схема огорожувальної конструкції                                                     |
|-----|--------|-----------------------------------------|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| I   | 1      | Фасадна фарба                           | 0,0001               |  |
|     | 2      | Декоративна штукатурка                  | 0,005                |                                                                                      |
|     | 3      | Кварцева ґрунтовка                      | 0,05                 |                                                                                      |
|     | 4      | Склотканина сітка                       | 0,001                |                                                                                      |
|     | 5      | Базовий армуючий шар                    | 0,004                |                                                                                      |
|     | 6      | Екструдований пінополістирол ТЕХНОПЛЕКС | 0,1                  |                                                                                      |

|     |   |                                |        |  |
|-----|---|--------------------------------|--------|--|
|     | 7 | Клей для теплоізоляційних плит | 0,0001 |  |
|     | 8 | Зміцнювальна ґрунтовка         | 0,05   |  |
|     | 9 | Стіна з газобетону             | 0,3    |  |
| II  | 1 | Фасадна фарба                  | 0,0001 |  |
|     | 2 | Декоративна штукатурка         | 0,005  |  |
|     | 3 | Кварцева ґрунтовка             | 0,05   |  |
|     | 4 | Склотканина сітка              | 0,001  |  |
|     | 5 | Базовий армуючий шар           | 0,004  |  |
|     | 6 | Мінеральна вата ТЕХНОФАС       | 0,1    |  |
|     | 7 | Клей для теплоізоляційних плит | 0,0001 |  |
|     | 8 | Зміцнювальна ґрунтовка         | 0,05   |  |
|     | 9 | Стіна з газобетону             | 0,3    |  |
| III | 1 | Фасадна фарба                  | 0,0001 |  |
|     | 2 | Декоративна штукатурка         | 0,005  |  |
|     | 3 | Кварцева ґрунтовка             | 0,05   |  |

|    |   |                                               |        |                                                                                      |
|----|---|-----------------------------------------------|--------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|    | 4 | Склотканина<br>сітка                          | 0,001  |    |
|    | 5 | Базовий<br>армуючий шар                       | 0,004  |                                                                                      |
|    | 6 | Екструдований<br>пінополістирол<br>ТЕХНОПЛЕКС | 0,1    |                                                                                      |
|    | 7 | Клей для<br>теплоізоляційни<br>х плит         | 0,0001 |                                                                                      |
|    | 8 | Зміцнювальна<br>грунтовка                     | 0,05   |                                                                                      |
|    | 9 | З/б панель                                    | 0,2    |                                                                                      |
| IV | 1 | Фасадна фарба                                 | 0,0001 |  |
|    | 2 | Декоративна<br>штукатурка                     | 0,005  |                                                                                      |
|    | 3 | Кварцева<br>грунтовка                         | 0,05   |                                                                                      |
|    | 4 | Склотканина<br>сітка                          | 0,001  |                                                                                      |
|    | 5 | Базовий<br>армуючий шар                       | 0,004  |                                                                                      |
|    | 6 | Вата мінеральна                               | 0,1    |                                                                                      |
|    | 7 | Клей для<br>теплоізоляційни<br>х плит         | 0,0001 |                                                                                      |
|    | 8 | Зміцнювальна<br>грунтовка                     | 0,05   |                                                                                      |
|    | 9 | Бетон<br>ніздрюватий                          | 0,3    |                                                                                      |

|    |   |                                         |        |                                                                                      |
|----|---|-----------------------------------------|--------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| V  | 1 | Фасадна фарба                           | 0,0001 |   |
|    | 2 | Декоративна штукатурка                  | 0,005  |                                                                                      |
|    | 3 | Кварцева ґрунтовка                      | 0,05   |                                                                                      |
|    | 4 | Склотканина сітка                       | 0,001  |                                                                                      |
|    | 5 | Базовий армуючий шар                    | 0,004  |                                                                                      |
|    | 6 | Екструдований пінополістирол ТЕХНОПЛЕКС | 0,1    |                                                                                      |
|    | 7 | Клей для теплоізоляційних плит          | 0,0001 |                                                                                      |
|    | 8 | Зміцнювальна ґрунтовка                  | 0,05   |                                                                                      |
|    | 9 | Бетон ніздрюватий                       | 0,3    |                                                                                      |
| VI | 1 | Фасадна фарба                           | 0,0001 |  |
|    | 2 | Декоративна штукатурка                  | 0,005  |                                                                                      |
|    | 3 | Кварцева ґрунтовка                      | 0,05   |                                                                                      |
|    | 4 | Склотканина сітка                       | 0,001  |                                                                                      |
|    | 5 | Базовий армуючий шар                    | 0,004  |                                                                                      |
|    | 6 | Мінеральна вата ТЕХНОФАС                | 0,1    |                                                                                      |

|   |                                       |        |
|---|---------------------------------------|--------|
| 7 | Клей для<br>теплоізоляційни<br>х плит | 0,0001 |
| 8 | Зміцнювальна<br>грунтовка             | 0,05   |
| 9 | З/Б панель                            | 0,2    |

На основі аналізу табл. 2.1 нами було визначено, що при подальшому проведенні оціночного розрахунку динаміки зміни параметрів мікроклімату приміщень досліджуваних об'єктів можна зробити припущення про неврахування теплотехнічних характеристик деяких шарів огорожувальних конструкцій, через їх незначний вплив на зміну температури. У табл. 2.2 наведені теплотехнічні характеристики шарів огорожувальних конструкцій, що мають суттєве значення при визначенні параметрів мікроклімату приміщень досліджуваних об'єктів.

Табл. 2.2

Теплотехнічні характеристики огорожувальних конструкцій досліджуваних будинків

| Тип | Матеріал                                            | Допустимі<br>значення<br>опору<br>повітропро-<br>никності<br>$R_g, \text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$ | Товщин<br>а $\delta, \text{м}$ | Густина<br>, $\rho$ ,<br>$\text{кг}/\text{м}^3$ | Теплоємніс<br>ть<br>$c, \text{Вт}/\text{кг}^\circ\text{C}$ | Теплопр<br>овідніст<br>ь, $\lambda\rho$ ,<br>$\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ |
|-----|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| І   | Декоративна<br>штукатурка                           | 124,3                                                                                                       | 0,005                          | 1600                                            | 0,84                                                       | 0,81                                                                               |
|     | Екструдован<br>ий<br>пінополісти<br>рол<br>ТЕХНОПЛЕ | 79                                                                                                          | 0,1                            | 35                                              | 1,45                                                       | 0,032                                                                              |

|     |                                         |       |       |      |      |       |
|-----|-----------------------------------------|-------|-------|------|------|-------|
|     | КС                                      |       |       |      |      |       |
|     | Стіна з газобетону                      | 45    | 0,3   | 500  | 0,84 | 0,5   |
| II  | Декоративна штукатурка                  | 124,3 | 0,005 | 1600 | 0,84 | 0,81  |
|     | Мінеральна вата ТЕХНОФА С               | 4     | 0,1   | 110  | 0,84 | 0,038 |
|     | Стіна з газобетону                      | 45    | 0,3   | 500  | 0,84 | 0,5   |
| III | Декоративна штукатурка                  | 124,3 | 0,005 | 1600 | 0,84 | 0,81  |
|     | Екструдований пінополістирол ТЕХНОПЛЕКС | 79    | 0,1   | 35   | 1,45 | 0,032 |
|     | З/б панель                              | 35316 | 0,18  | 2500 | 0,84 | 2,04  |
| IV  | Декоративна штукатурка                  | 124,3 | 0,005 | 1600 | 0,84 | 0,81  |
|     | Вата мінеральна                         | 0     | 0,1   | 100  | 0,84 | 0,045 |
|     | Бетон ніздрюватий                       | 588   | 0,3   | 700  | 0,84 | 0,18  |
| V   | Декоративна штукатурка                  | 124,3 | 0,005 | 1600 | 0,84 | 0,81  |
|     | Екструдований                           | 79    | 0,1   | 35   | 1,45 | 0,032 |

|    |                                      |       |       |      |      |       |
|----|--------------------------------------|-------|-------|------|------|-------|
|    | пінополісти<br>рол<br>ТЕХНОПЛЕ<br>КС |       |       |      |      |       |
|    | Бетон<br>ніздрюватий                 | 588   | 0,3   | 700  | 0,84 | 0,18  |
| VI | Декоративна<br>штукатурка            | 124,3 | 0,005 | 1600 | 0,84 | 0,81  |
|    | Мінеральна<br>вата<br>ТЕХНОФА<br>С   | 4     | 0,1   | 110  | 0,84 | 0,038 |
|    | З/Б панель                           | 36297 | 0,185 | 2500 | 0,84 | 2,04  |

Повноцінна оцінка умов мікроклімату приміщень потребує врахування впливу просторового розташування приміщення у будівлі та дії зовнішніх кліматичних факторів, котрі через зовнішні огорожувальні конструкції забезпечують взаємодію між замкнутим простором приміщення та навколишнім середовищем.

При визначенні методики дослідження для оціночного розрахунку динаміки зміни параметрів мікроклімату в результаті аналізу зовнішніх кліматичних факторів нами було зроблено припущення і виділено три основних зовнішніх кліматичних фактори, що забезпечують основний вплив навколишнього середовища на замкнутий простір приміщень і будівель: фактор температури навколишнього середовища (протягом опалювального періоду), фактор вітрового впливу (з урахуванням розташування будівлі щодо сторін світу) та фактор впливу сонячної радіації (з урахуванням азимуту падіння сонячних променів та орієнтації зовнішніх огорожувальних конструкцій). При цьому фактор температури навколишнього середовища є єдиним фактором постійної дії, тобто таким фактором чийм впливом не можливо знехтувати.

Таким чином оціночний розрахунок динаміки зміни параметрів мікроклімату може бути проведений для наступних чотирьох ситуацій впливу навколишнього середовища на замкнутий простір приміщень і будівель:

1. виключний вплив фактору температури навколишнього середовища;
2. сумісний вплив фактору температури навколишнього середовища та фактору впливу сонячної радіації;
3. сумісний вплив фактору температури навколишнього середовища та фактору вітрового впливу;
4. сумісний вплив фактору температури навколишнього середовища, фактору впливу сонячної радіації та фактору вітрового впливу;

В рамках проведених досліджень перша ситуація була позначена як «Б-випадок» («базова»), друга ситуація – «С-випадок» («сонце»), третя ситуація – «В-випадок» («вітер»), четверта ситуація – «СВ-випадок» («сонце та вітер»).

При визначенні методики дослідження для оціночного розрахунку динаміки зміни параметрів мікроклімату важливо отримати значення коефіцієнту акумуляції теплової енергії  $\beta$ , год для новітніх та несерійних огорожувальних конструкцій, що дозволить врахувати вплив просторового розташування приміщення у будівлі на умови мікроклімату.

Таким чином оціночний розрахунок динаміки змін параметрів мікроклімату, викликаних аварійними ситуаціями та відключеннями систем теплопостачання, складається із наступних кроків:

1. Визначення та дослідження зміни  $\tau$ , °C температури внутрішньої поверхні огорожувальних конструкцій під час аварійних ситуацій та відключень систем теплопостачання протягом опалювального періоду;
2. Визначення  $\beta$ , год коефіцієнту акумуляції теплової енергії для новітніх та несерійних огорожувальних конструкцій;
3. Визначення та дослідження зміни  $t_v(Z)$ , °C очікуваної температури внутрішнього повітря приміщень під час аварійних ситуацій та відключень систем теплопостачання протягом опалювального періоду;

4. Визначення  $\Delta t_{\text{пр}}$ , °C різниці між  $t_{\text{в}}(Z)$ , °C очікуваною температурою внутрішнього повітря приміщень і  $\tau$ , °C температурою внутрішньої поверхні огорожувальних конструкцій.

2.1. . Визначення та дослідження зміни  $\tau$ , °C температури внутрішньої поверхні огорожувальних конструкцій під час аварійних ситуацій та відключень систем тепlopостачання протягом опалювального періоду

Першим етапом дослідження змін мікроклімату приміщень житлових будівель, викликаних аварійними ситуаціями у системах тепlopостачання, було дослідження охолодження внутрішніх поверхонь приміщень. У загальному вигляді поширення тепла всередині 3-мірної стінки можна описати наступним диференціальним рівнянням [13]:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = \alpha \left( \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \right), \quad (2.1)$$

де:  $\alpha$  – коефіцієнт температуропровідності;

$\tau$  – час;

$t$  – температура.

При цьому коефіцієнт температуропровідності визначається:

$$a = \frac{\lambda}{c\rho} \quad (2.2)$$

де:  $\lambda$  – коефіцієнт теплопровідності;

$c$  – питома теплоємність;

$\rho$  – густина.

У випадку одномірного поширення тепла вираз (2.1) прийме вигляд (для наших досліджень замість  $\tau_{\text{в}}$  було прийнято позначення  $Z$ ):

$$\frac{\partial t}{\partial Z} = \alpha \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} \quad (2.3)$$

Для вирішення рівняння (2.3) нами були прийняті допущення та крайові умови: початкові умови – теплові умови в стінці в початковий момент ( $Z = 0$ ) та граничні умови – теплові умови на межах стінки під час процесу, що розглядається.

Нами розглянуто рішення даного рівняння для падіння температури на внутрішній поверхні огорожі, коли  $X = 0$ .

Оскільки конструкції почнуть охолоджуватися з внутрішньої поверхні, то процес охолодження дійде до зовнішньої поверхні виключно після більш-менш тривалого часу. Таким чином для початкової стадії охолодження стінки можна прийняти температуру зовнішньої поверхні як постійну, вважаючи її рівною температурі зовнішнього повітря. Рівняння для падіння температур на внутрішній поверхні стінки наступне [3, 6, 13]:

$$\frac{v_{x=0}}{v_0} = \frac{8}{\pi^2} \left( e^{-\left(\frac{\pi}{2}\right)^2 \frac{\alpha Z}{X^2}} + \frac{1}{3^2} e^{-\left(\frac{\pi}{2}\right)^2 \frac{\alpha Z}{X^2}} + \frac{1}{5^2} e^{-\left(\frac{\pi}{2}\right)^2 \frac{\alpha Z}{X^2}} + \dots \right) \quad (2.4)$$

де  $v_0 = t_{\text{поч}} - t_c$ , °C ( $(t_{\text{поч}} - t_c)$  – відповідно заздалегідь задані початкова температура та температура середовища);

$v = t - t_c$  ( $t$  – поточна температура, що змінюється з часом);

$v_{x=0} = t_{x=0} - t_c$  ( $t_{x=0}$  – поточна температура на внутрішній поверхні стінки);

$X$  – товщина стінки, м.

Рівняння (2.4) можна зобразити у вигляді графіків на рис. 2.1.

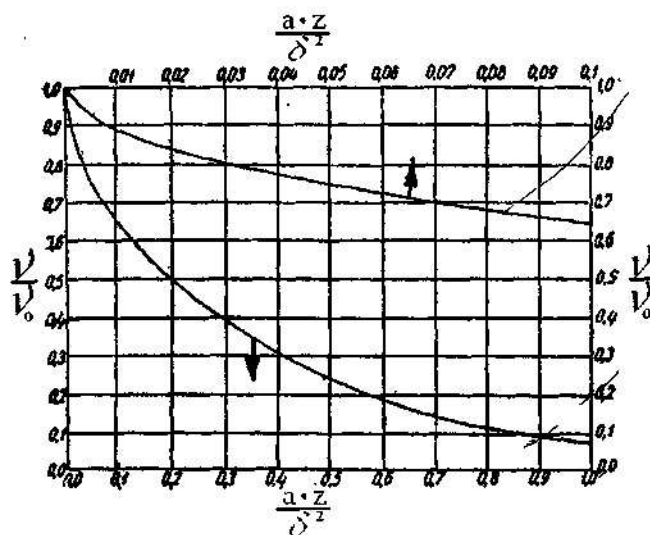


Рис. 2.1. Значення  $v/v_0$  для внутрішньої поверхні стінки при постійній температурі середовища з моменту  $Z = 0$ .

Після визначення  $\frac{v_{x=0}}{v_0}$  було одержано залежність температури  $t_{x=0}$  (для наших вишукувань було прийнято позначення  $\tau$  замість  $t_{x=0}$ ) від заданого часу  $Z$ , год [6-24].

$$\tau = \frac{v}{v_0}(t_{\text{поч}} - t_c) + t_c \quad (2.5)$$

При дослідженні охолодження внутрішньої поверхні огорожувальних конструкцій значення  $\tau_{\text{поч}}$ , °С її температури в момент часу  $Z = 0$  год визначається за формулою [3, 6, 13]:

$$\tau_{\text{поч}} = t_B - \frac{(t_B - t_{3c})}{R_{\Sigma \text{пр}}} R_B \quad (2.6)$$

При цьому під час проведення розрахунків за формулою (2.5) були зроблені наступні допущення:

- для «Б-випадку»  $t_c = t_3^{\text{міс}}$  – середня місячна температура опалювального періоду;
- для «СВ-випадку»  $t_c = t_3^{\text{міс}} + \Delta t_{\text{рад}}^{\text{міс}} - \Delta t_{\text{вітер}}^{\text{міс}}$  ( $\Delta t_{\text{рад}}^{\text{міс}}$  – середньомісячна добавка тепла за рахунок сонячної радіації;  $\Delta t_{\text{вітер}}^{\text{міс}}$  – середньомісячна втрата тепла від вітру);
- для «С-випадку»  $t_c = t_3^{\text{міс}} + \Delta t_{\text{рад}}^{\text{міс}}$ ;
- для «В-випадку»  $t_c = t_3^{\text{міс}} - \Delta t_{\text{вітер}}^{\text{міс}}$ ;

## 2.2. Визначення $\beta$ , год коефіцієнту акумуляції теплової енергії для новітніх та несерійних огорожувальних конструкцій

Для типових серій житлових будинків значення коефіцієнту акумуляції теплової енергії  $\beta$ , год вже є визначеними [1-5, 10-20]. Однак оскільки досліджувані нами типи багатоповерхових будинків є новітніми спорудами, побудованими із використанням сучасних технологій, то виникла необхідність у проведенні розрахунку коефіцієнту акумуляції теплової енергії  $\beta$ , год. При цьому нами були розглянуті наступні випадки просторового розташування приміщення:

- середнє;
- кутове приміщення;
- кутове приміщення на верхньому поверсі.

Коефіцієнт акумуляції теплової енергії  $\beta$ , год для нетипових житлових будівель визначається за формулою [1-16]:

$$\beta = \frac{C_{\text{пр}}}{3,6 * Q_{\text{п}}} = \frac{k_t * \sum \delta_i c_i \rho_i F_i / 2}{3,6 * [\sum k_j F_j + L c_{\text{пов}} \rho_{\text{пов}}]} \quad (2.7)$$

де:  $k_t$  — коефіцієнт для підрахунку теплоаккумуляції огорожувальних конструкцій приміщення, див табл. 2.3;

$\delta_i$  — товщина і-того шару матеріалу, м;

$c_i$  — теплоємність і-того шару матеріалу,  $\text{Вт}/\text{кг}^\circ\text{C}$ ;

$\rho_i$  — густина і-того шару матеріалу,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;

$F_i$  — площа і-того шару матеріалу,  $\text{м}^2$ ;

$k_j$  — коефіцієнт теплопередачі j-того зовнішнього огородження,  $\text{Вт}/\text{м}^2^\circ\text{C}$ ;

$F_j$  — площа j-того зовнішнього огородження,  $\text{м}^2$ ;

$L$  — витрати інфільтраційного повітря через огорожувальні конструкції приміщення,  $\text{кг}/\text{год}$ ;

$c_{\text{пов}}$  — теплоємність інфільтраційного повітря,  $\text{Вт}/\text{кг}^\circ\text{C}$ ;

$\rho_{\text{пов}}$  — густина інфільтраційного повітря,  $\text{кг}/\text{м}^3$ .

Значення коефіцієнту  $k_t$  обирається за даними наведеними [3, 6, 13].

Табл. 2.3

Коефіцієнт  $k_t$  для підрахунку теплоаккумуляції огорожувальних конструкцій приміщення

| Нагрівальний прилад та вид опалення                    | Положення приміщення в будівлі |         |
|--------------------------------------------------------|--------------------------------|---------|
|                                                        | кутове                         | середнє |
| Радіатори та конвектори                                | 0,92                           | 0,96    |
| Гріючі панелі в конструкціях стін або перекритті       | 0,98                           | 1       |
| Повітряне опалення з подачею повітря вільним струменем | 0,87                           | 0,92    |

Витрати інфільтраційного повітря  $L$ ,  $\text{кг}/\text{год}$ , через огорожувальні конструкції приміщення визначається за формулою [1-16, 34]:

$$L = \frac{\Delta p}{\sum R_{gi}} \quad (2.8)$$

де  $\sum R_{gi}$  – сума опорів повітропроникності шарів огорожувальної конструкції,  $m^2 \cdot год \cdot Па/кг$

$\Delta p$  – розрахункова різниця між тисками на зовнішній і внутрішній поверхнях огорожувальних конструкцій;

Розрахункова різниця тисків  $\Delta p$ , Па, визначається за формулою [1-16, 34]:

$$\Delta p = (H - h_i) * (\gamma_z - \gamma_v) + 0,03 * \gamma_z * v^2 * \beta_v \quad (2.9)$$

де  $H$  – висота будинку (від рівня підлоги першого поверху до верху витяжної шахти), м;

$h_i$  – висота від рівня підлоги першого поверху до середини огорожувальної конструкції  $i$  – го поверху, для якого проводиться розрахунок, м;

$\gamma_z, \gamma_v$  – питома вага,  $N/m^3$ , відповідно зовнішнього і внутрішнього повітря в приміщенні, яка визначається по формулі [1-16, 25-30]:

$$\gamma_z = \frac{3463}{(273 + t_z)} \quad (2.10)$$

$$\gamma_v = \frac{3463}{(273 + t_v)} \quad (2.11)$$

де  $t_z$  – температура,  $^{\circ}C$ , зовнішнього повітря, що приймається залежно від температурної зони [1-16];

$t_v$  – розрахункове значення температури внутрішнього повітря,  $^{\circ}C$ , що приймається залежно від призначення будинку згідно [6-10];

$v$  – максимальна із середніх швидкостей вітру за румбами за січень, м/с, повторюваність яких складає 16 % та більше, прийнята згідно з [6-10];

$\beta_v$  – коефіцієнт, що враховує зміну швидкості повітря за висотою будівлі, що приймається згідно з [1-16, 24-45].

### 2.3. Визначення та дослідження зміни $t_b(Z)$ , °C очікуваної температури внутрішнього повітря приміщень під час аварійних ситуацій та відключень систем теплопостачання протягом опалювального періоду

При повному припиненні опалення та відсутності внутрішніх тепловиділень для визначення очікуваної температури внутрішнього повітря, яка встановиться в приміщенні через час  $Z$  після порушення нормального теплового режиму визначається за формулою [1-16, 60-72]:

$$t_b(Z) = t_{zc} + (t_b - t_{zc}) * e^{-Z/\beta} \quad (2.12)$$

де:  $t_{zc}$  – температура зовнішнього середовища, °C;

$t_b = 20^\circ\text{C}$  – температура внутрішнього повітря до моменту порушення нормального теплового режиму;

$Z$  – кількість часу, що пройшла з моменту порушення нормального теплового режиму, год;

$\beta$  – коефіцієнт акумуляції теплової енергії, год.

При цьому під час проведення розрахунків за формулою (2.12) були зроблені наступні допущення:

- для «Б-випадку» температура зовнішнього середовища приймається рівною середній місячній температурі опалювального періоду ( $t_{zc} = t_3^{\text{mic}}$ );

- для «СВ-випадку» температура зовнішнього середовища визначається, як  $t_{zc} = t_3^{\text{mic}} + \Delta t_{\text{рад}}^{\text{mic}} - \Delta t_{\text{вітер}}^{\text{mic}}$  ( $\Delta t_{\text{рад}}^{\text{mic}}$  – середньомісячна добавка тепла за рахунок сонячної радіації;  $\Delta t_{\text{вітер}}^{\text{mic}}$  – середньомісячна втрата тепла від вітру);

- для «С-випадку» температура зовнішнього середовища визначається, як  $t_{zc} = t_3^{\text{mic}} + \Delta t_{\text{рад}}^{\text{mic}}$ ;

- для «В-випадку» температура зовнішнього середовища визначається, як  $t_{zc} = t_3^{\text{mic}} - \Delta t_{\text{вітер}}^{\text{mic}}$ ;

2.4. Визначення  $\Delta\theta_{\text{пр}}$ , °C різниці між  $t_{\text{в}}(Z)$ , °C очікуваною температурою внутрішнього повітря приміщень і  $\tau$ , °C температурою внутрішньої поверхні огорожувальних конструкцій

Згідно із [1-16] важливою санітарно-гігієнічною вимогою до вимогою до теплотехнічних показників елементів теплоізоляційної оболонки будівель і споруд є додержання такої різниці  $\Delta\theta_{\text{пр}}$ , °C між температурою внутрішнього повітря  $t_{\text{в}}(Z)$ , °C і температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції  $\tau_{\text{в}}$ , °C, чие значення менше, ніж допустиме значення  $\Delta\theta_{\text{сг}}$ . Тобто повинна виконуватися нерівність виду[1-16]:

$$\Delta\theta_{\text{пр}} \leq \Delta\theta_{\text{сг}} \quad (2.13)$$

Для житлових будівель, будівель закладів дошкільної освіти, закладів освіти та закладів охорони здоров'я  $\Delta\theta_{\text{сг}} = 4^{\circ}\text{C}$ [1-16].

Різниця  $\Delta t_{\text{пр}}$ , °C між температурою внутрішнього повітря  $t_{\text{в}}(Z)$ , °C і температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції  $\tau_{\text{в}}$ , °C визначається згідно із формулою [1-16]:

$$\Delta\theta_{\text{пр}} = t_{\text{в}} - \tau_{\text{в}}, ^{\circ}\text{C} \quad (2.13)$$

#### Висновки за розділом 2

1. При обґрунтуванні методики дослідження були прийняті багатошарові стінові конструкції житлових будинків, як найбільш розповсюдженні при будівництві житлових масивів в Україні.

2. При розробці методики дослідження було визначено, що під час оцінки зміни мікроклімату в наслідок аварій та відключень в системах теплопостачання необхідно розглядати чотири ситуації впливу навколишнього середовища на замкнутий простір приміщень і будівель: виключний вплив фактору температури навколишнього середовища; сумісний вплив фактору температури навколишнього середовища та фактору впливу сонячної радіації; сумісний вплив фактору температури навколишнього середовища та фактору вітрового впливу; сумісний вплив фактору температури навколишнього середовища, фактору впливу сонячної радіації та фактору вітрового впливу.

3. Визначено чотири кроки оціночного розрахунку динаміки змін параметрів мікроклімату, викликаних аварійними ситуаціями та відключеннями систем теплопостачання: визначення та дослідження зміни  $\tau_v, ^\circ\text{C}$  температури внутрішньої поверхні огорожувальних конструкцій під час аварійних ситуацій та відключень систем теплопостачання протягом опалювального періоду; визначення  $\beta, \text{год}$  коефіцієнту акумуляції теплової енергії для новітніх та несерійних огорожувальних конструкцій; визначення та дослідження зміни  $t_v(Z), ^\circ\text{C}$  очікуваної температури внутрішнього повітря приміщень під час аварійних ситуацій та відключень систем теплопостачання протягом опалювального періоду; визначення  $\Delta\Theta_{\text{пр}}, ^\circ\text{C}$  різниці між  $t_v(Z), ^\circ\text{C}$  очікуваною температурою внутрішнього повітря приміщень і  $\tau_v, ^\circ\text{C}$  температурою внутрішньої поверхні огорожувальних конструкцій.

4. На основі проведених досліджень зроблено обґрунтування та розроблено методику проведення досліджень мікроклімату приміщень житлових будівель при виникненні аварійних ситуацій систем теплопостачання з урахуванням забезпечення відновлення мікроклімату після виконання аварійних робіт.

### РОЗДІЛ 3

## ТЕОРЕТИЧНІ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ МІКРОКЛІМАТУ ПРИ ВИНИКНЕННІ АВАРІЙНИХ СИТУАЦІЙ СИСТЕМ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ З УРАХУВАННЯМ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВІДНОВЛЕННЯ МІКРОКЛІМАТУ ПІСЛЯ ВИКОНАННЯ АВАРІЙНИХ РОБІТ

3.1 Дослідження охолодження внутрішніх поверхонь приміщень при аварійному відключенні системи теплопостачання в залежності від типу зовнішніх огорожувальних конструкцій

Нами було розглянуто процес дослідження динаміки охолодження внутрішніх поверхонь приміщень при аварійному відключенні системи теплопостачання на прикладі стіни І типу.

При цьому було зроблено допущення, що у формулах (2.5) та (2.6)  $t_b = 20^\circ\text{C}$  — температура внутрішнього повітря в приміщенні, а  $t_{zc} = t_3^{\text{міс}}$  — середня місячна температура опалювального періоду згідно табл. 3.1

Табл. 3.1

Середня місячна температура опалювального періоду для м. Дніпро

| Місяць   | $t_3^{\text{міс}}, ^\circ\text{C}$ |
|----------|------------------------------------|
| жовтень  | 8,6                                |
| листопад | 2,2                                |
| грудень  | -2,5                               |
| січень   | -4,7                               |
| лютий    | -3,8                               |
| березень | 1,1                                |

Згідно із формулою (2.6) початкова температура внутрішньої поверхні огорожувальних конструкцій І типу у місяці жовтні становить:

$$\tau_{\text{поч}} = 20 - \frac{(20-8,6)}{3,91} \times \frac{1}{8,7} = 19,66^\circ\text{C}$$

Аналогічним чином були проведені розрахунки для інших місяців опалювального періоду, отримані результати наведено у табл. 3.2.

Відповідно до формули (2.2) коефіцієнт теплопровідності для зовнішньої огорожувальної конструкції I типу становить:

$$\alpha = \frac{0,5}{0,84 * 500} = 0,00119 \text{ м}^2/\text{°C}$$

Отримавши значення коефіцієнту теплопровідності  $\alpha, \text{м}^2/\text{°C}$  були визначені відношення  $\frac{v_{x=0}}{v_0}$  згідно графіків на рис. 2.1. для значень часу  $Z=0; 6; 12; 18; 24$  год, отримані результати заносимо до табл. 3.2

Відповідно до формули (2.5) для місяця жовтня в момент часу  $Z=6$

$$\tau = 0,69 * (19,66 - 8,6) + 8,6 = 16,23\text{°C}$$

Аналогічно визначаємо  $\tau, \text{°C}$  для інших значень  $Z$ , год у місяці жовтні, та для інших місяців опалювального періоду. Отримані результати наведені у табл. 3.2.

Табл. 3.2

Температура внутрішньої поверхні  $\tau, \text{°C}$  огорожувальної конструкції I типу за заданого часу  $Z$ , год протягом опалювального періоду

| Тип стіни | місяць   | Z  | $\tau, \text{°C}$ | $t_{\text{поч}}$ | $t_3^{\text{міс}}$ | $v/v_0$ | $\alpha * Z / \delta^2$ |
|-----------|----------|----|-------------------|------------------|--------------------|---------|-------------------------|
| I         | жовтень  | 0  | 19,66             | 19,66            | 8,6                | 1       | 0,000                   |
|           |          | 6  | 16,23             |                  |                    | 0,69    | 0,079                   |
|           |          | 12 | 14,58             |                  |                    | 0,54    | 0,159                   |
|           |          | 18 | 13,91             |                  |                    | 0,48    | 0,238                   |
|           |          | 24 | 12,92             |                  |                    | 0,39    | 0,317                   |
|           | листопад | 0  | 19,48             | 19,48            | 2,2                | 1       | 0,000                   |
|           |          | 6  | 14,12             |                  |                    | 0,69    | 0,079                   |
|           |          | 12 | 11,53             |                  |                    | 0,54    | 0,159                   |
|           |          | 18 | 10,49             |                  |                    | 0,48    | 0,238                   |
|           |          | 24 | 8,94              |                  |                    | 0,39    | 0,317                   |

|  |          |    |       |       |      |      |       |
|--|----------|----|-------|-------|------|------|-------|
|  | грудень  | 0  | 19,34 | 19,34 | -2,5 | 1    | 0,000 |
|  |          | 6  | 12,57 |       |      | 0,69 | 0,079 |
|  |          | 12 | 9,29  |       |      | 0,54 | 0,159 |
|  |          | 18 | 7,98  |       |      | 0,48 | 0,238 |
|  |          | 24 | 6,02  |       |      | 0,39 | 0,317 |
|  | січень   | 0  | 19,27 | 19,27 | -4,7 | 1    | 0,000 |
|  |          | 6  | 11,84 |       |      | 0,69 | 0,079 |
|  |          | 12 | 8,25  |       |      | 0,54 | 0,159 |
|  |          | 18 | 6,81  |       |      | 0,48 | 0,238 |
|  |          | 24 | 4,65  |       |      | 0,39 | 0,317 |
|  | лютий    | 0  | 19,30 | 19,30 | -3,8 | 1    | 0,000 |
|  |          | 6  | 12,14 |       |      | 0,69 | 0,079 |
|  |          | 12 | 8,67  |       |      | 0,54 | 0,159 |
|  |          | 18 | 7,29  |       |      | 0,48 | 0,238 |
|  |          | 24 | 5,21  |       |      | 0,39 | 0,317 |
|  | березень | 0  | 19,44 | 19,44 | 1,1  | 1    | 0,000 |
|  |          | 6  | 13,76 |       |      | 0,69 | 0,079 |
|  |          | 12 | 11,01 |       |      | 0,54 | 0,159 |
|  |          | 18 | 9,91  |       |      | 0,48 | 0,238 |
|  |          | 24 | 8,25  |       |      | 0,39 | 0,317 |

На основі отриманих результатів були одержані залежності зміни динаміки охолодження внутрішніх поверхонь приміщень при аварійному відключенні системи теплопостачання для стіни І типу (рис. 3.1).

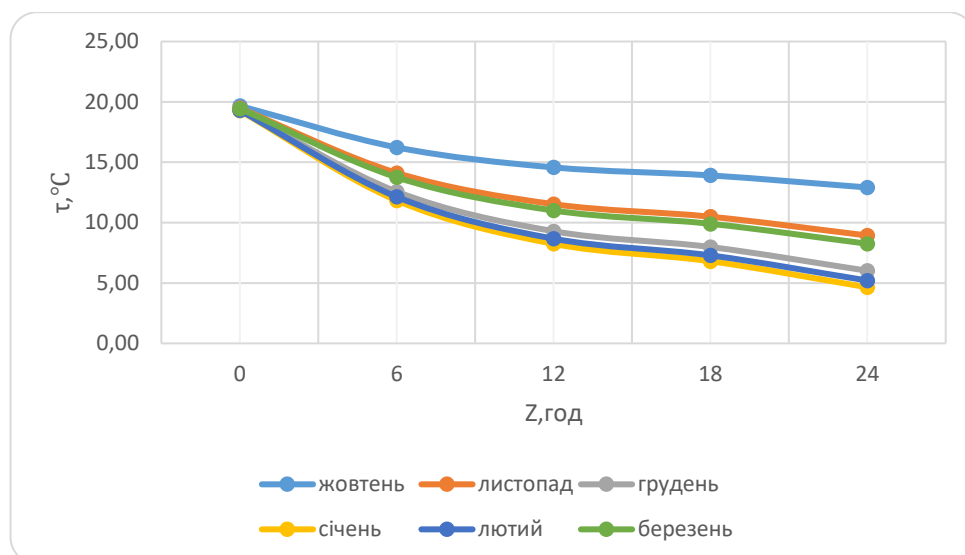


Рис. 3.1 Залежності динаміки охолодження внутрішніх поверхонь приміщень при аварійному відключенні системи теплопостачання на прикладі стіни I типу

Аналогічним чином було проведемо дослідження динаміки охолодження внутрішніх поверхонь огорожувальних конструкцій інших типів.

У результаті аналізу отриманих даних нами було проведено порівняння динаміки охолодження внутрішніх поверхонь приміщень при аварійному відключенні системи теплопостачання для місяців опалювального періоду із найменшим та найбільшим падінням температури внутрішніх поверхонь  $\tau$ , °C огорожувальних конструкцій приміщень (див рис. 3.2, 3.3).

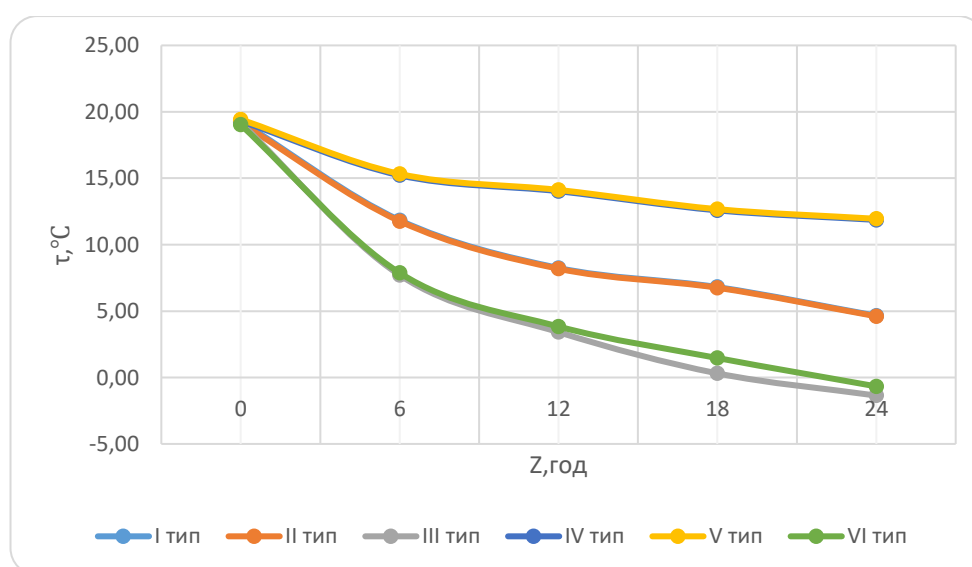


Рис. 3.2 Залежності динаміки охолодження огорожувальних конструкцій різних типів у місяці січня.

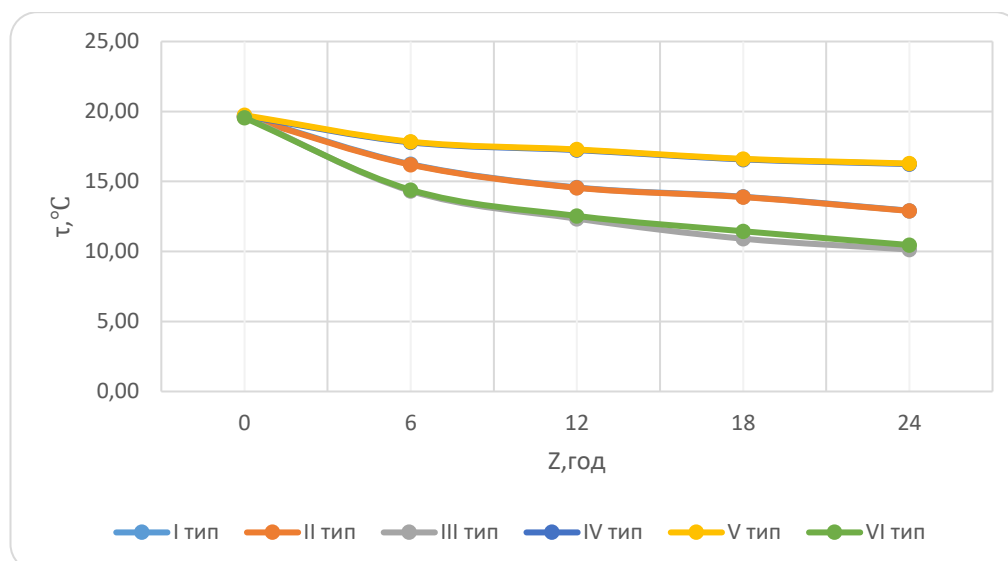


Рис. 3.3 Залежності динаміки охолодження огорожувальних конструкцій різних типів у місяці жовтні.

У результаті проведених досліджень визначено:

1. Залежності, що описують зміну динаміки охолодження огорожувальних конструкцій різних типів при аварійних ситуаціях в системах тепlopостачання.

2. Найменше падіння температури внутрішньої поверхні  $\tau, ^\circ\text{C}$  для всіх типів досліджуваних огорожувальних конструкцій спостерігається у місяці жовтні;

3. Найбільше падіння температури внутрішньої поверхні  $\tau, ^\circ\text{C}$  для всіх типів досліджуваних огорожувальних конструкцій спостерігається у місяці січні;

4. Протягом опалювального періоду спостерігається однакова динаміка падіння значення температури внутрішньої поверхні  $\tau, ^\circ\text{C}$  для I і II типів огорожувальних конструкцій.

5. Протягом опалювального періоду спостерігається однакова динаміка падіння значення температури внутрішньої поверхні  $\tau, ^\circ\text{C}$  для IV і V типів огорожувальних конструкцій.

6. Температура внутрішньої поверхні  $\tau, ^\circ\text{C}$  для I і II типів огорожувальних конструкцій із моменту початку охолодження є найбільш близькою до

середнього значення при порівнянні із іншими типами огорожувальних конструкцій, що досліджуються.

7. Протягом 24 годин спостерігається падіння температури внутрішньої поверхні  $\tau, ^\circ\text{C}$  IV і V типів огорожувальних конструкцій на  $\Delta\tau = 3,534 ^\circ\text{C}$  у жовтні та на  $\Delta\tau = 7,657 ^\circ\text{C}$  у січні. Це падіння температури внутрішньої поверхні  $\tau, ^\circ\text{C}$  є найменшим при порівнянні із іншими типами огорожувальних конструкцій, що досліджуються;

8. Протягом 24 годин спостерігається падіння температури внутрішньої поверхні  $\tau, ^\circ\text{C}$  III типу огорожувальних конструкцій на  $9,804 ^\circ\text{C}$  у жовтні та на  $21,242 ^\circ\text{C}$  у січні. Це падіння температури внутрішньої поверхні  $\tau, ^\circ\text{C}$  є найбільшим при порівнянні із іншими типами огорожувальних конструкцій, що досліджуються.

9. При аварійних ситуаціях в системах теплопостачання для III і VI типів спостерігається досягнення температурою внутрішньої поверхні  $\tau, ^\circ\text{C}$  значень нижче нуля, що є за критичними для експлуатації, протягом першої доби. III тип досягає значень нижче нуля у місяцях січні  $\tau = -1,242 ^\circ\text{C}$  та лютому  $\tau = -0,468 ^\circ\text{C}$ . VI тип досягає значень нижче нуля у місяці січні  $\tau = -0,501 ^\circ\text{C}$ .

### 3.2 Дослідження охолодження внутрішнього повітря приміщень при аварійному відключенні системи теплопостачання в залежності від типу огорожувальних конструкцій

Аварійні ситуації, що виникають в системах теплопостачання, призводять до їх зупинок на невизначений час, в результаті чого відбувається охолодження внутрішнього повітря приміщень будівель і споруд. Це сприяє погіршенню умов мікроклімату до небезпечних для життєдіяльності людини. У таких ситуаціях стає необхідним визначення очікуваної температури внутрішнього повітря, яка встановиться в приміщенні через час  $Z$  після порушення нормального теплового режиму,  $t_b(Z)$ . При повному припиненні опалення та відсутності внутрішніх тепловиділень для визначення очікуваної температури внутрішнього повітря, яка

встановиться в приміщенні через час  $Z$  після порушення нормального теплового режиму визначаємо за формулою[1-16, 60-72]:

$$t_b(Z) = t_{zc} + (t_b - t_{zc}) * e^{-Z/\beta} \quad (3.6)$$

де:  $t_{zc}$  – температура зовнішнього середовища, °C;

$t_b = 20^\circ\text{C}$  – температура внутрішнього повітря до моменту порушення нормального теплового режиму;

$Z$  – кількість часу, що пройшла з моменту порушення нормального теплового режиму, год;

$\beta$  – коефіцієнт акумуляції теплової енергії, год.

Враховуючи реальний розгляд конструкцій значення  $\beta$ , год визначається за формулою[1-16]:

$$\beta = \frac{c_{пр}}{3,6 * Q_{п}} = \frac{k_t * \sum \delta_i c_i \rho_i F_i / 2}{3,6 * [\sum k_j F_j + L c_{пов} \rho_{пов}]} \quad (3.7)$$

де:  $k_t$  – коефіцієнт для підрахунку теплоаккумуляції огорожувальних конструкцій приміщення, див табл.3.3;

$\delta_i$  – товщина  $i$ -того шару матеріалу, м;

$c_i$  – теплоємність  $i$ -того шару матеріалу,  $\text{Вт}/\text{кг}^\circ\text{C}$ ;

$\rho_i$  – густина  $i$ -того шару матеріалу,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;

$F_i$  – площа  $i$ -того шару матеріалу,  $\text{м}^2$ ;

$k_j$  – коефіцієнт теплопередачі  $j$ -того зовнішнього огородження,  $\text{Вт}/\text{м}^2^\circ\text{C}$ ;

$F_j$  – площа  $j$ -того зовнішнього огородження,  $\text{м}^2$ ;

$L$  – витрати інфільтраційного повітря через огорожувальні конструкції приміщення,  $\text{кг}/\text{год}$ ;

$c_{пов}$  – теплоємність інфільтраційного повітря,  $\text{Вт}/\text{кг}^\circ\text{C}$ ;

$\rho_{пов}$  – густина інфільтраційного повітря,  $\text{кг}/\text{м}^3$ .

Значення коефіцієнту  $k_t$  підбираємо за даними наведеними у табл. 3.3.

Табл. 3.3

Коефіцієнт  $k_t$  для підрахунку теплоакumuляції огорожувальних конструкцій приміщення

| Нагрівальний прилад та вид опалення                    | Положення приміщення в будівлі |         |
|--------------------------------------------------------|--------------------------------|---------|
|                                                        | кутове                         | середнє |
| Радіатори та конвектори                                | 0,92                           | 0,96    |
| Гріючі панелі в конструкціях стін або перекритті       | 0,98                           | 1       |
| Повітряне опалення з подачею повітря вільним струменем | 0,87                           | 0,92    |

Витрати інфільтраційного повітря  $L$ ,  $кг/год$ , через огорожувальні конструкції приміщення визначається за формулою[1-16]:

$$L = \frac{\Delta p}{\sum R_{gi}} \quad (3.8)$$

де  $\sum R_{gi}$  – сума опорів повітропроникності шарів огорожувальної конструкції,  $м^2 \cdot год \cdot Па/кг$  (табл. 3.3)

$\Delta p$  – розрахункова різниця між тисками на зовнішній і внутрішній поверхнях огорожувальних конструкцій;

Розрахункова різниця тисків  $\Delta p$ , Па, визначається за формулою[х]

$$\Delta p = (H - h_i) * (y_z - y_v) + 0,03 * \gamma_z * v^2 * \beta_v \quad (3.9)$$

де  $H$  – висота будинку (від рівня підлоги першого поверху до верху витяжної шахти), м;

$h_i$  – висота від рівня підлоги першого поверху до середини огорожувальної конструкції  $i$ -го поверху, для якого проводиться розрахунок, м;

$\gamma_z, \gamma_v$  – – питома вага,  $Н/м^3$ , відповідно зовнішнього і внутрішнього повітря в приміщенні, яка визначається по формулі[1-16]:

$$\gamma_z = \frac{3463}{(273+t_z)} \quad (3.10)$$

$$\gamma_v = \frac{3463}{(273+t_v)} \quad (3.11)$$

де  $t_3$  – температура, °C, зовнішнього повітря, що приймається залежно від температурної зони [1-16] ( $t_3 = -22^\circ\text{C}$ );

$t_v$  – розрахункове значення температури внутрішнього повітря, °C, що приймається залежно від призначення будинку згідно [6-10], ( $t_v = 20^\circ\text{C}$ );

$v$  – максимальна із середніх швидкостей вітру за румбами за січень, м/с, повторюваність яких складає 16 % та більше, прийнята згідно з [6-10];

$\beta_v$  – коефіцієнт, що враховує зміну швидкості повітря за висотою будівлі, що приймається згідно з [1-16].

### 3.3 Визначення коефіцієнту акумуляції теплової енергії $\beta$ , год

Для типових серій житлових будинків значення коефіцієнту акумуляції теплової енергії  $\beta$ , год вже є визначеними [1-15,17,21]. Однак оскільки досліджувані нами типи багатоповерхових будинків є новітніми спорудами, побудованими із використанням сучасних технологій, то виникла необхідність у проведенні розрахунку коефіцієнту акумуляції теплової енергії  $\beta$ , год. При цьому нами були розглянуті наступні випадки просторового розташування приміщення:

- Середнє;
- Кутове приміщення;
- Кутове приміщення на верхньому поверсі.

Розглянемо процес визначення коефіцієнту акумуляції теплової енергії  $\beta$ , год огорожувальних конструкцій досліджуваних будинків на прикладі стіни І типу.

Спершу визначимо коефіцієнт теплопередачі зовнішнього огороження  $k$ ,  $\text{Вт}/\text{м}^2\text{°C}$  для стіни І типу. Використаємо формулу [1-15,40-60]

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_B} + \sum \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_3}} \quad (3.12)$$

Тоді

$$k = \frac{1}{\frac{1}{8,7} + \frac{0,3}{0,5} + \frac{0,1}{0,032} + \frac{0,05}{0,81} + \frac{1}{23}} = 0,257 \text{ Вт}/\text{м}^2\text{°C}$$

Наступним кроком визначаємо розрахункову різницю тисків  $\Delta p$ , Па, згідно формул (3.9-3.11) для середнього приміщення

$$\Delta p = (21 - 1,5) * \left( \frac{3463}{273-22} - \frac{3463}{273+20} \right) + 0,03 * \left( \frac{3463}{273-22} \right) * 5^2 * 0,55 = 44,256 \text{ Па}$$

Аналогічно визначаємо різницю тисків  $\Delta p$ , Па, для інших варіантів просторового розташування приміщень.

Далі згідно формули (3.8) отримуємо значення витрати інфільтраційного повітря  $L$ ,  $\text{кг/год}$ , через огорожувальні конструкції приміщення

$$L = \frac{44,256}{124,33 + 79 + 45} = 0,178 \text{ кг/год}$$

Аналогічно визначаємо значення витрати інфільтраційного повітря  $L$ ,  $\text{кг/год}$ , для інших варіантів просторового розташування приміщень.

Згідно формули (3.7) отримуємо значення коефіцієнту акумуляції теплової енергії  $\beta$ , год для середнього приміщення.

$$\beta = \frac{0,92 * ((0,005 * 0,84 * 1600 * 41,08) + (0,1 * 1,45 * 35 * 41,58) + (0,3 * 0,84 * 500 * 42,63))}{3,6 * (0,257 * 42,63 + 0,178 * 1,005 * 1,406)}$$

$$\beta = 66,77 \text{ год}$$

Аналогічно визначаємо значення коефіцієнту акумуляції теплової енергії  $\beta$ , год для інших просторових розташувань приміщень в досліджуваних будівлях та для інших типів зовнішніх огорожувальних конструкцій.

Табл. 3.4

Коефіцієнт акумуляції теплової енергії  $\beta$ , год

| Тип огороження | $\beta$ , год           |         |                            |
|----------------|-------------------------|---------|----------------------------|
|                | Розташування приміщення |         |                            |
|                | Кутове                  | Середнє | Кутове на верхніх поверхах |
| I              | 66,77                   | 69,21   | 67,99                      |

|     |        |        |        |
|-----|--------|--------|--------|
| II  | 59,68  | 61,77  | 61,05  |
| III | 168,06 | 175,52 | 168,08 |
| IV  | 98,38  | 102,30 | 99,04  |
| V   | 118,09 | 122,76 | 118,97 |
| VI  | 149,18 | 155,66 | 149,19 |

Таким чином нами були визначенні нові значення коефіцієнту акумуляції теплової енергії  $\beta$ , год для сучасних типів житлових будинків, побудованих із врахуванням новітніх технологій (див. табл. 3.4).

3.4 Очікувана температура внутрішнього повітря  $t_b(Z)$ , яка встановиться в приміщенні через час  $Z$  після порушення нормального теплового режиму

Розрахунок температури внутрішнього повітря в приміщенні, що охолоджується проводиться для часу охолодження 6, 12, 18 та 24 години. Під час проведення розрахунків очікуваної температура внутрішнього повітря  $t_b(Z)$  для цілей даної глави вважаємо, що тепловим навантаженням від дії вітру та сонячного випромінювання на досліджуванні будівлі можна знехтувати. Таким чином у формулі (3.6) температура зовнішнього середовища  $t_{zc}, ^\circ\text{C}$  відповідає середній місячній температурі опалювального періоду  $t_3^{\text{міс}}, ^\circ\text{C}$ , чиї значення для кожного місяця приймаються згідно до табл. 3.4.

При проведенні досліджень було розглянуто процес визначення температура внутрішнього повітря  $t_b(Z), ^\circ\text{C}$  у приміщенні із зовнішніми огорожувальними конструкціями I типу на середніх поверхах у жовтні місяці, коли  $Z=0$  год.

$$t_b(Z) = 8,6 + (20 - 8,6) * e^{-0/69,21} = 20^\circ\text{C}$$

Аналогічно були визначені  $t_b(Z), ^\circ\text{C}$  для інших значень  $Z$ , год, у місяці жовтні, та для інших місяців опалювального періоду. Отримані результати заносимо до табл. 3.5.

Табл. 3.5

Очікувана температура внутрішнього повітря  $t_b(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями I типу

| $\beta$ | $t_b(Z)$ | 0  | 6     | 12    | 18    | 24    |
|---------|----------|----|-------|-------|-------|-------|
| 69,21   | жовтень  | 20 | 19,06 | 18,19 | 17,40 | 16,67 |
|         | листопад | 20 | 18,53 | 17,17 | 15,93 | 14,80 |
|         | грудень  | 20 | 18,14 | 16,43 | 14,86 | 13,42 |
|         | січень   | 20 | 17,95 | 16,08 | 14,36 | 12,78 |
|         | лютий    | 20 | 18,03 | 16,22 | 14,56 | 13,04 |
|         | березень | 20 | 18,44 | 17,00 | 15,68 | 14,48 |

На основі отриманих результатів одержано залежності зміни значення очікуваної температури внутрішнього повітря  $t_b(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями I типу (рис. 3.4)

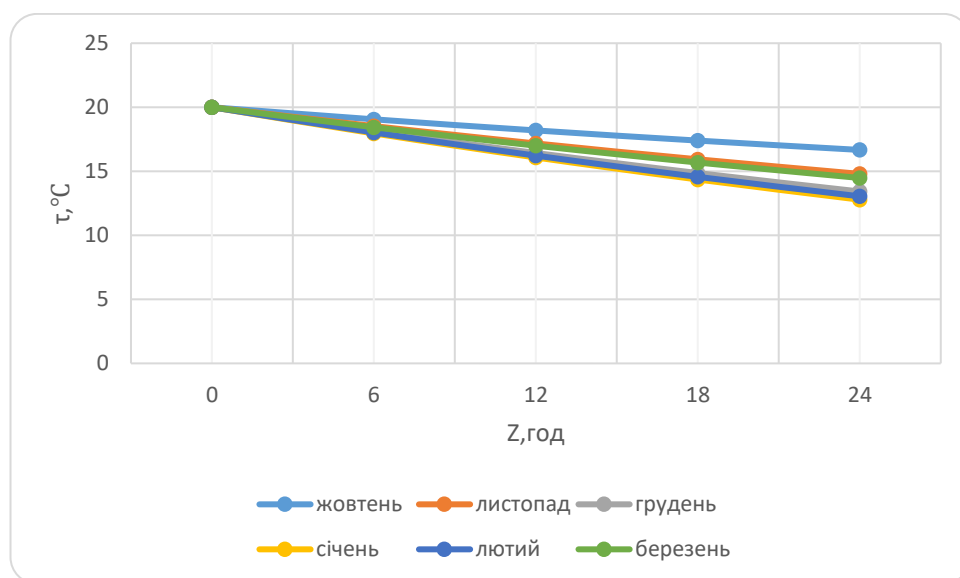


Рис.3.4 Залежності зміни значення очікуваної температури внутрішнього повітря  $t_b(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями I типу

Аналогічним чином було проведемо дослідження зміни значення очікуваної температури внутрішнього повітря  $t_b(Z)$  для інших варіантів просторового розташування приміщень із зовнішніми огорожувальними конструкціями I типу.

При проведенні досліджень було розглянуто процес визначення температура внутрішнього повітря  $t_v(Z)$ , °C у приміщенні із зовнішніми огорожувальними конструкціями II типу на середніх поверхах у жовтні місяці, коли  $Z=0$  год.

$$t_v(Z) = 8,6 + (20 - 8,6) * e^{-0/61,77} = 20^{\circ}\text{C}$$

Аналогічно були визначені  $t_v(Z)$ , °C для інших значень  $Z$ , год, у місяці жовтні, та для інших місяців опалювального періоду. Отримані результати заносимо до табл. 3.6.

Табл. 3.6

Очікувана температура внутрішнього повітря  $t_v(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями II типу

| $\beta$ | $t_v(Z)$ | 0  | 6     | 12    | 18    | 24    |
|---------|----------|----|-------|-------|-------|-------|
| 61,77   | жовтень  | 20 | 18,95 | 17,99 | 17,13 | 16,34 |
|         | листопад | 20 | 18,36 | 16,87 | 15,51 | 14,28 |
|         | грудень  | 20 | 17,92 | 16,04 | 14,33 | 12,77 |
|         | січень   | 20 | 17,72 | 15,65 | 13,77 | 12,07 |
|         | лютий    | 20 | 17,80 | 15,81 | 14,00 | 12,36 |
|         | березень | 20 | 18,26 | 16,67 | 15,23 | 13,93 |

На основі отриманих результатів одержано залежності зміни значення очікуваної температури внутрішнього повітря  $t_v(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями II типу (рис. 3.5).

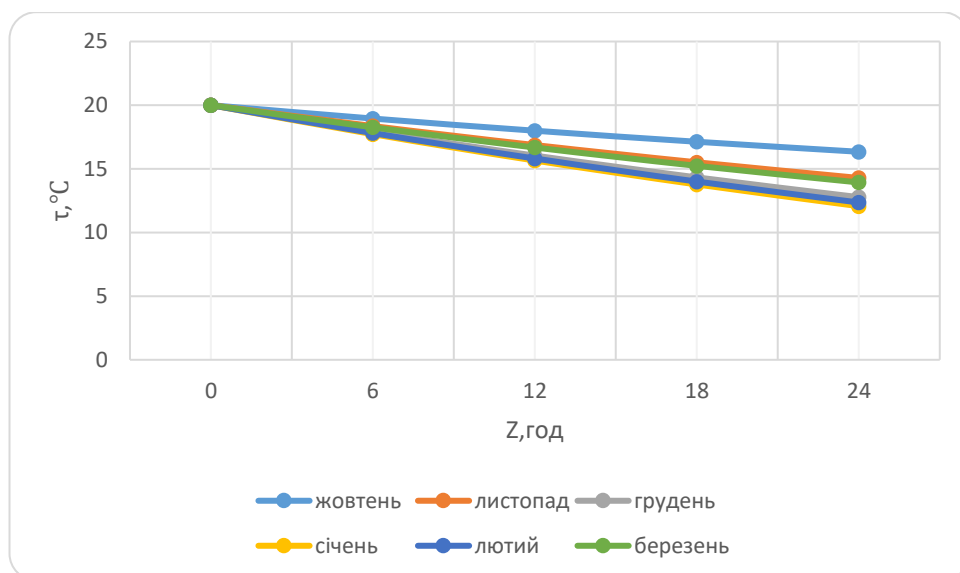


Рис.3.5 Залежності зміни значення очікуваної температури внутрішнього повітря  $t_b(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями II типу

Аналогічним чином було проведено дослідження зміни значення очікуваної температури внутрішнього повітря  $t_b(Z)$  для інших варіантів просторового розташування приміщень із зовнішніми огорожувальними конструкціями II типу.

При проведенні досліджень було розглянуто процес визначення температура внутрішнього повітря  $t_b(Z)$ , °C у приміщенні із зовнішніми огорожувальними конструкціями III типу на середніх поверхах у жовтні місяці, коли  $Z=0$  год.

$$t_b(Z) = 8,6 + (20 - 8,6) * e^{-0/175,52} = 20^{\circ}\text{C}$$

Аналогічно були визначені  $t_b(Z)$ , °C для інших значень  $Z$ , год, у місяці жовтні, та для інших місяців опалювального періоду. Отримані результати заносимо до табл. 3.7.

Табл. 3.7

Очікувана температура внутрішнього повітря  $t_b(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями III типу

| $\beta$ | $t_b(Z)$ | 0  | 6     | 12    | 18    | 24    |
|---------|----------|----|-------|-------|-------|-------|
| 175,52  | жовтень  | 20 | 19,62 | 19,25 | 18,89 | 18,55 |
|         | листопад | 20 | 19,40 | 18,83 | 18,27 | 17,73 |
|         | грудень  | 20 | 19,25 | 18,52 | 17,81 | 17,13 |

|  |          |    |       |       |       |       |
|--|----------|----|-------|-------|-------|-------|
|  | січень   | 20 | 19,17 | 18,37 | 17,60 | 16,85 |
|  | лютий    | 20 | 19,20 | 18,43 | 17,69 | 16,97 |
|  | березень | 20 | 19,37 | 18,75 | 18,16 | 17,59 |

На основі отриманих результатів одержано залежності зміни значення очікуваної температури внутрішнього повітря  $t_v(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями III типу (рис. 3.6).

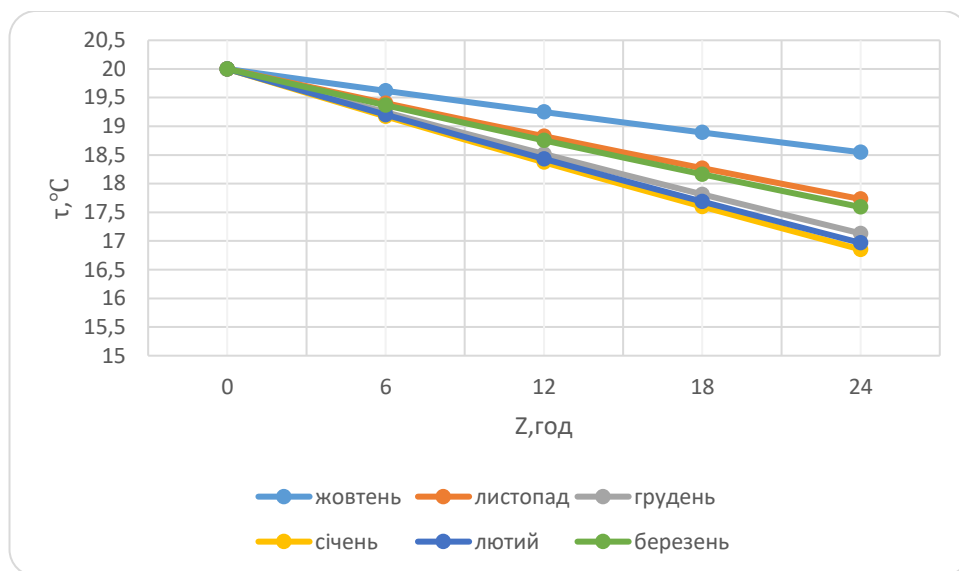


Рис.3.6 Залежності зміни значення очікуваної температури внутрішнього повітря  $t_v(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями III типу

Аналогічним чином було проведемо дослідження зміни значення очікуваної температури внутрішнього повітря  $t_v(Z)$  для інших варіантів просторового розташування приміщень із зовнішніми огорожувальними конструкціями III типу.

При проведенні досліджень було розглянуто процес визначення температура внутрішнього повітря  $t_v(Z)$ , °C у приміщенні із зовнішніми огорожувальними конструкціями IV типу на середніх поверхах у жовтні місяці, коли  $Z=0$  год.

$$t_v(Z) = 8,6 + (20 - 8,6) * e^{-0/294,62} = 20^{\circ}\text{C}$$

Аналогічно були визначені  $t_v(Z)$ , °C для інших значень  $Z$ , год, у місяці жовтні, та для інших місяців опалювального періоду. Отримані результати заносимо до табл. 3.8.

Табл. 3.8

Очікувана температура внутрішнього повітря  $t_v(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями IV типу

| $\beta$ | $t_v(Z)$ | 0  | 6     | 12    | 18    | 24    |
|---------|----------|----|-------|-------|-------|-------|
| 102,30  | жовтень  | 20 | 19,35 | 18,74 | 18,17 | 17,62 |
|         | листопад | 20 | 18,99 | 18,04 | 17,14 | 16,29 |
|         | грудень  | 20 | 18,72 | 17,52 | 16,38 | 15,31 |
|         | січень   | 20 | 18,60 | 17,27 | 16,03 | 14,85 |
|         | лютий    | 20 | 18,65 | 17,37 | 16,17 | 15,04 |
|         | березень | 20 | 18,93 | 17,91 | 16,96 | 16,06 |

На основі отриманих результатів одержано залежності зміни значення очікуваної температури внутрішнього повітря  $t_v(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями IV типу (рис. 3.7).

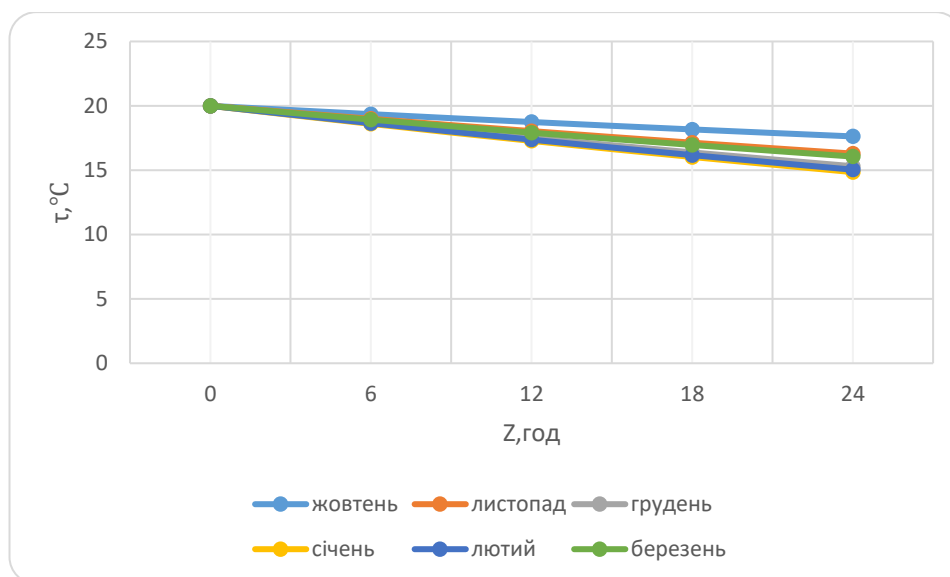


Рис.3.7 Залежності зміни значення очікуваної температури внутрішнього повітря  $t_v(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями IV типу

Аналогічним чином було проведемо дослідження зміни значення очікуваної температури внутрішнього повітря  $t_v(Z)$  для інших варіантів просторового розташування приміщень із зовнішніми огорожувальними конструкціями IV типу.

При проведенні досліджень було розглянуто процес визначення температура внутрішнього повітря  $t_b(Z)$ , °C у приміщенні із зовнішніми огорожувальними конструкціями V типу на середніх поверхах у жовтні місяці, коли  $Z=0$  год.

$$t_b(Z) = 8,6 + (20 - 8,6) * e^{-0/254,57} = 20^{\circ}\text{C}$$

Аналогічно були визначені  $t_b(Z)$ , °C для інших значень  $Z$ , год, у місяці жовтні, та для інших місяців опалювального періоду. Отримані результати заносимо до табл. 3.9.

Табл. 3.9

Очікувана температура внутрішнього повітря  $t_b(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями V типу

| $\beta$ | $t_b(Z)$ | 0  | 6     | 12    | 18    | 24    |
|---------|----------|----|-------|-------|-------|-------|
| 122,76  | жовтень  | 20 | 19,46 | 18,94 | 18,45 | 17,98 |
|         | листопад | 20 | 19,15 | 18,35 | 17,58 | 16,85 |
|         | грудень  | 20 | 18,93 | 17,91 | 16,94 | 16,02 |
|         | січень   | 20 | 18,83 | 17,71 | 16,64 | 15,63 |
|         | лютий    | 20 | 18,87 | 17,79 | 16,76 | 15,79 |
|         | березень | 20 | 19,10 | 18,24 | 17,43 | 16,65 |

На основі отриманих результатів одержано залежності зміни значення очікуваної температури внутрішнього повітря  $t_b(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями V типу (рис. 3.8).

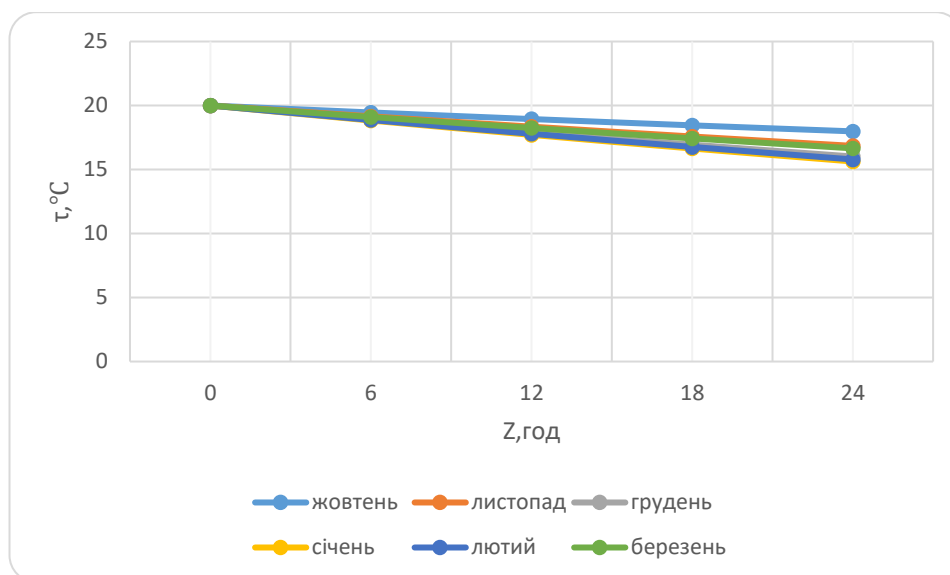


Рис.3.8 Залежності зміни значення очікуваної температури внутрішнього повітря  $t_v(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями V типу

Аналогічним чином було проведемо дослідження зміни значення очікуваної температури внутрішнього повітря  $t_v(Z)$  для інших варіантів просторового розташування приміщень із зовнішніми огорожувальними конструкціями V типу.

При проведенні досліджень було розглянуто процес визначення температура внутрішнього повітря  $t_v(Z)$ , °C у приміщенні із зовнішніми огорожувальними конструкціями VI типу на середніх поверхах у жовтні місяці, коли  $Z=0$  год.

$$t_v(Z) = 8,6 + (20 - 8,6) * e^{-0/254,57} = 20^\circ\text{C}$$

Аналогічно були визначені  $t_v(Z)$ , °C для інших значень  $Z$ , год, у місяці жовтні, та для інших місяців опалювального періоду. Отримані результати заносимо до табл. 3.10.

Табл. 3.10

Очікувана температура внутрішнього повітря  $t_v(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями VI типу

| $\beta$ | $t_v(Z)$ | 0  | 6     | 12    | 18    | 24    |
|---------|----------|----|-------|-------|-------|-------|
| 155,66  | жовтень  | 20 | 19,57 | 19,16 | 18,76 | 18,38 |
|         | листопад | 20 | 19,33 | 18,68 | 18,06 | 17,46 |

|  |          |    |       |       |       |       |
|--|----------|----|-------|-------|-------|-------|
|  | грудень  | 20 | 19,15 | 18,34 | 17,55 | 16,79 |
|  | січень   | 20 | 19,07 | 18,17 | 17,31 | 16,48 |
|  | лютий    | 20 | 19,10 | 18,24 | 17,41 | 16,61 |
|  | березень | 20 | 19,29 | 18,60 | 17,94 | 17,31 |

На основі отриманих результатів одержано залежності зміни значення очікуваної температури внутрішнього повітря  $t_v(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями VI типу (рис. 3.9).

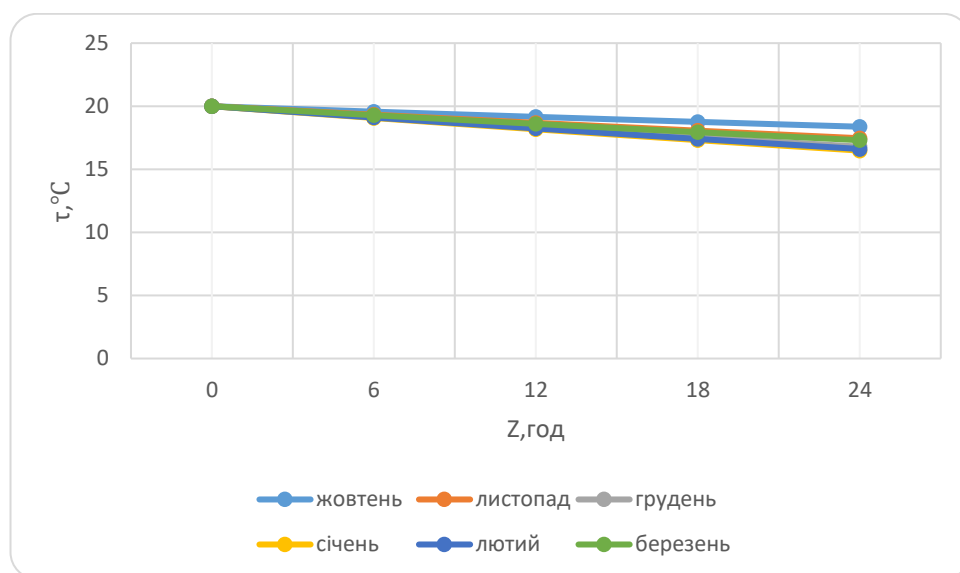


Рис.3.9 Залежності зміни значення очікуваної температури внутрішнього повітря  $t_v(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями VI типу

Аналогічним чином було проведемо дослідження зміни значення очікуваної температури внутрішнього повітря  $t_v(Z)$  для інших варіантів просторового розташування приміщень із зовнішніми огорожувальними конструкціями VI типу.

У результаті проведених досліджень визначено:

1. Залежності, що описують зміну динаміки охолодження внутрішнього повітря  $t_v(Z)$ , °C у приміщеннях із огорожувальними конструкціями різних типів при аварійних ситуаціях в системах теплопостачання.

2. Найменше падіння температури внутрішнього повітря  $t_v(Z)$ , °C у приміщеннях із огорожувальними конструкціями всіх типів спостерігається у місяці жовтні;

3. Найбільше падіння температури внутрішнього повітря  $t_b(Z)$ , °C у приміщеннях із огорожувальними конструкціями всіх типів спостерігається у місяці січні;

4. Протягом перших 24 годин після відключення теплопостачання у січні місяці найбільше падіння температури внутрішнього повітря  $t_b(Z)$ , °C спостерігається у приміщеннях із огорожувальними конструкціями I та II типів. Так для приміщення із огорожувальними конструкціями I типу падіння температури внутрішнього повітря у випадку середнього розташування становить  $\Delta t_b = 7,22^\circ\text{C}$ , кутового –  $\Delta t_b = 7,44^\circ\text{C}$ , кутового верхнього поверху –  $\Delta t_b = 7,33^\circ\text{C}$ . Для приміщення із огорожувальними конструкціями II типу падіння температури внутрішнього повітря у випадку середнього розташування становить  $\Delta t_b = 7,93^\circ\text{C}$ , кутового –  $\Delta t_b = 8,16^\circ\text{C}$ , кутового верхнього поверху –  $\Delta t_b = 8,01^\circ\text{C}$ ;

5. Протягом перших 24 годин після відключення теплопостачання у січні місяці найменше падіння температури внутрішнього повітря  $t_b(Z)$  спостерігається у приміщеннях із огорожувальними конструкціями IX типу. Так у випадку середнього розташування становить  $\Delta t_b = 1,93^\circ\text{C}$ , кутового –  $\Delta t_b = 1,99^\circ\text{C}$ , кутового верхнього поверху –  $\Delta t_b = 1,95^\circ\text{C}$ .

3.5 Визначення  $\Delta\theta_{\text{пр}}$ , °C різниці між  $t_b(Z)$ , °C очікуваною температурою внутрішнього повітря приміщень і  $\tau$ , °C температурою внутрішньої поверхні огорожувальних конструкцій

Згідно із [1-16,25,64] важливою санітарно-гігієнічною вимогою до вимогою до теплотехнічних показників елементів теплоізоляційної оболонки будівель і споруд є додержання такої різниці  $\Delta\theta_{\text{пр}}$ , °C між температурою внутрішнього повітря  $t_b(Z)$ , °C і температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції  $\tau$ , °C, чие значення менше, ніж допустиме значення  $\Delta t_{\text{сг}}$ . Тобто повинна виконуватися нерівність виду [1-16, 25, 64]:

$$\Delta\theta_{\text{пр}} \leq \Delta\theta_{\text{сг}} \quad (3.13)$$

Для житлових будівель, будівель закладів дошкільної освіти, закладів освіти та закладів охорони здоров'я  $\Delta\Theta_{\text{пр}} = 4^{\circ}\text{C}$  [1-16, 25, 64].

В результаті аналізу таблиць 3.5-3.10 та 3.13-3.30 нами була розрахована різниця  $\Delta t_{\text{сг}}, ^{\circ}\text{C}$  між температурою внутрішнього повітря  $t_{\text{в}}(Z), ^{\circ}\text{C}$  і температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції  $\tau, ^{\circ}\text{C}$  згідно із формулою [1-16, 25, 64]:

$$\Delta\Theta_{\text{пр}} = t_{\text{в}} - \tau, ^{\circ}\text{C} \quad (3.14)$$

$\Delta\Theta_{\text{сг}}, ^{\circ}\text{C}$  у приміщенні із зовнішніми огорожувальними конструкціями I типу для всіх варіантів просторового розміщення у жовтні місяці, коли  $Z=0$  год.

$$\Delta\Theta_{\text{пр}} = 20 - 20 = 0^{\circ}\text{C}$$

Аналогічно були визначені  $\Delta t_{\text{сг}}, ^{\circ}\text{C}$  для інших значень  $Z$ , год та інших варіантів просторового розміщення, у місяці жовтні, та для інших місяців опалювального періоду. Отримані результати заносимо до табл. 3.11.

Табл. 3.11

Різниця  $\Delta\Theta_{\text{пр}}, ^{\circ}\text{C}$  між температурою внутрішнього повітря  $t_{\text{в}}(Z), ^{\circ}\text{C}$  і температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції  $\tau, ^{\circ}\text{C}$  для кутового приміщень із зовнішніми огорожувальними конструкціями I типу

| Тип огорожен<br>ня | Місяць      | Z      | $\tau(Z), ^{\circ}\text{C}$ | Розташування приміщення |            |                                    | Розташування приміщення       |            |                                    |
|--------------------|-------------|--------|-----------------------------|-------------------------|------------|------------------------------------|-------------------------------|------------|------------------------------------|
|                    |             |        |                             | Серед<br>нє             | Кутов<br>є | Кутове<br>верхньо<br>го<br>поверху | Серед<br>нє                   | Кутов<br>є | Кутове<br>верхньо<br>го<br>поверху |
|                    |             |        |                             | $t_{\text{в}}(Z)$       |            |                                    | $\Delta\Theta_{\text{пр}}(Z)$ |            |                                    |
| I                  | Жовтен<br>ь | 0      | 19,66                       | 20                      | 20         | 20                                 | 0,34                          | 0,34       | 0,34                               |
|                    |             | 6      | 16,23                       | 19,06                   | 19,02      | 19,04                              | 2,82                          | 2,79       | 2,81                               |
|                    |             | 1<br>2 | 14,58                       | 18,19                   | 18,13      | 18,16                              | 3,62                          | 3,55       | 3,59                               |
|                    |             | 1      | 13,91                       | 17,40                   | 17,31      | 17,36                              | 3,49                          | 3,40       | 3,44                               |

|          |        |       |       |       |       |      |      |      |
|----------|--------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|
|          | 8      |       |       |       |       |      |      |      |
|          | 2<br>4 | 12,92 | 16,67 | 16,57 | 16,62 | 3,75 | 3,65 | 3,70 |
| Листопад | 0      | 19,48 | 20    | 20    | 20    | 0,52 | 0,52 | 0,52 |
|          | 6      | 14,12 | 18,53 | 18,47 | 18,50 | 4,41 | 4,35 | 4,38 |
|          | 1<br>2 | 11,53 | 17,17 | 17,08 | 17,13 | 5,64 | 5,55 | 5,60 |
|          | 1<br>8 | 10,49 | 15,93 | 15,80 | 15,87 | 5,44 | 5,31 | 5,38 |
|          | 2<br>4 | 8,94  | 14,80 | 14,64 | 14,72 | 5,86 | 5,70 | 5,78 |
| Грудень  | 0      | 19,34 | 20    | 20    | 20    | 0,66 | 0,66 | 0,66 |
|          | 6      | 12,57 | 18,14 | 18,07 | 18,11 | 5,57 | 5,50 | 5,54 |
|          | 1<br>2 | 9,29  | 16,43 | 16,31 | 16,37 | 7,14 | 7,02 | 7,08 |
|          | 1<br>8 | 7,98  | 14,86 | 14,70 | 14,78 | 6,88 | 6,71 | 6,80 |
|          | 2<br>4 | 6,02  | 13,42 | 13,22 | 13,33 | 7,41 | 7,21 | 7,31 |
| Січень   | 0      | 19,27 | 20    | 20    | 20    | 0,73 | 0,73 | 0,73 |
|          | 6      | 11,84 | 17,95 | 17,88 | 17,92 | 6,11 | 6,04 | 6,08 |
|          | 1<br>2 | 8,25  | 16,08 | 15,95 | 16,01 | 7,83 | 7,70 | 7,77 |
|          | 1<br>8 | 6,81  | 14,36 | 14,18 | 14,27 | 7,55 | 7,37 | 7,46 |
|          | 2<br>4 | 4,65  | 12,78 | 12,56 | 12,67 | 8,13 | 7,91 | 8,02 |
| Лютий    | 0      | 19,30 | 20,00 | 20    | 20    | 0,70 | 0,70 | 0,70 |
|          | 6      | 12,14 | 18,03 | 17,96 | 18,00 | 5,89 | 5,82 | 5,86 |
|          | 1      | 8,67  | 16,22 | 16,10 | 16,16 | 7,55 | 7,42 | 7,49 |

|  |          |        |       |       |       |       |      |      |      |
|--|----------|--------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|
|  |          | 2      |       |       |       |       |      |      |      |
|  |          | 1<br>8 | 7,29  | 14,56 | 14,39 | 14,48 | 7,28 | 7,10 | 7,19 |
|  |          | 2<br>4 | 5,21  | 13,04 | 12,83 | 12,94 | 7,83 | 7,62 | 7,73 |
|  | Березень | 0      | 19,44 | 20,00 | 20    | 20    | 0,56 | 0,56 | 0,56 |
|  |          | 6      | 13,76 | 18,44 | 18,38 | 18,41 | 4,68 | 4,62 | 4,65 |
|  |          | 1<br>2 | 11,01 | 17,00 | 16,90 | 16,95 | 5,99 | 5,89 | 5,94 |
|  |          | 1<br>8 | 9,91  | 15,68 | 15,55 | 15,62 | 5,78 | 5,64 | 5,71 |
|  |          | 2<br>4 | 8,25  | 14,48 | 14,31 | 14,39 | 6,22 | 6,05 | 6,14 |
|  |          |        |       |       |       |       |      |      |      |

$\Delta\theta_{\text{пр}}$ , °C у приміщенні із зовнішніми огорожувальними конструкціями II – VI типів визначенні аналогічним чином.

У результаті проведених досліджень визначено:

1. Протягом перших 24 годин із моменту відключення системи теплопостачання в результаті аварійної ситуації умова  $\Delta\theta_{\text{пр}} \leq 4^\circ\text{C}$  виконується тільки у місяці жовтні для приміщень із наступними типами зовнішніх огорожувальних конструкцій: I, II, IX, X. В інші місяці ця умова не виконується і через 24 години після відключення системи теплопостачання температура досягає критичних значень.

2. Протягом перших 24 годин із моменту відключення системи теплопостачання в результаті аварійної ситуації найбільше значення різниці  $\Delta\theta_{\text{пр}}$ , °C між температурою внутрішнього повітря  $t_v(Z)$ , °C і температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції  $\tau$ , °C спостерігається у січні місяці для приміщень із наступними типами зовнішніх огорожувальних конструкцій: III та XI.

### Висновки за розділом 3

1. В результаті проведених досліджень встановлені закономірності зміни мікрокліматичних параметрів у приміщенні в залежності від типу зовнішніх огорожувальних конструкцій сучасного будівництва, при аварійних ситуаціях в системах теплопостачання.

2. Встановлено закономірності зміни температури внутрішньої поверхні  $t$ , °C при охолодженні зі стаціонарного режиму при відключенні системи теплопостачання, що дозволяють прогнозувати середню швидкість падіння температури внутрішньої поверхні конструкцій в залежності від типу огорожувальних конструкцій та сезонності.

3. Встановлено, що протягом 24 годин від початку аварійної ситуації найменше падіння температури внутрішньої поверхні  $t$ , °C спостерігається для IV і V типів огорожувальних конструкцій. Різниця температур протягом 24 годин становить  $\Delta t = 3,534$  °C у жовтні та  $\Delta t = 7,657$  °C у січні. Усереднена швидкість падіння температури внутрішньої поверхні протягом 24 годин становить  $0,157$  °C/год у жовтні та  $0,34$  °C/год у січні.

4. Встановлено, що протягом 24 годин від початку аварійної ситуації найбільше падіння температури внутрішньої поверхні  $t$ , °C спостерігається для III типу огорожувальних конструкцій. Різниця температур протягом 24 годин становить  $\Delta t = 9,804$  °C у жовтні та  $\Delta t = 21,242$  °C у січні. Усереднена швидкість падіння температури внутрішньої поверхні протягом 24 годин становить  $0,409$  °C/год у жовтні та  $0,885$  °C/год у січні.

5. Встановлено, що протягом 24 годин від початку аварійної ситуації температура внутрішньої поверхні  $t$ , °C III і VI типів огорожувальних конструкцій досягає значень нижче нуля. Температура внутрішньої поверхні  $t$ , °C III типу огорожувальних конструкцій досягає закритичних значень у місяцях січні ( $t = -1,242$  °C) та лютому ( $t = -0,468$  °C). Температура внутрішньої поверхні  $t$ , °C VI типу огорожувальних конструкцій досягає закритичних значень у місяці січні ( $t = -0,501$  °C).

6. Визначено залежності зміни температури внутрішнього повітря  $t_b(Z)$ , °C при

аварійних ситуаціях в системах теплопостачання та досягнення критичної температури, що дозволяють прогнозувати середню швидкість падіння температури внутрішнього повітря в приміщеннях в залежності від типу конструкцій, архітектурно-планувальних рішень приміщень та сезонності пори року.

7. Встановлено, що протягом 24 годин від початку аварійної ситуації найбільше падіння температури внутрішнього повітря  $t_v(Z)$ , °C спостерігається у приміщеннях із огорожувальними конструкціями I та II типів. Для приміщення із огорожувальними конструкціями I типу у місяці січні різниця температур протягом 24 годин у випадку середнього розташування становить  $\Delta t_v = 7,22^\circ\text{C}$ , кутового –  $\Delta t_v = 7,44^\circ\text{C}$ , кутового верхнього поверху –  $\Delta t_v = 7,33^\circ\text{C}$ . Усереднена швидкість падіння температури внутрішнього повітря  $t_v(Z)$ , °C протягом 24 годин у місяці січні для випадку середнього розташування приміщення  $0,301^\circ\text{C/год}$ , кутового –  $0,31^\circ\text{C/год}$ , кутового верхнього поверху –  $0,305^\circ\text{C/год}$ .

8. Визначено, що для приміщення із огорожувальними конструкціями II типу у місяці січні різниця температур протягом 24 годин у випадку середнього розташування становить  $\Delta t_v = 7,93^\circ\text{C}$ , кутового –  $\Delta t_v = 8,16^\circ\text{C}$ , кутового верхнього поверху –  $\Delta t_v = 8,01^\circ\text{C}$ . Усереднена швидкість падіння температури внутрішнього повітря  $t_v(Z)$ , °C протягом 24 годин у місяці січні для випадку середнього розташування приміщення  $0,331^\circ\text{C/год}$ , кутового –  $0,34^\circ\text{C/год}$ , кутового верхнього поверху –  $0,334^\circ\text{C/год}$ .

9. Визначено, що протягом перших 24 годин від початку аварійної ситуації найменше падіння температури внутрішнього повітря  $t_v(Z)$ , °C спостерігається у приміщеннях із огорожувальними конструкціями IX типу. У місяці січні для випадку середнього розташування різниця температур становить  $\Delta t_v = 1,93^\circ\text{C}$ , кутового –  $\Delta t_v = 1,99^\circ\text{C}$ , кутового верхнього поверху –  $\Delta t_v = 1,95^\circ\text{C}$ . Усереднена швидкість падіння температури внутрішнього повітря  $t_v(Z)$ , °C протягом 24 годин у місяці січні для випадку середнього розташування приміщення  $0,08^\circ\text{C/год}$ , кутового –  $0,083^\circ\text{C/год}$ , кутового верхнього поверху –  $0,081^\circ\text{C/год}$ .

10. У результаті проведення досліджень було встановлено, що протягом перших 24 годин із моменту відключення системи теплопостачання в результаті

аварійної ситуації для приміщень із III та XI типами зовнішніх огорожувальних конструкцій умова  $\Delta\theta_{\text{пр}} \leq 4^{\circ}\text{C}$  не виконується для всіх місяців опалювального періоду. Одночасно було встановлено, що протягом перших 24 годин із моменту відключення системи теплопостачання в результаті аварійної ситуації для приміщень із I, II, IX та X типами зовнішніх огорожувальних конструкцій умова  $\Delta\theta_{\text{пр}} \leq 4^{\circ}\text{C}$  виконується виключно у місяці жовтні.

11. Визначено, що у місяці січні протягом перших 24 годин із моменту відключення системи теплопостачання в результаті аварійної ситуації найбільше значення різниці  $\Delta\theta_{\text{сг}},^{\circ}\text{C}$  між температурою внутрішнього повітря  $t_{\text{в}}(Z),^{\circ}\text{C}$  і температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції  $\tau,^{\circ}\text{C}$  спостерігається для приміщень із III та XI типами зовнішніх огорожувальних конструкцій. Для випадку середнього розташування приміщень із III типом зовнішніх огорожувальних конструкцій  $\Delta\theta_{\text{пр}} = 18,09^{\circ}\text{C}$ , кутового –  $\Delta\theta_{\text{пр}} = 17,96^{\circ}\text{C}$ , кутового верхнього поверху –  $\Delta\theta_{\text{пр}t_{\text{пр}}} = 17,96^{\circ}\text{C}$ . Для випадку середнього розташування приміщень із XI типом зовнішніх огорожувальних конструкцій  $\Delta\theta_{\text{пр}} = 16,98^{\circ}\text{C}$ , кутового –  $\Delta\theta_{\text{пр}} = 16,84^{\circ}\text{C}$ , кутового верхнього поверху –  $\Delta\theta_{\text{пр}} = 17,84^{\circ}\text{C}$ .

12. Проведені дослідження зміни температури на поверхні конструкцій та температури повітря всередині приміщень дозволяють визначити граничний час проведення аварійних робіт по відновленню мікроклімату та безпечної роботи систем теплопостачання з урахуванням недосягнення за критичних температур в приміщеннях.

## РОЗДІЛ 4

### ВИЗНАЧЕННЯ ДИНАМІКИ ЗМІНИ ТЕМПЕРАТУРИ ВНУТРІШНЬОЇ ПОВЕРХНІ ПРИМІЩЕНЬ ПРИ АВАРІЙНИХ СИТУАЦІЯХ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ІЗ УРАХУВАННЯМ ВПЛИВУ ЗОВНІШНІХ КЛІМАТИЧНИХ ФАКТОРІВ ТА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВІДНОВЛЕННЯ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ ПРИМІЩЕНЬ

4.1 Дослідження охолодження внутрішніх поверхонь приміщень при аварійному відключенні системи теплопостачання, якщо вплив зовнішнього середовища на будівлі враховує дію сонячної радіації та вітру для випадку вільної розімкненої забудови

Динаміка охолодження внутрішніх поверхонь приміщень при аварійному відключенні системи теплопостачання визначається відповідно до загальної послідовності кроків, що були описані нами у пункті 3.2 Розділу 3 цієї дослідницької роботи.

Однак, при урахуванні сукупного впливу сонячної радіації та вітру у формулі (3.5) нами було прийнято, що температура зовнішнього середовища  $t_{zc}, ^\circ\text{C}$  не рівна середньомісячній температурі одного з місяців опалювального періоду  $t_3^{\text{міс}}, ^\circ\text{C}$ , а визначається за формулою

$$t_{zc} = t_3^{\text{міс}} + \Delta t_{\text{рад}}^{\text{міс}} - \Delta t_{\text{вітер}}^{\text{міс}}, ^\circ\text{C} \quad (4.1)$$

де:

$\Delta t_{\text{рад}}^{\text{міс}}$  — середньомісячна добавка тепла за рахунок сонячної радіації,  $^\circ\text{C}$ ;

$\Delta t_{\text{вітер}}^{\text{міс}}$  — середньомісячна втрата тепла від вітру,  $^\circ\text{C}$ ;

Значення середньомісячної добавки тепла від сонячної радіації  $\Delta t_{\text{рад}}^{\text{міс}}, ^\circ\text{C}$  приймаємо згідно табл. 4.1, а значення середньомісячної втрати тепла від вітру  $\Delta t_{\text{вітер}}^{\text{міс}}, ^\circ\text{C}$  приймаємо згідно табл. 4.2.

Табл. 4.1

Середньомісячна добавка тепла від сонячної радіації  $\Delta t_{\text{рад}}^{\text{міс}}, ^\circ\text{C}$

| Місяць | Вільна розімкнена<br>збудова | Щільна<br>збудова |
|--------|------------------------------|-------------------|
|--------|------------------------------|-------------------|

|          | $\Delta t_{\text{рад}}^{\text{міс}}, ^\circ\text{C}$ | $\Delta t_{\text{рад}}^{\text{міс}}, ^\circ\text{C}$ |
|----------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| жовтень  | 8                                                    | 4                                                    |
| листопад | 3                                                    | 1                                                    |
| грудень  | 3                                                    | 1                                                    |
| січень   | 4                                                    | 2                                                    |
| лютий    | 7                                                    | 4                                                    |
| березень | 10                                                   | 5                                                    |

Табл. 4.2

Середньомісячна втрата тепла від вітру  $\Delta t_{\text{вітер}}^{\text{міс}}, ^\circ\text{C}$

| Місяць   | $\Delta t_{\text{вітер}}^{\text{міс}}, ^\circ\text{C}$ |
|----------|--------------------------------------------------------|
| жовтень  | 0                                                      |
| листопад | 1                                                      |
| грудень  | 2                                                      |
| січень   | 2                                                      |
| лютий    | 2                                                      |
| березень | 1                                                      |

Як можна побачити із табл. 4.1 значення середньомісячної добавки тепла від сонячної радіації  $\Delta t_{\text{рад}}^{\text{міс}}, ^\circ\text{C}$  залежить від щільності оточуючої дану будівлю забудови. Таким чином визначення температури внутрішньої середи  $\tau, ^\circ\text{C}$  буде проводитися як для випадку щільної забудови, так і для випадку розімкненої забудови.

Виконаємо необхідні розрахунки для визначення динаміки охолодження внутрішніх поверхонь приміщень при аварійному відключенні системи теплопостачання із урахуванням сукупного впливу сонячної радіації та вітру.

Табл. 4.3

Температура внутрішньої поверхні  $\tau, ^\circ\text{C}$  огорожувальної конструкції I типу за заданого часу  $Z$ , год протягом опалювального періоду із урахуванням сукупної дії сонячної радіації та вітру для випадку вільної розімкненої забудови

| Тип стіни | місяць   | $Z$ | $\tau, ^\circ\text{C}$ | $t_{\text{в}}$ | $t_3^{\text{міс}}$ | $v/v_0$ | $a \cdot z / \delta 2$ |
|-----------|----------|-----|------------------------|----------------|--------------------|---------|------------------------|
| I         | жовтень  | 0   | 20                     | 20             | 16,6               | 1       | 0,000                  |
|           |          | 6   | 18,946                 |                |                    | 0,69    | 0,079                  |
|           |          | 12  | 18,436                 |                |                    | 0,54    | 0,159                  |
|           |          | 18  | 18,232                 |                |                    | 0,48    | 0,238                  |
|           |          | 24  | 17,926                 |                |                    | 0,39    | 0,317                  |
|           | листопад | 0   | 20                     |                | 4,2                | 1       | 0,000                  |
|           |          | 6   | 15,102                 |                |                    | 0,69    | 0,079                  |

|  |          |    |        |  |      |      |       |
|--|----------|----|--------|--|------|------|-------|
|  |          | 12 | 12,732 |  |      | 0,54 | 0,159 |
|  |          | 18 | 11,784 |  |      | 0,48 | 0,238 |
|  |          | 24 | 10,362 |  |      | 0,39 | 0,317 |
|  | грудень  | 0  | 20     |  | -1,5 | 1    | 0,000 |
|  |          | 6  | 13,335 |  |      | 0,69 | 0,079 |
|  |          | 12 | 10,11  |  |      | 0,54 | 0,159 |
|  |          | 18 | 8,82   |  |      | 0,48 | 0,238 |
|  |          | 24 | 6,885  |  |      | 0,39 | 0,317 |
|  | січень   | 0  | 20     |  | -2,7 | 1    | 0,000 |
|  |          | 6  | 12,963 |  |      | 0,69 | 0,079 |
|  |          | 12 | 9,558  |  |      | 0,54 | 0,159 |
|  |          | 18 | 8,196  |  |      | 0,48 | 0,238 |
|  |          | 24 | 6,153  |  |      | 0,39 | 0,317 |
|  | лютий    | 0  | 20     |  | 1,2  | 1    | 0,000 |
|  |          | 6  | 14,172 |  |      | 0,69 | 0,079 |
|  |          | 12 | 11,352 |  |      | 0,54 | 0,159 |
|  |          | 18 | 10,224 |  |      | 0,48 | 0,238 |
|  |          | 24 | 8,532  |  |      | 0,39 | 0,317 |
|  | березень | 0  | 20     |  | 10,1 | 1    | 0,000 |
|  |          | 6  | 16,931 |  |      | 0,69 | 0,079 |
|  |          | 12 | 15,446 |  |      | 0,54 | 0,159 |
|  |          | 18 | 14,852 |  |      | 0,48 | 0,238 |
|  |          | 24 | 13,961 |  |      | 0,39 | 0,317 |

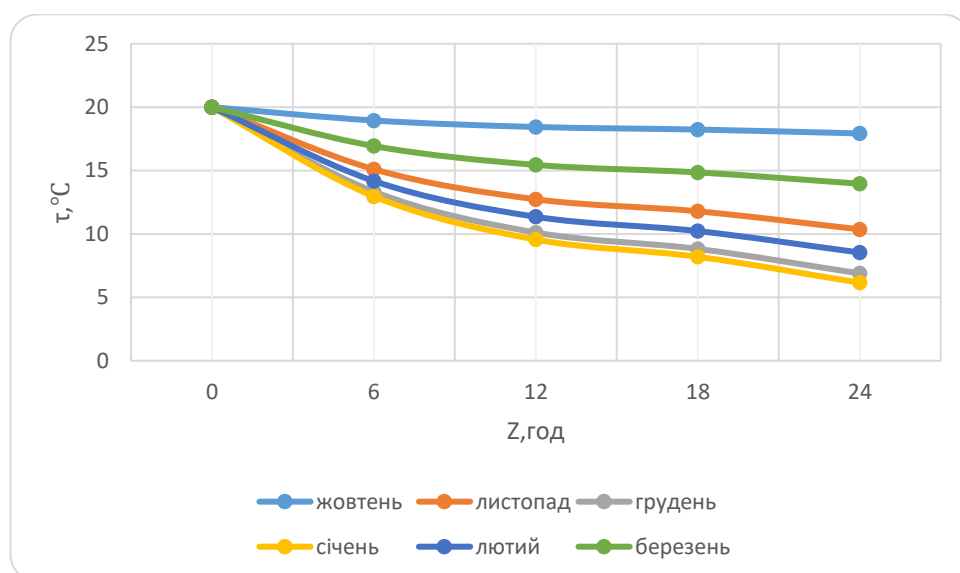


Рис. 4.1 Графік динаміки охолодження внутрішніх поверхонь приміщень при аварійному відключенні системи тепlopостачання на прикладі стіни I типу

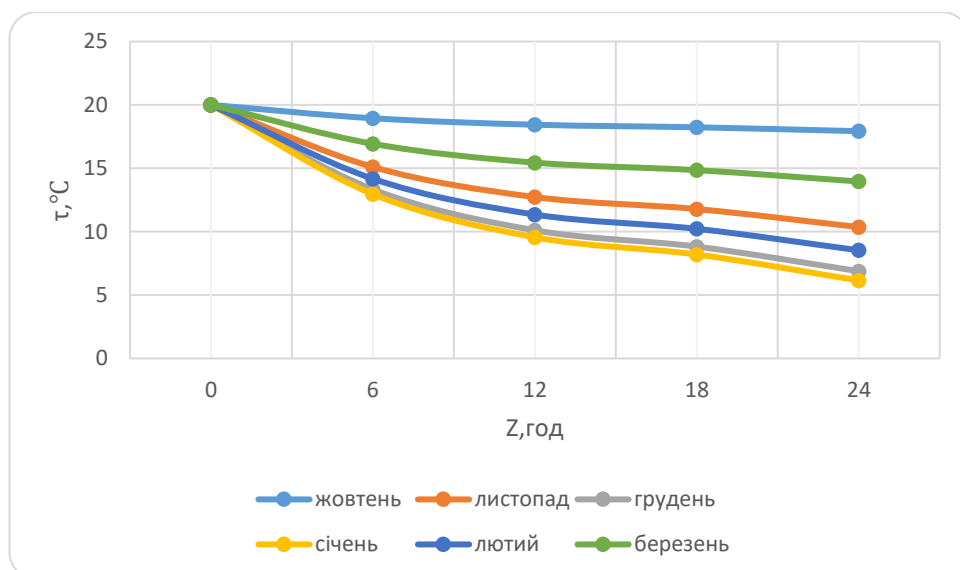


Рис. 4.2 Графік динаміки охолодження внутрішніх поверхонь приміщень при аварійному відключенні системи тепlopостачання на прикладі стіни II типу

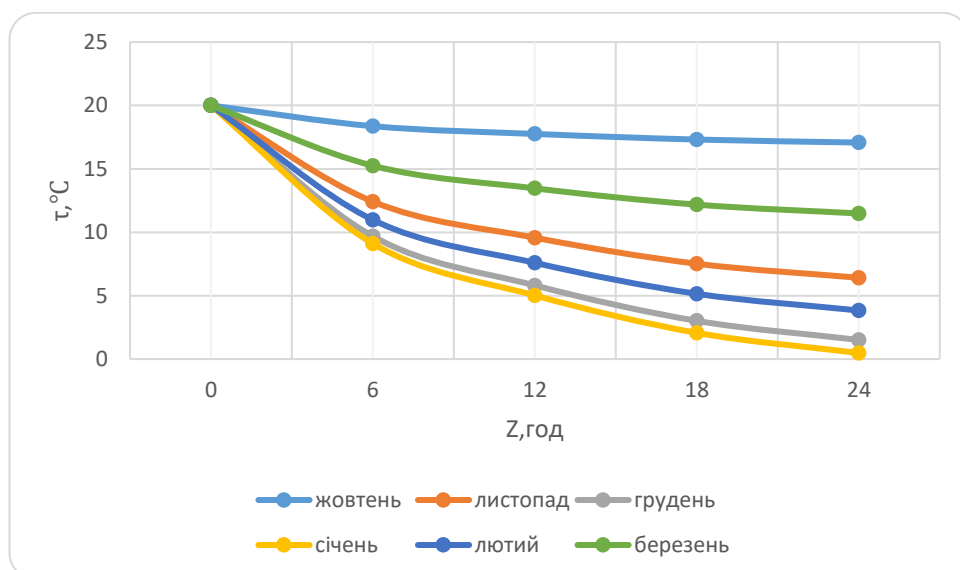


Рис. 4.3 Графік динаміки охолодження внутрішніх поверхонь приміщень при аварійному відключенні системи тепlopостачання на прикладі стіни III типу

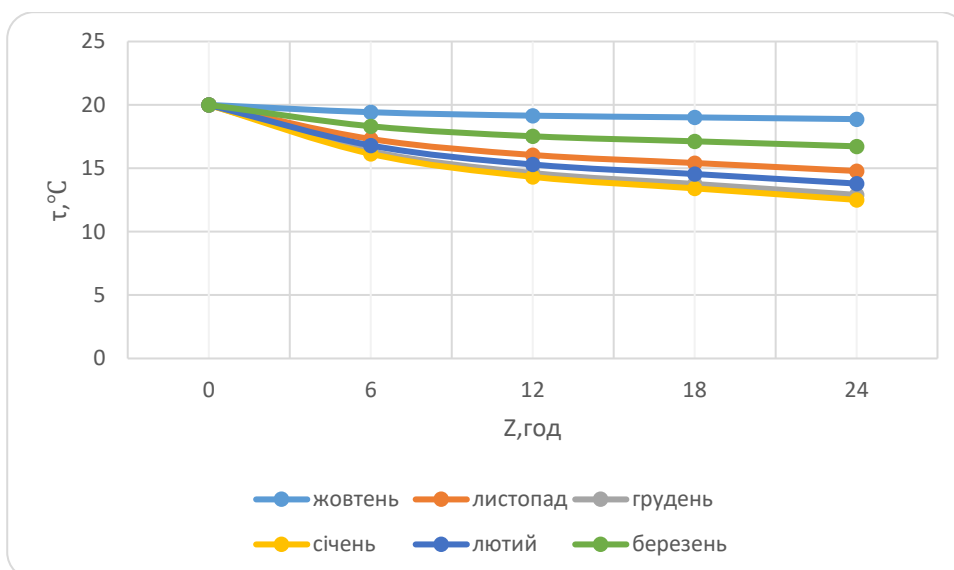


Рис. 4.4 Графік динаміки охолодження внутрішніх поверхонь приміщень при аварійному відключенні системи тепlopостачання на прикладі стіни IV типу

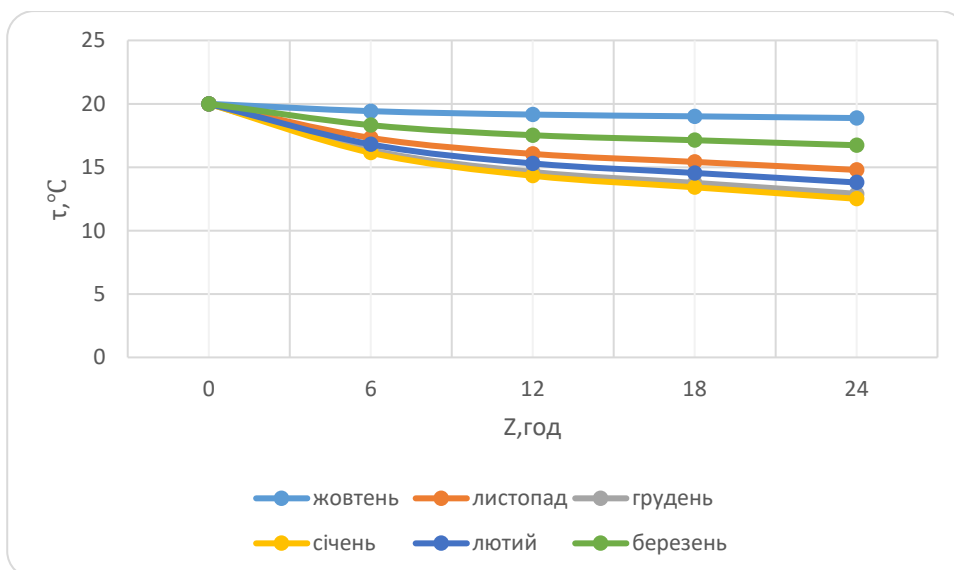


Рис. 4.5 Графік динаміки охолодження внутрішніх поверхонь приміщень при аварійному відключенні системи тепlopостачання на прикладі стіни V типу

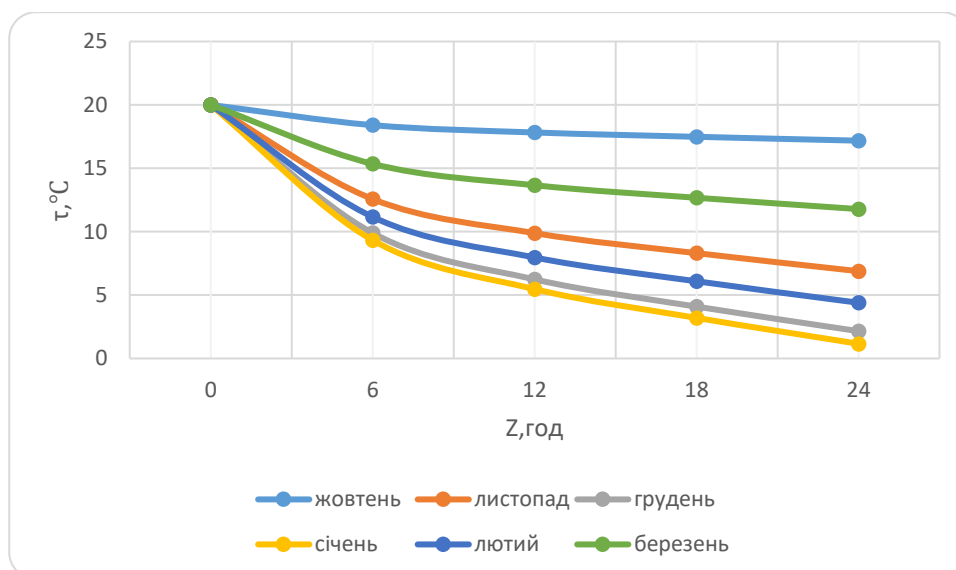


Рис. 4.6 Графік динаміки охолодження внутрішніх поверхонь приміщень при аварійному відключенні системи тепlopостачання на прикладі стіни VI типу

4.2 Дослідження охолодження внутрішніх поверхонь приміщень при аварійному відключенні системи тепlopостачання, якщо вплив зовнішнього середовища на будівлі враховує дію сонячної радіації та вітру для випадку щільної забудови

Як можна побачити із табл. 4.1 значення середньомісячної добавки тепла від сонячної радіації  $\Delta t_{\text{рад}}^{\text{міс}}, ^\circ\text{C}$  залежить від щільності оточуючої дану будівлю забудови. Таким чином визначимо температуру внутрішньої середи  $\tau, ^\circ\text{C}$  випадку щільної забудови.

Виконаємо необхідні розрахунки для визначення динаміки охолодження внутрішніх поверхонь приміщень при аварійному відключенні системи тепlopостачання із урахуванням сукупного впливу сонячної радіації та вітру та занесемо отримані результати до таблиць.

Табл. 4.4

Температура внутрішньої поверхні  $\tau, ^\circ\text{C}$  огорожувальної конструкції I типу за заданого часу  $Z$ , год протягом опалювального періоду із урахуванням сукупної дії сонячної радіації та вітру для випадку щільної забудови

| Тип стіни | місяць  | Z  | $\tau, ^\circ\text{C}$ | $t_b$ | $t_3^{\text{міс}}$ | $v/v_0$ | $a \cdot z / \delta^2$ |
|-----------|---------|----|------------------------|-------|--------------------|---------|------------------------|
| I         | жовтень | 0  | 20                     | 20    | 12,6               | 1       | 0,000                  |
|           |         | 6  | 17,706                 |       |                    | 0,69    | 0,079                  |
|           |         | 12 | 16,596                 |       |                    | 0,54    | 0,159                  |

|  |          |    |        |  |      |      |       |
|--|----------|----|--------|--|------|------|-------|
|  |          | 18 | 16,152 |  |      | 0,48 | 0,238 |
|  |          | 24 | 15,486 |  |      | 0,39 | 0,317 |
|  | листопад | 0  | 20     |  | 2,2  | 1    | 0,000 |
|  |          | 6  | 14,482 |  |      | 0,69 | 0,079 |
|  |          | 12 | 11,812 |  |      | 0,54 | 0,159 |
|  |          | 18 | 10,744 |  |      | 0,48 | 0,238 |
|  |          | 24 | 9,142  |  |      | 0,39 | 0,317 |
|  | грудень  | 0  | 20     |  | -3,5 | 1    | 0,000 |
|  |          | 6  | 13,335 |  |      | 0,69 | 0,079 |
|  |          | 12 | 10,11  |  |      | 0,54 | 0,159 |
|  |          | 18 | 8,82   |  |      | 0,48 | 0,238 |
|  |          | 24 | 6,885  |  |      | 0,39 | 0,317 |
|  | січень   | 0  | 20     |  | -4,7 | 1    | 0,000 |
|  |          | 6  | 12,343 |  |      | 0,69 | 0,079 |
|  |          | 12 | 8,638  |  |      | 0,54 | 0,159 |
|  |          | 18 | 7,156  |  |      | 0,48 | 0,238 |
|  |          | 24 | 4,933  |  |      | 0,39 | 0,317 |
|  | лютий    | 0  | 20     |  | -1,8 | 1    | 0,000 |
|  |          | 6  | 13,242 |  |      | 0,69 | 0,079 |
|  |          | 12 | 9,972  |  |      | 0,54 | 0,159 |
|  |          | 18 | 8,664  |  |      | 0,48 | 0,238 |
|  |          | 24 | 6,702  |  |      | 0,39 | 0,317 |
|  | березень | 0  | 20     |  | 5,1  | 1    | 0,000 |
|  |          | 6  | 15,381 |  |      | 0,69 | 0,079 |
|  |          | 12 | 13,146 |  |      | 0,54 | 0,159 |
|  |          | 18 | 12,252 |  |      | 0,48 | 0,238 |
|  |          | 24 | 10,911 |  |      | 0,39 | 0,317 |

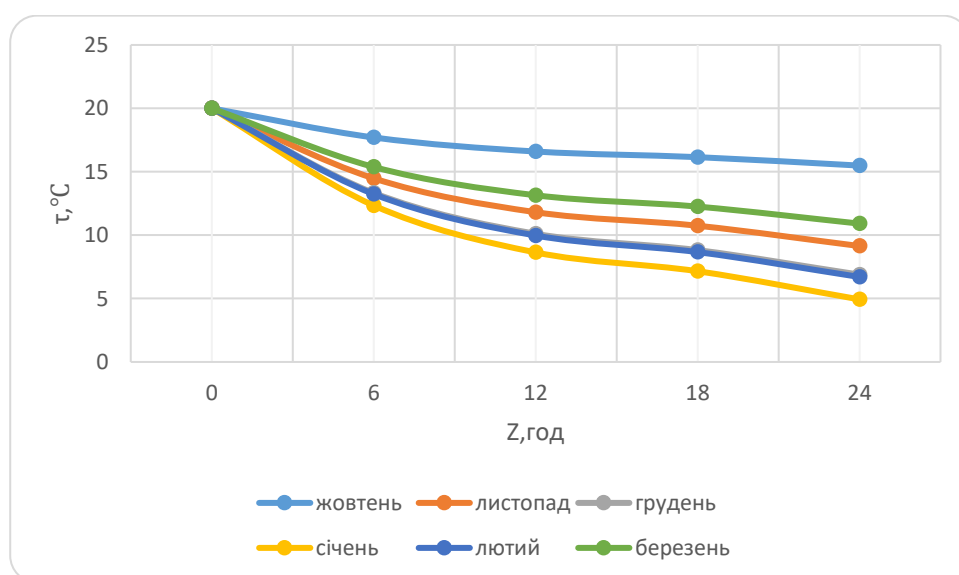


Рис. 4.7 Графік динаміки охолодження внутрішніх поверхонь приміщень при аварійному відключенні системи теплопостачання на прикладі стіни I типу

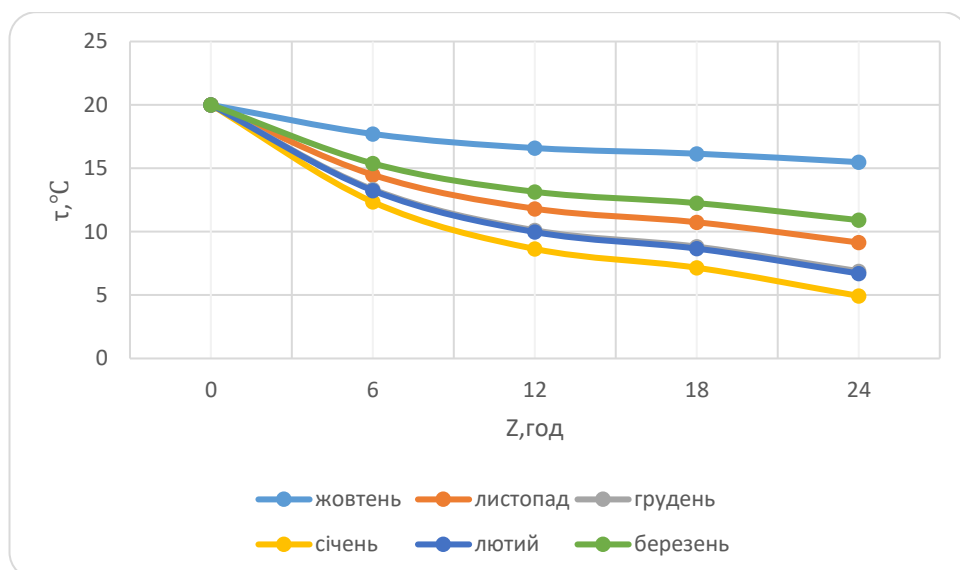


Рис. 4.8 Графік динаміки охолодження внутрішніх поверхонь приміщень при аварійному відключенні системи тепlopостачання на прикладі стіни II типу

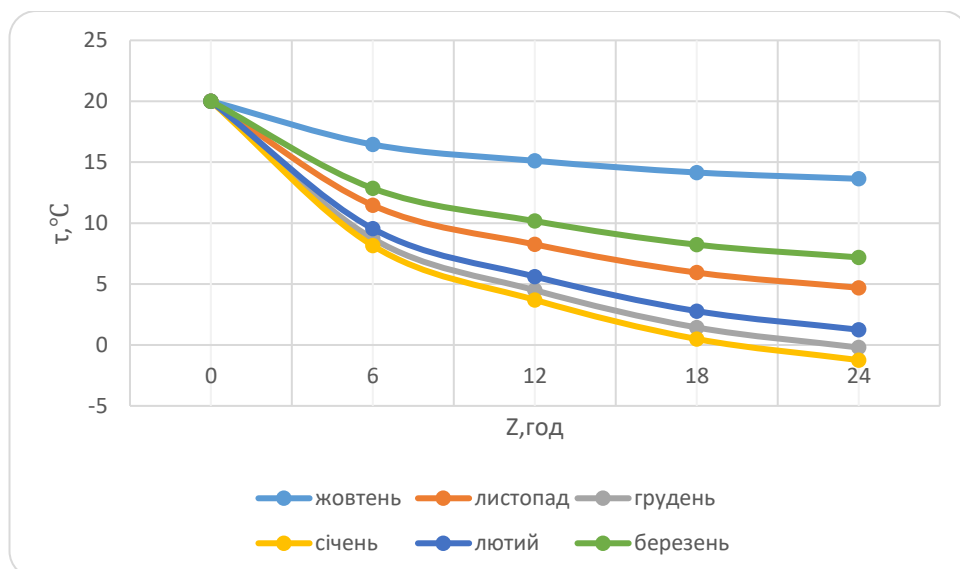


Рис. 4.9 Графік динаміки охолодження внутрішніх поверхонь приміщень при аварійному відключенні системи тепlopостачання на прикладі стіни III типу

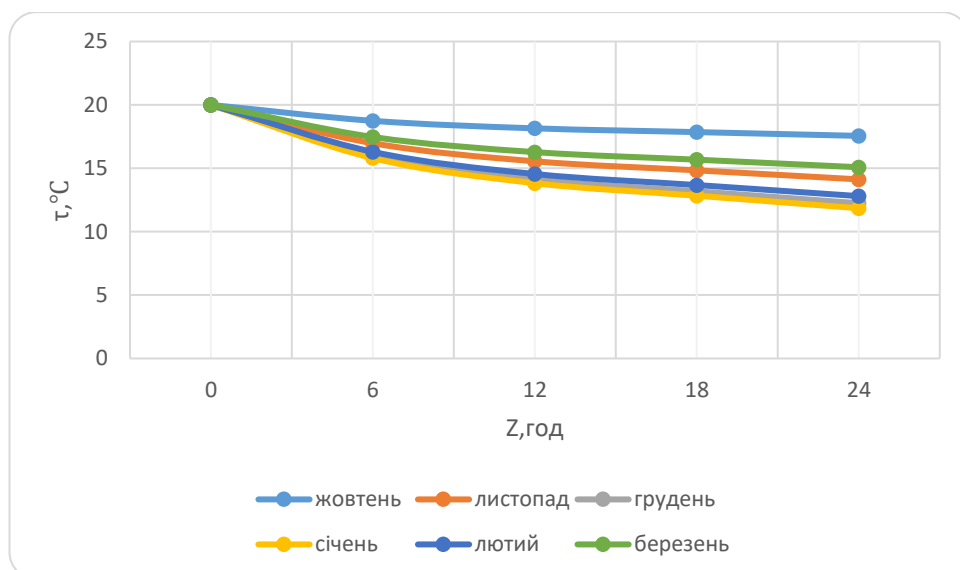


Рис. 4.10 Графік динаміки охолодження внутрішніх поверхонь приміщень при аварійному відключенні системи теплопостачання на прикладі стіни IV типу

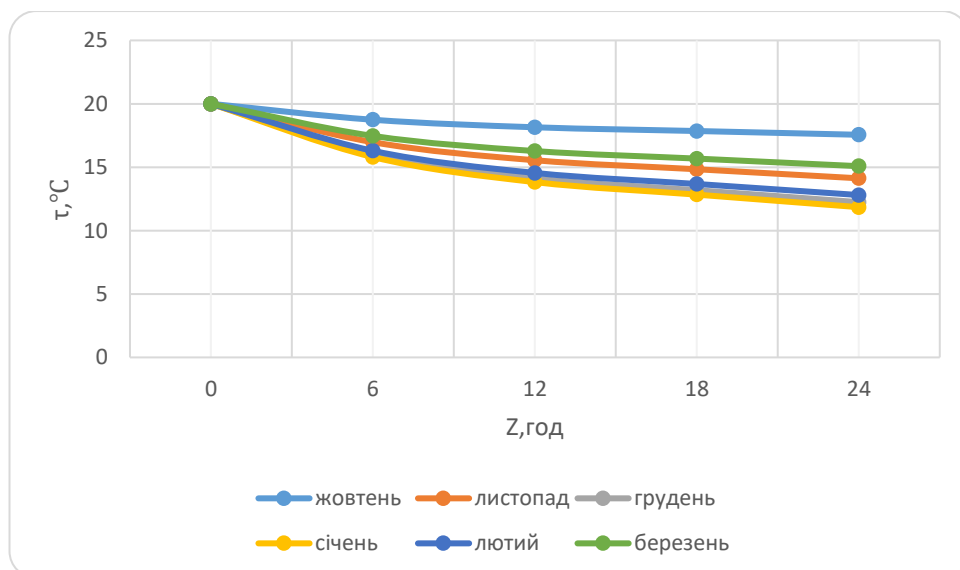


Рис. 4.11 Графік динаміки охолодження внутрішніх поверхонь приміщень при аварійному відключенні системи теплопостачання на прикладі стіни V типу

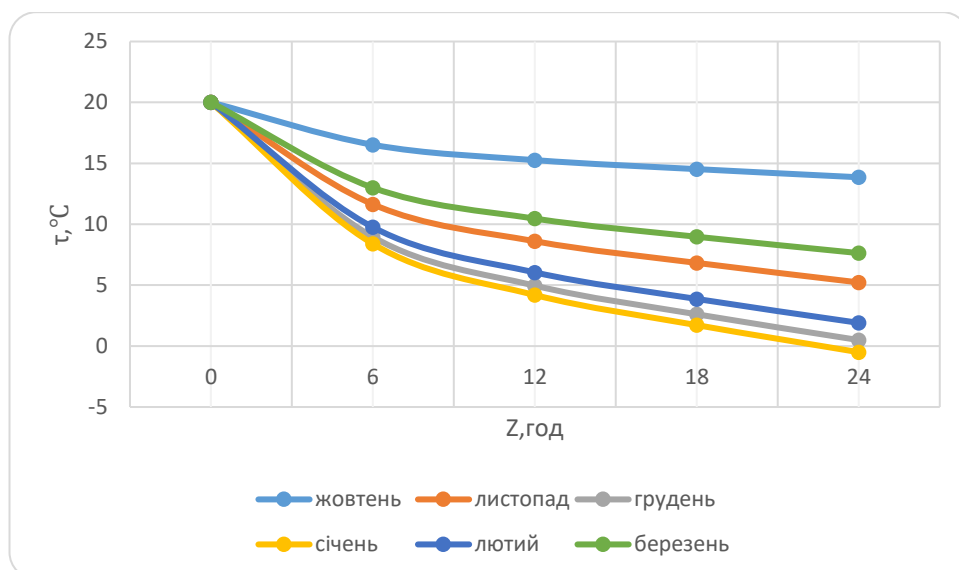


Рис. 4.12 Графік динаміки охолодження внутрішніх поверхонь приміщень при аварійному відключенні системи тепlopостачання на прикладі стіни VI типу

4.3 Дослідження охолодження внутрішніх поверхонь приміщень при аварійному відключенні системи тепlopостачання, якщо вплив зовнішнього середовища на будівлі враховує дію виключно сонячної радіації для випадку вільної розімкненої забудови

Динаміка охолодження внутрішніх поверхонь приміщень при аварійному відключенні системи тепlopостачання визначається відповідно до загальної послідовності кроків, що були описані нами у пункті 3.2 Розділу 3 цієї дослідницької роботи.

Однак, при урахуванні сукупного впливу сонячної радіації та вітру у формулі (3.5) нами було прийнято, що температура зовнішнього середовища  $t_{\text{зс}}, ^\circ\text{C}$  не рівна середньомісячній температурі одного з місяців опалювального періоду  $t_3^{\text{міс}}, ^\circ\text{C}$ , а визначається за формулою

$$t_{\text{зс}} = t_3^{\text{міс}} + \Delta t_{\text{рад}}^{\text{міс}}, ^\circ\text{C} \quad (4.2)$$

де:

$\Delta t_{\text{рад}}^{\text{міс}}$  — середньомісячна добавка тепла за рахунок сонячної радіації,  $^\circ\text{C}$ ;

$\Delta t_{\text{вітер}}^{\text{міс}}$  — середньомісячна втрата тепла від вітру,  $^\circ\text{C}$ ;

Значення середньомісячної добавки тепла від сонячної радіації  $\Delta t_{\text{рад}}^{\text{міс}}, ^\circ\text{C}$  приймаємо згідно табл. 4.1.

Як можна побачити із табл. 4.1 значення середньомісячної добавки тепла від сонячної радіації  $\Delta t_{\text{рад}}^{\text{міс}}$ , °C залежить від щільності оточуючої дану будівлю забудови. Таким чином визначення температури внутрішньої середи  $\tau$ , °C буде проводитися як для випадку щільної забудови, так і для випадку розімкненої забудови.

Виконаємо необхідні розрахунки для визначення динаміки охолодження внутрішніх поверхонь приміщень при аварійному відключенні системи теплопостачання із урахуванням сукупного впливу сонячної радіації.

Табл. 4.5

Температура внутрішньої поверхні  $\tau$ , °C огорожувальної конструкції I типу за заданого часу  $Z$ , год протягом опалювального періоду із урахуванням дії виключно сонячної радіації для випадку вільної розімкненої забудови

| Тип стіни | місяць   | $Z$ | $\tau$ , °C | $t_b$ | $t_3^{\text{міс}}$ | $v/v_0$ | $a \cdot z / \delta 2$ |
|-----------|----------|-----|-------------|-------|--------------------|---------|------------------------|
| I         | жовтень  | 0   | 20          | 20    | 16,6               | 1       | 0,000                  |
|           |          | 6   | 18,946      |       |                    | 0,69    | 0,079                  |
|           |          | 12  | 18,436      |       |                    | 0,54    | 0,159                  |
|           |          | 18  | 18,232      |       |                    | 0,48    | 0,238                  |
|           |          | 24  | 17,926      |       |                    | 0,39    | 0,317                  |
|           | листопад | 0   | 20          |       | 5,2                | 1       | 0,000                  |
|           |          | 6   | 15,412      |       |                    | 0,69    | 0,079                  |
|           |          | 12  | 13,192      |       |                    | 0,54    | 0,159                  |
|           |          | 18  | 12,304      |       |                    | 0,48    | 0,238                  |
|           |          | 24  | 10,972      |       |                    | 0,39    | 0,317                  |
|           | грудень  | 0   | 20          |       | 0,5                | 1       | 0,000                  |
|           |          | 6   | 13,955      |       |                    | 0,69    | 0,079                  |
|           |          | 12  | 11,03       |       |                    | 0,54    | 0,159                  |
|           |          | 18  | 9,86        |       |                    | 0,48    | 0,238                  |
|           |          | 24  | 8,105       |       |                    | 0,39    | 0,317                  |
|           | січень   | 0   | 20          |       | -0,7               | 1       | 0,000                  |
|           |          | 6   | 13,583      |       |                    | 0,69    | 0,079                  |
|           |          | 12  | 10,478      |       |                    | 0,54    | 0,159                  |
|           |          | 18  | 9,236       |       |                    | 0,48    | 0,238                  |
|           |          | 24  | 7,373       |       |                    | 0,39    | 0,317                  |
|           | лютий    | 0   | 20          |       | 3,2                | 1       | 0,000                  |
|           |          | 6   | 14,792      |       |                    | 0,69    | 0,079                  |
|           |          | 12  | 12,272      |       |                    | 0,54    | 0,159                  |
|           |          | 18  | 11,264      |       |                    | 0,48    | 0,238                  |
|           |          | 24  | 9,752       |       |                    | 0,39    | 0,317                  |
|           | березень | 0   | 20          |       | 11,1               | 1       | 0,000                  |
|           |          | 6   | 17,241      |       |                    | 0,69    | 0,079                  |

|  |  |    |        |  |  |      |       |
|--|--|----|--------|--|--|------|-------|
|  |  | 12 | 15,906 |  |  | 0,54 | 0,159 |
|  |  | 18 | 15,372 |  |  | 0,48 | 0,238 |
|  |  | 24 | 14,571 |  |  | 0,39 | 0,317 |

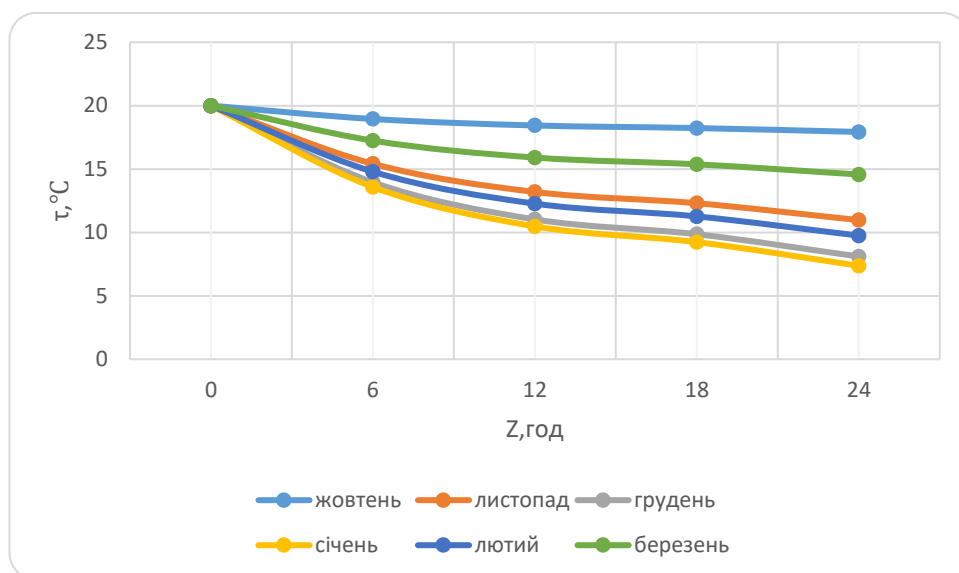


Рис. 4.13 Графік динаміки охолодження внутрішніх поверхонь приміщень при аварійному відключенні системи тепlopостачання на прикладі стіни I типу

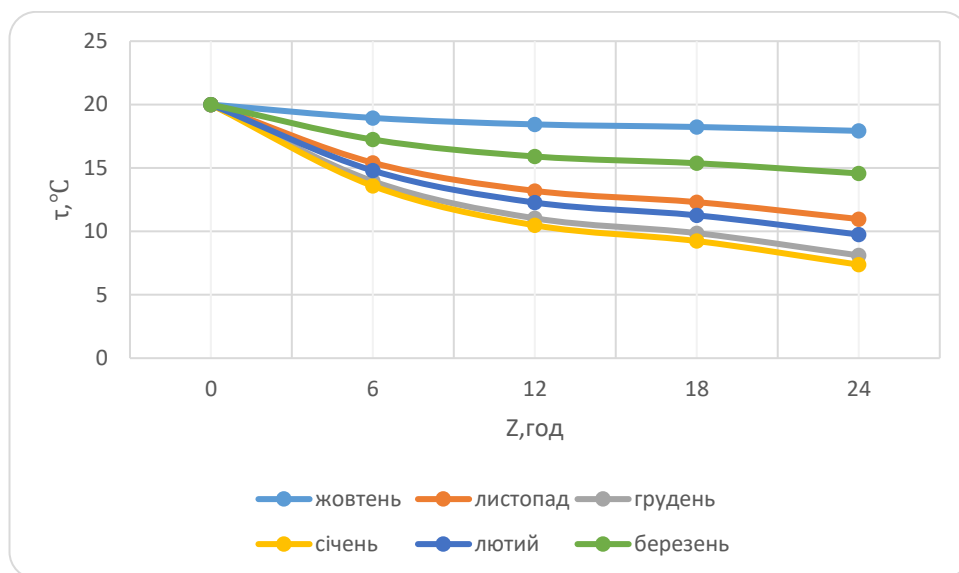


Рис. 4.14 Графік динаміки охолодження внутрішніх поверхонь приміщень при аварійному відключенні системи тепlopостачання на прикладі стіни II типу

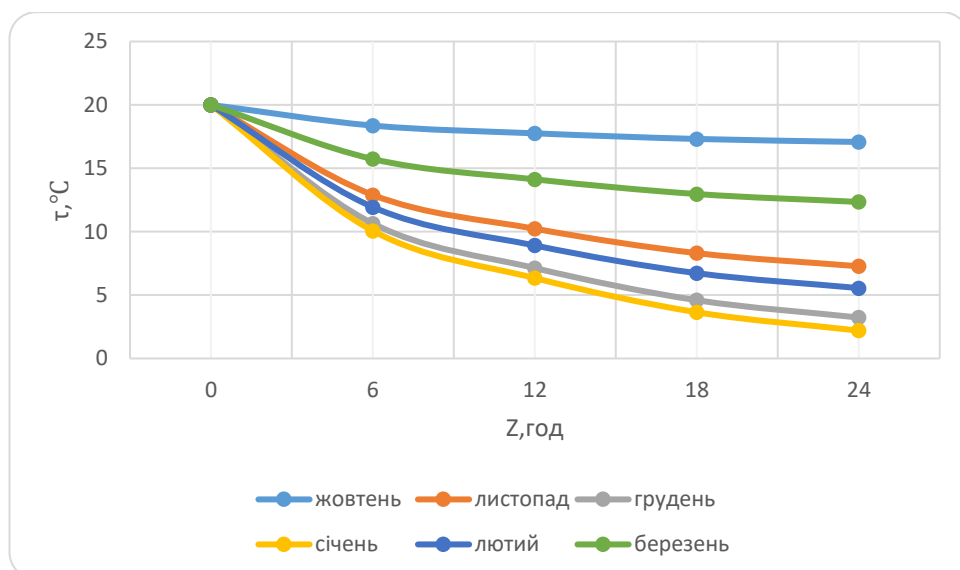


Рис. 4.15 Графік динаміки охолодження внутрішніх поверхонь приміщень при аварійному відключенні системи теплопостачання на прикладі стіни III типу

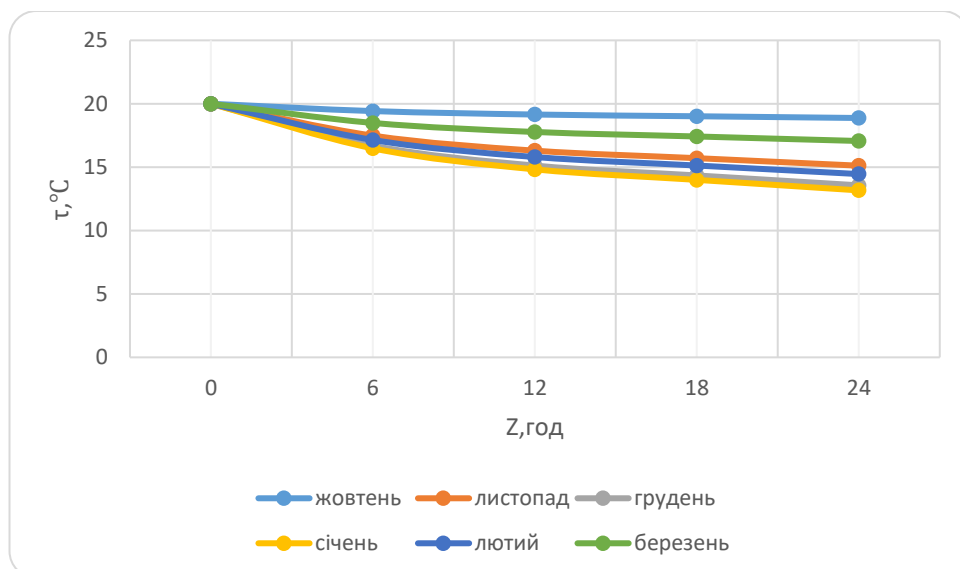


Рис. 4.16 Графік динаміки охолодження внутрішніх поверхонь приміщень при аварійному відключенні системи теплопостачання на прикладі стіни IV типу

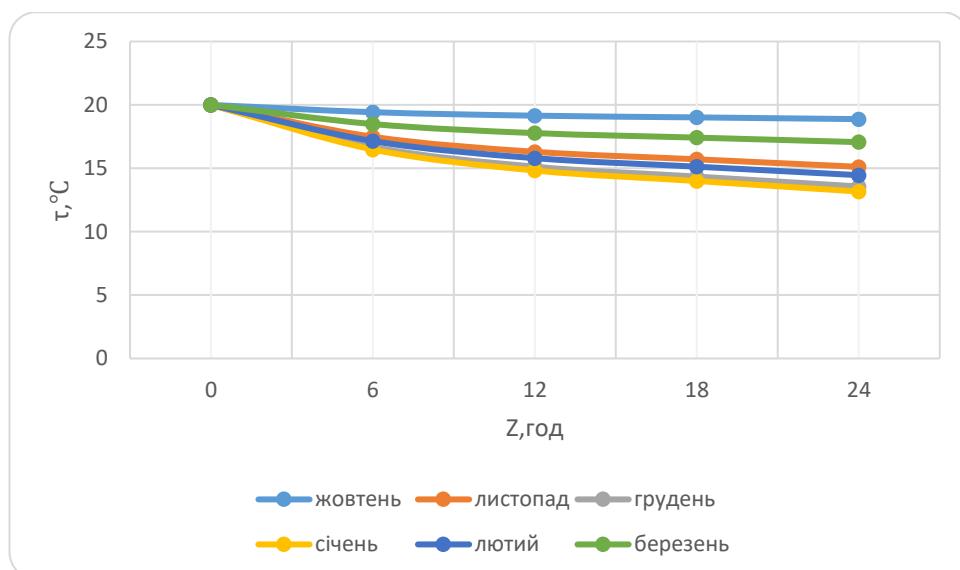


Рис. 4.17 Графік динаміки охолодження внутрішніх поверхонь приміщень при аварійному відключенні системи тепlopостачання на прикладі стіни VI типу

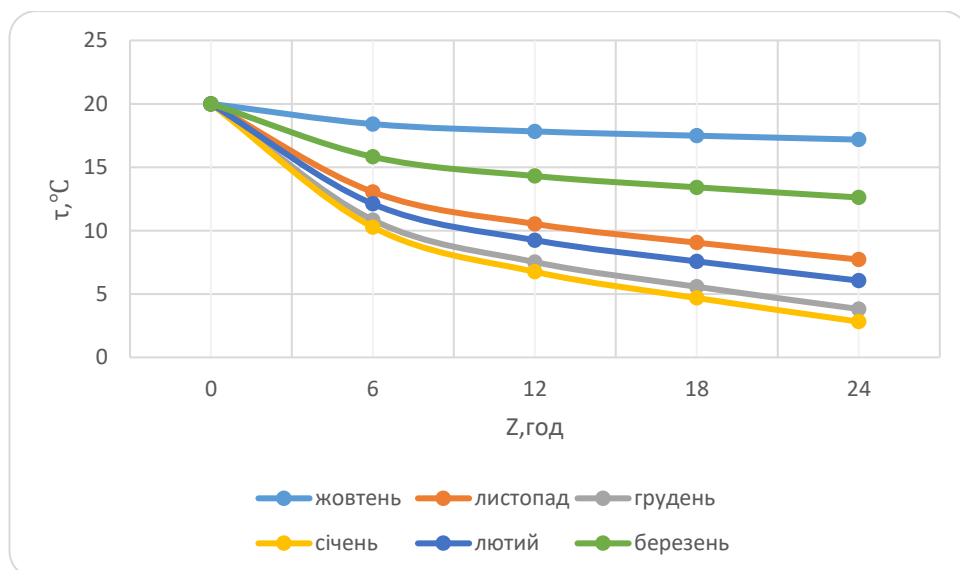


Рис. 4.18 Графік динаміки охолодження внутрішніх поверхонь приміщень при аварійному відключенні системи тепlopостачання на прикладі стіни V типу

4.4 Дослідження охолодження внутрішніх поверхонь приміщень при аварійному відключенні системи тепlopостачання, якщо вплив зовнішнього середовища на будівлі враховує дію виключно сонячної радіації для випадку щільної забудови

Як можна побачити із табл. 4.1 значення середньомісячної добавки тепла від сонячної радіації  $\Delta t_{\text{рад}}^{\text{міс}}$ , °C залежить від щільності оточуючої дану будівлю забудови.

Таким чином визначимо температуру внутрішньої середи  $\tau$ , °C для випадку щільної забудови.

Виконаємо необхідні розрахунки для визначення динаміки охолодження внутрішніх поверхонь приміщень при аварійному відключенні системи теплопостачання із урахуванням впливу сонячної радіації та занесемо отримані результати до таблиць.

Табл. 4.6

Температура внутрішньої поверхні  $\tau$ , °C огорожувальної конструкції I типу за заданого часу  $Z$ , год протягом опалювального періоду із урахуванням дії виключно сонячної радіації для випадку щільної забудови

| Тип стіни | місяць   | $Z$ | $\tau$ , °C | $t_b$ | $t_3^{mic}$ | $v/v_0$ | $a \cdot Z / \delta 2$ |
|-----------|----------|-----|-------------|-------|-------------|---------|------------------------|
| I         | жовтень  | 0   | 20          | 20    | 12,6        | 1       | 0,000                  |
|           |          | 6   | 17,706      |       |             | 0,69    | 0,079                  |
|           |          | 12  | 16,596      |       |             | 0,54    | 0,159                  |
|           |          | 18  | 16,152      |       |             | 0,48    | 0,238                  |
|           |          | 24  | 15,486      |       |             | 0,39    | 0,317                  |
|           | листопад | 0   | 20          |       | 3,2         | 1       | 0,000                  |
|           |          | 6   | 14,792      |       |             | 0,69    | 0,079                  |
|           |          | 12  | 12,272      |       |             | 0,54    | 0,159                  |
|           |          | 18  | 11,264      |       |             | 0,48    | 0,238                  |
|           |          | 24  | 9,752       |       |             | 0,39    | 0,317                  |
|           | грудень  | 0   | 20          |       | -1,5        | 1       | 0,000                  |
|           |          | 6   | 13,955      |       |             | 0,69    | 0,079                  |
|           |          | 12  | 11,03       |       |             | 0,54    | 0,159                  |
|           |          | 18  | 9,86        |       |             | 0,48    | 0,238                  |
|           |          | 24  | 8,105       |       |             | 0,39    | 0,317                  |
|           | січень   | 0   | 20          |       | -2,7        | 1       | 0,000                  |
|           |          | 6   | 12,963      |       |             | 0,69    | 0,079                  |
|           |          | 12  | 9,558       |       |             | 0,54    | 0,159                  |
|           |          | 18  | 8,196       |       |             | 0,48    | 0,238                  |
|           |          | 24  | 6,153       |       |             | 0,39    | 0,317                  |
|           | лютий    | 0   | 20          |       | 0,2         | 1       | 0,000                  |
|           |          | 6   | 13,862      |       |             | 0,69    | 0,079                  |
|           |          | 12  | 10,892      |       |             | 0,54    | 0,159                  |
|           |          | 18  | 9,704       |       |             | 0,48    | 0,238                  |
|           |          | 24  | 7,922       |       |             | 0,39    | 0,317                  |
|           | березень | 0   | 20          |       | 6,1         | 1       | 0,000                  |
|           |          | 6   | 15,691      |       |             | 0,69    | 0,079                  |
|           |          | 12  | 13,606      |       |             | 0,54    | 0,159                  |

|  |  |    |        |  |  |      |       |
|--|--|----|--------|--|--|------|-------|
|  |  | 18 | 12,772 |  |  | 0,48 | 0,238 |
|  |  | 24 | 11,521 |  |  | 0,39 | 0,317 |

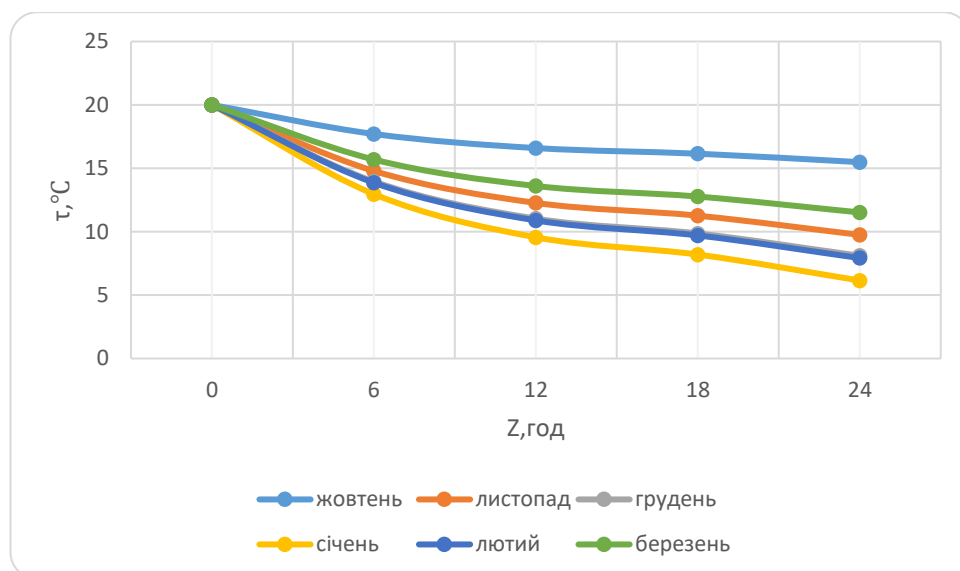


Рис. 4.19 Графік динаміки охолодження внутрішніх поверхонь приміщень при аварійному відключенні системи тепlopостачання на прикладі стіни I типу

Табл. 4.7

Температура внутрішньої поверхні  $\tau$ , °C огорожувальної конструкції II типу за заданого часу  $Z$ , год протягом опалювального періоду із урахуванням дії виключно сонячної радіації для випадку щільної забудови

| Тип стіни | місяць   | Z  | $\tau$ , °C | $t_b$ | $t_3^{mic}$ | $v/v_0$ | $a \cdot z / \delta 2$ |
|-----------|----------|----|-------------|-------|-------------|---------|------------------------|
| II        | жовтень  | 0  | 20          | 20    | 12,6        | 1       | 0,000                  |
|           |          | 6  | 17,706      |       |             | 0,69    | 0,079                  |
|           |          | 12 | 16,596      |       |             | 0,54    | 0,159                  |
|           |          | 18 | 16,152      |       |             | 0,48    | 0,238                  |
|           |          | 24 | 15,486      |       |             | 0,39    | 0,317                  |
|           | листопад | 0  | 20          |       | 3,2         | 1       | 0,000                  |
|           |          | 6  | 14,792      |       |             | 0,69    | 0,079                  |
|           |          | 12 | 12,272      |       |             | 0,54    | 0,159                  |
|           |          | 18 | 11,264      |       |             | 0,48    | 0,238                  |
|           |          | 24 | 9,752       |       |             | 0,39    | 0,317                  |
|           | грудень  | 0  | 20          |       | -1,5        | 1       | 0,000                  |
|           |          | 6  | 13,955      |       |             | 0,69    | 0,079                  |
|           |          | 12 | 11,03       |       |             | 0,54    | 0,159                  |
|           |          | 18 | 9,86        |       |             | 0,48    | 0,238                  |
|           |          | 24 | 8,105       |       |             | 0,39    | 0,317                  |
|           | січень   | 0  | 20          |       | -2,7        | 1       | 0,000                  |
|           |          | 6  | 12,963      |       |             | 0,69    | 0,079                  |
|           |          | 12 | 9,558       |       |             | 0,54    | 0,159                  |
|           |          | 18 | 8,196       |       |             | 0,48    | 0,238                  |

|  |          |    |        |  |     |      |       |
|--|----------|----|--------|--|-----|------|-------|
|  | лютий    | 24 | 6,153  |  | 0,2 | 0,39 | 0,317 |
|  |          | 0  | 20     |  |     | 1    | 0,000 |
|  |          | 6  | 13,862 |  |     | 0,69 | 0,079 |
|  |          | 12 | 10,892 |  |     | 0,54 | 0,159 |
|  |          | 18 | 9,704  |  |     | 0,48 | 0,238 |
|  |          | 24 | 7,922  |  |     | 0,39 | 0,317 |
|  | березень | 0  | 20     |  | 6,1 | 1    | 0,000 |
|  |          | 6  | 15,691 |  |     | 0,69 | 0,079 |
|  |          | 12 | 13,606 |  |     | 0,54 | 0,159 |
|  |          | 18 | 12,772 |  |     | 0,48 | 0,238 |
|  |          | 24 | 11,521 |  |     | 0,39 | 0,317 |

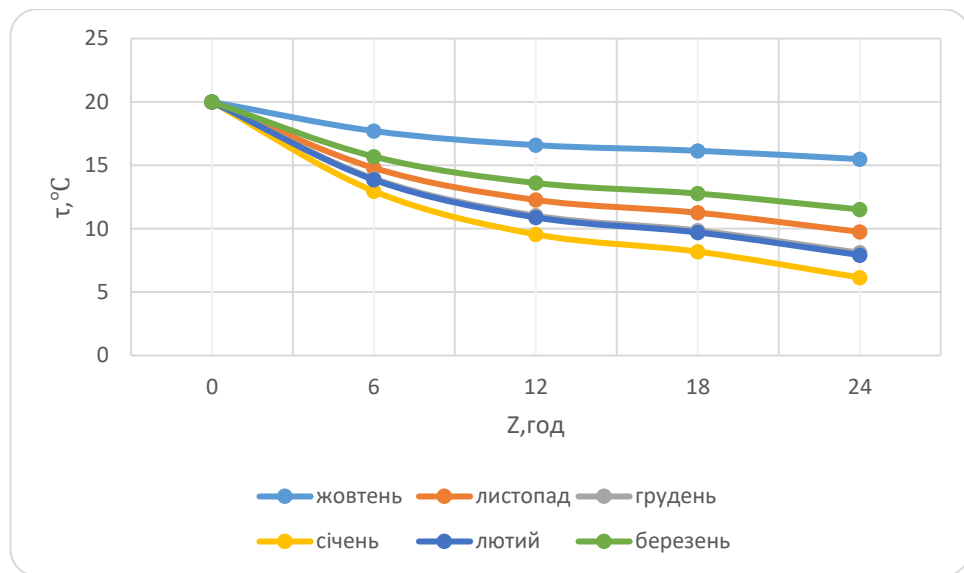


Рис. 4.20 Графік динаміки охолодження внутрішніх поверхонь приміщень при аварійному відключенні системи теплопостачання на прикладі стіни II типу

Табл. 4.8

Температура внутрішньої поверхні  $\tau$ , °C огорожувальної конструкції III типу за заданого часу  $Z$ , год протягом опалювального періоду із урахуванням дії виключно сонячної радіації для випадку щільної забудови

| Тип стіни | місяць   | $Z$ | $\tau$ , °C | $t_b$ | $t_3^{mic}$ | $v/v_0$ | $a \cdot z / \delta 2$ |
|-----------|----------|-----|-------------|-------|-------------|---------|------------------------|
| III       | жовтень  | 0   | 20          | 20    | 12,6        | 1       | 0,000                  |
|           |          | 6   | 16,448      |       |             | 0,52    | 0,180                  |
|           |          | 12  | 15,116      |       |             | 0,34    | 0,360                  |
|           |          | 18  | 14,154      |       |             | 0,21    | 0,540                  |
|           |          | 24  | 13,636      |       |             | 0,14    | 0,720                  |
|           | листопад | 0   | 20          |       | 3,2         | 1       | 0,000                  |
|           |          | 6   | 11,936      |       |             | 0,52    | 0,180                  |
|           |          | 12  | 8,912       |       |             | 0,34    | 0,360                  |
|           |          | 18  | 6,728       |       |             | 0,21    | 0,540                  |
|           |          | 24  | 5,552       |       |             | 0,14    | 0,720                  |

|  |          |    |        |  |      |      |       |
|--|----------|----|--------|--|------|------|-------|
|  | грудень  | 0  | 20     |  | -1,5 | 1    | 0,000 |
|  |          | 6  | 9,68   |  |      | 0,52 | 0,180 |
|  |          | 12 | 5,81   |  |      | 0,34 | 0,360 |
|  |          | 18 | 3,015  |  |      | 0,21 | 0,540 |
|  |          | 24 | 1,51   |  |      | 0,14 | 0,720 |
|  | січень   | 0  | 20     |  | -2,7 | 1    | 0,000 |
|  |          | 6  | 9,104  |  |      | 0,52 | 0,180 |
|  |          | 12 | 5,018  |  |      | 0,34 | 0,360 |
|  |          | 18 | 2,067  |  |      | 0,21 | 0,540 |
|  |          | 24 | 0,478  |  |      | 0,14 | 0,720 |
|  | лютий    | 0  | 20     |  | 0,2  | 1    | 0,000 |
|  |          | 6  | 10,496 |  |      | 0,52 | 0,180 |
|  |          | 12 | 6,932  |  |      | 0,34 | 0,360 |
|  |          | 18 | 4,358  |  |      | 0,21 | 0,540 |
|  |          | 24 | 2,972  |  |      | 0,14 | 0,720 |
|  | березень | 0  | 20     |  | 6,1  | 1    | 0,000 |
|  |          | 6  | 13,328 |  |      | 0,52 | 0,180 |
|  |          | 12 | 10,826 |  |      | 0,34 | 0,360 |
|  |          | 18 | 9,019  |  |      | 0,21 | 0,540 |
|  |          | 24 | 8,046  |  |      | 0,14 | 0,720 |

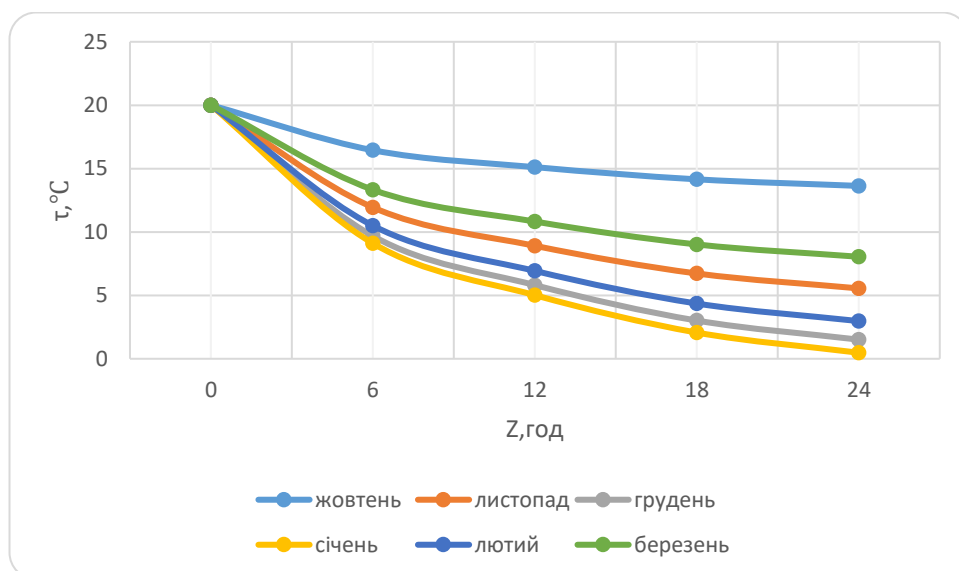


Рис. 4.21 Графік динаміки охолодження внутрішніх поверхонь приміщень при аварійному відключенні системи теплопостачання на прикладі стіни III типу

Табл. 4.9

Температура внутрішньої поверхні  $\tau$ , °C огорожувальної конструкції IV типу за заданого часу  $Z$ , год протягом опалювального періоду із урахуванням дії виключно сонячної радіації для випадку щільної забудови

| Тип стіни | місяць  | $Z$ | $\tau$ , °C | $t_b$ | $t_3^{\text{mic}}$ | $v/v_0$ | $a \cdot z / \delta 2$ |
|-----------|---------|-----|-------------|-------|--------------------|---------|------------------------|
| IV        | жовтень | 0   | 20          | 20    | 12,6               | 1       | 0,000                  |

|  |          |    |        |  |      |      |       |
|--|----------|----|--------|--|------|------|-------|
|  |          | 6  | 18,742 |  |      | 0,83 | 0,023 |
|  |          | 12 | 18,15  |  |      | 0,75 | 0,046 |
|  |          | 18 | 17,854 |  |      | 0,71 | 0,068 |
|  |          | 24 | 17,558 |  |      | 0,67 | 0,091 |
|  | листопад | 0  | 20     |  | 3,2  | 1    | 0,000 |
|  |          | 6  | 17,144 |  |      | 0,83 | 0,023 |
|  |          | 12 | 15,8   |  |      | 0,75 | 0,046 |
|  |          | 18 | 15,128 |  |      | 0,71 | 0,068 |
|  | грудень  | 24 | 14,456 |  |      | 0,67 | 0,091 |
|  |          | 0  | 20     |  | -1,5 | 1    | 0,000 |
|  |          | 6  | 16,345 |  |      | 0,83 | 0,023 |
|  |          | 12 | 14,625 |  |      | 0,75 | 0,046 |
|  |          | 18 | 13,765 |  |      | 0,71 | 0,068 |
|  | січень   | 24 | 12,905 |  |      | 0,67 | 0,091 |
|  |          | 0  | 20     |  | -2,7 | 1    | 0,000 |
|  |          | 6  | 16,141 |  |      | 0,83 | 0,023 |
|  |          | 12 | 14,325 |  |      | 0,75 | 0,046 |
|  |          | 18 | 13,417 |  |      | 0,71 | 0,068 |
|  | лютий    | 24 | 12,509 |  |      | 0,67 | 0,091 |
|  |          | 0  | 20     |  | 0,2  | 1    | 0,000 |
|  |          | 6  | 16,634 |  |      | 0,83 | 0,023 |
|  |          | 12 | 15,05  |  |      | 0,75 | 0,046 |
|  | березень | 18 | 14,258 |  |      | 0,71 | 0,068 |
|  |          | 24 | 13,466 |  |      | 0,67 | 0,091 |
|  |          | 0  | 20     |  | 6,1  | 1    | 0,000 |
|  |          | 6  | 17,637 |  |      | 0,83 | 0,023 |
|  |          | 12 | 16,525 |  |      | 0,75 | 0,046 |
|  |          | 18 | 15,969 |  |      | 0,71 | 0,068 |
|  |          | 24 | 15,413 |  |      | 0,67 | 0,091 |

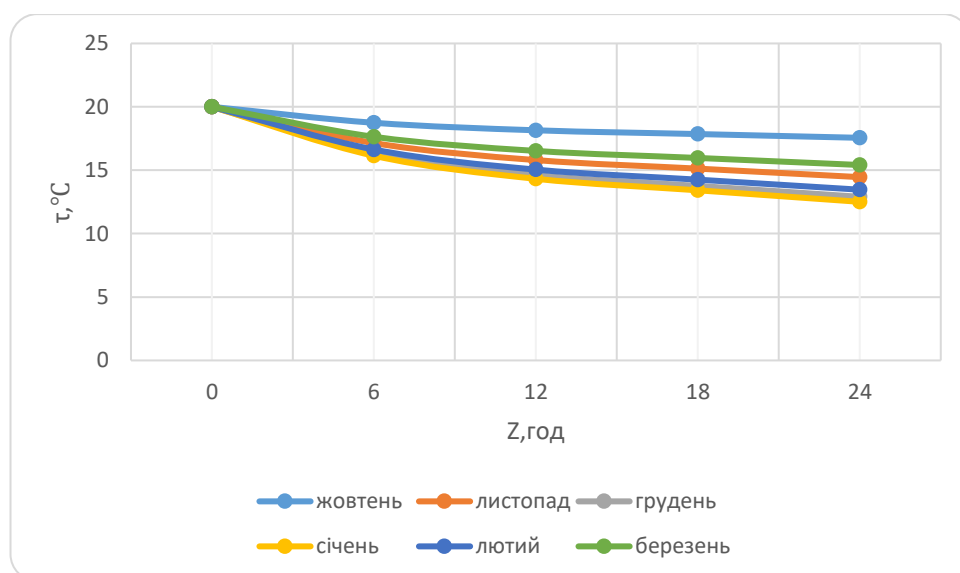


Рис. 4.22 Графік динаміки охолодження внутрішніх поверхонь приміщень при аварійному відключенні системи тепlopостачання на прикладі стіни IV типу

Табл. 4.10

Температура внутрішньої поверхні  $\tau$ , °C огорожувальної конструкції V типу за заданого часу  $Z$ , год протягом опалювального періоду із урахуванням дії виключно сонячної радіації для випадку щільної забудови

| Тип стіни | місяць   | $Z$ | $\tau$ , °C | $t_b$ | $t_3^{mic}$ | $v/v_0$ | $a \cdot z / \delta 2$ |
|-----------|----------|-----|-------------|-------|-------------|---------|------------------------|
| V         | жовтень  | 0   | 20          | 20    | 12,6        | 1       | 0,000                  |
|           |          | 6   | 18,742      |       |             | 0,83    | 0,023                  |
|           |          | 12  | 18,15       |       |             | 0,75    | 0,046                  |
|           |          | 18  | 17,854      |       |             | 0,71    | 0,068                  |
|           |          | 24  | 17,558      |       |             | 0,67    | 0,091                  |
|           | листопад | 0   | 20          |       | 3,2         | 1       | 0,000                  |
|           |          | 6   | 17,144      |       |             | 0,83    | 0,023                  |
|           |          | 12  | 15,8        |       |             | 0,75    | 0,046                  |
|           |          | 18  | 15,128      |       |             | 0,71    | 0,068                  |
|           |          | 24  | 14,456      |       |             | 0,67    | 0,091                  |
|           | грудень  | 0   | 20          |       | -1,5        | 1       | 0,000                  |
|           |          | 6   | 16,345      |       |             | 0,83    | 0,023                  |
|           |          | 12  | 14,625      |       |             | 0,75    | 0,046                  |
|           |          | 18  | 13,765      |       |             | 0,71    | 0,068                  |
|           |          | 24  | 12,905      |       |             | 0,67    | 0,091                  |
|           | січень   | 0   | 20          |       | -2,7        | 1       | 0,000                  |
|           |          | 6   | 16,141      |       |             | 0,83    | 0,023                  |
|           |          | 12  | 14,325      |       |             | 0,75    | 0,046                  |
|           |          | 18  | 13,417      |       |             | 0,71    | 0,068                  |
|           |          | 24  | 12,509      |       |             | 0,67    | 0,091                  |
|           | лютий    | 0   | 20          |       | 0,2         | 1       | 0,000                  |
|           |          | 6   | 16,634      |       |             | 0,83    | 0,023                  |
|           |          | 12  | 15,05       |       |             | 0,75    | 0,046                  |
|           |          | 18  | 14,258      |       |             | 0,71    | 0,068                  |
|           |          | 24  | 13,466      |       |             | 0,67    | 0,091                  |
|           | березень | 0   | 20          |       | 6,1         | 1       | 0,000                  |
|           |          | 6   | 17,637      |       |             | 0,83    | 0,023                  |
|           |          | 12  | 16,525      |       |             | 0,75    | 0,046                  |
|           |          | 18  | 15,969      |       |             | 0,71    | 0,068                  |
|           |          | 24  | 15,413      |       |             | 0,67    | 0,091                  |

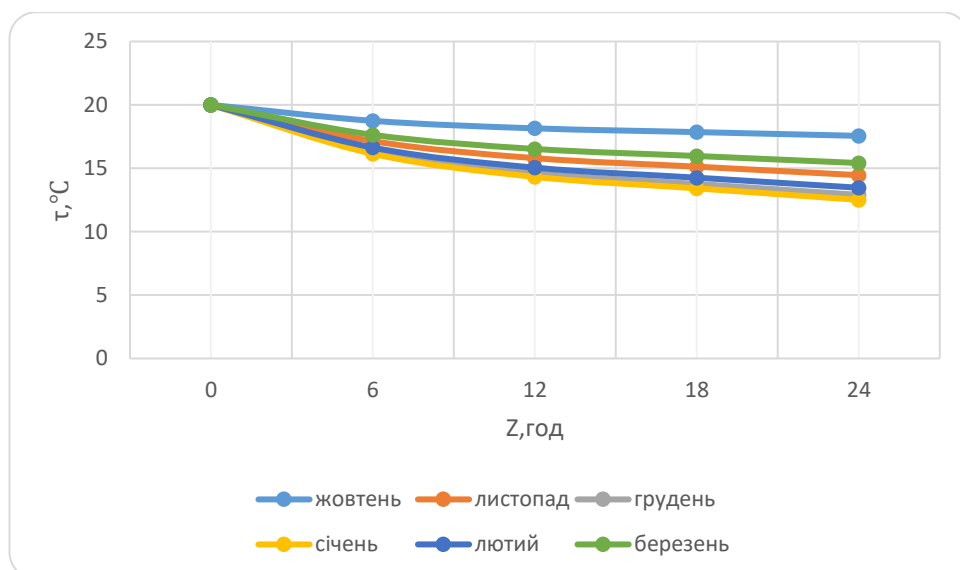


Рис. 4.23 Графік динаміки охолодження внутрішніх поверхонь приміщень при аварійному відключенні системи теплопостачання на прикладі стіни VI типу

Табл. 4.11

Температура внутрішньої поверхні  $\tau$ , °C огорожувальної конструкції VI типу за заданого часу  $Z$ , год протягом опалювального періоду із урахуванням дії виключно сонячної радіації для випадку щільної забудови

| Тип стіни | місяць   | Z  | $\tau$ , °C | $t_b$ | $t_3^{mic}$ | $v/v_0$ | $a \cdot z / \delta 2$ |
|-----------|----------|----|-------------|-------|-------------|---------|------------------------|
| VI        | жовтень  | 0  | 20          | 20    | 12,6        | 1       | 0,000                  |
|           |          | 6  | 16,522      |       |             | 0,53    | 0,170                  |
|           |          | 12 | 15,264      |       |             | 0,36    | 0,341                  |
|           |          | 18 | 14,524      |       |             | 0,26    | 0,511                  |
|           |          | 24 | 13,858      |       |             | 0,17    | 0,681                  |
|           | листопад | 0  | 20          |       | 3,2         | 1       | 0,000                  |
|           |          | 6  | 12,104      |       |             | 0,53    | 0,170                  |
|           |          | 12 | 9,248       |       |             | 0,36    | 0,341                  |
|           |          | 18 | 7,568       |       |             | 0,26    | 0,511                  |
|           |          | 24 | 6,056       |       |             | 0,17    | 0,681                  |
|           | грудень  | 0  | 20          |       | -1,5        | 1       | 0,000                  |
|           |          | 6  | 9,895       |       |             | 0,53    | 0,170                  |
|           |          | 12 | 6,24        |       |             | 0,36    | 0,341                  |
|           |          | 18 | 4,09        |       |             | 0,26    | 0,511                  |
|           |          | 24 | 2,155       |       |             | 0,17    | 0,681                  |
|           | січень   | 0  | 20          |       | -2,7        | 1       | 0,000                  |
|           |          | 6  | 9,331       |       |             | 0,53    | 0,170                  |
|           |          | 12 | 5,472       |       |             | 0,36    | 0,341                  |
|           |          | 18 | 3,202       |       |             | 0,26    | 0,511                  |
|           |          | 24 | 1,159       |       |             | 0,17    | 0,681                  |
|           | лютий    | 0  | 20          |       | 0,2         | 1       | 0,000                  |
|           |          | 6  | 10,694      |       |             | 0,53    | 0,170                  |

|  |          |    |        |  |     |      |       |
|--|----------|----|--------|--|-----|------|-------|
|  |          | 12 | 7,328  |  |     | 0,36 | 0,341 |
|  |          | 18 | 5,348  |  |     | 0,26 | 0,511 |
|  |          | 24 | 3,566  |  |     | 0,17 | 0,681 |
|  | березень | 0  | 20     |  | 6,1 | 1    | 0,000 |
|  |          | 6  | 13,467 |  |     | 0,53 | 0,170 |
|  |          | 12 | 11,104 |  |     | 0,36 | 0,341 |
|  |          | 18 | 9,714  |  |     | 0,26 | 0,511 |
|  |          | 24 | 8,463  |  |     | 0,17 | 0,681 |

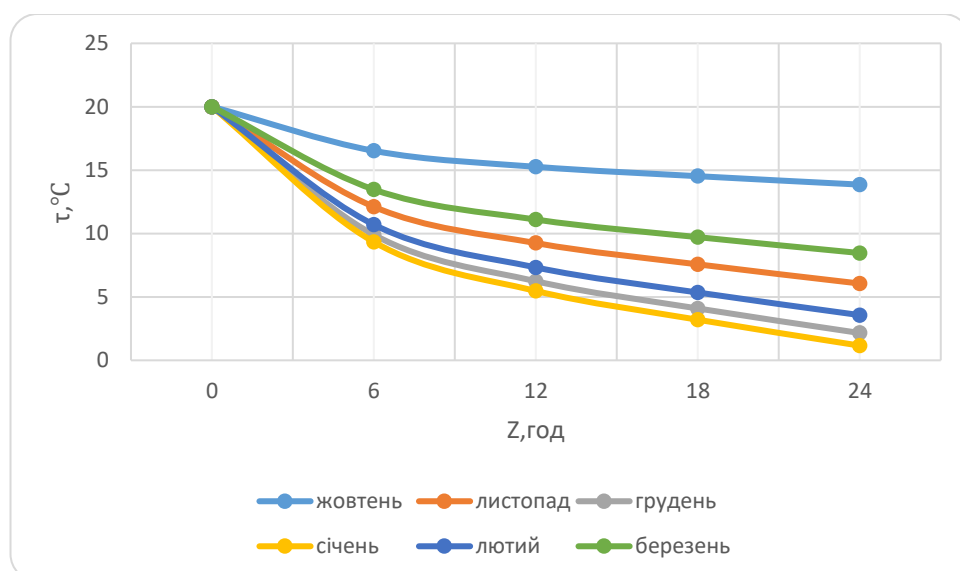


Рис. 4.24 Графік динаміки охолодження внутрішніх поверхонь приміщень при аварійному відключенні системи тепlopостачання на прикладі стіни V типу

4.5 Дослідження охолодження внутрішніх поверхонь приміщень при аварійному відключенні системи тепlopостачання, якщо вплив зовнішнього середовища на будівлі враховує дію виключно вітру

Динаміка охолодження внутрішніх поверхонь приміщень при аварійному відключенні системи тепlopостачання визначається відповідно до загальної послідовності кроків, що були описані нами у пункті 3.2 Розділу 3 цієї дослідницької роботи.

Однак, при урахуванні сукупного впливу сонячної радіації та вітру у формулі (3.5) нами було прийнято, що температура зовнішнього середовища  $t_{zc}, ^\circ\text{C}$  не рівна середньомісячній температурі одного з місяців опалювального періоду  $t_3^{\text{mic}}, ^\circ\text{C}$ , а визначається за формулою

$$t_{zc} = t_3^{\text{mic}} - \Delta t_{\text{вітер}}^{\text{mic}}, ^\circ\text{C} \quad (4.3)$$

де:

$\Delta t_{\text{вітер}}^{\text{міс}}$  — середньомісячна втрата тепла від вітру, °C;

Значення середньомісячної втрати тепла від вітру  $\Delta t_{\text{вітер}}^{\text{міс}}$ , °C приймаємо згідно табл. 4.2.

Виконаємо необхідні розрахунки для визначення динаміки охолодження внутрішніх поверхонь приміщень при аварійному відключенні системи тепlopостачання із урахуванням впливу вітру та занесемо отримані результати до таблиць.

Табл. 4.12

Температура внутрішньої поверхні  $\tau$ , °C огорожувальної конструкції I типу за заданого часу  $Z$ , год протягом опалювального періоду із урахуванням дії виключно вітру

| Тип стіни | місяць   | Z  | $\tau$ , °C | $t_b$ | $t_3^{\text{міс}}$ | $v/v_0$ | $a \cdot z / \delta 2$ |
|-----------|----------|----|-------------|-------|--------------------|---------|------------------------|
| I         | жовтень  | 0  | 20          | 20    | 8,6                | 1       | 0,000                  |
|           |          | 6  | 16,466      |       |                    | 0,69    | 0,079                  |
|           |          | 12 | 14,756      |       |                    | 0,54    | 0,159                  |
|           |          | 18 | 14,072      |       |                    | 0,48    | 0,238                  |
|           |          | 24 | 13,046      |       |                    | 0,39    | 0,317                  |
|           | листопад | 0  | 20          |       | 1,2                | 1       | 0,000                  |
|           |          | 6  | 14,172      |       |                    | 0,69    | 0,079                  |
|           |          | 12 | 11,352      |       |                    | 0,54    | 0,159                  |
|           |          | 18 | 10,224      |       |                    | 0,48    | 0,238                  |
|           |          | 24 | 8,532       |       |                    | 0,39    | 0,317                  |
|           | грудень  | 0  | 20          |       | -4,5               | 1       | 0,000                  |
|           |          | 6  | 12,405      |       |                    | 0,69    | 0,079                  |
|           |          | 12 | 8,73        |       |                    | 0,54    | 0,159                  |
|           |          | 18 | 7,26        |       |                    | 0,48    | 0,238                  |
|           |          | 24 | 5,055       |       |                    | 0,39    | 0,317                  |
|           | січень   | 0  | 20          |       | -6,7               | 1       | 0,000                  |
|           |          | 6  | 11,723      |       |                    | 0,69    | 0,079                  |
|           |          | 12 | 7,718       |       |                    | 0,54    | 0,159                  |
|           |          | 18 | 6,116       |       |                    | 0,48    | 0,238                  |
|           |          | 24 | 3,713       |       |                    | 0,39    | 0,317                  |
|           | лютий    | 0  | 20          |       | -5,8               | 1       | 0,000                  |
|           |          | 6  | 12,002      |       |                    | 0,69    | 0,079                  |
|           |          | 12 | 8,132       |       |                    | 0,54    | 0,159                  |
|           |          | 18 | 6,584       |       |                    | 0,48    | 0,238                  |
|           |          | 24 | 4,262       |       |                    | 0,39    | 0,317                  |
|           | березень | 0  | 20          |       | 0,1                | 1       | 0,000                  |

|  |    |        |  |      |       |
|--|----|--------|--|------|-------|
|  | 6  | 13,831 |  | 0,69 | 0,079 |
|  | 12 | 10,846 |  | 0,54 | 0,159 |
|  | 18 | 9,652  |  | 0,48 | 0,238 |
|  | 24 | 7,861  |  | 0,39 | 0,317 |

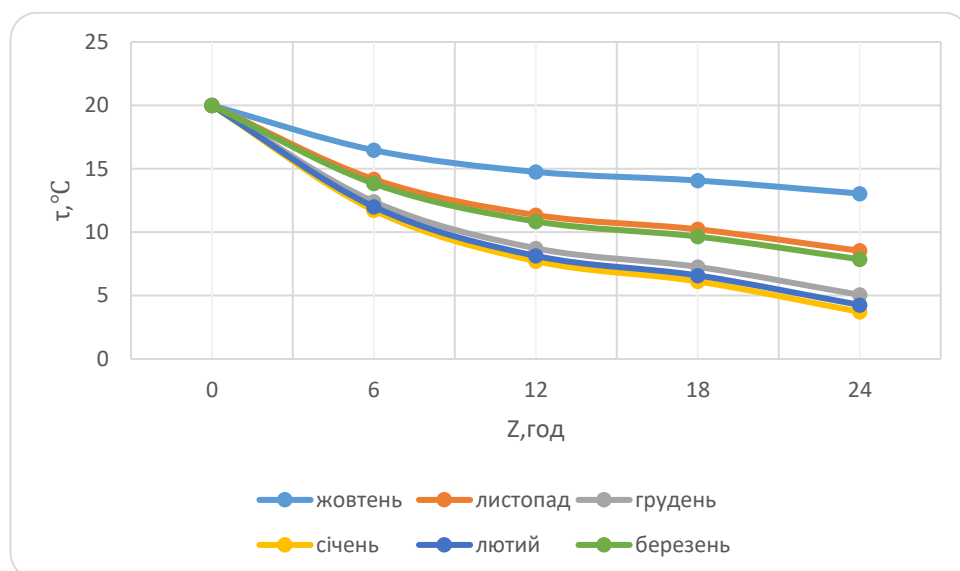


Рис. 4.25 Графік динаміки охолодження внутрішніх поверхонь приміщень при аварійному відключенні системи тепlopостачання на прикладі стіни I типу

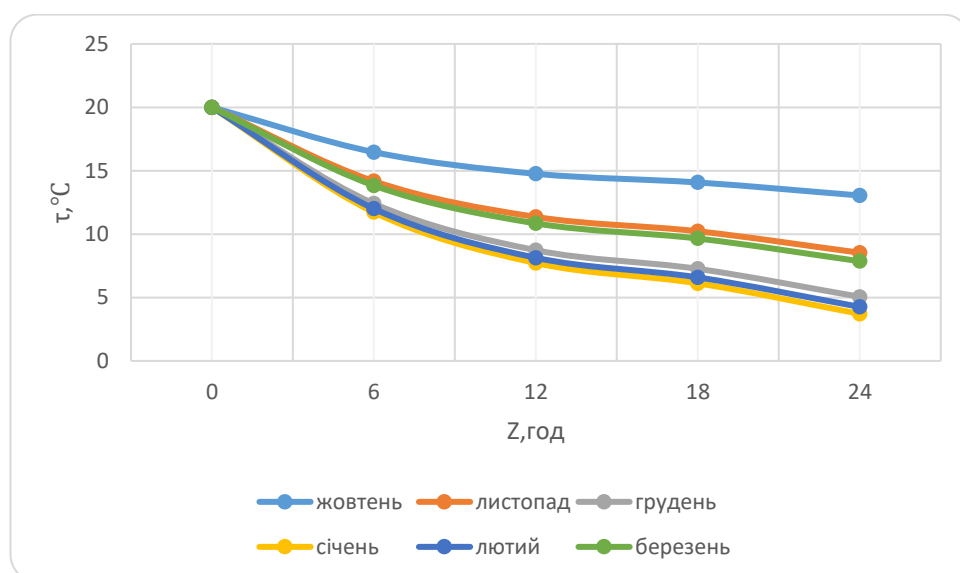


Рис. 4.26 Графік динаміки охолодження внутрішніх поверхонь приміщень при аварійному відключенні системи тепlopостачання на прикладі стіни II типу

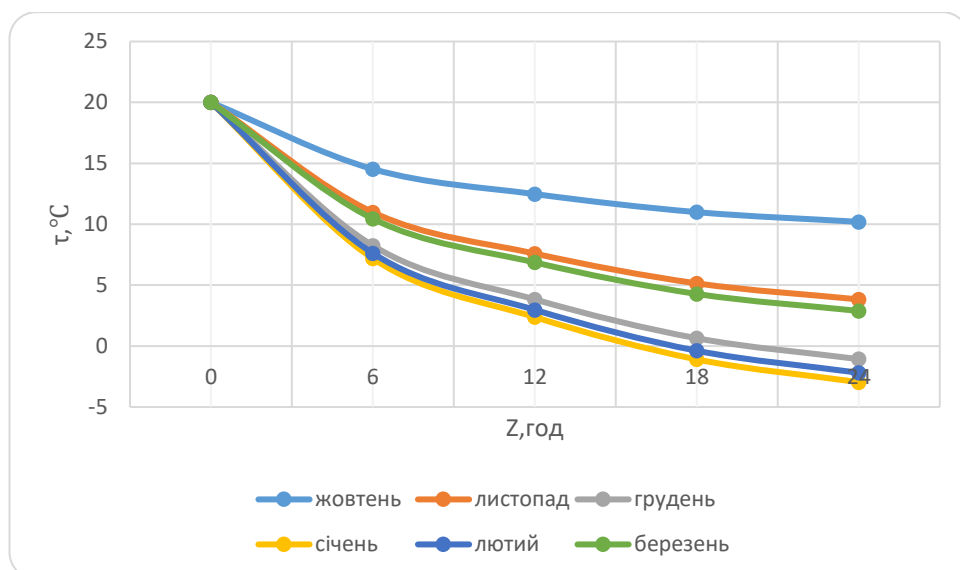


Рис. 4.27 Графік динаміки охолодження внутрішніх поверхонь приміщень при аварійному відключенні системи теплопостачання на прикладі стіни III типу

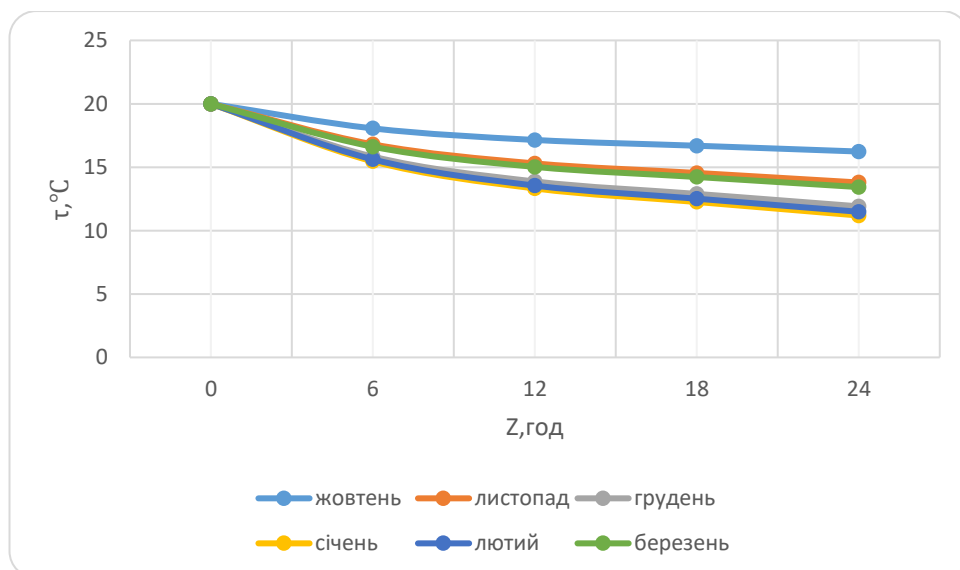


Рис. 4.28 Графік динаміки охолодження внутрішніх поверхонь приміщень при аварійному відключенні системи теплопостачання на прикладі стіни IV типу

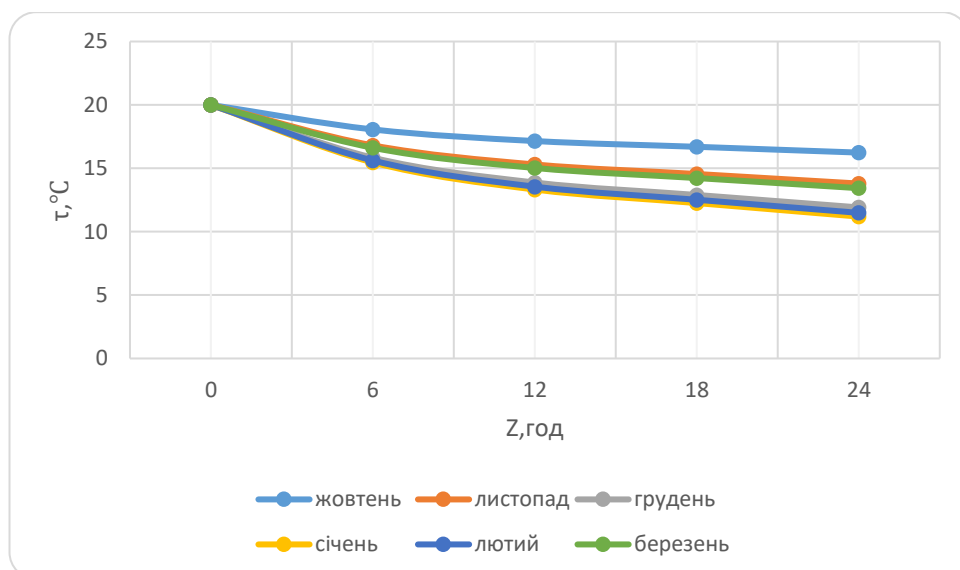


Рис. 4.29 Графік динаміки охолодження внутрішніх поверхонь приміщень при аварійному відключенні системи тепlopостачання на прикладі стіни V типу

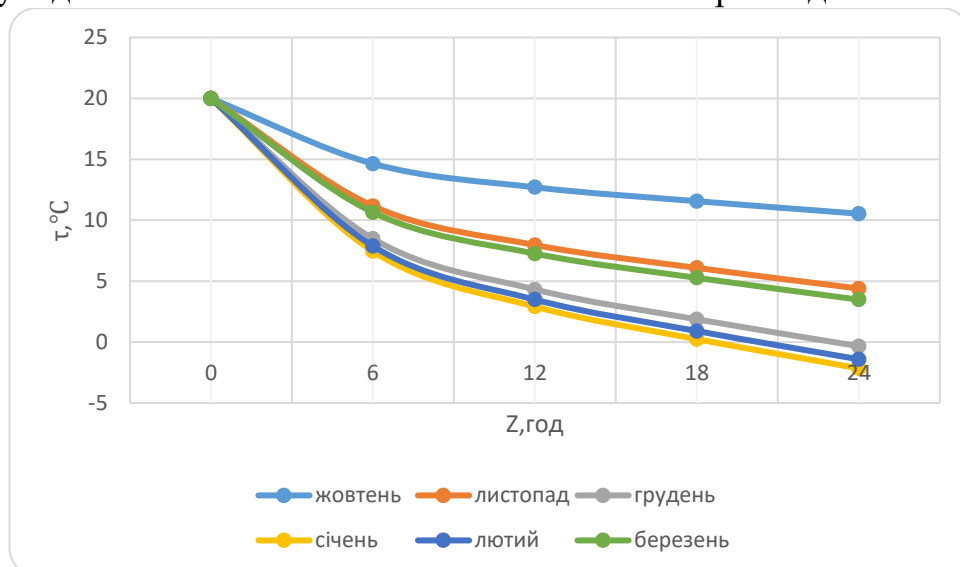


Рис. 4.30 Графік динаміки охолодження внутрішніх поверхонь приміщень при аварійному відключенні системи тепlopостачання на прикладі стіни VI типу

#### Висновки за розділом 4

1. В результаті проведених досліджень встановлено закономірності зміни температури внутрішньої поверхні  $\tau, ^\circ\text{C}$  у приміщенні в залежності від типу зовнішніх огорожувальних конструкцій сучасного будівництва, при аварійних ситуаціях в системах тепlopостачання із урахуванням впливу зовнішніх кліматичних факторів (дія сонячної радіації, дія вітру).

2. Визначено, що найменше падіння температури внутрішньої поверхні  $\tau, ^\circ\text{C}$  протягом 24 годин від початку аварійної ситуації спостерігається для IV і V типів

огороджувальних конструкцій у всіх варіантах впливу зовнішніх кліматичних факторів. Найменша різниця температур протягом 24 годин становить  $\Delta t = \Delta t = 8,811^{\circ}\text{C}$  у січні. Усереднена швидкість падіння температури внутрішньої поверхні протягом 24 годин у цьому випадку становить  $0,367^{\circ}\text{C}/\text{год}$  у січні.

3. Встановлено, що найбільше падіння температури внутрішньої поверхні  $t$ ,  $^{\circ}\text{C}$  протягом 24 годин від початку аварійної ситуації спостерігається для III типу огороджувальних конструкцій у всіх варіантах впливу зовнішніх кліматичних факторів. Найбільша різниця температур протягом 24 годин становить  $\Delta t = 22,962^{\circ}\text{C}$  у січні при впливі виключно вітру. Усереднена швидкість падіння температури внутрішньої поверхні протягом 24 годин у цьому випадку становить  $0,956^{\circ}\text{C}/\text{год}$  у січні.

4. В результаті проведених досліджень визначено, що протягом 24 годин від початку аварійної ситуації температура внутрішньої поверхні  $t$ ,  $^{\circ}\text{C}$  III і VI типів огороджувальних конструкцій досягає значень нижче нуля у як у випадку сукупного впливу сонячної радіації та вітру, так і у випадку виключного впливу вітру. У випадку сукупного впливу сонячної радіації та вітру температура внутрішньої поверхні  $t$ ,  $^{\circ}\text{C}$  III типу огороджувальних конструкцій досягає закритичних значень у місяцях січні ( $t = -1,24^{\circ}\text{C}$ ) та грудні ( $t = -0,21^{\circ}\text{C}$ ). У випадку виключного впливу вітру температура внутрішньої поверхні  $t$ ,  $^{\circ}\text{C}$  III типу огороджувальних конструкцій досягає закритичних значень у місяцях грудні ( $t = -1,07^{\circ}\text{C}$ ), січні ( $t = -2,962^{\circ}\text{C}$ ) та лютому ( $t = -2,188^{\circ}\text{C}$ ). У випадку сукупного впливу сонячної радіації та вітру температура внутрішньої поверхні  $t$ ,  $^{\circ}\text{C}$  VI типу огороджувальних конструкцій досягає закритичних значень у місяці січні ( $t = -0,501^{\circ}\text{C}$ ). У випадку виключного впливу вітру температура внутрішньої поверхні  $t$ ,  $^{\circ}\text{C}$  VI типу огороджувальних конструкцій досягає закритичних значень у місяцях грудні ( $t = -0,335^{\circ}\text{C}$ ), січні ( $t = -2,161^{\circ}\text{C}$ ) та лютому ( $t = -1,414^{\circ}\text{C}$ ).

## РОЗДІЛ 5

### ВИЗНАЧЕННЯ ДИНАМІКИ ОХОЛОДЖЕННЯ ВНУТРІШНЬОГО ПОВІТРЯ ПРИМІЩЕНЬ ПРИ АВАРІЙНИХ СИТУАЦІЯХ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ІЗ УРАХУВАННЯМ ВПЛИВУ ЗОВНІШНІХ КЛІМАТИЧНИХ ФАКТОРІВ ТА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВІДНОВЛЕННЯ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ ПРИМІЩЕНЬ

5.1 Дослідження температури внутрішнього повітря  $t_b(Z)$ , яка встановиться в приміщенні через час  $Z$  після порушення нормального теплового режиму, якщо вплив зовнішнього середовища на будівлі враховує дію сонячної радіації та вітру для випадку вільної розімкненої забудови

Аварійні ситуації, що виникають в системах теплопостачання, призводять до їх зупинок на невизначений час, в результаті чого відбувається охолодження внутрішнього повітря приміщень будівель і споруд. Це сприяє погіршенню умов мікроклімату до небезпечних для життєдіяльності людини. У таких ситуаціях стає необхідним визначення очікуваної температури внутрішнього повітря, яка встановиться в приміщенні через час  $Z$  після порушення нормального теплового режиму,  $t_b(Z)$ , °C.

Розрахунок температури внутрішнього повітря  $t_b(Z)$ , °C в приміщенні, що охолоджується проводиться згідно формули (3.6) для часу охолодження 6, 12, 18 та 24 години. Для цілей даного пункту у формулі (3.6) ми прийняли, що температура зовнішнього середовища  $t_{zc}$ , °C не рівна середньомісячній температурі одного з місяців опалювального періоду  $t_3^{mic}$ , °C, а визначається за формулою (4.1). Оскільки значення середньомісячної добавки тепла від сонячної радіації  $\Delta t_{рад}^{mic}$ , °C залежить від щільності оточуючої будівлю забудови, то температура внутрішнього повітря  $t_b(Z)$ , °C повинна розраховуватися як для випадку вільної забудови, так і для випадку щільної забудови.

Нижче нами наведені розрахунки температури внутрішнього повітря  $t_b(Z)$ , °C в приміщенні на яке здійснюється сукупний вплив сонячної радіації та вітру для випадку вільної розімкненої забудови.

При проведенні досліджень було розглянуто процес визначення температура внутрішнього повітря  $t_v(Z)$ , °C для випадку вільної забудови у приміщенні із зовнішніми огорожувальними конструкціями I типу на середніх поверхах у жовтні місяці, коли  $Z=0$  год.

$$t_v(Z) = 8,6 + (20 - 8,6) * e^{-0/69,21} = 20^{\circ}\text{C}$$

Аналогічно були визначені  $t_v(Z)$ , °C для інших значень  $Z$ , год, у місяці жовтні, та для інших місяців опалювального періоду. Отримані результати заносимо до табл. 5.1

Табл. 5.1

Очікувана температура внутрішнього повітря  $t_v(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями I типу, якщо вплив зовнішнього середовища на будівлі враховує дію сонячної радіації та вітру для випадку вільної розімкненої забудови

| $\beta$ | $t_v(Z)$ | 0  | 6     | 12    | 18    | 24    |
|---------|----------|----|-------|-------|-------|-------|
| 69,21   | жовтень  | 20 | 19,72 | 19,46 | 19,22 | 19,01 |
|         | листопад | 20 | 18,69 | 17,49 | 16,39 | 15,38 |
|         | грудень  | 20 | 18,22 | 16,59 | 15,09 | 13,72 |
|         | січень   | 20 | 18,12 | 16,40 | 14,82 | 13,37 |
|         | лютий    | 20 | 18,44 | 17,02 | 15,71 | 14,51 |
|         | березень | 20 | 19,18 | 18,43 | 17,74 | 17,11 |

На основі отриманих результатів одержано залежності зміни значення очікуваної температури внутрішнього повітря  $t_v(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями I типу, якщо вплив зовнішнього середовища на будівлі враховує дію сонячної радіації та вітру для випадку вільної розімкненої забудови (рис. 5.1).

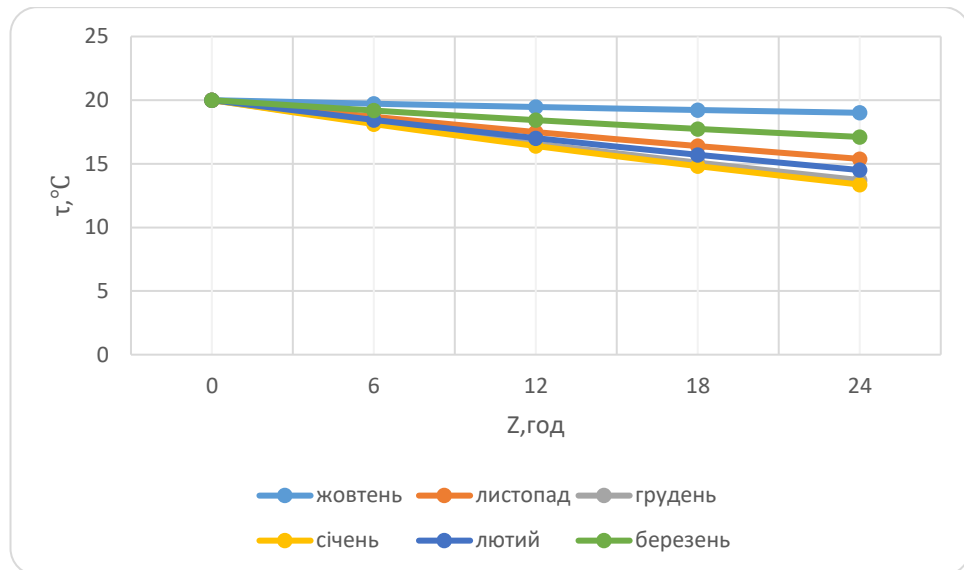


Рис.5.1 Залежності зміни значення очікуваної температури внутрішнього повітря  $t_b(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями I типу, якщо вплив зовнішнього середовища на будівлі враховує дію сонячної радіації та вітру для випадку вільної розімкненої забудови

При проведенні досліджень було розглянуто процес визначення температура внутрішнього повітря  $t_b(Z)$ , °C у приміщенні із зовнішніми огорожувальними конструкціями II типу на середніх поверхах у жовтні місяці, коли  $Z=0$  год.

$$t_b(Z) = 8,6 + (20 - 8,6) * e^{-0/61,77} = 20^{\circ}\text{C}$$

Аналогічно були визначені  $t_b(Z)$ , °C для інших значень  $Z$ , год, у місяці жовтні, та для інших місяців опалювального періоду. Отримані результати заносимо до табл. 5.2.

Табл. 5.2

Очікувана температура внутрішнього повітря  $t_b(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями II типу, якщо вплив зовнішнього середовища на будівлі враховує дію сонячної радіації та вітру для випадку вільної розімкненої забудови

| $\beta$ | $t_b(Z)$ | 0  | 6     | 12    | 18    | 24    |
|---------|----------|----|-------|-------|-------|-------|
| 61,77   | жовтень  | 20 | 19,69 | 19,40 | 19,14 | 18,91 |
|         | листопад | 20 | 18,54 | 17,22 | 16,02 | 14,93 |
|         | грудень  | 20 | 18,02 | 16,21 | 14,58 | 13,10 |
|         | січень   | 20 | 17,90 | 16,00 | 14,28 | 12,71 |
|         | лютий    | 20 | 18,26 | 16,69 | 15,26 | 13,96 |
|         | березень | 20 | 19,09 | 18,26 | 17,50 | 16,82 |

На основі отриманих результатів одержано залежності зміни значення очікуваної температури внутрішнього повітря  $t_v(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями II типу (рис. 5.2).

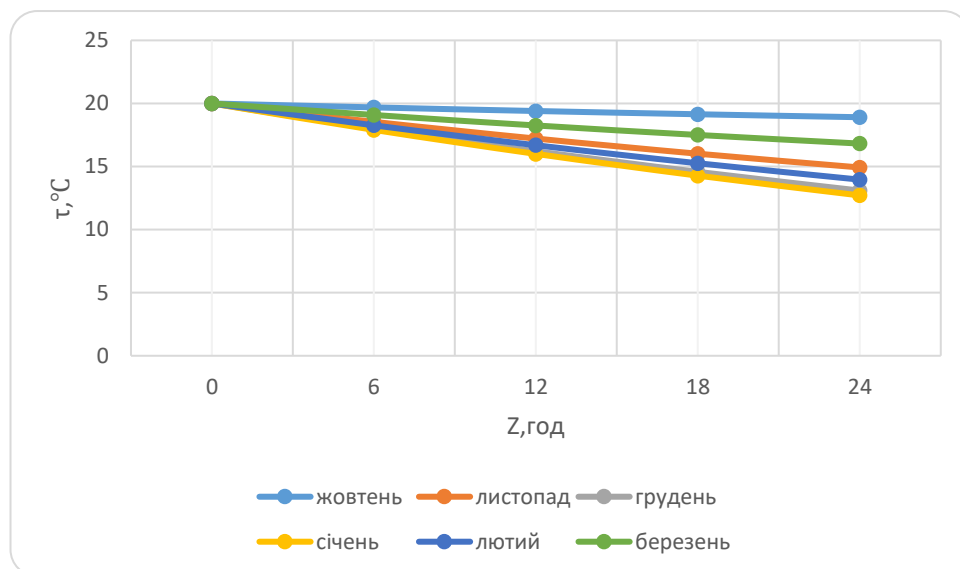


Рис.5.2 Залежності зміни значення очікуваної температури внутрішнього повітря  $t_v(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями II типу, якщо вплив зовнішнього середовища на будівлі враховує дію сонячної радіації та вітру для випадку вільної розімкненої забудови

При проведенні досліджень було розглянуто процес визначення температура внутрішнього повітря  $t_v(Z)$ , °C у приміщенні із зовнішніми огорожувальними конструкціями III типу на середніх поверхах у жовтні місяці, коли  $Z=0$  год.

$$t_v(Z) = 8,6 + (20 - 8,6) * e^{-0/175,52} = 20^{\circ}\text{C}$$

Аналогічно були визначені  $t_v(Z)$ , °C для інших значень  $Z$ , год, у місяці жовтні, та для інших місяців опалювального періоду. Отримані результати заносимо до табл. 5.3.

Табл. 5.3

Очікувана температура внутрішнього повітря  $t_v(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями III типу, якщо вплив зовнішнього середовища на будівлі враховує дію сонячної радіації та вітру для випадку вільної розімкненої забудови

| $\beta$ | $t_v(Z)$ | 0  | 6     | 12    | 18    | 24    |
|---------|----------|----|-------|-------|-------|-------|
| 195,00  | жовтень  | 20 | 19,90 | 19,80 | 19,70 | 19,61 |
|         | листопад | 20 | 19,52 | 19,06 | 18,61 | 18,18 |

|          |    |       |       |       |       |
|----------|----|-------|-------|-------|-------|
| грудень  | 20 | 19,35 | 18,72 | 18,11 | 17,52 |
| січень   | 20 | 19,31 | 18,65 | 18,00 | 17,38 |
| лютий    | 20 | 19,43 | 18,88 | 18,35 | 17,83 |
| березень | 20 | 19,70 | 19,41 | 19,13 | 18,86 |

На основі отриманих результатів одержано залежності зміни значення очікуваної температури внутрішнього повітря  $t_v(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями III типу (рис. 5.3).

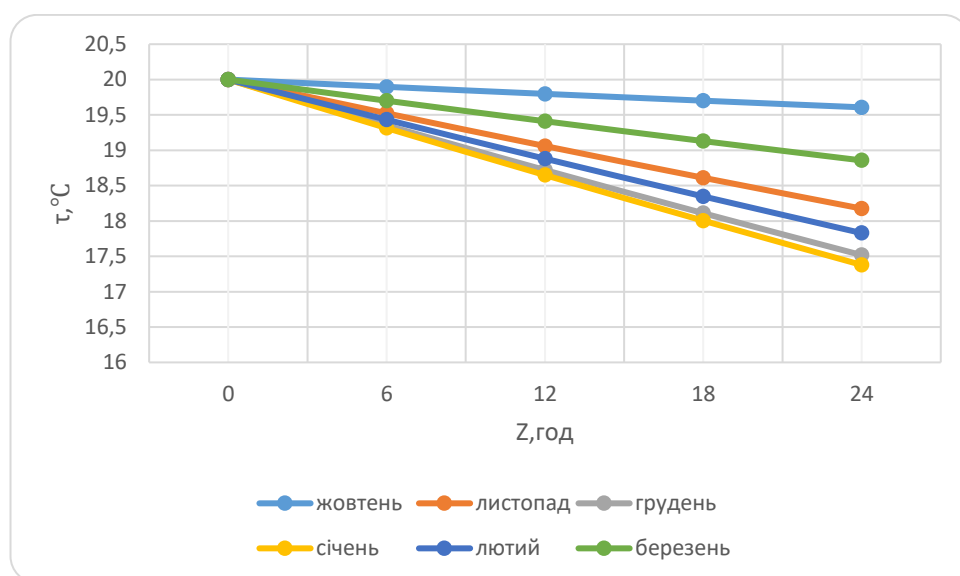


Рис.5.3 Залежності зміни значення очікуваної температури внутрішнього повітря  $t_v(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями III типу, якщо вплив зовнішнього середовища на будівлі враховує дію сонячної радіації та вітру для випадку вільної розімкненої забудови

При проведенні досліджень було розглянуто процес визначення температура внутрішнього повітря  $t_v(Z)$ , °C у приміщенні із зовнішніми огорожувальними конструкціями IV типу на середніх поверхах у жовтні місяці, коли  $Z=0$  год.

$$t_v(Z) = 8,6 + (20 - 8,6) * e^{-0/175,52} = 20^{\circ}\text{C}$$

Аналогічно були визначені  $t_v(Z)$ , °C для інших значень  $Z$ , год, у місяці жовтні, та для інших місяців опалювального періоду. Отримані результати заносимо до табл. 5.4.

Табл. 5.4

Очікувана температура внутрішнього повітря  $t_v(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями IV типу, якщо вплив зовнішнього середовища на будівлі враховує дію сонячної радіації та вітру для випадку вільної розімкненої забудови

| $\beta$ | $t_v(Z)$ | 0  | 6     | 12    | 18    | 24    |
|---------|----------|----|-------|-------|-------|-------|
| 102,30  | жовтень  | 20 | 19,81 | 19,62 | 19,45 | 19,29 |
|         | листопад | 20 | 19,10 | 18,26 | 17,46 | 16,70 |
|         | грудень  | 20 | 18,78 | 17,63 | 16,54 | 15,52 |
|         | січень   | 20 | 18,71 | 17,49 | 16,35 | 15,27 |
|         | лютий    | 20 | 18,93 | 17,93 | 16,98 | 16,08 |
|         | березень | 20 | 19,44 | 18,91 | 18,41 | 17,94 |

На основі отриманих результатів одержано залежності зміни значення очікуваної температури внутрішнього повітря  $t_v(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями IV типу (рис. 5.4).

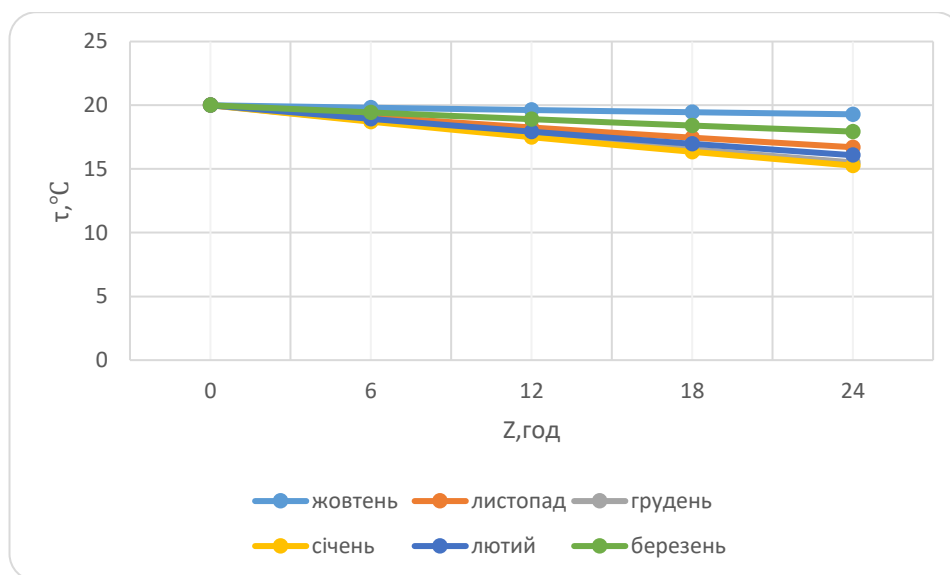


Рис.5.4 Залежності зміни значення очікуваної температури внутрішнього повітря  $t_v(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями IV типу, якщо вплив зовнішнього середовища на будівлі враховує дію сонячної радіації та вітру для випадку вільної розімкненої забудови

При проведенні досліджень було розглянуто процес визначення температура внутрішнього повітря  $t_v(Z)$ , °C у приміщенні із зовнішніми огорожувальними конструкціями V типу на середніх поверхах у жовтні місяці, коли  $Z=0$  год.

$$t_v(Z) = 8,6 + (20 - 8,6) * e^{-0/175,52} = 20^{\circ}\text{C}$$

Аналогічно були визначені  $t_v(Z)$ , °C для інших значень  $Z$ , год, у місяці жовтні, та для інших місяців опалювального періоду. Отримані результати заносимо до табл. 5.5.

Табл. 5.5

Очікувана температура внутрішнього повітря  $t_v(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями V типу, якщо вплив зовнішнього середовища на будівлі враховує дію сонячної радіації та вітру для випадку вільної розіmkненої забудови

| $\beta$ | $t_v(Z)$ | 0  | 6     | 12    | 18    | 24    |
|---------|----------|----|-------|-------|-------|-------|
| 122,76  | жовтень  | 20 | 19,84 | 19,68 | 19,54 | 19,40 |
|         | листопад | 20 | 19,25 | 18,53 | 17,85 | 17,20 |
|         | грудень  | 20 | 18,98 | 18,00 | 17,08 | 16,19 |
|         | січень   | 20 | 18,92 | 17,89 | 16,91 | 15,98 |
|         | лютий    | 20 | 19,11 | 18,25 | 17,44 | 16,67 |
|         | березень | 20 | 19,53 | 19,08 | 18,65 | 18,25 |

На основі отриманих результатів одержано залежності зміни значення очікуваної температури внутрішнього повітря  $t_v(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями V типу (рис. 5.5).

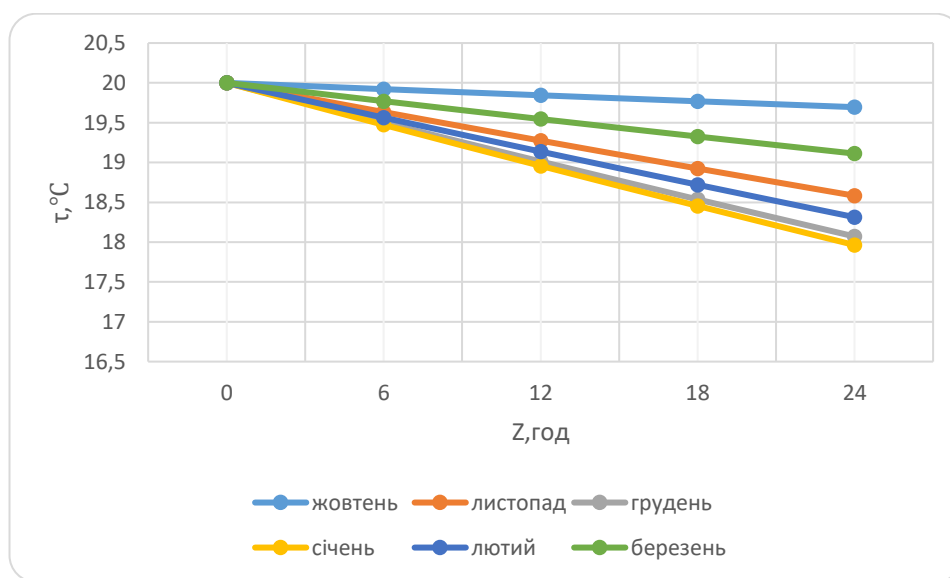


Рис.5.5 Залежності зміни значення очікуваної температури внутрішнього повітря  $t_v(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями V типу, якщо вплив зовнішнього середовища на будівлі враховує дію сонячної радіації та вітру для випадку вільної розіmkненої забудови

При проведенні досліджень було розглянуто процес визначення температура внутрішнього повітря  $t_v(Z)$ , °C у приміщенні із зовнішніми огорожувальними конструкціями VI типу на середніх поверхах у жовтні місяці, коли  $Z=0$  год.

$$t_v(Z) = 8,6 + (20 - 8,6) * e^{-0/175,52} = 20^\circ\text{C}$$

Аналогічно були визначені  $t_v(Z)$ , °C для інших значень  $Z$ , год, у місяці жовтні, та для інших місяців опалювального періоду. Отримані результати заносимо до табл. 5.6.

Табл. 5.6

Очікувана температура внутрішнього повітря  $t_v(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями VI типу, якщо вплив зовнішнього середовища на будівлі враховує дію сонячної радіації та вітру для випадку вільної розімкненої забудови

| $\beta$ | $t_v(Z)$ | 0  | 6     | 12    | 18    | 24    |
|---------|----------|----|-------|-------|-------|-------|
| 168,21  | жовтень  | 20 | 19,88 | 19,77 | 19,66 | 19,55 |
|         | листопад | 20 | 19,45 | 18,92 | 18,40 | 17,91 |
|         | грудень  | 20 | 19,25 | 18,52 | 17,82 | 17,15 |
|         | січень   | 20 | 19,21 | 18,44 | 17,70 | 16,99 |
|         | лютий    | 20 | 19,34 | 18,71 | 18,10 | 17,51 |
|         | березень | 20 | 19,65 | 19,32 | 19,00 | 18,69 |

На основі отриманих результатів одержано залежності зміни значення очікуваної температури внутрішнього повітря  $t_v(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями VI типу (рис. 5.6).

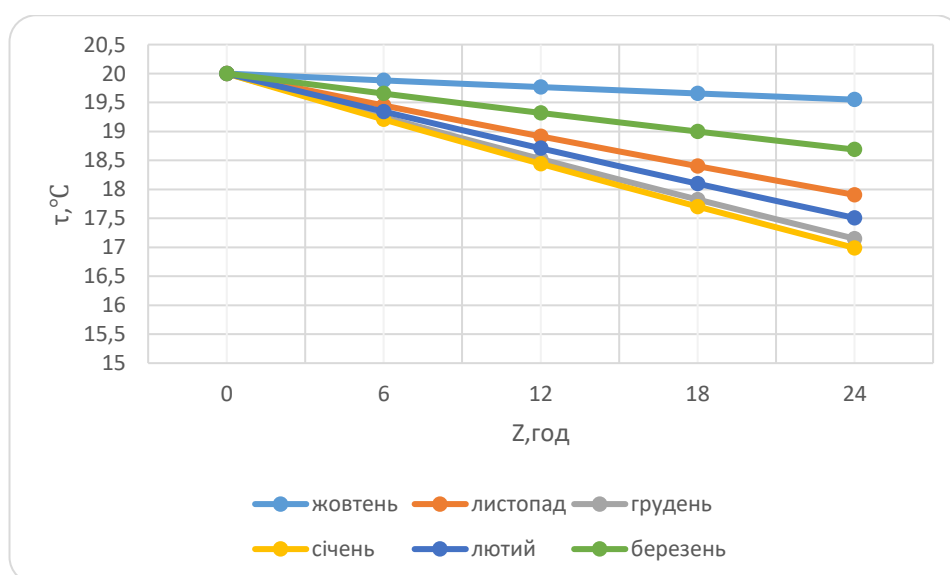


Рис.5.6 Залежності зміни значення очікуваної температури внутрішнього повітря  $t_v(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними

конструкціями VI типу, якщо вплив зовнішнього середовища на будівлі враховує дію сонячної радіації та вітру для випадку вільної розімкненої забудови

5.2 Дослідження температури внутрішнього повітря  $t_b(Z)$ , яка встановиться в приміщенні через час  $Z$  після порушення нормального теплового режиму, якщо вплив зовнішнього середовища на будівлі враховує дію сонячної радіації та вітру для випадку щільної забудови

Як можна побачити із табл. 5.1 значення середньомісячної добавки тепла від сонячної радіації  $\Delta t_{\text{рад}}^{\text{міс}}$ , °C залежить від щільності оточуючої дану будівлю забудови. Таким чином виникає потреба розрахунку температури внутрішнього повітря  $t_b(Z)$ , °C для двох різних випадків: випадку вільної розімкненої забудови та випадку щільної забудови.

Нижче нами наведені розрахунки температури внутрішнього повітря  $t_b(Z)$ , °C в приміщенні на яке здійснюється сукупний вплив сонячної радіації та вітру для випадку щільної забудови.

При проведенні досліджень було розглянуто процес визначення температура внутрішнього повітря  $t_b(Z)$ , °C для випадку щільної забудови у приміщенні із зовнішніми огорожувальними конструкціями I типу на середніх поверхах у жовтні місяці, коли  $Z=0$  год.

$$t_b(Z) = 8,6 + (20 - 8,6) * e^{-0/69,21} = 20^\circ\text{C}$$

Аналогічно були визначені  $t_b(Z)$ , °C для інших значень  $Z$ , год, у місяці жовтні, та для інших місяців опалювального періоду. Отримані результати заносимо до табл. 5.7.

Табл. 5.7

Очікувана температура внутрішнього повітря  $t_b(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями I типу, якщо вплив зовнішнього середовища на будівлі враховує дію сонячної радіації та вітру для випадку щільної забудови

| $\beta$ | $t_b(Z)$ | 0  | 6     | 12    | 18    | 24    |
|---------|----------|----|-------|-------|-------|-------|
| 69,21   | жовтень  | 20 | 19,39 | 18,83 | 18,31 | 17,84 |
|         | листопад | 20 | 18,53 | 17,17 | 15,93 | 14,80 |
|         | грудень  | 20 | 18,05 | 16,27 | 14,63 | 13,13 |
|         | січень   | 20 | 17,95 | 16,08 | 14,36 | 12,78 |

|  |          |    |       |       |       |       |
|--|----------|----|-------|-------|-------|-------|
|  | лютий    | 20 | 18,19 | 16,54 | 15,02 | 13,63 |
|  | березень | 20 | 18,77 | 17,63 | 16,60 | 15,64 |

На основі отриманих результатів одержано залежності зміни значення очікуваної температури внутрішнього повітря  $t_b(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями I типу, якщо вплив зовнішнього середовища на будівлі враховує дію сонячної радіації та вітру для випадку щільної забудови (рис. 5.7).

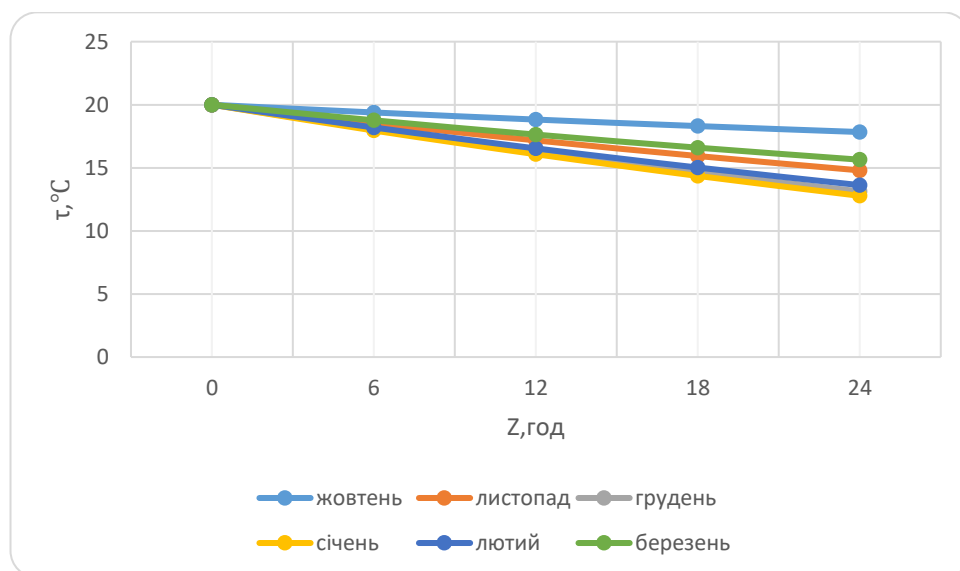


Рис.5.7 Залежності зміни значення очікуваної температури внутрішнього повітря  $t_b(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями I типу, якщо вплив зовнішнього середовища на будівлі враховує дію сонячної радіації та вітру для випадку щільної забудови

При проведенні досліджень було розглянуто процес визначення температура внутрішнього повітря  $t_b(Z)$ , °C у приміщенні із зовнішніми огорожувальними конструкціями II типу на середніх поверхах у жовтні місяці, коли  $Z=0$  год.

$$t_b(Z) = 8,6 + (20 - 8,6) * e^{-0/61,77} = 20^{\circ}\text{C}$$

Аналогічно були визначені  $t_b(Z)$ , °C для інших значень  $Z$ , год, у місяці жовтні, та для інших місяців опалювального періоду. Отримані результати заносимо до табл. 5.8.

Табл. 5.8

Очікувана температура внутрішнього повітря  $t_b(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями II типу, якщо вплив

зовнішнього середовища на будівлі враховує дію сонячної радіації та вітру для випадку щільної забудови

| $\beta$ | $t_b(Z)$ | 0  | 6     | 12    | 18    | 24    |
|---------|----------|----|-------|-------|-------|-------|
| 61,77   | жовтень  | 20 | 19,32 | 18,70 | 18,13 | 17,62 |
|         | листопад | 20 | 18,36 | 16,87 | 15,51 | 14,28 |
|         | грудень  | 20 | 17,83 | 15,86 | 14,08 | 12,45 |
|         | січень   | 20 | 17,72 | 15,65 | 13,77 | 12,07 |
|         | лютий    | 20 | 17,99 | 16,16 | 14,50 | 13,00 |
|         | березень | 20 | 18,62 | 17,38 | 16,24 | 15,21 |

На основі отриманих результатів одержано залежності зміни значення очікуваної температури внутрішнього повітря  $t_b(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями II типу (рис. 5.8).

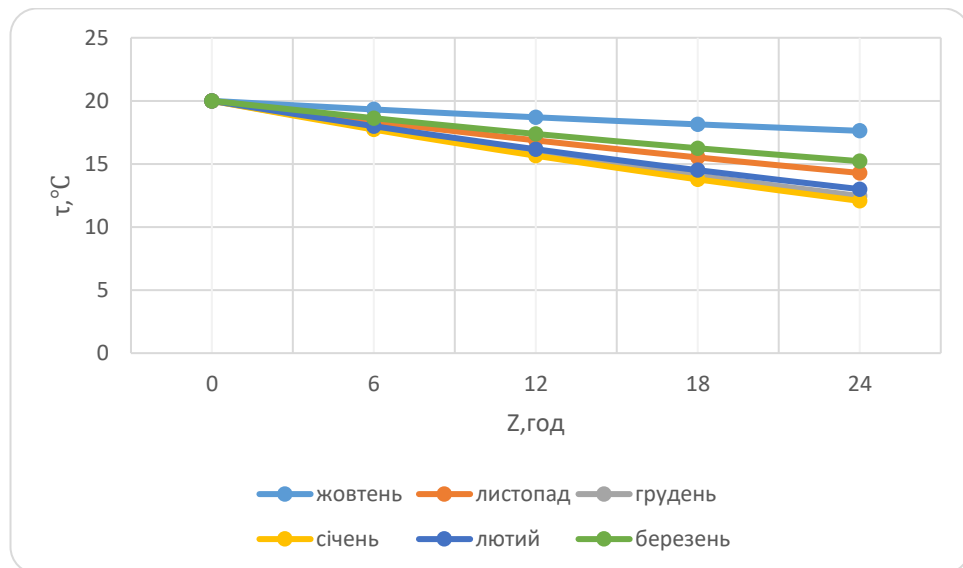


Рис.5.8 Залежності зміни значення очікуваної температури внутрішнього повітря  $t_b(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями II типу, якщо вплив зовнішнього середовища на будівлі враховує дію сонячної радіації та вітру для випадку щільної забудови

При проведенні досліджень було розглянуто процес визначення температура внутрішнього повітря  $t_b(Z)$ , °C у приміщенні із зовнішніми огорожувальними конструкціями III типу на середніх поверхах у жовтні місяці, коли  $Z=0$  год.

$$t_b(Z) = 8,6 + (20 - 8,6) * e^{-0/175,52} = 20^{\circ}\text{C}$$

Аналогічно були визначені  $t_v(Z)$ , °C для інших значень  $Z$ , год, у місяці жовтні, та для інших місяців опалювального періоду. Отримані результати заносимо до табл. 5.9.

Табл. 5.9

Очікувана температура внутрішнього повітря  $t_v(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями III типу, якщо вплив зовнішнього середовища на будівлі враховує дію сонячної радіації та вітру для випадку щільної забудови

| $\beta$ | $t_v(Z)$ | 0  | 6     | 12    | 18    | 24    |
|---------|----------|----|-------|-------|-------|-------|
| 195,00  | жовтень  | 20 | 19,78 | 19,56 | 19,35 | 19,15 |
|         | листопад | 20 | 19,46 | 18,94 | 18,44 | 17,94 |
|         | грудень  | 20 | 19,29 | 18,60 | 17,93 | 17,29 |
|         | січень   | 20 | 19,25 | 18,53 | 17,83 | 17,15 |
|         | лютий    | 20 | 19,34 | 18,70 | 18,08 | 17,48 |
|         | березень | 20 | 19,55 | 19,11 | 18,69 | 18,28 |

На основі отриманих результатів одержано залежності зміни значення очікуваної температури внутрішнього повітря  $t_v(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями III типу (рис. 5.9).

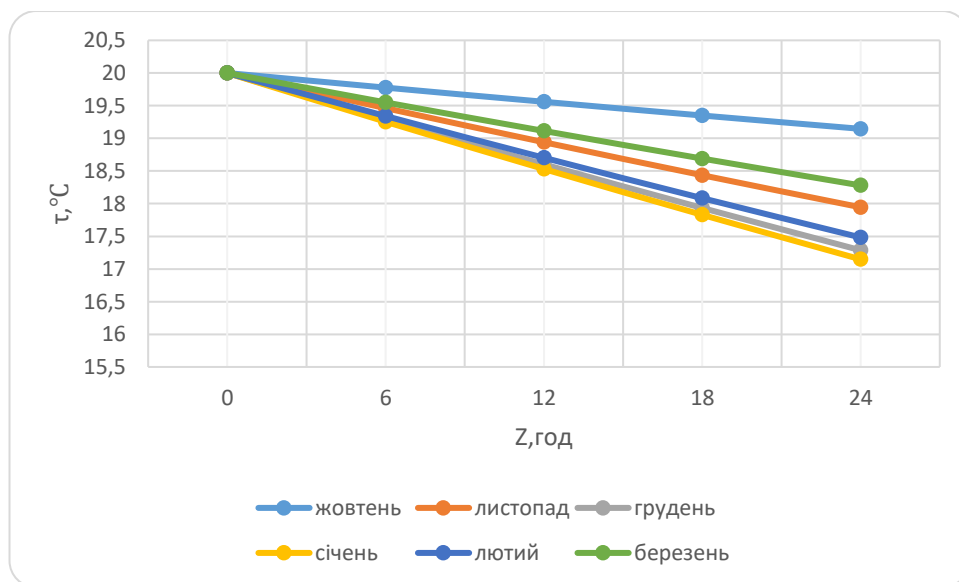


Рис.5.9 Залежності зміни значення очікуваної температури внутрішнього повітря  $t_v(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями III типу, якщо вплив зовнішнього середовища на будівлі враховує дію сонячної радіації та вітру для випадку щільної забудови

При проведенні досліджень було розглянуто процес визначення температура внутрішнього повітря  $t_b(Z)$ , °C у приміщенні із зовнішніми огорожувальними конструкціями IV типу на середніх поверхах у жовтні місяці, коли  $Z=0$  год.

$$t_b(Z) = 8,6 + (20 - 8,6) * e^{-0/175,52} = 20^\circ\text{C}$$

Аналогічно були визначені  $t_b(Z)$ , °C для інших значень  $Z$ , год, у місяці жовтні, та для інших місяців опалювального періоду. Отримані результати заносимо до табл. 5.10.

Табл. 5.10

Очікувана температура внутрішнього повітря  $t_b(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями IV типу, якщо вплив зовнішнього середовища на будівлі враховує дію сонячної радіації та вітру для випадку щільної забудови

| $\beta$ | $t_b(Z)$ | 0  | 6     | 12    | 18    | 24    |
|---------|----------|----|-------|-------|-------|-------|
| 102,30  | жовтень  | 20 | 19,58 | 19,18 | 18,81 | 18,46 |
|         | листопад | 20 | 18,99 | 18,04 | 17,14 | 16,29 |
|         | грудень  | 20 | 18,67 | 17,41 | 16,22 | 15,10 |
|         | січень   | 20 | 18,60 | 17,27 | 16,03 | 14,85 |
|         | лютий    | 20 | 18,76 | 17,59 | 16,49 | 15,45 |
|         | березень | 20 | 19,15 | 18,36 | 17,60 | 16,89 |

На основі отриманих результатів одержано залежності зміни значення очікуваної температури внутрішнього повітря  $t_b(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями IV типу (рис. 5.10).

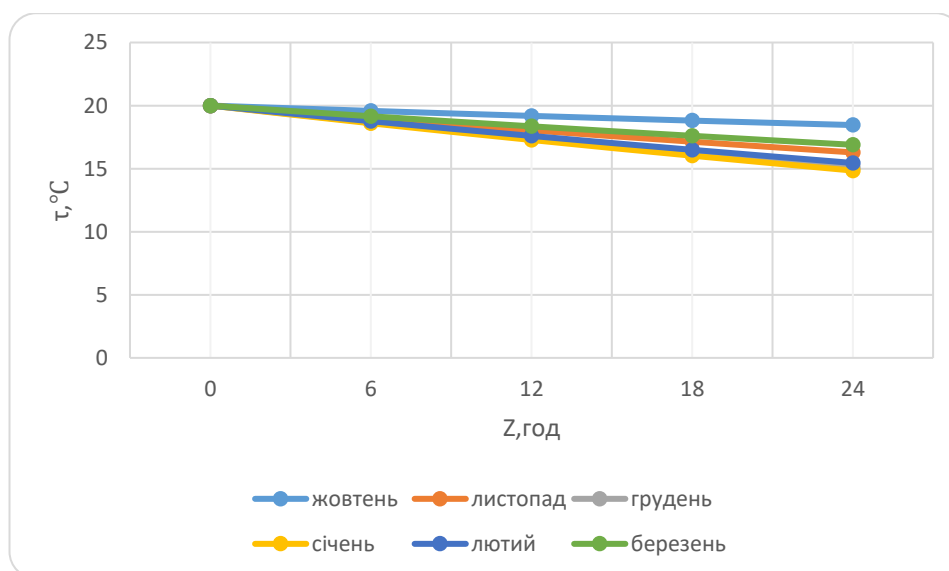


Рис.5.10 Залежності зміни значення очікуваної температури внутрішнього повітря  $t_b(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями IV типу, якщо вплив зовнішнього середовища на будівлі враховує дію сонячної радіації та вітру для випадку щільної забудови

При проведенні досліджень було розглянуто процес визначення температура внутрішнього повітря  $t_b(Z)$ , °C у приміщенні із зовнішніми огорожувальними конструкціями V типу на середніх поверххах у жовтні місяці, коли  $Z=0$  год.

$$t_b(Z) = 8,6 + (20 - 8,6) * e^{-0/175,52} = 20^{\circ}\text{C}$$

Аналогічно були визначені  $t_b(Z)$ , °C для інших значень  $Z$ , год, у місяці жовтні, та для інших місяців опалювального періоду. Отримані результати заносимо до табл. 5.11.

Табл. 5.11

Очікувана температура внутрішнього повітря  $t_b(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями V типу, якщо вплив зовнішнього середовища на будівлі враховує дію сонячної радіації та вітру для випадку щільної забудови

| $\beta$ | $t_b(Z)$ | 0  | 6     | 12    | 18    | 24    |
|---------|----------|----|-------|-------|-------|-------|
| 122,76  | жовтень  | 20 | 19,65 | 19,31 | 18,99 | 18,69 |
|         | листопад | 20 | 19,15 | 18,35 | 17,58 | 16,85 |
|         | грудень  | 20 | 18,88 | 17,82 | 16,80 | 15,84 |
|         | січень   | 20 | 18,83 | 17,71 | 16,64 | 15,63 |
|         | лютий    | 20 | 18,96 | 17,98 | 17,04 | 16,14 |
|         | березень | 20 | 19,29 | 18,62 | 17,97 | 17,36 |

На основі отриманих результатів одержано залежності зміни значення очікуваної температури внутрішнього повітря  $t_b(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями V типу (рис. 5.11).

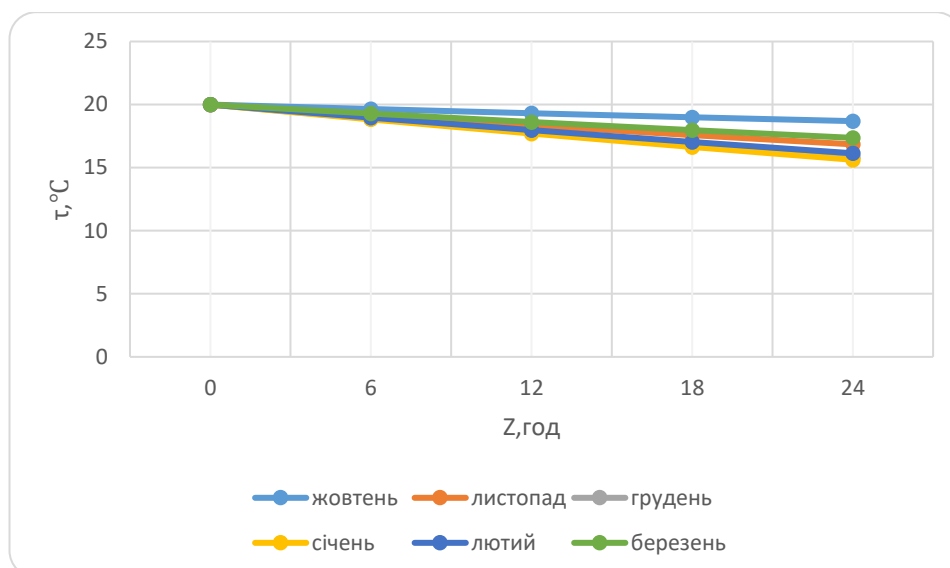


Рис.5.11 Залежності зміни значення очікуваної температури внутрішнього повітря  $t_b(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями V типу, якщо вплив зовнішнього середовища на будівлі враховує дію сонячної радіації та вітру для випадку щільної забудови

При проведенні досліджень було розглянуто процес визначення температура внутрішнього повітря  $t_b(Z)$ , °C у приміщенні із зовнішніми огорожувальними конструкціями VI типу на середніх поверххах у жовтні місяці, коли  $Z=0$  год.

$$t_b(Z) = 8,6 + (20 - 8,6) * e^{-0/175,52} = 20^{\circ}\text{C}$$

Аналогічно були визначені  $t_b(Z)$ , °C для інших значень  $Z$ , год, у місяці жовтні, та для інших місяців опалювального періоду. Отримані результати заносимо до табл. 5.12.

Табл. 5.12

Очікувана температура внутрішнього повітря  $t_b(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями VI типу, якщо вплив зовнішнього середовища на будівлі враховує дію сонячної радіації та вітру для випадку щільної забудови

| $\beta$ | $t_b(Z)$ | 0  | 6     | 12    | 18    | 24    |
|---------|----------|----|-------|-------|-------|-------|
| 168,21  | жовтень  | 20 | 19,74 | 19,49 | 19,25 | 19,02 |
|         | листопад | 20 | 19,38 | 18,78 | 18,20 | 17,64 |
|         | грудень  | 20 | 19,18 | 18,39 | 17,62 | 16,88 |
|         | січень   | 20 | 19,14 | 18,30 | 17,50 | 16,73 |
|         | лютий    | 20 | 19,24 | 18,50 | 17,79 | 17,11 |
|         | березень | 20 | 19,48 | 18,98 | 18,49 | 18,02 |

На основі отриманих результатів одержано залежності зміни значення очікуваної температури внутрішнього повітря  $t_v(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями VI типу (рис. 5.12).

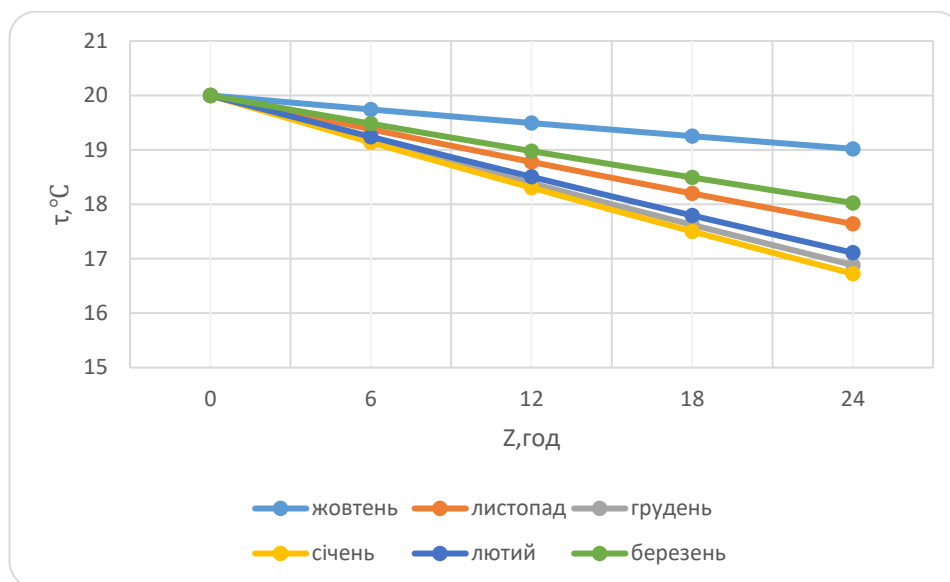


Рис.5.12 Залежності зміни значення очікуваної температури внутрішнього повітря  $t_v(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями VI типу, якщо вплив зовнішнього середовища на будівлі враховує дію сонячної радіації та вітру для випадку щільної забудови

5.3 Дослідження температури внутрішнього повітря  $t_v(Z)$ , яка встановиться в приміщенні через час  $Z$  після порушення нормального теплового режиму, якщо вплив зовнішнього середовища на будівлі враховує виключно дію сонячної радіації для випадку вільної розімкненої забудови

Фактори зовнішнього клімату (добавки тепла від сонячної радіації  $\Delta t_{\text{рад}}^{\text{міс}}$ , °C та втрати тепла від дії вітру  $\Delta t_{\text{вітер}}^{\text{міс}}$ , °C) можуть впливати на формування температури внутрішнього повітря приміщень  $t_v(Z)$ , °C як сукупно, так і окремо. Нижче нами був розглянутий випадок впливу виключно добавок тепла від сонячної радіації  $\Delta t_{\text{рад}}^{\text{міс}}$ , °C на температуру внутрішнього повітря приміщень  $t_v(Z)$ , °C.

Розрахунок температури внутрішнього повітря  $t_v(Z)$ , °C в приміщенні, що охолоджується проводився згідно формули (3.6) для часу охолодження 6, 12, 18 та 24 години. Для цілей даного пункту у формулі (3.6) ми прийняли, що температура зовнішнього середовища  $t_{\text{зс}}$ , °C не рівна середньомісячній температурі одного з

місяців опалювального періоду  $t_3^{\text{міс}}$ , °C, а визначається за формулою (4.12). Оскільки значення середньомісячної добавки тепла від сонячної радіації  $\Delta t_{\text{рад}}^{\text{міс}}$ , °C залежить від щільності оточуючої будівлю забудови, тому температура внутрішнього повітря  $t_b(Z)$ , °C була нами розрахована як для випадку вільної забудови, так і для випадку щільної забудови.

Нижче нами наведені розрахунки температури внутрішнього повітря  $t_b(Z)$ , °C в приміщенні на яке здійснюється виключний вплив сонячної радіації для випадку вільної розімкненої забудови.

При проведенні досліджень було розглянуто процес визначення температура внутрішнього повітря  $t_b(Z)$ , °C для випадку вільної забудови у приміщенні із зовнішніми огорожувальними конструкціями I типу на середніх поверхах у жовтні місяці, коли  $Z=0$  год.

$$t_b(Z) = 8,6 + (20 - 8,6) * e^{-0/69,21} = 20^\circ\text{C}$$

Аналогічно були визначені  $t_b(Z)$ , °C для інших значень  $Z$ , год, у місяці жовтні, та для інших місяців опалювального періоду. Отримані результати заносимо до табл. 5.13.

Табл. 5.13

Очікувана температура внутрішнього повітря  $t_b(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями I типу, якщо вплив зовнішнього середовища на будівлі враховує дію сонячної радіації для випадку вільної розімкненої забудови

| $\beta$ | $t_b(Z)$ | 0  | 6     | 12    | 18    | 24    |
|---------|----------|----|-------|-------|-------|-------|
| 69,21   | жовтень  | 20 | 19,72 | 19,46 | 19,22 | 19,01 |
|         | листопад | 20 | 18,77 | 17,65 | 16,62 | 15,67 |
|         | грудень  | 20 | 18,39 | 16,90 | 15,55 | 14,30 |
|         | січень   | 20 | 18,29 | 16,71 | 15,27 | 13,95 |
|         | лютий    | 20 | 18,61 | 17,33 | 16,16 | 15,09 |
|         | березень | 20 | 19,26 | 18,59 | 17,97 | 17,40 |

На основі отриманих результатів одержано залежності зміни значення очікуваної температури внутрішнього повітря  $t_b(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями I типу, якщо вплив зовнішнього

середовища на будівлі враховує дію сонячної радіації для випадку вільної розімкненої забудови (рис. 5.13).

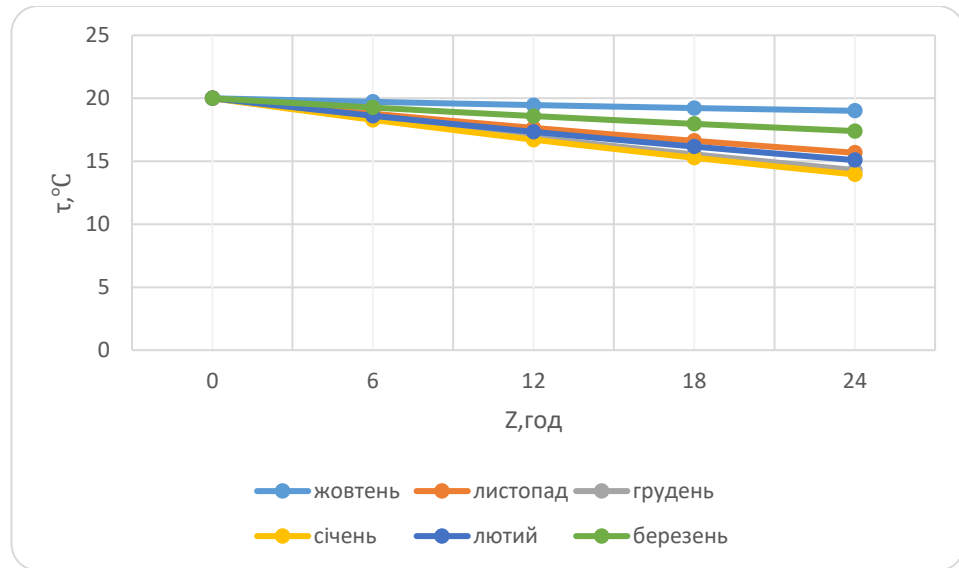


Рис.5.13 Залежності зміни значення очікуваної температури внутрішнього повітря  $t_v(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями I типу, якщо вплив зовнішнього середовища на будівлі враховує дію сонячної радіації для випадку вільної розімкненої забудови

При проведенні досліджень було розглянуто процес визначення температура внутрішнього повітря  $t_v(Z)$ , °C у приміщенні із зовнішніми огорожувальними конструкціями II типу на середніх поверхах у жовтні місяці, коли  $Z=0$  год.

$$t_v(Z) = 8,6 + (20 - 8,6) * e^{-0/61,77} = 20^{\circ}\text{C}$$

Аналогічно були визначені  $t_v(Z)$ , °C для інших значень  $Z$ , год, у місяці жовтні, та для інших місяців опалювального періоду. Отримані результати заносимо до табл. 5.14.

Табл. 5.14

Очікувана температура внутрішнього повітря  $t_v(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями II типу, якщо вплив зовнішнього середовища на будівлі враховує дію сонячної радіації для випадку вільної розімкненої забудови

| $\beta$ | $t_v(Z)$ | 0  | 6     | 12    | 18    | 24    |
|---------|----------|----|-------|-------|-------|-------|
| 61,77   | жовтень  | 20 | 19,69 | 19,40 | 19,14 | 18,91 |
|         | листопад | 20 | 18,63 | 17,39 | 16,27 | 15,25 |
|         | грудень  | 20 | 18,20 | 16,57 | 15,08 | 13,74 |
|         | січень   | 20 | 18,09 | 16,36 | 14,78 | 13,35 |
|         | лютий    | 20 | 18,45 | 17,04 | 15,76 | 14,60 |
|         | березень | 20 | 19,18 | 18,43 | 17,76 | 17,14 |

На основі отриманих результатів одержано залежності зміни значення очікуваної температури внутрішнього повітря  $t_b(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями II типу (рис. 5.14).

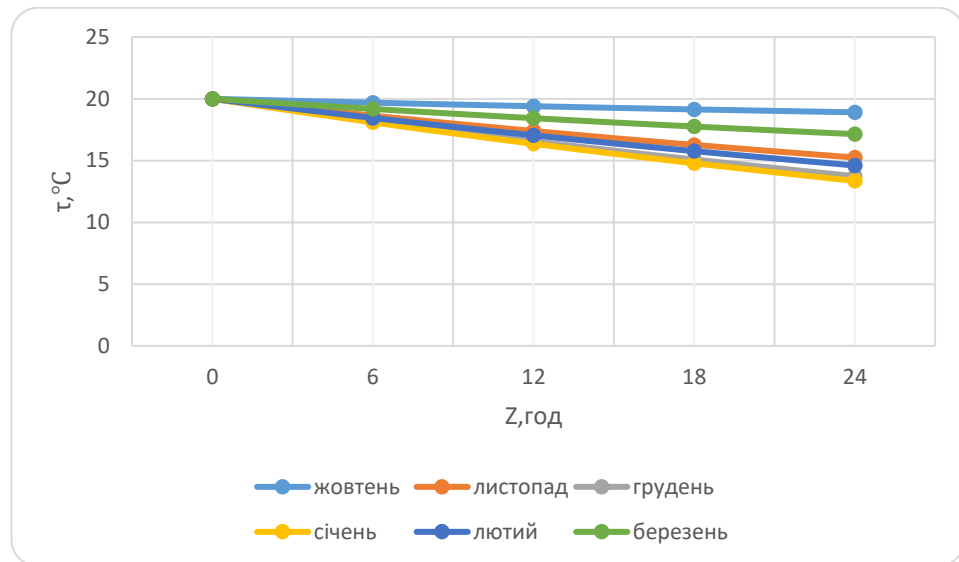


Рис.5.14 Залежності зміни значення очікуваної температури внутрішнього повітря  $t_b(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями II типу, якщо вплив зовнішнього середовища на будівлі враховує дію сонячної радіації для випадку вільної розімкненої забудови

При проведенні досліджень було розглянуто процес визначення температура внутрішнього повітря  $t_b(Z)$ , °C у приміщенні із зовнішніми огорожувальними конструкціями III типу на середніх поверхах у жовтні місяці, коли  $Z=0$  год.

$$t_b(Z) = 8,6 + (20 - 8,6) * e^{-0/175,52} = 20^{\circ}\text{C}$$

Аналогічно були визначені  $t_b(Z)$ , °C для інших значень  $Z$ , год, у місяці жовтні, та для інших місяців опалювального періоду. Отримані результати заносимо до табл. 5.15.

Табл.5.15

Очікувана температура внутрішнього повітря  $t_b(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями III типу, якщо вплив зовнішнього середовища на будівлі враховує дію сонячної радіації для випадку вільної розімкненої забудови

| $\beta$ | $t_b(Z)$ | 0  | 6     | 12    | 18    | 24    |
|---------|----------|----|-------|-------|-------|-------|
| 195,00  | жовтень  | 20 | 19,90 | 19,80 | 19,70 | 19,61 |
|         | листопад | 20 | 19,55 | 19,12 | 18,70 | 18,29 |

|          |    |       |       |       |       |
|----------|----|-------|-------|-------|-------|
| грудень  | 20 | 19,41 | 18,84 | 18,29 | 17,75 |
| січень   | 20 | 19,37 | 18,77 | 18,18 | 17,61 |
| лютий    | 20 | 19,49 | 19,00 | 18,52 | 18,06 |
| березень | 20 | 19,73 | 19,47 | 19,22 | 18,97 |

На основі отриманих результатів одержано залежності зміни значення очікуваної температури внутрішнього повітря  $t_v(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями III типу (рис. 5.15).

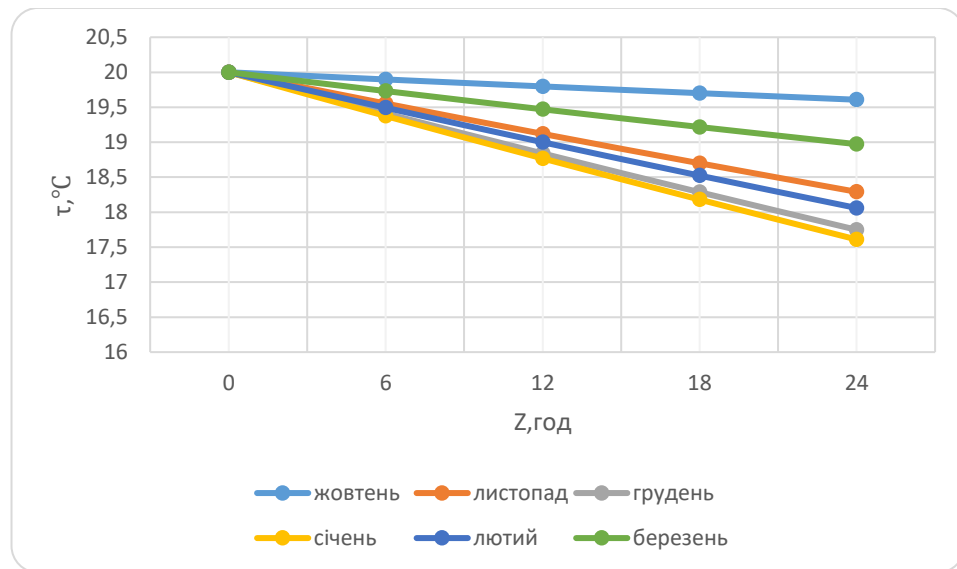


Рис.5.15 Залежності зміни значення очікуваної температури внутрішнього повітря  $t_v(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями III типу, якщо вплив зовнішнього середовища на будівлі враховує дію сонячної радіації для випадку вільної розімкненої забудови

При проведенні досліджень було розглянуто процес визначення температура внутрішнього повітря  $t_v(Z)$ , °C у приміщенні із зовнішніми огорожувальними конструкціями IV типу на середніх поверхах у жовтні місяці, коли  $Z=0$  год.

$$t_v(Z) = 8,6 + (20 - 8,6) * e^{-0/175,52} = 20^{\circ}\text{C}$$

Аналогічно були визначені  $t_v(Z)$ , °C для інших значень  $Z$ , год, у місяці жовтні, та для інших місяців опалювального періоду. Отримані результати заносимо до табл. 5.16.

Табл. 5.16

Очікувана температура внутрішнього повітря  $t_v(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями IV типу, якщо вплив

зовнішнього середовища на будівлі враховує дію сонячної радіації для випадку вільної розімкненої забудови

| $\beta$ | $t_b(Z)$ | 0  | 6     | 12    | 18    | 24    |
|---------|----------|----|-------|-------|-------|-------|
| 102,30  | жовтень  | 20 | 19,81 | 19,62 | 19,45 | 19,29 |
|         | листопад | 20 | 19,16 | 18,37 | 17,62 | 16,91 |
|         | грудень  | 20 | 18,89 | 17,85 | 16,86 | 15,93 |
|         | січень   | 20 | 18,82 | 17,72 | 16,67 | 15,68 |
|         | лютий    | 20 | 19,05 | 18,15 | 17,30 | 16,50 |
|         | березень | 20 | 19,49 | 19,02 | 18,57 | 18,14 |

На основі отриманих результатів одержано залежності зміни значення очікуваної температури внутрішнього повітря  $t_b(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями IV типу (рис. 5.16).

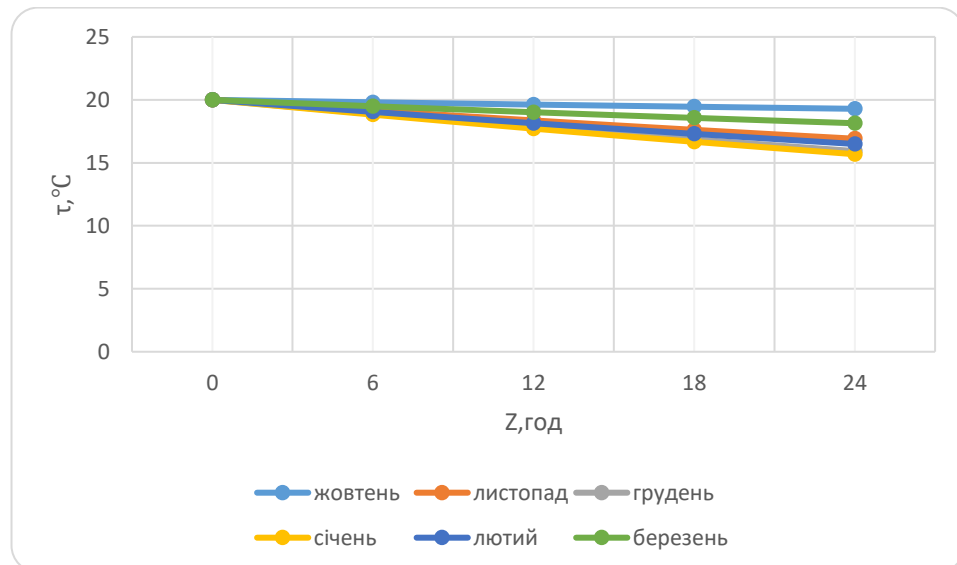


Рис.5.16 Залежності зміни значення очікуваної температури внутрішнього повітря  $t_b(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями IV типу, якщо вплив зовнішнього середовища на будівлі враховує дію сонячної радіації для випадку вільної розімкненої забудови

При проведенні досліджень було розглянуто процес визначення температура внутрішнього повітря  $t_b(Z)$ , °C у приміщенні із зовнішніми огорожувальними конструкціями V типу на середніх поверхах у жовтні місяці, коли  $Z=0$  год.

$$t_b(Z) = 8,6 + (20 - 8,6) * e^{-0/175,52} = 20^{\circ}\text{C}$$

Аналогічно були визначені  $t_b(Z)$ , °C для інших значень  $Z$ , год, у місяці жовтні, та для інших місяців опалювального періоду. Отримані результати заносимо до табл. 5.17.

Табл. 5.17

Очікувана температура внутрішнього повітря  $t_b(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями V типу, якщо вплив зовнішнього середовища на будівлі враховує дію сонячної радіації для випадку вільної розімкненої забудови

| $\beta$ | $t_b(Z)$ | 0  | 6     | 12    | 18    | 24    |
|---------|----------|----|-------|-------|-------|-------|
| 122,76  | жовтень  | 20 | 19,84 | 19,68 | 19,54 | 19,40 |
|         | листопад | 20 | 19,30 | 18,63 | 17,99 | 17,38 |
|         | грудень  | 20 | 19,07 | 18,19 | 17,35 | 16,55 |
|         | січень   | 20 | 19,02 | 18,08 | 17,18 | 16,33 |
|         | лютий    | 20 | 19,20 | 18,44 | 17,72 | 17,02 |
|         | березень | 20 | 19,58 | 19,17 | 18,79 | 18,42 |

На основі отриманих результатів одержано залежності зміни значення очікуваної температури внутрішнього повітря  $t_b(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями V типу (рис. 5.17).

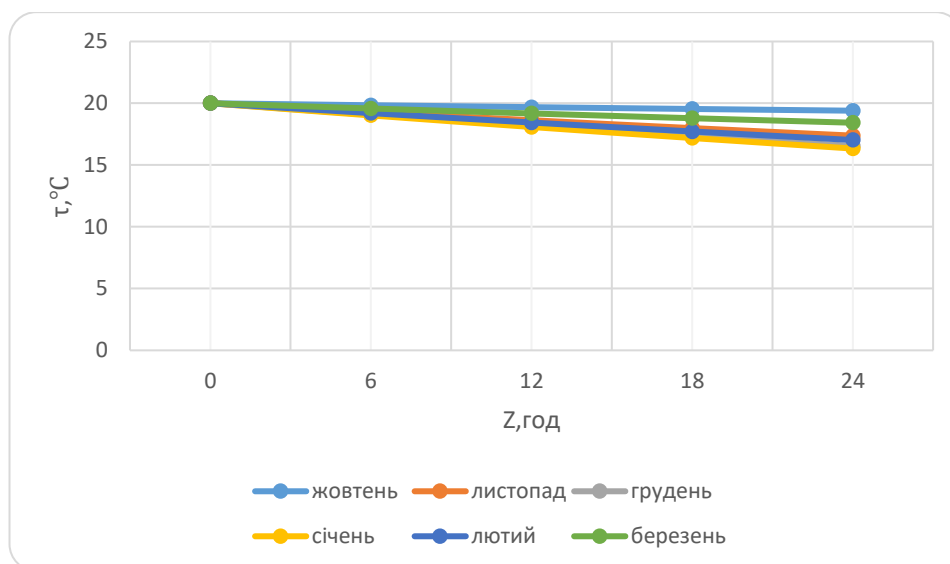


Рис.5.17 Залежності зміни значення очікуваної температури внутрішнього повітря  $t_b(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями V типу, якщо вплив зовнішнього середовища на будівлі враховує дію сонячної радіації для випадку вільної розімкненої забудови

При проведенні досліджень було розглянуто процес визначення температура внутрішнього повітря  $t_b(Z)$ , °C у приміщенні із зовнішніми огорожувальними конструкціями VI типу на середніх поверхах у жовтні місяці, коли  $Z=0$  год.

$$t_b(Z) = 8,6 + (20 - 8,6) * e^{-0/175,52} = 20^{\circ}\text{C}$$

Аналогічно були визначені  $t_v(Z)$ , °C для інших значень  $Z$ , год, у місяці жовтні, та для інших місяців опалювального періоду. Отримані результати заносимо до табл. 5.18.

Табл. 5.18

Очікувана температура внутрішнього повітря  $t_v(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями VI типу, якщо вплив зовнішнього середовища на будівлі враховує дію сонячної радіації для випадку вільної розіmkненої забудови

| $\beta$ | $t_v(Z)$ | 0  | 6     | 12    | 18    | 24    |
|---------|----------|----|-------|-------|-------|-------|
| 168,21  | жовтень  | 20 | 19,88 | 19,77 | 19,66 | 19,55 |
|         | листопад | 20 | 19,48 | 18,98 | 18,50 | 18,04 |
|         | грудень  | 20 | 19,32 | 18,66 | 18,03 | 17,41 |
|         | січень   | 20 | 19,28 | 18,58 | 17,91 | 17,26 |
|         | лютий    | 20 | 19,41 | 18,85 | 18,30 | 17,77 |
|         | березень | 20 | 19,69 | 19,39 | 19,10 | 18,82 |

На основі отриманих результатів одержано залежності зміни значення очікуваної температури внутрішнього повітря  $t_v(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями VI типу (рис. 5.18).

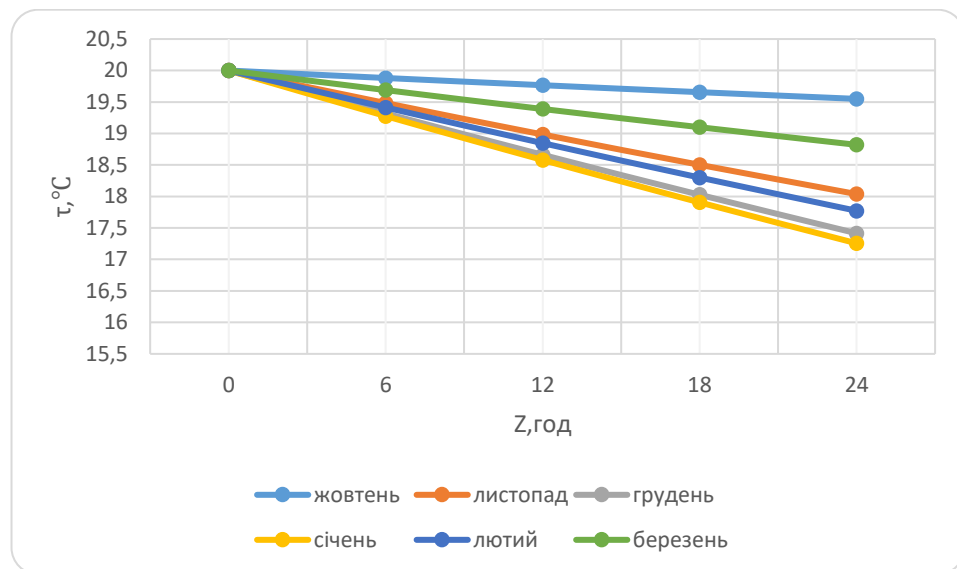


Рис.5.18 Залежності зміни значення очікуваної температури внутрішнього повітря  $t_v(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями VI типу, якщо вплив зовнішнього середовища на будівлі враховує дію сонячної радіації для випадку вільної розіmkненої забудови

5.4 Дослідження температури внутрішнього повітря  $t_v(Z)$ , яка встановиться в приміщенні через час  $Z$  після порушення нормального теплового режиму, якщо вплив зовнішнього середовища на будівлі враховує виключно дію сонячної радіації для випадку щільної забудови

Як можна побачити із табл. 4.1 значення середньомісячної добавки тепла від сонячної радіації  $\Delta t_{\text{рад}}^{\text{міс}}$ , °C залежить від щільності оточуючої дану будівлю забудови. Таким чином виникає потреба розрахунку температури внутрішнього повітря  $t_v(Z)$ , °C для двох різних випадків: випадку вільної розімкненої забудови та випадку щільної забудови.

Нижче нами наведені розрахунки температури внутрішнього повітря  $t_v(Z)$ , °C в приміщенні на яке здійснюється виключний вплив сонячної радіації для випадку щільної забудови.

При проведенні досліджень було розглянуто процес визначення температура внутрішнього повітря  $t_v(Z)$ , °C для випадку щільної забудови у приміщенні із зовнішніми огорожувальними конструкціями I типу на середніх поверхах у жовтні місяці, коли  $Z=0$  год.

$$t_v(Z) = 8,6 + (20 - 8,6) * e^{-0/69,21} = 20^\circ\text{C}$$

Аналогічно були визначені  $t_v(Z)$ , °C для інших значень  $Z$ , год, у місяці жовтні, та для інших місяців опалювального періоду. Отримані результати заносимо до табл. 5.19.

Табл. 5.19

Очікувана температура внутрішнього повітря  $t_v(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями I типу, якщо вплив зовнішнього середовища на будівлі враховує дію сонячної радіації для випадку щільної забудови

| $\beta$ | $t_v(Z)$ | 0  | 6     | 12    | 18    | 24    |
|---------|----------|----|-------|-------|-------|-------|
| 69,21   | жовтень  | 20 | 19,39 | 18,83 | 18,31 | 17,84 |
|         | листопад | 20 | 18,61 | 17,33 | 16,16 | 15,09 |
|         | грудень  | 20 | 18,22 | 16,59 | 15,09 | 13,72 |
|         | січень   | 20 | 18,12 | 16,40 | 14,82 | 13,37 |
|         | лютий    | 20 | 18,36 | 16,86 | 15,48 | 14,21 |
|         | березень | 20 | 18,85 | 17,79 | 16,83 | 15,94 |

На основі отриманих результатів одержано залежності зміни значення очікуваної температури внутрішнього повітря  $t_v(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями I типу, якщо вплив зовнішнього середовища на будівлі враховує дію сонячної радіації для випадку щільної забудови (рис. 5.19).

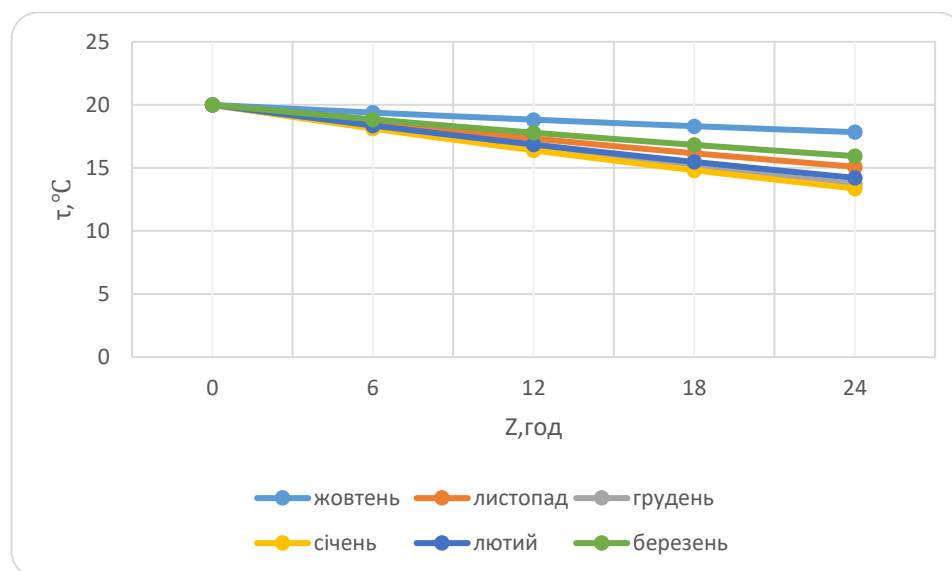


Рис.5.19 Залежності зміни значення очікуваної температури внутрішнього повітря  $t_v(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями I типу, якщо вплив зовнішнього середовища на будівлі враховує дію сонячної радіації для випадку щільної забудови

При проведенні досліджень було розглянуто процес визначення температура внутрішнього повітря  $t_v(Z)$ , °C у приміщенні із зовнішніми огорожувальними конструкціями II типу на середніх поверхах у жовтні місяці, коли  $Z=0$  год.

$$t_v(Z) = 8,6 + (20 - 8,6) * e^{-0/61,77} = 20^{\circ}\text{C}$$

Аналогічно були визначені  $t_v(Z)$ , °C для інших значень  $Z$ , год, у місяці жовтні, та для інших місяців опалювального періоду. Отримані результати заносимо до табл. 5.20.

Табл. 5.20

Очікувана температура внутрішнього повітря  $t_v(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями II типу, якщо вплив зовнішнього середовища на будівлі враховує дію сонячної радіації для випадку щільної забудови

| $\beta$ | $t_v(Z)$ | 0  | 6     | 12    | 18    | 24    |
|---------|----------|----|-------|-------|-------|-------|
| 61,77   | жовтень  | 20 | 19,32 | 18,70 | 18,13 | 17,62 |

|          |    |       |       |       |       |
|----------|----|-------|-------|-------|-------|
| листопад | 20 | 18,45 | 17,04 | 15,76 | 14,60 |
| грудень  | 20 | 18,02 | 16,21 | 14,58 | 13,10 |
| січень   | 20 | 17,90 | 16,00 | 14,28 | 12,71 |
| лютий    | 20 | 18,17 | 16,51 | 15,01 | 13,64 |
| березень | 20 | 18,72 | 17,55 | 16,50 | 15,54 |

На основі отриманих результатів одержано залежності зміни значення очікуваної температури внутрішнього повітря  $t_v(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями II типу (рис. 5.20).

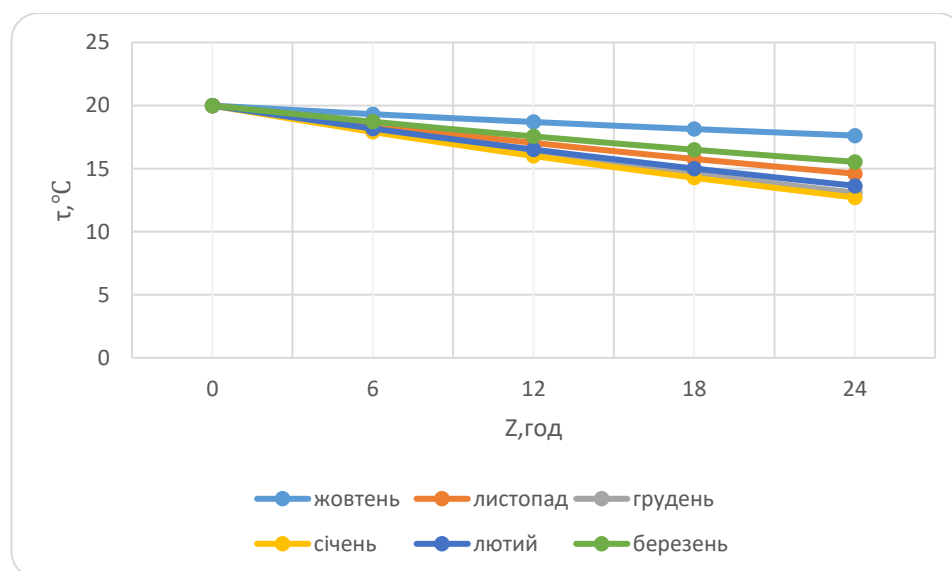


Рис.5.20 Залежності зміни значення очікуваної температури внутрішнього повітря  $t_v(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями II типу, якщо вплив зовнішнього середовища на будівлі враховує дію сонячної радіації для випадку щільної забудови

При проведенні досліджень було розглянуто процес визначення температура внутрішнього повітря  $t_v(Z)$ , °C у приміщенні із зовнішніми огорожувальними конструкціями III типу на середніх поверхах у жовтні місяці, коли  $Z=0$  год.

$$t_v(Z) = 8,6 + (20 - 8,6) * e^{-0/175,52} = 20^{\circ}\text{C}$$

Аналогічно були визначені  $t_v(Z)$ , °C для інших значень  $Z$ , год, у місяці жовтні, та для інших місяців опалювального періоду. Отримані результати заносимо до табл. 5.21.

Табл. 5.21

Очікувана температура внутрішнього повітря  $t_b(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями III типу, якщо вплив зовнішнього середовища на будівлі враховує дію сонячної радіації для випадку щільної забудови

| $\beta$ | $t_b(Z)$ | 0  | 6     | 12    | 18    | 24    |
|---------|----------|----|-------|-------|-------|-------|
| 195,00  | жовтень  | 20 | 19,78 | 19,56 | 19,35 | 19,15 |
|         | листопад | 20 | 19,49 | 19,00 | 18,52 | 18,06 |
|         | грудень  | 20 | 19,35 | 18,72 | 18,11 | 17,52 |
|         | січень   | 20 | 19,31 | 18,65 | 18,00 | 17,38 |
|         | лютий    | 20 | 19,40 | 18,82 | 18,26 | 17,71 |
|         | березень | 20 | 19,58 | 19,17 | 18,78 | 18,39 |

На основі отриманих результатів одержано залежності зміни значення очікуваної температури внутрішнього повітря  $t_b(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями III типу (рис. 5.21).

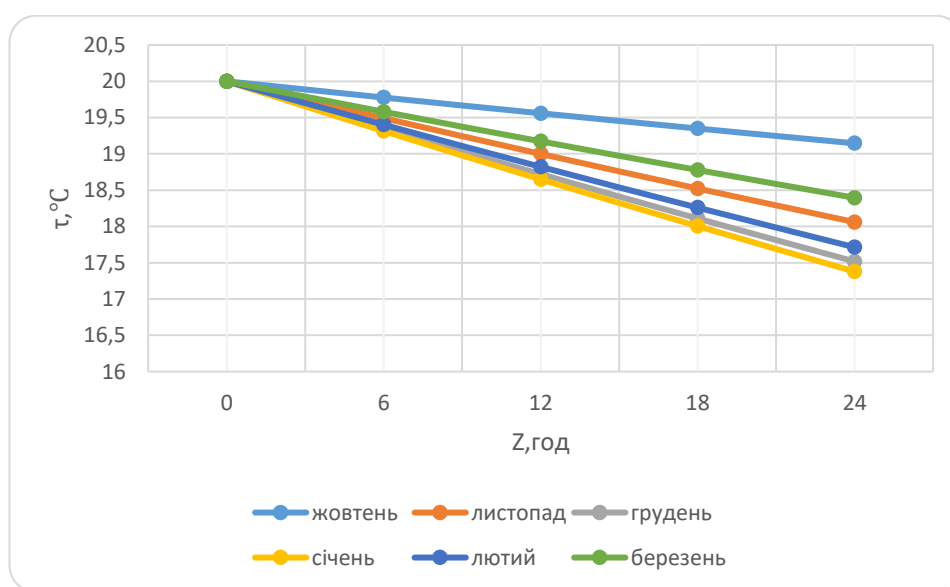


Рис.5.21 Залежності зміни значення очікуваної температури внутрішнього повітря  $t_b(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями III типу, якщо вплив зовнішнього середовища на будівлі враховує дію сонячної радіації для випадку щільної забудови

При проведенні досліджень було розглянуто процес визначення температура внутрішнього повітря  $t_b(Z)$ , °C у приміщенні із зовнішніми огорожувальними конструкціями IV типу на середніх поверххах у жовтні місяці, коли  $Z=0$  год.

$$t_b(Z) = 8,6 + (20 - 8,6) * e^{-0/175,52} = 20^{\circ}\text{C}$$

Аналогічно були визначені  $t_v(Z)$ , °C для інших значень  $Z$ , год, у місяці жовтні, та для інших місяців опалювального періоду. Отримані результати заносимо до табл. 5.22.

Табл. 5.22

Очікувана температура внутрішнього повітря  $t_v(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями IV типу, якщо вплив зовнішнього середовища на будівлі враховує дію сонячної радіації для випадку щільної забудови

| $\beta$ | $t_v(Z)$ | 0  | 6     | 12    | 18    | 24    |
|---------|----------|----|-------|-------|-------|-------|
| 102,30  | жовтень  | 20 | 19,58 | 19,18 | 18,81 | 18,46 |
|         | листопад | 20 | 19,05 | 18,15 | 17,30 | 16,50 |
|         | грудень  | 20 | 18,78 | 17,63 | 16,54 | 15,52 |
|         | січень   | 20 | 18,71 | 17,49 | 16,35 | 15,27 |
|         | лютий    | 20 | 18,88 | 17,81 | 16,81 | 15,87 |
|         | березень | 20 | 19,21 | 18,47 | 17,76 | 17,10 |

На основі отриманих результатів одержано залежності зміни значення очікуваної температури внутрішнього повітря  $t_v(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями IV типу (рис. 5.22).

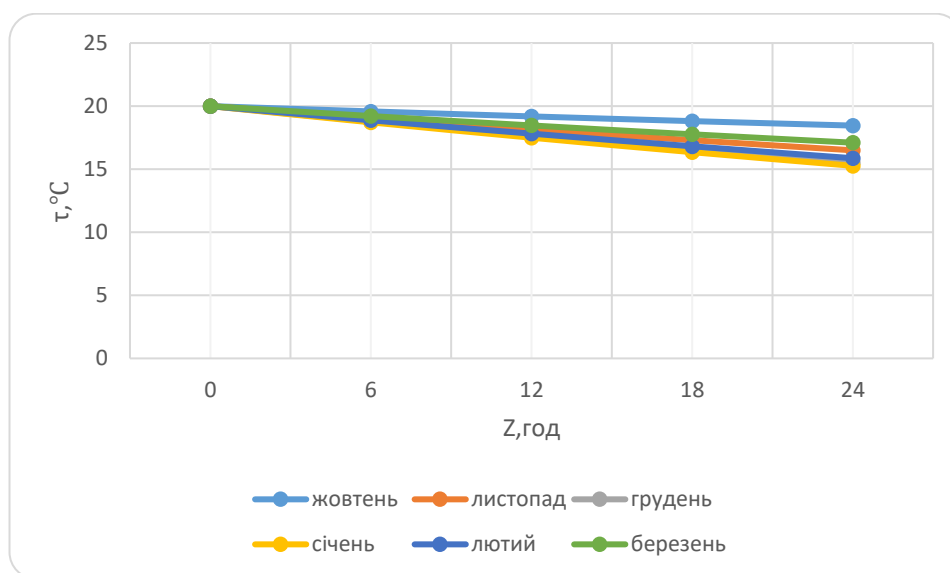


Рис.5.22 Залежності зміни значення очікуваної температури внутрішнього повітря  $t_v(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями IV типу, якщо вплив зовнішнього середовища на будівлі враховує дію сонячної радіації для випадку щільної забудови

При проведенні досліджень було розглянуто процес визначення температура внутрішнього повітря  $t_b(Z)$ , °C у приміщенні із зовнішніми огорожувальними конструкціями V типу на середніх поверхах у жовтні місяці, коли  $Z=0$  год.

$$t_b(Z) = 8,6 + (20 - 8,6) * e^{-0/175,52} = 20^{\circ}\text{C}$$

Аналогічно були визначені  $t_b(Z)$ , °C для інших значень  $Z$ , год, у місяці жовтні, та для інших місяців опалювального періоду. Отримані результати заносимо до табл. 5.23.

Табл. 5.23

Очікувана температура внутрішнього повітря  $t_b(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями V типу, якщо вплив зовнішнього середовища на будівлі враховує дію сонячної радіації для випадку щільної забудови

| $\beta$ | $t_b(Z)$ | 0  | 6     | 12    | 18    | 24    |
|---------|----------|----|-------|-------|-------|-------|
| 122,76  | жовтень  | 20 | 19,65 | 19,31 | 18,99 | 18,69 |
|         | листопад | 20 | 19,20 | 18,44 | 17,72 | 17,02 |
|         | грудень  | 20 | 18,98 | 18,00 | 17,08 | 16,19 |
|         | січень   | 20 | 18,92 | 17,89 | 16,91 | 15,98 |
|         | лютий    | 20 | 19,06 | 18,16 | 17,31 | 16,49 |
|         | березень | 20 | 19,34 | 18,71 | 18,11 | 17,54 |

На основі отриманих результатів одержано залежності зміни значення очікуваної температури внутрішнього повітря  $t_b(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями V типу (рис. 5.23).

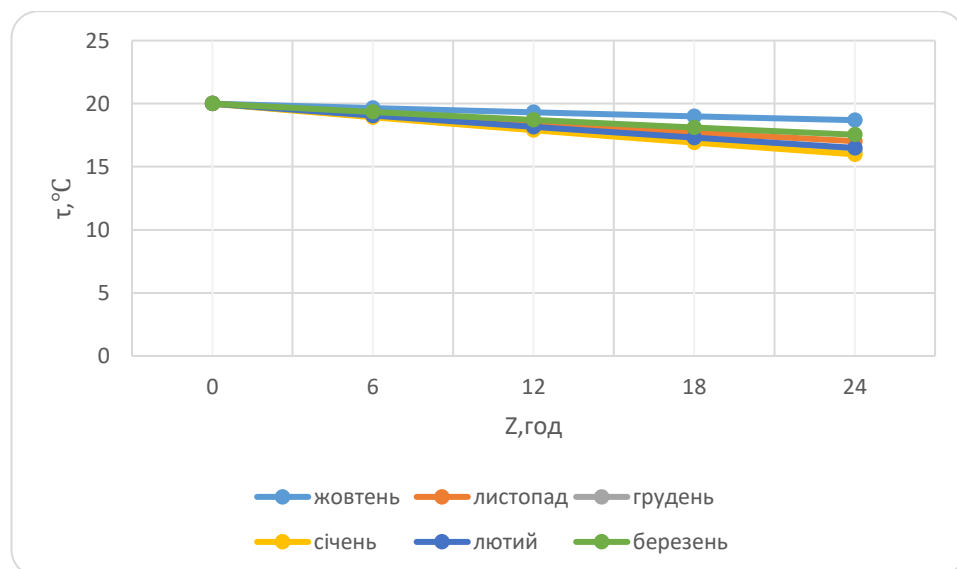


Рис.5.23 Залежності зміни значення очікуваної температури внутрішнього повітря  $t_b(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними

конструкціями V типу, якщо вплив зовнішнього середовища на будівлі враховує дію сонячної радіації для випадку щільної забудови

При проведенні досліджень було розглянуто процес визначення температура внутрішнього повітря  $t_v(Z)$ , °C у приміщенні із зовнішніми огорожувальними конструкціями VI типу на середніх поверхах у жовтні місяці, коли  $Z=0$  год.

$$t_v(Z) = 8,6 + (20 - 8,6) * e^{-0/175,52} = 20^{\circ}\text{C}$$

Аналогічно були визначені  $t_v(Z)$ , °C для інших значень  $Z$ , год, у місяці жовтні, та для інших місяців опалювального періоду. Отримані результати заносимо до табл. 5.24.

Табл. 5.24

Очікувана температура внутрішнього повітря  $t_v(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями VI типу, якщо вплив зовнішнього середовища на будівлі враховує дію сонячної радіації для випадку щільної забудови

| $\beta$ | $t_v(Z)$ | 0  | 6     | 12    | 18    | 24    |
|---------|----------|----|-------|-------|-------|-------|
| 168,21  | жовтень  | 20 | 19,74 | 19,49 | 19,25 | 19,02 |
|         | листопад | 20 | 19,41 | 18,85 | 18,30 | 17,77 |
|         | грудень  | 20 | 19,25 | 18,52 | 17,82 | 17,15 |
|         | січень   | 20 | 19,21 | 18,44 | 17,70 | 16,99 |
|         | лютий    | 20 | 19,31 | 18,64 | 18,00 | 17,37 |
|         | березень | 20 | 19,51 | 19,05 | 18,59 | 18,16 |

На основі отриманих результатів одержано залежності зміни значення очікуваної температури внутрішнього повітря  $t_v(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями VI типу (рис. 5.24).

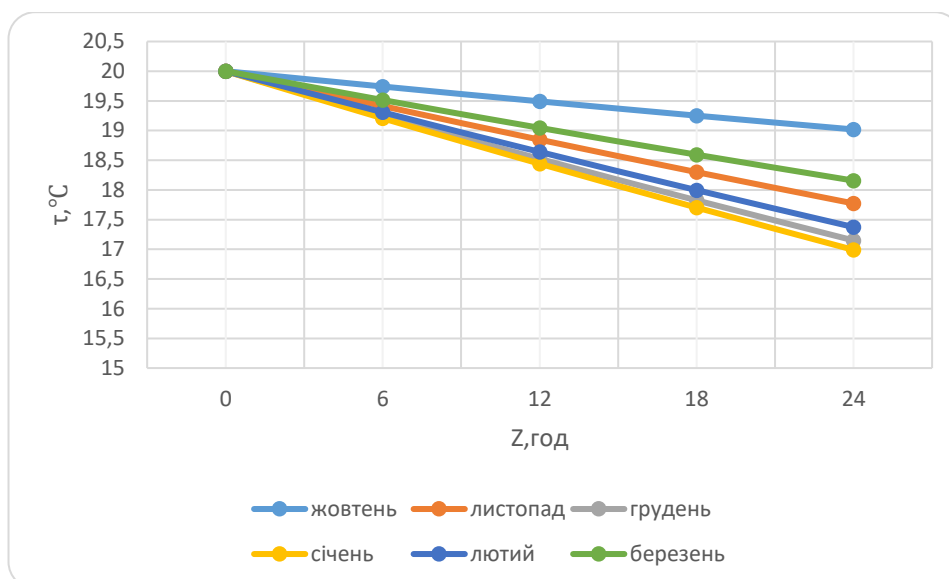


Рис.5.24 Залежності зміни значення очікуваної температури внутрішнього повітря  $t_b(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями VI типу, якщо вплив зовнішнього середовища на будівлі враховує дію сонячної радіації для випадку щільної забудови

5.5 Дослідження температури внутрішнього повітря  $t_b(Z)$ , яка встановиться в приміщенні через час  $Z$  після порушення нормального теплового режиму, якщо вплив зовнішнього середовища на будівлі враховує виключно дію вітру

Фактори зовнішнього клімату (добавки тепла від сонячної радіації  $\Delta t_{\text{рад}}^{\text{міс}}, ^\circ\text{C}$  та втрати тепла від дії вітру  $\Delta t_{\text{вітер}}^{\text{міс}}, ^\circ\text{C}$ ) можуть впливати на формування температури внутрішнього повітря приміщень  $t_b(Z), ^\circ\text{C}$  як сукупно, так і окремо. Нижче нами був розглянутий випадок впливу виключно втрати тепла від дії вітру  $\Delta t_{\text{вітер}}^{\text{міс}}, ^\circ\text{C}$  на температуру внутрішнього повітря приміщень  $t_b(Z), ^\circ\text{C}$ .

Розрахунок температури внутрішнього повітря  $t_b(Z), ^\circ\text{C}$  в приміщенні, що охолоджується проводився згідно формули (3.6) для часу охолодження 6, 12, 18 та 24 години. Для цілей даного пункту у формулі (3.6) ми прийняли, що температура зовнішнього середовища  $t_{\text{зс}}, ^\circ\text{C}$  не рівна середньомісячній температурі одного з місяців опалювального періоду  $t_3^{\text{міс}}, ^\circ\text{C}$ , а визначається за формулою (4.3).

Нижче нами наведені розрахунки температури внутрішнього повітря  $t_b(Z)$ , °C в приміщенні на яке здійснюється виключний вплив втрати тепла від дії вітру  $\Delta t_{\text{вітер}}^{\text{міс}}$ , °C.

При проведенні досліджень було розглянуто процес визначення температура внутрішнього повітря  $t_b(Z)$ , °C для випадку вільної забудови у приміщенні із зовнішніми огорожувальними конструкціями I типу на середніх поверхах у жовтні місяці, коли  $Z=0$  год.

$$t_b(Z) = 8,6 + (20 - 8,6) * e^{-0/69,21} = 20^\circ\text{C}$$

Аналогічно були визначені  $t_b(Z)$ , °C для інших значень  $Z$ , год, у місяці жовтні, та для інших місяців опалювального періоду. Отримані результати заносимо до табл. 5.25.

Табл. 5.25

Очікувана температура внутрішнього повітря  $t_b(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями I типу, якщо вплив зовнішнього середовища на будівлі враховує дію вітру

| $\beta$ | $t_b(Z)$ | 0  | 6     | 12    | 18    | 24    |
|---------|----------|----|-------|-------|-------|-------|
| 69,21   | жовтень  | 20 | 19,06 | 18,19 | 17,40 | 16,67 |
|         | листопад | 20 | 18,44 | 17,02 | 15,71 | 14,51 |
|         | грудень  | 20 | 17,97 | 16,11 | 14,40 | 12,84 |
|         | січень   | 20 | 17,79 | 15,76 | 13,90 | 12,20 |
|         | лютий    | 20 | 17,86 | 15,90 | 14,11 | 12,46 |
|         | березень | 20 | 18,35 | 16,84 | 15,45 | 14,18 |

На основі отриманих результатів одержано залежності зміни значення очікуваної температури внутрішнього повітря  $t_b(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями I типу, якщо вплив зовнішнього середовища на будівлі враховує дію вітру (рис. 5.25).

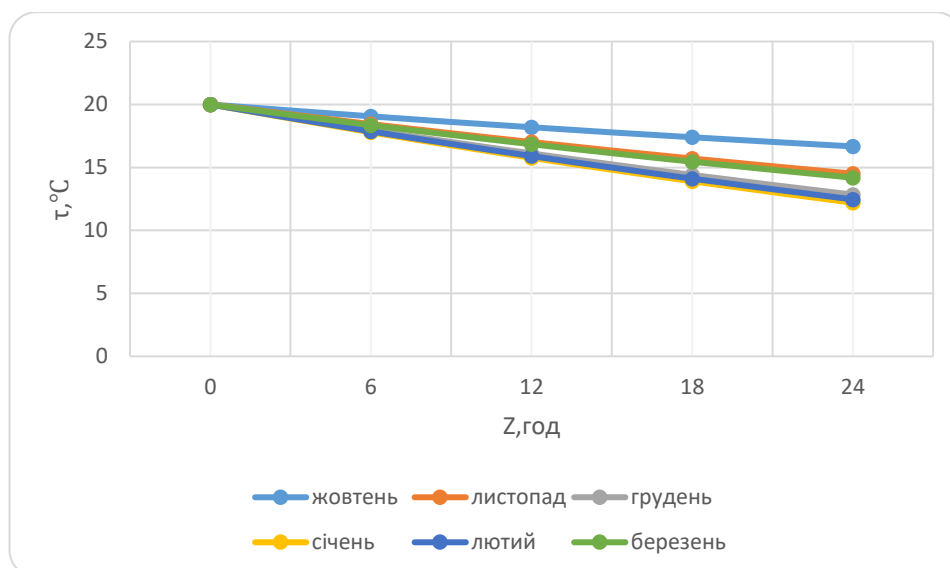


Рис.5.25 Залежності зміни значення очікуваної температури внутрішнього повітря  $t_v(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями I типу, якщо вплив зовнішнього середовища на будівлі враховує дію вітру

При проведенні досліджень було розглянуто процес визначення температура внутрішнього повітря  $t_v(Z)$ , °C у приміщенні із зовнішніми огорожувальними конструкціями II типу на середніх поверхах у жовтні місяці, коли  $Z=0$  год.

$$t_v(Z) = 8,6 + (20 - 8,6) * e^{-0/61,77} = 20^{\circ}\text{C}$$

Аналогічно були визначені  $t_v(Z)$ , °C для інших значень  $Z$ , год, у місяці жовтні, та для інших місяців опалювального періоду. Отримані результати заносимо до табл. 5.26.

Табл. 5.26

Очікувана температура внутрішнього повітря  $t_v(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями II типу, якщо вплив зовнішнього середовища на будівлі враховує дію вітру

| $\beta$ | $t_v(Z)$ | 0  | 6     | 12    | 18    | 24    |
|---------|----------|----|-------|-------|-------|-------|
| 61,77   | жовтень  | 20 | 18,95 | 17,99 | 17,13 | 16,34 |
|         | листопад | 20 | 18,26 | 16,69 | 15,26 | 13,96 |
|         | грудень  | 20 | 17,74 | 15,69 | 13,82 | 12,13 |
|         | січень   | 20 | 17,54 | 15,30 | 13,27 | 11,43 |
|         | лютий    | 20 | 17,62 | 15,46 | 13,50 | 11,71 |
|         | березень | 20 | 18,16 | 16,50 | 14,98 | 13,61 |

На основі отриманих результатів одержано залежності зміни значення очікуваної температури внутрішнього повітря  $t_v(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями II типу (рис. 5.26).

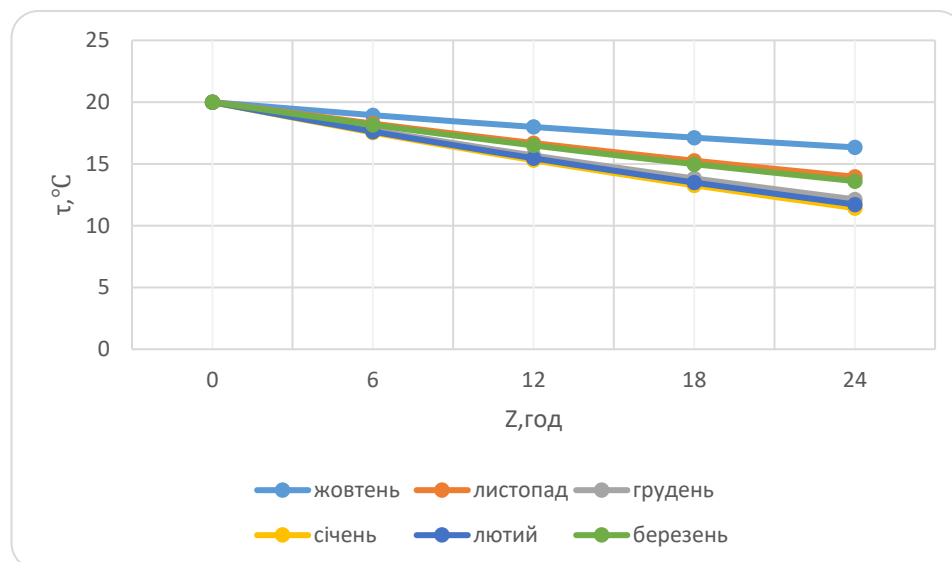


Рис.5.26 Залежності зміни значення очікуваної температури внутрішнього повітря  $t_v(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями II типу, якщо вплив зовнішнього середовища на будівлі враховує дію вітру

При проведенні досліджень було розглянуто процес визначення температура внутрішнього повітря  $t_v(Z)$ , °C у приміщенні із зовнішніми огорожувальними конструкціями III типу на середніх поверхах у жовтні місяці, коли  $Z=0$  год.

$$t_v(Z) = 8,6 + (20 - 8,6) * e^{-0/175,52} = 20^{\circ}\text{C}$$

Аналогічно були визначені  $t_v(Z)$ , °C для інших значень  $Z$ , год, у місяці жовтні, та для інших місяців опалювального періоду. Отримані результати заносимо до табл. 5.27.

Табл. 5.27

Очікувана температура внутрішнього повітря  $t_v(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями III типу, якщо вплив зовнішнього середовища на будівлі враховує дію вітру

| $\beta$ | $t_v(Z)$ | 0  | 6     | 12    | 18    | 24    |
|---------|----------|----|-------|-------|-------|-------|
| 195,00  | жовтень  | 20 | 19,66 | 19,32 | 19,00 | 18,68 |
|         | листопад | 20 | 19,43 | 18,88 | 18,35 | 17,83 |
|         | грудень  | 20 | 19,26 | 18,54 | 17,85 | 17,17 |

|          |    |       |       |       |       |
|----------|----|-------|-------|-------|-------|
| січень   | 20 | 19,19 | 18,41 | 17,65 | 16,92 |
| лютий    | 20 | 19,22 | 18,46 | 17,73 | 17,02 |
| березень | 20 | 19,40 | 18,82 | 18,25 | 17,70 |

На основі отриманих результатів одержано залежності зміни значення очікуваної температури внутрішнього повітря  $t_v(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями III типу (рис. 5.27).

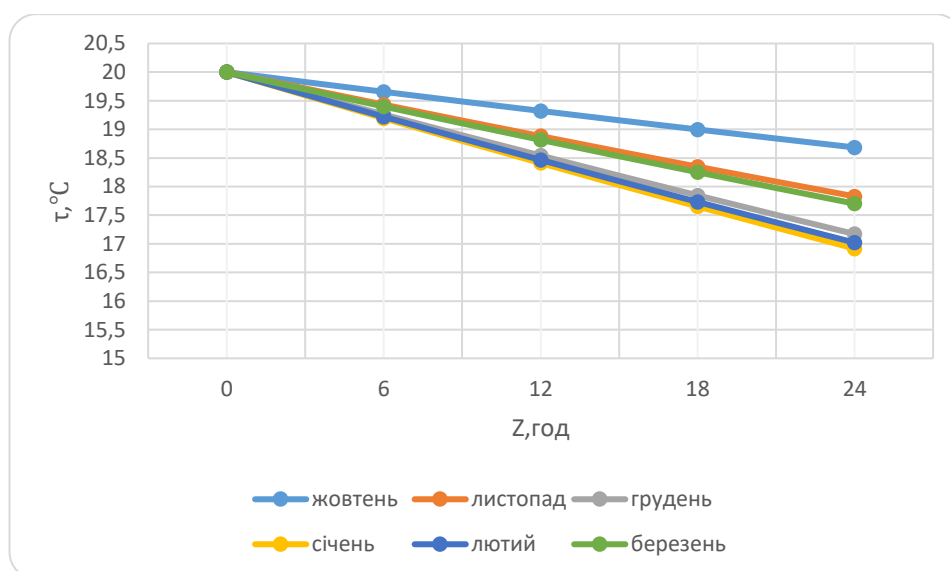


Рис.5.27 Залежності зміни значення очікуваної температури внутрішнього повітря  $t_v(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями III типу, якщо вплив зовнішнього середовища на будівлі враховує дію вітру

При проведенні досліджень було розглянуто процес визначення температура внутрішнього повітря  $t_v(Z)$ , °C у приміщенні із зовнішніми огорожувальними конструкціями IV типу на середніх поверхах у жовтні місяці, коли  $Z=0$  год.

$$t_v(Z) = 8,6 + (20 - 8,6) * e^{-0/175,52} = 20^{\circ}\text{C}$$

Аналогічно були визначені  $t_v(Z)$ , °C для інших значень  $Z$ , год, у місяці жовтні, та для інших місяців опалювального періоду. Отримані результати заносимо до табл. 5.28.

Табл. 5.28

Очікувана температура внутрішнього повітря  $t_b(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями IV типу, якщо вплив зовнішнього середовища на будівлі враховує дію вітру

| $\beta$ | $t_b(Z)$ | 0  | 6     | 12    | 18    | 24    |
|---------|----------|----|-------|-------|-------|-------|
| 102,30  | жовтень  | 20 | 19,35 | 18,74 | 18,17 | 17,62 |
|         | листопад | 20 | 18,93 | 17,93 | 16,98 | 16,08 |
|         | грудень  | 20 | 18,61 | 17,30 | 16,06 | 14,89 |
|         | січень   | 20 | 18,48 | 17,05 | 15,70 | 14,43 |
|         | лютий    | 20 | 18,53 | 17,15 | 15,85 | 14,62 |
|         | березень | 20 | 18,87 | 17,80 | 16,80 | 15,85 |

На основі отриманих результатів одержано залежності зміни значення очікуваної температури внутрішнього повітря  $t_b(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями IV типу (рис. 5.28).

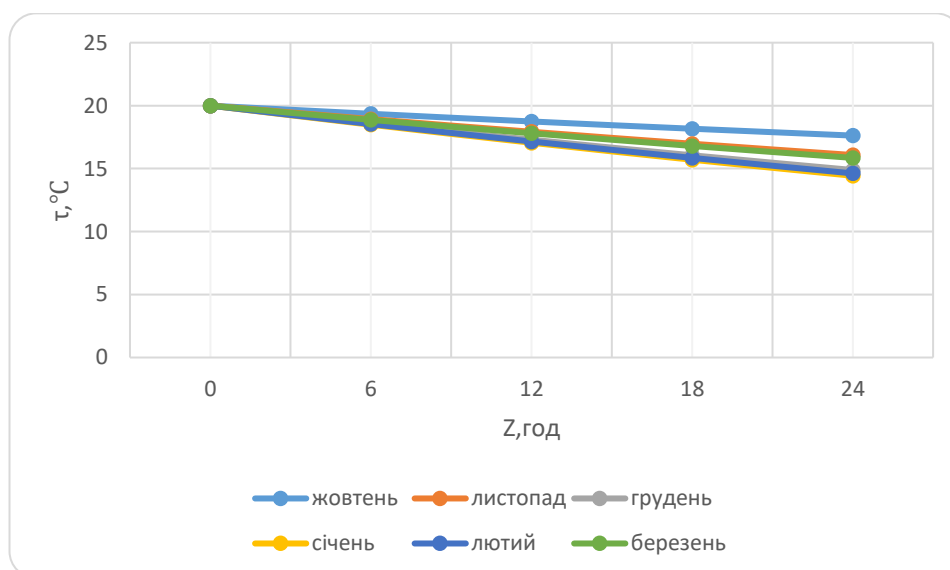


Рис.5.28 Залежності зміни значення очікуваної температури внутрішнього повітря  $t_b(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями IV типу, якщо вплив зовнішнього середовища на будівлі враховує дію вітру

При проведенні досліджень було розглянуто процес визначення температура внутрішнього повітря  $t_b(Z)$ , °C у приміщенні із зовнішніми огорожувальними конструкціями V типу на середніх поверхах у жовтні місяці, коли  $Z=0$  год.

$$t_b(Z) = 8,6 + (20 - 8,6) * e^{-0/175,52} = 20^{\circ}\text{C}$$

Аналогічно були визначені  $t_b(Z)$ , °C для інших значень  $Z$ , год, у місяці жовтні, та для інших місяців опалювального періоду. Отримані результати заносимо до табл. 5.29.

Табл. 5.29

Очікувана температура внутрішнього повітря  $t_b(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями V типу, якщо вплив зовнішнього середовища на будівлі враховує дію вітру

| $\beta$ | $t_b(Z)$ | 0  | 6     | 12    | 18    | 24    |
|---------|----------|----|-------|-------|-------|-------|
| 122,76  | жовтень  | 20 | 19,46 | 18,94 | 18,45 | 17,98 |
|         | листопад | 20 | 19,11 | 18,25 | 17,44 | 16,67 |
|         | грудень  | 20 | 18,83 | 17,72 | 16,67 | 15,66 |
|         | січень   | 20 | 18,73 | 17,52 | 16,37 | 15,27 |
|         | лютий    | 20 | 18,77 | 17,60 | 16,49 | 15,43 |
|         | березень | 20 | 19,05 | 18,15 | 17,29 | 16,48 |

На основі отриманих результатів одержано залежності зміни значення очікуваної температури внутрішнього повітря  $t_b(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями V типу (рис. 5.29).

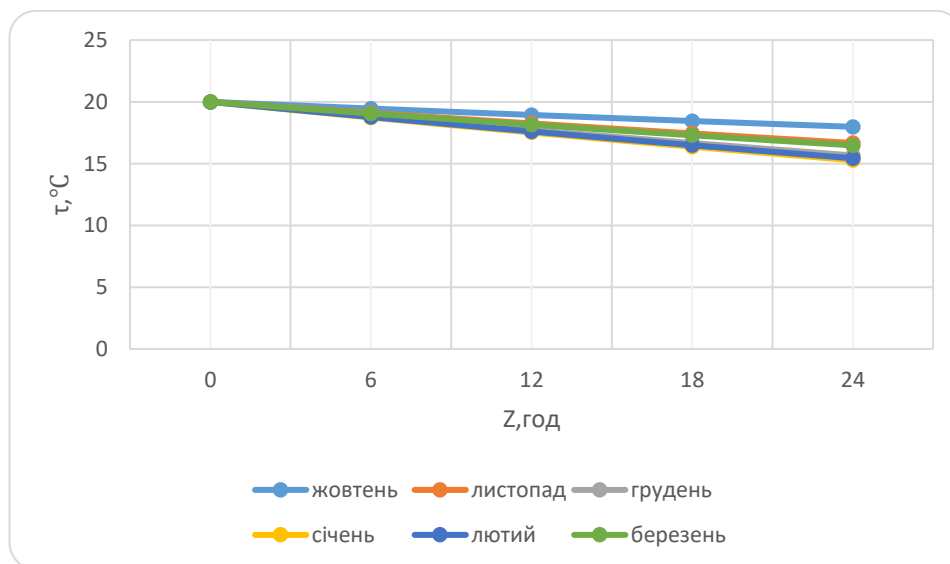


Рис.5.29 Залежності зміни значення очікуваної температури внутрішнього повітря  $t_b(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями V типу, якщо вплив зовнішнього середовища на будівлі враховує дію вітру

При проведенні досліджень було розглянуто процес визначення температура внутрішнього повітря  $t_b(Z)$ , °C у приміщенні із зовнішніми огорожувальними конструкціями VI типу на середніх поверхах у жовтні місяці, коли  $Z=0$  год.

$$t_b(Z) = 8,6 + (20 - 8,6) * e^{-0/175,52} = 20^{\circ}\text{C}$$

Аналогічно були визначені  $t_b(Z)$ ,  $^{\circ}\text{C}$  для інших значень  $Z$ , год, у місяці жовтні, та для інших місяців опалювального періоду. Отримані результати заносимо до табл. 5.30.

Табл. 5.30

Очікувана температура внутрішнього повітря  $t_b(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями VI типу, якщо вплив зовнішнього середовища на будівлі враховує дію вітру

| $\beta$ | $t_b(Z)$ | 0  | 6     | 12    | 18    | 24    |
|---------|----------|----|-------|-------|-------|-------|
| 168,21  | жовтень  | 20 | 19,74 | 19,49 | 19,25 | 19,02 |
|         | листопад | 20 | 19,41 | 18,85 | 18,30 | 17,77 |
|         | грудень  | 20 | 19,25 | 18,52 | 17,82 | 17,15 |
|         | січень   | 20 | 19,21 | 18,44 | 17,70 | 16,99 |
|         | лютий    | 20 | 19,31 | 18,64 | 18,00 | 17,37 |
|         | березень | 20 | 19,51 | 19,05 | 18,59 | 18,16 |

На основі отриманих результатів одержано залежності зміни значення очікуваної температури внутрішнього повітря  $t_b(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями VI типу (рис. 5.30).

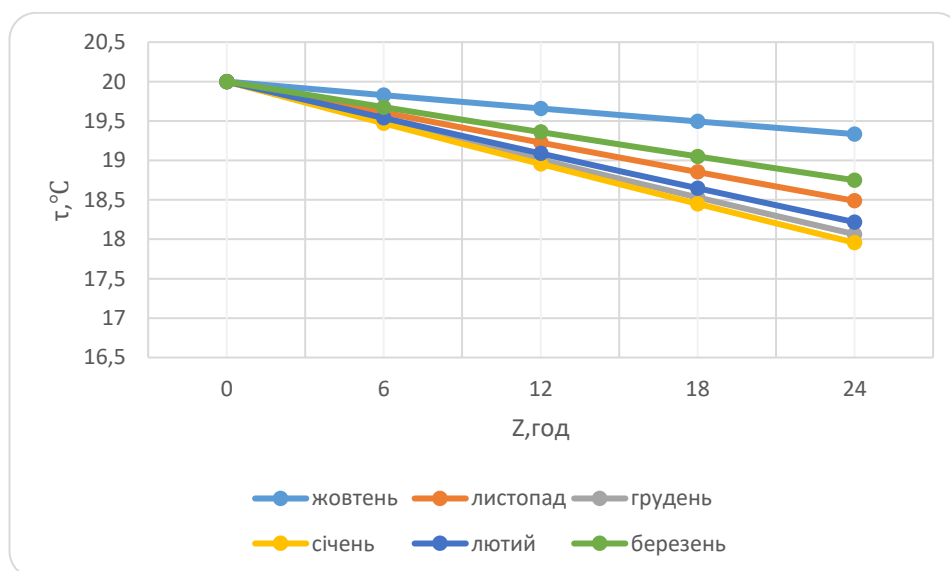


Рис.5.30 Залежності зміни значення очікуваної температури внутрішнього повітря  $t_b(Z)$  для середнього приміщення із зовнішніми огорожувальними конструкціями VI типу, якщо вплив зовнішнього середовища на будівлі враховує дію вітру

## 5.6 Впровадження результатів дослідження

На основі проведених досліджень було визначено, що одним з критеріїв забезпечення безпеки при експлуатації будівель та споруд внаслідок аварійних відключень системи теплопостачання є визначення часу досягнення закритичних температур в приміщеннях.

В період з 12.01.2023 по 17.03.2023 на комунальному підприємстві "Теплоенерго" Дніпровської міської ради була впроваджена комплексна система автоматизованого контролю та управління параметрами мікроклімату приміщень при аварійно-дефіцитних ситуаціях в системах теплопостачання та проведенні експериментальні дослідження.

В якості об'єкта дослідження було прийнято житловий будинок за адресою м. Дніпро, вул. ул. С. Бандери, 13, квартири двух- та трьохкімнатні. У кімнатах були визначені точки виміру температури внутрішнього повітря та температури огорожувальних конструкцій при моделюванні аварійно-дефіцитних ситуацій в системах теплопостачання. На рис.1 та рис.2 наведені схеми приміщень та точки виміру з урахуванням конструктивних-особливостей приміщень.

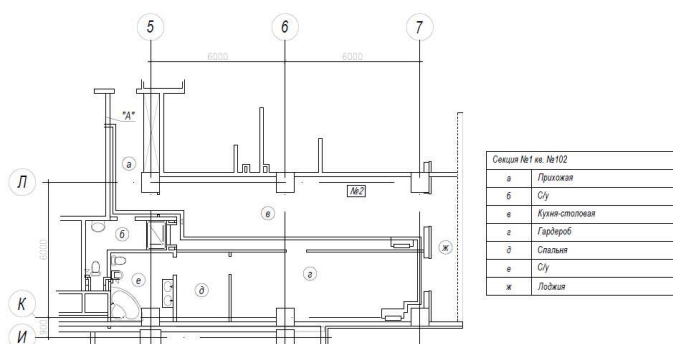


Рис. 5.31 Схема приміщення двокімнатної квартири та точки виміру.

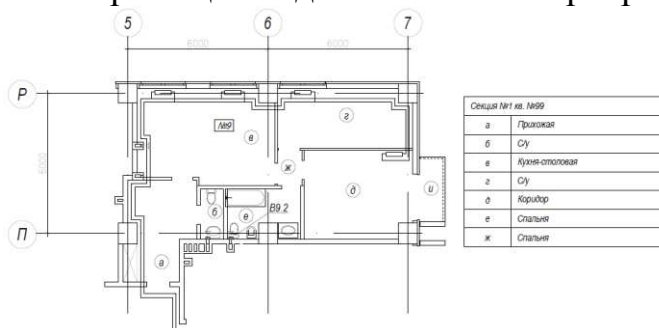


Рис. 5.32 Схема приміщення трьохкімнатної квартири та точки виміру.

При проведенні досліджень в умовах виробництва виконувались теплотехнічні вимірювання, що дозволили встановити залежності зміни температури внутрішнього повітря та температури внутрішньої поверхні стінки та визначити похибки натурних досліджень та теоретико-експериментальних досліджень, одержаних в роботі.

Схема процесу вимірювання величини  $X$  показана на рис. 3.

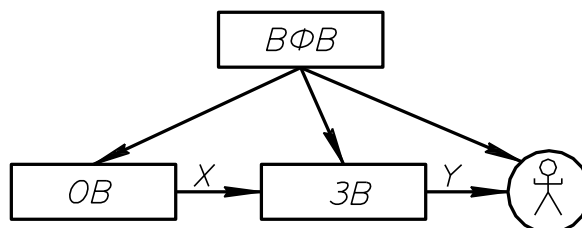


Рис. 5.33. Схема процесу вимірювання величини  $X$ :  
ВФВ – вплив фізичної величини; ОВ – об’єкт вимірювання; ЗВ – засіб вимірювання

В якості засобів вимірювання застосовувались біметалічний термометр із плоскою спіраллю – для вимірювання температури внутрішнього повітря; цифровий термометр testo 905-T2 із зондом температури поверхні – для вимірювання температури на внутрішній поверхні стінки.

Принцип дії біметалічного термометру базується на термометричній властивості теплового розширення твердих тіл. Похибка вимірювання складає  $\pm 1^\circ\text{C}$  або  $\pm 2,5\%$ .

Цифровий термометр testo 905-T2 призначений для вимірювання температури поверхні. Він оснащений зондом з підпружиненою хрестоподібною термопарою, яка при торканні з об’єктом вимірювань прогинається і забезпечує добрий контакт навіть з нерівною поверхнею.

Завдяки зонду з підпружиненою термопарою, технічний термометр testo 905-T2 має високу швидкодію 5 секунд та великий діапазон вимірювань до  $+ 500^\circ\text{C}$ . При цьому, testo 905-T2 забезпечує професійну точність  $\pm 1^\circ\text{C} \pm 1\%$  у всьому діапазоні вимірювань. При цьому мінімальна кількість ділянок вимірювання параметрів прийняли при площі приміщення  $100\text{ м}^2$  не менше 4.

При визначенні результатів дослідження враховувалась недосконалість виготовлення засобів вимірювання, неточність їх градування, вплив зовнішніх фізичних чинників (температури, відносної вологості, електромагнітного імпульсу, вібрації тощо), суб'єктивні помилки оператора і ряд інших чинників зумовлюють неминуче виникнення похибок.

Визначення похибки вимірювання – відхилення результату вимірювання  $X$  від істинного значення  $X_i$  вимірюваної величини, вона може бути розрахована в абсолютному вигляді:  $\Delta X = X - X_i$  – *абсолютна похибка вимірювання*. Абсолютна похибка завжди має розмірність, таку саму, як виміряне значення.

Похибка, яка розрахована щодо дійсного значення  $X_i$  та виражена у безрозмірному вигляді, або частіше у відсотках – *відносна похибка вимірювання* та записується у вигляді  $\delta X = \Delta X / X_i \cdot 100 \%$ .

На основі проведеного аналізу одержаних даних була визначена похибка вимірювання застосованих засобів вимірювання. Так для біметалічного термометру похибка була визначена 4,8-5%, для цифрового термометру testo 905-T2 – до 2%.

При монтажі приладів для виміру температури нами було враховано, що точність виміру температури залежить не тільки від класу приладу, але і від місця, де встановлюють елементи датчиків. При цьому, для даних умов вимірів температури враховувалось розміщення засобів контролю таким чином, щоб фіксувалася найбільш характерна температура процесу. Прилади не повинні були розміщуватись в місцях підвищеної вологості, вітрових, ударних навантажень, а також впливу агресивних середовищ і магнітних полів. Прилади для виміру температури розміщувались таким чином, щоб на них не впливали з інших джерел тепла, в тому числі радіації.

На основі проведених натурних досліджень було встановлено закономірності зміни параметрів температури повітря та температури на поверхні огорожувальних конструкцій при моделюванні закритичних ситуацій в роботі системи теплопостачання.

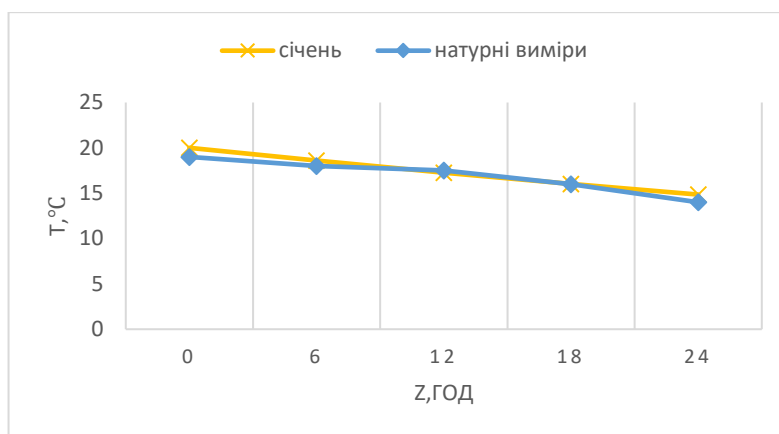


Рис. 5.34. Зміна температури внутрішнього повітря у місяці січня для 3-х кімнатної квартири

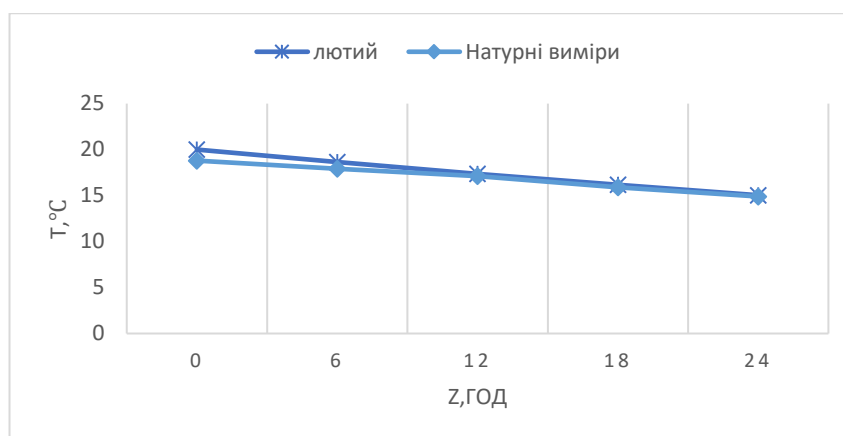


Рис. 5.35. Зміна температури внутрішнього повітря у місяці лютому для 3-х кімнатної квартири

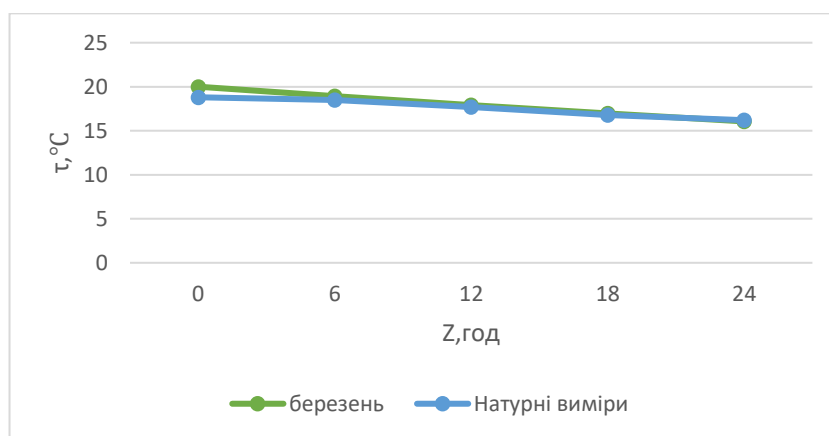


Рис. 5.36. Зміна температури внутрішнього повітря у місяці березні для 3-х кімнатної квартири

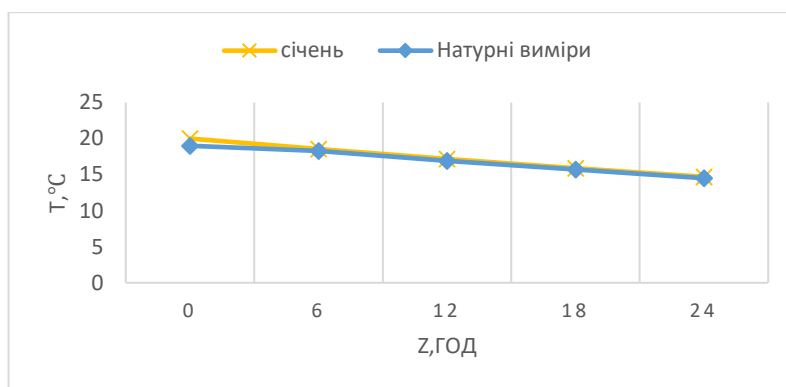


Рис. 5.37. Зміна температури внутрішнього повітря у місяці січні для 2-х кімнатної квартири

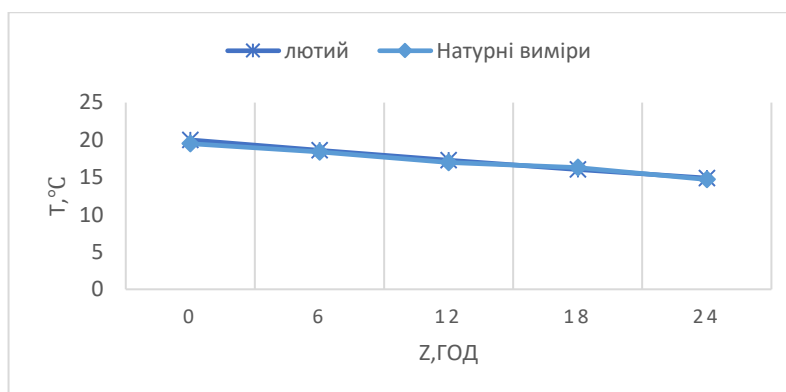


Рис. 5.38. Зміна температури внутрішнього повітря у місяці лютому для 2-х кімнатної квартири

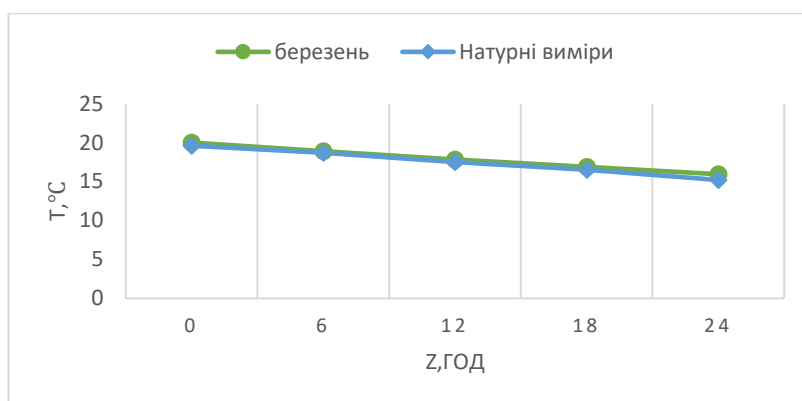


Рис. 5.39. Зміна температури внутрішнього повітря у місяці березні для 2-х кімнатної квартири

Визначено, що порушення в роботі систем теплозабезпечення призводить до виникнення в приміщеннях житлових будівель дискомфортних умов, що не відповідають вимогам санітарних норм.

Крім того, при аварійному відключенні та тривалому простої обслуговування інженерних комунікацій технічні пристрої схильні до виходу із ладу при

температурі повітря в приміщенні  $8^{\circ}\text{C}$  і нижче і можуть вимагати значних матеріальних витрат на їх відновлення в майбутньому.

Проведені дослідження та визначенні закономірності одержані при натурних дослідженнях та теоретико-експериментальних дозволяють зробити висновок, що одержанні результати досліджень в повній мірі відповідають визначенню реальних умов мікроклімату в приміщеннях при аварійних відключеннях систем теплопостачання. При цьому різниця визначених значень прогнозу теоретичних досліджень і натурних не перевищує 5%, що допустимо в інженерних дослідженнях.

Контроль температури внутрішнього повітря у період охолодження передбачає своєчасне включення системи резервно-переривчастого опалення при досягненні мінімального значення температури.

Запропонована методика дозволила визначити для обраного варіанту будівлі очікувану температуру внутрішнього повітря  $t_v$ , котра встановиться в приміщенні через час  $Z$  після порушення нормального теплового режиму при аварійних відключеннях систем теплопостачання.

При аварійних ситуаціях в системах теплопостачання важливе значення набуває резервне або дефіцитне теплопостачання із збереженням живучості об'єктів і забезпеченням необхідних параметрів мікроклімату.

Величини резервної тепловіддачі на опалення  $Q_{\text{оп.рез}}$  визначалась, виходячи із умови підтримання допустимих теплових умов в приміщеннях у межах часу відновлення працездатності  $Z_{\text{відн}}$  елементу системи теплозабезпечення, що відмовив. Причому, до моменту закінчення аварійно-відновлювальних робіт температура внутрішнього повітря повинна відповідати заданій температурі приміщення.

Отримані результати наведені у акті впровадження (додаток Б).

Проведенні дослідно-промислові випробування дозволили при дефіцитах теплової енергії теплопостачальним організаціям підвищити надійність забезпечення встановленої мінімально допустимої температури внутрішнього повітря в приміщеннях, а також збільшити період часу, протягом якого ця

температура буде підтримуватися, а із застосуванням резервного опалення не допустити досягнення критичних температур та збільшити час живучості систем теплопостачання.

### Висновки за розділом 5

1. В результаті проведених досліджень визначенні особливості зміни мікрокліматичних характеристик у приміщенні в залежності від типу зовнішніх огорожувальних конструкцій сучасного будівництва, при аварійних ситуаціях в системах теплопостачання із урахуванням впливу зовнішніх кліматичних факторів.

2. Визначено залежності зміни температури внутрішнього повітря  $t_v(Z)$ , °C при аварійних ситуаціях в системах теплопостачання. Протягом 24 годин від початку аварійної ситуації найбільше падіння температури внутрішнього повітря  $t_v(Z)$ , °C спостерігається у приміщеннях із огорожувальними конструкціями II типу у всіх варіантах впливу зовнішніх кліматичних факторів. Найменші значення температур внутрішнього повітря  $t_v(Z)$ , °C спостерігаються у випадку виключного впливу вітру. Для приміщення із огорожувальними конструкціями II типу у місяці січні різниця температур протягом 24 годин у випадку середнього розташування становить  $\Delta t_v = 8,57^\circ\text{C}$ , кутового –  $\Delta t_v = 8,82^\circ\text{C}$ , кутового верхнього поверху –  $\Delta t_v = 8,66^\circ\text{C}$ . Усереднена швидкість падіння температури внутрішнього повітря  $t_v(Z)$ , °C протягом 24 годин у місяці січні для випадку середнього розташування приміщення  $0,357^\circ\text{C}/\text{год}$ , кутового –  $0,367^\circ\text{C}/\text{год}$ , кутового верхнього поверху –  $0,3^\circ\text{C}/\text{год}$ .

3. На основі проведених досліджень встановлено залежності зміни температури на поверхні огорожувальних конструкцій та температури повітря в приміщенні з урахуванням впливу кліматичних факторів сонячної радіації та вітру в залежності від типу огорожувальних конструкцій при виникненні аварійних ситуацій в системах теплопостачання.

4. Отримані залежності зміни параметрів мікроклімату в приміщеннях при аварійних ситуаціях в роботі систем теплопостачання дозволяють визначати необхідний час проведення аварійних робіт до досягнення закритичних температур в приміщеннях

та забезпечити безпеку роботи систем теплопостачання.

5. Результати дисертації використані у навчальному процесі Придніпровської державної академії будівництва та архітектури, у частині розрахунку умов мікроклімату в приміщеннях під час опалювального періоду з урахуванням пори року та виникнення відключень систем теплопостачання. Результати дисертаційних досліджень щодо визначення небезпечних факторів застосовуються при викладанні та проведенні практичних робіт з дисципліни «Організаційно-технічне забезпечення атестації та паспортизації робочих місць в галузі».

6. Результати дисертації були впроваджені в період з 12.01.2023 по 17.03.2023 на комунальному підприємстві "Теплоенерго" Дніпровської міської ради. Проведенні дослідно-промислові випробування дозволили при дефіцитах теплової енергії теплопостачальним організаціям підвищити надійність забезпечення встановленої мінімально допустимої температури внутрішнього повітря в приміщеннях, а також не допустити досягнення критичних температур та збільшити час живучості систем теплопостачання, за рахунок впровадження комплексної системи автоматизованого контролю та управління параметрами мікроклімату приміщень при аварійно-дефіцитних ситуаціях в системах теплопостачання.

## ВИСНОВКИ

1. Проведений аналіз стану систем теплопостачання в Україні показав, що системи теплопостачання в Україні знаходяться у критичному стані, що приводить до виникнення аварійних ситуацій та порушення умов мікроклімату у приміщеннях (в більшій частині вони відпрацювали граничний ресурс, частка теплових мереж із строком експлуатації більше 20 років складає 50%, а частка, які відпрацювали нормативний термін 60%).

2. Визначено, що введення режимів регулювання подачі електроенергії в Україні в зв'язку з військовим станом усугубляє ситуацію та призводить до значних порушень теплового режиму в приміщеннях та будівлях, що супроводжується виникненням екстремальних умов мікроклімату та досягнення граничних умов експлуатації систем теплопостачання та виходу їх із ладу, що може призвести до значних матеріальних витрат для їх відновлення.

3. На основі проведених досліджень зроблено обґрунтування та розроблено методики проведення досліджень мікроклімату приміщень житлових будівель при виникненні аварійних ситуацій систем теплопостачання з урахуванням забезпечення відновлення мікроклімату після виконання аварійних робіт.

4. В результаті проведених досліджень встановленні закономірності зміни мікрокліматичних параметрів у приміщенні в залежності від типу зовнішніх огорожувальних конструкцій сучасного будівництва, при аварійних ситуаціях в системах теплопостачання.

5. В результаті проведених досліджень встановлено закономірності зміни температури внутрішньої поверхні  $t, ^\circ\text{C}$  у приміщенні в залежності від типу зовнішніх огорожувальних конструкцій сучасного будівництва, при аварійних ситуаціях в системах теплопостачання із урахуванням впливу зовнішніх кліматичних факторів (дія сонячної радіації, дія вітру).

6. Проведені дослідження зміни температури на поверхні конструкцій та температури повітря всередині приміщень дозволяють визначити граничний час проведення аварійних робіт по відновленню мікроклімату та безпечної роботи

систем теплопостачання з урахуванням недосягнення за критичних температур в приміщеннях.

7. Результати дисертації впроваджені в період з 12.01.2023 по 17.03.2023 на комунальному підприємстві "Теплоенерго" Дніпровської міської ради, що дозволило підвищити надійність та збільшити час живучості систем теплопостачання, за рахунок впровадження комплексної системи автоматизованого контролю та управління параметрами мікроклімату приміщень при аварійно-дефіцитних ситуаціях в системах теплопостачання.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Возненко О.О. Вплив мікроклімату виробничих приміщень на стан здоров'я людини. *Безпека життя і діяльності людини: теорія та практика* : зб. наук. пр. Всеук. наук.-практ. конф., присвяченої Всесвіт. Дню цивільної оборони та Всесвіт. Дню охорони праці (Полтава, 25–26 квітня 2019 р.). Полтава : ПНПУ, 2019. С. 444-448.
2. Свиридова А.І. Забезпечення параметрів мікроклімата в приміщеннях з урахуванням морального зношення огорожувальних конструкцій : *кваліф. робота магістра спец. 192 «Будівництво та цивільна інженерія»*. Запоріжжя : ЗНУ, 2020. 118 с. URL: <https://dspace.znu.edu.ua/jspui/handle/12345/2010>.
3. Голишев О.М., Голишев А.О., Михалків Д.В., Серебреніков Е.В. Дослідження процесу остигання будівлі в умовах припинення теплопостачання. 2016. URL: <https://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2017/jun/4111/11301.pdf>.
4. Фаренюк Г.Г. *Основи забезпечення енергоефективності будинків та теплової надійності огорожувальних конструкцій*. К., 2006. 216 с. URL: <https://surl.gd/mzfwff>.
5. IV Міжнародна наукова конференція ЕкоКомфорт та актуальні питання в будівництві, (11–13 вересня 2024). Національний університет «Львівська політехніка». URL: <https://science.lpnu.ua/uk/ecocomfort-2024>.
6. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2013. (*Державні будівельні норми України*). URL : <https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/1-1-0-1018>
7. ДСТУ Б EN ISO 7730 Ергономіка теплового середовища. Аналітичне визначення та інтерпретація теплового комфорту на основі розрахунків показників PMV і PPD і критеріїв локального теплового комфорту. Київ : Мінрегіон України, 2012. (*Державні будівельні норми України*). URL : [http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id\\_doc=28002](http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id_doc=28002)

8. ДСТУ Б EN 15251 Розрахункові параметри мікроклімату приміщень для проектування та оцінки енергетичних характеристик будівель по відношенні до якості повітря, теплового комфорту, освітлення та акустики. Київ : Мінрегіон України, 2012. (*Державні будівельні норми України*). URL : [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=28004](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=28004)
9. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 Будівельна кліматологія. Київ : Мінрегіон України, 2011. (*Державні будівельні норми України*). URL: [https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu\\_b\\_v\\_1\\_1\\_27\\_2010/5-1-0-929](https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_v_1_1_27_2010/5-1-0-929).
10. ДБН В.1.2-8:2021 Основні вимоги до будівель і споруд. Гігієна, здоров'я та захист довкілля. Київ : Мінрегіон України, 2022. (*Державні будівельні норми України*). URL: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=98032](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=98032).
11. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. Київ : Мінрегіон України, 2022. (*Державні будівельні норми України*). URL: [https://e-construction.gov.ua/laws\\_detail/3075196638495507996?doc\\_type=2](https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3075196638495507996?doc_type=2).
12. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень (31675). Київ : Мінрегіон України, 1999. (*Державні будівельні норми України*). URL: [https://dnaop.com/html/31675/doc-%D0%94%D0%A1%D0%9D\\_3.3.6.042-99](https://dnaop.com/html/31675/doc-%D0%94%D0%A1%D0%9D_3.3.6.042-99).
13. ДБН В.1.2-4:2019. Інженерно-технічні заходи цивільного захисту (ДСК). Київ : Мінрегіон України, 2019. (*Державні будівельні норми України*). URL: [https://e-construction.gov.ua/laws\\_detail/3236500339955861496?doc\\_type=2](https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3236500339955861496?doc_type=2).
14. Baniassadi, A, Heusinger, J., & Sailo, David J. Energy efficiency vs resiliency to extreme heat and power outages: The role of evolving building energy codes. *Building and Environment*, 2018. Vol. 139, Pp. 86-94. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.05.024>.
15. [Caroline Hachem-Vermette](#) & [Somil Yadav](#) Impact of Power Interruption on Buildings and Neighborhoods and Potential Technical and Design Adaptation Methods. 2023. No. 15(21). DOI: <https://doi.org/10.3390/su152115299>.
16. Беликов А.С., Кожушко А.П., Сафонов В.В. Охрана труда на предприятиях строительной индустрии. Днепропетровск : ЧП Федоренко А.А., 2010. 528 с.

17. Жидецкий В.Ц., Джигирей В.С., Мельников О.В. Основы охорони праці : підручник. вид. 5-е доп. Львів : Афіша, 2002. 350 с.
18. Данилов М.П., Л.Н. Григорьев, Мерещук А.В. Теплоустойчивость и тепловой режим зданий, инженерных коммуникаций и промышленных объектов. Днепропетровск : РИО ПГАСА, 2001. 122 с.
19. Про охорону праці : Закон України 14 жовтня 1992 р. № 2695–ХІІ зі змінами. *Верховна Рада України*. URL: <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/2694-12>.
20. Круковский П.Г., Судак О.Ю. Расчетно-экспериментальный подход к анализу теплового состояния и теплопотерь помещений. *Промышленная теплотехника*, 2001. № 6. С. 136-142.
21. Маляренко В.А., Орлова Н.А. Энергосберегающий потенциал в жилом фонде города Харькова. *Интеграционные технологии и энергосбережение*, 2003. Вып. 4. С. 36-40.
22. Steck, B. Die Einwirkung der optischen Strahlung (Licht, UV und IR) auf den Organismus des Menschen. In: *Technisch-wissenschaftliche Abhandlungen der Osram-Gesellschaft*. Technisch-wissenschaftliche Abhandlungen der Osram-Gesellschaft, 1973. Vol. 11. Springer, Berlin, Heidelberg. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-642-52112-6\\_42](https://doi.org/10.1007/978-3-642-52112-6_42).
23. [Luckiesch M.](#) Applications of germicidal, erythral and infrared energy. New York, D. Van Nostrand company, inc., 1946. 463 p. URL: <http://catalog.hathitrust.org/Record/001481017>.
24. Calle R.I. The longwaze radiation incideht upon the external Surface of Luillings. *Solar Energy*, 1976. Vol. 2. Iss. 5. Pp. 459-462. DOI: [https://doi.org/10.1016/0038-092X\(79\)90177-4](https://doi.org/10.1016/0038-092X(79)90177-4).
25. Беликов А.С., Рагимов С.Ю, Шаломов В.А., Стеценко Ю.Ф. Нормирование теплового излучения на рабочих местах. *Строительство, материаловедение, машиностроение : сб. науч. тр. / Приднепр. гос. акад. стр-ва и архитектуры*. Днепропетровск, 2009. Вип. 49 : «Безопасность жизнедеятельности в XXI веке - качество жилой среды 2009» : материалы IX Укр. науч.-практ. конф. С. 183-188.
26. Беликов А.С., Дранишников Л.В., Капленко А.Г., Рагимов С.Ю. Методика оценки эффективности работы огнезащитных покрытий. *Строительство, материаловедение,*

*машиностроение : сб. науч. тр. / Приднeпр. гос. акад. стр-ва и архитектуры. Днепропетровск, 2010. – Вып. 52. Безопасность жизнедеятельности, Ч. 1. С. 5-13.*

27. Беликов А.С., Акиньшин В.Д., Рагимов С.Ю. Некоторые аспекты оптимизации исследования условий труда по микроклимату в промышленной индустрии. *Строительство, материаловедение, машиностроение : сб. науч. тр. / Приднeпр. гос. акад. стр-ва и архитектуры. Днепропетровск, 2010. Вып. 52. Безопасность жизнедеятельности, Ч. 2. С. 3-9.*

28. Бєліков А.С., Рагимов С.Ю., Шаломов В.А. Теоретичні дослідження інтенсивності енергетичної освітленості робочого виробництва. *Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури : зб. наук. праць. Макіївка, 2010. Т. 2. С. 406-411.*

29. Рагимов С.Ю. Разработка универсальных номограмм для оценки интенсивности теплового облучения на рабочих местах. *Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури: Сучасні будівельні матеріали, конструкції та інноваційні технології зведення будівель та споруд. Макіївка, 2010. Вип. 5 (85). С. 406-411.*

30. Беликов А.С., Рагимов С.Ю., Кравчук А.М. К вопросу теоретических исследований интенсивности энергетической освещенности термических участков производства. *Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури : зб. наук. праць. Дніпропетровськ, 2010. №. 8. С. 21-27.*

31. Беликов А.С., Рагимов С.Ю., Шаломов В.А. Моделирование изменения энергетической освещенности источников высокотемпературного излучения. *Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури : зб. наук. праць. Дніпропетровськ, 2010. Вип. 8. С. 50-54.*

32. Маляренко В.А., Орлова Н.А. Модернизация ограждающих конструкций зданий с учетом современных требований к энергосбережению. *Коммунальное хозяйство городов: науч.-техн. сб. Киев : Техника, 2003. Вып. 49. Серия «Технические науки». С. 300-307.*

33. Сафонов В.В, Стрежекуров Э.Е. Методика обследования условий труда на рабочих местах с избыточным тепловым излучением. *Строительство,*

материаловедение, машиностроение : сб. науч. тр. / Приднєпр. гос. акад. стр-ва и архитектуры. – Днепропетровск, 2001. Вып. 13. С. 96.

34. Hensei, D., & Gaston, A. (2013). Diffuse and specular of reflectance : Why and How. *Н. Illum Eng. Inst, Journal of the Illuminating Engineering Society*, No. 7(4). Pp. 240-248. DOI: <https://doi.org/10.1080/00994480.1978.10748554>.

35. Yaghoobian, Neda, & Kleissl, Jan. An indoor–outdoor building energy simulator to study urban modification effects on building energy use – Model description and validation. *Energy and Buildings*, 2015. Vol. 54. Pp. 407-417. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.07.019>

36. Loveday, D. L., & Taki, A.H. Convective heat transfer coefficients at a plane surface on a full-scale building facade. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 1996. Vol. 39. Iss. 8. Pp. 1729-1742. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0017931095002685>.

37. Беликов А.С., Рагимов С.Ю., Шаломов В.А. Обеспечение безопасных условий жизнедеятельности на рабочих местах с избыточным теплоизлучением. *Безпека життєдіяльності як умова сталого розвитку сучасного суспільства : матеріали IV міжнар. наук.-практ. конф. (м. Київ, 8-9 червн. 2011р.) : наук.-техн. зб.* Київ, 2011. С. 126-132.

38. Sotiris Vardoulakis, Fisher, Bernard E.A., Pericleous, Koulis, & Gonzalez-Flesca, N. Modelling air quality in street canyons: a review. *Atmospheric Environment*, 2003. Vol. 37. Iss. 2. Pp. 155-182. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1352-2310\(02\)00857-9](https://doi.org/10.1016/S1352-2310(02)00857-9).

39. Hennecke, D.K., & Sparrow, E.M. Local heat sink on a convectively cooled surface application to temperature measurement error. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 1970. Vol. 13. Iss. 2. Pp. 287-304. DOI: [https://doi.org/10.1016/0017-9310\(70\)90108-0](https://doi.org/10.1016/0017-9310(70)90108-0).

40. Santamouris, M., Cartalis, C., Synnefa, A., & Kolokotsa D. On the impact of urban heat island and global warming on the power demand and electricity consumption of buildings. *Energy and Buildings*, 2015. Vol. 98. Pp. 119-124. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.09.052>.

41. Стрежекуров Э.Е., Долгов С.Н., Китаев В.П. Прибор для оценки отражающей способности ИК-излучения различных материалов. *Новое в технологии искусственных кож и пленочных материалов : науч.-техн. конференции*. Иваново, 1990. С. 45-49.
42. Стрежекуров Э.Е. Комплекс новых приборов для исследования и контроля непроизводительных потерь избыточного теплового излучения и определение эффективности теплозащитных материалов. *Информационный листок*, № 91-218 / Запорож. гос. центр науч.-техн. и эконом. информ. Запорожье, 1991. С. 5-8.
43. Чесанов и др. Внутренняя среда помещений: эколого-гигиенические аспекты : учеб. пособ. для вузов. Днепропетровск : Днепррост, 2004. 168 с.
44. Маляренко В.А. Теплофизика ограждающих конструкций зданий и энергосбережение. *Интегрированные технологии и энергосбережение*. 2002. № 4. С. 14-19.
45. Стрежекуров Э.Е. Комплексное решение задач теплозащиты рабочих мест и охраны окружающей среды от теплового загрязнения. *Приборы для экологии – 92 : тез. докл. всесоюзн. науч.-техн. конф.* Ужгород, 1992. С. 48-52.
46. Стрежекуров Э.Е., Крикунов Г.Н., Сафонов В.В. Использование теплозащитных полимерных материалов для защиты технологического оборудования и людей от избыточного солнечного излучения. *Сб. тез и докладов*. ПГАСА. Днепропетровск, 1994. С. 56-62.
47. Стрежекуров Э.Е., Крикунов Г.Н., Сафонов В.В. Использование полимерных материалов для защиты строительного оборудования и людей от избыточного теплового излучения. *Сб. труд. ДГТУ*. Днепропетровск, 1996. С. 18-24.
48. Данилов М.П., Ветвицкий И.Л., Чесанов Л.Г., Колесник И.А. Теплоустойчивость зданий в экосистеме «окружающая среда – здание – человек» (аварийно-дефицитные тепловые режимы, гелио- и ветровые аспекты) : уч. пособие Днепропетровск : Полиграфист, 2005. 262 с.
49. Дікареєв К.Б., Ветвицький І.Л., Колесник І.О., Кузьменко О.М. Покращення параметрів мікроклімату внаслідок використання новітніх конструктивно-технологічних рішень. *Строительство, материаловедение, машиностроение : сб. науч. трудов*.

Днепропетровск, 2014. Вып. 76. Энергетика, экология, компьютерные технологии в строительстве. С. 106-110.

50. Беликов А.С., Колесник И.А., Стрежекуров Э.Е. Пути повышения микроклиматических параметров в помещении при его теплодефицитном отоплении. *Строительство, материаловедение, машиностроение : сб. науч. трудов. / Приднeпр. гос. акад. стр-ва и архитектуры. Днепропетровск, 2009. Вып. 49. Безопасность жизнедеятельности в XXI веке - качество жилой среды 2009 : материалы IX Укр. науч.-практ. конф. С. 44-47.*

51. Беликов А.С., Колесник И.А. Влияние окружающей среды на параметры внутреннего воздуха помещений в отопительный период. *Строительство, материаловедение, машиностроение : сб. науч. тр. Днепропетровск, 2009. Вып. 49. Безопасность жизнедеятельности в XXI веке - качество жилой среды 2009: материалы IX Укр. науч.-практ. конф. С. 112-115.*

52. Ветвицкий И.Л., Каспийцева В.Ю., Колесник И.А., Шевченко А.А. Исследование влияния теплопроводных включений на параметры микроклимата помещений при отключении системы отопления. *Строительство, материаловедение, машиностроение : сб. науч. тр. Днепропетровск, 2013. Вып. 70. С. 65-69.*

53. Ветвицкий И.Л., Каспийцева В.Ю., Колесник И.А., Шевченко А.А. Теплофизические и энергетические аспекты при реконструкции (санации) ограждений зданий. *Строительство, материаловедение, машиностроение: сб. науч. тр. Днепропетровск, 2013. Вып. 0. С. 70-78.*

54. Ветвицкий И.Л., Колесник И.А., Шевченко А.А. Влияние теплопроводных включений при отключении системы отопления на микроклимат в помещении: *зб. ст. VII Всеук. наук.-практ. конференції «Охорона навколишнього середовища промислових регіонів як умова сталого розвитку України», (15 грудня 2011). Запоріжжя, 2012. С. 141-142.*

55. Колесник И.А., Данилов М.П., Ветвицкий И.Л. Особенности аварийных ситуаций в системах теплогазоснабжения зданий: *материалы V междунар. симпозиума «Безопасность жизнедеятельности в XXI веке».* Днепропетровск, 2005. С. 39-40.

56. Колесник И.А., Федоренко А.И., Полищук С.З., Долодаренко В.А. К вопросу оценки надежности теплоснабжения, обеспечивающего санитарно-

гигиенические требования в жилых помещениях. Екологічний інтелект: *матер. доп. VII міжнар. та XVIII традиц. наук.-практ. конф. (24-25 квітня 2012 р.)*. Дніпропетровськ, С. 69-71.

57. Cooper, P.I. The effect of inclination on the heat loss from flat-plate solar collectors. *Solar Energy*, 1981. Vol. 27. Iss. 5. Pp. 413-420. URL: <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/1981SoEn...27..413C/abstract>.

58. Blocken, B., Defraeye, T., Derome, D., & Carmeliet, J. High-resolution CFD simulations for forced convective heat transfer coefficients at the facade of a low-rise building. *Building and Environment*, Vol. 44. Iss. 12. Pp. 2396-2412. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360132309001000>.

59. Stathopoulos, Theodore, & Wu, Hanqing. Generic models for pedestrian-level winds in built-up regions. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 1995. Vol. 54–55. Pp. 515-525. DOI: [https://doi.org/10.1016/0167-6105\(94\)00068-O](https://doi.org/10.1016/0167-6105(94)00068-O).

60. Ветвицкий И.Л., Дикарев К.Б., Кислица Л.В., Колесник И.А. К вопросу о рекомендациях по утеплению резервуаров для хранения жидких удобрений: *Матеріали I Міжнар. наук.-практ. конференції «Актуальні питання сучасної аграрної науки»*. Умань, 2013. С. 146-147.

61. Колесник И.А., Ветвицкий И.Л., Каспийцева В.Ю., Мартиненко Б.А. Влияние солнечной радиации и ветра на параметры микроклимата помещений в Днепропетровском регионе : *Міжнар. наук. конференція «Математичні проблеми технічної механіки 2015»*. Дніпродзержинськ, 2015. С. 119.

62. Ветвицкий И.Л., Колесник И.А., Каспийцева В.Ю., Мартиненко Б.А. Исследование динамики охлаждения внутренней поверхности ограждений при аварийно-дефицитных ситуациях в системах теплоснабжения с учетом солнечной радиации и ветра *тезисы докл. Междунар. симпозиума «Неделя эколога - 2015», (13-16 апреля 2015)*. Днепродзержинск, С. 226-228.

63. Колесник И.А., Беликов А.С. Теоретические исследования по разработке и применению датчиков с кольцевым нагревателем для определения теплотехнических свойств ограждающих конструкций. *Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури : сб. наук. пр.* Дніпропетровськ, 2015. № 4. С. 41-48.

64. Defraeye, Thijs, Blocken, Bert, & Carmeliet, Jan. CFD analysis of convective heat transfer at the surfaces of a cube immersed in a turbulent boundary layer. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 2010. Vol. 53. Iss. 1-3. Pp. 297-308.  
URL:  
[https://www.researchgate.net/publication/222693850\\_CFD\\_analysis\\_of\\_convective\\_heat\\_transfer\\_at\\_the\\_surfaces\\_of\\_a\\_cube\\_immersed\\_in\\_a\\_turbulent\\_boundary\\_layer](https://www.researchgate.net/publication/222693850_CFD_analysis_of_convective_heat_transfer_at_the_surfaces_of_a_cube_immersed_in_a_turbulent_boundary_layer).
65. Jiantao Shao, Jing Liu, Jianing Zhao, Wenwu Zhang, Dexing Sun, Zhipeng Fu. A novel method for full-scale measurement of the external convective heat transfer coefficient for building horizontal roof. *Energy and Buildings*, 2009. Vol. 41. Iss. 8. P. 840-847. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2009.03.005>.
66. Veronica Lucia Castaldo, Ilaria Pigliautile, Federica Rosso, Anna Laura Pisello, & Franco Cotana. Investigation of the impact of subjective and physical parameters on the indoor comfort of occupants: a case study in central Italy. *Energy Procedia*, 2017. Vol. 126. Pp. 131-138 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.08.132>.
67. Defraeye, Thijs , Blocken, Bert , & Carmeliet, Jan . Convective heat transfer coefficients for exterior building surfaces: existing correlations and CFD modelling. *Energy Conversion and Management*, 2011. Vol. 52. Iss. 1. Pp. 512-522.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2010.07.026>
68. Kostantinos Gobakis, & Dionysia Kolokotsa. Coupling building energy simulation software with microclimatic simulation for the evaluation of the impact of urban outdoor conditions on the energy consumption and indoor environmental quality. *Energy and Buildings*, 2017. Vol. 157. Pp. 101-115.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.02.020>.
69. Cai, Ruixian, & Zhang, Na. Explicit analytical solutions of 2-D laminar natural convection. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 2003. Vol. 46. Iss. 5. Pp. 931-934. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0017-9310\(02\)00359-9](https://doi.org/10.1016/S0017-9310(02)00359-9).
70. Braian M Beker, Camila Cervellera, Antonella De Vito, & Carlos G Musso. Human Physiology in Extreme Heat and Cold. *ClinMed International Library. Review article*, 2018. Vol. 1. Iss. 1. URL: <https://clinmedjournals.org/articles/iacph/international-archives-of-clinical-physiology-iacph-1-001.php>.

71. Giatrakos, Georgios P., Tsoutsos, Theocharis D., & Zografakis, Nikos. Sustainable power planning for the island of Crete. *Energy Policy*, 2009. Vol. 37, Iss. 4. Pp. 1222-1238. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.10.055>.
72. Беліков А.С., Дзюбан О.В., Крекнін К.А., Железняков Є.О. Забезпечення умов мікроклімату в приміщеннях будівель під час аварійних ситуацій у системах теплопостачання. *Металознавство та термічна обробка металів*, 2020. № 3. С. 10–19. DOI: <https://doi.org/10.30838/J.PMHTM.2413.290920.10.664>. URL: <http://srd.pgasa.dp.ua:8080/handle/123456789/4960>.
73. Беліков А.С., І.О. Колесник, Клименко Г.О., Железняков Є.О. До питання визначення критичних умов мікроклімату в приміщеннях у разі порушень роботи системи теплопостачання. *Український журнал будівництва та архітектури*, 2022. № 6. С. 7-13. DOI: <https://doi.org/10.30838/J.BPSACEA.2312.271222.7.906>. URL: <http://srd.pgasa.dp.ua:8080/handle/123456789/9785?locale=uk>.
74. Беліков А. С., Колесник І.О., Железняков Є.О. Дослідження динаміки зміни температури внутрішніх поверхонь огорожувальних конструкцій приміщень сучасних будівель та споруд у разі аварійних відключень теплопостачання. *Український журнал будівництва та архітектури*, 2023. № 2. С. 29-35. DOI: <https://doi.org/10.30838/J.BPSACEA.2312.250423.29.927>. URL: <http://srd.pgasa.dp.ua:8080/handle/123456789/10476>.
75. Беліков А.С., Колесник І.О., Железняков Є.О., Клименко Г.О. Забезпечення умов мікроклімату з урахуванням конструктивних особливостей будівель та споруд у разі аварійних відключень теплопостачання. *Український журнал будівництва та архітектури*, 2023. № 3. С. 7-13. DOI: <https://doi.org/10.30838/J.BPSACEA.2312.140723.7.948>. URL: <http://srd.pgasa.dp.ua:8080/handle/123456789/10725>.
76. Беліков А. С., Колесник І.О., Железняков Є.О., Рагімов С.Ю., Крекін К.А. Теоретичні дослідження визначення критичних умов мікроклімату при аварійних відключеннях теплопостачання з урахуванням конструктивних особливостей будинків. *Науковий вісник Донецького національного технічного*

університету, 2023. № 1(10). С. 8-15. DOI: <https://doi.org/10.31474/2415-7902-2023-1-8-15>.

77. Бєліков А.С., Железняков Є.О. Визначення критичних умов мікроклімату та безпеки експлуатації систем теплопосачання при аврійних відключеннях теплопостачання. *Системи управління, навігації та зв'язку*, 2023. №4 (74). DOI: <https://doi.org/10.26906/SUNZ.2023.4.147>. URL: <https://journals.nupp.edu.ua/sunz/article/view/3173>.

78. Бєліков А.С., Колесник І.О., Клименко Г.О., Железняков Є.О. До питання визначення критичних умов мікроклімату в приміщеннях у разі порушень роботи системи теплопостачання. *Український журнал будівництва та архітектури*, 2022. № 6. С. 7-13. DOI: <https://doi.org/10.30838/J.BPSACEA.2312.271222.7.906>. URL: <http://srd.pgasa.dp.ua:8080/handle/123456789/9785>.

79. Santamouris, M., Cartalis, C., Synnefa, A., & Kolokotsa D. On the impact of urban heat island and global warming on the power demand and electricity consumption of buildings. *Energy and Buildings*, 2015. Vol. 98. Pp. 119-124. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.09.052>.

80. Sotiris Vardoulakis, Fisher, Bernard E.A., Pericleous, Koulis, & Gonzalez-Flesca, N. Modelling air quality in street canyons: a review. *Atmospheric Environment*, 2003. Vol. 37. Iss. 2. Pp. 155-182. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1352-2310\(02\)00857-9](https://doi.org/10.1016/S1352-2310(02)00857-9).

81. He, Jiang, Hoyano, Akira, & Asawa, Takashi. A numerical simulation tool for predicting the impact of outdoor thermal environment on building energy performance. *Applied Energy*, 2009. Vol. 86. Iss. 9. Pp. 1596-1605. URL: <https://climate.educationevidence.io/lib/HDZPZVX9>.

82. Yaghoobian, Neda, & Kleissl, Jan. An indoor–outdoor building energy simulator to study urban modification effects on building energy use – Model description and validation. *Energy and Buildings*, 2015. Vol. 54. Pp. 407-417. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.07.019>

83. Palyvos, J.A. A survey of wind convection coefficient correlations for building envelope energy systems' modeling. *Applied Thermal Engineering*, 2008. Vol. 28. Iss. 8–9. Pp. 801-808. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2007.12.005>
84. Cooper, P.I. The effect of inclination on the heat loss from flat-plate solar collectors. *Solar Energy*, 1981. Vol. 27. Iss. 5. Pp. 413-420. URL: <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/1981SoEn...27..413C/abstract>.
85. Blocken, B., Defraeye, T., Derome, D., & Carmeliet, J. High-resolution CFD simulations for forced convective heat transfer coefficients at the facade of a low-rise building. *Building and Environment*, Vol. 44. Iss. 12. Pp. 2396-2412. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360132309001000>.
86. Stathopoulos, Theodore, & Wu, Hanqing. Generic models for pedestrian-level winds in built-up regions. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 1995. Vol. 54–55. Pp. 515-525. DOI: [https://doi.org/10.1016/0167-6105\(94\)00068-O](https://doi.org/10.1016/0167-6105(94)00068-O).
87. Yoshie, R., Mochida, A., Tominaga, Y., Kataoka, H., Harimoto, K., Nozu, T., & Shirasawa, T. Cooperative project for CFD prediction of pedestrian wind environment in the Architectural Institute of Japan. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 2007. Vol. 95. Iss. 9-11. Pp. 1551-1578. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167610507000645>
88. Cai, Ruixian, & Zhang, Na. Explicit analytical solutions of 2-D laminar natural convection. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 2003. Vol. 46. Iss. 5. Pp. 931-934. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0017-9310\(02\)00359-9](https://doi.org/10.1016/S0017-9310(02)00359-9).
89. Defraeye, Thijs, Blocken, Bert, & Carmeliet, Jan. CFD analysis of convective heat transfer at the surfaces of a cube immersed in a turbulent boundary layer. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 2010. Vol. 53. Iss. 1-3. Pp. 297-308. URL: [https://www.researchgate.net/publication/222693850\\_CFD\\_analysis\\_of\\_convective\\_heat\\_transfer\\_at\\_the\\_surfaces\\_of\\_a\\_cube\\_immersed\\_in\\_a\\_turbulent\\_boundary\\_layer](https://www.researchgate.net/publication/222693850_CFD_analysis_of_convective_heat_transfer_at_the_surfaces_of_a_cube_immersed_in_a_turbulent_boundary_layer).
90. Defraeye, Thijs, Blocken, Bert, & Carmeliet, Jan. Convective heat transfer coefficients for exterior building surfaces: existing correlations and CFD modelling.

*Energy Conversion and Management*, 2011. Vol. 52. Iss. 1. Pp. 512-522.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2010.07.026>

91. Jiantao Shao, Jing Liu, Jianing Zhao, Wenwu Zhang, Dexing Sun, Zhipeng Fu. A novel method for full-scale measurement of the external convective heat transfer coefficient for building horizontal roof. *Energy and Buildings*, 2009. Vol. 41. Iss. 8. P. 840-847. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2009.03.005>.

92. Hagishima, Aya, & Tanimoto, Jun. Field measurements for estimating the convective heat transfer coefficient at building surfaces. *Building and Environment*, 2003. Vol. 38. Iss. 7. Pp. 873-871. URL: <https://kyushu-u.elsevierpure.com/en/publications/field-measurements-for-estimating-the-convective-heat-transfer-co>.

93. Loveday, D. L., & Taki, A.H. Convective heat transfer coefficients at a plane surface on a full-scale building facade. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 1996. Vol. 39. Iss. 8. Pp. 1729-1742. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0017931095002685>.

94. Kolokotsa, D., Gobakis, K., Papantoniou, S., Georgatou, C., Kampelis, N., Kalaitzakis, K., Vasilakopoulou, K., & Santamouris, M. Development of a web based energy management system for University Campuses: The CAMP-IT platform. *Energy and Buildings*, 2016. Vol. 123. Pp. 119-135. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.04.038>.

95. Giatrakos, Georgios P., Tsoutsos, Theocharis D., & Zografakis, Nikos. Sustainable power planning for the island of Crete. *Energy Policy*, 2009. Vol. 37, Iss. 4. Pp. 1222-1238. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.10.055>.

96. Strachan, P.A., Kokogiannakis, G., & Macdonald, I.A. History and development of validation with the ESP-r simulation program. *Building and Environment*, 2008. Vol. 43. Iss. 4. Pp. 601-609. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360132306003313>.

## ДОДАТКИ

### ДОДАТОК А.

#### Список публікацій здобувача

#### Наукові праці, які відображають основні результати дисертації

1. Беліков А.С., Дзюбан О.В., Крекнін К.А., Железняков Є.О. Забезпечення умов мікроклімату в приміщеннях будівель під час аварійних ситуацій у системах теплопостачання. *Металознавство та термічна обробка металів*, 2020. № 3. С. 10–19. DOI: <https://doi.org/10.30838/J.PMHTM.2413.290920.10.664>. URL: <http://srd.pgasa.dp.ua:8080/handle/123456789/4960>.
- 2 Беліков А.С., І.О. Колесник, Клименко Г.О., Железняков Є.О. До питання визначення критичних умов мікроклімату в приміщеннях у разі порушень роботи системи теплопостачання. *Український журнал будівництва та архітектури*, 2022. № 6. С. 7-13. DOI: <https://doi.org/10.30838/J.BPSACEA.2312.271222.7.906>. URL: <http://srd.pgasa.dp.ua:8080/handle/123456789/9785?locale=uk>.
3. Беліков А. С., Колесник І.О., Железняков Є.О. Дослідження динаміки зміни температури внутрішніх поверхонь огорожувальних конструкцій приміщень сучасних будівель та споруд у разі аварійних відключень теплопостачання. *Український журнал будівництва та архітектури*, 2023. № 2. С. 29-35. DOI: <https://doi.org/10.30838/J.BPSACEA.2312.250423.29.927>. URL: <http://srd.pgasa.dp.ua:8080/handle/123456789/10476>.
4. Беліков А.С., Колесник І.О., Железняков Є.О., Клименко Г.О. Забезпечення умов мікроклімату з урахуванням конструктивних особливостей будівель та споруд у разі аварійних відключень теплопостачання. *Український журнал будівництва та архітектури*, 2023. № 3. С. 7-13. DOI: <https://doi.org/10.30838/J.BPSACEA.2312.140723.7.948>. URL: <http://srd.pgasa.dp.ua:8080/handle/123456789/10725>.
5. Беліков А. С., Колесник І.О., Железняков Є.О., Рагімов С.Ю., Крекін К.А. Теоретичні дослідження визначення критичних умов мікроклімату при аварійних відключеннях теплопостачання з урахуванням конструктивних особливостей

будинків. *Науковий вісник Донецького національного технічного університету*, 2023. № 1(10). С. 8-15. DOI: <https://doi.org/10.31474/2415-7902-2023-1-8-15>.

6. Беліков А.С., Железняков Є.О. Визначення критичних умов мікроклімату та безпеки експлуатації систем теплопосачання при аварійних відключеннях теплопостачання. *Системи управління, навігації та зв'язку*, 2023. №4 (74). DOI: <https://doi.org/10.26906/SUNZ.2023.4.147>. URL: <https://journals.nupp.edu.ua/sunz/article/view/3173>.

7. Беліков А.С., Железняков Є.О. До питання забезпечення умов мікроклімату та безпеки експлуатації систем теплопостачання у випадку аварійних відключень теплопостачання. *Український журнал будівництва та архітектури*, 2023. № 5. С. 96-102. DOI: <https://doi.org/10.30838/J.BPSACEA.2312.241023.96.997> URL: <http://srd.pgasa.dp.ua:8080/handle/123456789/11640>.

8. Беліков А.С., Железняков Є.О. До питання дослідження критичних умов та безпеки експлуатації систем теплопостачання при аварійних відключеннях теплопостачання. *Український журнал будівництва та архітектури*, 2024, № 6. С. 25-30. DOI: <https://doi.org/10.30838/UJCEA.2312.271224.25.1107> URL: <http://srd.pgasa.dp.ua:8080/handle/123456789/14462>

***Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:***

9. Железняков Є.О, Беліков А.С. Теоретичні дослідження визначення критичних умов мікроклімату при аварійних відключеннях теплопостачання. Матеріали науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених ПДАБА (27 -28 березня 2023 року, ПДАБА, Дніпро) С. 433-435 URL: <https://pgasa.dp.ua/wp-content/uploads/2023/06/Zbirnyk-tez-Konferentsiyi-studentiv-aspirantiv-molodyh-vchenyh.pdf>

## ДОДАТОК Б

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з навчально-виховної роботи ПДАБА



д.т.н. держ.упр., професор

Г.П. Євсєєва

» \_\_\_\_\_ 2023

## Акт

впровадження результатів дисертаційної роботи Железнякова Є. О.  
«Забезпечення умов мікроклімату приміщень з урахуванням конструктивних  
особливостей будівель при аварійних відключеннях теплопостачання»

Комісія у складі: професора кафедри безпеки життєдіяльності д.т.н.  
Третяков О. В., доцентів кафедри к.т.н. Рибалка К.А., к.т.н. Клименко Г.О.

Склали цей акт про те, що результати дисертаційних досліджень Железнякова Єгора Олеговича на тему «Забезпечення умов мікроклімату приміщень з урахуванням конструктивних особливостей будівель при аварійних відключеннях теплопостачання» використано в навчальному процесі у академії, у частині розрахунку умов мікроклімату в приміщеннях під час опалювального періоду з урахуванням пори року та виникнення відключень систем теплопостачання. Запропонована методика розрахунку дозволяє визначити час досягнення допустимих та критичних умов мікроклімату в приміщеннях при відсутності опалення, визначити клас умов праці. Результати дисертаційних досліджень щодо визначення небезпечних факторів застосовуються при викладанні та проведенні практичних робіт з дисципліни «Організаційно-технічне забезпечення атестації та паспортизації робочих місць в галузі».

Підписи членів комісії:

Д.т.н., професор

К.т.н., доцент

К.т.н., доцент

Олег ТРЕТЬЯКОВ

Катерина РИБАЛКА

Ганна КЛИМЕНКО

## ДОДАТОК В

ПОГОДЖЕНО

Проректор з наукової роботи

ПЛАБА



Владислав ДАНИШЕВСЬКИЙ

2023 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор

КП «Теплоенерго»



Андрій КЛІМЕНКО

«\_\_» 2023 р.

## А К Т

впровадження результатів дисертаційної роботи Железнякова Є. О.  
«Забезпечення умов мікроклімату приміщень з урахуванням конструктивних  
особливостей будівель при аварійних відключеннях тепlopостачання»

Комісія у складі представників від Придніпровська державна академія будівництва та архітектури д.т.н., проф. Анатолія Белікова, к.т.н., доц. Катерини Рибалка, здобувача Єгора Железнякова з одного боку та від підприємства КП «Теплоенерго» заступника директора з виробництва Володимира Білана, провідного інженера відділу ОТ та ТК Анастасії Сухіної з іншого боку склали цей акт у тому, що в період з 12.01.2023 по 17.03.2023 на комунальному підприємстві "Теплоенерго" Дніпровської міської ради були впроваджені результати дисертаційної роботи здобувача Єгора Железнякова за темою «Забезпечення умов мікроклімату приміщень з урахуванням конструктивних особливостей будівель при аварійних відключеннях тепlopостачання».

Впровадження було проведено на об'єкті: житловий будинок за адресою м. Дніпро, вул. С. Бандери, 13, квартири двух- та трьохкімнатні. У кімнатах були визначені точки виміру температури внутрішнього повітря та температури огорожувальних конструкцій при моделюванні аварійно-

дефіцитних ситуацій в системах теплопостачання. На рис.1 та рис.2 наведені схеми приміщень та точки виміру з урахуванням конструктивних особливостей приміщень.

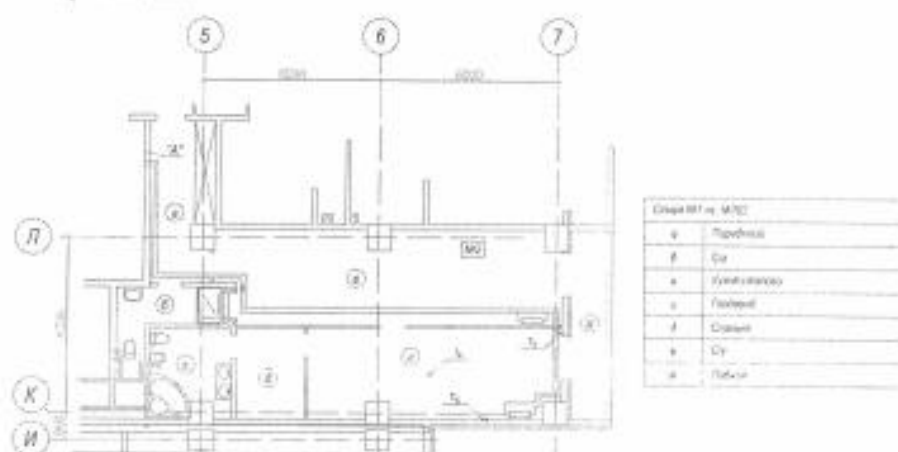


Рис. 1. Схема приміщення двокімнатної квартири та точки виміру.

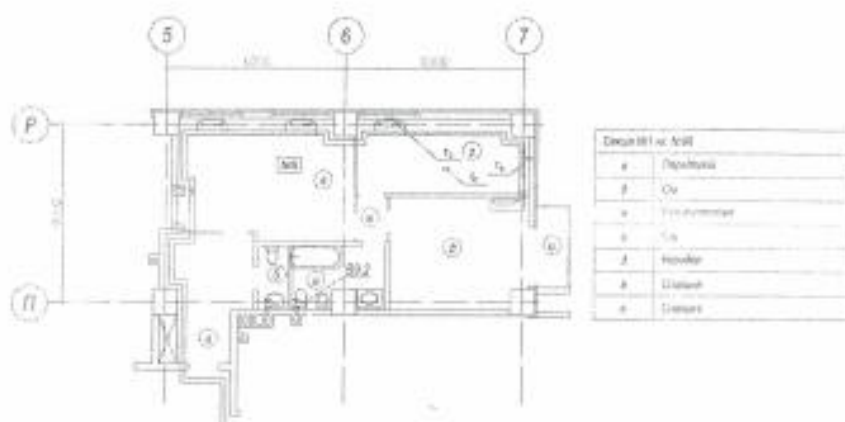


Рис. 2. Схема приміщення трьохкімнатної квартири та точки виміру.

Виконані для практичних досліджень теплотехнічні вимірювання, дозволили встановити залежності зміни температури внутрішнього повітря та температури внутрішньої поверхні стінки та визначити похибки натурних

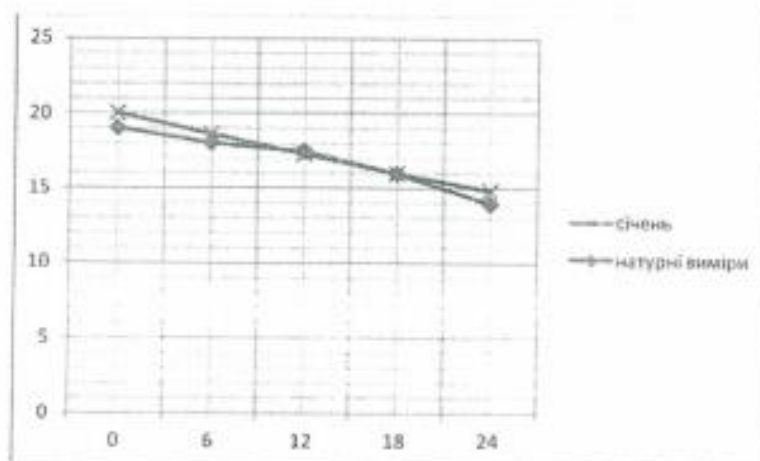


Рис. 3. Зміна температури внутрішнього повітря у місяці січні для 3-х кімнатної квартири

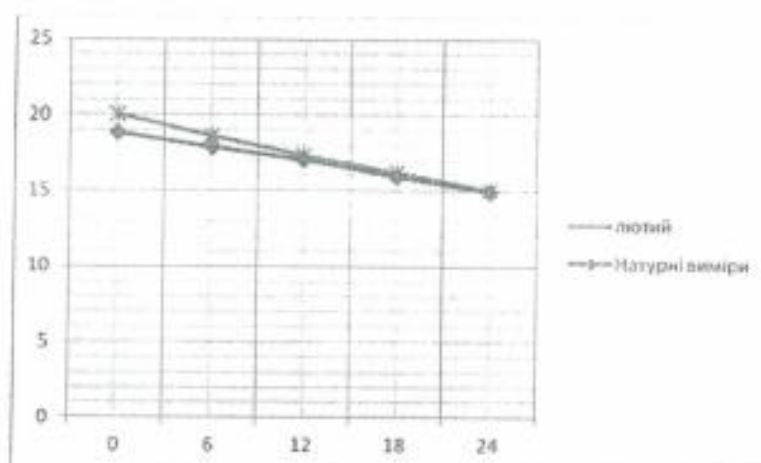


Рис. 4. Зміна температури внутрішнього повітря у місяці лютому для 3-х кімнатної квартири

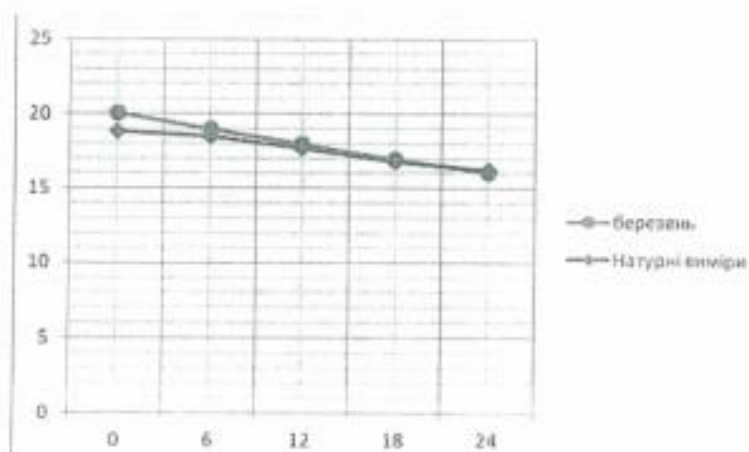


Рис. 5. Зміна температури внутрішнього повітря у місяці березні для 3-х кімнатної квартири

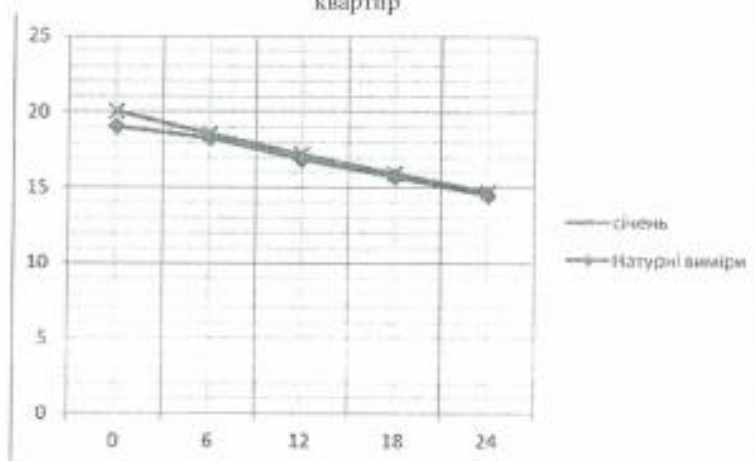


Рис. 6. Зміна температури внутрішнього повітря у місяці січні для 2-х кімнатної квартири

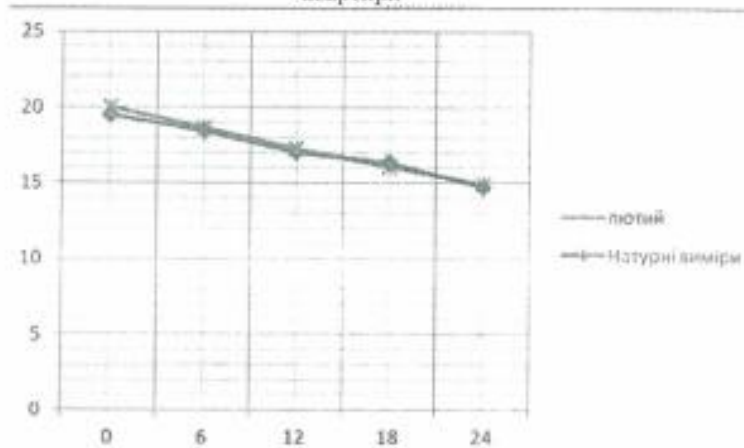


Рис. 7. Зміна температури внутрішнього повітря у місяці лютому для 2-х кімнатної квартири

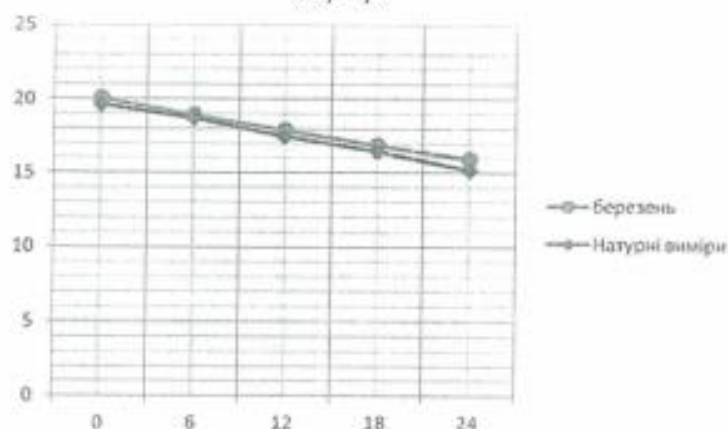


Рис. 8. Зміна температури внутрішнього повітря у місяці березні для 2-х кімнатної квартири

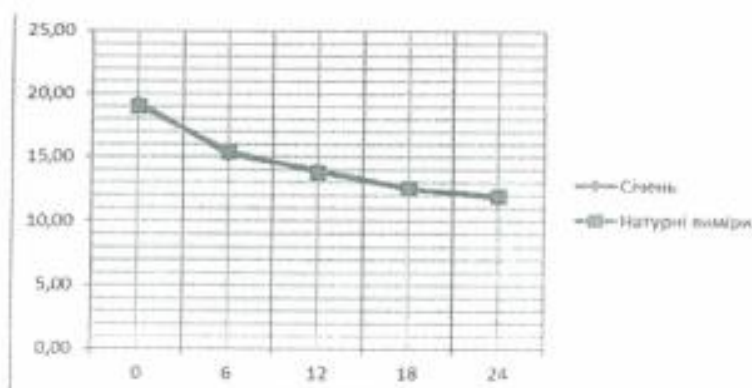


Рис. 9. Зміна температури внутрішньої поверхні стіни у місяці січні

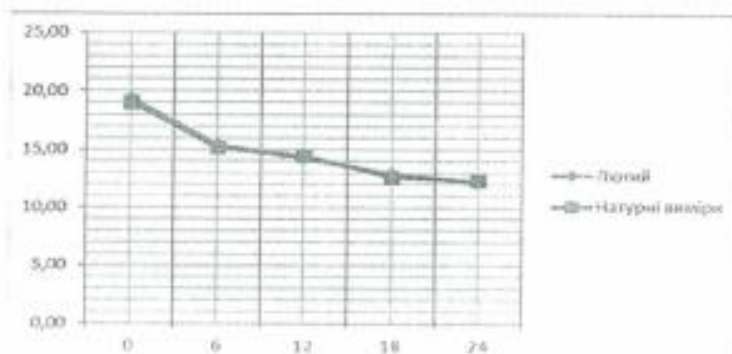


Рис. 10. Зміна температури внутрішньої поверхні стіни у місяці лютому

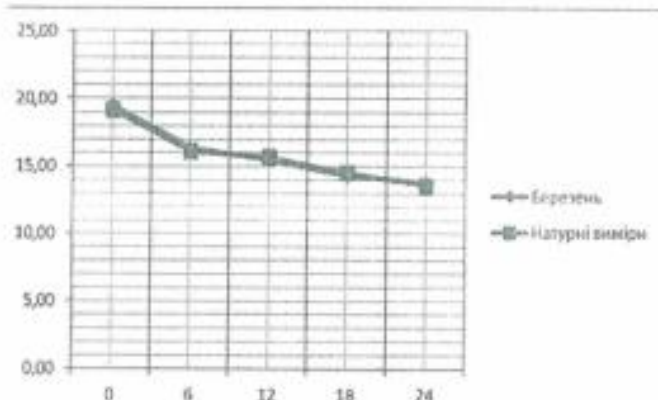


Рис. 11. Зміна температури внутрішньої поверхні стіни у місяці березні

Визначено, що порушення в роботі систем теплозабезпечення призводить до виникнення в приміщеннях житлових будівель дискомфортних умов, що не відповідають вимогам санітарних норм.

Крім того, при аварійному відключенні та тривалому простої обслуговування інженерних комунікацій технічні пристрої схильні до виходу із ладу при температурі повітря в приміщенні  $8^{\circ}\text{C}$  і нижче і можуть вимагати значних матеріальних витрат на їх відновлення в майбутньому.

Проведені дослідження та визначенні закономірності одержані при натурних дослідженнях та теоретико-експериментальних дозволяють зробити висновок, що одержані результати досліджень в повній мірі відповідають визначенню реальних умов мікроклімату в приміщеннях при аварійних відключеннях систем теплопостачання. При цьому різниця визначених значень прогнозу теоретичних досліджень і натурних не перевищує 5%, що допустимо в інженерних дослідженнях.

Контроль температури внутрішнього повітря у період охолодження передбачає своєчасне включення системи резервно-переривчастого опалення при досягненні мінімального значення температури.

Запропонована методика дозволила визначити для обраного варіанту будівлі очікувану температуру внутрішнього повітря  $t_{\text{в}}$ , котра встановиться в

приміщенні через час  $Z$  після порушення нормального теплового режиму при аварійних відключеннях систем теплопостачання.

Проведенні дослідно-промислові випробування дозволили при дефіцитах теплової енергії теплопостачальним організаціям підвищити надійність забезпечення встановленої мінімально допустимої температури внутрішнього повітря в приміщеннях, а також не допустити досягнення критичних температур та збільшити час живучості систем теплопостачання, за рахунок впровадження комплексної системи автоматизованого контролю та управління параметрами мікроклімату приміщень при аварійно-дефіцитних ситуаціях в системах теплопостачання.

Впровадження запропонованої у дисертаційній роботі методики дозволяє прогнозувати час досягнення критичних температур у приміщеннях при відключенні систем теплопостачання, дає соціальний ефект за рахунок запобігання виходу з ладу систем теплопостачання і забезпеченні умов мікроклімату.

Від підприємства:

Заступник директора  
КП «Теплоенерго» з виробництва

Володимир БІЛАН

провідний інженер відділу ОТ та  
ТК КП «Теплоенерго»

Анастасія СУХІНА

Від ПДАБА:

Зав. каф. БЖД д.т.н., проф.

Анатолій БЄЛІКОВ

к.т.н., доц. каф. БЖД

Катерина РИБАЛКА

здобувач

Єгор ЖЕЛЕЗНЯКОВ