



НАВЧАЛЬНО-ПРАКТИЧНИЙ ПОСІБНИК ІНСТРУМЕНТАЛЬНИЙ ЕНЕРГОАУДИТ

Юрченко Є. Л., Коваль О. О., Ляховецька-Токарєва М. М.,
Нікіфорова Т. Д., Косенко Л. В., Бондаренко А. В., Демідов О. Л., Соколова К. В. .



Co-funded by the
European Union



UKRENERGY

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ НАУКИ І ТЕХНОЛОГІЙ
ННІ «ПРИДНІПРОВСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА ТА
АРХІТЕКТУРИ»
НАЦІОНАЛЬНИЙ ЕРАЗМУС-ОФІС В УКРАЇНІ

Юрченко Є. Л., Коваль О. О., Ляховецька-Токарєва М. М.,
Нікіфорова Т. Д., Косенко Л. В., Бондаренко А. В.,
Демідов О. Л., Соколова К. В.

ІНСТРУМЕНТАЛЬНИЙ ЕНЕРГОАУДИТ

НАВЧАЛЬНО-ПРАКТИЧНИЙ ПОСІБНИК

ДНІПРО
2025

Рекомендовано Радою якості освітньої діяльності УДУНТ
Протокол № 9 від 17 червня 2025 року

Авторський колектив:

- Є. Л. Юрченко** Кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри залізобетонних і кам'яних конструкцій; керівник проекту UKRENERGY від ННІ ПДАБА УДУНТ, викладач магістерської програми команди ННІ ПДАБА УДУНТ
- О. О. Коваль** Кандидат технічних наук, с.н.с., доцент кафедри залізобетонних і кам'яних конструкцій; менеджер ресурсів UKRENERGY/предметний експерт та старший викладач магістерської програми команди ННІ ПДАБА УДУНТ
- М. М. Ляховецька-Токарєва** Кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри опалення, вентиляції, кондиціювання та теплогазопостачання; менеджер ресурсів UKRENERGY/предметний експерт та викладач магістерської програми команди ННІ ПДАБА УДУНТ
- Т. Д. Нікіфорова** Доктор технічних наук, професор, професор кафедри залізобетонних і кам'яних конструкцій, деканка будівельного факультету ННІ ПДАБА УДУНТ
- Л. В. Косенко** Аспірант кафедри залізобетонних і кам'яних конструкцій, магістр за освітньою програмою «Енергоаудит та енергоефективність в будівництві»; UKRENERGY / молодший викладач магістерської програми команди ННІ ПДАБА УДУНТ
- А. В. Бондаренко** Аспірант, асистент кафедри залізобетонних та кам'яних конструкцій, магістр за освітньою програмою «Енергоаудит та енергоефективність в будівництві» ННІ ПДАБА УДУНТ
- О. Л. Демідов** Магістр кафедри залізобетонних і кам'яних конструкцій, за освітньо-науковою програмою «Енергоаудит та енергоефективність в будівництві» ННІ ПДАБА УДУНТ
- К. В. Соколова** Кандидат філологічних наук, доцент кафедри іноземних мов ННІ ПДАБА УДУНТ

Рецензенти:

- В. М. Желих** Доктор технічних наук, завідувач кафедри теплогазопостачання і вентиляції Національного університету «Львівська політехніка»
- О. Т. Возняк** Доктор технічних наук, професор кафедри теплогазопостачання і вентиляції, Національного університету «Львівська політехніка»
- С. Є. Шехоркіна** Доктор технічних наук, професор кафедри залізобетонних і кам'яних конструкцій ННІ ПДАБА

I-72 Інструментальний енергоаудит : навч.-практ. посіб. / Юрченко Є. Л., Коваль О. О., Ляховецька-Токарєва М. М., Нікіфорова Т. Д., Косенко Л. В., Бондаренко А. В., Демідов О. Л., Соколова К. В. – Електрон. вид. – Дніпро : Укр. держ. ун-т науки і технологій, 2025. – 277с.

ISBN 978-617-8314-57-6 (PDF)

Навчально-практичний посібник розроблено в рамках проекту 101082898 – UKRENERGY, що співфінансується Європейським Союзом: «Інноваційні магістерські курси на підтримку покращення енергетичного та вуглецевого сліду будівельного фонду України».

Проект співфінансується Європейським Союзом, проте висловлені погляди та думки належать лише авторам цього проекту і не обов'язково відображають погляди Європейського Союзу чи Європейського виконавчого агентства з питань освіти та культури. Ні Європейський Союз, ні грантодавець не можуть нести за них відповідальність.

В навчально-практичному посібнику розглядаються результати наукових досліджень і практичного досвіду в сфері енергоефективності в будівництві та інноваційних технологій інструментального енергоаудиту.

Для вчених, аспірантів, викладачів, магістрів, бакалаврів, студентів технічних факультетів, енергоаудиторів, представників бізнесу і влади, а також для широкого кола читачів.

Матеріали посібника рекомендовано при вивченні дисциплін «Енергоаудит в будівництві», «Контроль якості в будівництві енергоефективних будівель», «Технічні засоби обстеження та енергоаудиту будівель та споруд», «Основи проєктування енергоефективних будівель» освітньої програми магістрів «Енергоаудит та енергоефективність

Затверджено до видання Вченою радою ННІ ПДАБА (протокол № 8 від 20.03.2025).



Цей твір ліцензовано на умовах Ліцензії Creative Commons

[«Attribution-NonCommercial-ShareAlike» 4.0 International \(CC BY-NC-SA 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

[\(«Із зазначенням авторства – Некомерційна – Поширення на тих самих умовах» 4.0 Міжнародна\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

ЗМІСТ

ВСТУП	9
РОЗДІЛ 1. ПАРАМЕТРИ МІКРОКЛІМАТУ: ТЕМПЕРАТУРА, ВОЛОГІСТЬ, CO₂	10
1.1 Вступ.....	11
1.2 Терміни та визначення понять.....	11
1.3 Теоретична частина.....	12
1.4 Нормативно-технічні документи України, які характеризують визначення параметрів мікроклімату для будівель різного типу призначень	18
1.5 Прилад Testo 535, 160 для вимірювання параметрів мікроклімату	20
1.6 Налаштування логгеру Testo 535, 160 для вимірювання параметрів мікроклімату в будівлі.....	24
1.7 Приклад 1 звіту обстеження з вимірювання якості повітря.....	32
1.8 Приклад 2 звіту обстеження з вимірювання якості повітря.....	39
1.9 Приклад 3 звіту обстеження з вимірювання якості повітря.....	50
Контрольні запитання по розділу.....	55
РОЗДІЛ 2. ОБСТЕЖЕННЯ ОСВІТЛЕННЯ.....	56
2.1 Вступ	57
2.2 Теоретичні основи. Терміни та визначення понять.....	57
2.3 Нормативно-технічні документи України з освітленості внутрішніх приміщень будівель.....	61
2.4 Принцип роботи приладу для вимірювання освітленості.....	64
2.5 Методика проведення обстеження.....	65
2.5.1. Типи вимірювань освітленості.....	66
2.5.2. Розташування точок вимірювання.....	66
2.5.3. Методика вимірювання.....	66
2.5.4. Умови вимірювання.....	67
2.5.5. Обробка даних.....	67

2.5.6. Порівняння з нормативами.....	67
2.5.7. Звіт з результатами вимірювань.....	68
2.6 Приклад проведення обстеження приладом Testo 440.....	68
2.7 Приклад звіту обстеження.....	70
2.8 Протокол вимірювань освітленості у виробничих та громадських приміщеннях.....	75
Контрольні запитання по розділу.....	76
РОЗДІЛ 3. ОБСТЕЖЕННЯ ШУМУ.....	77
3.1 Вступ.....	78
3.2 Теоретичні основи. Терміни та визначення понять.....	78
3.3 Нормативно-технічні документи України з шуму у приміщеннях будівель.....	80
3.4 Принцип роботи приладу для вимірювання шуму.....	83
3.5 Методика проведення обстеження.....	86
3.5.1 Підготовка до вимірювання.....	87
3.5.2 Процес вимірювання.....	87
3.5.3 Запобігання помилкам вимірювань.....	87
3.5.4 Реєстрація даних.....	87
3.5.5 Умови вимірювання.....	87
3.5.6 Обробка даних.....	88
3.5.7 Порівняння з нормативами.....	88
3.5.8 Звіт з результатами вимірювань.....	88
3.6 Приклад проведення вимірювання рівнів шуму приладом Testo 815	90
3.7 Приклад звіту обстеження.....	94
3.8 Протокол вимірювання шуму в офісному приміщенні.....	96
Контрольні запитання по розділу.....	98

РОЗДІЛ 4. МОНІТОРИНГ РОБОТИ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦІЇ.....	99
4.1 Сфера застосування методики та приладів для моніторингу систем вентиляції.....	100
4.2 Нормативні документи і стандарти, які встановлюють вимоги до моніторингу систем вентиляції в будівлях та приміщеннях на території України.....	101
4.3 Терміни та визначення понять.....	102
4.4 Теоретична частина.....	103
4.5 Загальна робота приладів для моніторингу вентиляційних систем	108
4.6 Прилади для технічного контролю за роботою вентиляції. Визначення метеорологічних умов у приміщенні на прикладі використання приладів фірми Testo.....	109
4.7. Приклади використання приладів на практиці.....	144
4.8. Складання акту про відповідність вентиляційних систем після моніторингу.....	151
Контрольні запитання по розділу.....	161
РОЗДІЛ 5. ПАРАМЕТРИ ТЕПЛОЗАХИСТУ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ.....	162
5.1 Вступ.....	163
5.2 Терміни та визначення понять.....	163
5.3 Нормативно-регуляторні документи України для розрахунку теплозахисних властивостей огорожувальних конструкцій будівлі.....	166
5.4 Використання коефіцієнту теплопровідності U.....	168
5.5 Методи визначення коефіцієнту теплопровідності.....	169
5.6 Використання тепловізора, пірометра та точкового термометра для обстеження огорожувальних конструкцій будівлі.....	169
5.7 Прилад Testo 635-2 для вимірювання теплового потоку.....	183
5.8 Приклад визначення коефіцієнту теплопровідності огорожувальної конструкції будівлі за допомогою приладу Testo 635-2...	189

5.9 Приклад звіту з вимірювання коефіцієнту теплопровідності огорожувальної конструкції.....	201
5.10 Приклад визначення коефіцієнту теплопровідності огорожувальної конструкції будівлі розрахунковим методом.....	209
5.11 Приклад звіту проведення термографічного обстеження.....	211
Контрольні запитання по розділу.....	218
РОЗДІЛ 6. BLOWER DOOR TEST.....	219
6.1 Основні поняття та визначення.....	220
6.1.1 Вступ.....	220
6.1.2 Нормативні посилання.....	221
6.1.3 Терміни та визначення.....	223
6.1.4 Позначення.....	224
6.2 Обладнання для інструментального визначення повітропроникності.....	226
6.2.1 Обладнання BLOWER DOOR TEST.....	226
6.2.2 Програмне забезпечення.....	226
6.2.3 Допоміжне обладнання.....	227
6.3 BLOWER DOOR TEST. Регламент проведення тесту.....	228
6.3.1 Методи випробування.....	228
6.3.2 Підготовчі роботи до виїзду на об'єкт.....	229
6.3.3 Підготовчі роботи на об'єкті.....	231
6.3.4 Налаштування та підключення обладнання.....	233
6.3.5 Проведення тесту.....	244
6.3.6 Проведення тесту у режимі підвищеного випробувального тиску.....	244
6.3.7 Проведення тесту у режимі зниженого випробувального тиску.....	248
6.3.8 Аналіз результатів.....	249
6.3.9 Тепловізійна зйомка в умовах тесту повітропроникності.....	250

6.3.10 Формування звіту.....	251
6.3.11 Висновки.....	261
6.4 ДОДАТОК А.....	262
Контрольні запитання по розділу.....	273
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	274

ВСТУП



Навчально-практичний посібник розроблено в рамках проєкту 101082898 – UKRENERGY, що співфінансується Європейським Союзом: «Інноваційні магістерські курси на підтримку покращення енергетичного та вуглецевого сліду будівельного фонду України».

Навчально-практичний посібник висвітлює основи інструментального енергоаудиту будівель та споруд. У ньому розглянуто основні принципи проведення аудиту, сучасне обладнання для вимірювань та методи обробки отриманих даних. Особливу увагу приділено практичному застосуванню сучасного обладнання енергоаудитора. Посібник містить практичні рекомендації, які допоможуть фахівцям у виконанні якісного аудиту відповідно до сучасних стандартів і нормативних вимог.

Матеріал посібника буде корисним для студентів, аспірантів, викладачів закладів вищої освіти, а також для практикуючих енергоаудиторів, проєктантів та інженерів. Він сприятиме формуванню компетентностей, необхідних для здійснення професійної діяльності у сфері енергоаудиту та енергоефективності будівель.

Застосування інструментального енергоаудиту є ключовим етапом у розробці стратегії енергозбереження, що має важливе значення для сталого розвитку та енергетичної незалежності країни. Саме тому знання, отримані з цього посібника, допоможуть фахівцям робити обґрунтовані технічні рішення для забезпечення енергоефективної відбудови України.

РОЗДІЛ 1. ПАРАМЕТРИ МІКРОКЛІМАТУ: ТЕМПЕРАТУРА, ВОЛОГІСТЬ, CO₂



1.1 Вступ

Метою даного розділу навчально-практичного посібника є надання чітких та послідовних інструкцій з вимірювання параметрів мікроклімату приміщень (t° , %, ppm). Ці дані можуть бути корисними для забезпечення комфортних умов проживання та роботи, а також для підвищення енергоефективності будівель.

1.2 Терміни та визначення понять

Параметри мікроклімату приміщень (Indoor Microclimate Parameters)

— це умови внутрішнього середовища приміщення, що впливають на тепловий обмін людини з оточенням шляхом конвекції, кондукції, теплового випромінювання та випаровування вологи; ці умови визначаються поєднанням температури, відносної вологості та швидкості руху повітря, температури оточуючих людину поверхонь та інтенсивністю теплового (інфрачервоного) опромінення [5].

Логгер (Data logger) — це пристрій або програмне забезпечення, призначене для автоматичного збору, зберігання та аналізу даних про різні параметри, такі як температура, вологість, рівень CO₂, атмосферний тиск. Логгери використовуються для моніторингу та контролю параметрів мікроклімату (t° , %, рівень ppm) у будівлях, на промислових об'єктах, у наукових дослідженнях та інших галузях, де необхідно фіксувати параметри середовища або процесів у режимі реального часу.

Тепловий режим приміщень (Thermal Regime of Indoor Spaces) — це сукупність параметрів, що характеризують тепловий стан внутрішнього середовища будівлі. Включає в себе температурні показники, вологість, швидкість руху повітря, а також інші фактори, що впливають на комфорт та здоров'я людей, які перебувають у приміщенні. Тепловий режим визначається як проектними розрахунками, так і фактичними вимірюваннями і регламентується будівельними нормами для забезпечення належних умов проживання чи роботи.

Вологісний режим приміщень (Humidity Regime of Indoor Spaces) – це сукупність показників, що характеризують вологість повітря у внутрішньому середовищі будівлі.

Якість повітря приміщень (Indoor Air Quality) – це сукупність характеристик повітряного середовища, які впливають на здоров'я, комфорт і продуктивність людей, що перебувають у приміщенні. Вона визначається рівнем концентрації CO₂ (ppm – parts per million) різних забруднювачів, рівнем вологості, температурою та ефективністю вентиляції.

Ppm (parts per million) – є одиницею виміру концентрації газів у повітрі, яка вказує кількість часток певної речовини на мільйон часток повітря. Наприклад, концентрація CO₂ в 1000 ppm означає, що на мільйон часток повітря припадає 1000 часток вуглекислого газу.

1.3 Теоретична частина

Вміст CO₂ є ключовим параметром для визначення рівня забруднення повітря, спричиненого людською діяльністю. Збільшення концентрації CO₂ в приміщенні зазвичай супроводжується зростанням інтенсивності запахів, що пов'язані з обміном речовин людини. Таким чином, рівень CO₂ у повітрі приміщення прямо залежить від інтенсивності його використання. Концентрація CO₂ є також базовим показником для інших сфер регулювання, таких як проектування систем вентиляції та кондиціонування повітря, а також для рекомендацій з вентиляції в природно провітрюваних приміщеннях, наприклад, у школах або залах для зборів.

Приміщення, що активно використовують рівень CO₂ залежить від таких чинників:

- кількість людей і об'єм приміщення;
- активність людей у приміщенні;
- тривалість перебування людей у приміщенні;
- інтенсивність обміну повітря та об'єм потоку свіжого повітря.

Швидке зростання концентрації CO₂ у повітрі часто є наслідком присутності великої кількості людей у відносно невеликих просторах (наприклад, на конференціях або в навчальних аудиторіях) з недостатнім обміном повітря. На рисунку 1.1 показано зміни концентрації CO₂ у повітрі на прикладі шкільного класу, де зі зміною кількості людей в приміщенні відбувається зростання концентрації CO₂.

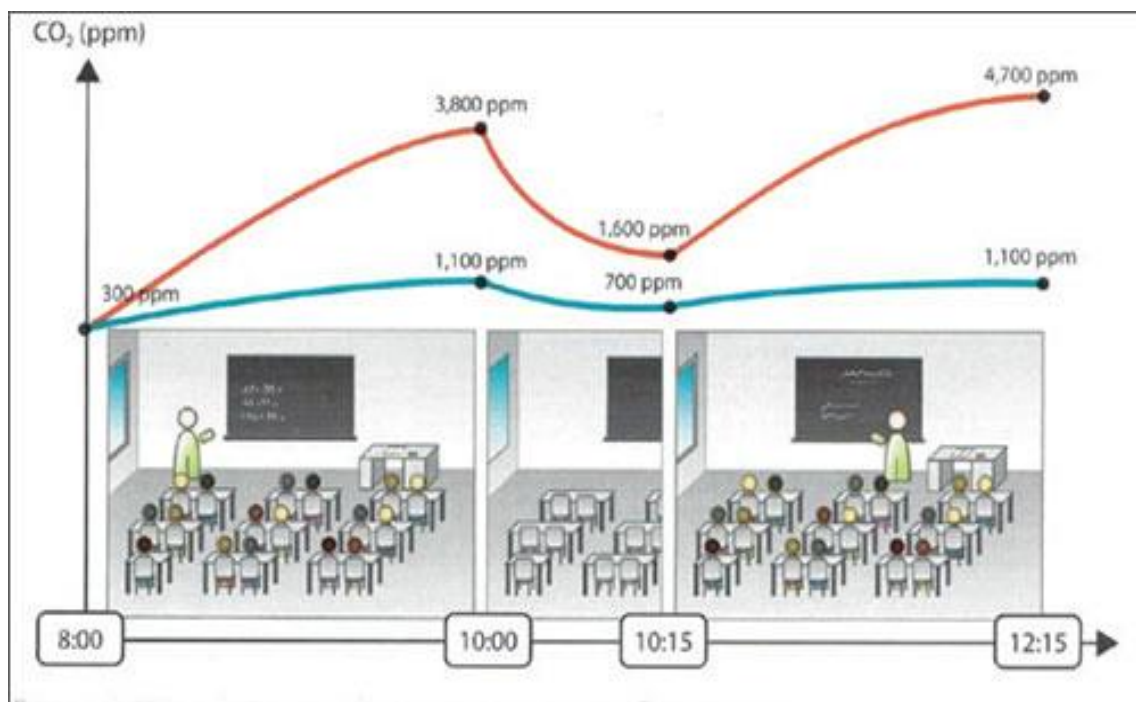


Рис. 1.1. Збільшення концентрації CO₂ в навчальному приміщенні

Чому так відбувається? Класні кабінети рідко провітрюються, тому що відкрите вікно – це простудні захворювання у дітей та шум з вулиці. Навіть якщо шкільну будівлю оснащено вентиляцією, то вона зазвичай є технічно застарілою та дорогою в експлуатації. Зате вікна в більшості шкіл сучасні – пластикові, герметичні, що не допускають протягів і без примусової вентиляції свіже повітря практично не потрапляє до приміщень.

Проблема з вентиляцією найбільш гостро стоїть в квартирах, офісних будівлях і дитячих установах. У європейських школах якість повітря є однією з основних норм, що регламентується контролюючими органами. В Україні вентиляційні норми ще доопрацьовують, а проблема надлишкового CO₂ в школах та інших навчальних закладах – ігнорується. Розв'язати проблему з

неякісною вентиляцією допоможе застосування сучасних припливно-витяжних установок.

Високі концентрації CO₂ часто супроводжуються іншими факторами забруднення, такими як летючі органічні сполуки або мікроорганізми. У герметичних конструкціях з дуже низьким обміном повітря концентрація CO₂ може швидко зростати навіть за невеликої кількості людей (наприклад, у квартирах або офісах). У таких умовах CO₂ безпосередньо впливає на комфорт і самопочуття людей. За даними European Collaborative Action (ECA), при концентрації CO₂ у 1000 ppm приблизно 20% людей в приміщенні відчують дискомфорт, а при 2000 ppm цей показник зростає до 36% [7].

Конференц-зали зазвичай використовуються періодично протягом коротких проміжків часу, тоді як навчальні класи та аудиторії експлуатуються протягом багатьох годин поспіль. Враховуючи постійну присутність студентів і викладачів, контроль концентрації CO₂ у таких приміщеннях є особливо важливим. Багато останніх досліджень у європейських країнах підтверджують, що високі рівні CO₂ є визначальним фактором якості повітря у приміщеннях [7].

Тепловий режим приміщень

Правильна температура в приміщенні забезпечує комфортний рівень для мешканців або працівників для уникнення перегріву або переохолодження. Контроль теплового режиму сприяє здоров'ю, оскільки правильна температура допомагає уникнути проблем зі здоров'ям, таких як застуди або алергії, що можуть виникати внаслідок поганого теплового режиму. Регулярний моніторинг дозволяє вчасно виявити і усунути проблеми з теплоізоляцією та системами опалення чи охолодження, що допомагає зберегти будівлю в хорошому стані на довгий термін.

У кліматичній зоні, в якій розташована Україна, зими бувають досить суворі, навіть незважаючи на глобальне потепління, а в літку дуже спекотно. Частково проблему можна вирішити встановивши сучасні пластикові вікна, утепивши стіни, забезпечивши повітрообмін за допомогою спеціальних

вентиляторів з функцією підігріву або охолодження. Але всіх цих заходів буде недостатньо для створення і підтримки комфортних умов, якщо відсутні системи опалення та кондиціонування.



Рис. 1.2 Тепловий режим приміщень

Температуру повітря в приміщенні легко вимірювати, контролювати й підтримувати на необхідному рівні. Незважаючи на те, що в багатьох рекомендаціях оптимальної для життя вважають температуру +18-20 градусів за Цельсієм, не кожному комфортно в таких умовах. У той час як одні при 18 градусах ходять в шортах і футболках, ще й можуть відкрити вікно для провітрювання, інші навіть при +22 надягають спортивний костюм або теплу кофту.

Рівень вологості

Правильний рівень вологості сприяє створенню комфортного середовища для мешканців або працівників, запобігаючи пересушенню повітря чи надмірній вологості, які можуть викликати дискомфорт. Контроль вологості має значний вплив на здоров'я, оскільки неправильний рівень вологості може спричиняти проблеми з диханням, алергії та сприяти розвитку цвілі й грибка. Це особливо важливо для людей з респіраторними захворюваннями або алергікам. Правильний рівень вологості також допомагає зберігати майно в хорошому стані. Надмірна вологість може пошкодити будівельні матеріали, меблі,

електроніку і навіть продукти харчування, сприяючи їх швидкому псуванню. Занадто сухе повітря може призвести до тріщин у дерев'яних меблях і підлогах.



Рис. 1.3 Рівень вологості в приміщенні

Моніторинг вологості сприяє довговічності будівлі, оскільки запобігає структурним пошкодженням, викликаним підвищеною вологістю, такими як корозія металевих конструкцій або розшарування фарби і шпалер.

Причини високої вологості приміщень можуть бути різноманітними і залежать від різних факторів, включаючи конструкцію будівлі, її використання та кліматичні умови.

Основними із причин високої вологості є:

- **погана вентиляція приміщення:** волога не виходить назовні і накопичується всередині. Це часто спостерігається у ванних кімнатах, кухнях та пральнях.

- **протікання труб, дахів чи стін** може призводити до підвищення рівня вологості в приміщенні. Навіть незначні витoki можуть сприяти накопиченню вологи з часом.

- **конденсація вологи:** відбувається коли тепле вологе повітря контактує з холодними поверхнями, такими як вікна, стіни або підлоги. Це часто відбувається в зимовий період або у приміщеннях з поганою теплоізоляцією.

- **кліматичні умови:** у регіонах з високою вологістю повітря або частими опадами будівлі схильні до підвищеної внутрішньої вологості. Це особливо актуально для тропічних та прибережних районів.

- **інженерні системи:** неправильно налаштовані або неефективні системи опалення, вентиляції та кондиціонування можуть сприяти підвищенню вологості.

- **використання побутових приладів:** пральні машини, сушарки для білизни, посудомийні машини та інші побутові прилади виділяють багато вологи в процесі своєї роботи.

- деякі **будівельні матеріали**, використані при будівництві, можуть утримувати вологу і сприяти підвищенню рівня вологості. Наприклад, деревина або гіпсокартон можуть вбирати вологу з повітря.

Умови мікроклімату

Існують чотири основні види умов мікроклімату, а саме:

Оптимальні – поєднання параметрів мікроклімату, які при тривалому та систематичному впливі на людину забезпечують збереження нормального теплового стану організму без активізації механізмів терморегуляції; вони створюють відчуття теплового комфорту та забезпечують передумови для високого рівня працездатності [5].

Підвищені оптимальні – оптимальні мікрокліматичні умови у приміщеннях з дуже чутливими та слабкими людьми з особливими потребами, такими як: інваліди, хворі, маленькі діти та люди похилого віку [5].

Допустимі – поєднання параметрів мікроклімату, які при тривалому та систематичному впливі на людину можуть викликати зміни теплового стану організму, що швидко минають і нормалізуються, але супроводжуються напруженням механізмів терморегуляції в межах фізіологічної адаптації. При цьому не відбувається порушення здоров'я, а умови створюють відчуття теплового дискомфорту, призводять до зниження працездатності, погіршення самопочуття [5].

Обмежено допустимі – допустимі мікрокліматичні умови у приміщеннях будівель з обмеженим використанням упродовж року (менше чотирьох місяців підряд упродовж року) [5].

1.4 Нормативно-технічні документи України, які характеризують визначення параметрів мікроклімату для будівель різного типу призначень

ДБН В.2.2-15-2019 «Житлові будинки. Основні положення» [1]. Ці будівельні норми поширюються на проєктування нових і реконструкцію, капітальний ремонт та технічне переоснащення житлових будинків з умовною висотою до 73,5 м включно: одноквартирні та багатоквартирні, у тому числі спеціалізовані квартирні житлові будинки для осіб літнього віку і осіб з інвалідністю та гуртожитки. При проєктуванні житлових будинків з умовною висотою більше 73,5 м слід керуватися вимогами розділів 4 і 5 цих норм та ДБН В.2.2-24.

ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель» [2]. Додаток Б «Тепловологісний режим приміщень, матеріалів в конструкціях та температура зовнішнього повітря для теплотехнічних розрахунків». Ці норми встановлюють вимоги до показників енергетичної ефективності будівель, теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій (теплоізоляційної оболонки), показників енергетичної ефективності інженерного обладнання будівель під час їх проєктування та будівництва і критерії раціонального використання енергетичних ресурсів на опалення та охолодження будівель для забезпечення нормативних санітарно-гігієнічних параметрів мікроклімату приміщень, довговічності огорожувальних конструкцій під час експлуатації будівель.

ДБН В.1.2-8:2021 «Основні вимоги до будівель і споруд. Безпека життя і здоров'я людини та захист навколишнього природного середовища» [3]. Ці норми поширюються на будівлі та споруди у цілому та їх частини (конструктивні та інженерні системи) під час проєктування та будівництва, а також встановлюють положення щодо дотримання функціональних параметрів об'єкта під час його експлуатації.

Вимоги цих норм застосовуються при проєктуванні та будівництві разом із іншими будівельними нормами, що встановлюють вимоги до об'єктів:

будівель, споруд, їх частин (конструктивних та інженерних систем) залежно від функціонального призначення.

Ці норми застосовують при встановленні у будівельних нормах обов'язкових вимог до об'єкта нормування у будівництві, а також використовуються при розробленні нормативних документів на конструктивні та інженерні системи.

Міжнародний стандарт ISO 7730 Third edition 2005-11-15 [5]. «Ергономіка теплових умов – Визначення і роз'яснення теплового комфорту з використанням PMV (прогнозоване середнє значення теплового відчуття) и PPD (прогнозований відсоток незадовільних) показників та критеріїв місцевого теплового комфорту». Цей стандарт охоплює оцінку допустимого теплового середовища. Він є одним із серії документів ISO й установлює методи для вимірювання та оцінки показників допустимих і екстремальних температурних середовищ, які впливають на людей.

ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування. Ці Норми встановлюють вимоги проектування до систем опалення і внутрішнього теплопостачання, загальнообмінної та аварійної вентиляції, повітряного опалення, кондиціонування й охолодження повітря будівель і споруд з метою забезпечення нормованих санітарно-епідеміологічних параметрів мікроклімату приміщень, виконання вимог безпеки та охорони навколишнього середовища, раціонального використання енергетичних ресурсів під час експлуатації.

1.5. Прилад Testo 535, 160 для вимірювання параметрів мікроклімату



Рис. 1.4 Прилад Testo 535 для вимірювання параметрів мікроклімату

Переносний логгер Testo 535, який показано на рисунку 1.4, призначений для вимірювання концентрації CO₂ у повітрі в закритих приміщеннях. Крім концентрації CO₂, логгер Testo 535 відображає значення температури і абсолютного тиску. Логгер CO₂ оснащений автоматичною компенсацією абсолютного тиску, тому на точність вимірів не впливає зміна погоди та висота над рівнем моря [6].

Технічні дані

Тип: Газоаналізатор CO₂ у повітрі;

Діапазон вимірювань: 0 ... 10 000 ppm;

Похибка: $\pm 100 \text{ ppm} \pm 5\%$;

Відображення температури та абсолютного тиску;

Розрахунок середнього значення за часом та кількістю точок виміру;

Звукова сигналізація;

Bluetooth;

Обмін даними зі смартфоном;

Додаток для обробки даних та створення цифрових звітів;

Відображення даних у вигляді списку, графіка чи таблиці;

Портативний принтер для друку даних;

Робоча температура: 0 ... +50 °C;

клас захисту: IP 40 (зонд IP 20);

Тип батарейки: 3 шт. АА;

Габарити: 229 x 60 x 28 мм;

Вага: 229 г.

Прилад Testo 160 для вимірювання параметрів мікроклімату



Рис.1.5 Прилад Testo 160 для вимірювання параметрів мікроклімату

Логгер Testo 160 показано на рисунку 1.5, використовується для довготривалого моніторингу параметрів мікроклімату. Пристрій може зберігати велику кількість даних протягом тривалого періоду, що дозволяє отримувати детальну інформацію про зміну параметрів мікроклімату. Дані, зібрані логгером, можуть автоматично передаватися до хмарного сховища, забезпечуючи безпечне зберігання та легкий доступ до них з будь-якого місця. Пристрій автоматично сповіщає у випадку перевищення заданих порогових значень, що дозволяє оперативно реагувати на зміни умов.

Технічні дані

Тип – WiFi логер CO₂, температури, вологості та тиску;

Діапазон вимірювань:

- температура 0...+50 °C
- вологість 0 ... 100% ОВ
- CO₂ 0...5000 ppm
- Абсолютний тиск 600...1100 гПа

Похибка:

- температура $\pm 0,5$ °C
- вологість ± 2 % ОВ (20...80 % ОВ)
 ± 3 % ОВ (в іншому діапазоні)
- CO₂ ± 50 ppm $\pm 3\%$ від змін. зн.
 ± 100 ppm $\pm 3\%$ від змін. зн. (без підключеного блоку живлення)
- Абсолютний тиск ± 3 гПа

Частота вимірів: 15 хв ... 24 год (задається вручну), розширена частота вимірів (1 хв ... 24 год);

вбудована пам'ять: 32 000 значень;

Налаштування граничних значень вручну;

Надсилення e-mail при перевищенні граничних значень;

Надсилення SMS при перевищенні граничних значень;

Надсилення e-mail при низькому заряді батарейок;

Надсилення e-mail при перериванні зв'язку по WiFi з хмарним сховищем;

Передача вимірюваних даних WiFi на хмарне сховище;

Доступ до вимірюваних даних із планшета, смартфона або ПК;

Безкоштовне хмарне сховище даних;

Розширене хмарне сховище зі збільшеним місцем зберігання даних та розширеними можливостями програмування логерів;

Кількість логерів, які можна підключити до одного хмарного сховища: не обмежено;

Можливість кріплення на стіні;

Блок живлення для підключення логера до електромережі, включаючи відправку e-mail при перериванні електроживлення;

Тип батарейки: АА, 4 шт;

Ресурс батарейки: 12 місяців;

Робоча температура: 0...+50 °С;

Клас захисту: IP 20;

Габарити: 117 x 82 x 32 мм;

Вага: 269 г.

Застосування Логгера

Логгери використовуються для контролю комфортних умов у приміщеннях, таких як офіси, склади, лабораторії та житлові будинки. Наприклад, їх можна застосовувати для моніторингу температури і вологості в музеї, щоб забезпечити належні умови для збереження експонатів. Логгери CO₂ ефективно використовуються для моніторингу якості повітря в приміщеннях, таких як школи, офіси та конференц-зали, що дозволяє визначати необхідність вентиляції у місцях з високим скупченням людей.

Унікальною функцією газоаналізатора вуглекислого газу є можливість використання смартфона або планшета із встановленим Додатком Testo Smart як другий дисплей приладу. Ця функція дуже корисна під час виконання вимірювань:

- у дуже маленьких приміщеннях, де не зможе повністю розміститися людина та закрити двері (наприклад, інкубатор для птахів)
- у приміщеннях, в яких, з епідеміологічної точки зору, слід проводити тривалі вимірювання та максимально обмежити час перебування оператора (наприклад, ізолятори для хворих у лікарнях, птахофабрики)
- у приміщеннях, де концентрація CO₂ може становити небезпеку для оператора (наприклад, грибні ферми, серверні кімнати).

У програмі Testo Smart ви можете переглянути виміряні значення у вигляді списку, таблиці або графіка, зберігати їх, створювати цифрові звіти з

результатами вимірювань і прямо з місця вимірювань надсилати звіти замовнику.

Для зручності обробки даних портативний газоаналізатор автоматично розраховує середнє значення CO₂ за часом і кількістю точок виміру. У газоаналізаторі CO₂ можна встановити граничні значення, при перевищенні яких починає лунає звукова сигналізація, що попереджає про небезпеку для продукції або здоров'я оператора.

Завдяки вимірюванню концентрації CO₂ можна запобігати поширенню хвороб у дитячих садках та школах [6].

1.6 Налаштування логгера Testo 535, 160 для вимірювання параметрів мікроклімату в будівлі



Рис. 1.6 Приклад використання Логгера Testo 535

Розглянемо методику використання логгера для вимірювання параметрів мікроклімату у приміщенні:

- Логгер CO₂ встановлюється у приміщенні на висоті приблизно 1-1,5 метра від підлоги, щоб вимірювання були максимально точними.
- За допомогою спеціального програмного забезпечення задається інтервал запису даних (наприклад, кожні 5 хвилин або кожні 15 хвилин) та налаштовуються параметри зберігання даних.
- Логгер автоматично вимірює та записує рівень CO₂, температуру та рівень абсолютного тиску приміщенні протягом усього вимірювання.
- Після закінчення періоду вимірювань дані з Логгера зберігаються та завантажуються для аналізу.
- За результатами вимірювання визначаються пікові значення концентрації CO₂, температурного режиму, рівню вологості та порівнюються з допустимими нормами.
- Якщо отримані результати вимірювання параметрів мікроклімату перевищують допустимі норми, приймаються заходи для покращення вентиляції у приміщенні.

Нормативні температурні та вологісні режими для різних типів приміщень та будівель за їх призначенням наведено у додатку Б ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель» [2]. Що стосується рівня CO₂, то на даний момент в Україні відсутні точні норми щодо цих показників. Проте існують міжнародні стандарти, які регулюють рівень ppm та якість повітря, що показано на рисунку 1.7.



Рис. 1.7 Значення кількості концентрації CO₂ в повітрі

Проведення вимірювання параметрів мікроклімату в приміщенні є невід'ємною складовою забезпечення комфортних та безпечних умов для проживання та роботи. Застосування чітких методичних вказівок дозволяє отримати точні дані про тепловий стан, відносну вологість, якість повітря.

Типи приміщень контролю параметрів мікроклімату

Для вимірювання параметрів мікроклімату місце розміщення пристрою вибирається в залежності від типу та призначення приміщення. Необхідно враховувати, що правильне розміщення логгерів є важливим для отримання точних та надійних даних. Розглянемо деякі основні приміщення та рекомендації щодо розміщення логгерів:

- Житлові приміщення (кухні, спальні, вітальні): у житлових приміщеннях логгери слід розміщувати на висоті близько 1-1,5 метра від підлоги, у центрі кімнати, подалі від джерел тепла або холоду, таких як радіатори, кондиціонери, та вікна. У кухнях слід уникати місць поблизу плит та духовок.

- Дитячі садки (гральні кімнати, кімнати відпочинку): у дитячих садках логгери варто розміщувати на висоті, недосяжній для дітей, щоб запобігти можливому пошкодженню пристроїв. Оптимально розташовувати їх у центрі кімнати, подалі від вікон та дверей.

- Школи (класи, їдальня, спортзал): у класах логгери краще встановлювати на стінах або стелі, подалі від дверей та вікон. У їдальні слід уникати розміщення поблизу кухонних приладів, а в спортзалах – подалі від зон інтенсивної фізичної активності, щоб уникнути механічного пошкодження.

- Офіси (робочі місця, де знаходяться люди): в офісах логгери розміщуються на робочих місцях або поблизу них, на висоті близько 1,5 метра від підлоги. Важливо уникати розміщення поруч з комп'ютерами та іншими електронними приладами, що можуть впливати на показники мікроклімату.

- Лікарні (палати, маніпуляційні, хірургічні блоки): у лікарнях логгери слід розміщувати на стінах або стелях, подалі від медичних приладів та зон з високою вологістю. У маніпуляційних та хірургічних блоках особливо важливо підтримувати стабільні умови мікроклімату, тому логгери мають бути розташовані так, щоб не заважати медичному персоналу та забезпечувати точні вимірювання.

Окрім цього, слід враховувати ще декілька загальних рекомендацій:

- Логгери повинні бути розміщені у місцях, де вони можуть безперешкодно вимірювати параметри повітря, тобто подалі від меблів та інших перешкод.

- Слід уникати місць з прямим сонячним світлом, що може спотворювати дані про температуру.

- Потрібно забезпечити регулярний доступ до пристроїв для їх обслуговування та зчитування даних.

Термін вимірювання

Термін вимірювання параметрів мікроклімату може змінюватися залежно від поставлених цілей і може бути як точковим (менше доби), так і детальним

(протягом місяця, доби або року). Вибір відповідного типу логгера та терміну вимірювання є необхідним для отримання точних і надійних даних.

Для короткотривалого вимірювання, яке триває 1-2 години, доцільно використовувати логгер Testo 535. Цей пристрій призначений для швидких вимірювань і забезпечує оперативну інформацію про стан мікроклімату. Він ідеально підходить для ситуацій, коли необхідно отримати миттєві дані про параметри повітря в приміщенні, наприклад, для швидкої оцінки умов в конкретний момент часу. Логгер Testo 535 працює та налаштовується через смартфон, а також передає дані через Bluetooth на телефон, що забезпечує зручність у використанні та швидкий доступ до зібраної інформації.

Якщо ж вимірювання має тривати більше доби, доцільно використовувати логгер Testo 160. Цей пристрій розроблений для довготривалих вимірювань і може зберігати та передавати дані у хмарне сховище, що забезпечує безперервний моніторинг параметрів мікроклімату протягом тривалого періоду часу. Використання такого логгера дозволяє зібрати детальну інформацію про зміну умов в приміщенні протягом дня, місяця або навіть року, що є важливим для аналізу сезонних коливань та інших довготривалих завдань вимірювання.

Додатково слід враховувати, що:

- Логгер Testo 160 має більшу пам'ять та можливості для зберігання даних, що робить його ідеальним для детальних досліджень і аналізу.

- Підключення до хмарного сховища дозволяє забезпечити безпеку збережених даних та легкий доступ до них з будь-якого місця, що сприяє зручності у використанні та аналізі інформації.

Загалом, правильний вибір типу логгера та терміну вимірювання допомагає отримати точні та надійні дані, необхідні для підтримання оптимальних умов мікроклімату в різних типах приміщень.

Збір та аналіз інформації

Процес збору інформації про параметри мікроклімату приміщень включає збір детальних даних, які дозволяють оцінити та проаналізувати умови

експлуатації приміщення. Важливо враховувати різні фактори, які можуть впливати на мікроклімат, для забезпечення точного та всебічного аналізу. Нижче наведено основні пункти, які слід враховувати при зборі та аналізі інформації.

1. Зміна режиму експлуатації приміщення:

- Кількість людей у приміщенні протягом різних періодів часу.
- Використання приміщення (наприклад, для роботи, відпочинку, навчання).
- Зміни в розкладі експлуатації (наприклад, вихідні дні, робочі дні, нічні години).

2. Робота кондиціонера:

- Час ввімкнення та вимкнення кондиціонера.
- Режим роботи: (охолодження, обігрів, вентиляція).
- Розташування кондиціонера в приміщенні та його вплив на температуру: аналіз даних про температуру протягом дня дає змогу оцінити ефективність роботи кондиціонера. Важливо визначити, чи здатен кондиціонер підтримувати стабільну температуру у приміщенні і як часто виникають коливання температури).
- Вплив на вологість: кондиціонери можуть знижувати рівень вологості повітря. Аналіз даних дозволяє оцінити, чи потрібні додаткові зволожувачі для підтримання оптимального рівня вологості.

3. Робота системи опалення:

- Час ввімкнення та вимкнення системи опалення.
- Температурні налаштування системи опалення.
- Тип опалювальної системи (центральне опалення, індивідуальні обігрівачі).
- Розташування обігрівачів та їх вплив на розподіл тепла в приміщенні: оцінка температурного розподілу у приміщенні допомагає виявити зони з надмірним або недостатнім обігрівом. Це дозволяє оптимізувати розташування обігрівачів для забезпечення рівномірного розподілу тепла.

4. Вентиляція та повітрообмін:

- Наявність та робота систем вентиляції.

- Кратність повітрообміну: важливо оцінити, чи забезпечується достатній рівень повітрообміну у приміщенні. Недостатня вентиляція може призвести до накопичення CO₂ та інших шкідливих речовин, що негативно впливає на здоров'я мешканців.

- Наявність природної вентиляції (відкриття вікон, дверей): відкриті вікна забезпечують природну вентиляцію, що може значно впливати на рівень CO₂ та інших забруднювачів. Важливо оцінити, чи відкриті вікна забезпечують достатній обмін повітря без значних втрат тепла.

- Вплив повітрообміну на температуру та вологість: аналіз даних про роботу вентиляційних систем допомагає визначити їхній вплив на температуру та вологість повітря у приміщенні. Допомагає визначити, як ефективно використовувати природну вентиляцію для підтримання комфортних умов.

5. Вологість повітря:

- Використання зволожувачів або осушувачів повітря.

- Вплив зовнішніх умов на рівень вологості в приміщенні.

6. Освітлення:

- Використання природного та штучного освітлення.

- Інтенсивність освітлення протягом дня.

- Вплив освітлення на температуру в приміщенні.

7. Інші фактори:

- Зовнішні погодні умови (температура, вологість, швидкість вітру): погодні умови можуть суттєво впливати на параметри мікроклімату у приміщенні. Важливо враховувати ці фактори при аналізі даних та розробці заходів для оптимізації умов у приміщенні.

- Наявність електронних приладів, які можуть виділяти тепло (комп'ютери, кухонні прилади). Аналіз даних допомагає визначити, як ці прилади впливають на температуру та вологість.

- Внутрішні перешкоди, що можуть впливати на розподіл температури та вологості (меблі, перегородки).

Висновки та рекомендації

В результаті отриманої інформації параметрів мікроклімату можна зробити висновок та рекомендації про необхідність оптимізації та покращення умов для забезпечення стабільної температури та вологості у приміщенні. Рекомендації можуть включати в себе впровадження або налаштування систем опалення, охолодження, що дозволить ефективно використовувати енергоресурси та забезпечити комфортні умови для проживання та роботи.

1.7 Приклад 1 звіту обстеження з вимірювання якості повітря

Звіт з вимірювання якості повітря Будівлі офісно-складського призначення

Замовник:

Адреса об'єкту:

Виконавець

Зміст

1.7.1 Загальні відомості щодо об'єктів обстеження.....	
1.7.2 Параметри об'єкту	
1.7.3 Отримані результати під час вимірювання	
1.7.4 Висновки та рекомендації	

1.7.1 Загальні відомості щодо об'єктів обстеження



Рис. 1.8 Загальний вигляд об'єкта

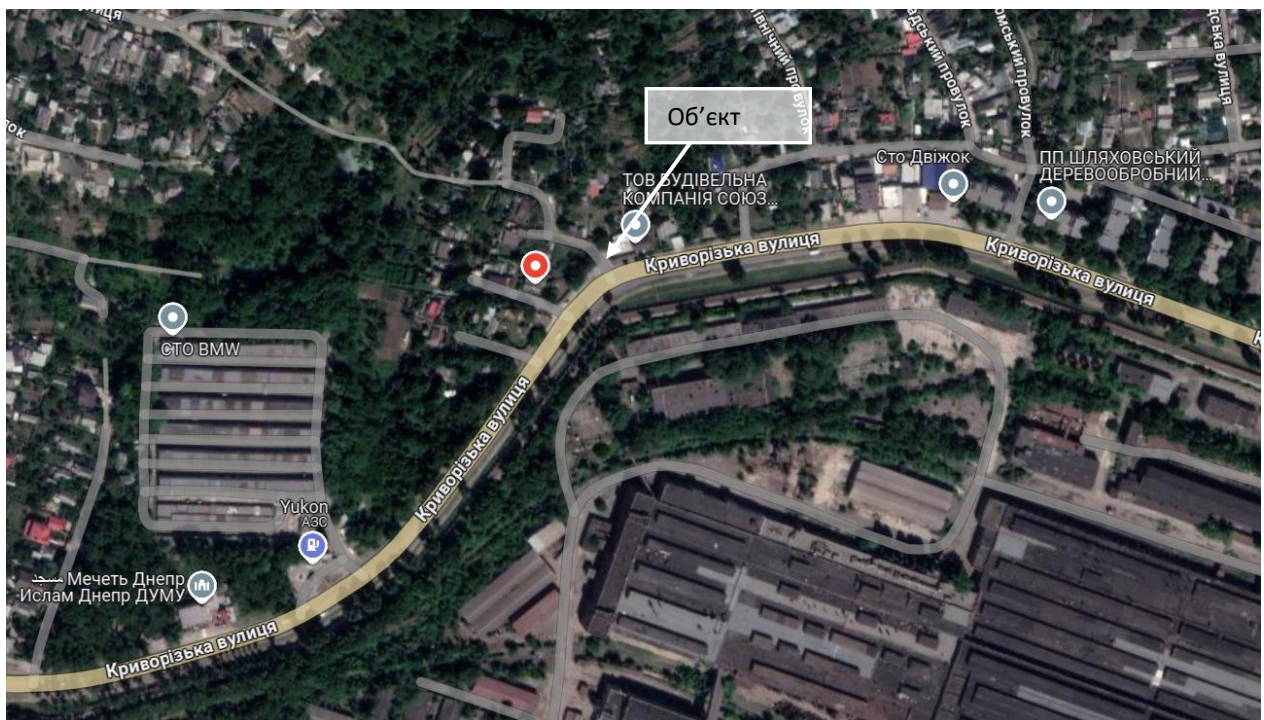


Рис. 1.9 Ситуаційний план місцевості

1.7.2. Параметри об'єкту:

Таблиця 1.1

Замовник	Будівля офісно-складського призначення
Адреса об'єкту	м. Дніпро
Дата	05.12.2023
Модель приладу:	Testo 535
Серійний номер	-
Виконавець	П.І.Б

Опис конструкції будівлі	Будівля офісно-складського призначення – двоповерховий будинок загальною площею 206 м², Висота приміщень першого поверху 3 м, другого поверху – 2.8 м. Конструктивна схема будинку – безкаркасна, з несучими зовнішніми та внутрішніми стінами та плитами перекриття. Фундаменти – стрічкові, залізобетонні. Перекриття горища – залізобетонні плити перекриття завтовшки 220 мм. Будівля побудована з використанням силікатної цегли 380 мм. Всередині будівлі виконана гіпсова штукатурка 20 мм. Ззовні будівлю утеплено мінераловатним утеплювачем густиною $\rho_0=150 \text{ кг/м}^3$ завтовшки 190 мм.		
Температура зовнішнього повітря, С°	1,6	Температура повітря всередині, С°	19,4
Різниця температур між внутрішнім та зовнішнім повітрям, С°	17,8	Погодні умови Інші важливі чинники, що впливають на результати	сухо, безхмарно, без вітру

Повна назва установи		Будівля офісно-складського призначення			
Відповідальна особа за проведення обстеження (ПІБ, тел., e-mail)		П.І.Б., контактні дані			
#п.п.	Назва будівлі	Адреса будівлі	Призначення будівлі	Рік побудови	Кількість поверхів
1					

1.7.3 Отримані результати під час вимірювання

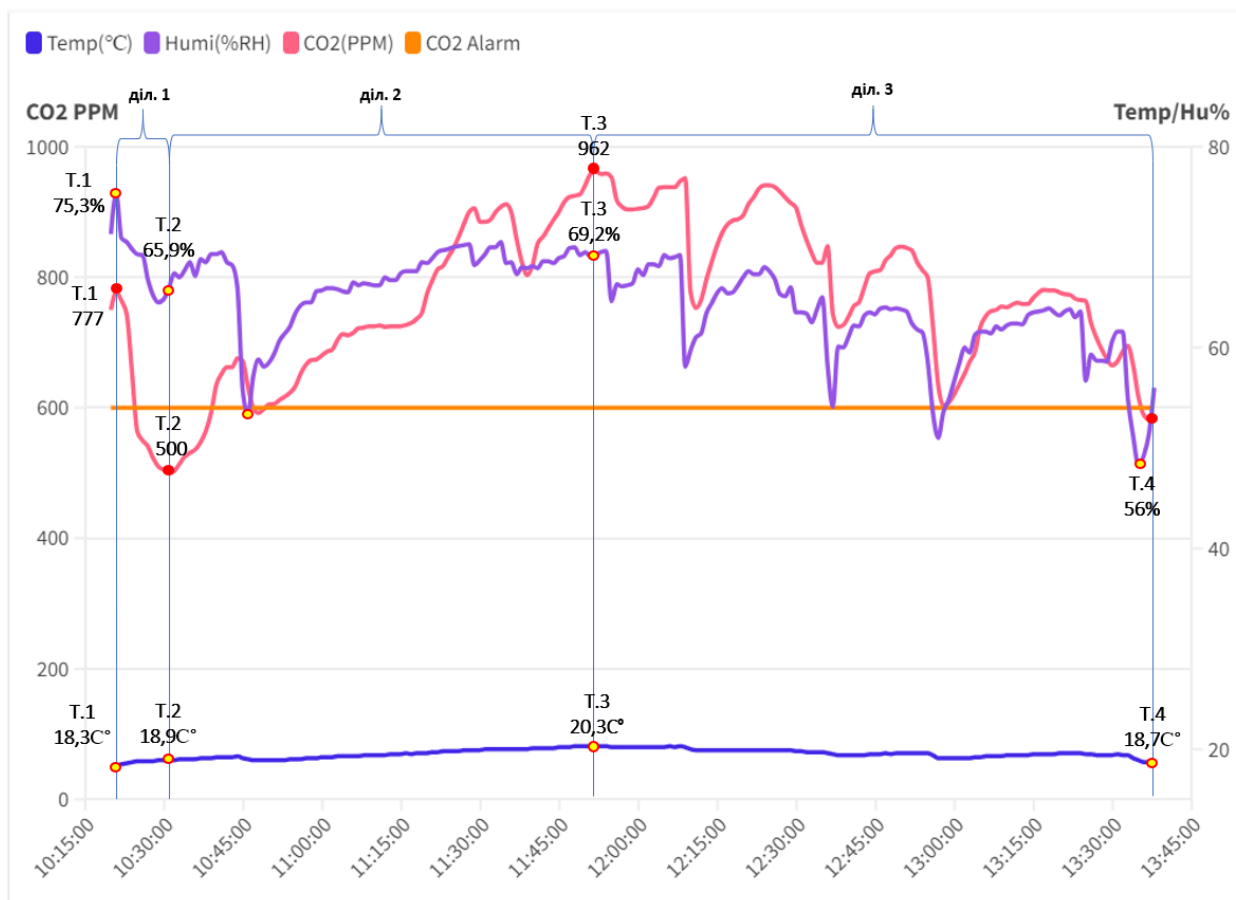


Рис. 1.10 Результати вимірювання параметрів мікроклімату будівлі

За результатами що наведені на рис. 1.10 за період вимірювання спостерігаємо коливання температури в межах від 18,1 С° до 20,3 С°, коливання вологості від 53,3% до 75,3%, концентрація CO₂ коливається в межах від 500 ppm до 962 ppm.

Таблиця 1.2

Результати обстеження

№	Проміжок часу/ час	ppm	%	С°	Аналіз/Висновки
т.1	10:21	777	75,3	18,3	Значення концентрації CO ₂ на початку вимірювання. Найбільше значення вологості повітря

т.2	10:31	500	65,9	18,9	Мінімальне значення концентрації CO ₂ в результаті провітрювання приміщення. Зменшення вологості повітря
т.3	11:52	962	69,2	20,3	Максимальне значення концентрації CO ₂ перед провітрюванням. Наявність більше п'яти людей. Високий рівень вологості та концентрації CO ₂ визваний в результаті проведення малярних робіт.
т.4	13:38	584	56	18,7	Мінімальне значення концентрації CO ₂ в результаті провітрювання приміщення
діл. 1	10хв	↓277	↓9,4	↑0,6	Падіння концентрації CO ₂ . Час провітрювання. 10 хв повного провітрювання було достатньо для досягнення нормативних показників концентрації CO ₂ .
діл. 2	1 год 35 хв	↑462	↑3,3	↑1,4	Підвищення концентрації CO ₂ до позначки що вище позначки до провітрювання. Висновок: в цей час доцільно ще раз зробити провітрювання.
діл. 3	1 год 46 хв	↓378	↓13, 2	↓1,6	Час провітрювання. Пониження концентрації CO ₂ та вологості при провітрюванні займає більший час за рахунок знаходження більшої кількості людей в приміщенні та на цей раз замість повного провітрювання було локальне провітрювання через вхідні двері.

1.7.4 Висновки та рекомендації

Вимірювач встановлювався в приміщенні під час роботи будівельників на висоті 1м у кімнаті біля стіни без потрапляння та впливу прямих сонячних променів. Інтервал вимірювання кожену одну хвилину, тривалість вимірювань 3 години 30 хвилин.

Отримані результати вимірювань дозволяють оцінити мікроклімат в приміщенні (значення температури, вологості та концентрації CO₂).

З отриманих даних можна зробити такі висновки:

Якість повітря. Рівень CO₂ (ppm):

Значення є комфортним для дихання людини: ≤ 600 ppm

Вимірювання показало коливання рівня CO₂ від 500 ppm до 900 ppm. Таке підвищення рівня CO₂ свідчить про погіршення якості повітря в приміщенні. Причиною є проведення малярних робіт в середині будівлі, не достатнє провітрювання.

Температура:

Нормативне значення: 20°C згідно з додатком Б ДБН В.2.6-31:2021 [2].

Результати вимірювання показали, що рівень температури коливався в діапазоні від 18°C до 20°C. За таких умов температурний режим відповідає нормативним вимогам.

Вологість:

Нормативне значення: 45-60% згідно з додатком Б ДБН В.2.6-31:2021 [2].

Результати вимірювання показали коливання рівня вологості від 75% до 55%. Високий рівень вологості також пов'язаний з проведенням малярних робіт, що може впливати на комфорт та якість повітря в приміщенні.

Висновки: Загальна оцінка параметрів мікроклімату в приміщенні показує, що стан повітря не відповідає нормам та може впливати на здоров'я та комфорт працівників. Підвищені рівні CO₂ та вологості, спричинені малярними роботами, потребують уваги та можливих заходів для покращення мікроклімату. Рекомендації можуть включати проведення додаткової вентиляції та контроль за вологістю повітря під час виконання ремонтних робіт.

Ці результати підкреслюють необхідність управління якістю повітря в приміщенні з метою створення здорового та комфортного робочого середовища для працівників.

1.8 Приклад 2 звіту обстеження з вимірювання якості повітря

1.8.1 Загальні відомості щодо об'єктів обстеження



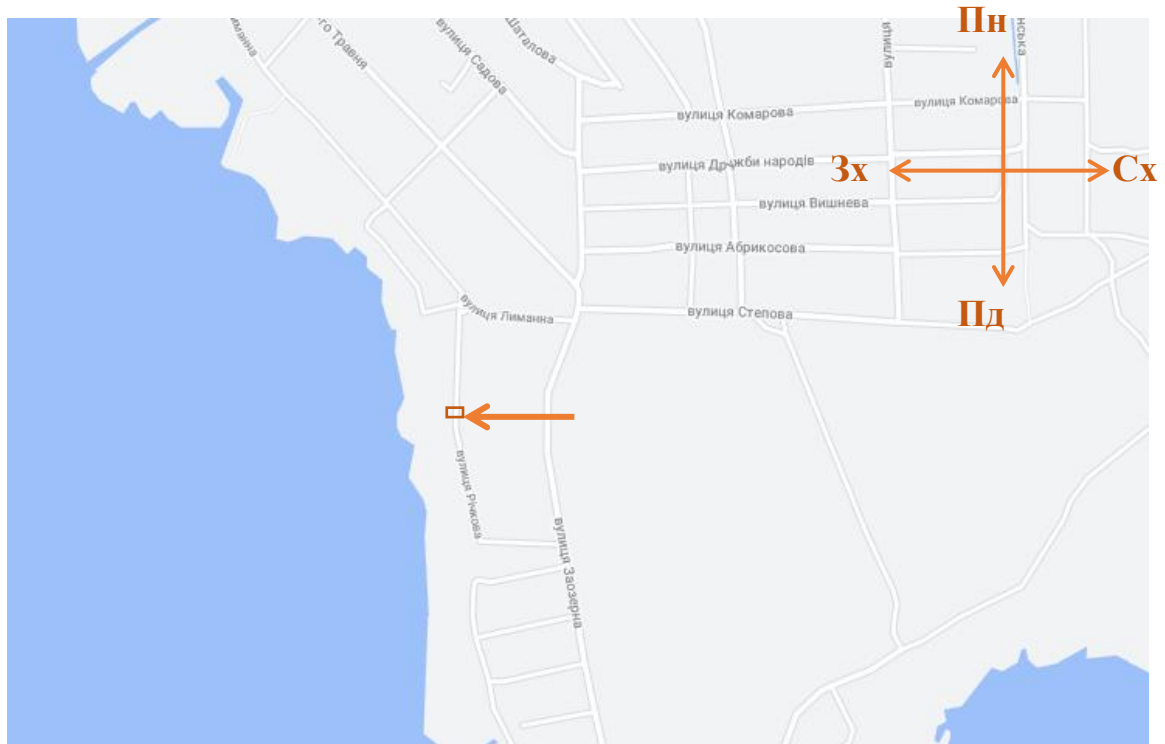


Рис.1.13 Географічне розташування об'єкту. Червоною стрілкою відмічено об'єкт обстеження на карті

1.8.2 Параметри об'єкту:

Таблиця 1.3

Замовник	
Адреса об'єкту	
Дата	
Модель приладу:	
Серійний номер	
Виконавець	

Опис конструкції будівлі	Житлова будівля – одноповерхова, складної форми в плані. Конструктивна схема – з перехресною компоновкою несучих стін. Зовнішні стіни – повнотіла кладка. Покрівля – скатна, горище неопалювальне. Двокамерні металопластикові склопакети із заповненням однієї камери газом аргон
--------------------------	--

Температура зовнішнього повітря, С°	-1	Температура повітря всередині, С°	20
Різниця температур між внутрішнім та зовнішнім повітрям, С°	21	Погодні умови Інші важливі чинники, що впливають на результати	сухо, безхмарно, без вітру

Перелік будівель, в яких виконано обстеження наведені в таблиці 1.4

Таблиця 1.4

Повна назва установи		Житлова будівля			
№ п/п	Назва будівлі	Адреса будівлі	Призначення будівлі	Рік побудови	Кількість поверхів
1	Будинок	м. Херсон,	Житлова будівля	1956	1
2	Прибудова		Житлова будівля	2007	1
3	Літня оранжерея		Нежитлова площа	2015	1

Завдання дослідження: провести інструментальний контроль параметрів якості мікроклімату житлових приміщень.

Об'єкт дослідження: житловий будинок, що знаходиться за адресою м. Херсон. Місто Херсон відноситься до II кліматичної зони. Споруда знаходиться далеко від магістралей в передмісті, площа складає 69,9 м², з них 37,6 м² – житлова площа. В будинку проживають п'ять дорослих людей (на момент проведення експерименту – шість дорослих людей) та п'ять домашніх тварин. Огороджувальні конструкції стін складаються з бутової кладки – основна будівля та прибудова №1, кладки з кримського ракушняку – прибудова №2, кухня та ванна кімната. Стіни будівлі утеплені пінопластовими плитами товщиною 50 мм в один шар на пластмасових дюбелях. Вікна замінені на металопластикові з двома камерами, одна з яких заповнена газом аргоном. Підлога основної будівлі – дерев'яна з технічним підпіллям, підлога в прибудовах – цементна стяжка. Дах горищний, двосхилий. Горище не утеплене.

План дослідження. Заміри проводились в трьох приміщеннях, два з яких житлові кімнати. Вимірювач встановлювався на висоті від 1 м до 1,5 м, на віддаленості від вікон провітрювання від 1,5 м. Інтервал вимірювання – кожні 8

хвилин, тривалість вимірювань – дві доби, загальна кількість вимірювань – 360. Граничні значення були встановлені: для температури – нижня границя 16С°, верхня границя 30С°; для вологості – нижня границя 40%, верхня границя 85% (така висока границя, так як в приміщеннях є проблеми з вологістю); для концентрації CO₂ – верхня границя в 5000 ppm (наявні проблеми через відсутність вентиляції та герметичність будівлі). На рисунку 1.14 відмічено місця положення вимірювача.

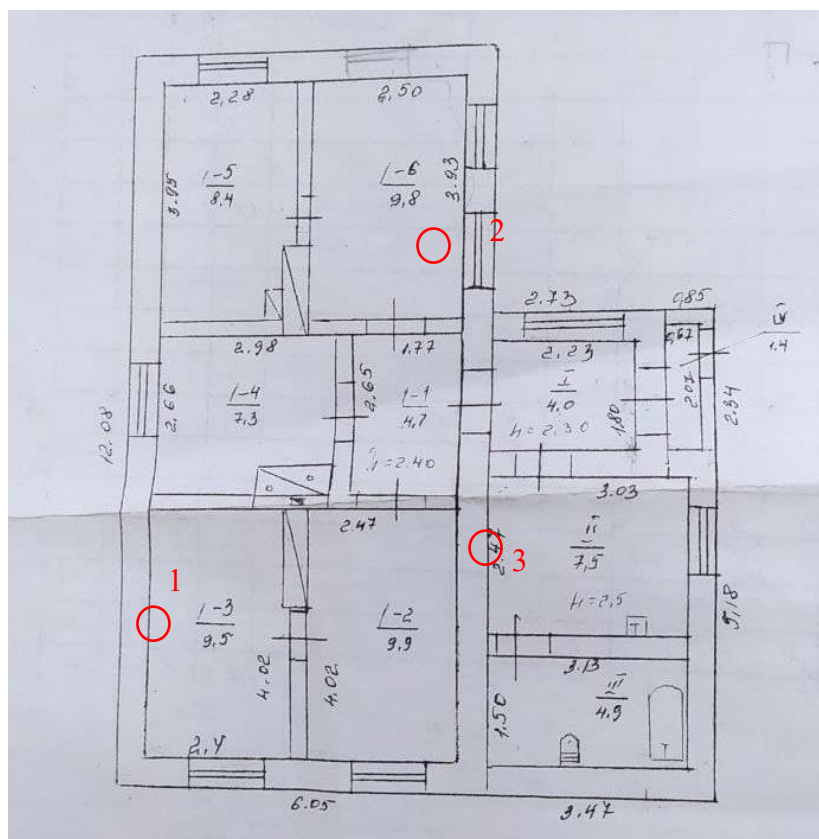


Рис.1.14 Розміщення вимірювача на плані будівлі, червоним кружечком; пронумеровані за послідовністю виконання дослідження

Для прикладу надано детальний опис обстеження лише приміщення №1.

1.8.3 Дослідження №1 житлове приміщення №1

Об'єкт дослідження складається з двох кімнат, між якими відсутні двері, площа дослідження 19,4 м². В кімнаті проживають дві дорослі людини, в момент дослідження 1 людина працює на віддаленій роботі з 8:00 до 17:45. Тобто, дві доби в межах робочого часу працює стаціонарний комп'ютер. Протягом доби в

приміщенні знаходиться від однієї особи до чотирьох людей. В приміщенні постійно знаходяться 4 домашні тварини. Працює прилад опалювання «газовий конвектор», встановлений на відмітці 3 за 7-ми бальною шкалою.

Дата першої доби дослідження: 04.01-05.01.2021.

Погодні умови: 04.01.21 – 23:00, $t = +1\text{C}^\circ$, вологість 94%, похмуро, без опадів. 05.01.21- максимальна $t = +4\text{C}^\circ$, мінімальна $t = +1\text{C}^\circ$, вологість коливається від 91% до 97%, похмуро, без опадів.

Результати вимірювань наведені на рис.1.15 та таблиці 1.5.

За результатами, що наведені на рис.1.15, за добу спостерігаємо коливання температури в межах від $18,2\text{ C}^\circ$ до 20 C° , коливання вологості від 58,3% до 67,2%, концентрація CO₂ коливається в межах від 944 ppm до 2931 ppm.

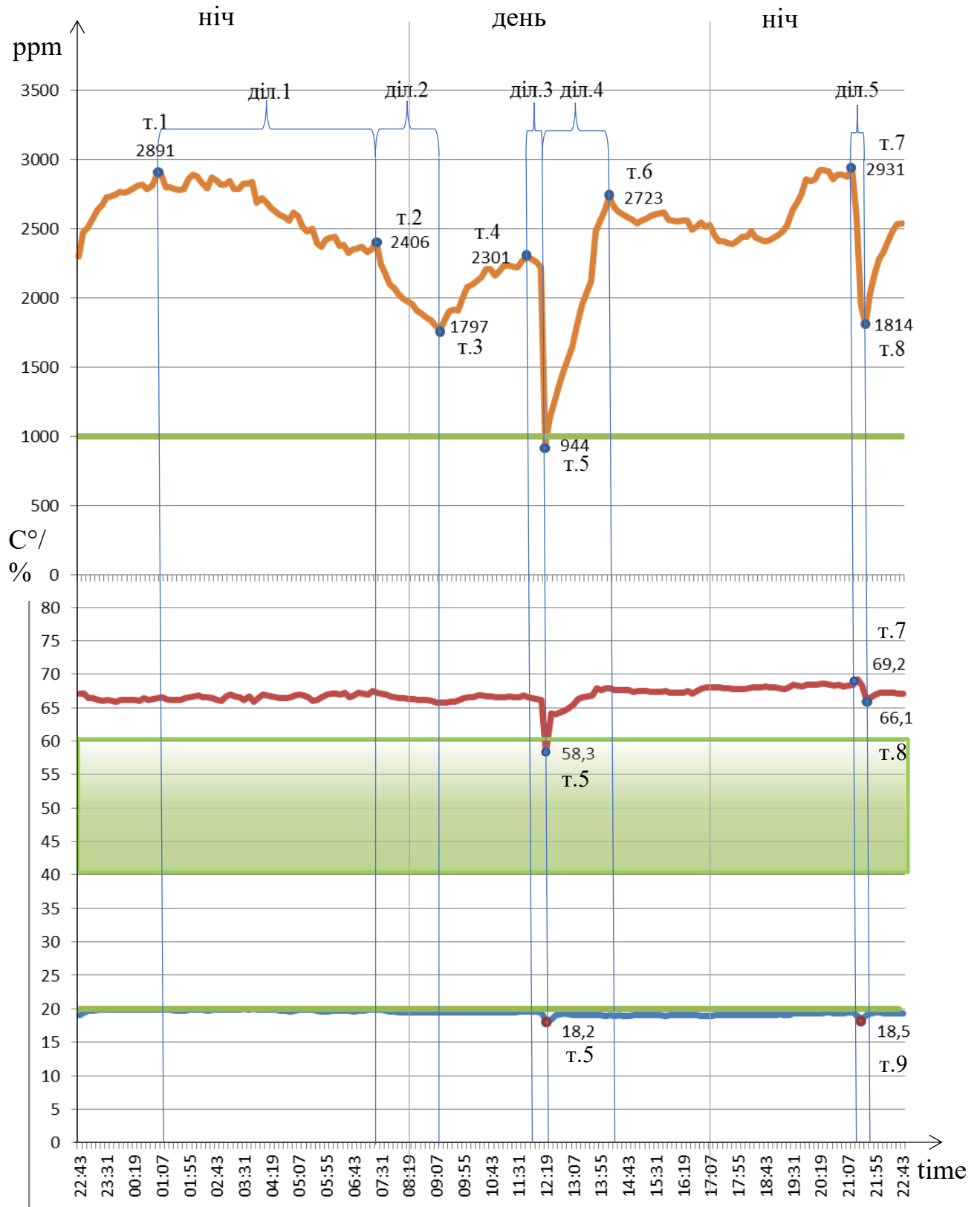


Рис.1.15 Графік першого дня дослідження приміщення №1; синій колір – температура (C°), червоний – вологість (%RH), помаранчевий – концентрація CO₂ (ppm), зелений – нормативні значення

Таблиця 1.5

Результати першого дня обстеження

№	Проміжок часу/ час	ppm	%	С°	Аналіз/Висновки
т.1	00:59	2891	66,4	19,9	Максимальне значення концентрації CO ₂ , досягнене за ніч
т.2	7:23	2406	67,2	19,9	Мінімальне значення концентрації CO ₂ , досягнене за ніч
т.3	9:07	1797	65,8	19,5	Мінімальне значення концентрації CO ₂ при відсутності людей
т.4	11:47	2301	66,5	19,6	Максимальне значення концентрації CO ₂ перед провітрюванням. Наявність двох людей
т.5	12:19	944	58,3	18,2	Найменше значення за цілу добу. Момент провітрювання приміщення
т.6	14:11	2723	67,9	19	Максимальне значення після провітрювання, в кімнаті знаходилось дві людини
т.7	21:15	2931	69,2	19,5	Найвище значення концентрації CO ₂ та вологості за всю добу. В приміщенні дві людини
т.8	21:39	1814	66,1	19,1	Досягнуті значення в момент провітрювання. Час зафіксований через 9 хв після закриття вікон
т.9	21:31	1949	68,3	18,5	Мінімальне значення температури в момент провітрювання
діл. 1	6 год 24хв	↓385	↑0,8	const	Падіння концентрації CO ₂ . Спостерігаємо явище інфільтрації в нічний час
діл. 2	2 год 15 хв	↓609	↓1,4	↓0,4	Падіння концентрації CO ₂ . Спостерігаємо явище інфільтрації в проміжок без людей в приміщенні
діл. 3	15 хв	↓1357	↓8,2	↓1,4	Час провітрювання. Висновок: 15 хв достатньо для досягнення нормативних показників концентрації CO ₂ та вологості
діл. 4	1 год 52 хв	↑1779	↑9,6	1,2↑	Підвищення концентрації CO ₂ та вологості до позначки, що вище позначки до провітрювання

					Висновок: в цей час доцільно ще раз зробити провітрювання
діл. 5	15 хв	↓1117	↓3,1	↓1	Час провітрювання. Пониження концентрації CO ₂ та вологості при провітрюванні не досягають нормативних, але якщо порівнювати з попереднім провітрюванням, падіння пунктів приблизно однакове за той же час, не зважаючи на знаходження двох людей. Висновок: бажано ввечері провітрювати 30 хв без людей в приміщенні.

Дата другої доби дослідження: 05.01-06.01.2021

Погодні умови: 05.01.21 23:00 t = +3C°, вологість 97%, похмуро, без опадів.
06.01.21 максимальна t = +10C°, мінімальна t = +2C°, вологість коливається від 63% до 100%, в день було ясно, але надвечір стало похмуро, густий туман.

Результати вимірювань наведені на рис.1.16 та таблиці 1.6.

За результатами, що наведені на рис.1.16, за добу спостерігаємо коливання температури в межах від 17,7 C° до 20 C°, коливання вологості від 66,8% до 71,5%, концентрація CO₂ коливається в межах від 1159 ppm до 3014 ppm.

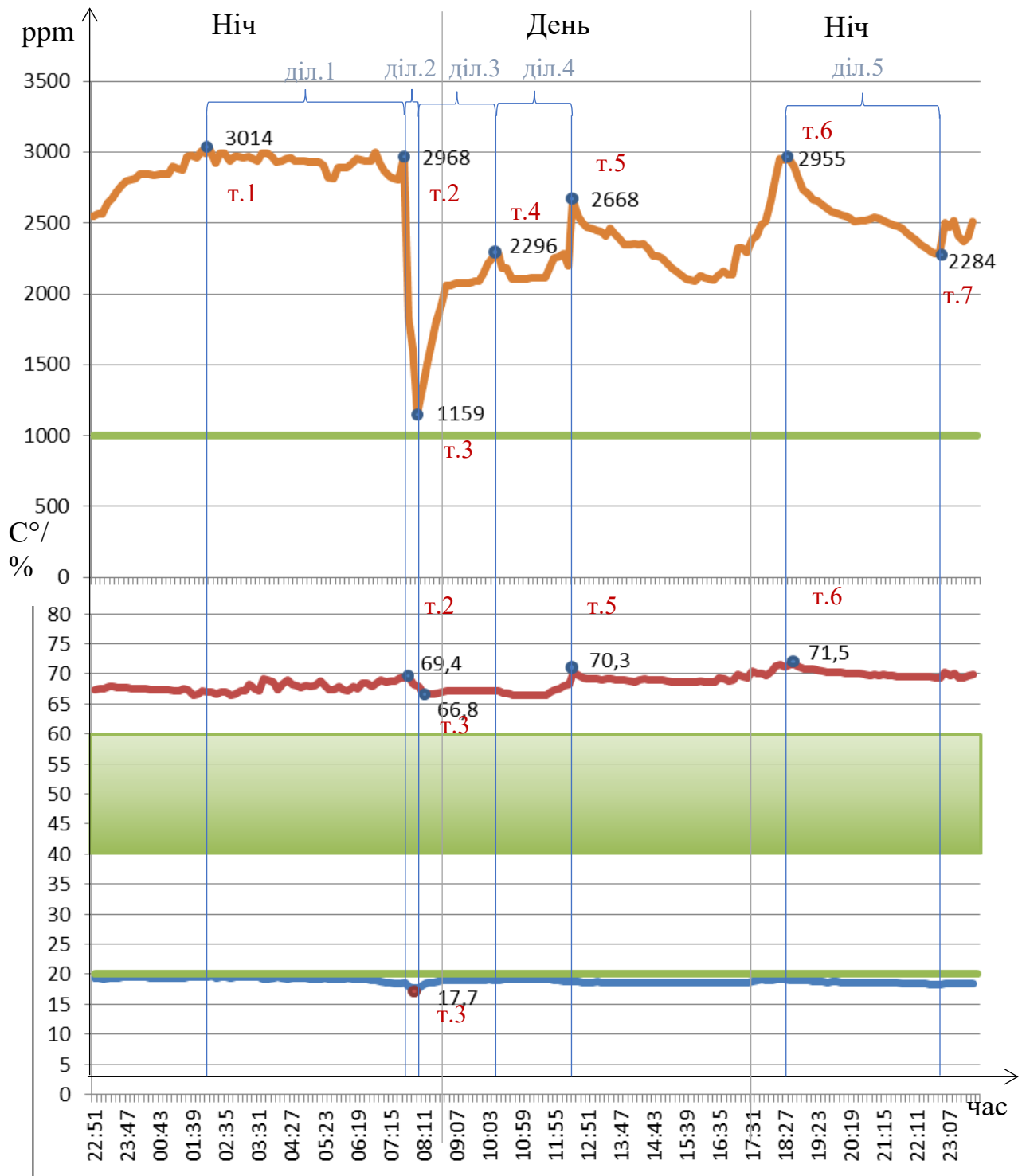


Рис. 1.16 Графік другого дня дослідження приміщення №1; синій колір – температура (C°), червоний – вологість (%RH), помаранчевий – концентрація CO₂ (ppm), зелений – нормативні значення

Таблиця 1.6

Результати другого дня обстеження

№	Проміжок часу/ час	ppm	%	С°	Аналіз/Висновки
т.1	2:11	3014	66,9	19,7	Максимальне значення концентрації CO ₂ за нічний період
т.2	7:39	2968	69,4	18,6	Мінімальне значення концентрації CO ₂ за нічний період
т.3	8:03	1159	66,8	17,7	Мінімальні значення, досягнуті при провітрювання
т.4	10:19	2296	67,2	19	Перший пік концентрації CO ₂
т.5	12:27	2668	70,3	18,8	Другий пік концентрації CO ₂
т.6	18:19	2955	71,5	19,1	Підвищення концентрації CO ₂ , вологості та температури в момент перебування в приміщенні великої домашньої тварини та однієї людини. Доцільно зробити ще одне провітрювання
т.7	22:43	2284	69,4	18,3	Зниження показників свідчить, що в приміщенні були відсутні люди
діл. 1	5 год 28 хв	↓46	↑2,5	↓1,1	За даний період не відбулося інфільтрації. Падіння концентрації CO ₂ не є показникові. Висновок: в даний проміжок часу потрібне провітрювання
діл. 2	25хв	↓1809	↓2,6	↓0,9	Провітрювання. Даного часу не було достатньо для досягнення нормативних значень. Висновок: збільшити час провітрювання до 30 хв
діл. 3	2 год 16 хв	↑1137	↑0,4	↑1,3	Підвищення концентрації CO ₂ та вологості. Висновок: в цей час доцільно ще раз зробити провітрювання
діл. 4	2 год 8 хв	↑372	↑3,1	↓0,2	Друге підвищення концентрації CO ₂ та вологості. В приміщенні знаходиться дві людини
діл. 5	4 год 24 хв	↓671	↓2,1	↓0,8	За даний проміжок часу спостерігаємо явище інфільтрації

1.8.4 Висновки

Було проведено практичне інструментальне дослідження одночасно трьох параметрів мікроклімату: температури, відносної вологості та концентрації вуглекислого газу для житлового будинку в умовах м. Херсон.

За результатами проведених досліджень виявлені етапи експлуатації приміщень, в яких не виконуються нормативні умови комфортного перебування.

Важливість мікроклімату безсумнівна, за результатами дослідження було встановлено ряд недоліків, які потрібно усунути:

Герметичність будівлі, через саморобне утеплення будівлі та встановлення нових металопластикових вікон. Можливо, і є економія на опалення, але підвищенні показники вологості та концентрації CO₂ доводять, що встановлення таких модернізацій без справної вентиляції тільки шкодить здоров'ю людей, які проживають в такій будівлі.

На момент, коли в більшості будівель спостерігається пересушування повітря, на об'єкті обстеження за рахунок обігрівачів досягається верхня границя вологості для житлових будинків. Цей показник викликає некомфортне перебування в приміщенні та є однозначною загрозою здоров'ю людей. В приміщенні вже наявна пліснява, вологість допомагає їй розвиватися.

Основними рекомендаціями по усуненню цих недоліків є встановлення механічної припливно-витяжної вентиляції з рекуперацією тепла. Для кухні та ванної кімнати – витяжна система, для основної будівлі – канали, які будуть нагнітати свіже повітря.

1.9 Приклад 3 звіту обстеження з вимірювання якості повітря**1.9.1 Загальні відомості щодо об'єктів обстеження**

Квартира в житловому будинку

1.9.2 Параметри об'єкту:

Таблиця 1.7

Замовник	Квартира
Адреса об'єкту	м. Дніпро
Дата	09.06.24
Модель приладу:	Testo 160
Серійний номер	-
Виконавець	П.І.Б

Опис конструкції будівлі			
Температура зовнішнього повітря, С°		Температура повітря всередині, С°	
Різниця температур між внутрішнім та зовнішнім повітрям, С°		Погодні умови Інші важливі чинники, що впливають на результати	сухо, безхмарно, без вітру

Повна назва установи	-				
Відповідальна особа за проведення обстеження (ПІБ, тел., e-mail)	П.І.Б., контактні дані				
#п.п.	Назва будівлі	Адреса будівлі	Призначення будівлі	Рік побудови	Кількість поверхів
1					

1.9.3 Отримані результати під час вимірювання

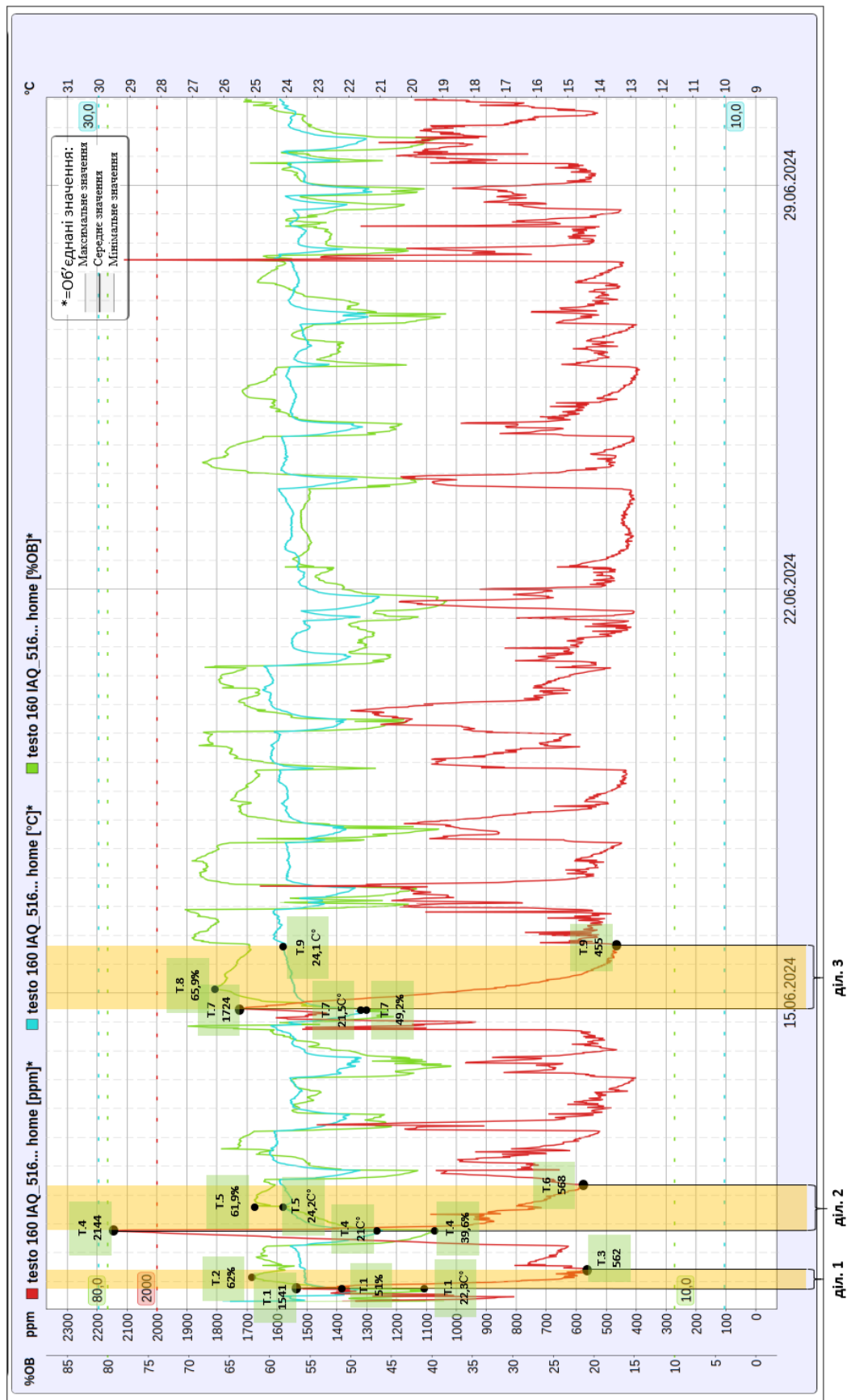


Рис. 1.17 Результати вимірювання параметрів мікроклімату будівлі

За результатами, що наведені на рис. 1.17, за період вимірювання спостерігаємо коливання температури в межах від 20,9 С° до 26 С°, коливання вологості – від 37,7% до 70,5%, концентрація CO₂ коливається в межах від 387 ppm до 2147 ppm.

Для аналізу було обрано деякі фрагменти графіку, на якому показані великі коливання параметрів мікроклімату, результати аналізу наведено у таблиці 1.8.

Таблиця 1.8

Результати обстеження

№	Проміжок часу/ час	ppm	%	С°	Аналіз/Висновки
т.1- т.3	9.06 (21:00)- 10.06 (5:00)	1541- 562	51- 58,2	22,3- 23,4	Велике значення концентрації CO ₂ спостерігається під час роботи кондиціонера, що супроводжується зниженням температури та рівня вологості. У період провітрювання приміщення показники мікроклімату змінюються: рівень CO ₂ знижується, а температура та вологість підвищуються
т.4- т.6	10.06 (21:00)- 11.06 (15:30)	2144- 568	39,6- 59,6	21- 24,1	Велике значення концентрації CO ₂ в результаті роботи кондиціонера та період зміни параметрів в процесі провітрювання
т.7- т.9	14.06 (17:30)- 15.06 (20:00)	1724- 455	49,2- 62,5	21,5- 24,1	Велике значення концентрації CO ₂ в результаті роботи кондиціонера та період зміни параметрів в процесі провітрювання
т.1	9.06 (21:09)	1541	51	22,3	Найбільше значення концентрації CO ₂ на початку вимірювання
т.2	10.06 (2:15)	638	62	23,4	Зменшення значення концентрації CO ₂ в результаті провітрювання приміщення та вимкнення кондиціонера

РОЗДІЛ 1. ПАРАМЕТРИ МІКРОКЛІМАТУ: ТЕМПЕРАТУРА, ВОЛОГІСТЬ, CO₂

					Збільшення вологості повітря та температури приміщення
т.3	10.06 (5:00)	562	58,2	23,4	Досягнуте значення концентрації CO ₂ після провітрювання
т.4	10.06 (21:00)	2144	39,6	21	Максимальне значення концентрації CO ₂ за період вимірювання. Значення перед провітрюванням приміщення
т.5	11.06 (8:45)	750	61,9	24,2	Зменшення значення концентрації CO ₂ в результаті провітрювання приміщення та вимкнення кондиціонера. Збільшення вологості повітря та температури приміщення
т.6	11.06 (15:30)	568	59,6	24,1	Досягнуте значення концентрації CO ₂ після провітрювання
т.7	14.06 (17:30)	1724	49,2	21,5	Значення концентрації CO ₂ перед провітрюванням приміщення
т.8	15.06 (3:45)	767	65,9	23,8	Зменшення значення концентрації CO ₂ в результаті провітрювання приміщення. Зростання вологості повітря та температури в період провітрювання приміщення
т.9	15.06 (20:00)	455	62,5	24,1	Досягнуте значення концентрації CO ₂ після провітрювання
діл. 1	8 год	↓979	↑7,2	↑1,1	Падіння концентрації CO ₂ . Період провітрювання та вимкнення кондиціонера. Зростання температури приміщення та вологості повітря
діл. 2	18 год 30 хв	↓1576	↑20	↑3,1	Падіння концентрації CO ₂ . Період провітрювання та вимкнення кондиціонера. Зростання температури приміщення та вологості повітря
діл. 3	26 год 30 хв	↓1269	↑13,3	↑2,6	Падіння концентрації CO ₂ . Період провітрювання та

					вимкнення кондиціонера. Зростання температури приміщення та вологості повітря
--	--	--	--	--	--

1.9.4 Висновки та рекомендації

На графіку показано результати моніторингу параметрів мікроклімату в приміщенні, які включають рівень CO₂, відносну вологість та температуру повітря. Дані були зібрані протягом місяця за допомогою приладу Testo 160. На графіку чітко видно зміни параметрів у різні періоди часу, що дозволяє зробити висновки щодо впливу різних факторів на мікроклімат приміщення.

В процесі аналізу визначено, що під час використання кондиціонера рівень CO₂ збільшується, температура та рівень вологості знижуються. Це свідчить про те, що кондиціонер охолоджуючи повітря, не забезпечує достатнього обміну повітря в приміщенні, що призводить до накопичення CO₂.

Навпаки, при провітрюванні приміщення та вимкненому кондиціонері рівень CO₂ знижується, а відносна вологість та температура підвищуються. Це пов'язано з тим, що провітрювання сприяє оновленню повітря, зменшуючи концентрацію CO₂ і підвищуючи рівень вологості завдяки припливу зовнішнього повітря.

Рекомендується забезпечити належну вентиляцію приміщення під час використання кондиціонера, щоб знизити рівень CO₂. Це можна досягти шляхом регулярного провітрювання або встановлення системи припливно-витяжної вентиляції. Регулярне провітрювання приміщення не тільки знижує рівень CO₂, але й допомагає підтримувати оптимальні параметри мікроклімату, зокрема вологість та температуру.

Встановлення датчиків для моніторингу рівня CO₂, вологості та температури дозволить оперативно реагувати на зміни параметрів мікроклімату і вчасно вживати заходів для їх коригування.

Рекомендується періодично вимикати кондиціонер та провітрювати приміщення, особливо якщо рівень CO₂ значно зростає. Це допоможе

підтримувати баланс між комфортною температурою і якістю повітря в приміщенні.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ ПО РОЗДІЛУ

1. Що таке мікроклімат приміщення та які основні параметри мікроклімату?
2. Які нормативні значення температури повітря встановлені для житлових приміщень згідно ДБН В.2.6-31:2021?
3. Чи відповідає температура 20–24 °С для офісів, та шкіл згідно з нормами?
4. Який допустимий рівень CO₂ у приміщенні в робочий/навчальний час (в ppm) та яким чином перевищення концентрації CO₂ у приміщенні може впливати на самопочуття людей?
5. У яких одиницях вимірюється показник CO₂ та який фізичний зміст показника?
6. Назвіть прилади, які застосовуються для вимірювання температури, вологості та рівня CO₂ у приміщенні.
7. Які оптимальні значення вологості рекомендуються для житлових приміщень?
8. Яке розташування логгерів є оптимальним для точного вимірювання параметрів мікроклімату в приміщеннях?
9. Які фактори можуть впливати на підвищення вологості у приміщенні?
10. Чи є сезонні коливання вологості – надмірна сухість взимку або вологість влітку, і чому це виникає?
11. Чи впливає робота систем вентиляції, опалення або кондиціонування на вологість?

РОЗДІЛ 2. ОБСТЕЖЕННЯ ОСВІТЛЕННЯ



2.1 Вступ

Метою розділу навчально-практичного посібника є надання чітких та послідовних інструкцій з вимірювання освітленості внутрішніх приміщень будівель. Рекомендації призначені для фахівців у сфері будівництва, архітектури, інженерії та інших пов'язаних галузей.

Дотримання даних рекомендацій та відповідність вимогам нормативно-технічних документів України щодо освітленості приміщень, допоможе забезпечити та підвищити якість освітлення, комфорт та продуктивність працівників.

Освітленість, вимірювана в люксах (лк), є важливим параметром, що впливає на зоровий комфорт та загальне самопочуття людей. Правильне вимірювання та аналіз рівня освітленості дозволяє оптимізувати умови освітлення у різних приміщеннях, що сприяє підвищенню ефективності роботи та поліпшенню умов праці.

2.2 Теоретичні основи – терміни та визначення понять

Світло – це вид електромагнітного випромінювання, що сприймається людським оком. Основні характеристики світла, що впливають на освітленість:

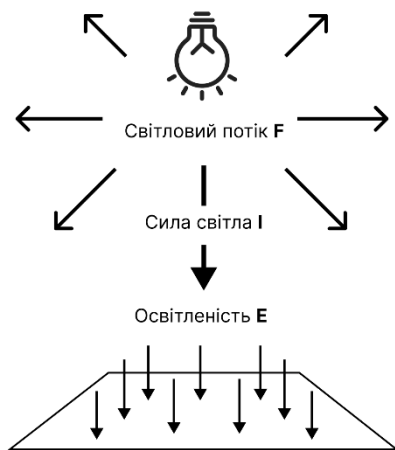


Рис. 2.1 Світловий потік, сила світла, освітленість.

1. Світловий потік F (люмен, лм) – загальна кількість світла, що випромінюється джерелом світла в усі напрямки (рис. 2.1).
2. Сила світла I (кандела, кд) – міра світлової потужності, що випромінюється в певному напрямку.
3. Освітленість E (люкс, лк) – визначає кількість світлового потоку, що падає на одиницю площі. Один люкс дорівнює одному люмену на квадратний метр. Люкси використовуються для оцінки рівня освітлення в приміщеннях та на відкритих просторах.

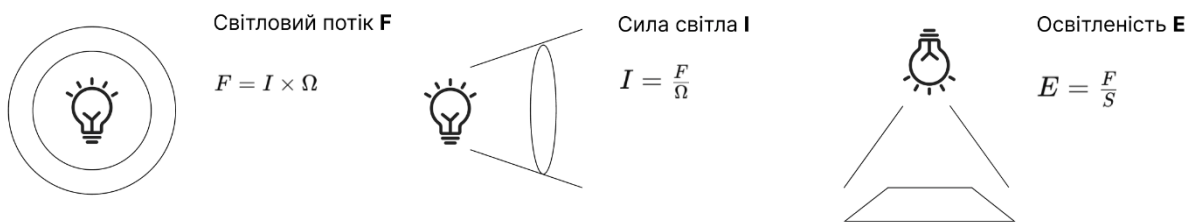


Рис. 2.2 Взаємозв'язок між одиницями вимірювання

1. **Світловий потік F (люмен, лм)** визначає загальну кількість світла, що випромінюється джерелом світла. Це базовий параметр, від якого залежать інші показники.
2. **Сила світла I (кандела, кд)** описує, скільки світлової енергії випромінюється в певному напрямку з джерела світла. Вона базується на світловому потоці, але враховує напрямок випромінювання.
3. **Освітленість E (люкс, лк)** визначає, скільки світлового потоку падає на одиницю площі. Освітленість залежить від світлового потоку та відстані від джерела світла до освітлюваної поверхні.

Таким чином, світловий потік у люменах дає загальну кількість світла, сила світла у канделах показує, як цей світловий потік розподіляється в певному напрямку, а освітленість у люксах вказує на те, як ефективно це світло освітлює поверхню. Ці показники разом допомагають зрозуміти та оцінити якість освітлення в різних умовах.

Освітленість в люксах дозволяє оцінити, наскільки добре освітлена поверхня.

Коефіцієнт природної освітленості (КПО) – відношення природної освітленості в певній точці всередині приміщення до одночасної зовнішньої освітленості на відкритій горизонтальній площині, виражене у відсотках.

Циліндрична освітленість – характеристика насиченості приміщення світлом, що визначається як середня щільність світлового потоку на поверхні вертикально розташованого у приміщенні циліндра, радіус та висота якого прямує до нуля.

Застосування циліндричної освітленості

- Оцінка якості освітлення в інтер'єрах: використовується для забезпечення рівномірного освітлення в приміщеннях, де люди переміщуються і взаємодіють, щоб уникнути тіней і створити комфортне освітлене середовище.
- Музеї та галереї: допомагає оцінити освітлення експонатів, забезпечуючи рівномірне підсвічування з усіх боків.
- Вуличне освітлення: застосовується для оцінки ефективності освітлення вулиць і площ, де важливо забезпечити рівномірне освітлення для безпеки та зручності.

Середня освітленість – освітленість, усереднена по площі освітлюваних приміщень, ділянки, робочої зони.

Недостатнє або надмірне освітлення може призводити до втоми очей, головного болю та зниження концентрації уваги. Наприклад, оптимальний рівень освітленості для офісних приміщень залежить від типу виконуваної роботи, але зазвичай він становить 500 лк для робочих місць з використанням комп'ютерів.

Штучне освітлення поділяють на робоче, аварійне, охоронне, чергове. Аварійне освітлення поділяють на освітлення безпеки та евакуаційне. Розрізняють такі системи штучного освітлення: загальне, місцеве та комбіноване.

Заборонено використовувати тільки місцеве освітлення, оскільки воно спричиняє значну нерівномірність освітлення, що підвищує втомлюваність очей та може призвести до нервових розладів.

При виборі освітлювальних приладів для приміщень важливо враховувати не лише основні параметри, такі як рівень освітленості та енергоефективність, а й додаткові характеристики, які можуть значно вплинути на комфорт працівників та загальну атмосферу в офісі. До таких параметрів належать:

Температура світла (Color temperature, T_c):

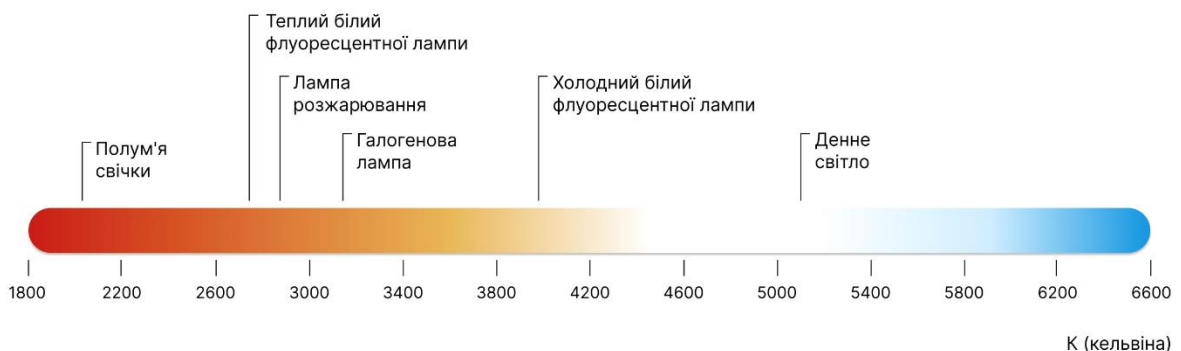


Рис. 2.3 Шкала температури світла

Вимірюється в кельвінах (K) і описує відтінок світла, яке випромінює лампа. Низька температура світла (2700K–3000K) створює тепле, затишне світло, тоді як висока температура світла (5000K–6500K) забезпечує холодне, майже денне освітлення. Для офісів зазвичай використовується світло з температурою близько 4000K–5000K, що сприяє концентрації та ефективності.

Ступінь відблиску (Unified Glare Rating – UGR): цей показник вимірює рівень дискомфорту, який людина відчуває від відблиску світла на поверхнях. UGR менше 19 вважається низьким та прийнятним для офісних просторів, де

важливо мінімізувати дискомфорт від відблиску, особливо на моніторах комп'ютерів. Це важливо й вдома, де розташовані робочі зони з комп'ютером.

Індекс передачі кольору (Color Rendering Index – CRI, R_a): вказує на точність, з якою світло лампи передає кольори в порівнянні зі світлом природного джерела (сонця). Високий CRI (ближче до 100) означає, що кольори під освітленням виглядають природніше, що є важливим для робіт, де критично важлива точна колірна відповідність.

Кольорова вірність (Color Fidelity): це відносно новий показник, який оцінює якість кольоропередачі світлових джерел по шкалі від 0 до 100. Він аналогічний CRI, але забезпечує більш повну картину того, як світло впливає на сприйняття різних кольорів.

Спектральний склад світла (Spectral composition of light): описує розподіл енергії світла по різних довжинах хвиль. Важливість цього параметру зростає з увагою до впливу світла на циркадні ритми людини, особливо важливо для приміщень без доступу до природного освітлення.

Люксметр: прилад для вимірювання освітленості, який перетворює світловий потік, що падає на його сенсор, у електричний сигнал, який потім калібрується та відображається у вигляді показників освітленості на дисплеї приладу.

2.3 Нормативно–технічні документи України з освітлення внутрішніх приміщень будівель

В Україні нормування освітленості та вимірювання освітленості в приміщеннях контролюється за допомогою ДБН В.2.5–28:2018 – «Природне і штучне освітлення» [8], досить чинним ДСТУ Б В.2.2–6–97 «Будинки і споруди. Методи вимірювання освітленості» [9] та ДСТУ EN 12464–1:2016 «Світло та освітлення. Освітлення робочих місць. Частина 1: Внутрішні робочі місця» [10].

ДБН В.2.5–28:2018 – «Природне і штучне освітлення» [8].

Стандарт встановлює вимоги до проектування систем природного і штучного освітлення в будинках і спорудах. Метою є забезпечення оптимальних

умов освітлення, які сприяють комфортній та безпечній роботі, а також збереженню здоров'я людей.

ДБН В.2.5–28:2018 [8] застосовується до проектування освітлення в житлових, громадських і промислових будівлях, а також на територіях населених пунктів і поза ними.

Встановлені мінімальні норми природної освітленості для різних типів приміщень, які забезпечують достатній рівень денного світла. Розглядаються питання інсоляції та заходи для запобігання перегріву приміщень влітку.

Вимоги до рівнів штучного освітлення для забезпечення зорового комфорту та безпеки. Стандарт визначає параметри освітлювальних приладів, методи їх розміщення та способи забезпечення рівномірного освітлення приміщень.

Описано вимоги до аварійного освітлення, яке має забезпечити безпеку людей у разі відключення основного живлення. Це включає евакуаційне освітлення, освітлення зон з високим ризиком та інші спеціальні умови.

Розглядаються заходи для підвищення енергоефективності систем освітлення, включаючи використання енергозберігаючих ламп, автоматизацію систем освітлення та інші сучасні технології.

Вимоги до складання проектної документації та звітів за результатами проектування систем освітлення. Включаються дані про рівні освітленості, використані матеріали, методи розрахунку та обґрунтування прийнятих рішень.

ДСТУ Б В.2.2–6–97 «Будинки і споруди. Методи вимірювання освітленості» [9].

Стандарт визначає методи вимірювання освітленості у приміщеннях будинків і споруд, а також на робочих місцях. Метою є забезпечення належних умов освітлення, що відповідають вимогам безпеки та комфорту.

Стандарт охоплює вимірювання мінімальної, середньої та циліндричної освітленості, а також коефіцієнта природної освітленості (КПО) в приміщеннях. Також встановлюються методи вимірювання мінімальної освітленості в місцях виконання робіт поза будинками.

Описані методики вимірювання освітленості включають визначення точок вимірювання, умови проведення вимірювань, а також процедури для отримання точних даних. Зазначається важливість правильного розташування точок вимірювання, встановлення приладів на певній висоті, проведення кількох вимірювань для отримання середніх значень тощо.

Вимоги до приладів, що використовуються для вимірювання освітленості, такі як люксметри. Підкреслюється необхідність регулярного калібрування приладів для забезпечення достовірності результатів.

Вимоги до складання звітів за результатами вимірювань, які повинні містити всі вихідні дані, середні значення освітленості та порівняння з нормативними показниками. Включення висновків щодо відповідності умов освітлення нормативам і рекомендацій для покращення освітленості, якщо це необхідно.

Ці норми застосовуються до проектування освітлення житлових, громадських та виробничих приміщень, як новобудов, так і існуючих будівель, що підлягають реконструкції. Норми включають вимоги до природного та штучного освітлення, зокрема використання світловодів для природного освітлення.

ДСТУ EN 12464–1:2016 «Світло та освітлення. Освітлення робочих місць. Частина 1: Внутрішні робочі місця» [3].

Це українська адаптація європейського стандарту **EN 12464–1** [3]. Цей стандарт встановлює вимоги до рішень щодо освітлення робочих місць, які призначені для задоволення потреб у візуальному комфорті та продуктивності. Він охоплює ряд критеріїв, включаючи:

- **Рівні освітленості:** визначає мінімальні рівні освітленості для різних типів завдань та середовищ, щоб забезпечити адекватну видимість та комфорт для виконання завдань.
- **Якість світла:** враховує такі фактори, як контроль блиску, напрямок світла та кольорові властивості джерел світла, щоб забезпечити підходяще візуальне середовище для більшості користувачів та виконуваних завдань.

- **Енергоефективність:** хоча основна увага приділяється якості та комфорту світла, стандарт також враховує ефективність освітлювальних рішень у контексті ширших екологічних цілей та споживання енергії.

Стандарт надає детальні настанови щодо рекомендованих рівнів освітленості для різних завдань та способи досягнення цих рівнів за допомогою відповідних освітлювальних приладів, розташування та систем управління. Стандарт має на меті покращення робочого середовища, одночасно враховуючи аспекти здоров'я та безпеки, пов'язані з освітленням.

2.4 Принцип роботи приладу для вимірювання освітленості

Люксметр перетворює падаючий на сенсор світловий потік у електричний сигнал. Цей сигнал потім калібрується і відображається як значення освітленості на дисплеї пристрою. Сенсори цих приладів зазвичай чутливі до широкого спектра світла, охоплюючи видимий і близький до інфрачервоного діапазони.

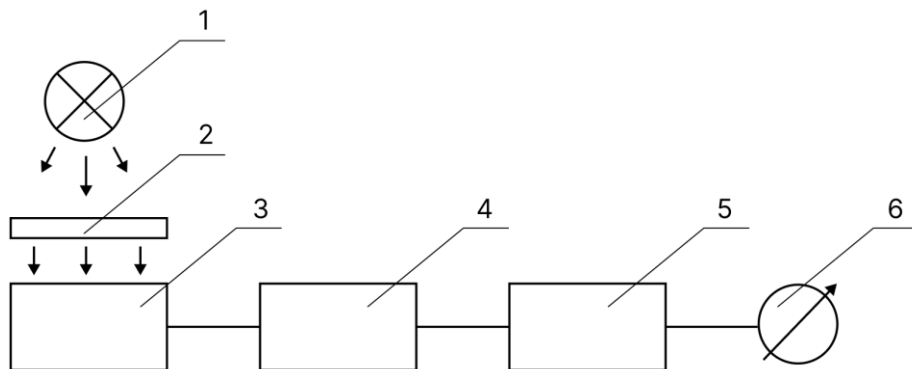


Рис. 2.4 Принципова схема люксметра 1 – джерело світла, 2 – фільтр, 3 – світлочутливий елемент. 4 – підсилювач, 5 – мікропроцесор, 6 – дисплей

1. Джерело світла
2. Фільтри: щоб наблизити характеристики вимірювань до сприйняття людського ока, використовуються світлофільтри. Найчастіше це кольорові корекційні фільтри.

3. Світлочутливий елемент: це фотодетектор, який реагує на світло. Найпоширенішим типом фотодетектора є фотодіод або фоторезистор. Він перетворює світлову енергію в електричний сигнал.
4. Електронний підсилювач: він підсилює сигнал, отриманий від фотодетектора, щоб його можна було виміряти та проаналізувати.
5. Мікропроцесор: обробляє сигнал та виконує необхідні розрахунки для визначення рівня освітленості.
6. Дисплей: показує результати вимірювань у люксах (лк).

Ці пристрої служать мостом між суб'єктивним сприйняттям світла та його об'єктивним вимірюванням, і їх калібрування відіграє вирішальну роль у підтримці їх точності та надійності. Калібрування люксметра на етапі його виробництва є критично важливим для забезпечення точності та надійності вимірювань у реальних умовах експлуатації.

2.5. Проведення обстеження

При проведенні вимірювань важливо забезпечити правильне розташування люксметра в просторі робочої зони, уникати прямих відблисків та інших чинників, які можуть вплинути на точність показників. Переконайтеся, що прилад пройшов калібрування відповідно до інструкцій виробника та має відповідний сертифікат.

2.5.1 Типи вимірювань освітленості за ДСТУ Б В.2.2–6–97 [2].

- **Штучне освітлення:** вимірювання проводяться в умовах відсутності природного світла (вночі або з затемненими вікнами). Оцінка ефективності та рівномірності освітлення від штучних джерел світла.

- **Природне освітлення:** вимірювання проводяться виключно при природному освітленні (вдень, без ввімкнених ламп). Враховується вплив погодних умов і часу дня.

- **Змішане освітлення:** вимірювання проводяться при одночасному використанні природного та штучного освітлення. Оцінка загальної освітленості приміщення, з урахуванням усіх джерел світла.

2.5.2 Розташування точок вимірювання

- Вибір кількох контрольних точок залежно від розміру та призначення приміщення (центральна частина, робочі зони, зони проходу).

- У великих приміщеннях слід використовувати сітку з кроком 1–2 метри для точнішої оцінки. Мінімальне число контрольних точок N для вимірювання визначають, виходячи з розмірів приміщення та висоти підвісу світильників над робочою поверхнею за таблицею 2 [9]. За для цього використовують індекс приміщення (ІП), який розраховується за такою формулою з того ж ДСТУ (формула 2.1) для прямокутних приміщень:

$$IP = \frac{A \times B}{H_m \times (A + B)} \quad (2.1)$$

де:

A – довжина приміщення, м;

B – ширина приміщення, м;

H_m – висота робочої поверхні до поверхні освітлювального приладу, м.

У Додатку А (рекомендований) [9] наведені схеми розташування точок вимірювання.

2.5.3 Методика вимірювання

- Вимірювання освітленості на робочій поверхні (висота 0,75 м від підлоги для офісів, столів, робочих станцій).

- Для загальних зон та проходів вимірювання освітленості на висоті 1,2–1,5 м від підлоги.

- Вимірювання на вертикальних поверхнях проводяться на висоті, яка відповідає використанню поверхні (наприклад, для дошок в школах – на рівні очей людини, що сидить або стоїть).

2.5.4 Умови вимірювання

- Забезпечення чистоти вікон та освітлювальних приладів.
- Виключення стороннього світла (якщо можливо) для точності вимірювань штучного освітлення.
- Встановлення робочого стану всіх освітлювальних приладів.
- Вимірювання проводяться при стабільних умовах, без зміни зовнішніх освітлювальних факторів.
- На вимірювальний фотометричний датчик не повинна падати тінь від людини.
- Вимірювальний прилад не повинен розташовуватись поблизу сильних магнітних полів.
- Повторення вимірювань для точності (наприклад, триразове вимірювання в одній точці).

2.5.5 Обробка даних

- Здійснюється внесення даних у таблицю з Додатку Б [9] для подальшого аналізу.
- Визначення мінімальних і максимальних значень освітленості в приміщенні для оцінки рівномірності освітлення.
- Побудова теплової карти розподілу освітленості для візуального представлення зон з різним рівнем освітлення.

2.5.6 Порівняння з нормативами

- Порівняння отриманих даних з нормативними значеннями для конкретного типу приміщення та зони життєдіяльності. Оцінку результатів вимірювань штучної освітленості слід проводити у відповідності з таблицею 3 [9].
- Визначення відхилень та можливих причин.

2.5.7 Звіт з результатами вимірювань

- Оформлення звіту з результатами вимірювань, порівнянням з нормативами, та висновками.
- Додавання рекомендацій щодо покращення освітлення (наприклад, додавання освітлювальних приладів, заміна ламп на більш ефективні, оптимізація розташування робочих зон).
- До звіту додається план-схема приміщення з відмітками (номерами точок вимірювання) та описом вимірювання за призначенням приміщення. Це допомагає наочно продемонструвати місця вимірювань та полегшує аналіз результатів.

Цей загальний покроковий план дозволяє систематично підходити до вимірювання освітленості приміщень, враховуючи специфіку кожного типу приміщення та відповідні норми. Дотримання цього плану допоможе забезпечити комфортні та безпечні умови для всіх видів діяльності у приміщенні.

2.6 Проведення обстеження на прикладі приладу від компанії Testo 440 з виносним датчиком освітленості



Рис 2.5 Люксметр Testo 440 з виносним сенсором

Testo 440 – це універсальний багатофункціональний прилад для моніторингу мікроклімату у приміщеннях. З виносним датчиком освітленості він може точно вимірювати освітленість, що робить його придатним для різних задач, включаючи безпеку на робочому місці, інспекції будівель та забезпечення належних умов освітлення у різних середовищах.

Технічні характеристики

- Дисплей: графічний дисплей з підсвічуванням
- Пам'ять: внутрішня пам'ять для 7 500 вимірювань
- Інтерфейси: USB для передачі даних, Bluetooth для бездротових зондів
- Живлення: батареї типу AA або додатковий акумуляторний блок
- Робоча температура: –20 до +50 °C
- Розміри: 154 x 65 x 32 мм (без зонда)
- Вага: приблизно 250 г (без зонда)

Датчик освітленості (Зонд для вимірювання освітленості)

- Діапазон вимірювань: 0 до 100 000 люкс
- Точність: $\pm 3\%$ від виміряного значення (+10 до +30 °C, <75% RH)
- Роздільна здатність: 0.01 люкс (до 100 люкс), 0.1 люкс (до 1 000 люкс), 1 люкс (до 100 000 люкс)
- Час відгуку: 1 секунда
- Робоча температура: –10 до +50 °C
- Розміри: діаметр головки зонда: 40 мм, довжина зонда: 200 мм
- Вага: приблизно 100 г

Застосування

- Безпека на робочому місці: забезпечення відповідності стандартам освітленості на робочих місцях.
- Інспекції будівель: перевірка умов освітлення в житлових та комерційних будівлях.

- Контроль якості: моніторинг умов освітлення у виробничих та промислових середовищах.
- Освітні заклади: перевірка умов освітлення в школах, університетах та навчальних центрах.

Testo 440 з виносним датчиком освітленості забезпечує надійні та точні вимірювання для широкого спектру умов освітлення, роблячи його необхідним інструментом для професіоналів у різних галузях.

Коли в офісному приміщенні обмежений доступ до природного світла через вікна, виникає необхідність розробити особливий проєкт освітлення, який відповідає стандартам для громадських приміщень. Такий підхід може покращити комфорт та продуктивність співробітників, а також забезпечити відповідність з вимогами безпеки та енергоефективності.

2.7 Приклад проведення обстеження та вимірювання



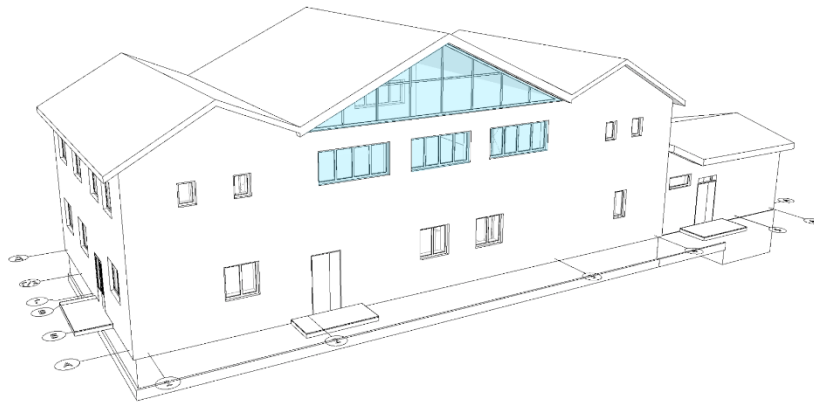
Рис 2.7 Загальний вигляд приміщення

Приміщення має 18 автоматизованих робочих місць. Освітлення – 20 світлодіодних ламп Brille 24W/864 E27 CW G95 (PL–SP) 220V, розташованих на висоті 2,8 м.

Обстеження системи освітлення виявило проблему точкового включення ламп над окремими робочими місцями, та відсутності загального освітлення, що додатково знижує освітленість приміщення.

Вимірювання проводилися у сонячну погоду об 11 годині ранку у другий тиждень жовтня. Згідно формулі індексу приміщення та таблиці 2 [9] розбиваємо приміщення на N=9 точок.

$$ІП = \frac{A \times B}{H_m \times (A + B)} = \frac{11.3 \times 12}{2.8 \times (11.3 + 12)} = 2$$



*Рис.2.8. Загальний вид будівлі та вікна мансардного приміщення,
де проведено вимірювання*

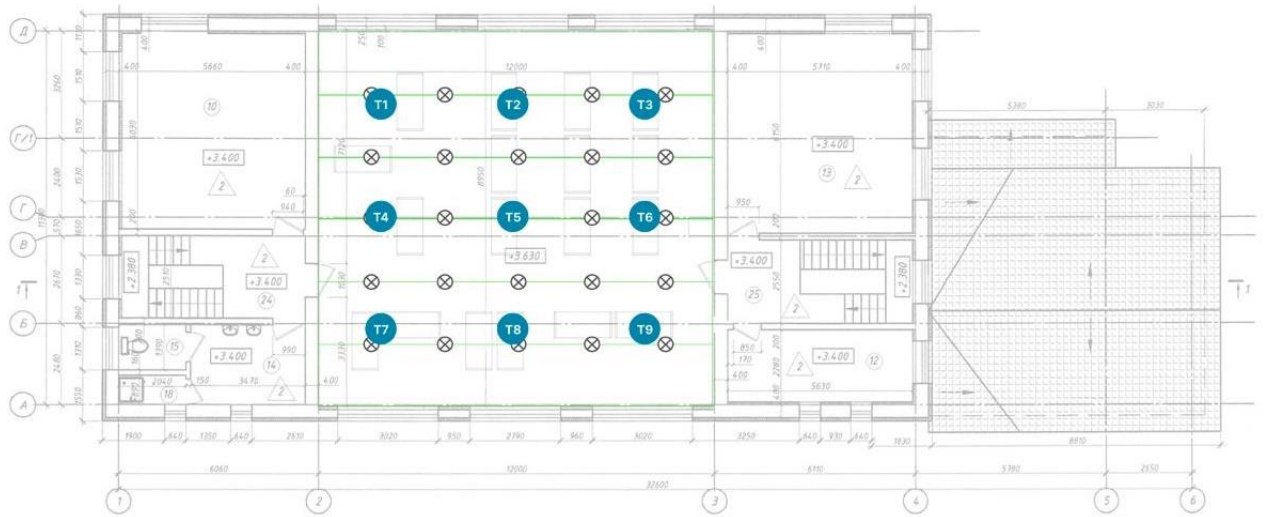


Рис.2.9 Схема розташування точок вимірювань освітленості та розташування наявних світильників з кріпленням до основи металевих ферм даху



*Рис. 2.10. Використані прилади для дослідження:
зліва – Testo 440, справа – Flus MT-91*

Протокол вимірювань освітленості у виробничих та громадських приміщеннях

Найменування (номер) приміщення ООО «Ледум» приміщення номер 1 (другий поверх, мансарда)

Номер приладу _____

Дата проведення вимірювань 11.10.2023Напруга мережі 225 В
(на початку вимірювань) 225 В
(в кінці вимірювань)Найменування чинного нормативного документа: ДБН В.2.5–28:2018, ДСТУ EN 12464–1:2016 ДСТУ Б В.2.2–6–97Стан освітлювальної установки: місцеве освітлення працює задовільно

№ контрольн их точок	Місце вимірювання, найменування робочої поверхні	Площина вимірювання (горизонтальна, вертикальна, похила) – висота від підлоги, м	Виміряна, лк			Освітленість, лк фактична			Нормована			Висновок про ступінь відповідності освітлення на робочому місці чинним нормам
			Комбіноване освітлення		Загальне освітлення	Комбіноване освітлення		Загальне освітлення	Комбіноване освітлення		Загальне освітлення	
			загальне	загальне + місцеве		загальне общее	загальне + місцеве		загальне общее	загальне + місцеве		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Поверхня столу	гор.0.8 м	77	215.1	–	–	–	–	200–300	500	–	не відповідає
2	Поверхня столу	гор.0.8 м	87	221	–	–	–	–	200–300	500	–	не відповідає
3	Поверхня столу	гор.0.8 м	99	243	–	–	–	–	200–300	500	–	не відповідає
4	Поверхня столу	гор.0.8 м	67	213.5	–	–	–	–	200–300	500	–	не відповідає
5	Поверхня столу	гор.0.8 м	72	267	–	–	–	–	200–300	500	–	не відповідає
6	Поверхня столу	гор.0.8 м	80	254.3	–	–	–	–	200–300	500	–	не відповідає
7	Поверхня столу	гор.0.8 м	81	226	–	–	–	–	200–300	500	–	не відповідає
8	Поверхня столу	гор.0.8 м	73	228	–	–	–	–	200–300	500	–	не відповідає
9	Поверхня столу	гор.0.8 м	67	235	–	–	–	–	200–300	500	–	не відповідає

Висновок щодо обстеження освітлювальності: Освітлення робочих місць не відповідає нормам

Виконавець _____ Замовник _____

2.7.1 Результати вимірювання та висновки

Результатами вимірювання є показники освітленості робочих місць. Середня освітленість автоматизованих робочих місць в приміщенні з постійним перебуванням людей складає 241 лк від змішаного освітлення (природне + місцеве). За нормами вона повинна бути не менше, ніж 500 лк. Згідно **ДБН В.2.5–28:2018** «Природне та штучне освітлення» Таблиця Д.1 та **ДСТУ EN 12464–1 2016** «Світло та освітлення. Освітлення робочих місць. Частина 1. Внутрішні робочі місця» (EN 12464–1 2011, IDT – Таблиця 5.26.4), освітленість приміщення не відповідає нормам.

Також, заміри освітленості природним світлом демонструють слабку інсоляцію від віконних конструкцій як загальна освітленість. Цьому сприяє затінення будівлі деревами та архітектурне рішення. У темну частину доби загальне освітлення відсутнє зовсім.

Приміщення потребує оновлення світлових приборів для покращення умов праці відповідно до нормативних документів.

Результати надаються у вигляді протоколу (див. вище). Якщо протокол видається окремо, то містить підписи Виконавця та Замовника. В рамках проведення комплексного енергоаудиту протокол додається до додатку.

2.8 Протокол вимірювань освітленості у виробничих та громадських приміщеннях

Найменування (номер) приміщення _____

Номер приладу _____

Дата проведення вимірювань _____

Напруга мережі _____

(на початку вимірювань)

(в кінці вимірювань)

Найменування чинного нормативного документа _____

Стан освітлювальної установки _____

№ контроль них точок	Місце вимірювання, найменування робочої поверхні	Площина вимірювання (горизонтальна, вертикальна, похила) – висота від підлоги, м	Виміряна, лк			Освітленість, лк фактична			Нормована			Висновок про ступінь відповідності освітлення на робочому місці чинним нормам
			Комбіноване освітлення		Загальне освітлення	Комбіноване освітлення		Загальне освітлення	Комбіноване освітлення		Загальне освітлення	
			загальне	загальне + місцеве		загальне общее	загальне + місцеве		загальне общее	загальне + місцеве		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

Висновок щодо обстеження освітлювальності

Виконавець _____ Замовник _____

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ ПО РОЗДІЛУ

1. Який рівень природного освітлення у приміщеннях в денний час?
2. Чи відповідає рівень штучного освітлення нормативним вимогам (відповідно до ДБН В.2.5-28:2018 та ДСТУ EN 12464-1:2016)?
3. Які існують типи вимірювань освітленості за ДСТУ Б В.2.2-6-97?
4. Який фізичний зміст терміну «світловий потік» і в яких одиницях він вимірюється?
5. Який фізичний зміст терміну «сила світла» і в яких одиницях вона вимірюється?
6. Який фізичний зміст терміну «освітленість» і в яких одиницях вона вимірюється?
7. Який рівень освітленості (лк) зафіксовано в робочих зонах (наприклад на робочому столі, дошці, в проходах)?
8. Які типи джерел світла використовуються для освітлення приміщень (світлодіодні, люмінесцентні, лампи розжарювання)?
9. Якими приладами проводиться обстеження освітленості?
10. Яким чином забезпечується рівномірне освітлення у приміщенні (коефіцієнт нерівномірності)?
11. З якою метою використовується автоматичне регулювання освітлення (датчики руху, освітленості)?

РОЗДІЛ 3. ОБСТЕЖЕННЯ ШУМУ



3.1 Вступ

У цьому розділі надані теоретичні та практичні знання з питань вимірювання рівня шуму у внутрішніх приміщеннях будівель. Цей розділ допоможе забезпечити відповідність вимогам нормативно-технічних документів України щодо рівнів шуму, сприятиме підвищенню комфорту та безпеки працівників, а також покращенню умов праці.

Шум є важливим параметром мікроклімату, що впливає на здоров'я і самопочуття людей. Правильне вимірювання та аналіз рівня шуму дозволяє ідентифікувати джерела надмірного шуму і розробити ефективні заходи щодо зменшення його впливу на людину.

3.2 Теоретичні основи. Терміни та визначення понять

Якщо ми маємо на увазі процес, що включає як вимірювання, так і глибокий аналіз з наступними рекомендаціями щодо зменшення шумового впливу, термін «експертиза шуму» може бути найбільш відповідним.

Експертиза шуму – це термін, який зазвичай використовується для опису детального аналізу та оцінки рівнів шуму, особливо коли мова йде про юридичні аспекти або комплексні дослідження з визначення джерел шуму та їх впливу на здоров'я людини або довкілля.

Обстеження шуму – більш загальний термін, який охоплює процес вимірювання рівнів шуму і зазвичай використовується у контексті рутинної перевірки або моніторингу.

Вимірювання рівнів шуму – це точний термін, який описує сам процес збору даних про шум за допомогою спеціалізованого обладнання. Цей термін вживається у технічних документах і звітах, де потрібна конкретика щодо виконаних дій.

Аналіз шумового забруднення – використовується у випадках, коли потрібно оцінити не лише рівні шуму, а і їх вплив на оточення або здоров'я людей.

Шум – будь-який небажаний звук, що може викликати негативний вплив на здоров'я людини або заважати виконанню діяльності.

Інтенсивність шуму – це фізична величина, яка визначає кількість енергії, що переноситься звуковою хвилею через одиницю площі за одиницю часу. Вимірюється в ватах на квадратний метр (Вт/м^2).

Рівень інтенсивності шуму – щоб оцінити інтенсивність звуку з урахуванням сприйняття людським вухом, використовують логарифмічну шкалу і одиницю вимірювання – децибел (дБ). Загальний рівень шуму, виміряний за шкалою А (дБА) або С (дБС), який враховує частотну корекцію для відповідності сприйняттю звуку людським вухом.

Акустичний комфорт – стан, при якому рівень шуму не перевищує встановлених нормативів і не викликає негативних відчуттів у людини.

Акустичний тиск – зміна тиску повітря, викликана звуковими хвилями. Вимірюється в Паскалях (Па).

Децибел (дБ) – одиниця вимірювання рівня звуку. Вимірюється на логарифмічній шкалі, що дозволяє виразити великі діапазони звукових рівнів.

Еквівалентний рівень шуму (L_{eq}) – середньоквадратичний рівень шуму за певний період часу, що дає уявлення про загальний шумовий вплив.

Максимальний рівень шуму (L_{max}) – найвищий рівень шуму, зареєстрований протягом певного періоду часу.

Інтервал вимірювання – період часу, протягом якого проводиться вимірювання рівня шуму.

Шумомір – прилад для вимірювання рівня шуму. Перетворює акустичний тиск у електричний сигнал, який потім обробляється для визначення рівня шуму в децибелах.

Акустичне калібрування – процес перевірки та налаштування шумоміра для забезпечення точності вимірювань.

Зовнішні джерела шуму – шум від транспортних засобів, промислових об'єктів, будівельних майданчиків, тощо.

Внутрішні джерела шуму – шум від побутових приладів, систем вентиляції та кондиціонування, людської діяльності всередині приміщення.

Звукоізоляція – здатність будівельних конструкцій зменшувати проникнення звуку з одного приміщення в інше або з зовнішнього середовища всередину приміщення.

Вплив шуму на здоров'я

Надмірний рівень шуму може викликати ряд негативних наслідків для здоров'я людини, включаючи втому, зниження концентрації, головний біль, порушення сну та навіть хронічні захворювання. Тому важливо проводити регулярні вимірювання рівнів шуму в робочих приміщеннях і вживати заходів для зниження шумового впливу.

В Україні регулювання рівнів шуму та їх вимірювання в приміщеннях контролюється за допомогою наступних нормативно-технічних документів:

3.3 Нормативно-регуляторні документи України з шуму у внутрішніх приміщеннях будівель

Наказ Міністерства охорони здоров'я України № 463 від 22 лютого 2019 року [11] стосується затвердження Державних санітарних норм допустимих рівнів шуму в приміщеннях житлових та громадських будинків і на території житлової забудови.

Основні положення документа:

Мета: забезпечити обмеження інтенсивності або тривалості дії шуму на здоров'я людини шляхом встановлення критеріїв його допустимого впливу.

Запобігти погіршенню умов середовища життєдіяльності населення у разі впливу шуму шляхом планування та реалізації заходів зі зниження шуму до рівнів, встановлених цими Санітарними нормами.

Сфера застосування: норми встановлюють допустимі рівні шуму, який проникає в приміщення житлових і громадських будинків від зовнішніх та внутрішніх джерел, а також допустимі рівні шуму на території житлової забудови.

Ці норми не поширюються на приміщення спеціального призначення (радіо-, теле-, кіностудії тощо).

Для оцінки постійних шумів використовуються рівні звукового тиску в октавних смугах з середньгеометричними значеннями частот.

Для оцінки непостійних шумів застосовуються еквівалентні та максимальні рівні звуку.

Додатки до норм:

- Допустимі рівні звуку в приміщеннях житлових і громадських будинків та на території житлової забудови.
- Допустимі рівні звукових тисків залежно від критерію NC.
- Корекції до допустимих рівнів шуму залежно від додаткових умов (характер шуму, місце розташування об'єкта, джерело шуму тощо).
- Наказ набирає чинності з дня його офіційного опублікування, а контроль за його виконанням залишено за Міністерством охорони здоров'я України.

ДСТУ Б В.2.2-39:2016 «Методи та етапи проведення енергетичного аудиту будівель» [12].

Документ **ДСТУ Б В.2.2-39:2016** стосується методів та етапів проведення енергетичного аудиту будівель, включаючи вибір методів вимірювання різних параметрів, у тому числі і шуму, якщо це стосується інженерних систем будівель.

Основні розділи документа, що стосуються вимірювання шуму:

Вибір методу проведення аудиту: методи оцінювання енергетичних характеристик будівель включають розрахунковий метод за проектними даними, розрахунковий метод за результатами технічних обстежень, розрахунково-вимірювальний метод та вимірювальний (експлуатаційний) метод.

Устаткування та засоби вимірювальної техніки: У розділі 6 [12] детально описано, яке устаткування і техніку слід використовувати для вимірювання різних параметрів, включаючи температури, вологості, швидкості руху повітря тощо.

Для вимірювань фактичних значень різних параметрів, таких як температура та витрати енергії, використовуються спеціалізовані вимірювальні прилади.

Вимірювання шуму не є основною частиною енергетичного аудиту за цим стандартом, проте при оцінюванні систем вентиляції та охолодження можуть бути проведені вимірювання акустичних параметрів, щоб визначити рівень шуму від цих систем.

Для таких вимірювань використовуються шумоміри, які фіксують рівень звуку у дБ (децибелах).

ДБН В.1.2-10:2021 «Основні вимоги до будівель і споруд. Захист від шуму та вібрації» [13].

Сфера застосування: ці норми поширюються на будівлі та споруди в цілому та на їх частини (конструктивні та інженерні системи) під час проектування, будівництва та експлуатації.

Загальні вимоги: будівлі повинні бути запроектовані та зведені так, щоб шум та вібрація, які сприймаються мешканцями або особами, що перебувають поблизу, не загрожували їхньому здоров'ю та дозволяли проживати і працювати в задовільних умовах.

Підтвердження відповідності вимогам щодо захисту від шуму та вібрації здійснюється для об'єктів, на які поширюються ці вимоги.

Методи забезпечення вимог:

- Проектування огорожувальних конструкцій приміщень з необхідними значеннями індексів ізоляції повітряного та ударного шуму.
- Використання об'ємно-планувальних рішень для відокремлення приміщень з джерелами шуму від приміщень із нормованими рівнями шуму.
- Застосування конструктивних рішень для перешкоджання розповсюдженню структурного шуму від інженерного обладнання.
- Будівництво із застосуванням конструктивних рішень для зниження рівнів звуку від зовнішніх джерел шуму.

- Оздоблення внутрішніх поверхонь приміщень звукопоглинальними матеріалами і конструкціями.

Оцінка та перевірка характеристик:

Вимірювання рівнів шуму та вібрації здійснюється відповідно до нормативних методик, включаючи натурні та лабораторні випробування.

Час реверберації, як характеристика лункості приміщення, розраховується та перевіряється шляхом натурних вимірювань.

Перевірка відповідності:

Відповідність будівель і споруд вимогам щодо захисту від шуму та вібрації перевіряється на всіх етапах їх життєвого циклу: проектування, будівництва, експлуатації та виводу із експлуатації.

ДБН В.1.2-10:2021 [13] визначає комплексні заходи та методи для забезпечення захисту від шуму та вібрації в будівлях і спорудах. Вимірювання рівнів шуму в приміщеннях є невід'ємною частиною процесу підтвердження відповідності будівель цим нормам, що включає проектування, будівництво та експлуатацію з урахуванням необхідних технічних характеристик та показників.

3.4 Принцип роботи приладу для вимірювання шуму

Прилади для вимірювання шуму, шумоміри, використовуються для оцінки рівнів звукового тиску в навколишньому середовищі. Основний принцип роботи шумоміра полягає в перетворенні акустичних хвиль в електричний сигнал, який можна виміряти та проаналізувати.

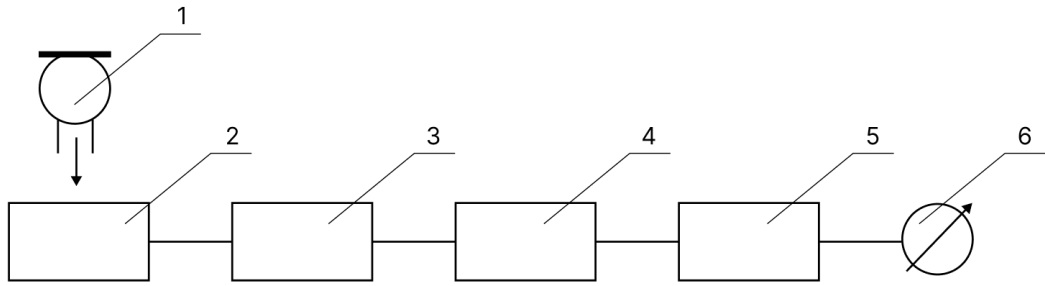


Рис. 3.1 Принципова схема шумоміра 1 – мікрофон, 2 – підсилювач, 3 – фільтри 4 – АЦП, 5 – мікропроцесор, 6 – дисплей

Мікрофон – основний сенсор шумоміра, який приймає звукові хвилі. Мікрофон перетворює звуковий тиск в електричний сигнал. Найпоширенішим типом є конденсаторні мікрофони, які забезпечують високу точність і широкий частотний діапазон.

Підсилювач – електричний сигнал, отриманий від мікрофона, є дуже слабким, тому він підсилюється підсилювачем для подальшої обробки.

Фільтри – для точного вимірювання шуму використовуються фільтри, які дозволяють виділити певні частотні діапазони. Наприклад, часто використовуються А-фільтри для вимірювання шуму, оскільки вони наближують характеристики вимірювань до сприйняття людського вуха.

Аналогово-цифровий перетворювач (АЦП) – перетворює аналоговий електричний сигнал, підсилений та відфільтрований, у цифровий сигнал для подальшого аналізу та відображення.

Мікропроцесор – виконує обробку цифрового сигналу, розрахунок рівня шуму, збереження даних та керування іншими функціями приладу. Мікропроцесор також може виконувати функції корекції і калібрування.

Дисплей – відображає результати вимірювань у реальному часі. Може показувати різні параметри, такі як еквівалентний рівень шуму (L_{eq}), максимальний рівень шуму (L_{max}) тощо.

Частотна корекція шумоміра – це налаштування вимірювального приладу, яке враховує чутливість людського вуха до різних частот звуку.

Оскільки людське вухо не однаково чутливе до всіх частот, шумоміри використовують різні частотні фільтри, щоб адаптувати свої вимірювання до цього сприйняття. Найпоширеніші типи частотної корекції:

А-фільтр (A-weighting) – імітує чутливість людського вуха до різних частот звуку, найбільш чутливе до середніх частот (500 Гц – 6 кГц) і менш чутливе до дуже високих і дуже низьких частот. Використовується для загального вимірювання рівнів шуму у навколишньому середовищі, оскільки найбільш точно відповідає людському сприйняттю звуку. Позначається як дБ(А).

С-фільтр (C-weighting) – використовується для вимірювання пікових рівнів шуму, оскільки більш рівномірно відображає чутливість до високих і низьких частот у порівнянні з А-фільтром. Використовується для оцінки впливу шуму високої інтенсивності. Позначається як дБ(С).

Z-фільтр (Z-weighting) – також відомий як плоский фільтр (flat weighting), не застосовує жодної корекції за частотою, вимірює звук так, як він є. Використовується для наукових досліджень та точного вимірювання звуку без урахування людського сприйняття. Позначається як дБ(Z).

Часткові корекції для А-фільтру та С-фільтру наведені у Таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Частотна корекція у фільтрах

Номінальна частота (Гц)	Корекція А (дБ)	Корекція С (дБ)	Межі похибок (Клас 2, дБ)
31,5	-39,4	-3	± 3
63	-26,2	-0,8	± 2
125	-16,1	-0,2	±1,5
250	-8,6	0	±1,5
500	-3,2	0	±1,5
1000	0	0	±1,5
2000	-0,2	-0,2	± 2
4000	1	-0,8	± 3
8000	-1,1	-3	± 5

Номінальна частота (Гц) – це частоти звукових хвиль, для яких проводяться вимірювання.

Корекція А (дБ) – відображає, як фільтр А (A-weighting) коригує рівень звукового тиску на різних частотах. Цей фільтр найбільш чутливий до середніх частот (близько 1000 Гц) і менш чутливий до дуже низьких та дуже високих частот.

Корекція С (дБ) – відображає, як фільтр С (C-weighting) коригує рівень звукового тиску на різних частотах. Цей фільтр є більш рівномірним і використовується для вимірювання пікових рівнів шуму.

Межі похибок (Клас 2, дБ) – вказує на допустимі межі похибок вимірювань для шумомірів класу 2. Це стандартні значення, які визначають точність вимірювань на кожній частоті.

Ця таблиця допомагає зрозуміти, як різні частоти звукових хвиль будуть коригуватися при вимірюваннях за допомогою шумоміра з використанням фільтрів А або С. Наприклад, на частоті 1000 Гц обидва фільтри не вносять корекцію (0 дБ), тоді як на низьких частотах (наприклад, 31,5 Гц) фільтр А значно знижує рівень звукового тиску (–39,4 дБ), тоді як фільтр С робить це менш суттєво (–3 дБ).

У сучасних шумомірах функція частотної корекції вже вбудована в прилад, що значно спрощує процес вимірювання шуму. Частотна корекція використовується для приведення вимірювань у відповідність зі сприйняттям звуку людським вухом. Це дозволяє враховувати різну чутливість слуху до звуків різної частоти.

3.5 Методика проведення обстеження

3.5.1 Підготовка до вимірювання

Перевірка та калібрування шумоміра перед кожним вимірюванням для забезпечення точності даних.

Вибір відповідних фільтрів для корекції частотної характеристики звуку (наприклад, А-фільтр для вимірювання рівня шуму, який відповідає сприйняттю людського вуха).

3.5.2 Процес вимірювання

Встановлення шумоміра на визначеній висоті та у вибраній точці вимірювання.

Запуск приладу та проведення вимірювання протягом певного часу для отримання достатньої кількості даних.

3.5.3 Запобігання помилкам вимірювань

Корпус шумоміра і особа, що проводить вимірювання, можуть створювати перешкоди на шляху звуку від різних джерел, а також створювати відбивання звуку, що, своєю чергою, може призвести до серйозних похибок вимірювань. Як показує практика, вимірювання на відстані менше одного метра від людини може створювати похибку до 6 дБ при частоті 400 Гц. При інших частотах ця похибка менш істотна, проте необхідно дотримуватися мінімальної дистанції. Загальні рекомендації такі, що шумомір повинен перебувати на відстані щонайменше 30, а краще – 50 см від тіла людини.

3.5.4 Реєстрація даних

Збір даних про рівні шуму, включаючи еквівалентний рівень шуму (L_{eq}), максимальний рівень шуму (L_{max}) та мінімальний рівень шуму (L_{min}).

3.5.5 Умови вимірювання

Метеорологічні умови:

- Врахування погодних умов, які можуть впливати на результати вимірювань (вітер, дощ, температура).
- Вимірювання проводяться при стабільних погодних умовах для забезпечення точності.

Час вимірювання:

- Вимірювання проводяться в різний час доби для визначення пікових і середніх значень рівня шуму.
- Врахування робочих годин, коли джерела шуму працюють на повну потужність.

3.5.6 Обробка даних

- Аналіз даних: Обробка зібраних даних для визначення середніх, максимальних та мінімальних рівнів шуму.
- Використання спеціалізованого програмного забезпечення для аналізу та візуалізації результатів вимірювань.

3.5.7 Порівняння з нормативами

- Порівняння отриманих даних з встановленими нормативними значеннями для оцінки відповідності рівнів шуму вимогам стандартів та нормативних документів.
- Визначення відповідності: аналіз відповідності рівнів шуму нормативним вимогам для житлових, громадських та промислових приміщень.
- Виявлення відхилень та їх причин.

3.5.8 Звіт з результатами вимірювань

Складання звіту за ДСТУ Б В.2.2-39:2016 [12]:

- опорний часовий інтервал;
- довгостроковий часовий інтервал;
- для вимірювань – засоби вимірювання, результати їх калібрування, місце встановлення і тривалість вимірювань;
- оціночний рівень або скоригований рівень та його складові;
- опис режиму роботи джерела (джерел) шуму;

- опис оцінюваного місця, включаючи топографію, геометрію будівель, покриття землі та інші умови;
- опис процедур, що використовуються для корекції впливу залишкового шуму, і опис залишкового шуму;
- результати довгострокової оцінки подразнюючого впливу шуму;
- погодні умови під час вимірювань, особливо напрямок і швидкість вітру, наявність хмар і опадів;

Формування звіту з результатами вимірювань, включаючи всі вихідні дані, розрахункові параметри та порівняння з нормативами.

Включення графіків, таблиць та діаграм для наочного представлення результатів.

Висновки та рекомендації

Висновки щодо відповідності рівнів шуму встановленим нормам.

Рекомендації щодо заходів зменшення шумового впливу та поліпшення акустичного комфорту.

3.6 Приклад проведення вимірювання рівнів шуму приладом Testo 815



Рис. 3.2 Шумомір Testo 815

Шумомір Testo 815 призначений для вимірювання рівня шуму у різних середовищах, таких як виробничі приміщення, будівельні майданчики, офіси та інші місця, де важливо контролювати акустичний комфорт і відповідність шуму нормативним вимогам.

Технічні характеристики

Діапазон вимірювань: 32 до 130 дБ(А).

Роздільна здатність: ± 1.0 дБ.

Оновлення: 0,5 с.

Частотні фільтри: А-фільтр для вимірювання рівня шуму, який відповідає сприйняттю людського вуха. С-фільтр є більш рівномірним і використовується для вимірювання пікових рівнів шуму.

Режими вимірювання: швидкий (Fast) та повільний (Slow) режими вимірювання для різних умов.

Застосування:

- Промисловість: вимірювання рівня шуму на виробничих майданчиках, контролюючи відповідність нормативним вимогам і забезпечуючи безпеку працівників.
- Будівництво: контроль рівня шуму на будівельних майданчиках для забезпечення дотримання стандартів шумового забруднення.
- Офіси та громадські місця: оцінка акустичного комфорту в офісних приміщеннях, навчальних закладах та інших громадських місцях.
- Екологія: моніторинг рівня шуму в навколишньому середовищі для оцінки впливу на мешканців та природні екосистеми.

Шумомір Testo 815 проходить калібрування на етапі виробництва. Для забезпечення точності приладу рекомендується проводити повторне калібрування, особливо якщо прилад не використовувався протягом тривалого часу. Шумомір Testo 815 також підлягає перевірці за допомогою *калібратора* до та після проведення вимірювань у складних умовах, таких як велика висота, високий рівень вологості повітря, а також у випадках, коли до точності вимірювань висуваються особливі вимоги.



Рис 3.3 Калібратор рівня звуку для перевірки Testo 815 та процедура калібрування

Калібрування здійснюється наступним чином*Підготовка калібратора.*

- Встановіть калібратор на мікрофон шумоміра, забезпечуючи щільний контакт і стабільність.

- Увімкніть шумомір та встановіть наступні параметри: діапазон вимірювань 50–100 дБ, часову корекцію «Fast» та частотну корекцію «A».

Проведення калібрування.

- Увімкніть калібратор, перевівши перемикач у середнє положення (94 дБ).

- Якщо показники шумоміра відрізняються від значення 94 дБ, необхідно провести додаткове калібрування за допомогою викрутки, яка входить до комплекту шумоміра.

- Після цього перевірте другий рівень калібратора, встановивши діапазон вимірювань 80–130 дБ. Впевніться, що похибка не перевищує $\pm 0,2$ дБ.

Дії у разі відхилень.

- Якщо результати вимірювань виходять за межі допустимих похибок, необхідно звернутися до сервісного відділу компанії-виробника для подальшого обслуговування та налаштування приладу.

Таблиця 3.2

Залежність вимірювань від значення абсолютного тиску

Висота в метрах над рівнем моря, м	Тиск, мбар	Коригування, дБ
0 – 250	1013 – 984	0,0
> 250 – 850	983 – 915	–0,1
> 850 – 1450	914 – 853	–0,2
> 1450 – 2000	852 – 795	–0,3

Таблиця 3.3

Значення коригування температури

Температура, °C	Коригування, дБ
-10	-0,8
50	1

Відносна вологість: 65% ВВ.

Еталонне значення рівня звукового тиску: 124 дБ.

Температурний діапазон із розбіжністю $< 0,5$ дБ: 0...+40 °C.

За результатом проведених вимірів оформлюється протокол наведений нижче.

3.7 Приклад звіту обстеження

Протокол вимірювання шуму в офісному приміщенні

ООО «Ледум» м. Дніпро, вул. Київська 1а

Опис оцінюваного місця	Офіс площею 100 квадратних метрів, відкритий простір без перегородок. Другий поверх.
Покриття підлоги	ламінат
Висота стель	Від 3,6 до 10 м в коньковій частині мансардного приміщення
Опорний часовий інтервал	Дата: 10 червня 2024 року Час: з 09:00 до 17:00
Довгостроковий часовий інтервал	Період: з 1 червня 2024 року по 30 червня 2024 року
Засоби вимірювання	Шумомір Testo 440 №XXXXXXXX
Результати калібрування	Калібрування виконано 1 червня 2024 року, точність ±0.5 дБ
Місце встановлення	В центрі офісу, на висоті 1,5 м від підлоги
Інтервал вимірюван	Кожні 10 хвилин протягом робочого дня
Оціночний рівень або скоригований рівень та його складові	
Середній рівень шуму (L _{Aeq}):	58 дБ
Піковий рівень шуму (L _{max}):	75 дБ
Мінімальний рівень шуму (L _{min}):	42 дБ
Опис джерела(джерел) шуму:	Комп'ютери, принтери, розмови співробітників, телефонні дзвінки
Режим роботи джерела(джерел) шуму:	Безперервний у робочий час
Вікна	закриті під час вимірювань
Погодні умови	
Температура повітря:	22°C
Вологість	50%

Інше	Відсутність вітру і опадів
Невизначеність результатів	± 1 дБ
Нормативні документи	Усі вимірювання проводились у відповідності до ДСТУ Б В.2.2-39:2016 Оцінка за нормами (Наказ Міністерства охорони здоров'я України № 463 від 22 лютого 2019 року та за ДБН В.1.2-10:2021)
Відповідність нормам та висновки	
• Середній рівень шуму (L_{Aeq}) у 58 дБ відповідає допустимим межах для офісних приміщень згідно з чинними стандартами. Рівень шуму в офісі є прийнятним для забезпечення комфортних умов роботи. • Виявлені пікові значення шуму (L_{max}) не перевищують допустимі нормативи, що свідчить про відсутність значних шумових навантажень. • Для покращення акустичного комфорту рекомендується встановлення додаткових звукопоглинаючих матеріалів та оптимізація розміщення обладнання. • Рівні шуму в офісі знаходяться в межах допустимих норм, що забезпечує прийнятний акустичний комфорт для працівників.	

Виконавець _____

Підпис _____

Замовник _____

Підпис _____

3.8 Протокол вимірювання шуму в офісному приміщенні

Опис оцінюваного місця	
Покриття підлоги	
Висота стель	
Опорний часовий інтервал	Дата: Час:
Довгостроковий часовий інтервал	Період:
Засоби вимірювання	Шумомір №
Результати калібрування	Калібрування виконано
Місце встановлення	
Інтервал вимірюван	Кожні __ хвилин протягом _____
Оціночний рівень або скоригований рівень та його складові	
Середній рівень шуму (L_{Aeq}):	дБ
Піковий рівень шуму (L_{max}):	дБ
Мінімальний рівень шуму (L_{min}):	дБ
Опис джерела(джерел) шуму:	
Режим роботи джерела(джерел) шуму:	
Вікна	закриті /відкриті
Погодні умови	
Температура повітря:	°C
Вологість	%
Інше	
Невизначеність результатів	дБ

Нормативні документи	Усі вимірювання проводились у відповідності до ДСТУ ГОСТ 31296.1:2007
Відповідність нормам та висновки	

Виконавець _____

Підпис _____

Замовник _____

Підпис

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ ПО РОЗДІЛУ

1. Що визначає фізична величина «інтенсивність шуму»?
2. В яких одиницях вимірюється рівень звуку?
3. Який фізичний зміст терміну «акустичний комфорт»?
4. Який фізичний зміст терміну «акустичний тиск»?
5. Якими нормативно-технічними документами в Україні контролюється регулювання рівнів шуму та їх вимірювання в приміщеннях?
6. Які внутрішні та зовнішні джерела шуму ідентифіковано?
7. Що таке звукоізоляція?
8. Чи передбачено в будівлях засоби шумозахисту ?
9. Яким чином надмірний рівень шуму впливає на здоров'я користувачів приміщень?
10. Чи є різниця в рівні шуму між різними зонами (коридори, кабінети, житлові кімнати)?
11. Яким приладом вимірюється рівень шуму?

РОЗДІЛ 4. МОНІТОРИНГ РОБОТИ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦІЇ



4.1. Сфера застосування методики та приладів для моніторингу систем вентиляції

Методики та прилади для моніторингу систем вентиляції знаходять широке застосування в різних областях, де важлива якість повітря та ефективність вентиляційних систем. Приведемо деякі з найбільш типових сфер їх застосування:

1. Будівництво та ремонт: В процесі будівництва та ремонту будівель важливо забезпечити належну вентиляцію, щоб уникнути накопичення пилу, шкідливих парів та газів. Методики та прилади моніторингу допомагають переконатися, що вентиляційні системи працюють належним чином і забезпечують чисте повітря.

2. Промислові підприємства (виробництво): В промислових середовищах вентиляційні системи відіграють ключову роль у видаленні шкідливих речовин, пилу та інших забруднювачів з повітря. Методики моніторингу дозволяють контролювати рівні забруднення та відслідковувати ефективність систем вентиляції.

3. Медичні установи: У лікарнях, лабораторіях та інших медичних установах вентиляційні системи необхідні для забезпечення чистого та безпечного повітря. Методики моніторингу допомагають у забезпеченні належного рівня гігієнічних стандартів та контролю забруднень.

4. Комерційні приміщення: У торгових центрах, офісах та інших комерційних приміщеннях вентиляційні системи важливі для комфорту та здоров'я співробітників та клієнтів. Моніторинг допомагає забезпечити належну якість повітря та ефективність систем вентиляції.

5. Житлові будинки: В житлових будинках вентиляційні системи допомагають у видаленні запахів, вологи та забруднень з повітря. Методики моніторингу дозволяють власникам будинків переконатися, що їхня вентиляційна система працює належним чином і забезпечує здорове середовище проживання.

У всіх цих сферах методики та прилади моніторингу допомагають вчасно виявляти проблеми з вентиляцією, покращувати її ефективність та забезпечувати безпеку та комфорт користувачів.

4.2. Нормативні документи і стандарти, які встановлюють вимоги до моніторингу систем вентиляції в будівлях та приміщеннях на території України

1. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування.
2. ДБН В.1.2-11:2021 Енергозбереження та енергоефективність.
3. ДБН В.1.2-7:2008 Основні вимоги до будівель і споруд. Пожежна безпека.
4. ДБН В.1.2-8:2008 Основні вимоги до будівель і споруд. Безпека життя і здоров'я людини та захист навколишнього природного середовища.
5. ДБН В.1.2-10:2008 Основні вимоги до будівель і споруд. Захист від шуму.
6. ДБН В.1.2-11:2008 Основні вимоги до будівель і споруд. Економія енергії.
7. ДБН В.2.6-31:2006 Теплова ізоляція будівель.
8. ДСТУ Б EN 13779:2011 Вентиляція громадських будівель. Вимоги до виконання систем вентиляції та кондиціонування повітря (EN 13779:2007, IDT).
9. ДСТУ Б EN 15251:2011 Розрахункові параметри мікроклімату приміщень для проектування та оцінки енергетичних характеристик будівель по відношенню до якості повітря, теплового комфорту, освітлення та акустики (EN 15251:2007, IDT).
10. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.

4.3. Терміни та визначення понять

➤ Вентиляція – Ventilation (англ)

Обмін повітря у приміщенні для видалення надлишків теплоти, вологи, шкідливих та інших забруднюючих речовин з метою забезпечення допустимого мікроклімату та чистоти повітря у робочій зоні або в зоні обслуговування при середній незабезпеченості 400 год/рік - при цілодобовій роботі та 300 год/рік – при однозмінній роботі у денний час [5].

➤ Контроль якості повітря – Air quality monitoring (англ)

Процес моніторингу, оцінки та управління параметрами повітря для забезпечення його безпеки та відповідності встановленим стандартам і нормативам. Цей процес включає вимірювання рівнів забруднюючих речовин, таких як пил, гази, хімічні сполуки, а також фізичні параметри повітря, такі як температура, вологість та швидкість руху повітря [5].

➤ Мікроклімат приміщення – Microclimate of the room (англ)

Умови внутрішнього середовища приміщення, що впливають на тепловий обмін людини з оточенням шляхом конвекції, кондукції, теплового випромінювання та випаровування вологи; ці умови визначаються поєднанням температури, відносної вологості та швидкості руху повітря, температури оточуючих людину поверхонь та інтенсивністю теплового (інфрачервоного) опромінення [5].

➤ Оптимальна робота систем вентиляції – Optimal working of ventilation systems (англ)

Ефективне та безперебійне функціонування вентиляційної системи, яке забезпечує необхідний рівень якості повітря, комфортні умови та безпеку для людей у приміщенні, а також відповідає енергоефективним вимогам. Для досягнення оптимальної роботи необхідно враховувати ряд технічних і експлуатаційних аспектів.

➤ Повітротехнічне обладнання – Air handling equipment (англ)

Технічні засоби, що забезпечують переміщення і необхідне оброблення припливного повітря та/або повітря, що видаляється або рециркулюється;

терміни та визначення позначених ними понять щодо типів повіротехнічного обладнання для кондиціонування повітря та вентиляції згідно з ДСТУ 2264.

➤ **Повітряний затвор – Air locking device (англ)**

Вертикальна ділянка повітроводу, яка змінює напрямок руху диму (продуктів горіння) на 180° та перешкоджає у разі пожежі проникненню диму із нижніх поверхів до поверхів, що розташовані вище.

➤ **Теплообмін (теплопередача) – Heat exchange (heat transfer) (англ)**

Фізичний процес передавання енергії у вигляді певної кількості теплоти від тіла з вищою температурою до тіла з нижчою температурою до настання термодинамічної рівноваги. Не можливо зупинити передачу тепла між сусідніми об'єктами з різними температурами – її можна лише сповільнити [5].

➤ **Термодинамічні процеси – Thermodynamic processes (англ)**

Процеси, під час яких відбуваються зміни стану термодинамічної системи через зміни її внутрішньої енергії, роботи або теплообміну з навколишнім середовищем. Ці процеси можуть бути різними за характером і умовами протікання, але всі вони підпорядковуються основним законам термодинаміки.

➤ **Циркуляція повітря – Air circulation (англ)**

Процес руху повітря в межах приміщення або між приміщеннями та зовнішнім середовищем. Цей процес забезпечує постійне оновлення повітря, підтримуючи якість повітря, комфорт та безпеку для людей, які знаходяться в приміщенні. Циркуляція повітря може бути природною або механічною.

4.4. Теоретична частина

Вентиляцією називається сукупність заходів і пристроїв, спрямованих на організацію такого повітряного середовища в приміщеннях, яка забезпечувала б нормальне перебування в них людей і позитивно впливала на технологічний процес виробництва.

Гігієнічні завдання вентиляції зводяться до підтримки в приміщеннях таких параметрів повітряного середовища, які виключають скупчення в повітрі

приміщення надлишків шкідливих виділень (підвищеної температури, надлишків тепла, вологи, газів, пилу та ін.) і створюють нормальні умови для перебування в них людей і їх ефективної роботи.

Технологічні завдання вентиляції великі, різноманітні і в основному повинні бути спрямовані на організацію повітряного середовища, що сприяє підвищенню продуктивності праці робітників і збільшення випуску продукції. Слід мати на увазі, що в багатьох випадках рішення технологічних задач за допомогою вентиляції призводить до вирішення гігієнічних завдань, а використання вентиляції для вирішення гігієнічних завдань попутно дозволяє вирішувати завдання технологічного порядку. Так, зниження пилу в повітрі, проведене з гігієнічними цілями, оберігає від передчасного зносу деталей що труться в машинах і верстаків, в результаті чого термін служби технологічного устаткування зростає.

З точки зору термодинаміки, теплофізики та вентиляції, системи можна розглядати як складні термодинамічні системи, які забезпечують обмін теплом, масою та енергією між різними приміщеннями, атмосферою та обладнанням. Ось деякі ключові аспекти цієї проблематики:

1. Теплообмін: Системи вентиляції використовуються для регулювання температури в приміщеннях шляхом видалення теплого повітря та введення свіжого, прохолодного повітря. Цей процес зазвичай включає в себе теплообмін через конвекцію та теплообмін через обладнання, таке як теплообмінники.

2. Циркуляція повітря: Системи вентиляції також відіграють важливу роль у циркуляції повітря в будівлі, що допомагає у формуванні комфортного мікроклімату та розподілі тепла та вологості.

3. Вентиляція та якість повітря: Ефективна вентиляція забезпечує подачу достатньої кількості свіжого повітря в приміщення, що є ключовим фактором для забезпечення здоров'я та комфорту людей, а також для видалення забруднень та вологи з повітря.

4. Енергоефективність: З точки зору теплофізики, важливо забезпечити енергоефективність систем вентиляції шляхом оптимізації процесів

теплообміну, мінімізації втрат енергії та використання ефективних систем керування.

5. Термодинамічні процеси: Принципи термодинаміки допомагають розуміти та аналізувати різні процеси, що відбуваються в системах вентиляції, такі як компресія та розширення газів у вентиляційних системах, зміни температури та тиску під час теплообміну тощо.

Розуміння принципів термодинаміки та теплофізики є важливим для розробки та ефективної експлуатації систем вентиляції, що відповідають вимогам комфорту, безпеки та енергоефективності.

Система моніторингу параметрів вентиляції є актуальною проблемою в розвитку будь-якого підприємства чи закладу, в якому працюють люди, вплив повітря на людину, виробничі матеріали може бути катастрофічним.

Система моніторингу систем вентиляції призначена для забезпечення ефективної роботи вентиляційних установок і підтримання оптимальних умов у приміщеннях.

Мета роботи такої системи включає кілька основних аспектів:

1. Контроль якості повітря:

- Вимірювання параметрів повітря, таких як температура, вологість, рівень CO₂ та інших забруднювачів.
- Забезпечення відповідності повітря нормативним вимогам та стандартам.

2. Енергозбереження:

- Оптимізація роботи вентиляторів та інших компонентів для зменшення споживання енергії.
- Виявлення неефективної роботи обладнання та вчасне втручання для зниження енергетичних втрат.

3. Забезпечення комфорту:

- Підтримка комфортних умов для мешканців або працівників, регулюючи параметри мікроклімату.

- Регулярний моніторинг і налаштування параметрів вентиляційних систем відповідно до вимог користувачів.

4. Безпека:

- Виявлення та сигналізація про несправності або аномалії у роботі систем вентиляції.

- Забезпечення безпечної експлуатації систем вентиляції, запобігання виникненню небезпечних ситуацій, таких як підвищений рівень CO₂ або інші небезпеки.

5. Технічне обслуговування:

- Регулярний моніторинг стану обладнання для своєчасного проведення технічного обслуговування та ремонту.

- Зниження простоїв обладнання завдяки прогнозуванню необхідності обслуговування.

6. Звітування та аналітика:

- Збір даних про роботу систем вентиляції для подальшого аналізу.
- Генерація звітів про ефективність роботи, споживання енергії та інші важливі параметри.

Виходячи з поставлених задач, визначимо завдання системи моніторингу систем вентиляції полягають у забезпеченні ефективної, безпечної та надійної роботи вентиляційних установок. Основні завдання включають:

1. Моніторинг параметрів повітря:

- Вимірювання та відстеження показників якості повітря, таких як температура, вологість, концентрація CO₂, рівень забруднення та інші важливі параметри.

2. Оптимізація енерговикористання:

- Визначення найбільш енергоефективних режимів роботи систем вентиляції для зниження енергоспоживання.

- Контроль витрати енергії та виявлення енерговтрат.

3. Підтримка комфортних умов:

- Автоматичне регулювання параметрів повітря для забезпечення комфортного мікроклімату для мешканців або працівників.
- Забезпечення відповідності умовам середовища згідно з нормативними вимогами та стандартами.

4. Виявлення несправностей та аномалій:

- Виявлення та сигналізація про несправності, відхилення від нормальних режимів роботи або аномальні ситуації у системах вентиляції.
- Запобігання аварійним ситуаціям та швидке реагування на виявлені проблеми.

5. Забезпечення безпеки:

- Виявлення небезпечних концентрацій газів або інших шкідливих речовин у повітрі.
- Своєчасне сповіщення та активізація заходів безпеки у разі небезпеки.

6. Технічне обслуговування та ремонт:

- Планування та координація технічного обслуговування на основі зібраних даних про роботу систем вентиляції.
- Прогнозування необхідності ремонтних робіт для зменшення простоїв та продовження терміну експлуатації обладнання.

7. Збір та аналіз даних:

- Збір даних про роботу систем вентиляції для подальшого аналізу та вдосконалення.
- Створення звітів та аналітичних звітів для оцінки ефективності та прийняття обґрунтованих рішень.

8. Віддалений контроль та управління:

- Надання можливості віддаленого моніторингу та управління системами вентиляції.
- Інтеграція з іншими системами будівельного управління для комплексного контролю.

Ці завдання спрямовані на забезпечення надійної та ефективної роботи систем вентиляції, підтримання високої якості повітря та забезпечення комфорту і безпеки для користувачів приміщень.

Системи моніторингу вентиляції зазвичай включають різні датчики, контролери, програмне забезпечення для аналізу даних і засоби для візуалізації інформації, що дозволяє оперативно реагувати на зміни умов і підтримувати високу ефективність роботи вентиляційних систем.

4.5. Загальна робота приладів для моніторингу вентиляційних систем

Прилади для моніторингу вентиляційних систем призначені для вимірювання та контролю різних параметрів повітря, щоб забезпечити оптимальну роботу систем вентиляції. Основні функції таких приладів включають:

1. Вимірювання швидкості та об'єму повітряного потоку:

- Використовуються анемометри та витратоміри.
- Дозволяють визначити швидкість повітря у вентиляційних каналах і розрахувати об'єм повітряного потоку.

2. Вимірювання диференціального тиску:

- Застосовуються манометри.
- Вимірюють тиск у різних точках системи для визначення її ефективності та виявлення можливих проблем.

3. Контроль температури та вологості:

- Використовуються термогігрометри.
- Допомагають підтримувати комфортний мікроклімат та запобігати утворенню конденсату.

4. Аналіз якості повітря:

- Прилади для вимірювання рівня CO₂, CO, летких органічних сполук (ЛОС) та інших забруднювачів.
- Забезпечують моніторинг якості повітря для запобігання здоров'я людей.

5. Тепловізійна діагностика:

- Використовуються термографічні камери.
- Дозволяють візуалізувати теплові втрати, перегрів та інші аномалії.

6. Електричні вимірювання:

- Застосовуються мультиметри та струмові кліщі.
- Вимірюють електричні параметри для забезпечення правильної роботи електричних компонентів систем вентиляції.

**4.6. Прилади для технічного контролю за роботою вентиляції.
Визначення метеорологічних умов у приміщенні на прикладі використання приладів фірми Testo**

Добре самопочуття людей залежить, перш за все, від умов мікроклімату в приміщеннях і будівлях. Комфортні умови необхідно підтримувати як в приватних будинках, так і на робочих місцях.

Навколишнє середовище буде сприйматися як комфортне тільки при відповідності певних фізичних, хімічних і біологічних параметрів нормативним значенням.

Крім забезпечення доброго самопочуття, підтримання постійного мікроклімату важливо і з інших причин: в музеях – для захисту художніх і культурних цінностей, в лабораторіях – для забезпечення чистого фільтрованого повітря, що створює оптимальні умови для проведення досліджень.

Завданням фахівця з систем ОВК є підтримка всіх необхідних параметрів мікроклімату у визначених діапазонах.

Для виміру кожного з параметрів повітряного середовища або повітряного потоку застосовуються спеціальні прилади.

➞ Вимірювання температури повітря

Для вимірювання поточної температури конкретного середовища при контакті з ним використовують спеціальний прилад, призначений для вимірювання температури повітря – термометр.

Залежно від виду і конструкції, термометр дозволяє визначити температурний режим повітря, людського тіла, ґрунту, води і так далі.

Сучасні термометри поділяються на кілька видів. Градація приладів в залежності від сфери застосування виглядає так:

- побутові;
- технічні;
- дослідні;
- метеорологічні та інші.

Також термометри бувають:

- механічні;
- рідинні;
- електронні;
- термоелектричні;
- інфрачервоні;
- газові.

Кожен з названих приладів має власну конструкцію, відрізняється принципом дії і областю застосування.

Принцип роботи термометрів.

В основі рідинного термометра лежить ефект, відомий як розширення рідинних середовищ при нагріванні. Найчастіше в подібних приладах використовується спирт або ртуть. Хоча від останньої планомірно відмовляються в зв'язку з підвищеною токсичністю цієї речовини. І все ж, цей процес так до кінця не завершений, так як ртуть забезпечує кращу точність вимірювань, розширюючись за лінійним принципом.

У метеорології частіше застосовують прилади, наповнені спиртом. Пояснюється це властивостями ртуті: при температурі в $+38^{\circ}\text{C}$ і вище вона починає густіти. У свою чергу, спиртові термометри дозволяють оцінювати температурний режим конкретний середовища, нагрітої 600 градусів. Похибка вимірів не перевищує частки одного градуса.

Види термометрів

➤ Механічний термометр

Механічні термометри бувають біметалічними або дилатометричними (стрижневі, жезлові). Принцип дії таких приладів заснований на здатності металевих тіл розширюватися при нагріванні. Вони відрізняються високою надійністю і точністю. Собівартість виробництва механічних термометрів відносно низька.

Дані прилади застосовуються в основному в специфічному обладнанні: сигналізаціях, системах автоматичного контролю температури.



Рис. 4.1 Загальний вигляд механічного термометра

➤ Газовий термометр

Принцип дії термометра заснований на тих же властивостях, що і описаних вище приладів. За винятком того, що в даному випадку застосовується інертний газ. По суті, такий термометр представляє собою аналог манометра, який служить для вимірювання тиску. Газові прилади застосовуються для виміру високо- і низькотемпературних середовищ (діапазон становить -271°C – $+1000^{\circ}\text{C}$). Вони забезпечують відносно низьку точність, через що від них відмовляються при лабораторних вимірах.



Рис. 4.2 Загальний вигляд газового термометра

➤ Електронний термометр

Його ще називають термометр опору. Принцип дії цього приладу заснований на зміні властивостей напівпровідника, вбудованого в конструкцію пристрою, при підвищенні або зниженні температури. Залежність у обох показників лінійна. Тобто, при підвищенні температури зростає опір напівпровідника, і навпаки. Рівень останнього безпосередньо залежить від типу металу, використаного при виготовленні приладу: платина «працює» при -200°C – $+750^{\circ}\text{C}$, мідь при -50°C – $+180^{\circ}\text{C}$. Електричні термометри використовуються рідко, так як при виробництві дуже складно градувати шкалу.



Рис. 4.3 Загальний вигляд електронного термометра

➤ Інфрачервоний термометр

Також відомий як пірометр. Він являє собою безконтактний прилад. Пірометр працює з температурами від -100°C до $+1000^{\circ}\text{C}$. Його принцип дії заснований на вимірюванні абсолютного значення енергії, яку випромінює конкретний об'єкт. Максимальна дальність, на якій термометр здатний

оцінювати показники температури, залежить від його оптичної дозволи, типу прицільного пристрою і інших параметрів. Пірометри відрізняються підвищеною безпекою і точністю вимірювання.



Рис. 4.4 Загальний вигляд інфрачервоного термометра

➤ **Термоелектричний термометр**

Дія термоелектричного термометра засноване на ефекті Зеєбека, за допомогою якого оцінюється різниця потенціалів при контакті двох напівпровідників, в результаті чого утворюється електричний струм. Температурний діапазон вимірювань становить $-100\text{ }^{\circ}\text{C} - +2000\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Рис. 4.5 Загальний вигляд термоелектричного термометра

⇒ **Вимірювання тиску**

Принцип вимірювання тиску з використанням U-подібної трубки.

Вимірювання тиску полягає у встановленні значення тиску у рідкому чи газоподібному середовищі. Це необхідно для керування технологічними

процесами та забезпечення безпеки виробництва. Крім цього, цей параметр використовується при непрямим вимірюваннях інших технологічних параметрів: рівня, витрати, температури, густини тощо. У системі SI за одиницю тиску взято паскаль (Па).

Здебільшого, первинні перетворювачі тиску мають неелектричний вихідний сигнал у вигляді сили або переміщення й об'єднані в один блок із вимірювальним приладом. Якщо результати вимірювань необхідно передавати на відстань, то застосовують проміжне перетворення цього неелектричного сигналу в уніфікований електричний або пневматичний. При цьому первинний і проміжний перетворювачі об'єднують в один вимірювальний перетворювач.

Види тиску

Розрізняють такі види значень тиску:

- атмосферний (барометричний) тиск – тиск, що створюється масою повітряного стовпа атмосфери Землі;
- абсолютний тиск – тиск, відлік якого ведеться від абсолютного нуля. За початок відліку беруть тиск всередині посудини, з якої повністю видалене повітря;
- надлишковий тиск – різниця, між абсолютним і барометричним тисками;
- вакуум (розрідження) – різниця між барометричним і абсолютним тисками.

Види засобів вимірювання тиску

За видом тиску, що вимірюється, засоби його вимірювання поділяють на:

- манометри надлишкового тиску – для вимірювання надлишкового тиску;
- манометри абсолютного тиску – для вимірювання тиску з відліком від абсолютного нуля;
- барометри – для вимірювання атмосферного тиску;
- вакуумметри – для вимірювання вакууму (розрідження);
- мановакуумметри – для вимірювання надлишкового тиску і вакууму (розрідження).

Крім перелічених засобів вимірювання у практиці вимірювань тисків набули поширення:

- напороміри – манометри малих надлишкових тисків (до 40 кПа);
- тягоміри – вакуумметри з граничною межею вимірювання до -40 кПа;
- тягонапороміри – мановакуумметри з діапазоном вимірювань $+20 \dots -20$ кПа;
- вакуумметри залишкового тиску – вакуумметри, що призначені для вимірювання глибокого вакууму або залишкового тиску, тобто абсолютних тисків менших за 200 Па;
- диференціальні манометри – засоби вимірювання різниці тисків;
- риноманометри – для вимірювання тиску та об'єму повітря упродовж вдиху та видиху.

Часто назва *манометр* використовується як синонім для будь-якого приладу для вимірювання тиску.

Класифікація за принципом роботи

Прилади для вимірювання тиску відрізняються принципом дії. За принципом перетворення величини тиску у сигнал про вимірювану величину або за типом тиску прилади поділяються на:

➤ **Гравітаційні**, де використовується сила гравітації для прямого вимірювання тиску. Вони поділяються на рідинні та вантажопоршневі:

○ У рідинних манометрах із гідростатичним зрівноваженням мірою тиску, який вимірюється є висота стовпа робочої рідини. Прикладом може бути датчик тиску у формі U-подібної трубки (див. рис. 4.1). Такий прилад був вперше використаний Х. Гюйгенсом у 1661 році. Замість стовпа рідини як противаги іноді використовується ртуть. Діапазон вимірюваного тиску для U-подібних трубчастих манометрів становить: 10^{-5} МПа до 0,1 МПа. Номенклатура таких засобів вимірювань тиску з гідростатичним зрівноважуванням істотно обмежена. У більшості випадків вони замінені досконалішими деформаційними засобами вимірювань. До числа рідинних засобів вимірювань тиску (різниці тисків і розрідження) з гідростатичним зрівноваженням, які ще застосовуються на

технологічних потоках, відносяться поплавцеві і дзвонові манометри (дифманометри), а також, компресійні манометри (вакуумметри), що використовуються для лабораторно-метрологічних цілей.



Рис. 4.6 Загальний вигляд рідинного манометра

○ Вантажопоршневий манометр – манометр, у якому вимірюваний тиск зрівноважують тиском, що створюється масою поршня з вантажоприймальним пристроєм і вантажем з врахуванням сил рідинного тертя. Такі прилади використовуються як зразкові засоби відтворення одиниці тиску в діапазоні від 10^{-1} до 10^{13} Па, а також для точних вимірювань тиску в лабораторній практиці.



Рис. 4.7 Загальний вигляд вантажопоршневого манометра

➤ **Пружинні або деформаційні**, де про вимірюваний тиск судять за мірою деформації пружного елемента, що відбувається під тиском. Як пружний елемент можуть використовуватися:

- Трубка Бурдона – датчики виконано у вигляді вигнутої по дузі кола (зазвичай на кут близько 250°) трубки, заповненої рідиною. Під впливом прикладеного тиску труба випрямляється. Стрілка манометра переміщається пропорційно деформуванню трубки. При вимірюванні високих тисків трубка виконується гвинтовою або спіральною. Діапазон вимірювання таких пристроїв: від 10 Па до 1000 МПа.
- Пружна мембрана – працює аналогічно до трубки Бурдона, але в цьому випадку чутливим елементом є мембрана, деформація якої прямо пропорційна прикладеному тиску. Діапазон вимірюваних тисків: від 0,0016 МПа до 4 МПа.
- Сильфон – датчик має вигляд тонкостінної металевої трубки або камери з гофрованою (хвилеподібною) бічною поверхнею, зміна довжини якої зі зміною тиску середовища в камері свідчить про величину тиску. Діапазон вимірюваних тисків: від 0,1 МПа до 60 МПа.



Рис. 4.8 Загальний вигляд пружинного або деформаційного манометра

➤ **Електронні**, де здійснюється вимірювання електричних величин, таких як електричний опір, індуктивність, резонансна частота, у які перетворюють безпосередньо значення тиску з використанням відповідних датчиків тиску, котрі дуже часто використовуються в системах автоматизації.



Рис. 4.9 Загальний вигляд електронних манометрів

Нині в промисловості, на додаток до традиційних засобів вимірювання тиску, використовують складніші системи (механічні або електронні). Перевагою електронних пристроїв полягає в наданні інформації в цифровому вигляді і можливість прямої взаємодії з мікропроцесорними системами керування.

➤ Мікроманометри.

В основу конструкції цього приладу був покладений принцип сполучених посудин, одна з яких виконана у вигляді резервуару або циліндра, інша – у вигляді звичайної скляної трубки. Значне збільшення точності і розширення діапазону вимірів мікроманометрів досягається за рахунок значної різниці об'ємів цих «посудин», тому при невеликій зміні рівня рідини в резервуарі або циліндрі рівень рідини в трубці змінюється дуже значно, що дозволяє реєструвати навіть невеликі зміни тиску повітряного потоку. Для збільшення універсальності приладу при вимірі різних за величиною тисків конструкцією передбачена зміна кута нахилу трубки. Рухливість трубки забезпечується двома способами: перший – трубка кріпиться до циліндра приладу і змінює своє положення одночасно з ним, цей принцип реалізований в приладах конструкції ЦАГІ, другий спосіб – трубка кріпиться до циліндра за допомогою шарніра, що

дає можливість міняти її кут нахилу, при цьому резервуар залишається нерухомим. Такий принцип використовується в приладах ММН.



Рис. 4.10 Загальний вигляд мікроманометра

➤ Вимірювання швидкості (рухливості) повітря у повітропроводах, приміщеннях, аеродинамічних отворах, вентиляційних решітках

Анемометр – це прилад для вимірювання швидкості потоків та напрямку руху повітря, газів та рідин. Це стосується як обмежених потоків, наприклад, руху повітря в повітропроводах, так і необмежених потоків, наприклад, атмосферного вітру. Анемометри мають перш за все метеорологічне призначення, адже зміни таких параметрів як швидкість та напрям вітру вказують на зміни погодних умов, попереджають про наближення грози, шторму, інших небезпечних природних явищ, що є дуже важливим для пілотів, моряків, інженерів, та і для всіх нас. Як правило, це легкі портативні прилади, зручні у користуванні навіть в складних польових умовах.

Принцип роботи анемометра полягає у виявленні зміни деякої фізичної властивості потоку, або у дії потоку на механічний пристрій, розміщений в потоці. При цьому анемометр може вимірювати повну величину швидкості, величину швидкості в площині та компоненту швидкості в певному напрямку. Крім того, сучасні анемометри в залежності від моделі можуть вимірювати

напрям вітру, об'ємну витрату повітря, вологість, температуру, тиск. Таким чином, анемометри перетворюються на портативні метеостанції.

Типи анемометрів

В залежності від способу вимірювання та типу приймального пристрою анемометри поділяють на ряд типів:

- Обертальні (крильчатні, чашкові)
- Теплові
- Вихрові
- Динамометричні (з трубками Піто)
- Ультразвукові (акустичні)
- Оптичні (лазерні доплерівські)

➤ Найбільш поширеними є **обертальні анемометри**, що відрізняються типом приймаючого пристрою (чашка чи крильчатка):

В чашкових анемометрах чутливим елементом є хрестовина з чотирма металевими чашками напівсферичної форми, що закріплені на осі. Якщо цей пристрій потрапляє в потік, то тиск повітря на внутрішню поверхню чашки перевищує тиск на її зовнішню поверхню, внаслідок чого виникає обертання лопаті. Вісь лопаті приєднана до вимірювального механізму, який підраховує кількість обертів за певний проміжок часу. Таким чином, чашкові анемометри проводять вимірювання швидкості потоку в площині, перпендикулярній до осі обертання чашок, миттєву, або усереднену в деякому проміжку часу. Чашкові анемометри в основному використовуються в метеорології для вимірювань на відкритих ділянках, оскільки характеризуються певною стійкістю до турбулентних потоків. Діапазон вимірювання чашкових анемометрів складає від 1 до 50 м/с.



Рис. 4.11 Загальний вигляд чашкового анемометра

Крильчатні анемометри використовують для вимірювання швидкостей потоків в трубах, вентиляційних шахтах і каналах, в системах кондиціювання, тобто у випадках, коли маємо справу з постійним напрямком руху потоку. Ці анемометри є більш чутливими і здатні вимірювати швидкості від 0,1 м/с. Приймаючий пристрій має вигляд крильчатки, яка приводиться в рух потоком газу. Крильчатка прикріплена до трубчастої осі, що в свою чергу приєднана до механізму підрахунку обертів за певний проміжок часу. В більш простих моделях крильчатка жорстко приєднана до вимірювального блоку, в інших – за допомогою гнучкого з'єднання для вимірювань у важкодоступних місцях.



Рис. 4.12 Загальний вигляд крильчатного анемометра

➤ Менш поширені, проте дуже високоточні – **теплові** анемометри.

В основному, вони використовуються для вимірювання швидкостей повільних потоків, характеризуються низькою інерційністю, проте потребують

постійного калібрування. Принцип роботи теплового анемометра полягає у вимірюванні температури пластини чи нитки розжарювання, на яку дме вітер. В залежності від швидкості вітру, необхідна різна енергія для того, щоб підтримувати температуру сталою. Тобто, за температурою пластини можна визначити швидкість вітру.

Вимірювання швидкості потоку повітря можна проводити також шляхом визначення тиску повітря всередині скляної Г-подібної трубки, закритої з одного кінця. Вона називається трубкою Піто, за ім'ям її винахідника. Швидкість руху повітря обчислюється шляхом порівняння надлишкового тиску повітря всередині трубки та зовні. Застосовується для визначення відносної швидкості і об'ємної витрати в газоходах і вентиляційних системах. Це так звані **динамометричні** анемометри.

Принцип роботи **ультразвукового** анемометра ґрунтується на вимірюванні швидкості звуку між передавачем та приймачем в залежності від швидкості вітру. Це високоточні сучасні анемометри, призначені також для вимірювань напрямку вітру. Розрізняють двомірні та тримірні ультразвукові анемометри. Двомірний анемометр може вимірювати швидкість і напрямок тільки горизонтальних потоків повітря. Тримірний анемометр здатний проводити вимірювання трьох компонент напрямку руху потоку. Крім того, ультразвуковий анемометр має можливість вимірювати ще й температуру повітря ультразвуковим методом.

➞ **Вимірювання вологості повітря в приміщенні**

Вологість повітря визначається:

- вологовиділенням від побутових процесів (приготування їжі, прання і сушка білизни і т.п.), людей;
- технологічними процесами, тобто виділенням і поглинанням вологи при виробництві продукції підприємством;
- вологістю зовнішнього повітря;
- огорожуючих будівельних конструкцій.

Маса водяного пару, що утримується в одиниці (1 м^3) повітря, називається абсолютною вологістю повітря, позначається D і вимірюється ($\text{кг}/\text{м}^3$).

Збільшення абсолютної вологості обмежується межею насичення повітря водяними парами. Таке повітря називається насиченим, а абсолютна вологість в цьому стані максимальною.

Як видно із визначення, поняття абсолютної вологості ідентичне поняттю об'ємної маси водяних парів $\rho_{\text{п}}$ має, таку ж одиницю вимірювання ($\text{кг}/\text{м}^3$), і чисельно дорівнює об'ємній вазі водяних пар $\gamma_{\text{п}}$, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Зворотні величини об'ємної ваги водяної пари ненасиченого і насиченого повітря, як відомо, називаються питомими об'ємами.

Відносна вологість повітря характеризує ступінь насичення його водяною парою тобто може бути визначена з співвідношення приведених раніше величин.

Маса стовпа повітря всієї товщини атмосфери з одиничною площею 1 см створює атмосферний тиск, який часто називають барометричним. Вологість повітря створює барометричний тиск, рівний сумі парціальних тисків сухого повітря і водяних парів, мм. рт. ст. ($\text{кг}/\text{см}^2$):

$$B = P_{\text{г}} = P + P_{\text{п}} \quad (4.1)$$

Парціальний тиск водяної пари $P_{\text{п}}$ звичайно називають її пружністю і позначають e . Пружність водяної пари є характеристикою вологості повітря, оскільки вона змінюється пропорційно барометричному тиску. При постійній температурі в тиску повітря і вологості, що змінюється, пружність водяної пари e може збільшуватись чи зменшуватись. Збільшення пружності обмежена межею, що відповідає максимально можливому насиченню повітря водяною парою. У цьому випадку вона називається максимальною пружністю водяної пари і означається E .

Таким чином, відносна вологість

$$\varphi = \frac{D \cdot 100}{D_{\max} \frac{\gamma_n \cdot 100}{\gamma_h} \frac{\rho_n \cdot 100}{\rho_h} \frac{V_n \cdot 100}{V_h} \frac{P_n \cdot 100}{P_h} \frac{e_n \cdot 100}{E}} \quad (4.2)$$

де $D, \gamma_n, \rho_n, V_n, P_n, e$ - відповідно абсолютна вологість повітря, об'ємна вага, об'ємна маса, питомий об'єм і парціальний тиск (або пружність) водяних пар ненасиченого повітря;

$D_{\max}, \gamma_h, \rho_h, V_h, P_h, E$ - відповідно ті ж параметри насиченого повітря.

Вологість повітря можна виміряти гігрометрами, гігрографами і психрометрами.

➤ **Гігрометр** вимірює вологість за рахунок зміни довжини пучка знежиреного волосся, яка передається через систему важелів на стрілку приладу, тобто це прилад що показує.



Рис. 4.13 Загальний вигляд гігрометра

➤ **Гігрограф** працює на тому ж принципі, але свідчення передається на барабан, що безперервно обертається, тобто цей прилад фіксує



Рис. 4.14 Загальний вигляд гігрографа

➤ Частіше за все відносна волога вимірюється **психрометрами**:

Він складається з двох термометрів 1 (ртутних або спиртових), змонтованих на єдиній основі. Між ними вміщений балончик з дистильованою водою, забезпечений знизу чашечкою, яка розміщується під одним з термометрів. Резервуар цього термометра, що зветься «мокрим», обмотаний тонкою матерією (батистом або марлею) так, щоб нижня її частина, що вільно звисає на 15...20 мм, знаходилася у воді. Резервуар термометра розташовується на 2...3 мм вище рівня води.

Другий термометр, що називається «сухим», показує температуру навколишнього повітря. На показання «морого» термометра впливає випаровування вологи з поверхні його резервуара, внаслідок чого відбувається втрата теплоти. Таким чином, виникає різниця між показами обох термометрів, що називається психометричною різницею температур. Чим сухіше повітря, тим інтенсивніше випаровується волога, і тим більша психометрична різниця температур. При відносній вологості $\phi = 100\%$, коли випаровування з поверхні резервуара морого термометра відсутнє, температура не буде знижуватися і буде однаковою в обох термометрах. Тому при психометричній різниці температур можна судити про відносну вологість повітря.

При роботі вентилятора, в прилад засмоктується повітря, яке, обтікаючи резервуари термометрів, проходить по трубці до вентилятора і викидається назовні через прорізи. Резервуари термометрів в момент вимірювання знаходиться в потоці повітря, що рухається з певною швидкістю V , постійною при будь-яких умовах вимірювання.



Рис. 4.15 Загальний вигляд психрометра

➤ **Механічний** або керамічний вологомір працює за допомогою електричного опору маси. Оскільки у складі керамічної маси міститься кремній і каолін з частинками металу, отримана суміш змінює опір після зміни вологості повітря.



Рис. 4.16 Загальний вигляд механічного вологоміра

За рахунок цього при різному змісті пара, стрілка на приладі змінює положення, відображаючи вологість повітря.

Даний механізм роботи дозволяє робити керамічні прилади компактні, тому вони користуються попитом для вимірювання вологості повітря в побуті.

➤ **Електронний** або кімнатний гігрометр – сучасний високошвидкісний прилад для визначення вологості повітря в приміщенні. В конструкції можуть бути використані такі принципи дії:

- вимірювання електропровідності навколишнього повітря;
- оптоелектронний метод, з вимірюванням точки роси;
- вимірювання електричного опору полімерів і солей;
- аналіз ємності конденсату.

Цифровий вологомір працює за допомогою мікросхем, тому розрахунки проводяться протягом декількох секунд, а вихідні дані мають мінімальну похибку.



Рис. 4.17 Загальний вигляд електронного вологоміру

Точні свідчення електронного гігрометра можливі при відсутності протягів. Деякі моделі допускають коливання до 2 м/с, щоб врахувати це, необхідно попередньо ознайомитися з технічною документацією.

При визначенні вологості повітря пристроями даного типу, необхідно враховувати температуру навколишнього середовища. Найменші відхилення від стаціонарних умов впливають на кінцеві показники, тому перед безпосереднім вимірюванням вуличні двері повинні бути закриті протягом 15 хвилин.

Крім температурних коливань на роботу пристроїв впливає близькість нагрівальних приладів. Тому, при розміщенні гігрометрів будь-якого типу,

враховуйте близькість радіаторів і розміщуйте їх на протилежній стіні чи столику, розташованому на значній відстані від обігрівачів.

Визначення метеорологічних умов у приміщенні

Самопочуття і працездатність людини з гігієнічної точки зору в значній мірі визначаються температурою, вологістю і швидкістю руху повітря.

Температура характеризує ступінь нагріву середовища.

Вологість повітря в приміщенні обумовлена наступними причинами: вологістю зовнішнього повітря; виділенням вологи людьми, що знаходяться в приміщенні; побутовими і технологічними виділеннями вологи. Вологість розрізняють абсолютну і відносну. Абсолютна вологість D – це маса водяних парів, що містяться у 1 м^3 вологого повітря, $\text{кг}/\text{м}^3$.

З характеристичного рівня одержимо:

$$D = \frac{P_{\text{вп}}}{R_{\text{вп}} \cdot T}, \quad (4.3)$$

Знаючи парціальний тиск водяних парів і їхню температуру, можна визначити абсолютну вологість у приміщенні при

$$R_{\text{вп}} = 470 \text{ Па} \cdot \text{м}^3 / (\text{кг} \cdot \text{К})$$

Відношення парціального тиску $P_{\text{вп}}$ водяної пари у вологому повітрі до парціального тиску $P_{\text{нп}}$ водяної пари в насиченому вологому повітрі при одній і тій же температурі називається відносною вологістю повітря:

$$\varphi = \frac{P_{\text{вп}}}{P_{\text{нп}}} \cdot 100\% \quad (4.4)$$

Тиск водяної пари, що знаходиться в насиченому стані $P_{\text{нп}}$, Па, для області позитивних температур:

$$P_{\text{нп}} = 479 + (11,52 + 1,62 \cdot t_c)^2 \quad (4.5)$$

де: t_c – температура повітря (за показами «сухого» термометра), $^{\circ}\text{C}$.

Відповідно до закону Дальтона, загальний тиск суміші дорівнює сумі парціальних тисків декількох газів, що утворюють цю суміш. Тому що вологе повітря являє собою пароповітряну суміш, то спільний тиск атмосферного

повітря або барометричний тиск дорівнює сумі парціальних тисків сухої його частини P_{cv} і водяних парів P_{en} :

$$P_{\sigma} = P_{cv} + P_{en} \quad (4.6)$$

Якщо вологе повітря охолоджувати, то в залежності від вмісту в ньому водяної пари при досягненні цілком визначеної температури починається конденсація і випадіння вологи. Температура, при якій відбувається конденсація парів, що містяться в повітрі, називається *температурою точки роси*.

Установлено, що при нормальній вологості і рухливості повітря на самопочуття людини помітно впливає температура поверхні огорожень. Стан теплового комфорту в приміщенні визначається як результат співвідношення між температурою навколишнього повітря і середньою температурою внутрішніх поверхонь огорожень.

Середню температуру поверхонь приміщення прийнято називати *радіаційною температурою*. Вона зв'язана з променистим теплообміном у приміщенні і залежить від розмірів і температури поверхні окремих огорожень:

$$t_{\text{рад}} = \frac{(t_{\text{вп}} \cdot f_1) + \dots + (t_{\text{вп}} \cdot f_n)}{f_1 + \dots + f_n} \quad (4.7)$$

де: f_i , $t_{\text{вп}}$ – площі і температури внутрішніх огорожуючих конструкцій.

Середня радіаційна температура, що забезпечує нормальний тепловий стан людини в приміщенні, визначається за формулою:

$$t_{\text{рад}}^H = 29 - 0,5 \cdot t_c \quad (4.8)$$

Прилади для моніторингу вентиляційних систем від компанії Testo відомі своєю точністю, надійністю та інноваційними рішеннями. Вони використовуються для вимірювання різних параметрів повітря та ефективності роботи систем вентиляції.

Основні типи приладів Testo, що застосовуються для моніторингу вентиляційних систем:

1. Багатофункціональний прилад для вимірювання параметрів мікроклімату в приміщеннях, а також для контролю і налагодження систем припливно-витяжний вентиляції та кондиціонування повітря **Testo 435**.

Для характеристики якості повітря в приміщеннях, обладнаних системами вентиляції і кондиціонування, застосовується показник IAQ (indoor air quality). Згідно з ним якість повітря оцінюється не тільки за такими параметрами, як температура, вологість та швидкість потоку повітря. Дуже важливо мати інформацію про концентрацію CO₂, рівень освітленості і шуму. Тільки в комплексі всі ці параметри характеризують, наскільки комфортним сприймається мікроклімат в приміщенні.

За допомогою Testo 435 можна виміряти практично всі зазначені вище параметри та здійснювати моніторинг систем ОВК. Широкий вибір професійних зондів до приладу дозволяє вирішити практично будь-яке вимірювальне завдання, пов'язане з аналізом повітря в приміщеннях. Наприклад, використовуючи сферичний зонд і зонд IAQ, можна оцінити комфортність температурного режиму, виміряти CO₂, температуру, абсолютний тиск і вологість. Встановлені в прилад стандартні програми вимірювань, або профілі, можна використовувати для найбільш поширених завдань таких, як вимірювання на вентиляційних решітках або IAQ.

Наявність готових профілів дозволяє значно прискорити складання програми вимірювань.



Рис. 4.18 Загальний вигляд багатофункціонального приладу **Testo 435**

Унікальність приладу полягає в тому, що всі параметри, необхідні для підтримання чудової якості повітря в приміщеннях за допомогою систем опалення, вентиляції та кондиціонування (ОВК) вимірюються одним приладом – Testo 435.

Усі прилади мають можливість під'єднання бездротових радіозондів для вимірювання температури або температури та вологості.

Застосовується для вимірювання:

- ✓ швидкості повітря в приміщенні, повітропроводі або витяжній трубі, зондом із крильчаткою, зондом термоанемометром і трубкою Піто з автоматичним усередненням і розрахунком об'ємної витрати;
- ✓ вологості повітря в приміщенні та повітропроводі з автоматичним розрахунком точки роси;
- ✓ концентрації CO і CO₂ в закритих приміщеннях;
- ✓ тиску газу або повітря і тяги в повітропроводі; освітленості;

- ✓ швидкостей руху повітря по шарах у приміщенні.

Короткі технічні дані

- ❖ Температура – $-200...1370\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- ❖ Швидкість повітря – $0...60\text{ м/с}$;
- ❖ Відносна вологість – $0...100\%$;
- ❖ Диференціальний тиск – $0...25\text{ мБар}$;
- ❖ Абсолютний тиск – $0...2\text{ атм}$;
- ❖ Концентрація CO_2 в повітрі – $0...10\,000\text{ ppm}$;
- ❖ Концентрація CO в повітрі – $0...500\text{ ppm}$;
- ❖ Освітленість – $0...100\,000\text{ люкс}$.

Параметри, що розраховуються:

- ✓ Об'ємна витрата повітря
- ✓ Щільність повітря

Інші дані:

- ❖ Робоча температура – $-20...+50^{\circ}\text{C}$

Testo 435 може працювати з бездротовими зондами температури і вологості, віддаленими на відстань до 20 метрів. До приладу можна одночасно підключити 2 дротових і 3 бездротових зонда. Виміряні дані зберігаються в пам'яті приладу і можуть бути передані на ПК для обробки, архівації та складання звітів.

2. Цифровий термогігрометр з Bluetooth **Testo 605i**

Відмінною рисою Смарт зондів є відсутність дисплею. Для відображення і обробки виміряних даних використовується смартфон або планшет із сенсорним дисплеєм. Передача даних зі Смарт зондів на смартфон / планшет здійснюється по бездротовому зв'язку Bluetooth за допомогою безкоштовного Додатку Testo Smart Probes, який доступний для Android та Apple IOS. До одного мобільного пристрою можна одночасно підключити до 6-ти Смарт зондів.

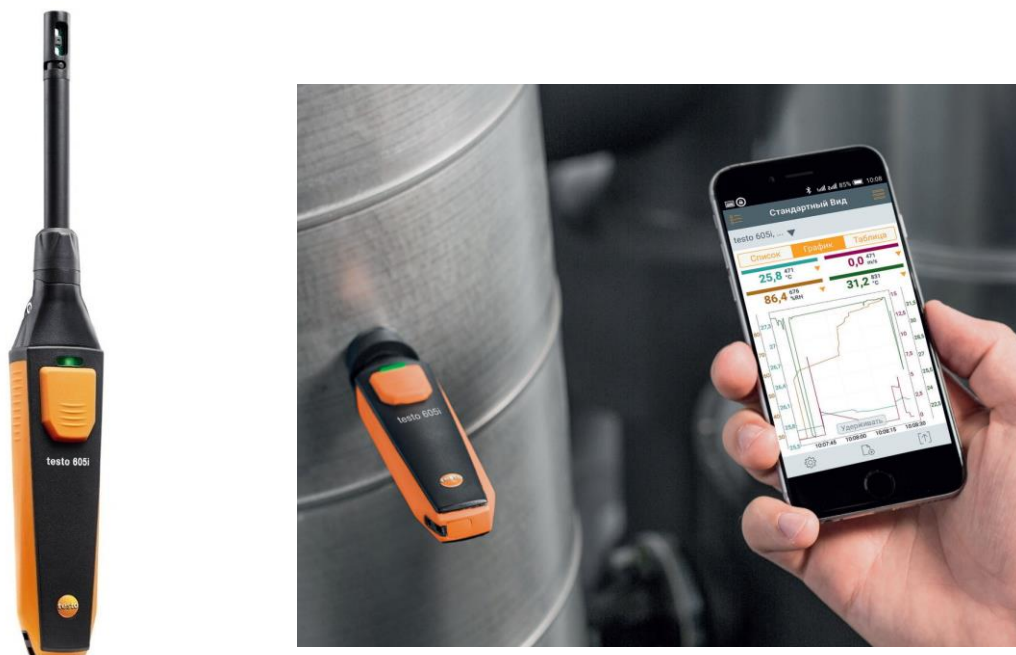


Рис. 4.19 Загальний вигляд електронного термогігрометра Testo 605i

Електронний термогігрометр Testo 605i відноситься до серії Смарт зондів Testo – професійних вимірювальних приладів, призначених для роботи зі смартфоном або планшетом на базі Android або Apple IOS. Для роботи з промисловим термогігрометром на планшет або смартфон необхідно встановити безкоштовний Додаток Testo Smart.

Застосовується для вимірювання:

- ✓ вологості та температури у приміщеннях та вентканалах, з передачею даних на смартфон та можливістю повороту зонда на 45° та 90°
- ✓ відноситься до серії Смарт зондів Testo - професійних вимірювальних приладів, призначених для роботи зі смартфоном або планшетом на базі Android або Apple IOS. Для роботи з промисловим термогігрометром на планшет або смартфон необхідно встановити безкоштовний Додаток Testo Smart.

Короткі технічні дані:

- ❖ Температура – -20 ... +60 °C;

❖ Вологість – 0 ... 100 %;

❖ Похибка:

- температура – $\pm 0,5$ °C (0 ... +60 °C); $\pm 0,8$ °C (-20 ... 0 °C);

- вологість – ± 2 %; (35 ... 65 %); ± 3 % (10 ... 35 %, 65 ... 90 %); ± 5 % ВВ (в решті діапазону)

Дані з цифрового термогігрометра Testo 605i передаються на смартфон або планшет по Bluetooth на відстані до 100 м (в залежності від моделі смартфона). За допомогою Додатку ви можете переглянути виміряні дані на дисплеї мобільного пристрою, побудувати графіки, таблиці та надіслати результати вимірювань електронною поштою у форматах Excel або PDF.

Переносний термогігрометр Testo 605i оснащений зондом, який можна повернути на кут 45 або 90°. Це дозволяє застосовувати прилад в місцях вимірювань з обмеженим простором. Наприклад, в повітроводах поруч із стіною.

Термогігрометр Testo 605i автоматично розраховує точку роси та температуру вологого термометра.

До одного смартфона / планшета можна одночасно підключити до 6-ти будь-яких Смарт зондів Testo – шість смарт термогігрометрів Testo 605i або їх комбінацію з іншими Смарт зондами Testo. Наприклад, Testo 605i в комбінації з термоанемометром [Testo 405i](#) дозволяє визначити ефективність системи обігріву/охолодження, а в комбінації з пірометром [Testo 805i](#) – виявити місця з ризиком утворення плісняви та цвілі.

Крім того, електронний гігрометр Testo 605i може обмінюватися даними з манометричними колекторами, серій [Testo 550s](#) та [Testo 557s](#), а також багатофункціональними анемометрами [Testo 440](#) та [Testo 400](#).

Цифрові гігрометри Testo 605i застосовуються для вимірювання відносної вологості, температури і точки роси в приміщеннях та в вентиляційних каналах систем ОВК.

Портативний гігрометр Testo 605i входить до складу комплектів Смарт зондів Testo для [систем Вентиляції та кондиціонування](#).

3. Цифровий термометр **Testo 915i** з зондом температури повітря з Bluetooth, передачею даних на смартфон, можливістю підключення інших зондів температури

Смарт термометр Testo 915i зі змінними зондами робить вимірювання температури ще швидшим, простішим та гнучкішим. Завдяки інноваційному механізму кріплення, сумісному з усіма термопарами типу К, смарт термометр можна використовувати в найрізноманітніших застосуваннях.

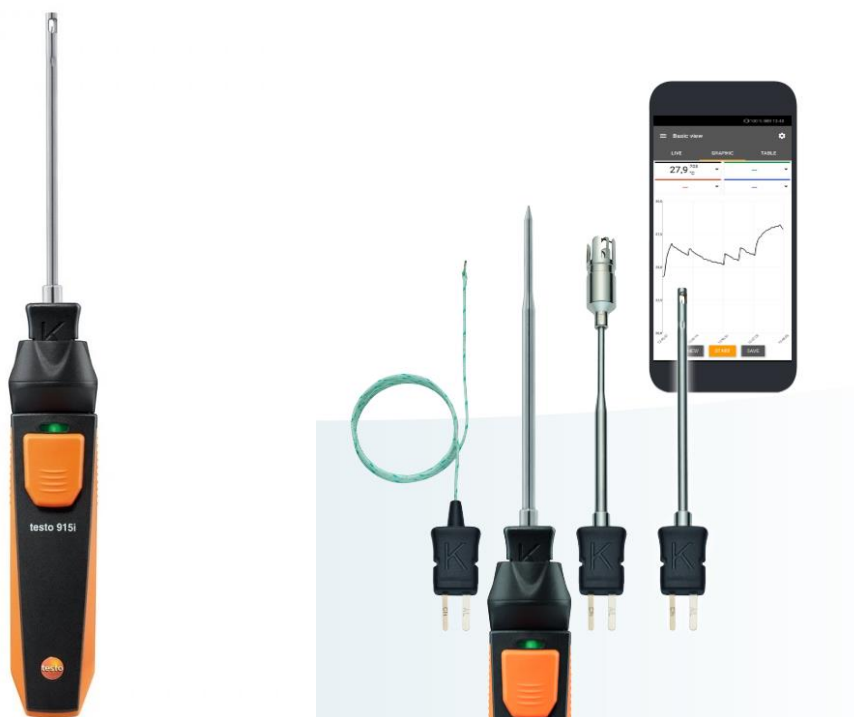


Рис. 4.20 Загальний вигляд цифрового термометра Testo 915i

Смарт термометр Testo 915i із зондом температури повітря ідеально підходить для вимірювання температури навколишнього повітря, температури в повітропроводах або на вентиляційних решітках. Бездротовий термометр Testo 915i з надійним, швидкодіючим зондом температури повітря дозволить вам виконувати щоденні вимірювання температури з більшою швидкістю, гнучкістю та легкістю.

Застосовується для вимірювання:

✓ температури навколишнього повітря, температури в повітропроводах або на вентиляційних решітках.

✓ Бездротовий термометр Testo 915i з надійним, швидкодіючим зондом температури повітря дозволить вам виконувати щоденні вимірювання температури з більшою швидкістю, гнучкістю та легкістю.

Короткі технічні дані:

- ❖ Діапазон вимірювань – $-50 \dots +400 \text{ }^{\circ}\text{C}$;
- ❖ Похибка – $\pm 1 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-50 \dots +100 \text{ }^{\circ}\text{C}$); $\pm 1 \text{ } \%$ від вим. зн. (в решті діапазону);
- ❖ Робоча температура – $-20 \dots +50 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Цифровий термометр Testo 915i призначений для роботи зі смартфоном або планшетом, на базі Android або IOS. Для роботи з електронним термометром на планшет або смартфон необхідно встановити безкоштовний Додаток Testo Smart. Дані з приладу автоматично передаються на смартфон або планшет по Bluetooth. Дальність бездротової передачі даних становить до 100 м в залежності від навколишніх умов та моделі смартфона.

Виміряні дані відображаються в Додатку у вигляді значень, таблиці або графіку. За допомогою Додатку ви зможете створити професійний цифровий звіт по результатам вимірювань та направити його електронною поштою.

Для проведення комплексних вимірювань, промисловий термометр Testo 915i має змогу передавати виміряні данні по Bluetooth на смарт манометричні колектори Testo 550s, 550i та 557s, а також на багатофункціональні прилади Testo 440 та Testo 400.

Смарт термометр Testo 915i має інноваційну модульну конструкцію: прилад складається з Bluetooth рукоятки та змінного зонду. Завдяки цьому, комплект можна доукомплектувати додатковими зондами температури та розширити його сферу застосування, згідно з вашими індивідуальними вимогами.

4. Термоанемометр з телескопічним зондом Testo 405i

Для підтримання якісного повітря в приміщеннях необхідно забезпечити безперебійну та ефективну роботу систем вентиляції та кондиціонування. Для цього потрібно регулярно проводити контрольні виміри і, при необхідності, здійснювати налагодження системи. Так, виявлена під час вимірювань низька об'ємна витрата повітря в повітроводах свідчить про недостатню подачу свіжого повітря і неефективне видалення старого.



Рис. 4.21 Загальний вигляд термоанемометра з телескопічним зондом Testo 405i

Термоанемометр Testo 405i відноситься до серії [Смарт зонди Testo](#) - професійних вимірювальних приладів, призначених для роботи зі смартфоном або планшетом на базі Android або Apple IOS. Для роботи з термоанемометром на планшет або смартфон необхідно встановити безкоштовний Додаток Testo Smart.

Застосовується для вимірювання:

- ✓ швидкості, температури та об'ємної витрати повітря.
- ✓ Висувний телескопічний зонд дозволяє вимірювати швидкість і температуру, як в приміщеннях, так і в вентиляційних каналах.
- ✓ У парі зі Смарт зондом – термогігрометром Testo 605i, термоанемометр Testo 405i застосовується для оцінки ефективності систем обігріву та охолодження.

Короткі технічні дані:

- ❖ Швидкість – 0 ... 30 м/с;
- ❖ Температура – -20 ... +60 °C;
- ❖ Робоча температура – -20 ... +50 °C;
- ❖ Похибка:
 - швидкість – $\pm 0,1$ м/с ± 5 % від вим. зн. (0 ... 2 м/с); $\pm 0,3$ м/с ± 5 % від вим. зн. (2 ... 15 м/с); $\pm 0,5$ м/с ± 5 % від вим. зн. (15 ... 30 м/с);
 - температура – $\pm 0,5$ °C.

Дані з термоанемометра Testo 405i передаються на смартфон / планшет по Bluetooth на відстані до 15-20 м (в залежності від моделі смартфона). За допомогою Додатку ви можете переглянути виміряні дані на дисплеї мобільного пристрою, побудувати графіки, таблиці та надіслати результати вимірювань електронною поштою у форматі Excel або PDF.

В Додатку Testo Smart можна задати параметри перерізу повітроводу для розрахунку об'ємної витрати та автоматичний розрахунок середнього значення за часом або за кількістю вимірювань.

До одного смартфона / планшета можна одночасно підключити до 6-ти будь-яких Смарт зондів Testo. Це можуть бути тільки термоанемометри Testo 405i або їх комбінація з іншими Смарт зондами Testo.

Термоанемометри Testo 405i застосовуються для вимірювання швидкості, температури та об'ємної витрати повітря. Висувний телескопічний зонд дозволяє

вимірювати швидкість і температуру, як в приміщеннях, так і в вентиляційних каналах. У парі зі Смарт зондом - термогігрометром [Testo 605i](#), термоанемометр Testo 405i застосовується для оцінки ефективності систем обігріву та охолодження.

5. Крильчатий анемометр Testo 410i

Коректне вимірювання швидкості повітряного потоку і точний розрахунок об'ємної витрати в багатьох випадках є непростим завданням. Зокрема, це стосується вимірювання об'ємної витрати на вентиляційних решітках і дифузорах. На решітках створюються турбулентні потоки, які значно впливають на точність вимірювань. Для забезпечення високої точності вимірювань об'ємної витрати необхідно застосовувати воронки Testovent.



Рис. 4.22 Загальний вигляд анемометра Testo 410i з крильчаткою

Анемометр Testo 410i з крильчаткою діаметром 40 мм відноситься до серії [Смарт зонди Testo](#) – професійних вимірювальних приладів, призначених для роботи зі смартфоном або планшетом на базі Android або Apple IOS. Для роботи з анемометром на планшет або смартфон необхідно встановити безкоштовний Додаток Testo Smart.

Застосовується для безпроводного вимірювання:

- ✓ швидкості, температури та об'ємної витрати повітря.

✓ В Додатку Testo Smart можна задати параметри перерізу повітроводу для розрахунку об'ємної витрати та автоматичний розрахунок середнього значення за часом або за кількістю вимірювань.

✓ Відображення в Додатку об'ємної витрати на декількох вентиляційних решітках дозволяє швидко оцінити ефективність роботи систем вентиляції та кондиціонування.

Короткі технічні дані:

Швидкість – 0,4 ... 30 м/с;

Температура – -20 ... +60 °С;

Робоча температура – -20 ... +50 °С;

Похибка:

- швидкість – $\pm 0,2$ м/с ± 2 % від вим. зн. (0,4 ... 20 м/с);

- температура – $\pm 0,5$ °С.

Дані з анемометра Testo 410i передаються на смартфон / планшет по Bluetooth на відстані до 15-20 м (в залежності від моделі смартфона). За допомогою Додатку ви можете переглянути виміряні дані на дисплеї мобільного пристрою, побудувати графіки, таблиці та надіслати результати вимірювань електронною поштою у форматах Excel або PDF.

В Додатку Testo Smart можна задати параметри перерізу повітроводу для розрахунку об'ємної витрати та автоматичний розрахунок середнього значення за часом або за кількістю вимірювань. Відображення в Додатку об'ємної витрати на декількох вентиляційних решітках дозволяє швидко оцінити ефективність роботи систем вентиляції та кондиціонування.

До одного смартфона / планшета можна одночасно підключити до 6-ти будь-яких Смарт зондів Testo. Це можуть бути тільки крильчаті анемометри Testo 410i або їх комбінація з іншими Смарт зондами Testo.

6. Промисловий пірометр з Bluetooth Testo 805i

В комбінації зі смартфоном або планшетом Bluetooth пірометр Testo 805i функціонує як компактний прилад для вимірювання температури поверхні стін або окремих компонентів різноманітних систем. Наприклад, систем кондиціонування повітря. Область вимірювання точно обмежується лазерним маркером, що має вигляд кола. Користувач за допомогою Додатку має змогу переглянути виміряні дані на екрані смартфона або планшета.



Рис. 4.23 Загальний вигляд пірометра Testo 805i

Застосовується для безконтактного вимірювання:

- ✓ температури на поверхні в приміщеннях та на компонентах систем обігріву або кондиціонування повітря;
- ✓ відноситься до серії Смарт зондів Testo – професійних вимірювальних приладів, призначених для роботи зі смартфоном або планшетом на базі Android або Apple IOS.
- ✓ Для роботи з цифровим пірометром на планшет або смартфон необхідно встановити безкоштовний Додаток Testo Smart.

Короткі технічні дані:

- ❖ Діапазон вимірювань – $-30 \dots +250 \text{ }^{\circ}\text{C}$;

- ❖ Робоча температура – $-10 \dots +50 \text{ }^{\circ}\text{C}$;
- ❖ Похибка:
 - $\pm 1,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ або $\pm 1.5 \%$ від вим. зн. ($0 \dots +250 \text{ }^{\circ}\text{C}$);
 - $\pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-20 \dots -0,1 \text{ }^{\circ}\text{C}$);
 - $\pm 2,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-30 \dots -20,1 \text{ }^{\circ}\text{C}$).

Переносний пірометр оснащений оптикою 10:1 для вимірювань температури на відстані до 5 м та восьмиточковим лазерним маркером у формі кола для безпомилкового захоплення області проведення вимірювань. Електронний пірометр Testo 805i оснащений функцією ручного введення коефіцієнта емісії для високоточних вимірювань. Також коефіцієнт емісії можна вибрати зі списку для різних матеріалів, збереженого в Додатку.

Дані з інфрачервоного термометра Testo 805i передаються на смартфон або планшет по Bluetooth на відстань до 15-20 м, в залежності від моделі смартфона. У Додатку на мобільному пристрої можна переглянути виміряні дані у вигляді списку графіка або таблиці. За допомогою Додатку можна створити цифровий звіт за результатами вимірювань у форматі Excel або PDF і надіслати його електронною поштою. Додаток Testo Smart дозволяє додати до звіту фотографію об'єкта, зроблену смартфоном, з відображенням на ній лазерного маркера та виміряної температури.

До одного смартфона або планшета можна одночасно підключити до 6-ти будь-яких Смарт зондів Testo – 6 промислових пірометрів Testo 805i або пірометри в комбінації з іншими Смарт зондами Testo. У поєднанні з термогігрометром [Testo 605i](#), будівельний пірометр Testo 805i застосовується для безконтактного вимірювання вологості поверхні та виявлення місць з ризиком утворення плісняви.

7. Ручний дифманометр Testo 510i з Bluetooth

Система вентиляції і кондиціювання повинна постійно підтримувати задані параметри мікроклімату в приміщеннях (в виробничих цехах, чистих кімнатах та ін.). Крім того, системи ОВК повинні відповідати жорстким гігієнічним нормативам, що вимагає здійснення постійного моніторингу стану фільтрів. Всі ці питання ефективно вирішують дифманометри та тахометри Testo. За допомогою диференціальних манометрів можна швидко і легко визначити ступінь забруднення фільтра, зіставивши значення тиску до і після фільтра.



Рис. 4.24 Загальний вигляд ручного дифманометра Testo 510i

Застосовується для вимірювання:

- ✓ тяги в димоходах і вентиляційних каналах,
- ✓ тиску природного газу на котельній техніці,
- ✓ перепадів тиску на фільтрах і вентиляторах,
- ✓ швидкості потоку за допомогою трубки Піто.

Короткі технічні дані:

Діапазон вимірювання – -150...150 гПа;

Робоча температура – -20...+50 °С;

Похибка:

$\pm 0,05$ гПа (0...1 гПа)

$\pm (0,2 \text{ гПа} + 1,5 \% \text{ від вим. зн.})$ (1...150 гПа)

Дані з компактного дифманометра Testo 510i передаються на смартфон або планшет по Bluetooth на відстані до 15-20 м, в залежності від моделі смартфона. За допомогою Додатку ви зможете переглянути виміряні дані на дисплеї мобільного пристрою, побудувати графіки, таблиці та надіслати результати вимірювань електронною поштою у форматі Excel або PDF. Спеціальне меню Додатку призначене для введення критичного або аварійного значення тиску та проведення тесту на падіння тиску.

До одного смартфона або планшета можна одночасно підключити до 6-ти будь-яких Смарт зондів Testo. Це можуть бути тільки дифманометри Testo 510i або їх комбінація з іншими Смарт зондами Testo.

Ручні дифманометри Testo 510i застосовуються для вимірювання тяги в димоходах і вентиляційних каналах, тиску природного газу на котельній техніці, перепадів тиску на фільтрах і вентиляторах, а також для вимірювання швидкості потоку за допомогою трубки Піто. Крім того, цифровий дифманометр Testo 510i може обмінюватися даними з багатофункціональними анемометрами [Testo 440](#) та [Testo 400](#).

4.7. Приклади використання приладів на практиці

Прилади Testo використовуються у різноманітних сферах для забезпечення точних вимірювань та контролю. Наведемо деякі приклади їх застосування на практиці.

1. Проведення аналізу мікроклімату в приміщеннях, моніторингу та налагодженні систем ОВК. Прилад Testo 435 автоматично вибирає меню вимірювань в залежності від підключених зондів, дозволяє задати програми вимірювань для виконання різних завдань (вимірювання на решітках, проведення безперервних тривалих вимірювань та ін.). Завдяки широкій гамі зондів таких як, наприклад, зонд рівнів турбулентності повітря можна без зусиль виміряти всі параметри, що впливають на якість повітря в приміщеннях.



Рис. 4.25 Вимірювання комфорту приладом Testo 435

[Програма Testo 435 USB драйвер](#)

[Інструкція з експлуатації витратоміра Testo 435](#)

2. Вимірювання вологості та температури у приміщеннях та вентканалах, з передачею даних на смартфон, розрахунком температури точки роси та вологого термометра, можливістю повороту зонда на 45° та 90° з використанням цифрового термогігрометра з Bluetooth Testo 605i.

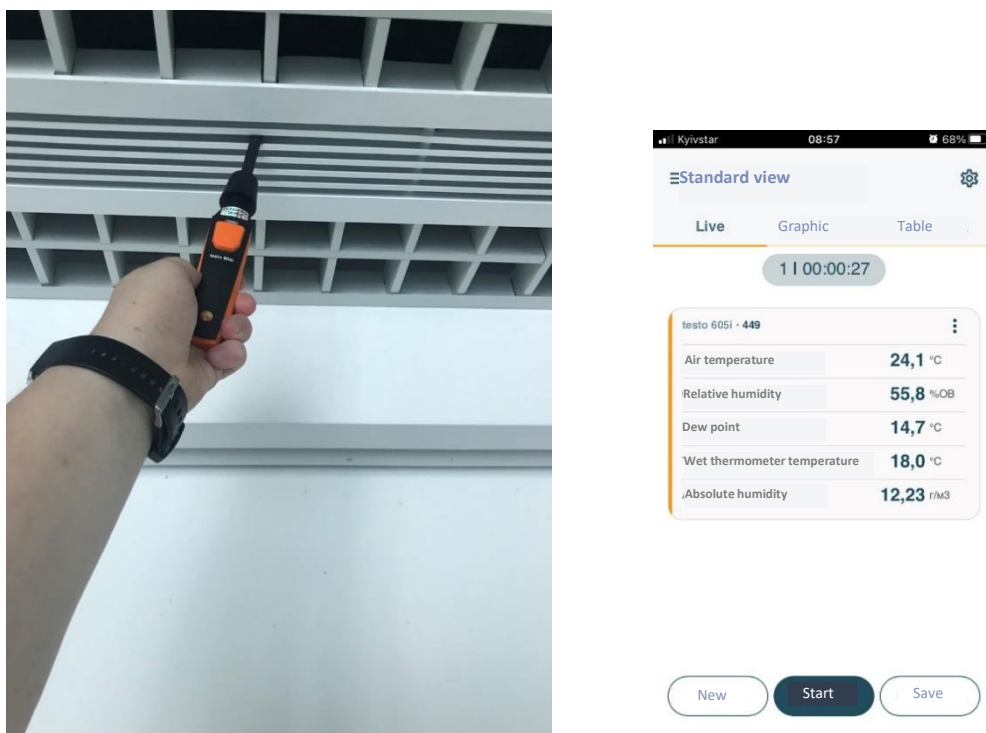


Рис. 4.26 Вимірювання вологості та температури у приміщеннях з використанням цифрового термогігрометра Testo 605i

[Додаток для Смарт-зондів Testo 605i](#)

[Інструкція з експлуатації цифрового термогігрометра Testo 605i](#)

3. Для проведення вимірювань у рідинах, напівтвердих та гелеподібних речовинах. Відповідно, промисловий цифровий термометр Testo 915i має досить широку сферу застосування, а саме: вимірювання температури технічної рідини, рідини, гелю, мастила та інше.



Рис. 4.27 Використання термометра Testo 915i для вимірювання температури речовин

[Додаток для Смарт-зондів Testo 915i](#)

[Інструкція з експлуатації цифрового термометра Testo 915i](#)

4. Для вимірювання швидкості, об'ємної витрати та температури в приміщеннях та вентканалах використовується термоанемометр Testo 405i з телескопічним зондом та Bluetooth.

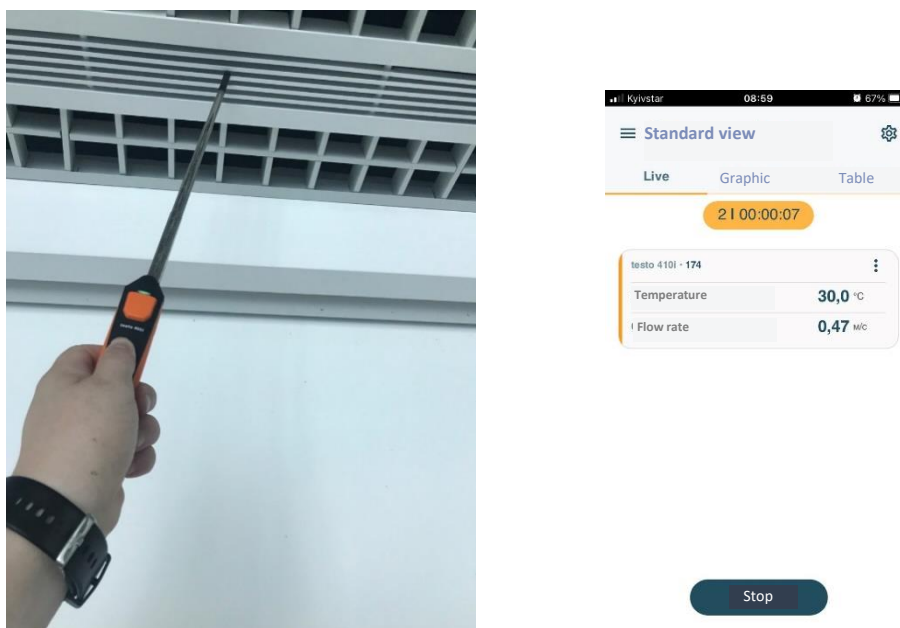


Рис. 4.28 Проведення вимірювань з використанням термоанемометра Testo 405i

[Додаток для Смарт-зондів Testo 405i](#)

[Інструкція з експлуатації термоанемометра Testo 405i](#)

5. Для вимірювання швидкості, об'ємної витрати та температури повітря в приміщеннях та на вентиляційних решітках використовується ручний анемометр Testo 410i з крильчаткою 30 мм.

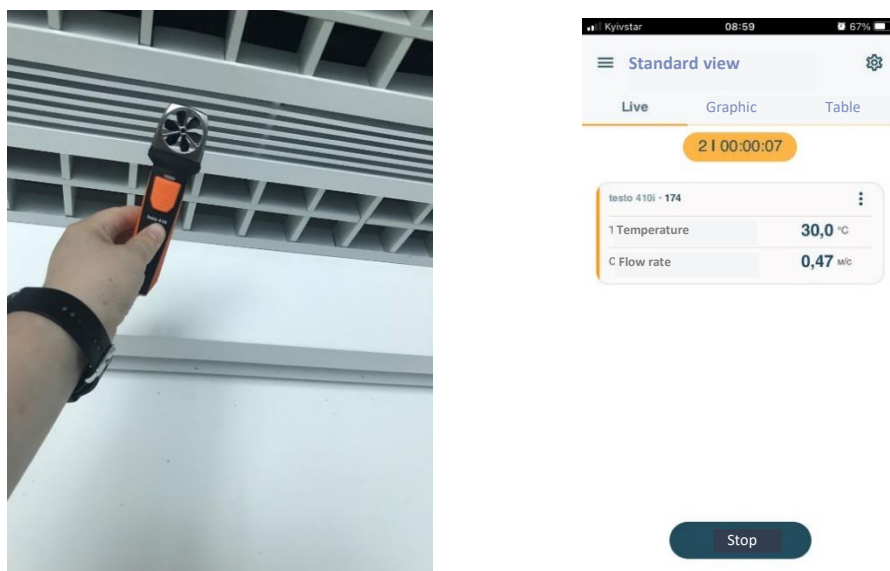


Рис. 4.29 Вимірювання швидкості, об'ємної витрати та температури повітря в приміщеннях та на вентиляційних решітках з використанням крильчатого анемометра Testo 410i

[Додаток для Смарт-зондів Testo 410i](#)

[Інструкція з експлуатації термоанемометра Testo 410i](#)

6. Для безконтактного вимірювання температури поверхні, з 8-точковим лазерним маркером, передачею даних на смартфон, вибором коефіцієнта емісії зі списку для різних матеріалів використовується промисловий міні пірометр Testo 805i.



Рис. 4.30 Безконтактне вимірювання температури поверхні за допомогою міні пірометра Testo 805i

[Додаток для Смарт-зондів Testo 410i](#)

[Інструкція з експлуатації міні пірометра Testo 805i](#)

7. Для вимірювання дифтиску, надлишкового тиску (напору) та розрядження (тяги), з магнітом для металевих поверхонь використовують цифровий диференціальний манометр Testo 510i.

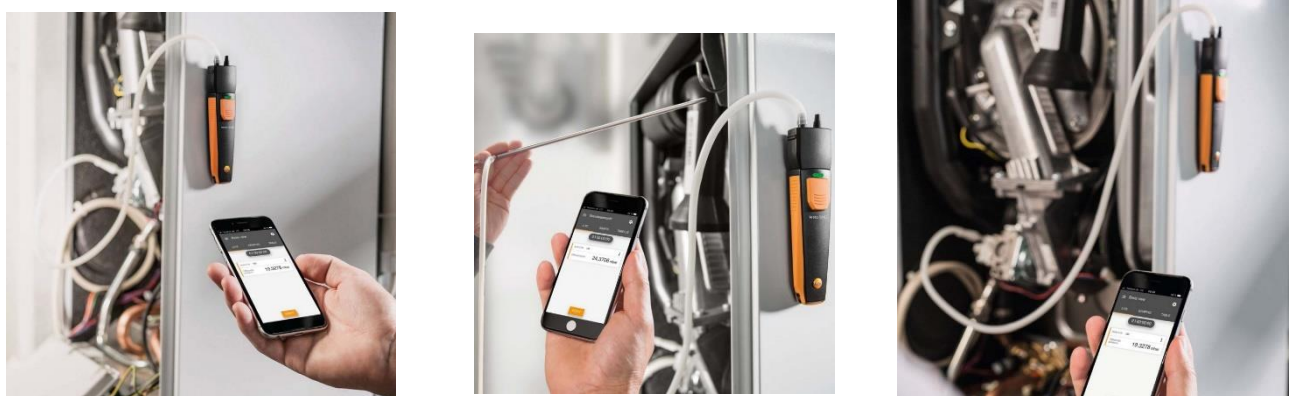


Рис. 4.31 Процес вимірювання дифтиску, надлишкового тиску (напору) та розрядження (тяги) з використанням диференціального манометра Testo 510i

[Додаток для Смарт-зондів Testo 510i](#)

[Інструкція з експлуатації диференціального манометра Testo 510i](#)

4.8. Складання акту про відповідність вентиляційних систем після моніторингу

Акт моніторингу вентиляційних систем – це документ, який відображає результати перевірки ефективності системи вентиляції. Він може включати інформацію про стан вентиляційних каналів, ефективність повітрообміну та відповідність санітарним нормам.

Ключові моменти, які слід врахувати при складанні такого акту:

- ✓ Перевірка відповідності: Акт повинен відображати, чи відповідає система вентиляції встановленим нормам і стандартам.
- ✓ Обстеження каналів: Важливо провести обстеження димових та вентиляційних каналів, щоб забезпечити їхню безпеку та ефективність.
- ✓ Паспортизація: Для отримання дозволу на експлуатацію приміщення може знадобитися не лише паспорт вентиляційної системи, а й акт, який підтверджує її ефективність.
- ✓ Регулярна ревізія: Необхідно регулярно проводити ревізію системи вентиляції, включаючи перевірку автоматичних зворотних клапанів.

Опитувальний лист перед моніторингом системи вентиляції є важливим інструментом для забезпечення ефективності та точності процесу оцінки. Його використання може мати кілька ключових переваг:

- ✓ Збір базової інформації: Опитувальний лист дозволяє зібрати попередню інформацію про об'єкт, систему вентиляції, її конфігурацію, стан та історію експлуатації. Це включає дані про типи обладнання, дати останніх технічних оглядів, наявність проблем та скарг.
- ✓ Ідентифікація проблемних зон: Завдяки опитуванню можна виявити потенційні проблемні зони, на які слід звернути особливу увагу під час моніторингу. Наприклад, наявність скарг на якість повітря в окремих приміщеннях.

✓ Планування роботи: Зібрані дані допомагають ефективно планувати роботу команди, визначаючи пріоритети та розподіляючи ресурси на найкритичніші ділянки.

✓ Оцінка відповідності нормам та стандартам: Опитувальний лист може включати питання щодо відповідності системи вентиляції чинним нормам та стандартам, що важливо для забезпечення безпеки та ефективності її роботи.

✓ Документація та звітність: Результати опитування можуть бути використані для документування поточного стану системи та формування звіту, що буде корисним для подальших оглядів та технічного обслуговування.

✓ Комунікація з замовником: Опитувальний лист може допомогти уточнити вимоги та очікування замовника, а також виявити специфічні потреби чи побажання щодо роботи системи вентиляції.

Опитувальний лист допомагає систематизувати підхід до моніторингу системи вентиляції, забезпечити комплексний огляд та підвищити загальну ефективність роботи.

Зразок оформлення опитувального листа наведено на рис. 4.32 (а, б).

Після ознайомлення з результатами опитувального листа, підрядник може приступати до фізичного огляду вентиляційної системи будівлі і складання акту моніторингу.

Складання акту моніторингу вентиляційних систем є важливою частиною процесу оцінки стану вентиляції. Акт повинен включати всі ключові аспекти перевірки та результати, щоб забезпечити повноту та точність документування. Нижче наведено зразок акту моніторингу вентиляційних систем (рис. 4.33 (а, б)).

Складання акту у такому форматі допоможе детально задокументувати процес моніторингу, забезпечити повноту інформації та сприяти подальшим крокам для покращення роботи вентиляційної системи.

ОПИТУВАЛЬНИЙ ЛИСТ
БАГАТОКВАРТИРНИЙ ЖИТЛОВИЙ БУДИНОК \ АДМІНІСТРАТИВНА (ГРОМАДСЬКА) БУДІВЛЯ \ ВИРОБНИЧА БУДІВЛЯ

ОПИТУВАЛЬНИЙ ЛИСТ

Дата заповнення (рік, місяць, число)							
Повна назва об'єкту							
Тип об'єкту	- Офіс - Промислове підприємство - Житловий будинок - тощо						
Повна адреса							
Керівник ПП							
телефон							
e-mail							
Контактна особа ПП							
телефон							
e-mail							
Рік будівництва							
Загальна кількість будівель об'єкту							
Наявність співвласників/орендарів нежитлового призначення (якщо так, то вказати перелік, наявність власних вузлів обліку енергоносіїв та призначення приміщень (офісні, складські, виробничі тощо))	☐ Так ☐ Ні Якщо «Так»: <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Офісні ☐</td> <td style="width: 50%;">Складські ☐</td> </tr> <tr> <td>Виробничі ☐</td> <td>Торгові ☐</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Інші ☐ _____</td> </tr> </table>	Офісні ☐	Складські ☐	Виробничі ☐	Торгові ☐	Інші ☐ _____	
Офісні ☐	Складські ☐						
Виробничі ☐	Торгові ☐						
Інші ☐ _____							

Інформація щодо будівлі та систем енергозабезпечення

Загальна площа, м ²	
Площа, що опалюється, м ²	
Загальний об'єм, м ³	
Об'єм, що опалюється, м ³	
Житлова площа, м ²	
Нежитлова площа, м ²	
Кількість поверхів	
Кількість парадних груп	
Висота поверху, м	

Рис. 4.32 а Зразок оформлення опитувального листа об'єкта будівництва

РОЗДІЛ 4. МОНІТОРИНГ РОБОТИ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦІЇ

ОПИТУВАЛЬНИЙ ЛИСТ
БАГАТОКВАРТИРНИЙ ЖИТЛОВИЙ БУДИНОК \ АДМІНІСТРАТИВНА (ГРОМАДСЬКА) БУДІВЛЯ \ ВИРОБНИЧА БУДІВЛЯ

Кількість мешканців \ працівників, чол.	
Кількість квартир \ приміщень, шт.	

Дані по системам ВЕНТИЛЯЦІЇ

Наявність за проектом будівлі	- Природна - Витяжна - Припливно-витяжна (змішана)
Марка та модель основного обладнання	-
Наявність припливно-витяжної установки	
Вік системи	
Розташування (за наявності) припливно-витяжної установки	
Графік роботи системи вентиляції	- Цілодобово - У робочі години - Тощо.
Тип повітроводів	- Круглі - Прямокутні
Розташування повітроводів	- В стелі - Під стелею - Ін.
Стан ізоляції повітроводів	
Вентилятори (кількість, потужність)	
Кількість очисних фільтрів	
Дата останньої очистки / заміни фільтрів	
Дата останнього моніторингу / ревізії / капітального ремонту системи вентиляції	
Які параметри моніторингу є найбільш важливими	- Температура - Вологість - Рівень CO₂
Скарги на якість повітря	- Незадовільний запах - Надмірна вологість - Запиленість
Чи були зафіксовані збої в роботі системи	-
Якщо так, то які заходи були вжиті для усунення проблем	-

Стан/особливості: _____

Рис. 4.32 б Зразок оформлення опитувального листа об'єкта будівництва

АКТ МОНІТОРИНГУ ВЕНТИЛЯЦІЙНОЇ СИСТЕМИ БУДІВЛІ

Дата проведення: _____

Об'єкт обстеження: _____
повна адреса будівлі, що обстежується

Виконавець

- _____
прізвище, ім'я, по батькові, посада, компанія
- _____
прізвище, ім'я, по батькові, посада, компанія

Замовник:

- _____
назва компанії або особа замовника
- _____
контактні особи, їхні посади, контактна інформація

Мета проведення моніторингу – оцінка стану вентиляційних систем для забезпечення їх належного функціонування та відповідності чинним нормативам.

Загальні відомості про систему вентиляції

- Тип системи вентиляції: _____
механічна, природна, змішана
- Основне обладнання: _____
марка та модель обладнання
- Вік системи: _____
роки експлуатації
- Останні ремонти/модернізації: _____
дати та опис проведених робіт

Технічні параметри

- Температура повітря: _____
значення, одиниці виміру
- Вологість повітря: _____
значення, одиниці виміру
- Рівень CO₂: _____
значення, одиниці виміру
- Інші параметри: _____
значення, одиниці виміру

Рис. 4.33 а Зразок складання акту після обстеження (моніторингу)
системи вентиляції будівлі

Експлуатаційні умови

- Графік роботи системи: _____
цілодобово, у робочі години тощо
- Опис робочих умов: _____
примітки щодо умов експлуатації

Результати моніторингу

- Відповідність параметрів нормативам: _____
перелік відповідних норм та відхилень
- Виявлені проблеми: _____
детальний опис знайдених проблем, їх причини та можливі наслідки
- Оцінка загального стану: _____
добрий, задовільний, незадовільний

6. Рекомендації та заходи

- Необхідні заходи для усунення проблем: _____
список рекомендованих дій, ремонтів, замін
- Термін виконання: _____
рекомендований термін для виконання заходів
- Відповідальні особи: _____
контактні дані осіб, відповідальних за виконання рекомендацій

Підписи сторін

Виконавці моніторингу:

- _____
ПІБ, посада, підпис, печатка
- _____
ПІБ, посада, підпис, печатка

Замовник:

- _____
ПІБ, посада, підпис, печатка

Додатки

1. Фотографії та схеми системи вентиляції
2. Копії технічної документації
3. Протоколи вимірювань

Цей акт моніторингу вентиляційних систем складений у двох примірниках, по одному для кожної зі сторін, і вступає в силу з моменту його підписання.

Рис. 4.33 б Зразок складання акту після обстеження (моніторингу) системи вентиляції будівлі

ОПИТУВАЛЬНИЙ ЛИСТ

БАГАТОКВАРТИРНИЙ ЖИТЛОВИЙ БУДИНОК \ АДМІНІСТРАТИВНА (ГРОМАДСЬКА) БУДІВЛЯ \ ВИРОБНИЧА БУДІВЛЯ

ОПИТУВАЛЬНИЙ ЛИСТ

Дата заповнення (рік, місяць, число)	10.07.2024
Повна назва об'єкту	Офіс компанії Climatech
Тип об'єкту	- Офіс - Промислове підприємство - Житловий будинок - тощо
Повна адреса	Дніпро, Набережна Заводська 44
Керівник ПП телефон e-mail	
Контактна особа ПП телефон e-mail	Гаврилюк Сергій Вікторович
Рік будівництва	2018
Загальна кількість будівель об'єкту	1
Наявність співвласників/орендарів нежитлового призначення (якщо так, то вказати перелік, наявність власних вузлів обліку енергоносіїв та призначення приміщень (офісні, складські, виробничі тощо))	☐ Так ☒ Ні Якщо «Так»: Офісні ☐ Складські ☐ Виробничі ☐ Торгові ☐ Інші ☐ _____

Інформація щодо будівлі та систем енергозабезпечення

Загальна площа, м ²	150
Площа, що опалюється, м ²	150
Загальний об'єм, м ³	420
Об'єм, що опалюється, м ³	420
Житлова площа, м ²	-
Нежитлова площа, м ²	150
Кількість поверхів	1
Кількість парадних груп	1
Висота поверху, м	2,8

Рис. 4.34 а Приклад заповнення опитувального листа

РОЗДІЛ 4. МОНІТОРИНГ РОБОТИ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦІЇ

ОПИТУВАЛЬНИЙ ЛИСТ

БАГАТОКВАРТИРНИЙ ЖИТЛОВИЙ БУДИНОК \ АДМІНІСТРАТИВНА (ГРОМАДСЬКА) БУДІВЛЯ \ ВИРОБНИЧА БУДІВЛЯ

Кількість мешканців \ працівників, чол.	До 25 чоловік
Кількість квартир \ приміщень, шт.	9 шт

Дані по системам ВЕНТИЛЯЦІЇ

Наявність за проектом будівлі	- Природна - Витяжна - <u>Припливно-витяжна (змішана)</u>
Марка та модель основного обладнання	- SALDA Smatry XP/RIS XP
Наявність припливно-витяжної установки	так
Вік системи	4 роки
Розташування (за наявності) припливно-витяжної установки	У топковій
Графік роботи системи вентиляції	- Цілодобово - <u>У робочі години</u> - Тощо.
Тип повітроводів	- Круглі - Прямокутні
Розташування повітроводів	- В стелі - <u>Під стелею</u> - Ін.
Стан ізоляції повітроводів	новий
Вентилятори (кількість, потужність)	2 с/в, кожний по 100 мЗ
Кількість очисних фільтрів	2 фільтри на припливний та витяжний гілці
Дата останньої очистки / заміни фільтрів	10.01.2024
Дата останнього моніторингу / ревізії / капітального ремонту системи вентиляції	10.06.2023
Які параметри моніторингу є найбільш важливими	- <u>Температура</u> - <u>Вологість</u> - <u>Рівень CO₂</u>
Скарги на якість повітря	- Незадовільний запах - Надмірна вологість - Запиленість
Чи були зафіксовані збої в роботі системи	- Ні
Якщо так, то які заходи були вжиті для усунення проблем	-

Стан/особливості: Система припливно витяжної установки з рекуперацією тепла працює в штатному режимі, збоїв у роботі системи та обладнання не було зафіксовано.

Рис. 4.34 б Приклад заповнення опитувального листа

АКТ МОНІТОРИНГУ ВЕНТИЛЯЦІЙНОЇ СИСТЕМИ БУДІВЛІ

Дата проведення: 10.07.2024

Об'єкт обстеження: Офіс компанії Climatech, Дніпро, вул. Набережна Заводська 44

повна адреса будівлі, що обстежується

Виконавець

- Компанія Climatech
прізвище, ім'я, по батькові, посада, компанія
- Гаврилюк Сергій Вікторович
прізвище, ім'я, по батькові, посада, компанія

Замовник:

- _____
назва компанії або особа замовника
- _____
контактні особи, їхні посади, контактна інформація

Мета проведення моніторингу – оцінка стану вентиляційних систем для забезпечення їх належного функціонування та відповідності чинним нормативам.

Загальні відомості про систему вентиляції

- Тип системи вентиляції: змішана, припливно-витяжна з рекуперацією
механічна, природна, змішана
- Основне обладнання: SALDA SMARTY XP/RIS XP
марка та модель обладнання
- Вік системи: 4 роки
роки експлуатації
- Останні ремонти/модернізації: Рік тому, були виконанні роботи по заміні гнучких повітропроводів, та заміні зовнішніх вентиляційних ґраток
дати та опис проведених робіт

Технічні параметри

- Температура повітря: 20-22 °C
значення, одиниці виміру
- Вологість повітря: 55-60 %
значення, одиниці виміру
- Рівень CO₂: 568
значення, одиниці виміру
- Інші параметри: _____
значення, одиниці виміру

Рис. 4.35 а Зразок складання акту після обстеження (моніторингу) системи вентиляції будівлі

Експлуатаційні умови

- Графік роботи системи: У робочі години
щодобово, у робочі години тощо
- Опис робочих умов: Особливих умов роботи ПВУ немає
примітки щодо умов експлуатації

Результати моніторингу

- Відповідність параметрів нормативам: Температура внутрішнього повітря, вологість, рівень CO₂ знаходяться в межах нормативних величин згідно ДБН
перелік відповідних норм та відхилень
- Виявлені проблеми: Система має трохи забиті зовнішні вентиляційні ґратки
детальний опис знайдених проблем, їх причини та можливі наслідки
- Оцінка загального стану: Добрий
добрий, задовільний, незадовільний

6. Рекомендації та заходи

- Необхідні заходи для усунення проблем: _____
список рекомендованих дій, ремонтів, замін
- Необхідно виконати чистку зовнішніх вентиляційних ґраток
 - Термін виконання: 1 місяць
рекомендований термін для виконання заходів
 - Відповідальні особи: Гаврилюк С.В.
контактні дані осіб, відповідальних за виконання рекомендацій

Підписи сторін

Виконавці моніторингу:

- _____
ПІБ, посада, підпис, печатка
- _____
ПІБ, посада, підпис, печатка

Замовник:

- _____
ПІБ, посада, підпис, печатка

Додатки

1. Фотографії та схеми системи вентиляції
2. Копії технічної документації
3. Протоколи вимірювань

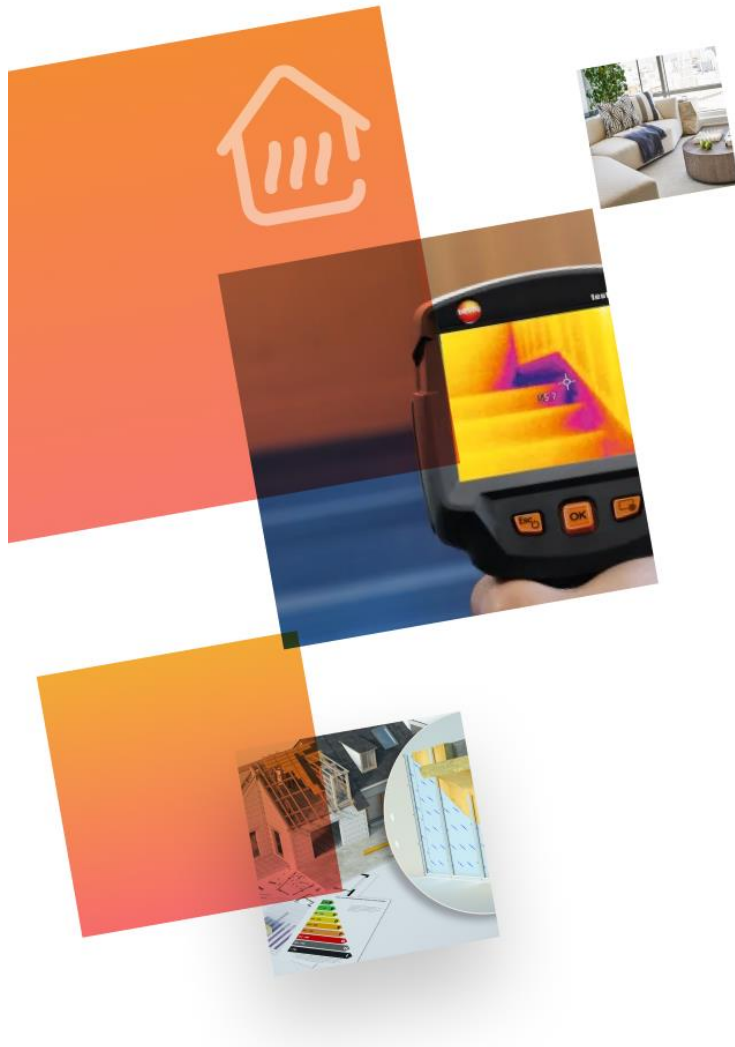
Цей акт моніторингу вентиляційних систем складений у двох примірниках, по одному для кожної зі сторін, і вступає в силу з моменту його підписання.

*Рис. 4.35 б Зразок складання акту після обстеження (моніторингу)
системи вентиляції будівлі*

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ ПО РОЗДІЛУ

1. Назвіть основні сфери застосування методик та приладів моніторингу систем вентиляції.
2. Які нормативні документи та стандарти регламентують вимоги до вентиляції та її моніторингу у будівлях і приміщеннях України?
3. Дайте означення вентиляції та опишіть її основні гігієнічні і технологічні завдання.
4. Що таке мікроклімат приміщення? Назвіть та поясніть його основні параметри.
5. Які фізичні процеси (наприклад, теплообмін, циркуляція повітря, енергоефективність) відбуваються у системах вентиляції і чому вони важливі?
6. Які основні задачі виконує система моніторингу параметрів вентиляції (включаючи контроль якості повітря, енергозбереження, безпеку тощо)?
7. Які прилади використовуються для контролю параметрів систем вентиляції? Назвіть основні їхні види та вимірювані ними величини (наприклад, анемометри для швидкості повітря, манометри для диференційного тиску тощо).
8. Наведіть приклади приладів для вимірювання швидкості та об'ємної витрати повітря у вентиляційних каналах і приміщеннях.
9. Приведіть приклади практичного застосування інструментів моніторингу систем вентиляції (наприклад, використання приладів Testo для аналізу мікроклімату чи вимірювання вологості повітря).
10. Що передбачає контроль якості повітря в приміщенні? Перерахуйте параметри повітря, які зазвичай вимірюють під час цього процесу.

РОЗДІЛ 5. ПАРАМЕТРИ ТЕПЛОЗАХИСТУ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ



5.1 Вступ

Метою даного розділу навчально-практичного посібника є надання чітких та послідовних інструкцій з визначення теплозахисних властивостей огорожувальних конструкцій будівлі. Ці дані можуть бути корисними для відбудови зруйнованих об'єктів та термореновації існуючих будівель. Для проведення термореновації на початковому етапі необхідно визначення теплозахисних властивостей огорожувальної оболонки. Існуючі розрахункові методи мають цілу низку припущень, що впливають на кінцевий результат, іноді немає можливості отримати всі вихідні дані для розрахунку не руйнівними методами, тому застосування саме інструментального енергоаудиту будівель надає можливість провести визначення фактичних теплозахисних характеристик конструкції, та як слідство термореновацію.

5.2 Терміни та визначення понять

Теплопровідність (Thermal Conductivity) – це здатність тіл проводити теплову енергію від більш нагрітих частин до менш нагрітих. Теплопровідність визначається кількістю теплоти, яка проходить за одиницю часу через одиницю товщини матеріалу.

Коефіцієнт теплопровідності U (Thermal Transmittance Coefficient (U-value)) – визначає кількість тепла, що проходить через одиницю площі огорожувальної конструкції за одиницю часу при різниці температур в один градус між внутрішньою та зовнішньою сторонами конструкції. Він вимірюється в ватах на квадратний метр на кельвін ($\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}$). Це значення дозволяє оцінити, наскільки добре матеріал або конструкція зберігає тепло всередині будівлі.

Прилад для вимірювання теплового потоку (Heat Flux Measurement Device) – це прилад для вимірювання кількості тепла, яке проходить через поверхню матеріалу або будівельної конструкції за певний період часу та є важливим інструментом для визначення теплових характеристик матеріалів та конструкцій в будівництві та промисловості.

Тепловий потік огорожувальної конструкції будівлі (Heat Flow through Building Enclosure) – це кількість теплової енергії, яка передається через стіну, підлогу, дах або іншу конструктивну частину будівлі за одиницю часу. Цей потік характеризує швидкість передачі тепла від внутрішнього середовища будівлі до зовнішнього середовища або навпаки. Тепловий потік вимірюється в ватах на квадратний метр ($\text{Вт}/\text{м}^2$) і залежить від матеріалів конструкції, їх товщини, теплопровідності, температурного градієнта між внутрішньою та зовнішньою поверхнями, а також від умов навколишнього середовища.

Зовнішні стінові огорожувальні конструкції (External Wall Enclosures) – сукупність непрозорих огорожувальних конструкцій всього будинку, що створюють фасад та характеризуються спільними ознаками призначення, виконують однакові функції, та для яких нормується приведений опір теплопередачі. При цьому зовнішні стінові огорожувальні конструкції можуть складатись з ділянок, що мають різний конструктивний склад [2].

Непрозорі огорожувальні конструкції (Opaque Enclosures) – конструктивні елементи теплоізоляційної оболонки будівлі (стіни, покриття, перекриття тощо), до складу яких входить один і більше шарів матеріалів, що не пропускають видиме світло [2].

Огорожувальні конструкції (Building Enclosures) – будівельні конструкції, що забезпечують збереження енергії для опалення та/або охолодження приміщень, захист від кліматичних впливів, поділення будівлі на частини або приміщення з різними температурними та вологісними умовами експлуатації [2].

Опір теплопередачі R (Thermal Resistance (R-value)) – це здатність конструкції перешкоджати поширенню теплового руху молекул. Величина R показує як конструкція певної товщини чинить опір передачі тепла крізь себе і визначається різницею температур в градусах Кельвіна або Цельсія на протилежних поверхнях конструкції, необхідної для перенесення 1 Вт потужності енергії через 1 м^2 площі цієї конструкції та вимірюється в $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$.

Точковий коефіцієнт теплопередачі (Point Thermal Transmittance Coefficient) – поправковий показник для визначення впливу точкового теплопровідного включення термічно неоднорідної огорожувальної конструкції на її теплоізоляційні характеристики, що враховує кількість теплоти, у ватах, яка передається через теплопровідне включення за різниці температур по обидві сторони конструкції в 1 К та її визначають на підставі тримірних розрахунків [23].

Тепловий потік (Heat Flux) – кількість теплоти, яка передається системі або системам за одиницю часу [25].

Коефіцієнт теплопровідності (Thermal Conductivity Coefficient) – характеристика матеріалу, що визначає інтенсивність кондуктивного теплообміну в шарі матеріалу огорожувальної конструкції за умови стаціонарного теплового режиму [25].

Пірометр (Pyrometer) – це прилад який використовується для вимірювання температури на конкретній точці об'єкта, певної області або навіть для отримання двовимірного розподілу температури на заданій площі. Принцип роботи базується на оптичному методі вимірювання температури. Відомо, що всі об'єкти випромінюють електромагнітні хвилі в інфрачервоному діапазоні і інтенсивність цього випромінювання прямо залежить від температури об'єкта [29-30].

Термографія (Thermography) – це безконтактний метод вимірювання, завдяки якому ми можемо бачити розподіл температури на поверхні досліджуваного об'єкта. Людське око не сприймає інфрачервоне випромінювання, але завдяки спеціальному пристрою – тепловізійній камері, що працює в інфрачервоному спектрі, – ми маємо можливість побачити, як різні зони об'єкта, що досліджується, випромінюють в залежності від температури різнокольорову гамму – від яскраво-червоного та жовтого (високі температури) до блакитного, темно-синього і чорного (низькі температури) [29-30].

Точковий термометр (Spot Thermometer) – це прилад для вимірювання температури в конкретній точці або на невеликій ділянці поверхні. Він зазвичай

використовується для швидкого отримання точних вимірювань температури у визначених місцях [29-30].

Тепловізор (Thermal Imaging Camera) – це прилад, який дозволяє візуалізувати розподіл температури на поверхні об'єктів. Він працює на основі інфрачервоного випромінювання, яке випромінюють всі об'єкти з температурою вище абсолютного нуля. Тепловізор перетворює інфрачервоне випромінювання в видиме зображення, де різні температури відображаються різними кольорами. Це дозволяє швидко і точно виявляти проблеми, такі як тепловтрати, перегріву або наявність дефектів в будівельних конструкціях або електрообладнанні [29-30].

5.3 Нормативно-регуляторні документи України для розрахунку теплозахисних властивостей огороджувальних конструкцій будівлі

В Україні розрахунок теплозахисних властивостей огороджувальних конструкцій будівлі відбувається за допомогою наступних нормативних документів:

- **ДСТУ 9191:2022 Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель [23].** Цей стандарт установлює методику визначення теплотехнічних показників огороджувальних конструкцій теплоізоляційної оболонки будівель та надає значення розрахункових теплофізичних характеристик будівельних матеріалів [23].

- **ДБН В.2.6-31:2021 Теплова ізоляція та енергоефективність будівель [2].** Ці норми встановлюють вимоги до показників енергетичної ефективності будівель, теплотехнічних показників огороджувальних конструкцій (теплоізоляційної оболонки), показників енергетичної ефективності інженерного обладнання будівель під час їх проектування та будівництва і критерії раціонального використання енергетичних ресурсів на опалення та охолодження будівель для забезпечення нормативних санітарно-гігієнічних параметрів мікроклімату приміщень, довговічності огороджувальних конструкцій під час експлуатації будівель [2].

- **ДСТУ ISO 9869:2007 Теплоізоляція. Будівельні елементи. Натурні вимірювання теплового опору та коефіцієнта теплопередавання.** У цьому стандарті описано метод вимірювання теплопередавальних характеристик плоских будівельних компонентів за допомогою перетворювача теплового потоку [24].

В Україні є встановлені мінімальні нормативні значення щодо коефіцієнту теплопровідності (U-значення) для різних типів огороджувальних конструкцій. Дотримання цих нормативів є обов'язковим для отримання дозволів на будівництво та експлуатацію будівель.

За українськими нормами для розрахунку теплозахисних властивостей огороджувальних конструкцій використовують опір теплопередачі (R-значення), який є зворотним значенням коефіцієнту теплопровідності U-значення. R-значення визначає здатність матеріалу чинити опір теплопередачі. Чим вище R-значення, тим краще матеріал ізолює тепло та навпаки, низьке U-значення теплопровідності свідчить про високу енергоефективність конструкції. Тому важливо розглядати обидва ці параметри для повного розуміння теплоізоляційних властивостей будівельних матеріалів.

- **ДСТУ Б В.2.2-39:2016. Методи та етапи проведення енергетичного аудиту будівель.** Цей стандарт встановлює вимоги до методів проведення енергетичного аудиту будівель, що приймаються до експлуатації та експлуатуються, їх інженерних систем, вибору об'єктів аудиту, до складу робіт з проведення енергетичного аудиту будівель, аналізу отриманих результатів, до оформлення звітної документації з енергетичного аудиту будівель або їх відокремлених частин.

- **ДСТУ Б В.2.6-101:2010. Метод визначення опору теплопередачі огороджувальних конструкцій [28].** Цей стандарт установлює метод експериментального визначення опору теплопередачі огороджувальних конструкцій будинків і споруд та оцінювання рівня відповідності нормативним вимогам.

5.4 Використання коефіцієнту теплопровідності U

Під час проектування нових або реконструкції існуючих будівель важливо враховувати U-значення для забезпечення необхідного рівня теплоізоляції. Це дозволяє вибрати оптимальні матеріали та конструктивні рішення для забезпечення необхідного рівня теплоізоляції, а також допомагає зменшити енергоспоживання на опалення та охолодження будівлі.

Наприклад, для розрахунку багатошарової стіни, що складається з зовнішньої цегляної кладки, шару утеплювача та внутрішнього гіпсокартону, можна розрахувати коефіцієнт теплопровідності шляхом підсумовування теплових опорів кожного шару.

Порівняння U-значення для стін з різних матеріалів (цегла, бетон, дерево) дозволяє вибрати оптимальні матеріали для забезпечення найкращої теплоізоляції.

На теплопровідність матеріалів впливає ряд факторів:

- Тип матеріалу: різні матеріали мають різні рівні теплопровідності. Наприклад, метали мають високу теплопровідність, тоді як ізоляційні матеріали, такі як мінераловата або пінополістирол, мають низьку теплопровідність.
- Вологість матеріалу: вологі матеріали проводять тепло краще, ніж сухі, тому контроль за вологістю є критично важливим для ефективної теплоізоляції. Крім того, структура матеріалу, включаючи наявність пор та повітряних просторів, може значно впливати на його теплопровідність.

Правильна теплоізоляція забезпечує стабільний температурний режим всередині будівлі, що підвищує комфорт мешканців. Також це допомагає запобігати утворенню конденсату і розвитку плісняви, що позитивно впливає на здоров'я людей.

Енергоефективні будівлі споживають менше енергії, що зменшує викиди парникових газів та інших шкідливих речовин. Це сприяє зменшенню впливу будівель на зміну клімату та забруднення довкілля.

Інвестиції в теплоізоляцію з високою енергоефективністю можуть мати короткий термін окупності завдяки значній економії на енерговитратах.

5.5 Методи визначення коефіцієнту теплопровідності

Розрахунок коефіцієнта теплопровідності U-значення може здійснюватися теоретичним або інструментальним методом.

1. Розрахунковий метод – це розрахунок коефіцієнта теплопровідності U-значення, здійснюється на основі теплового опору (R-значення), що визначається згідно чинних норм України.

2. Інструментальний метод – включає вимірювання теплового потоку через конструкцію за допомогою спеціального обладнання, такого як прилад Testo 635-2 для вимірювання теплового потоку огороджувальних конструкцій будівлі.

Під час проведення енергетичного аудиту будівель, вимірювання U-значення дозволяє виявити слабкі місця у теплоізоляції та розробити рекомендації щодо їх покращення. Використання розрахункових та інструментальних методів для визначення U-значення дозволяє забезпечити точні розрахунки та оптимальні рішення для зменшення теплових втрат і підвищення комфорту будівлі.

У цьому навчально-практичному посібнику наведено приклад розрахунку коефіцієнту теплопровідності як розрахунковим, так і інструментальним методом. Розрахунковий метод передбачає розрахунок теплозахисних властивостей огороджувальних конструкцій будівлі за чинними нормами в Україні. Інструментальний метод включає вимірювання теплового потоку через огороджувальну конструкцію за допомогою приладу для вимірювання теплового потоку Testo 635-2. Обидва методи дозволяють отримати більш точні дані щодо теплоізоляційних властивостей огороджувальних конструкцій будівлі та порівняти отримані результати.

5.6 Використання тепловізора, пірометра та точкового термометра для обстеження огороджувальних конструкцій будівлі

Для вимірювання температури на поверхні конструкції ми використовуємо пірометр – безконтактний метод, який також має деяку похибку. Найбільш

точним способом вимірювання температури є використання точкового термометра. Він дозволяє отримати найбільш достовірні дані, що особливо важливо, коли необхідно перевірити показники, отримані від тепловізора або пірометра. На основі даних точкового термометра можна калібрувати тепловізор та пірометр налаштовуючи коефіцієнт випромінювання та відображену температуру [29-30].

Пірометр

Пірометри – це різновид приладів, які використовуються для вимірювання температури на конкретній точці об'єкта, певної області або навіть для отримання двовимірного розподілу температури на заданій площі. Принцип їхньої роботи базується на оптичному методі вимірювання температури. Відомо, що всі об'єкти випромінюють електромагнітні хвилі в інфрачервоному діапазоні і інтенсивність цього випромінювання прямо залежить від температури об'єкта. Пірометр показано на рисунку 5.1.

Пірометри використовують цей фізичний принцип для безконтактного вимірювання температури, реєструючи інтенсивність теплового випромінювання. Це дозволяє точно визначати температуру, навіть на відстані, без необхідності фізичного контакту з поверхнею. Завдяки такій технології пірометри є незамінними приладами у багатьох галузях де важливо оперативно і точно вимірювати температуру, наприклад, у промисловості, будівництві або під час технічного обслуговування обладнання.

Безконтактний метод вимірювання, який використовують пірометри, має значні переваги зокрема в умовах, коли безпосередній контакт з об'єктом неможливий або небезпечний [29-30].



Рис. 5.1 Пірометр Testo 835

Технічні дані

Діапазон вимірювань: -30...+600 °С, ІЧ; -50...+600 °С, Контактний; 0...100 % ВВ (відносна вологість);

Похибка: від $\pm 1,0$ °С (інфрачервоний), від $\pm 0,5$ °С (контактний), ± 2 % ВВ (відносна вологість);

- Вбудована пам'ять: 200 значень;
- Оптика: 50:1;
- Лазерний маркер: 4-точковий;
- Можливість підключення зовнішніх зондів
- Розрахунок температури точки роси
- Відображення максимальних та мінімальних значень
- Робоча температура: -20...+50 °С;
- Габарити: 193 x 166 x 63 мм;
- Тип батарейок: АА, 3 шт;
- Габарити 193x166x63 мм
- Вага: 514 г.

Інфрачервоний пірометр Testo 835-N1 призначений для вимірювання відносної вологості і температури навколишнього повітря.

Пірометр оснащений потужною оптикою 50:1 і точним 4-х точковим лазерним цілевказівником, що обмежує вимірювану область. Прилад безконтактно вимірює температуру в діапазоні до 600 °C з похибкою 1 % (або 1 °C).

В прилад вбудована пам'ять на 200 параметрів. Крім того, в пам'яті інфрачервоного пірометра Testo 835-N1 містяться табличні дані по коефіцієнту емісії для 20 різних матеріалів.

Вимірює відносну вологість і температуру в приміщенні, а також розраховує точку роси. Використовуючи розраховане значення точки роси, пірометр, при скануванні поверхні будівельних конструкцій, автоматично визначає місця, в яких може з'явитися волога та пліснява. При виявленні потенційно небезпечних місць прилад видає звуковий сигнал [31].

Налаштування пірометра

1. Торкаємося контактним термометром поверхні;
2. Чекаємо, поки показання стабілізуються;
3. Записуємо або запам'ятовуємо значення температури;
4. Міняємо коефіцієнт емісії ІЧ термометра (так само як на тепловізорі), поки різниця між результатом контактного та дистанційного термометрів не буде мінімальною. При переході до матеріалів з іншою відбивною здатністю процедуру потрібно повторити.

Оптична роздільна здатність (коефіцієнт візування) – це один із ключових параметрів пірометра, який визначає, наскільки точно прилад може вимірювати температуру на заданій поверхні. Вона розраховується як відношення діаметра вимірювальної плями (кола) на об'єкті до відстані від приладу до цього об'єкта. Наприклад, сучасні пірометри можуть мати коефіцієнт візування 300:1, що означає, що на відстані 300 см діаметр вимірювальної плями буде 1 см. Однак на практиці часто достатньо і меншого показника візування, в залежності від

конкретних умов. Принцип вимірювання та роздільна здатність пірометра показано на рисунку 5.2.

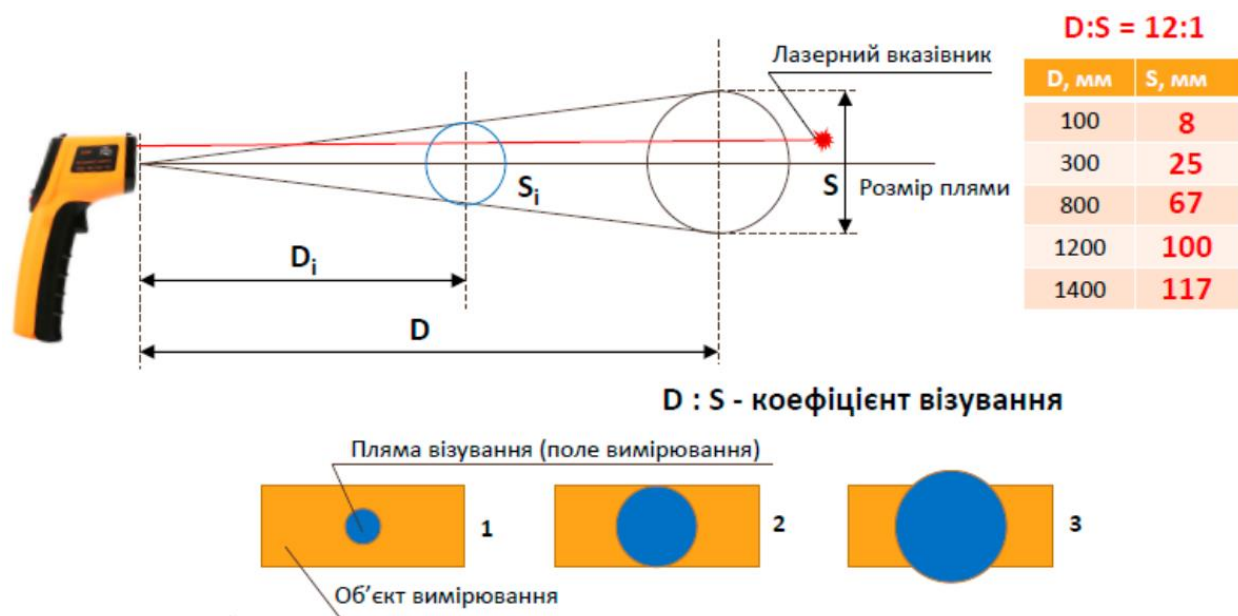


Рис.5.2 Принцип вимірювання та роздільна здатність пірометра

Важливо правильно вибрати коефіцієнт візування, враховуючи відстань до об'єкта та розмір площі, яку потрібно виміряти. Якщо цей параметр підібраний неправильно, точність вимірювань може бути під сумнівом. Для отримання точних даних необхідно, щоб діаметр вимірювальної плями був менший або, в крайньому випадку, дорівнював площі, з якої знімаються показання. Оптимальним варіантом є коли діаметр плями вдвічі менший за розмір об'єкта. Якщо ж пляма більша, це може призвести до того, що в зону вимірювання потраплять сусідні об'єкти, що суттєво спотворить результати. Визначення діаметра плями візування та відстані до об'єкта показано на рисунку 5.3 [29-30].

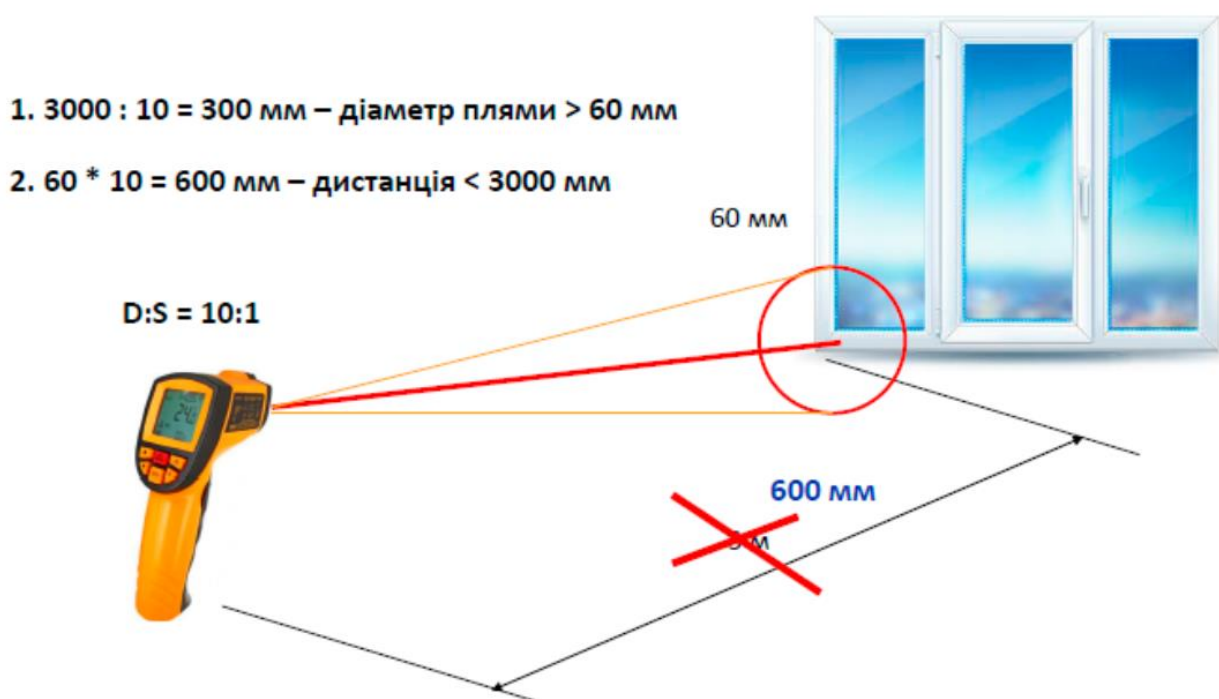


Рис. 5.3 Визначення діаметра плями візування та відстані до об'єкта

Якщо роздільна здатність пірометра становить 10:1 це означає, що на відстані 10 метрів діаметр вимірювальної плями буде 1 метр. Наприклад, якщо потрібно виміряти температуру на відстані 3 метрів, діаметр вимірювальної плями буде приблизно 30 см.

Розуміння цього співвідношення дозволяє визначити оптимальну відстань до об'єкта для отримання точних результатів. Якщо відстань до об'єкта занадто велика, а діаметр плями перевищує розміри області, з якої потрібно отримати показання, результати можуть бути неточними через захоплення сторонніх елементів.

Якщо оптична роздільна здатність пірометра покращена і становить 12:1 то вимірювання можна проводити на більшій відстані. Наприклад, при такій роздільній здатності на відстані 720 мм діаметр вимірювальної плями буде 60 мм. Це дає можливість отримувати точні дані навіть на більших відстанях, що особливо важливо при роботі з об'єктами, до яких важко або небезпечно підходити [29-30].

Використання точкового термометра

Використання точкового термометра під час інструментального обстеження огороджувальних конструкцій дозволяє точно визначити температуру поверхонь будівельних елементів. Це важливо для виявлення теплових аномалій, які можуть свідчити про дефекти в теплоізоляції або інші проблеми в конструкції. Точковий термометр забезпечує швидке та безконтактне вимірювання, що особливо корисно для аналізу важкодоступних ділянок. Його застосування дозволяє підвищити точність обстеження та ефективність виявлення можливих втрат тепла. Приклад використання точкового термометра показано на рисунку 5.4.



Рис.5.4 Точковий термометр

Для поверхневих вимірювань голівка датчика розташовується вертикально на поверхні. Тут слід переконатися, що ні контактна поверхня головки датчика, ні об'єкт вимірювання не є нерівними, оскільки це може спотворити вимірювання.

Поради при вимірюванні температури поверхні:

- Помістіть наконечник датчика рівно на поверхню;
- Не рухайте зонд під час вимірювання;

- Застосовуйте постійну та достатню посадкову силу;
- Використовуйте маломасові поверхневі датчики;
- В ідеальному випадку значення температури досягається приблизно через 3 секунди [29-30].

Термографія

Тепловізор, який показано на рисунку 5.5, дозволяє проводити якісну оцінку стану конструкції, тобто виявляти проблемні зони та оцінювати загальний тепловий режим. Проте, для отримання кількісних даних, таких як температура поверхні або величина теплових втрат, ми використовуємо пірометр, точковий термометр та прилади для вимірювання теплового потоку. Ці інструменти допомагають визначити, скільки тепла втрачається через конструкцію в конкретних умовах, що є ключовим для точного розрахунку енергоефективності будівлі [29-30,32].



Рис. 5.5 Тепловізор

Термографія – це безконтактний метод вимірювання, завдяки якому ми можемо бачити розподіл температури на поверхні досліджуваного об'єкта. Людське око не сприймає інфрачервоне випромінювання, але завдяки спеціальному пристрою – тепловізійній камері, що працює в інфрачервоному спектрі ми маємо можливість побачити, як різні зони об'єкта, що досліджується,

випромінюють в залежності від температури різнокольорову гамму – від яскраво-червоного та жовтого (високі температури) до блакитного, темно-синього і чорного (низькі температури).

Такий метод вимірювання дозволяє визначити місця найбільших втрат тепла в будинку, містки холоду, конструктивні та інші дефекти у стінах і фундаментах, витоки та пориви інженерних систем, місця скупчення вологи й конденсату. Крім того, тепловізор допомагає перевірити якість проведення робіт з утеплення будівель тощо [29-30].

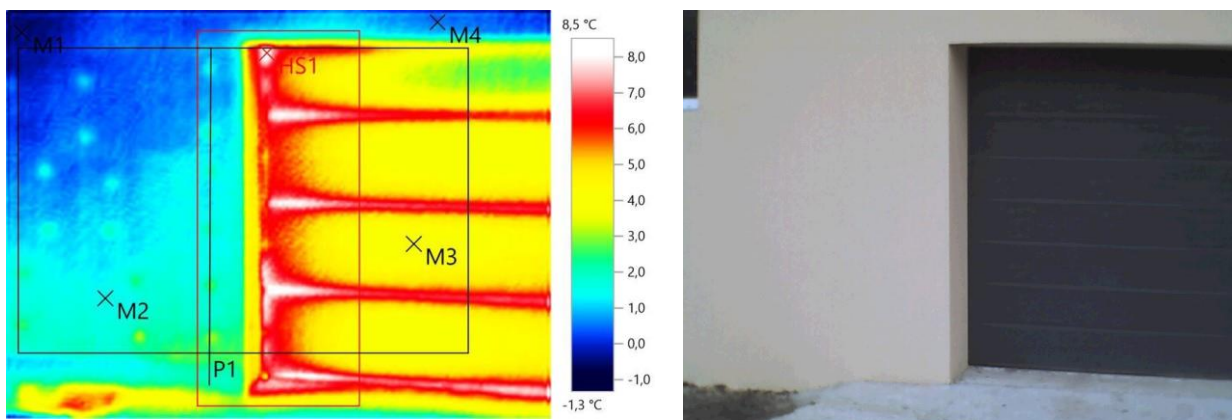


Рис. 5.6 Приклад тепловізійного вимірювання

Принцип роботи та налаштування тепловізора

На рисунку 5.7 показано складові теплового випромінювання при використанні тепловізора: відбивання (ρ), проходження (τ) та власне випромінювання (ϵ).

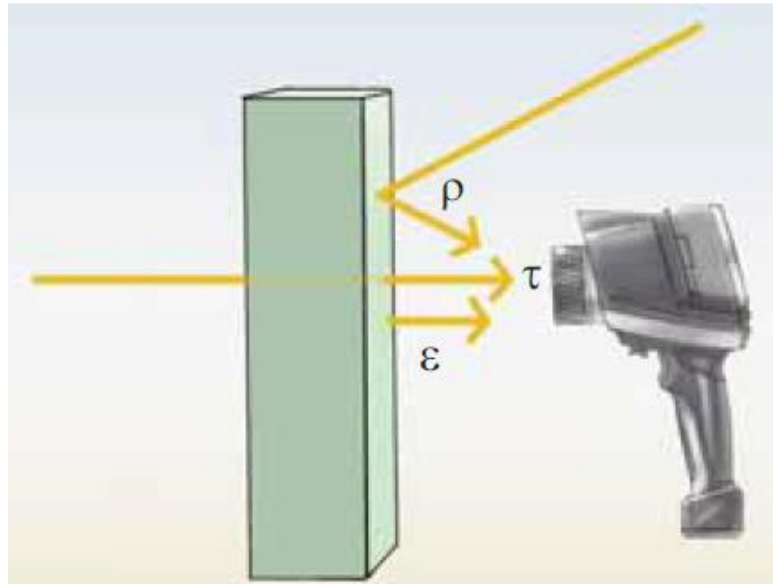


Рис.5.7 Складові теплового випромінювання при використанні тепловізора: відбивання (ρ), проходження (τ) та власне випромінювання (ϵ)

Для урахування всіх 3-х складових, що реєструються тепловізійною камерою, необхідно налаштувати відповідні коефіцієнти:

1. Коефіцієнт випромінювання (ϵ)
2. Коефіцієнт відбиття (ρ)
3. Коефіцієнт пропускання (τ)

Якщо Ви хочете використовувати автоматичний розрахунок точки роси, Ви повинні також виставити:

- відносну вологість;
- температуру повітря.

Коефіцієнт випромінювання

Коефіцієнт випромінювання залежить від властивості поверхні, матеріалу та температури. У довгохвильових камерах коефіцієнт випромінювання не залежить від кольору об'єкту. Більшість будівельних матеріалів мають коефіцієнт випромінювання між 0,85 та 0,95. На рисунку 5.8. показано коефіцієнти теплового випромінювання поширених матеріалів. Таблиці з коефіцієнтами випромінювання можуть використовуватися, але з великою обережністю.

Речовина	Теплове випромінювання	Речовина	Теплове випромінювання
Асфальт	0,90...0,98	Тканина чорна	0,98
Бетон	0,94	Шкіра людини	0,98
Цемент	0,96	Піна	0,75...0,80
Пісок	0,90	Деревне вугілля (порошок)	0,96
Земля	0,92...0,96	Фарба	0,80...0,95
Вода	0,92...0,96	Фарба матова	0,97
Крига	0,96...0,98	Деревина	0,94
Сніг	0,83	Пластик	0,85...0,95
Скло	0,90...0,95	Пиломатеріали	0,90
Кераміка	0,90...0,94	Папір	0,70...0,94
Мармур	0,94	Оксид хрому	0,81
Штукатурка	0,80...0,90	Оксид міді	0,78
Вапню	0,89...0,91	Оксид заліза	0,78...0,82
Цегла	0,93...0,96	Текстиль	0,90

Рис.5.8 Коефіцієнт теплового випромінювання (ε) поширених матеріалів**Вплив коефіцієнту випромінювання**

Високий коефіцієнт випромінювання ($\varepsilon \geq 0,8$): видима температура дуже подібна до дійсної температури предмету (Ви можете довіряти тому, що Ви бачите).

Низький коефіцієнт випромінювання ($\varepsilon \leq 0,6$): видима температура радше відповідає температурі навколишнього середовища (відбиття!). Вимірювання температури тепловізором можливе, але потрібно дуже ретельно дослідити отримані результати. Надзвичайно важливо виконати коректне налаштування компенсації відбитої температури (КВТ). Ви не можете довіряти тому, що Ви бачите!

ІЧ – камера вимірює не температуру, а інфрачервоне випромінювання. На рисунку 5.9 показано вплив некоректного налаштування коефіцієнта випромінювання тепловізора на результати вимірювання температури.

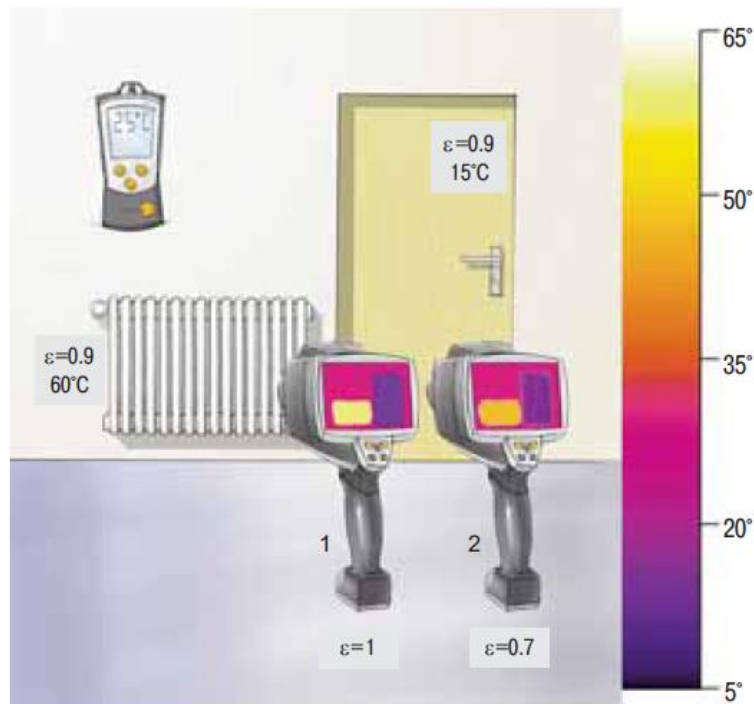


Рис.5.9 Вплив некоректного налаштування коефіцієнта випромінювання на результати вимірювання температури

Коли температура вимірюваного об'єкта перевищує температуру навколишнього середовища (наприклад температура радіатора становить 60°C), важливо правильно налаштувати коефіцієнт випромінювання на тепловізорі.

- Якщо коефіцієнт випромінювання буде завищений, це призведе до завищених показників температури. Наприклад, тепловізор може показати температуру 65°C замість реальних 60°C.

- З іншого боку, якщо коефіцієнт випромінювання занадто низький, показники температури на тепловізорі будуть заниженими. В такому випадку тепловізор може відобразити 50°C замість реальних 60°C.

У випадках коли температура вимірюваного об'єкта є нижчою за температуру навколишнього середовища (наприклад двері мають температуру 15°C), також необхідно звертати увагу на налаштування коефіцієнта випромінювання.

- Завищений коефіцієнт випромінювання в цьому випадку призведе до заниження показників температури. Тепловізор може відобразити 10°C замість реальних 15°C.

- Якщо коефіцієнт випромінювання занадто низький, тепловізор покаже завищені показники температури, наприклад 20°C замість реальних 15°C [29-30].

Високий коефіцієнт випромінювання: коли коефіцієнт випромінювання встановлений на високому рівні, отримані температурні показники будуть дуже близькими до фактичної температури об'єкта. У цьому випадку ви можете впевнено покладатися на показники, які відображає тепловізор, оскільки вони точно відображають реальну температуру поверхні об'єкта.

Низький коефіцієнт випромінювання: якщо ж коефіцієнт випромінювання занижений, тепловізор може показувати температуру, яка ближче до температури навколишнього середовища, ніж до фактичної температури об'єкта. Це відбувається через відбиття теплового випромінювання від інших поверхонь, що спотворює реальні показники. У такому випадку ви не можете повністю довіряти тому, що бачите на дисплеї тепловізора, адже низький коефіцієнт випромінювання може ввести вас в оману і надати невірні дані [29-30].

Відбиття

Якість поверхні об'єкта значно впливає на коефіцієнт випромінювання та відбиття.

- Спрямоване відбиття: це тип відбиття коли світло або теплове випромінювання відбивається з поверхні в певному напрямку подібно до того, як відбивається світло від дзеркала. Такий тип відбиття характерний для гладких, полірованих поверхонь, таких як скло, метал, блискуча фарба, рівний пластик, поліроване дерево або навіть спокійна вода. Візуально ви можете спостерігати спрямоване відбиття у видимому спектрі коли бачите своє відображення на цих поверхнях.

- Відбиття в інфрачервоному спектрі: так само, як і у видимому світлі інфрачервоне випромінювання також відбивається від полірованих і гладких

поверхонь. Це означає, що об'єкти розташовані перед такими поверхнями можуть відображатися в інфрачервоному спектрі, створюючи хибне враження про температурні характеристики поверхні. Наприклад, дзеркало в інфрачервоному діапазоні може показувати об'єкти, які знаходяться перед ним, але не надавати інформації про свою власну температуру.

Дифузне відбиття характеризується розсіюванням світла в усіх напрямках. Такий тип відбиття часто спостерігається на грубих, окислених або запилених поверхнях, які, як правило, мають вищий коефіцієнт випромінювання.

Матовий білий колір використовується в люмінесцентних лампах для розсіювання видимого світла. Якщо ви подивитесь на такий рефлектор, ви побачите білу поверхню, але не зможете розгледіти чітке зображення світлових трубок. У випадку інфрачервоного випромінювання папір, деревина та поверхні покриті матовою фарбою є чудовими прикладами дифузних рефлекторів, які розсіюють випромінювання, а не відображають його як дзеркало. Приклад відбиття поверхні різних матеріалів показано на рисунку 5.10 [29-30].

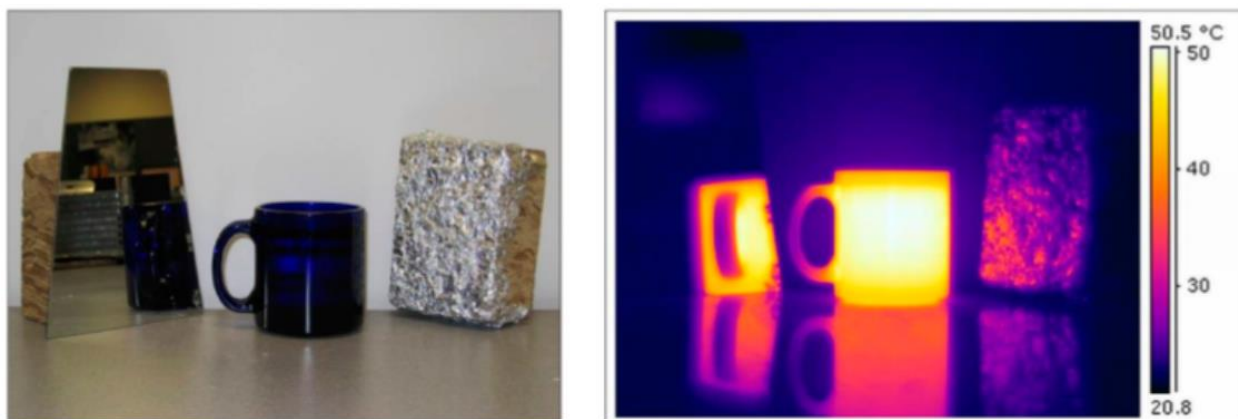


Рис.5.10 Приклад відбиття поверхні різних матеріалів

Як показано на рисунку 5.10, ліворуч спрямований рефлектор, а праворуч дифузний рефлектор для кавової чашки.

Видима температура – це некомпенсований температурний показник камери. Він містить усе випромінювання, яке уловлюється камерою, не зважаючи на те, звідки воно походить. Таким чином, видима температура відповідає температурі, яку відбиває об'єкт вимірювання.

Щоб виміряти видиму температуру, необхідно виставити коефіцієнт випромінювання на 1.0 (компенсації/коригування не відбуватиметься).

Для того, щоб коректно виміряти фактичну температуру, вплив коефіцієнта випромінювання та віддзеркаленого випромінювання мають компенсуватися.

5.7 Прилад Testo 635-2 для вимірювання теплового потоку

Прилад Testo 635-2 для вимірювання теплового потоку, який показано на рисунку 5.11, використовують як один з інструментів діагностики, щоб визначити теплопровідність, скільки тепла надходить або виходить з вашого будинку. Інструментальна діагностика визначає кількість втрат тепла та надає можливість, при обробці інформації, внесення дій у покращення енергозбереження об'єкту.



Рис. 5.11 Прилад для вимірювання теплового потоку Testo 635-2

Застосування

- Розрахунок втрат енергії та коефіцієнта теплопровідності для стін, підлоги та даху.

- **Обстеження будівель:** визначення місць тепловтрат та теплозахисних показників у випадках відсутності інформації теплоізоляційного потенціалу будівлі, матеріалу конструкції при проведенні енергоаудиту, прикладом можуть слугувати пам'ятки архітектури, пошкоджені будівлі, застарілий житловий фонд.
- **Контроль якості:** перевірка відповідності виконаних робіт з утеплення будівель проєктним вимогам шляхом, порівняння розрахункових значень коефіцієнта теплопровідності з фактично виміряними показниками.

Технічні характеристики

Прилад: Testo 635-2

- Дисплей: графічний дисплей з підсвічуванням;
- Вбудована пам'ять: 10 000 значень;
- Інтерфейси: USB для передачі даних, Bluetooth для бездротових зондів;
- Робоча температура: -20...+50 °C;
- Клас захисту: IP 54;
- Тип батарейки: AA, 3 шт;
- Габарити: 220 x 74 x 46 мм (без зонда);
- Вага: 428 г (без зонда);
- Можливість підключення зовнішніх зондів;
- Відображення максимального, мінімального, середнього значень;
- Можливість підключення до ПК;
- Портативний принтер для друку даних: Опція.

Температурний зонд



Рис. 5.12 Температурний зонд

Температурний зонд призначений для вимірювання температури поверхні. Складається з чутливого елемента, який перетворює дані на електричний сигнал для передачі цього сигналу на панель управління.

Налаштування роботи радіозонда:

- 1) **Швидкість передачі 05 секунд** (увімкнути коротким натиском).

Лампочка загоряється на 2 секунди, а потім блимає кожні 2 секунди. Після 1 години роботи зонд сам вимикається, працює автовимкнення.

- 1) **Швидкість передачі 10 секунд** (утримувати доки не загориться лампочка).

Лампочка загоряється на 2 секунди, а потім блимає кожні 10 секунд. Автовимкнення не працює.

3-х провідний зонд температури

Температура внутрішньої поверхні стіни вимірюється за допомогою 3-х провідного зонду температури, а температура всередині приміщення вимірюється сенсором, вбудованим у пристрій.

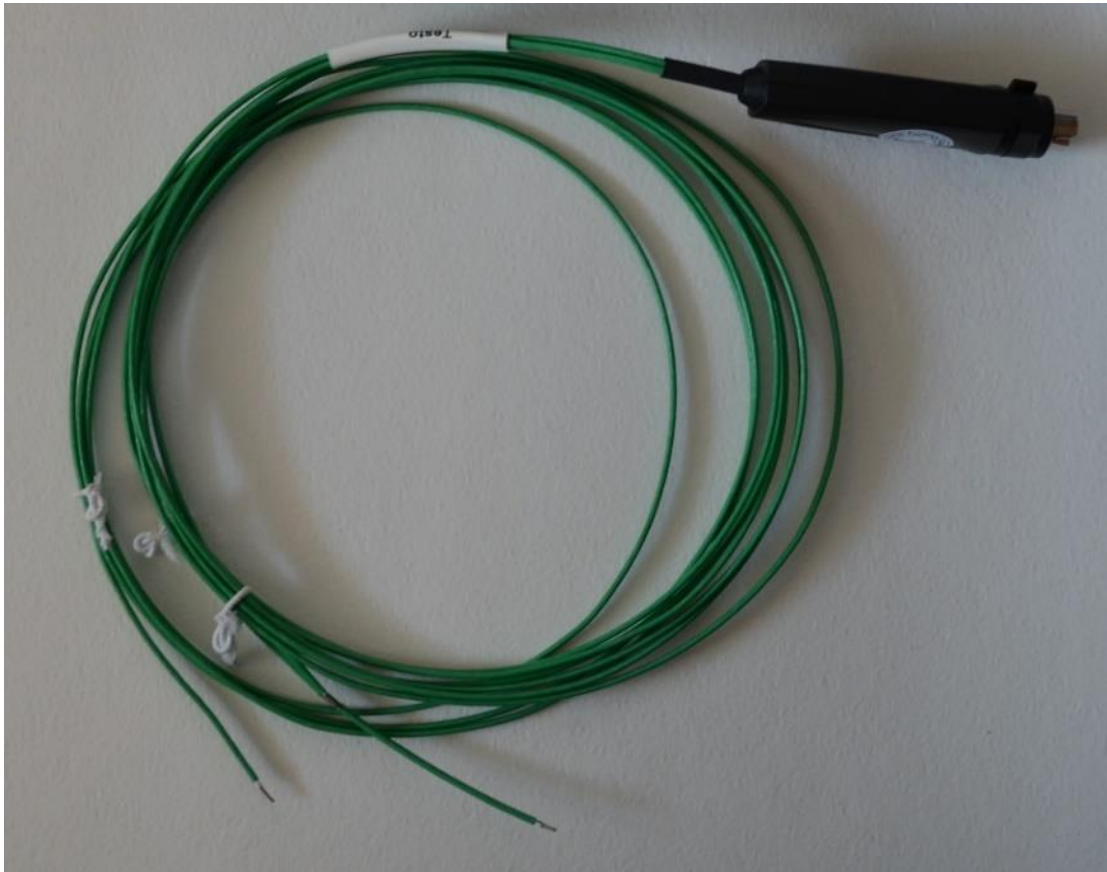


Рис. 5.13 3-х провідний зонд температури

Параметри вимірювання

Для визначення тепловтрат необхідно вимірювати 3 значення температури:

1) Температура повітря всередині приміщення (θ_i): за допомогою додаткового сенсору в штекері зонду для U-значення.

2) Температура поверхні стіни всередині приміщення (θ_w): за допомогою зонда для U-значення, сенсори якого закріплені на поверхні стіни.

3) Температура поза приміщенням (θ_e): за допомогою зонда температури.

Розташування приладу для вимірювання показано на рисунку 5.14. U-значення розраховується за формулою 5.1.

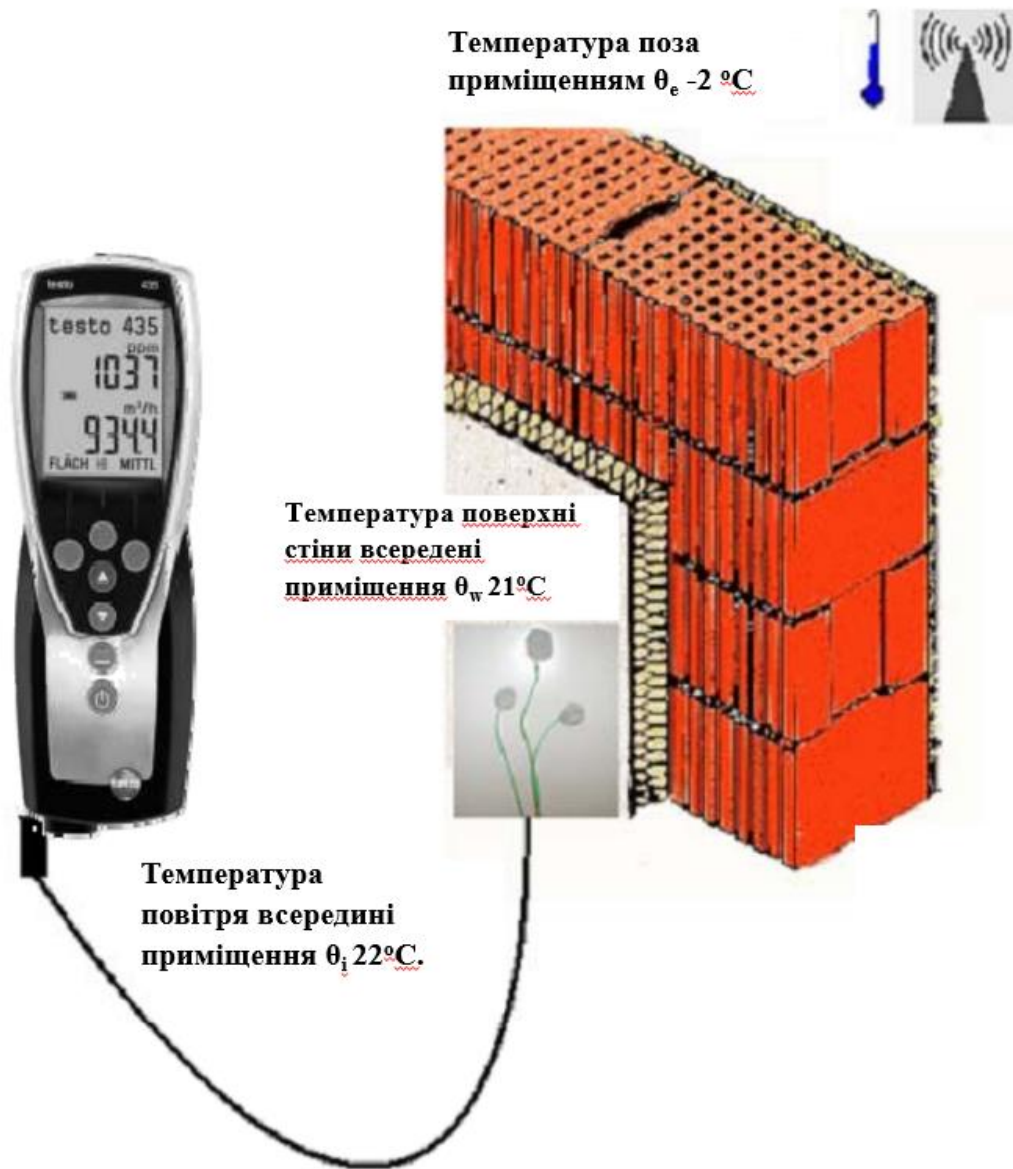


Рис. 5.14 Розрахунок тепловтрати U -фактор

$$U - \text{значення} = h_{si} \cdot \frac{\Delta\theta_1}{\Delta\theta_2}, \text{Вт/м}^2 \cdot \text{К} \quad (5.1)$$

$$\Delta\theta_1 = \theta_i - \theta_w$$

$$\Delta\theta_2 = \theta_i - \theta_e$$

де

θ_i – температура повітря всередині приміщення;

θ_e – температура поза приміщенням;

θ_w – температура поверхні стіни всередині приміщення;

h_{si} – коефіцієнт тепловіддачі Вт/(м²·К), згідно додатку Б [23].

Умови вимірювання

Для проведення вимірювання необхідно дотримуватись певних умов, таких як:

- достатня різниця температури повітря всередині або поза приміщенням (ідеально не менше 15°C);
- стабільне значення температур (стаціонарні умови);
- правильне введення в прилад коефіцієнта теплопередачі огорожувальної конструкції (для огорожувальної конструкції стіни $h_{si} = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$);
- при проведенні вимірювання не торкатися дротів та штекеру зонда тепловтрат [27].

Тривалість вимірювання

На основі практичного досвіду надаємо рекомендації щодо вимірювань цим приладом для забезпечення більшої точності результатів. Використання цих порад допоможе досягти коректності та надійності отриманих даних.

Щоб отримати точні результати важливо, щоб температурні показники стабілізувалися. Зазвичай це займає від 20 хвилин.

Вимірювання повинні проводитися при стабільних погодних умовах без різких змін температури, вітру або опадів. Різниця температури в приміщенні та поза приміщенням повинно дорівнювати або бути більше 15°C ($\theta_i - \theta_e \geq 15^{\circ}\text{C}$).

Рекомендація проводити вимірювання протягом 2-3 годин для отримання точних і стабільних результатів. В окремих випадках при необхідності тривалість вимірювання може бути зменшена. Це забезпечить точність і достовірність отриманих даних, щодо визначення коефіцієнту теплопровідності огорожувальної конструкції.

Місця вимірювання

- Розташування пристрою при вимірюванні (у місці захищеному від впливу теплового випромінювання та впливу теплового/холодного повітря) на тій

самій висоті, що і зонд для U-значення.

- Для вимірювання необхідно обирати ділянки, які є типовими для всієї будівлі. Уникати місць з особливими умовами, які можуть спотворити результати, наприклад, біля джерел тепла або холоду (радіатори, кондиціонери).
- Вимірювання в кутах та на стиках стін, оскільки ці місця часто є слабкими щодо теплоізоляції.
- Вимірювання на стінах з різною орієнтацією (північ, південь, схід, захід), оскільки вони можуть мати різні теплові характеристики через вплив сонячного випромінювання.
- Вимірювання на різних поверхах будівлі, якщо це можливо. Це дозволить оцінити варіації теплових характеристик по висоті будівлі.

5.8 Приклад визначення коефіцієнту теплопровідності огорожувальної конструкції будівлі за допомогою приладу Testo 635-2

Для того, щоб дослідити параметри будь-якої огорожувальної конструкції, такої як стіна, вікно, покрівля або перекриття, необхідно виконати кілька важливих етапів. Спочатку, слід використати тепловізор для огляду поверхні конструкції. Це дозволяє виявити неоднорідності, які можуть свідчити про проблеми з теплоізоляцією або іншими характеристиками. Приклад звіту проведення термографічного обстеження наведено в розділі 5.10. На основі цього огляду визначаються найбільш підозрілі ділянки, де будуть встановлені прилади для вимірювання теплового потоку. Приклад застосування тепловізора для знаходження проблемних місць в утепленні будівлі показано на рисунку 5.15.



Рис.5.15 Застосування тепловізора для знаходження проблемних місць в утепленні будівлі

Якщо тепловізор виявляє перепади температури на огорожувальній конструкції понад 4°C , це може свідчити про наявність проблем, наприклад, про теплові втрати або неякісне утеплення. Важливо зазначити, що навіть при правильному налаштуванні та коректно введених параметрах, тепловізор має похибку приблизно $\pm 2^{\circ}\text{C}$.

На обраних місцях встановлюються датчики для вимірювання теплового потоку, а температура поверхні вимірюється за допомогою пірометра. Важливо, щоб температура, яку показує прилад для вимірювання теплового потоку збігалася з температурою, виміряною пірометром. Якщо значення не співпадають, потрібно дати час для вирівнювання температури, щоб забезпечити точність вимірювань.

Зовнішній зонд температури також повинен мати достатньо часу для адаптації до навколишніх умов, щоб результати були максимально точними, час стабілізації займає 10 хвилин. Це важливо для уникнення будь-яких похибок, які можуть вплинути на точність кінцевих даних.

Для отримання коректних даних при короткотривалому вимірюванні рекомендовано знімати показання не менше, або протягом 20 хвилин після налаштування приладу. Такий проміжок часу зазвичай є достатнім для отримання коректних та достовірних даних, які дозволять робити обґрунтовані висновки щодо теплоізоляційних властивостей досліджуваної конструкції.

1) Оберіть типове місце або місце, визначене за допомогою тепловізора, для проведення вимірювання, у якому відсутній вплив джерел тепла та холоду (радіатори опалення або кондиціонери).

Переконайтесь, що поверхні, на яких будуть встановлені датчики, чисті та сухі (при необхідності очистити). За допомогою мастики закріпіть кінці 3-х проводів зонда U-значення на внутрішній поверхні стіни, вони повинні розташовуватись у вигляді рівнобедреного трикутника на відстані 10-15см один від одного, як показано на рисунку 5.16 [26]. Вимірювання по 3-м точкам дозволяє враховувати змішаний характер кладки. Підключити зонд U-фактора до пристрою.



Рис. 5.16 Приклад закріплення 3-х фазного зонду

2) Увімкніть пристрій. Він автоматично покаже значення температури поверхні стіни, як показано на рисунку 5.17 [26].

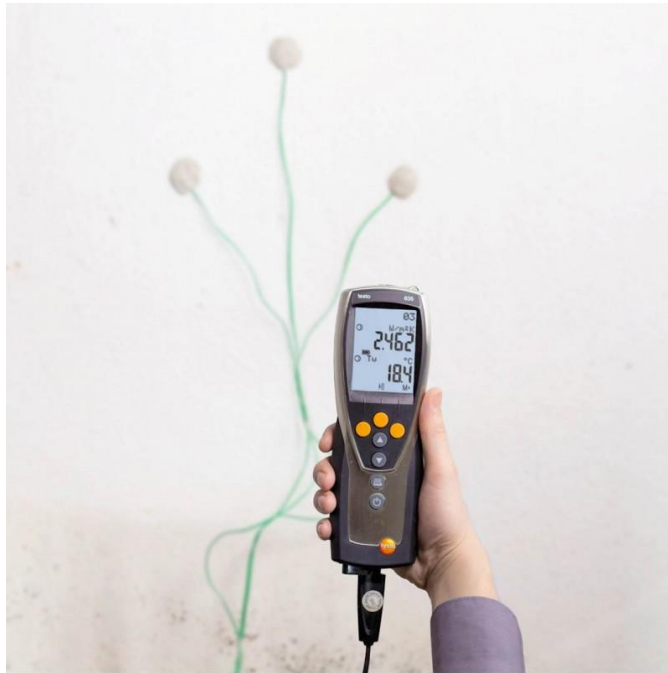


Рис. 5.17 Приклад вимірювання температури поверхні стіни

3) У процесі вимірювання можемо перевірити для прикладу температуру поверхні за допомогою пірометра та порівнюємо з пристроєм для визначення теплового потоку, як показано на рисунку 5.18.



Рис. 5.18 Порівняння показників вимірювання пірометра та пристрою

3) Введіть у прилад коефіцієнт тепловіддачі будівельної конструкції $h_{si} = 8,7$, визначаємо згідно з додатком Б ДСТУ 9191:2022 «Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель», як показано на рисунку 5.19 [23].



Рис. 5.19 Коефіцієнт теплопередачі огорожувальної конструкції

4) Розташуйте радіозонд поза приміщенням для вимірювання температури зовнішнього повітря, як показано на рисунку 5.20 [26].



Рис. 5.20 Приклад розташування радіозонду

5) Залишаємо прилад для стабілізації на 5-10 хвилин. Прилад автоматично

покаже U -значення, як показано на рисунку 5.21.



Рис. 5.21 Розрахунок приладом фактичного показника теплопровідності огорожувальної конструкції

6) Приклад розташування підключених приладів показано на рисунку 5.22 [26].



Рис. 5.22 Приклад розташування підключених приладів

7) Після того, як виконані 1-6 пункти (налаштували прилад, увімкнули

радіозонд), підключаємо прилад до комп'ютера та вмикаємо програмне забезпечення, як показано на рисунку 5.23 [26].



Рис. 5.23 Процес вимірювання коефіцієнта теплопровідності

Налаштування програми вимірювання при відсутності комп'ютера та ПО.

Послідовне налаштування приладу показано на рисунку 5.24.

- 1) В меню приладу обрати «програму виміру»
- 2) Вибрати програму виміру «авто»
- 3) Налаштувати інтервал вимірювання (наприклад, кожні 5 хв) та кількість вимірювань (у приладі це показано як «номер», вводимо кількість вимірювань в залежності від нашого часу, тобто якщо вимірювання тривалістю 60 хв з інтервалом запису кожні 5хв, то значення номеру буде $60/5=12$ записів вимірювання)
- 4) Після налаштування на основній панелі натискаємо «старт», через встановлену кількість часу прилад автоматично завершить вимірювання, якщо

необхідно завершити вимірювання то натискаємо «стоп» і прилад збереже ту кількість даних, яку встиг записати.

Прилад збереже запис вимірювання у своїй пам'яті та дозволить побачити детальний звіт вже з використанням ПО.



а) В меню приладу обрати «програму виміру»



б) Вибрати програму виміру «авто»



в) Налаштувати інтервал вимірювання



Рис. 5.24 Налаштування програми вимірювання при відсутності комп'ютера та ПО

Налаштування програми вимірювання

8) Перше, що можна побачити, увімкнувши програму, – це пустий лист та налаштування, на якому можна зробити «Онлайн запуск», після того як його увімкнемо, розпочинається вимірювання в прямому ефірі, яке покаже значення вимірювання одразу.

Зліва на екрані зберігається список вимірювань (зробили одне вимірювання – зберегли його, змінили налаштування або місце вимірювання – зробили наступні), як показано на рисунку 5.25. Вимірювання зберігаються на комп'ютері або у самому пристрої.

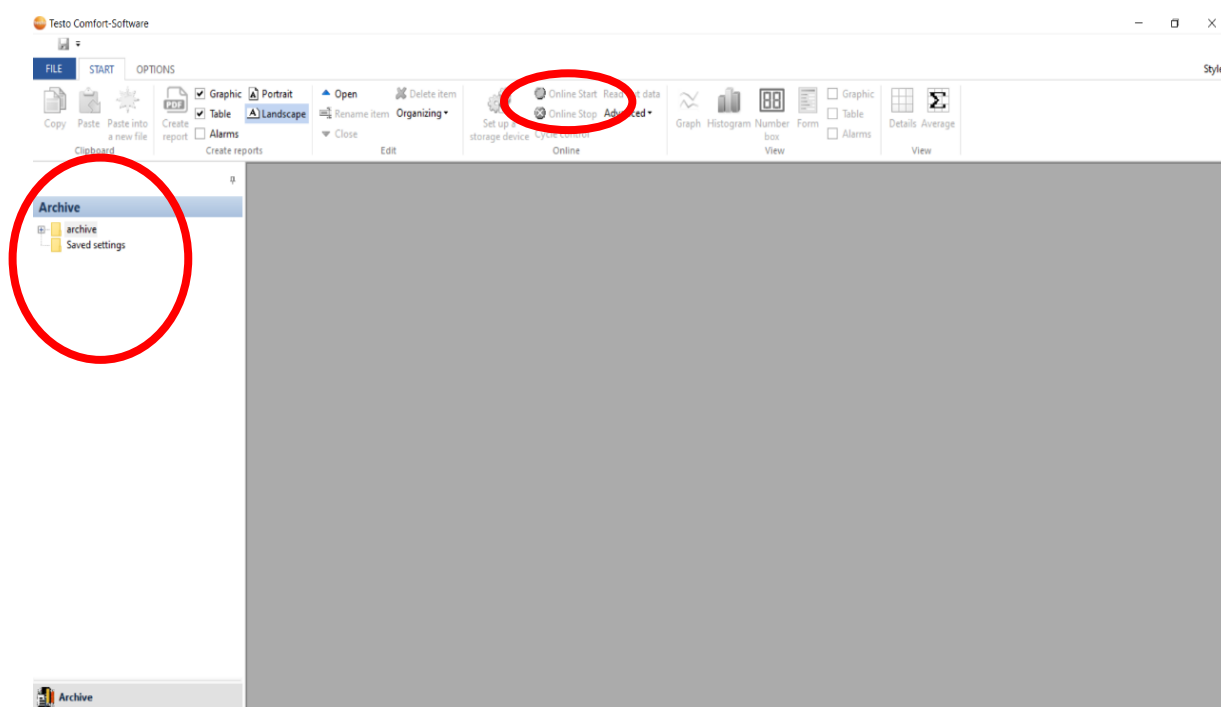


Рис. 5.25 Програма вимірювання

9) Після того, як розпочато вимірювання «онлайн запуск». З'являється діаграма яка вимірює 4 значення, які наведено на екрані у таблиці нижче. В ній показано дату, час, інтервал вимірювання, а також розраховане фактичне значення теплопровідності, вказано в таблиці як C1, температуру поверхні стіни C2, температуру приміщення C3, температуру поза приміщенням C4, показано на рисунках 5.26-5.27.

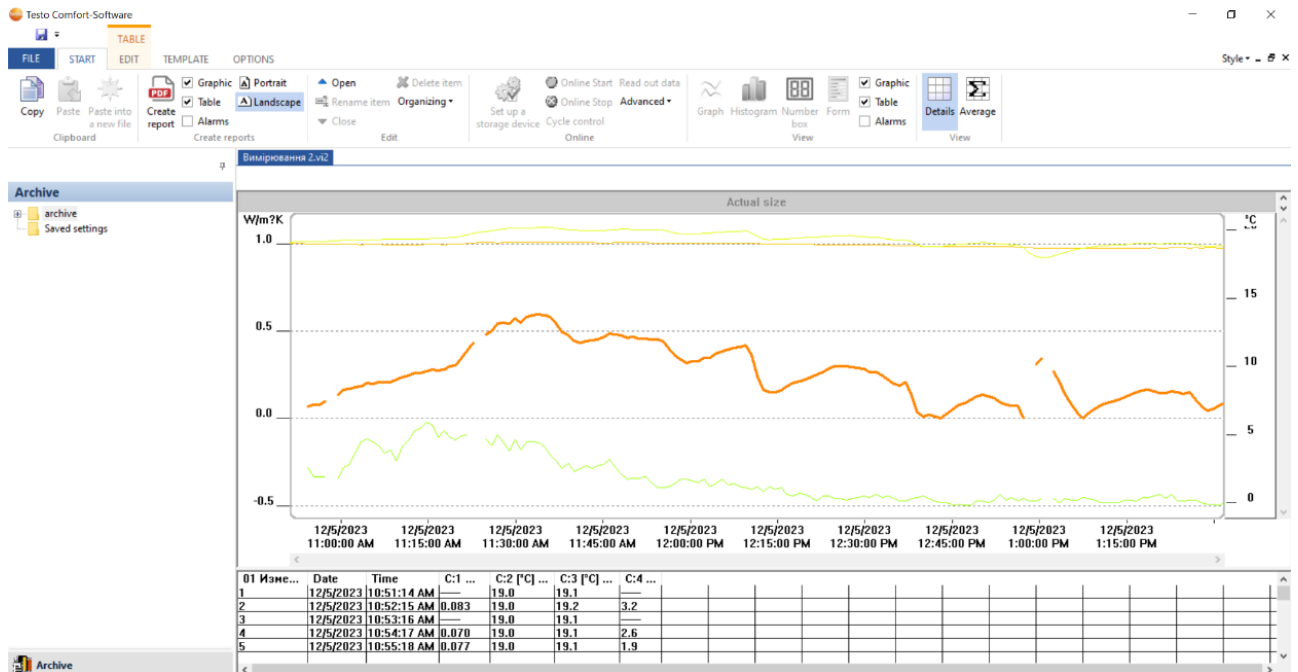


Рис. 5.26 Дані вимірювання

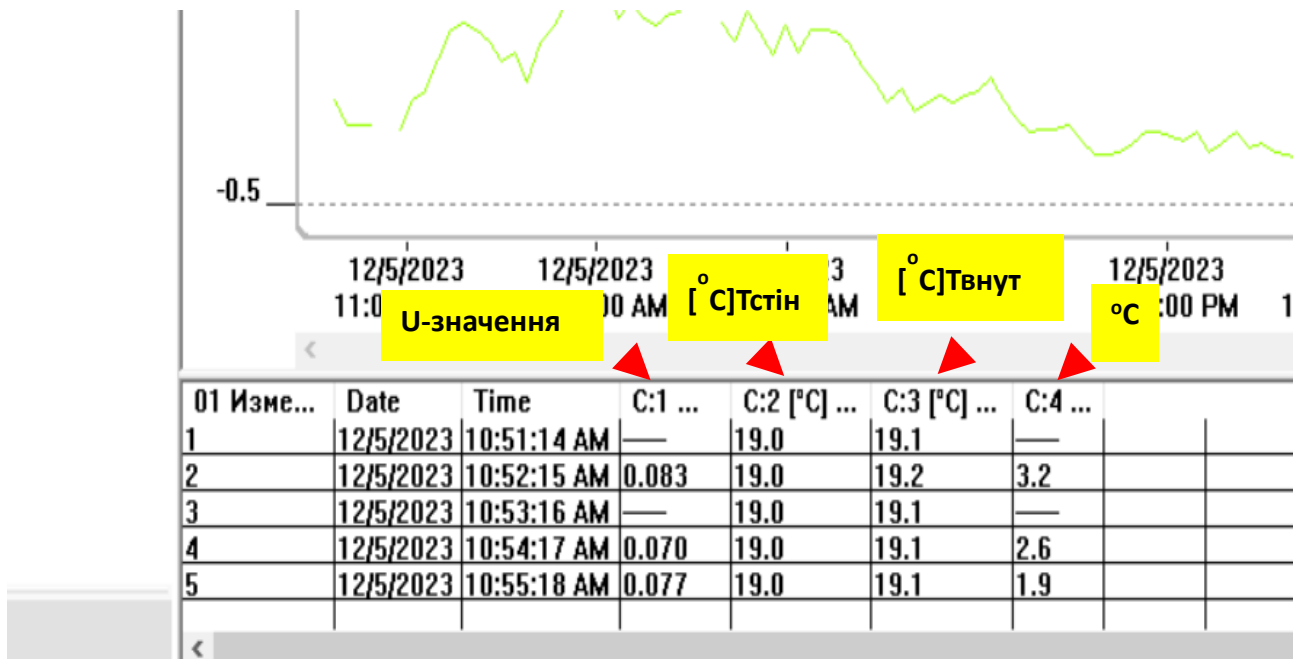


Рис. 5.27 Дані вимірювання

Для того, щоб побачити більш ретельну інформацію щодо кожної точки вимірювання (C1....C4), натиснувши на них з'являється вікно властивостей, де можна побачити статичний розрахунок (мінімальне, максимальне, середнє значення).

Можна налаштувати інтервал вимірювання, вибравши «інтервал вимірювання». На початку вимірювання пристрій автоматично вимірює кожну секунду, це є не дуже коректно для кінцевого звіту, для більш коректного бачення налаштовується більший інтервал, наприклад 1, 5, 15 хвилин і т.д.

Обравши «Set up a storage device» та перейшовши на вкладку «Settings», налаштовуємо інтервал та кількість вимірювань, для прикладу, на рисунку 5.28 показано вимірювання з інтервалом запису значень кожні 15 хвилин та кількістю вимірювань 10.

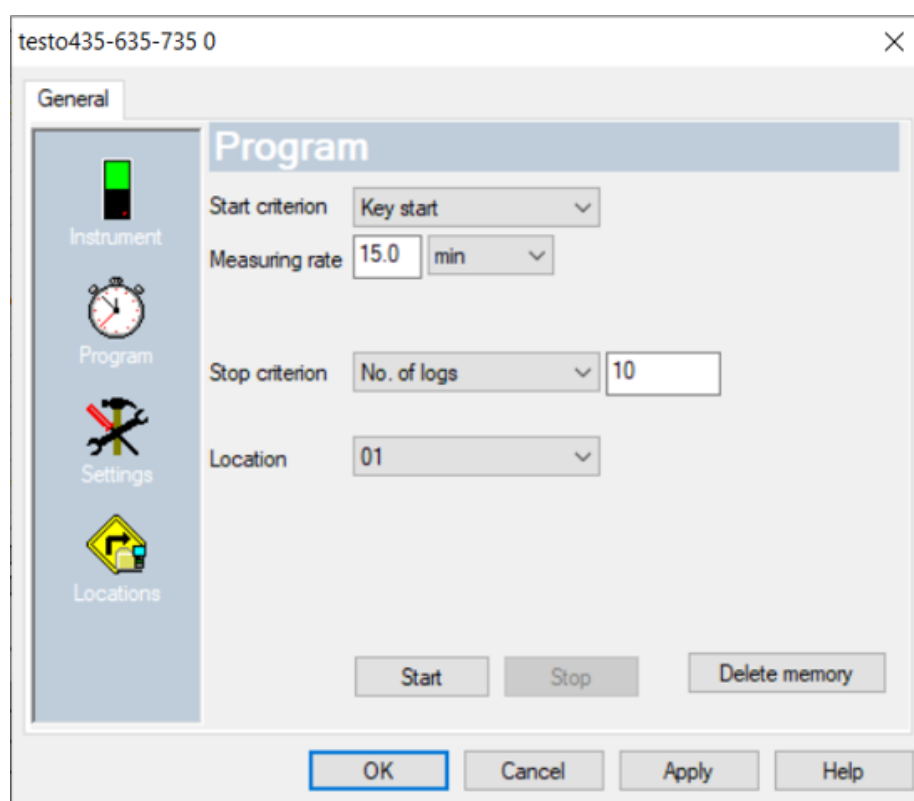


Рис. 5.28 Налаштування вимірювання

Середнє значення «Average» показано на рисунку 5.29. У цій таблиці наведено загальні отримані результати (мінімальне, максимальне, середнє значення одиниці виміру) отримане протягом всього вимірювання.

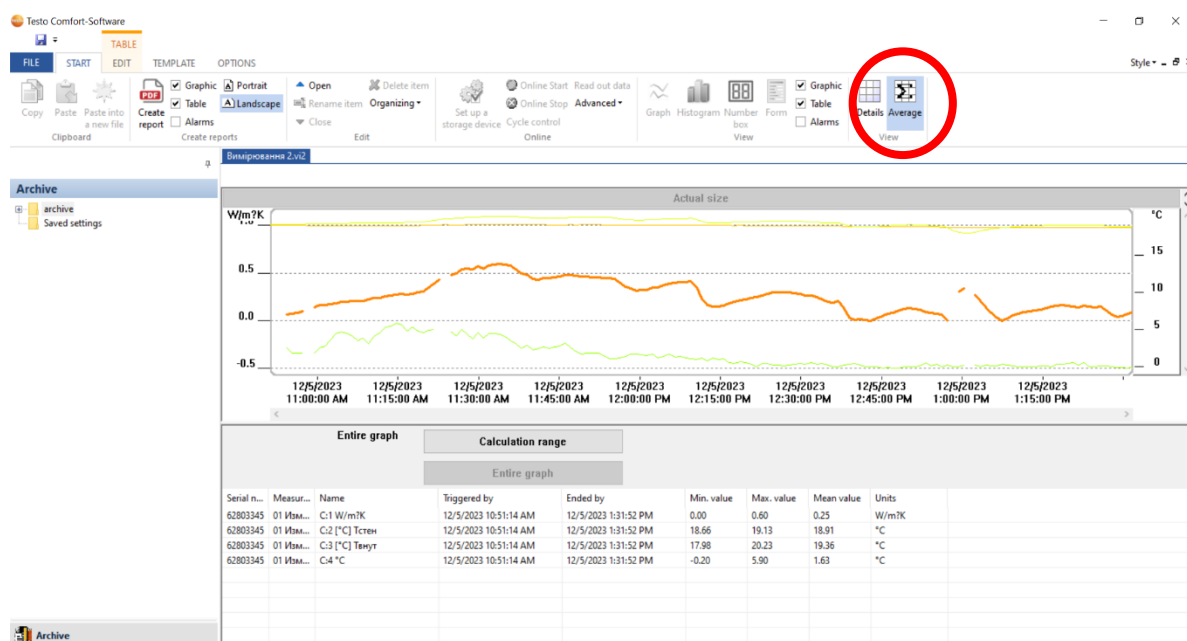


Рис. 5.29 Отримані середні результати «Average»

Для збереження отриманих результатів у форматі PDF обираємо «Create report».

В результаті вимірювання отримуємо фактичні дані коефіцієнту теплопровідності стіни будівлі.

Відеоурок з проведення вимірювання теплового потоку за допомогою приладу Testo 635-2 наведено за посиланням – <https://youtu.be/v0gLEOGJ4ig>

**5.9 Приклад звіту з вимірювання коефіцієнту теплопровідності
огороджувальної конструкції**

**Звіт з вимірювання коефіцієнту
теплопровідності ОК**

Будівлі офісно-складського призначення

(повна назва установи)

Об'єкт
О.К.

Зміст

Область застосування та правові засади.....	
Загальні відомості щодо об'єктів обстеження.....	
Параметри об'єкту	
Отримані результати під час вимірювання	
Висновки та рекомендації	

5.9.1 Область застосування та правові засади

- Цей звіт за результатами обстеження теплозахисних властивостей будівлі був складений на засадах добросовісності та на основі наявних даних і відомостей, наданих замовником.
- Ціль даного звіту – перевірити якість виконання робіт з утеплення фасаду будівлі та визначення фактичного коефіцієнту теплопровідності стін будівлі.
- Впровадження та успішність рекомендованих заходів з утеплення будівельних конструкцій залишаються у відповідальності власника будівлі.
- Звіт за результатами обстеження не може замінити ґрунтового проектування та планування виконання заходів, а лише надає дані, що можуть їх підтримати. Остаточне рішення про впровадження заходів з підвищення енергетичної ефективності повинно прийматись замовником на основі технічної експертизи та проектно-кошторисної документації, що мають бути розроблені сертифікованими експертами та проектувальниками.
- За допомогою вимірювання коефіцієнту теплопровідності огорожувальних конструкцій будівлі інструментальним методом можна визначити місця тепловтрат та теплозахисних показників у випадках відсутності інформації теплоізоляційного потенціалу будівлі; перевірити відповідність виконаних робіт з утеплення будівель проектним вимогам шляхом порівняння розрахункових значень коефіцієнту теплопровідності з фактично виміряними показниками.
- Цей звіт обстеження був наданий замовнику / клієнту.
- Доступ до об'єкту обстеження згідно умов проєкту був наданий замовником.

5.9.2 Загальні відомості щодо об'єктів обстеження



Рис.5.30 Загальний вигляд об'єкта

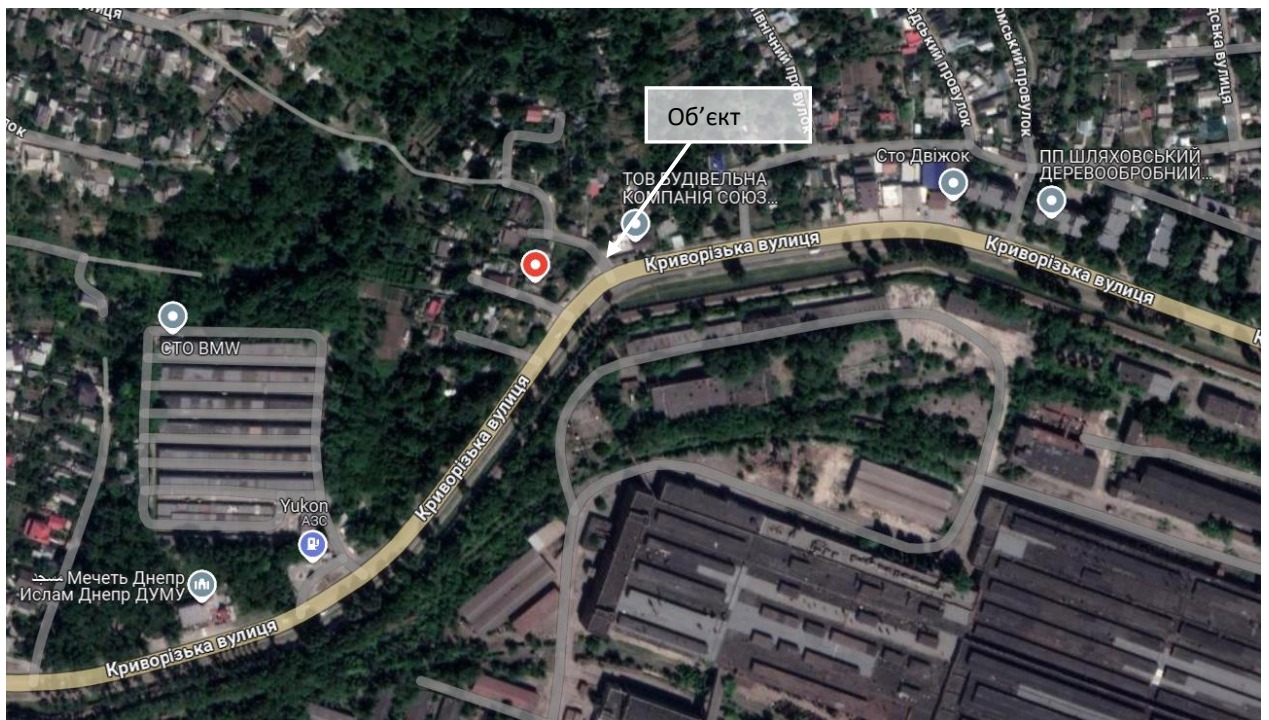


Рис.5.31 Ситуаційний план місцевості

5.9.3 Параметри об'єкту:

Таблиця 5.1

Замовник	Будівля офісно-складського призначення
Адреса об'єкту	м. Дніпро
Дата	05.12.2023
Модель приладу:	Testo 635-2
Серійний номер	№ 62803345
Виконавець	ПІБ

Продовження таблиці 5.1

Опис конструкції будівлі	Будівля офісно-складського призначення – двоповерховий будинок загальною площею 206м², Висота приміщень першого поверху – 3м, другого поверху – 2.8м. Конструктивна схема будинку – безкаркасна, з несучими зовнішніми та внутрішніми стінами та плитами перекриття. Фундаменти – стрічкові, залізобетонні. Перекриття горища – залізобетонні плити завтовшки 220мм. Будівля побудована з використанням силікатної цегли 380 мм. Всередині будівлі виконана гіпсова штукатурка 20мм. Ззовні будівлю утеплено мінераловатним утеплювачем густиною $\rho_0=150\text{кг/м}^3$, завтовшки 190мм.		
Температура зовнішнього повітря, С°	1,6	Температура повітря всередині, С°	19,4
Різниця температур між внутрішнім та зовнішнім повітрям, С°	17,8	Погодні умови Інші важливі чинники, що впливають на результати	сухо, безхмарно, без вітру

Продовження таблиці 5.1

Повна назва установи		Будівля офісно-складського призначення			
Відповідальна особа за проведення обстеження (ПІБ, тел., e-mail)		П.І.Б., контактні дані			
#п. п.	Назва будівлі	Адреса будівлі	Призначення будівлі	Рік побудови	Кількість поверхів
1					

5.9.4 Отримані результати під час вимірювання

Результати вимірювання фактичного значення теплопровідності стін будівлі наведено у таблиці 5.2. Результати вимірювання у графічному вигляді в процесі всього вимірювання показано на рисунку 5.32, які дозволяють візуально оцінити зміни показників та їх динаміку протягом усього процесу вимірювання.

Таблиця 5.2

Отримані результати під час вимірювання

	Мін:	Макс:	Середнє:
К:1 $U [Вт/м^2 \cdot К]$	0.167	0.596	0.39
К:2 $[^{\circ}C]$ Тстін	18.7	19.1	18.9
К:3 $[^{\circ}C]$ Твнут	18.0	20.2	19.4
К:4 $^{\circ}C$	-0.2	5.9	1.6

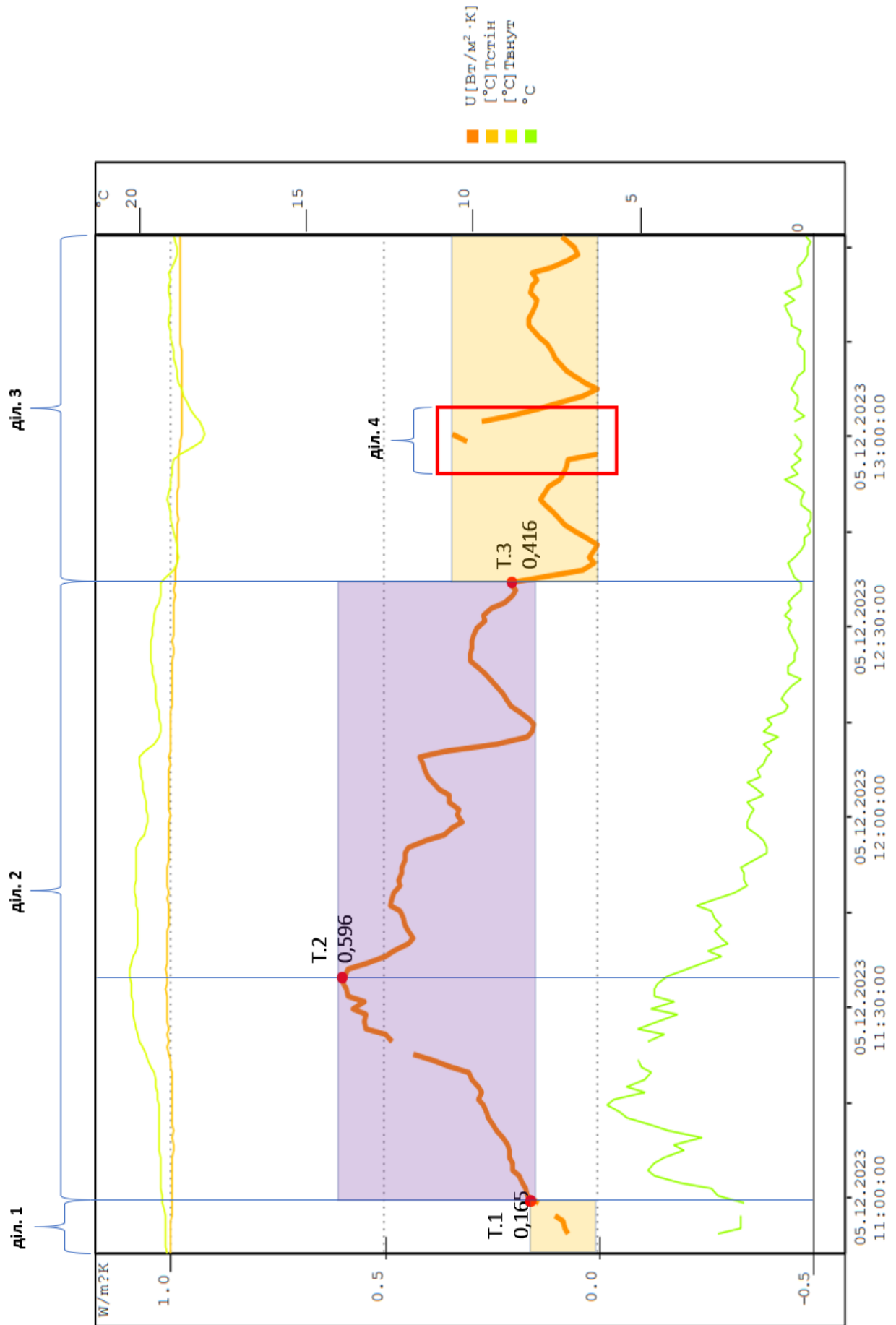


Рис.5.32 Результати вимірювання

За результатами, що наведені на рис. 5.32, за період вимірювання спостерігаємо коливання коефіцієнту теплопровідності в межах від 0,01 U-значення до 0,59 U-значення.

Аналіз отриманих результатів обстеження огороджувальної конструкції стін будівлі наведено у таблиці 5.3

Таблиця 5.3

Результати обстеження

№	Проміжок часу/час	U-значення	[°C] Тстін	[°C] Твнут	[°C] Тзовн	Аналіз/Висновки
т.1	11:00	0,165	18,9	19,3	2,6	Початкове значення вимірювання
т.2	11:34	0,596	19,1	20,2	4,4	Найбільше досягнуте значення за весь період вимірювання. Зростання відбувається за рахунок збільшення різниці між температурою поверхні стіни та внутрішньою температурою приміщення.
т.3	12:09	0,416	19	19,9	1,1	Досягнуті значення вимірювання коефіцієнту теплопровідності наприкінці виміру. Наступні дані вже отримані під час провітрювання приміщення та з втратою зв'язку з пристроєм
діл.1	10 хв	↑0,165	↑18,9	↑19,3	↑2,6	Час калібрування пристрою. Втрата зв'язку із зондом температури, який вимірював температуру повітря зовні приміщення.
діл.2	1 год 9 хв	↑0,251	↑0,1	↑0,6	↓1,5	Період вимірювання U-значення без втручання зовнішніх факторів
діл.3	1 год 22 хв	↓0,4	↓0,3	↓1,2	↓0,8	Період провітрювання приміщення та зміни різниць температур повітря в середині приміщення та температури поверхні стіни, що впливає на якість результату.
діл.4	10хв	0,001	18,7	18,7	0,3	Втрата зв'язку із зондом температури, який вимірює температуру повітря зовні приміщення

5.9.5 Висновки

За результатами проведення інструментального обстеження будівлі офісно-складського призначення, розрахункове значення коефіцієнту опору теплопередачі будівлі становить $R_{\Sigma} = 4.02$, що відповідає мінімальним вимогам для I-ї температурної зони м. Дніпро $R_{\Sigma} \geq 4$ згідно з ДБН В.2.6-31:2021 Таблиця 1 [2]. За результатами інструментального вимірювання, отримане значення коефіцієнту теплопровідності $U=0,38$ або $R_{\Sigma} = 2,63$, що не відповідає мінімально допустимим нормам утеплення згідно з чинними нормами в Україні та значенням розрахунку утеплення для будівлі.

Враховуючи технічний стан будівельних конструкцій та термін експлуатації будівлі, було проведено перевірку якості виконання робіт з утеплення будівлі мінеральною ватою товщиною 170 мм. У результаті перевірки дефектів не виявлено.

5.10 Приклад визначення коефіцієнту теплопровідності огорожувальної конструкції будівлі розрахунковим методом

Прикладом розрахунку є будівля офісно-складського призначення, побудована з використанням силікатної цегли 380 мм. В середині будівлі виконана гіпсова штукатурка, яка є популярним матеріалом для обробки стін та стель.

Ззовні будівлі обрано мінераловатний утеплювач, який є одним із найпоширеніших матеріалів для зовнішньої теплоізоляції.

Для розрахунку необхідної товщини утеплення обрано перший кліматичний район I. Згідно з ДБН В.2.6-31:2021 [2], мінімально допустиме значення приведенного опору теплопередачі для непрозорих частин зовнішніх стін для I-ої температурній зоні експлуатації України становить $R_{q \min} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$. Розрахунок необхідної товщини утеплювача проводився за ДСТУ 9191:2022 [23].

Склад стінового огородження наведено в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4

Склад стінового огородження (основні шари)

Назва і-го шару конструкції	Товщина, м (δ_i)	Теплопровідність Вт/(м·К) (λ_{ip})	U-значення, Вт/(м²·К)
Гіпсова штукатурка (густиною $\rho_0=400\text{кг/м}^3$)	0,02	0,81	0.02
Кладка з силікатної цегли	0,38	0,87	0.43
Мінераловатний утеплювач (густиною $\rho_0=150\text{кг/м}^3$)	0,17	0,05	3.8
коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої поверхні огороджувальної конструкції, Вт/(м² ·К) (h_{si})	8,7		0.11
коефіцієнти тепловіддачі зовнішньої поверхні огороджувальної конструкції, Вт/(м² ·К) (h_{se})	23		0.04

Розрахунок значення коефіцієнту теплопровідності стін будівлі

Визначають опір теплопередачі зовнішніх стін згідно з формулою 5.2:

Опір теплопередачі зовнішньої стіни по основному полю:

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{h_{si}} + \sum_{i=1}^I R_i + \frac{1}{h_{se}} = \frac{1}{h_{si}} + \sum_{i=1}^I \frac{d_i}{\lambda_{ip}} + \frac{1}{h_{se}} =$$

$$= 1/8,7 + 0,02/0,81 + 0,38/0,87 + 0,17/0,05 + 1/23 = 4,02, (\text{м}^2\text{К})/\text{Вт}; \quad (5.2)$$

h_{si} , h_{se} – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огороджувальної конструкції, Вт/(м² ·К);

R_i – тепловий опір і-го шару конструкції, м² ·К/Вт;

d_i – товщина і-го шару конструкції, (товщина матеріалу)м;

λ_{ip} – теплопровідність матеріалу і-го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації (розрахункова теплопровідність), Вт/(м·К).

$$U = \frac{1}{R_{\Sigma}} = \frac{1}{4.02} = 0,25, \text{Вт/м}^2\text{К} \quad (5.3)$$

де, U – це коефіцієнт опору теплопередачі елементу огороджувальної конструкції, що вимірюється Вт/м²·К.

R_{Σ} – це сумарний тепловий опір огороджувальної конструкції, яка складається з декількох різних матеріалів. Дозволяє оцінити загальний опір теплопередачі через всю конструкцію, враховуючи опори всіх шарів.

5.11 Приклад звіту проведення термографічного обстеження

Інструментальне обстеження будівлі виконувалось за допомогою термографічного дослідження з використанням приладу тепловізор Testo 875 для знаходження дефектів.

Для проведення дослідження потрібно дотримуватись певних вимог:

- погодні умови: відсутність сонця, відсутність вітру, відсутність опадів;
- різниця зовнішньої температури та внутрішньої температури об'єкту повинна бути не менше 20 °C (при необхідності будівля може бути нагріта чи охолоджена в залежності від пори року проведення термографічного обстеження).

Результати тепловізійного обстеження не можуть замінити ґрунтового проектування та планування виконання заходів, а лише надають дані, що можуть їх підтримати. Остаточне рішення про впровадження заходів з підвищення енергетичної ефективності повинно прийматись на основі технічної експертизи та проектно-кошторисної документації, що мають бути розроблені сертифікованими експертами та проектувальниками.

Дата та час обстеження – 05.12.23 р. (11:00)

Таблиця 5.5

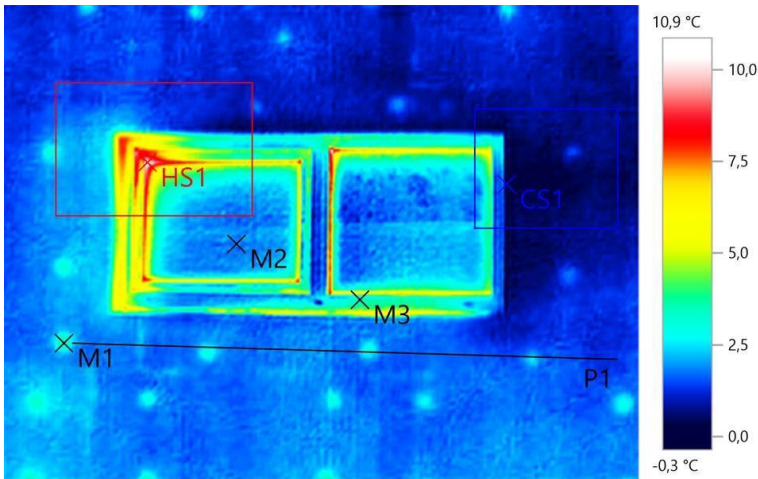
Параметри об'єкту

Опис конструкції будівлі	Об'єкт – Двоповерхова будівля офісно-складського призначення з неопалювальним горищем. Будівля має прямокутну геометричну форму. Конструкція будівлі із цегли з залізобетонними конструкціями плитами перекриття. Зовнішнє огородження будівлі – цегляні стіни, та вікна. Висота будівлі – 8,3м. Висота поверхів - 3м -2,8.		
Температура зовнішнього повітря, C°	-0,2 C°	Температура повітря всередині, C°	20 C°

Різниця температур між внутрішнім та зовнішнім повітрям, С°	20 С°	Погодні умови Інші важливі чинники, що впливають на результати	сухо, безхмарно, без вітру
Адреса об'єкту	м. Дніпро		
Модель тепловізора:	Тепловізор Testo 875-1i		

Таблиця 5.6

Тепловізійна зйомка будівлі

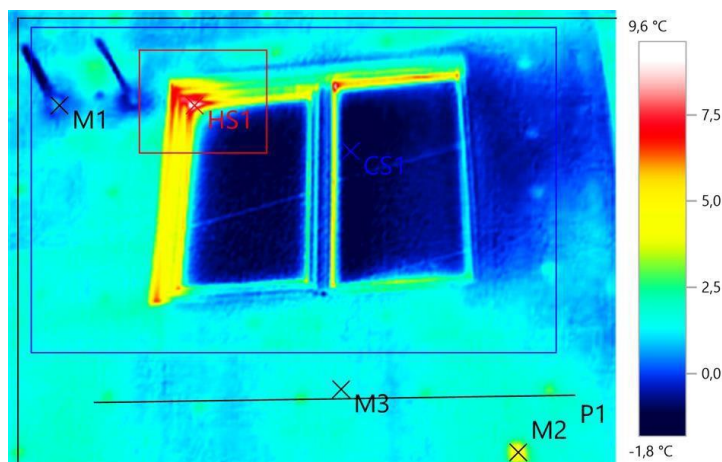
Файл: IV_00127.BMT Дата: 05.12.2023 Час 12:15:23			
			
Параметри зображення: Коефіцієнт випромінювання : 0.93 Відображ. темп. [°C]: 0			
Вимірювані об'єкти	Температура поверхні, °C	Коефіцієнт випромінювання	Температура середовища, °C
Точка виміру 1	3,4	0,93	0,0
Точка виміру 2	1,9	0,93	0,0
Точка виміру 3	3,7	0,93	0,0
Найхолодніша точка 1	-0,3	0,93	0,0
Найтепліша точка 1	10,9	0,93	0,0

РОЗДІЛ 5. ПАРАМЕТРИ ТЕПЛОЗАХИСТУ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

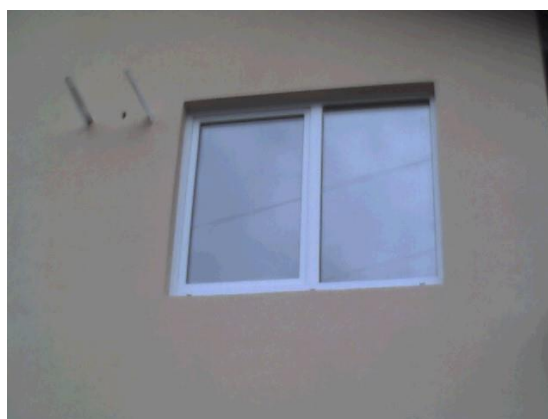


Продовження таблиці 5.6

Файл: IV_00128.BMT
Дата: 05.12.2023 Час 12:15:55



Параметри зображення:
Коефіцієнт
випромінювання : 0,93
Відображ. темп. [°C]: 0



Вимірювані об'єкти	Температура поверхні, °C	Коефіцієнт випромінювання	Температура середовища, °C
Точка виміру 1	0,5	0,93	0,0
Точка виміру 2	4,5	0,93	0,0
Точка виміру 3	1,4	0,93	0,0
Найхолодніша точка 1	-1,8	0,93	0,0
Найтепліша точка 1	9,6	0,93	0,0

Минимум: 0,9 °C Максимум: 2,7 °C Среднее значение: 1,5 °C

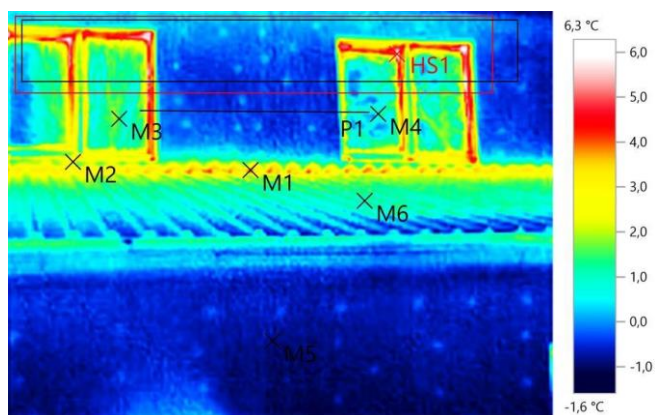
°C

Примітки: Вікно в задовільному стані.

Продовження таблиці 5.6

Файл: IV_00175.BMT

Дата: 05.12.2023 Час 12:50:13

**Параметри зображення:**

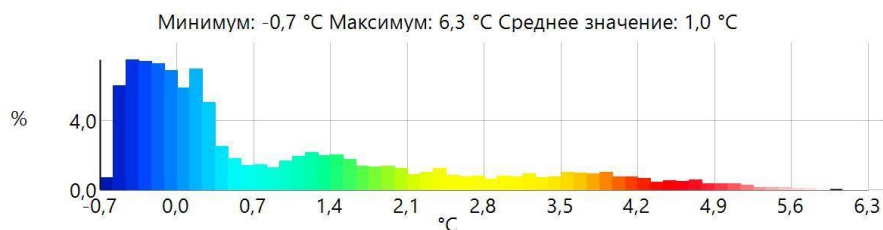
Коефіцієнт

випромінювання : 0.93

Відображ. темп. [°C]: 0



Вимірювані об'єкти	Температура поверхні, °C	Коефіцієнт випромінювання	Температура середовища, °C
Точка виміру 1	4,0	0,93	0,0
Точка виміру 2	2,4	0,93	0,0
Точка виміру 3	1,4	0,93	0,0
Точка виміру 4	0,9	0,93	0,0
Точка виміру 5	-0,9	0,93	0,0
Точка виміру 6	0,9	0,93	0,0
Найтепліша точка 1	6,3	0,93	0,0



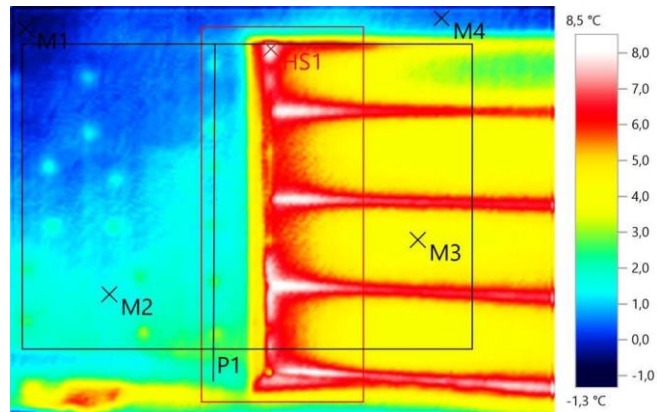
Примітки:

Вікно в задовільному стані.

Продовження таблиці 5.6

Файл: IV_00135.BMT

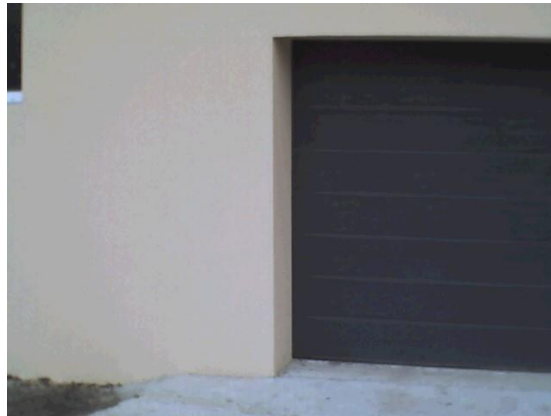
Дата: 05.12.2023 Час 12:22:15

**Параметри зображення:**

Коефіцієнт

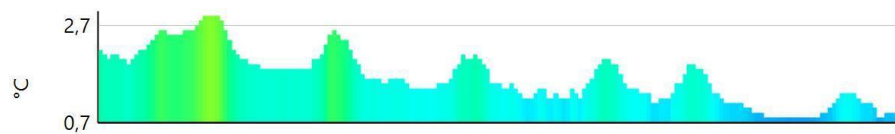
випромінювання : 0.93

Відображ. темп. [°C]: 0



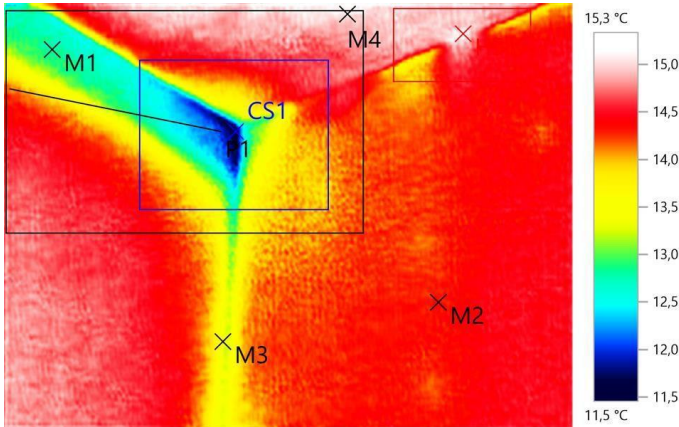
Вимірювані об'єкти	Температура поверхні, °C	Коефіцієнт випромінювання	Температура середовища, °C
Точка виміру 1	-0,4	0,93	0,0
Точка виміру 2	1,5	0,93	0,0
Точка виміру 3	4,0	0,93	0,0
Точка виміру 4	0,5	0,93	0,0
Найтепліша точка 1	8,5	0,93	0,0

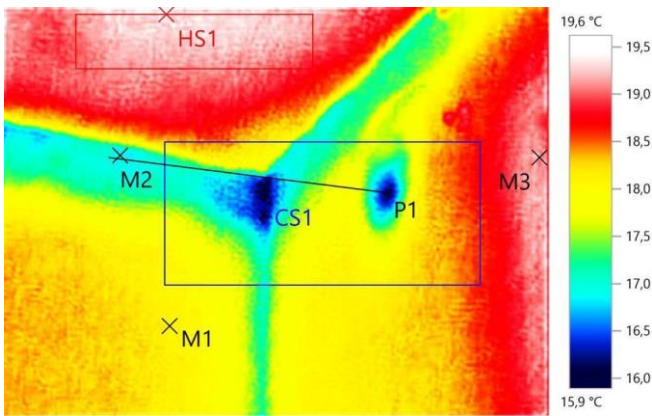
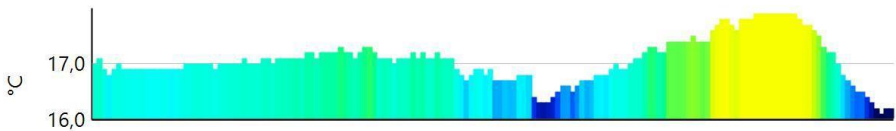
Минимум: 0,8 °C Максимум: 2,9 °C Среднее значение: 1,6 °C



Примітки:

Тепловтрати через ворота.

Файл: IV_00087.BMT Дата: 05.12.2023 Час 11:34:42			
			
Параметри зображення: Коефіцієнт випромінювання : 0.93 Відображ. темп. [°C]: 20			
Вимірювані об'єкти	Температура поверхні, °C	Коефіцієнт випромінювання	Температура середовища, °C
Точка виміру 1	12,8	0,93	20,0
Точка виміру 2	14,3	0,93	20,0
Точка виміру 3	13,4	0,93	20,0
Точка виміру 4	15,1	0,93	20,0
Найхолодніша точка 1	11,5	0,93	20,0
Найтепліша точка 1	15,2	0,93	20,0
Минимум: 11,5 °C Максимум: 15,2 °C Среднее значение: 13,9 °C 			
Примітки:	Виявлено намокання кута в середині приміщення за рахунок високого рівня вологості в приміщенні через виконання малярних робіт.		

Файл: IV_00124.BMT Дата: 05.12.2023 Час 11:57:44			
			
Параметри зображення: Коефіцієнт випромінювання : 0.93 Температура середовища, [°C]: 20			
Вимірювані об'єкти	Температура поверхні, °C	Коефіцієнт випромінювання	Температура середовища, °C
Точка виміру 1	18,1	0,93	20,0
Точка виміру 2	16,9	0,93	20,0
Точка виміру 3	19,1	0,93	20,0
Найхолодніша точка 1	15,9	0,93	20,0
Найтепліша точка 1	19,5	0,93	20,0
Минимум: 16,1 °C Максимум: 17,9 °C Среднее значение: 17,1 °C 			
Примітки:	Виявлено намокання кута в середині приміщення за рахунок високого рівня вологості повітря 80% на 2-му поверсі в приміщенні через виконання малярних робіт. Температура кута (CS1) стіни нижче температури точки роси.		

За результатами проведення тепловізійної зйомки будівлі офісно-складського призначення не виявлено недоліків теплового захисту огорожувальної оболонки будівлі.

За результатами інструментального контролю (теповізійна зйомка) виявлено, що в приміщеннях будівлі підвищений вміст вологи у повітрі через виконання малярних робіт в будівлі.

Виявлено місця із невеликим перебільшенням нормативної різниці температури на внутрішній поверхні зовнішньої огорожувальної конструкції та внутрішньої температури в приміщенні згідно з (ДБН В.2.6-31:2021 – табл. 3) [2].

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ ПО РОЗДІЛУ

1. Що таке опір теплопередачі конструкції і як він розраховується?
2. Які нормативні значення опору теплопередачі встановлені для зовнішніх стін житлових будівель в Україні?
3. Чим відрізняється коефіцієнт теплопровідності (U) від опору теплопередачі (R)?
4. Що таке точка роси?
5. Як визначити, чи достатній рівень теплоізоляції мають стіни або перекриття горища?
6. Що таке містки холоду і які негативні наслідки вони можуть мати?
7. Який прилад використовується для визначення фактичного теплового потоку крізь стіну будівлі?
8. У яких випадках слід застосовувати інструментальний метод вимірювання теплопровідності?
9. Чим відрізняється точковий термометр від пірометра у точності та способі вимірювання?
10. Що таке коефіцієнт випромінювання і чому він важливий для тепловізійного обстеження?

РОЗДІЛ 6. BLOWER DOOR TEST



6.1 ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ТА ВИЗНАЧЕННЯ

6.1.1 Вступ

У даному розділі навчально-практичного посібника розглядається інструментальне обстеження та методика визначення повітропроникності огорожувальних конструкцій. Даний метод дозволяє визначити фактичну енергоефективність будівлі інструментальним шляхом. Особливо актуальним це є для будівель із великим опалювальним об'ємом, де можуть бути великі втрати тепла. Якщо зовнішня оболонка будівлі не є достатньо герметичною, витрати на опалення можуть бути колосальними. У таких випадках необхідно проводити контроль якості виконаних будівельно-монтажних робіт щоб забезпечити герметичність та енергоефективність будівлі. Тест визначення повітропроникності будівель повинен бути обов'язковим для будівель із опалювальним об'ємом більше 1000 м³. Вже зараз потрібні фахівці із проведення тесту повітропроникності будівель.

Повітропроникність є одним із найважливіших параметрів зовнішньої оболонки будівлі, який визначає герметичність та енергоефективність будівлі. Більш енергоефективною будівлею є та, в якій показник повітропроникності менше. Тобто, зовнішня оболонка будівлі не має значних дефектів, через які проходить повітря і, відповідно, відбуваються теплові втрати [33].

Перепад тиску у 50 Па створюється штучно за допомогою спеціального обладнання BLOWER DOOR TEST, імітуючи дію сильного вітру. Тест проводиться у двох режимах. У першому режимі вентилятор нагнітає повітря у середину будівлі, потоки повітря під дією тиску проходять крізь нещільності зовнішньої оболонки будівлі, фіксується значення потоку повітря у м³, яке пройшло крізь площу у м² зовнішньої огорожувальної конструкції. У другому режимі вентилятор розріджує повітря, видувачи його із середини приміщення. Також фіксується значення потоку повітря у м³, яке пройшло крізь площу у м². Детальніше про регламент проведення тесту у розділі 6.3. Відео інструкцію проведення тесту повітропроникності можна переглянути за посиланням [35]:

https://drive.google.com/drive/folders/1qWTgvNuBKk3dK-A8_wib5bThOa1r_s-q?usp=sharing

Повітропроникність виражається величиною витоку повітря в кубічних метрах за годину на квадратний метр площі зовнішньої оболонки будинку при дії на будівлю перепаду тиску внутрішнього повітря в 50 Па ($\text{м}^3/(\text{год} \cdot \text{м}^2)$).

В таких умовах штучно створеного сильного вітру, особливо ефективно проводити тепловізійне обстеження будівлі, за допомогою якого можна визначити нещільності, не помітні для тепловізора при звичайних умовах.

Отже, за допомогою інструментального обстеження повітропроникності будівель можна визначити фактичний показник повітропроникності, який позначається як q_{50} ($\text{м}^3/(\text{год} \cdot \text{м}^2)$). На відміну від розрахункового методу, який враховує лише проектні дані теплозахисної оболонки, інструментальний метод враховує якість виконаних будівельно-монтажних робіт і визначає фактичний стан теплозахисної оболонки будівлі та клас енергоефективності.

6.1.2 Нормативні посилання

У посібнику є посилання на такі нормативні акти та нормативні документи:

1. ISO 9972:2015 Thermal performance of buildings – Determination of air permeability of buildings – Fan pressurization method, UK Standard, 2015. 38p.

Цей стандарт визначає метод інструментального визначення повітропроникності будівель за допомогою обладнання BLOWER DOOR TEST [33].

2. ДСТУ EN ISO 9972:2022 Характеристики теплотехнічних будівель. Визначення повітропроникності будівель. Метод випробувального тиску [34].

Цей стандарт призначений для вимірювання повітропроникності будівель. Визначає метод випробувального тиску, який надає спосіб вимірювання результуючої витрати повітря залежно від перепадів тиску всередині та ззовні будівлі.

У нормативних документах більшості країн європейського союзу таких як, Естонія, Фінляндія, Германія, Великобританія, Ірландія, для визначення

енергоефективності затверджено параметр повітропроникності q_{50} ($\text{м}^3/(\text{год} \cdot \text{м}^2)$). В українських та литовських нормативах використовується параметр кратності повітрообміну n_{50} (год^{-1}). Рекомендовано використання параметру повітропроникності q_{50} для визначення енергоефективності будівель.

Нормативні значення повітропроникності країн ЄС вказані у таблиці 1.

Таблиця 6.1

Нормативні значення повітропроникності країн ЄС

Країна	Норматив	q_{50}	n_{50}
Латвія	LBN002-15	<1,5	
Литва	STR 2.01.02:2016		<1,0
Естонія	RKAS	<1,0	
Польща	Building Codes 2014		<1,5
	EnEv	<2,5	
Чехія	з механічною вентиляцією	<1,5	
	з рекуперацією	<1,0	
Германія	DGNB (Target)	<2,5	
Великобританія	BREEAM	<2,5	
	ATTMA		
Україна	ДБН В.2.6-31: 2021		<2,0 (C)
Пасивні будинки		<0,6	

6.1.3 Терміни та визначення

Огороджувальні конструкції (building envelope) – поверхні, що відокремлюють внутрішню частину будівлі або її суміжні частини [34].

Кратність повітрообміну повітря (air change rate) – відношення потоку повітря через огороджувальні конструкції до внутрішнього об'єму [34].

Повітропроникність (air permeability) – відношення витрати повітря через огороджувальні конструкції до площі огорожень [34].

Питома швидкість витоку (envelope) – витрата повітря через огороджувальні конструкції на одиницю площі огороджувальної конструкції [2].

Ефективна площа витоку (effective leakage area) – площа потоку повітря через огороджувальні конструкції будівлі [34].

Питома ефективна площа витоку (specific effective leakage area) – відношення площі повітряного потоку через огороджувальні конструкції будівлі до площі огороджувальних конструкцій при випробуванні на перепад тиску [34].

Закритий отвір (to close an opening) – отвір, який має пристрій для закриття і не вимагає додаткової герметизації для закриття [34].

Герметизація отвору (to seal an opening) – ущільнення отвору за допомогою допоміжних засобів [34].

6.1.4 Позначення

Таблиця 6.2

Позначення

Позначення	Назва	Одиниця виміру
A_E	площа огорожувальної конструкції	m^2
A_F	площа підлоги	m^2
ELA_{pr}	ефективна площа потоку повітря під час випробувального перепаду тиску	m^2
ELA_{Epr}	питома ефективна площа потоку повітря конструкції під час випробувального перепаду тиску	m^2 / m^2
ELA_{Fpr}	питома ефективна площа потоку повітря (підлога) під час випробувального перепаду тиску	m^2 / m^2
C_{env}	коефіцієнт витрати повітря	$m^3 / (год * Па^n)$
C_λ	коефіцієнт потоку повітря	$m^3 / (год * Па^n)$
n_{pr}	кратність повітрообміну під час випробувального перепаду тиску	$год^{-1}$
p	тиск	Па
p_{bar}	некоригований атмосферний тиск	Па
P_v	парціальний тиск водяної пари	Па
P_{vs}	тиск насиченої водяної пари	Па
q_{50}	потік повітря при перепаді тиску 50 Па	$m^3 / год$
q_{Epr}	питомий потік повітря на одиницю площі огорожувальних конструкцій під час випробувального перепаду тиску	$m^3 / (год * m^2)$

Продовження таблиці 6.2

Q_{Fpr}	питомий потік повітря на одиницю площі підлоги під час випробувального перепаду тиску	$m^3/(год \cdot m^2)$
Q_m	виміряна об'ємна витрата повітря	$m^3/год$
Q_{pr}	об'ємна витрата повітря під час випробувального перепаду тиску	$m^3/год$
Q_r	повзання приладів об'ємної витрати повітря	$m^3/год$
V	внутрішній об'єм	m^3
Δ_p	створений перепад тиску	Па
Δ_{po}	перепад тиску (середній) при нульовій витраті повітря	Па
Δ_{po1} Δ_{po2}	перепад тиску при нульовій витраті повітря до і після випробування (отвір обладнання для створення тиску повітря закрито)	Па
Δ_{po+} Δ_{po-}	середнє значення позитивного та негативного перепаду тиску за нульової витрати повітря («+» та «-» означають відповідно позитивний та негативний перепад тиску через огорожувальні конструкції)	Па
Δ_{pm}	виміряний перепад тиску	Па
Δ_{pr}	випробувальний перепад тиску	Па
φ	відносна вологість повітря	-
T_0	абсолютна температура за стандартних умов	К
T_e	абсолютна температура зовнішнього повітря	К
T_{int}	абсолютна температура внутрішнього повітря	К
θ	температура за Цельсієм	$^{\circ}C$

Продовження таблиці 6.2		
ρ	щільність повітря	кг/м ³
ρ_0	щільність повітря за стандартних умов	кг/м ³
ρ_e	щільність зовнішнього повітря	кг/м ³
ρ_{int}	щільність внутрішнього повітря	кг/м ³

Позначення приведені згідно із ДСТУ EN ISO 9972:2022

6.2 Обладнання для інструментального визначення повітропроникності

6.2.1 Обладнання BLOWER DOOR TEST. Система RETROTEC EU 6110 (потік 14000 м³/h) (рис. 6.1):

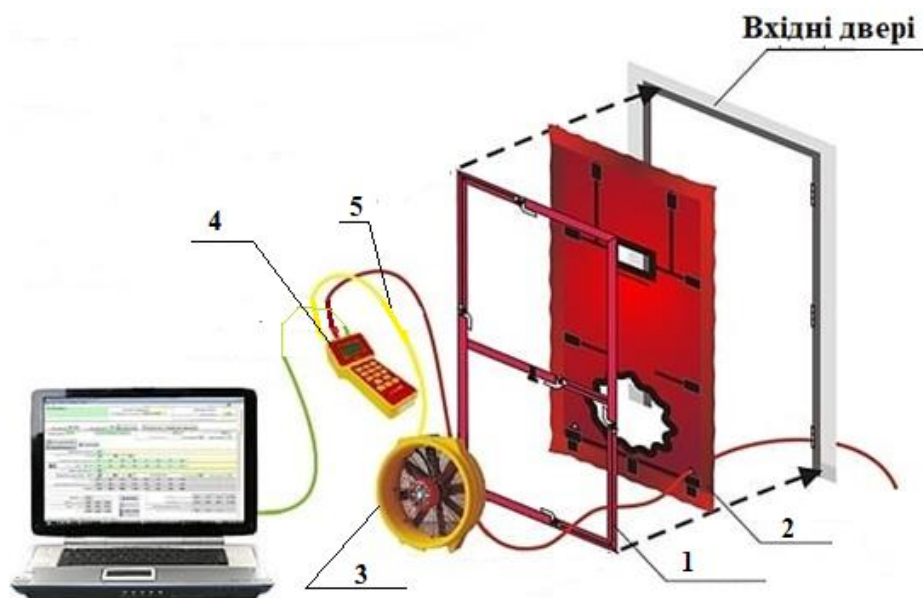


Рис. 6.1 Система RETROTEC EU 6110

1 – металева рама, яка приймає форму під розміри дверного отвору;
2 – тентове полотно; 3 – калібрувальний вентилятор; 4 – диференційний манометр; 5 – дроти підключення

6.2.2 Програмне забезпечення. Фіксація даних та подальші розрахунки виконуються за допомогою програмного комплексу „MultiFanTestic”v.5.11.29.73.

6.2.3 Допоміжне обладнання

➤ Тепловізор – для отримання термограми теплового випромінювання (рис.6.2). Детальніше за посиланням: [36]

https://www.Testo.kiev.ua/docs/docs_new/Testo-868_Man_UA.pdf

За допомогою тепловізійного обстеження, яке проводиться при гарантованому перепаді тиску можна досягти:

- виключення впливу факторів, що знижують ймовірність визначення дефекту;
- визначення місця інфільтрації за малих різниць температур;
- знаходження місць інфільтрації при проведенні вимірювання повітропроникності огорожувальної конструкції.

Спільне застосування двох технологій дозволяє підвищити якість тепловізійного обстеження.

Тест на повітропроникність дає інформацію про реальне значення цього параметра.

Проведення комплексного обстеження перед введенням будівлі в експлуатацію дозволяє мінімізувати збитки.

➤ Термометр – для фіксації температури °C ззовні та всередині.

➤ Анемометр - для визначення швидкості руху повітря м/с у приміщенні.

(рис.6.3).



Рис. 6.2 Тепловізор Testo 868



Рис. 6.3 Анемометр

- Дальномір – для визначення лінійних розмірів.
- Театральний дим – для візуального визначення дефектів зовнішніх конструкцій будівлі.



Рис. 6.4 Театральний дим

6.3 Регламент проведення тесту повітропроникності

6.3.1 Методи випробування

Повітропроникність будинку – це властивість огорожувальних конструкцій будівлі пропускати повітря під дією різниці тиску.

Для кожного методу потрібні індивідуальні підготовчі роботи:

Метод 1 - випробування будівлі в умовах експлуатації, при яких отвори для природної вентиляції закриті, а отвори для механічної вентиляції або кондиціонування повітря всієї будівлі герметизовано.

Метод 2 – випробування окремої частини зовнішньої оболонки будівлі, при якому всі отвори для природної вентиляції герметизовано, а двері, вікна та люки закриті.

Метод 3 – випробування будівлі, при якому певні отвори герметизовано або допускається тримати деякі отвори відкритими відповідно до чинних стандартів або нормативних документів на національному рівні. Детальніше про методи випробування у [34].

6.3.2 Підготовчі роботи до виїзду на об'єкт

Для початку роботи перед виїздом на об'єкт необхідно зібрати необхідну інформацію про об'єкт:

- основні креслення будівлі (плани, перерізи, фасади із актуальними розмірами);
- адреса за якою знаходиться об'єкт;
- введено чи не введено будівлю в експлуатацію;
- який тип вентиляції та опалення у будівлі;
- висота будівлі над рівнем моря у метрах (можна визначити за адресою за посиланням [37]: <https://uff.pp.ua/vysota.html>);
- висота будівлі над рівнем землі.

Перед виїздом також необхідно визначити ймовірні температурні та погодні умови: тест необхідно проводити при перепаді температури між приміщенням у середині будівлі та температурою ззовні мінімум Δt 15°C, погода не повинна бути сонячною, краще проводити тест у другій половині осені, взимку чи на початку весни. Детальніше про умови випробування за [34].

Наступним кроком необхідно визначити геометричні параметри будівлі такі як: кондиціонована площа m^2 , кондиціонований об'єм m^3 , площа зовнішніх огорожувальних конструкцій m^2 .

Визначаємо кондиціоновану площу будівлі:

$$A_f = (b * l) * N^{\text{пов}} \quad ,\text{м}^2 \quad (6.1)$$

де A_f - кондиціонована площа будівлі

$N^{\text{пов}}$ – кількість поверхів,

l – довжина будівлі (по внутрішньому розміру),

b – ширина будівлі (по внутрішньому розміру).

Кондиціонований об'єм будівлі:

$$V_f = (b * l) * H \quad ,\text{м}^3 \quad (6.2)$$

де V_f - кондиціонований об'єм будівлі

H – висота будівлі, м.

l – довжина будівлі,

b – ширина будівлі

Загальна площа світлопрозорої частини:

$$A_{\text{пр}} = (b_{\text{дв}} * h_{\text{дв}}) + (b_{\text{вік1}} * h_{\text{вік1}}) + (b_{\text{вік2}} * h_{\text{вік2}}) \quad , \text{м}^2 \quad (6.3)$$

де $b_{\text{дв}}$ – ширина дверей, м;

$h_{\text{дв}}$ – висота дверей, м;

$b_{\text{вік i}}$ – ширина вікна, м;

$h_{\text{вік i}}$ – висота вікна, м.

Загальна площа не прозорої частини:

$$A_{\text{непр}} = L * H - F_{\text{пр}} \quad ,\text{м}^2 \quad (6.4)$$

де $F_{\text{непр}}$ – загальна площа непрозорої частини;

L – довжина блоку, м;

H – висота поверху, м.

Якщо утеплення проходить по перекриттю, при розрахунку площі зовнішніх огорожувальних конструкцій – враховується площа перекриття, якщо утеплення проходить по покрівлі, то враховується площа покрівлі.

Площа перекриття:

$$A_{\text{пер}} = (b * l) \quad ,\text{м}^2 \quad (6.5)$$

l – довжина будівлі (по внутрішньому розміру),

b – ширина будівлі (по внутрішньому розміру).

Площа покрівлі:

$$A_{\text{покр}} = (l_{\text{ск}} * b_{\text{ск}}) * n_{\text{ск}}, \text{ м}^2 \quad (6.6)$$

$l_{\text{ск}}$ – довжина скату покрівлі,

$b_{\text{ск}}$ – ширина скату покрівлі,

$n_{\text{ск}}$ – кількість скатів покрівлі.

Загальна площа зовнішніх огорожувальних конструкцій:

$$A_e = A_{\text{непр}} + A_{\text{пр}} + A_{\text{покр}}, \text{ м}^2 \quad (6.7)$$

для будівель із утепленням по покрівлі,

де A_e – загальна площа зовнішніх огорожувальних конструкцій, м^2 ;

$A_{\text{пр}}$ – загальна площа світлопрозорої частини, м^2 ;

$A_{\text{непр}}$ – загальна площа не прозорої частини, м^2 ;

$A_{\text{пер}}$ – площа даху, м^2 .

$$A_e = A_{\text{непр}} + A_{\text{пр}} + A_{\text{пер}}, \text{ м}^2 \quad (6.8)$$

де $A_{\text{пер}}$ – площа дахового перекриття, м^2 .

Перед виїздом необхідно перевірити стан обладнання: справність, заряд батарей.

6.3.3 Підготовчі роботи на об'єкті

Після прибуття на об'єкт необхідно заміряти фактичні розміри будівлі: ширину, довжину та висоту, якщо вони не співпадають із даними креслень, потрібно обов'язково перерахувати геометричні параметри будівлі такі як: кондиціонована площа м^2 , кондиціонований об'єм м^3 , площа зовнішніх огорожувальних конструкцій м^2 .

Наступним кроком фіксують значення температури ззовні та всередині. Вихідні данні вносять у програму FanTestic (рис 6.5):

- висоту будівлі над рівнем моря (1);
- висоту будівлі над рівнем землі (2);
- опалювальний об'єм будівлі (3);

- площа зовнішніх огорожувальних конструкцій(4);
- опалювальна площа будівлі (5).

Рис.6.5 Внесення даних у програму FanTestic

Наступним кроком фіксують значення температури ззовні та всередині (рис. 6.6):

- температура всередині будівлі (1);
- температура ззовні (2).

Рис.6.6 Внесення початкових даних температури у програму FanTestic

Дата та час проведення тесту фіксуються у програмі автоматично.

Наступним кроком необхідно загерметизувати усі отвори будівлі клійкою алюмінієвою стрічкою, такі отвори як вентиляція, витяжки, труби водопроводу (у разі якщо водопостачання ще не використовується) та інші отвори (рис. 6.7).



Рис.6.7 Герметизація вентиляції

На час проведення тесту всі зовнішні двері та вікна мають бути зачинені, внутрішні двері відкриті. Вікритою залишаємо зовнішні двері, у проєм яких будуть влаштовані аеродвері.

На час проведення тесту відключають обладнання спалювання палива, витяжні припливні вентилятори та кондиціонери повітря, а також радіатори і термостати.

6.3.4 Налаштування та підключення обладнання

Дістаємо рійки рами аеродверей, дві довгі підганяємо під висоту зовнішнього дверного отвору (рис.6.9), три короткі під ширину отвору за допомогою ексцентриків (рис. 6.8).

Фіксатор (ричажок нижче ексцентрика) знаходиться у положенні (рис. 6.8).

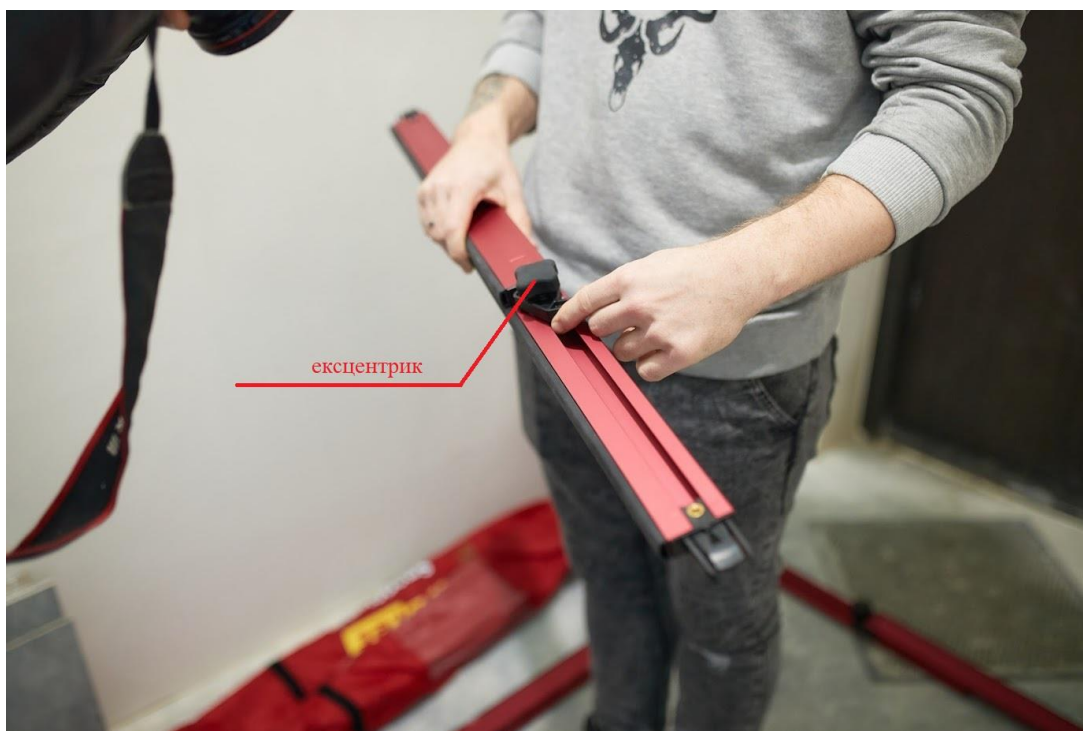


Рис.6.8 Положення ексцентрика

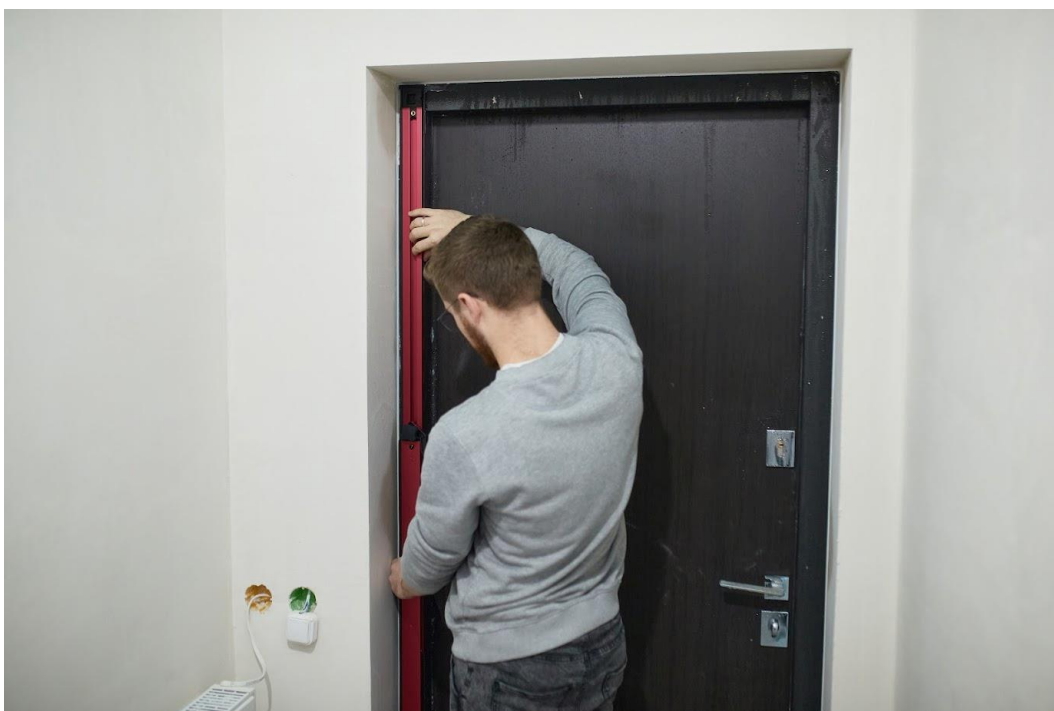


Рис.6.9 Підлаштування рами дверей по висоті

Розкладаємо раму аеродверей спочатку на підлозі, таким чином, щоб усі пази співпадали по номерам (рис.6.10).



Рис.6.10 Розкладання аеродвері

З'єднуємо раму, вставляючи рейки у пази до кладання (рис. 6.11).



Рис.6.11 З'єднання пазів аеродвері, номер до номеру

Відкладаємо зібрану раму в сторону, розстилаємо на її місце полотно лицьовою стороною догори, таким чином, щоб отвір під вентилятор розташовувався внизу (рис. 6.12).

На полотно вкладаємо раму та щільно кріпимо полотно сполучними ліпкими клапанами до рами.



Рис.6.12 Кріплення полотна аеродверей до рами

Піднімаємо зібрану раму із полотном і вставляємо в отвір зовнішніх входних дверей. Підлаштовуємо раму під отвір ексцентриками, підбиваючи раму до щільного контакту зі стіною дверного отвору після чого, фіксуючи фіксаторами, щільно притискаємо раму до відкосів отвору. Необхідно повернути фіксатор для максимального зажиму рами аеродверей. Коли зажимаються фіксатори, повинен бути характерний скрип, який означає що двері щільно та герметично вставлені в отвір (рис. 6.13).



Рис.6.13 Встановлення аеродверей у вхідний проєм

В отвір у полотні вставляється вентилятор ротором на ззовні, втулками усередину. Вентилятор кріпиться до середньої горизонтальної рейки сполучними липкими клапанами (рис. 6.14).



Рис.6.14 Встановлення вентилятора

Підключаємо блок до вентилятора (рис. 6.15, рис. 6.16). Дріт №1 (1), див. рис. 6.15, червоного кольору який виходить із блоку підключення має на одному кінці еластичний роз'єм для підключення дроту (2), див рис. 6.15, із іншого жовтий еластичний дріт (5) та дріт зі штекером підключення до вентилятора (4). Червоний дріт (4) зі штекером вкручуємо в отвір зверху на вентиляторі, жовтий еластичний дріт (5) вставляємо у жовтий отвір на вентиляторі (рис. 6.17).

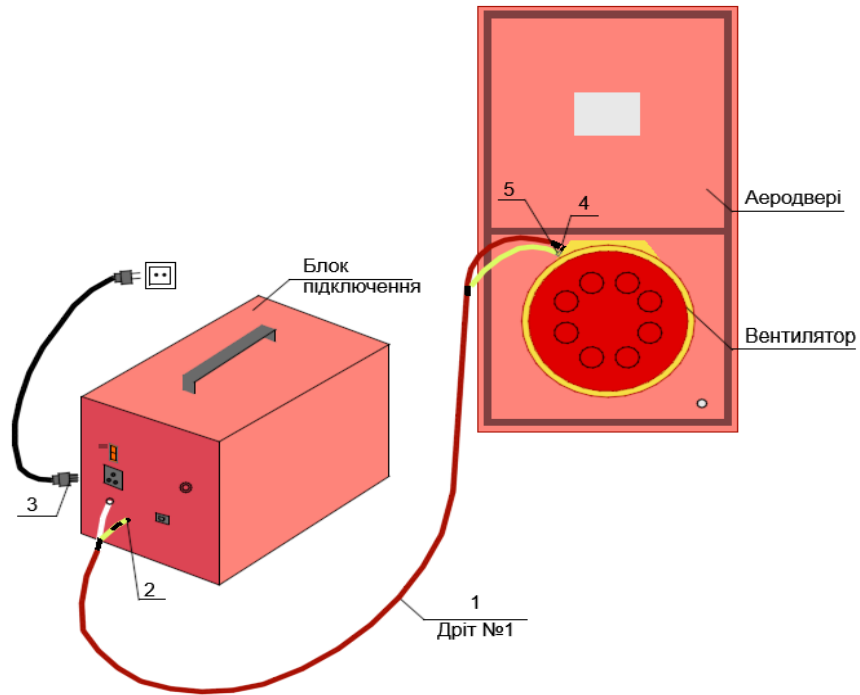


Рис.6.15 Схема підключення вентилятора

1 – дріт №1; 2 – еластичний роз'єм для підключення дроту №2; 3 – дріт підключення до живлення; 4 – дріт зі штекером підключення до вентилятора; 5 – еластичний жовтий дріт підключення до вентилятора



Рис.6.16 Налаштування системи підключення до вентилятора



Рис. 6.17 Встановлення жовтого дроту в отвір вентилятора

Підключаємо блок дротом підключення (3) до живлення у розетку (рис. 6.15).

Підключаємо манометр до блоку підключення. Дістаємо окремий червоний дріт (12), див рис. 6.18. Він має з одного краю довгий червоний дріт (8), короткий жовтий дріт (7) та жовтий штекер (6).

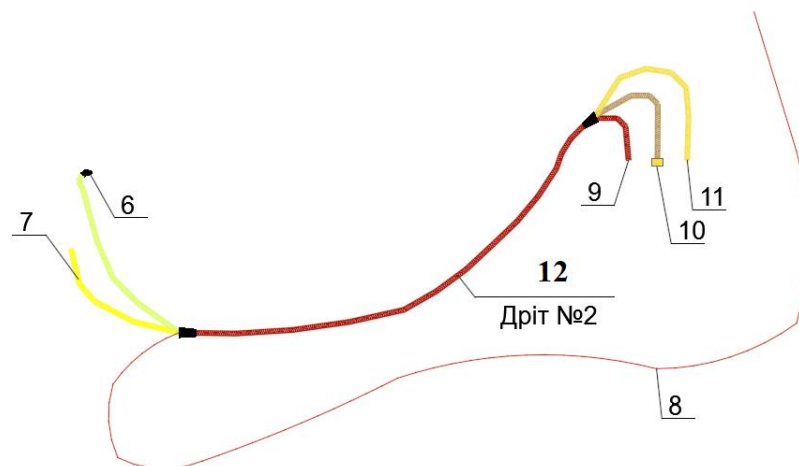


Рис.6.18 Схема дроту №2

6 – жовтий штекер; 7 – короткий жовтий дріт; 8 – довгий червоний дріт;
 9 – червоний дріт підключення до манометру; 10 – жовтий штекер
 підключення до манометру; 11 – жовтий дріт підключення до манометру; 12 –
 окремий дріт №2

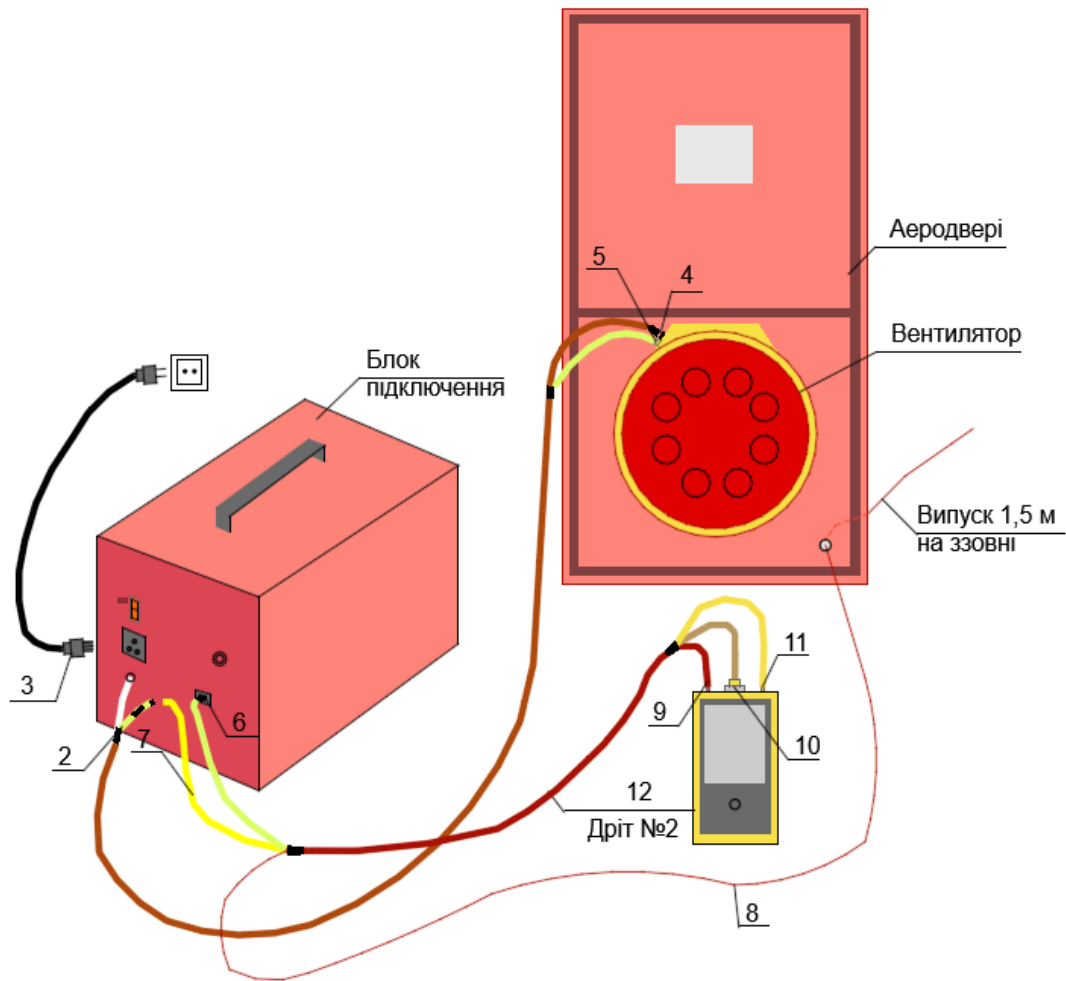


Рис.6.19 Схема підключення обладнання

1 – дріт №1; 2 – еластичний роз'єм для підключення дроту №2; 3 – дріт підключення до живлення; 4 – дріт зі штекером підключення до вентилятора; 5 – еластичний живий дріт підключення до вентилятора; 6 – жовтий штекер; 7 – короткий жовтий дріт; 8 – довгий червоний дріт; 9 – червоний дріт підключення до манометру; 10 – жовтий штекер підключення до манометру; 11 – жовтий дріт підключення до манометру; 12 – окремий дріт №2

Довгий червоний дріт (8), див. рис. 6.19, вставляється у маленький отвір у полотні аеродвері з правого боку, який виступає на вулицю на 1,5-2м. (рис.6.20). Жовтий короткий дріт вставляється у жовтий отвір у блоці (рис.6.21). Жовтий штекер (6), див. рис. 6.18, вставляється у роз'єм «IN» блока (рис.6.21).

З іншого краю окремого дроту № 12 (12), див рис 6.18, є червоний короткий дріт (9), жовтий короткий дріт (11) та жовтий штекер (10). Червоний короткий дріт вставляємо у червоний отвір на верхній частині манометру, жовтий дріт у жовтий отвір, жовтий штекер у верхній роз'єм манометра (рис. 6.19, 6.22).

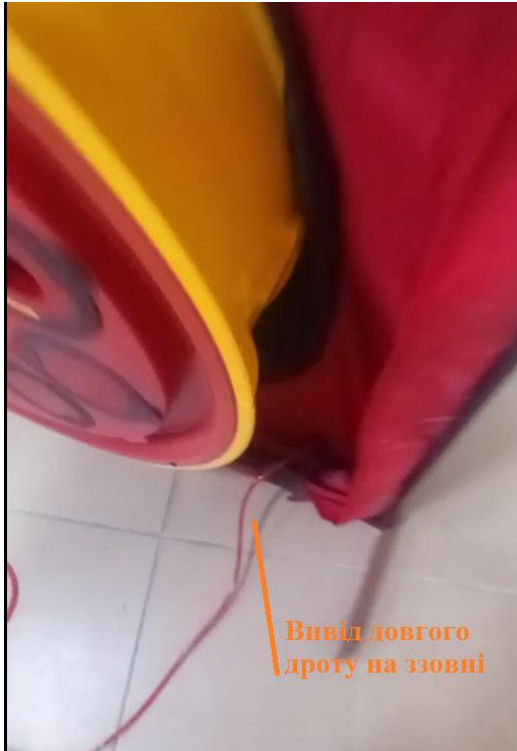


Рис.6.20 Вивід дроту на ззовні



Рис.6.21 Підключення дротів



Рис.6.22 Вивід дроту на ззовні

Включаємо манометр натисканням сенсорної кнопки.

Включаємо кнопку «ON» на блоці підключення.

Налаштування манометра

Необхідно вибрати режим відкривання вентилятора. У головному меню манометра натискаємо на значок вентилятора та обираємо кількість відкритих заглушок (рис. 6.23). Визначити яку кількість заглушок відкрити можна тільки практичним шляхом. Якщо кондиціонований об'єм будівлі менше 1000 м³, приймаємо тип із двома відкритими заглушками.

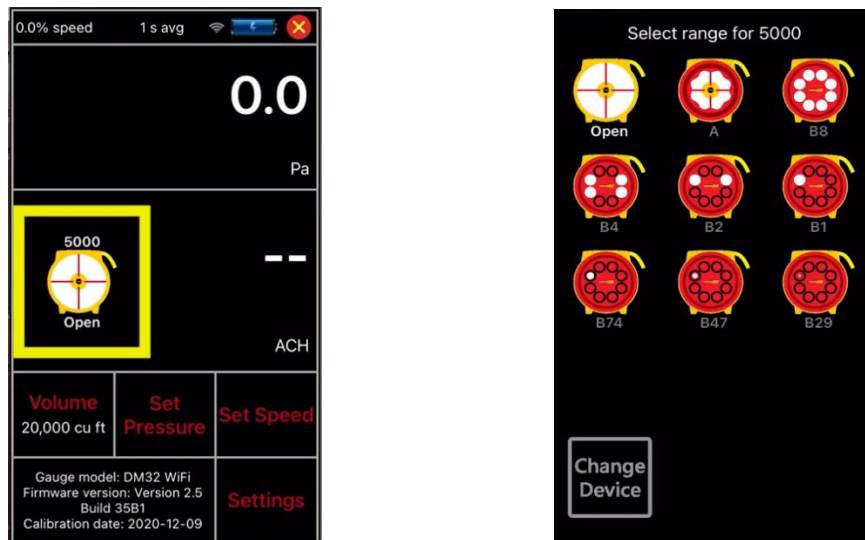


Рис.6.23 Вибір режиму вентилятора

В налаштуваннях задаємо кондиціоновану площу та кондиціонований об'єм будівлі. Задаємо одиниці виміру: тиск Pa, площа м², об'єм м³ (рис. 6.24).

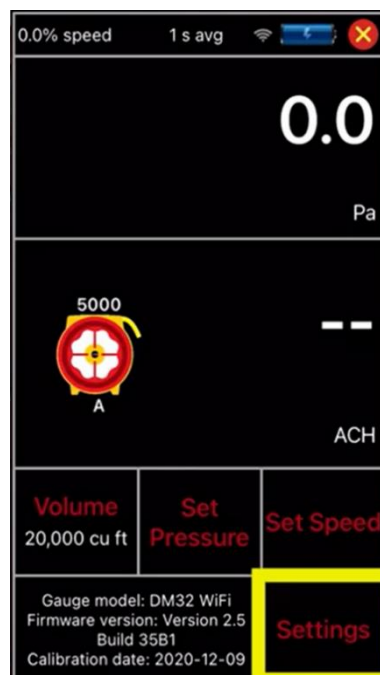


Рис. 6.24 Налаштування манометра

6.3.5 Проведення тесту

Тест проводиться у двох режимах:

1. У режимі підвищеного випробувального тиску вентилятор надуває повітря всередину приміщення. У даному випадку вентилятор встановлюється ротором назовні, заглушками усередину. Усі значення різниці тиску повинні бути зі знаком «-» [34]. Під час тесту тепловізійна зйомка проводиться ззовні будівлі, театральний дим використовується зсередини будівлі, а із-зовні видно найбільш дефектні місця, куди просочується дим.

2. У режимі зниженого випробувального тиску вентилятор видуває повітря із середини приміщення назовні. У даному випадку вентилятор встановлюється ротором усередину, заглушками назовні. Усі значення різниці тиску повинні бути зі знаком «+» [34] .

6.3.6 Проведення тесту у режимі підвищеного випробувального тиску

Визначаємо базову лінію. Закриваємо усі заглушки вентилятора, накриваємо вентилятор чохлом.

Заходимо в налаштування Settings (рис. 6.25), тиснемо на базову лінію Baseline, після чого починається відлік базової лінії, який необхідно витримати 20 с, після чого потрібно зафіксувати значення, наприклад 0,7 Па, і обов'язково обнулити значення базової лінії, так як манометр автоматично враховує це значення. Після визначення базової лінії слід зняти чохол із вентилятора та відкрити заглушки вентилятора (рис. 6.26).



Рис. 6.55 Ввод параметрів



Рис. 6.26 Запуск базової лінії

1 – Базова лінія, 2 – параметр площі, m^2 , 3 – параметр об'єму m^3 , 4 – середній час фіксації показника перепаду тиску, 5 – одиниці виміру, 6 – введення базової лінії, 7 – обнулення базової лінії

Визначення початкового тиску. Значення базової лінії множимо на константу – 5, наприклад $0,7 \cdot 5 = 3,5$ Па [34]. Але мінімальне значення початкового тиску повинно бути 10 Па, згідно із ДСТУ EN ISO 9972:2022. Тобто, у даному випадку приймаємо 10. Якщо базова лінія дорівнювала б 3, то початковий тиск буде дорівнювати 15. Значення базової лінії вводимо у програму FanTestic.

Відкриваємо дві заглушки.

Стрілкою виходимо у головне меню. Вводимо початковий тиск через команду Set Pressure, вводимо початковий тиск, тиснемо set, вентилятор автоматично починає працювати (рис. 6.28).

У програмі вказуємо тип відкривання вентилятора (рис. 6.27).

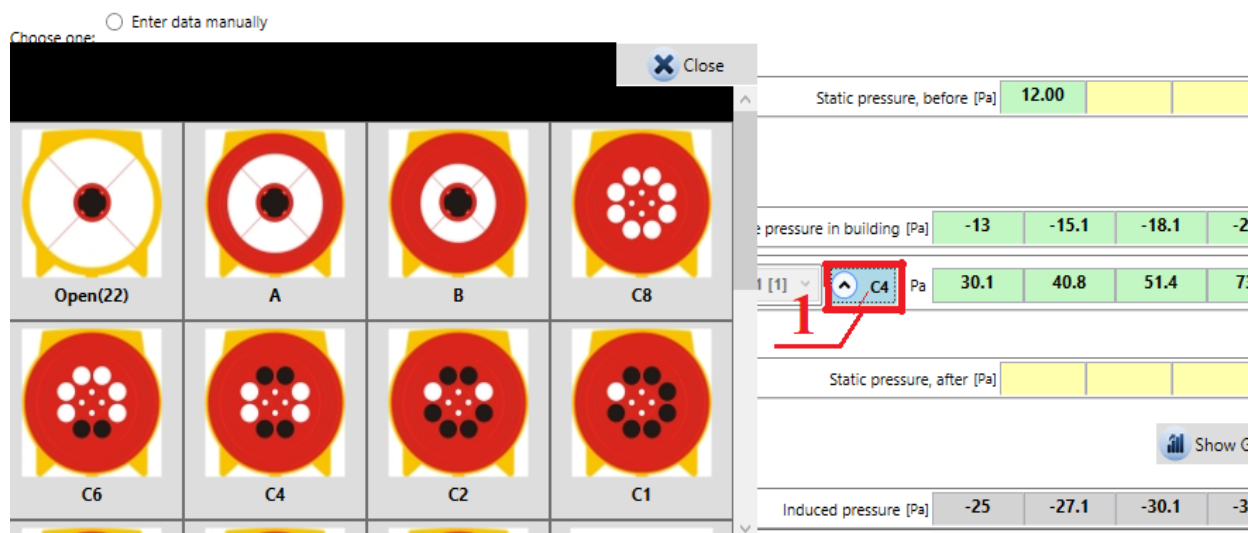


Рис. 6.27 Тип відкривання вентилятора

1 – кнопка вибору типу відкривання вентилятора



Рис. 6.28 Ввод початкового тиску

Після запуску вентилятора слідкуємо за тиском на вентиляторі знизу та різницею тиску зверху на табло, коли показник зупинився на кілька секунд, фіксуємо значення тиску, записуємо у програмі FanTestic та підвищуємо тиск на +5 Па. Відзначаємо таким чином 10 точок, у верхній строчці фіксуємо перепад тиску, у нижній строчці фіксуємо тиск на вентиляторі (рис. 6.29).

Зверху записуємо значення різниці тиску (повинні бути зі знаком «-»), тому що нагнітається повітря у середину будівлі), знизу записуємо значення тиску на вентиляторі.

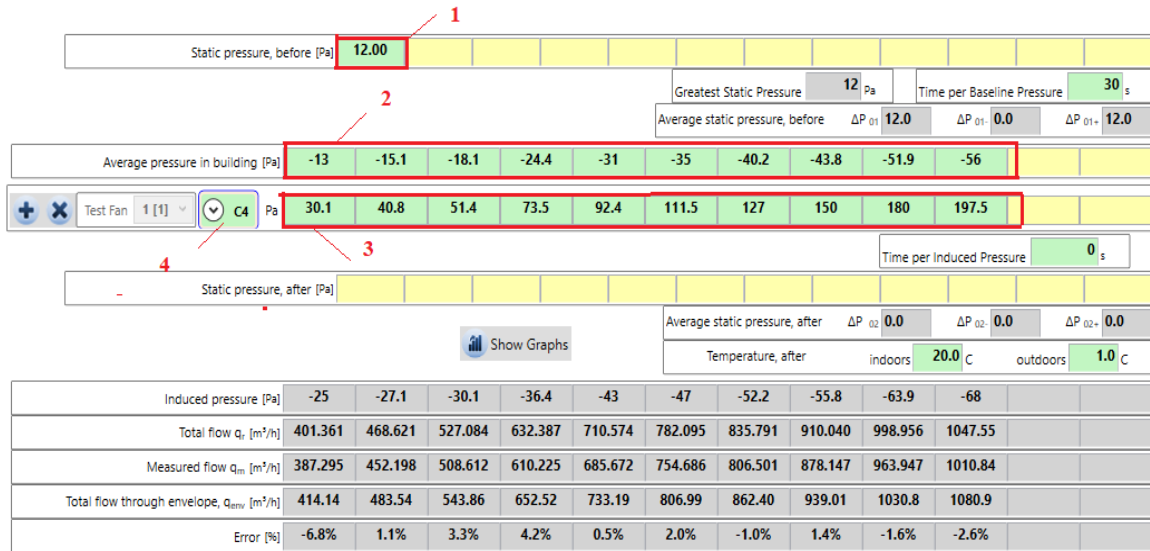


Рис. 6.29 Від початкового тиску, різниці тиску та тиску на вентиляторі

1 – значення початкового тиску; 2 – значення перепаду тиску, Pa; 3 – значення тиску на вентиляторі, Pa; 4 – кнопка вибору типу відкривання вентилятора

Слідкуємо за потужністю вентилятора у лівому верхньому кутку, потужність не повинна перевищувати 80% (рис. 6.30). Якщо потужність перевищує 80%, необхідно зупинити тест, відкрити більше заглушок і провести тест заново, починаючи із визначення базової лінії.

Якщо після запуску вентилятора на манометрі замість значень показує прочерк, значить потужності вентилятора недостатньо, необхідно зупинити тест, закрити заглушку та провести тест заново, починаючи із визначення базової лінії.



Рис. 6.30 Фіксація тиску

1 – потужність вентилятора; 2 – значення різниці тиску, Pa; 3 – значення тиску на вентиляторі, Pa; 4 – кнопка підвищення тиску на 5 Pa

Після визначення 10 точок (значення перепаду тиску, тобто верхнього тиску, повинні бути приблизно із інтервалом у 5 Pa, і остання точка повинна бути приблизно 50 Pa), зупиняємо роботу вентилятора натиском кнопки Stop.

Визначаємо базову лінію. Не забуваємо закрити вентилятор перед визначенням базової лінії. Значення базової лінії фіксуємо у програму FanTestic.

6.3.7 Проведення тесту у режимі зниженого випробувального тиску

Знімаємо та перегортаємо вентилятор ротором усередину, заглушками на ззовні. Необхідно щоб ззовні була людина, щоб була можливість міняти кількість заглушок. Закриваємо його та накриваємо чохлом.

Знову визначаємо базову лінію, значення базової лінії фіксуємо у програму FanTestic.

Відкриваємо заглушки вентилятора.

У програмі FanTestic створюємо нову установку (рис. 6.31).

Визначаємо температуру та тиск ззовні та всередині, фіксуємо у новій установі у програмі FanTestic.

Specific effective leakage area (floor) at 50 Pa, ELA_{F50} [cm ² /m ²]	1.84	1.79	1.89	+/-2.8%
Equivalent leakage area at 50 Pa [cm ²]	418.4	407.0	430.2	+/-2.8%

Finish time
Get Time
1

+ New set
✕ Delete set

Рис. 6.31 Ввід початкового тиску

По базовій лінії визначаємо та задаємо початковий тиск.

Проводимо тест аналогічно як тест у режимі підвищеного випробувального тиску. Фіксуємо 10 точок. Але важливо, щоб значення різниці тиску повинні бути зі знаком «+», тому що повітря розріджується із середини будівлі. Записуємо значення різниці тиску та тиску на вентиляторі у програмі FanTestic. Зупиняємо роботу вентилятора натиском кнопки Stop.

Визначаємо базову лінію. Не забуваємо закрити усі заглушки вентилятора перед визначенням базової лінії. Значення базової лінії фіксуємо у програму FanTestic.

Формуємо автоматичний звіт у програмі (рис. 6.32).

6.3.8 Аналіз результатів

Combined Test Data (Average Values)				
	Results	95% Confidence Interval		Uncertainty
Air changes at 50 Pa, n_{50} [1/h]	1.04	0.9851	1.095	+/-5.2%
Air leakage rate at 50 Pa, q_{50} [m ³ /h]	869.50	825.00	916.95	+/-5.2%
Air leakage rate at 10 Pa, q_{10} [m ³ /h]	410.00	383.65	438.45	+/-8.2%
Specific leakage rate (envelope) at 50 Pa, q_{E50} [m ³ /h/m ²]	2.734	2.590	2.879	+/-5.2%
Specific leakage rate (floor) at 50 Pa, q_{F50} [m ³ /h/m ²]	6.255	5.925	6.586	+/-5.2%
Effective leakage area at 50 Pa, ELA_{50} [m ²]	0.0265	0.0251	0.0279	+/-5.4%
Specific effective leakage area (envelope) at 50 Pa, ELA_{E50} [cm ² /m ²]	0.833	0.789	0.877	+/-5.2%
Specific effective leakage area (floor) at 50 Pa, ELA_{F50} [cm ² /m ²]	1.91	1.81	2.01	+/-5.2%
Equivalent leakage area at 50 Pa [cm ²]	434.5	412.2	458.2	+/-5.2%

Show Graphs
Generate Report (docx file - MS Word)
Export Data (Excel)

1
Warnings and Errors

Рис. 6.32 Формування автоматичного звіту

- 1 – формування автоматичного звіту у Word; 2 – параметр кратності повітрообміну n_{50} (h^{-1}); 3 – параметр повітропроникності q_{50} ($\text{m}^3/\text{h}/\text{m}^2$).; 4 – еквівалентна площа витоку при 50 Па, (cm^2)

Після генерації автоматичного звіту у форматі Word потрібно заповнити отримані данні у шаблон звіту, який приведений у додатку А.

За результатами проведеного тесту у двоповерховому житловому будинку визначено:

- Параметр кратності повітрообміну при перепаді тиску у 50 Па (n_{50} air changes at 50 Pa) дорівнює 1.04 (h^{-1}) (рис. 6.32).

- Питома швидкість витоку через огорожувальні конструкції при 50 Па, тобто повітропроникність q_{50} (Specific leakage area at 50 Pa) дорівнює 2.734 ($\text{m}^3/\text{h}/\text{m}^2$) (рис. 6.32).

- Еквівалентна площа витоку при 50 Па (Equivalent leakage area at 50 Pa), дорівнює 434,5 (cm^2) (рис. 32). Цей показник – діаметр отвору у стіні, який включає у себе площі усіх дефектів та щілин зовнішньої огорожувальної конструкції будівлі. Програма FanTestic розраховує данні показники автоматично. Детальніше методика визначення повітропроникності міститься у ДСТУ EN ISO 9972:2022 [34].

За даними показниками можна оцінити стан огорожувальної конструкції. У даному випадку, за показником повітропроникності, будівля є енергоефективною. Будівля відповідає класу енергоефективності «В».

6.3.9. Тепловізійна зйомка в умовах тесту повітропроникності

За час проведення тесту повітропроникності, який зазвичай займає 30 хвилин, дефектні місця охолоджуються або нагріваються потоком повітря, що проходить через дефектні місця і температура досягає різниці, необхідної для виявлення тепловізором (див. рис. 6.33). Зліва термографія зроблена у будівлі до проведення тесту з використанням перепаду тиску $\Delta P = -/+50\text{Pa}$, справа – термографія зроблена під час проведення тесту з використанням перепаду тиску.

Можемо спостерігати, що на термографії справа набагато чіткіше можна визначити навіть незначні дефекти герметичності будівлі.

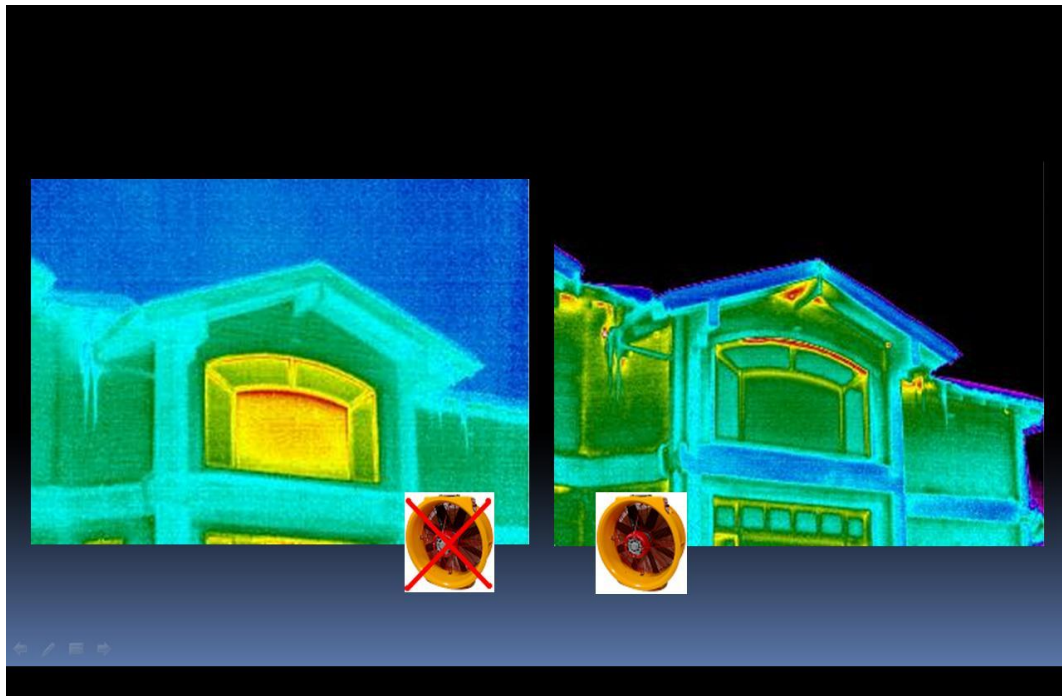


Рис.6.33 Термографія будинку, зроблена у звичайних умовах та в умовах проведення тесту повітропроникності

6.3.10. Формування звіту

Загальна інформація

Дата проведення тесту:	24.02.2024
Замовник:	Конін
Оператор:	Бондаренко
Назва об'єкту	Двоповерховий житловий будинок
Повна адреса	м Дніпро. вул. Криворізька 4
Рік будівництва	нове
Поверховість	2
Площа забудови	154 м ²

Геометричні параметри

Кондиціонований об'єм будівлі [m ³]:	836
Площа огорожувальних конструкцій [m ²]:	318,7
Площа підлоги [m ²]:	138,8
Висота будівлі (від землі до верху) [m]:	8,5
Висота над рівнем моря [m]:	78
Поверховість будинку	2
Похибка вимірювання об'єму:	0,02
Похибка вимірювання площі огорожувальної конструкції:	0,02
Похибка вимірювання площі підлоги будівлі:	0,01

Примітка: таблиця заповнена згідно з MultiFanTestic (5.12.49.57)

Метод випробування

Метод випробування	Нагнітання та розрідження тиску
Умови і вимоги	Герметизація будівлі

Архітектурно-конструктивна схема

Несучі конструкції	Зовнішні та внутрішні стіни
Тип покрівлі	Двоскатна

Зовнішні конструкції будівлі

Стіни	Газоблок 400 мм
Підлога	З/б плита утеплена 100 мм пінополістеролом
Перекриття	З/б плити круглопустотні 220 мм
Покрівля	Стропильна система холодна
Двері	Вхідні металеві та ролетні гаражні ворота
Вікна	Подвійний склопакет

Система опалення, кондиціювання та вентиляції:

Система опалення:	Електричний котел
Система кондиціювання та вентиляції	Природна та механічна

Прилади, обладнання та програмне забезпечення

Обладнання	Опис	Серійний номер	Дата закінчення калібрування
	Вентилятор 6000	3PH602480 3PH602499	13.01.2024
	Програма «MultiFanTestic» v.5.11.29.73	Ліцензія ==START_KEY==9:}hi% s'wvljk8'4+5%'`	
	Тепловізор	TFA 12304910	

ЕТАП №1 Тест на надходження потоків повітря у приміщення**Дані довкілля**

Дані довкілля	7 м/с	
Вітер:	742 мм рт. ст	
Базовий тиск на початку тесту	742 мм рт. ст	

Базовий тиск у кінці тесту	1	
Температура на початку тесту	2	
Температура наприкінці тесту:	7 м/с	

Примітка: таблиця заповнена згідно з MultiFanTestic (5.12.49.57)

Комбіновані дані випробувань (середні значення)

	Результати	95% інтервал довіри		Невизначеність
Витрата повітря за 50 Па, [м³/год]	869,50	825,00	916,95	+/-5,2%
Повітрообмін при 50 Па, n_{50} [/год]	1,04	0,9851	1,095	+/-5,2%
Питома швидкість витоку (огиначаюча) при 50 Па, [м³/год/м²]	410,00	383,65	438,45	+/-8,2%
Питома швидкість витоку (підлога) при 50 Па, [м³/год/м²]	2,734	2,590	2,879	+/-5,2%
Ефективна площа витоку при 50 Па, [см²]	6,255	5,925	6,586	+/-5,2%
Питома ефективна площа витоку (огиначає) при 50 Па, [см²/м²]	265,0	251,5	279,5	+/-5,4%
Питома ефективна площа витоку (підлога) при 50 Па [см²/м²]	0,8334 2	0,789	0,877	+/-5,2%

Примітка: таблиця заповнена згідно з MultiFanTestic (5.12.49.57)

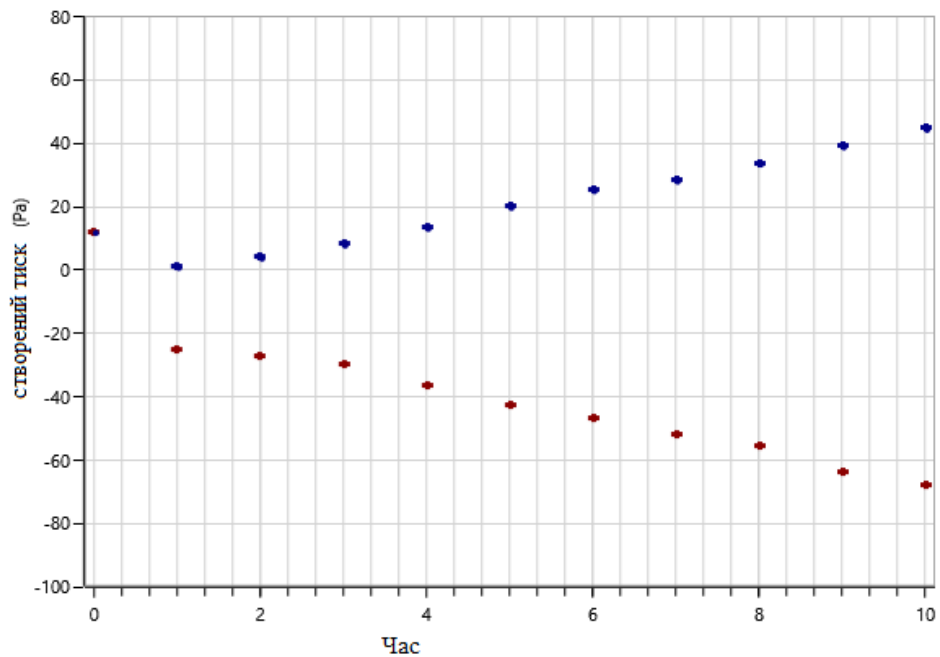


Рис. 6.34 Графік індукованого тиску

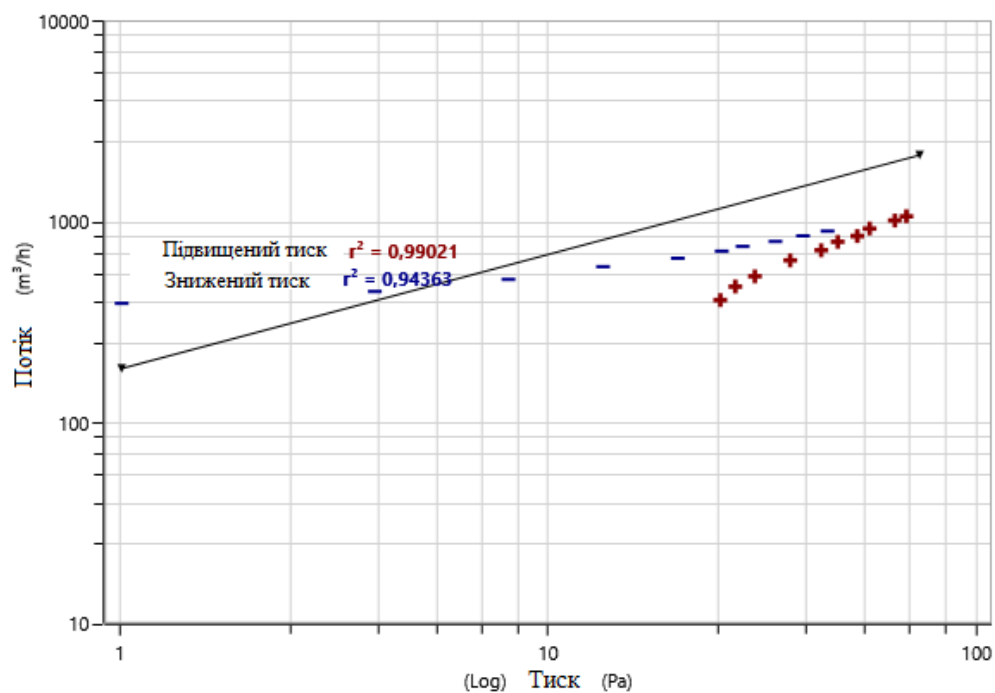


Рис. 6.35 Графік індукованого тиску

ЕТАП №2 Тест на насичення потоками повітря із приміщення (Після перезапуску показника тиску у наборі даних)

Дані довкілля

Умови навколишнього середовища		
Швидкість вітру:	0,55 м/с	
Розташування оператора:	всередині	
Крапка найбільшого базового тиску	12	
Початковий тиск усунення:	12,00 Pa	
Остаточний тиск зміщення:	0,00 Pa	
Середній тиск усунення:	12 Pa	
Початкова температура:	indoors: 20 C	outdoors: 1 C
Кінцева температура:	indoors: 20 C	outdoors: 1 C
Барометричний тиск	101,325 kPa	from Стандартная температура и давление

Примітка: таблиця заповнена згідно з MultiFanTestic (5.12.49.57)

Розгерметизований тестовий аналіз

Коефіцієнт детермінації, r^2	0.98333			
	Мається	95% інтервал довіри		Невизначеність
		Нижче	Вище	
Коеф. потоку, q :	0,225	0,18009	0,26973	
Коефіцієнт витоку повітря, C_{env} [$m^3/h/Pa$]:	355,01	311,9	404,1	
Коефіцієнт витоку повітря, CL [$m^3/h/Pa$]:	374,01	328,6	425,7	
Витрата повітря при 50 Pa, [m^3/h]				
Повітрообмін при 50 Pa, n_{50}	901,57	835,5	972,8	+/-7,6%
Питома швидкість витоку (огинає) при 50 Pa, [$m^3/h/m^2$]	1,078	0,9963	1,161	+/-7,6%
Питома швидкість витоку (підлога) при 50 Pa, [$m^3/h/m^2$]	2,8351	2,619	3,051	+/-7,6%
Ефективна площа витоку при 50 Pa, [cm^2]	6,4861	5,9923	6,9800	+/-7,6%
Питома ефективна площа витоку (огинає) при 50 Pa, [cm^2/m^2]	274,8	254,7	296,5	+/-7,9%
Питома ефективна площа витоку (підлога) при 50 Pa, [cm^2/m^2]	0,86417	0,798	0,930	+/-7,6%

Примітка: таблиця заповнена згідно з MultiFanTestic (5.12.49.57)

Розгерметизований тестовий аналіз

Вимірний тиск [Па]		13,0	15,9	20,0	25,3	31,9	37,2	40,2	45,6	51,0	56,5
Індуктивний тиск [Па]		1,0	3,9	8,0	13,3	19,9	25,2	28,2	33,6	39,0	44,5
№1,	Тиск вентилятора [Па]	46,4	59,5	77,3	101,5	124,0	145,0	160,5	180,0	203,5	226,0
Загальна витрата, q _g [м³/год]	Витрата [м³/год]	423,2	484,7	557,1	644,1	709,4	768,6	812,9	860,2	917,6	968,5
Вимірня витрата, q _m [м³/год]	q _m [м³/ч]	422,3	483,7	555,9	642,7	707,8	767,0	811,2	858,4	915,6	966,4
Продовження таблиці Розгерметизований тестовий аналіз											
Витрата через оболонку, q _{env} [м³/год]	q _{env} [м³/ч]	395,0	452,3	519,8	601,1	662,0	717,3	758,6	802,7	856,3	903,8
Помилка [%]											
Вимірний тиск [Па]	423,242	484,72	557,0	644,1	709,3	768,6	812,9	860,2	917,5	968,51	423,24
Індуктивний тиск [Па]	422,334	483,68	555,8	642,7	707,8	766,9	811,1	858,3	915,6	966,43	422,33
№1,	394,96	452,33	519,8	601,0	661,9	717,2	758,6	802,7	856,2	903,80	394,96
Загальна витрата, q _g [м³/год]	11,3%	-6,2%	-8,3%	-5,4%	-4,8%	-2,2%	0,8%	2,6%	5,8%	8,4%	11,3%

Примітка: таблиця заповнена згідно з MultiFanTestic (5.12.49.57)

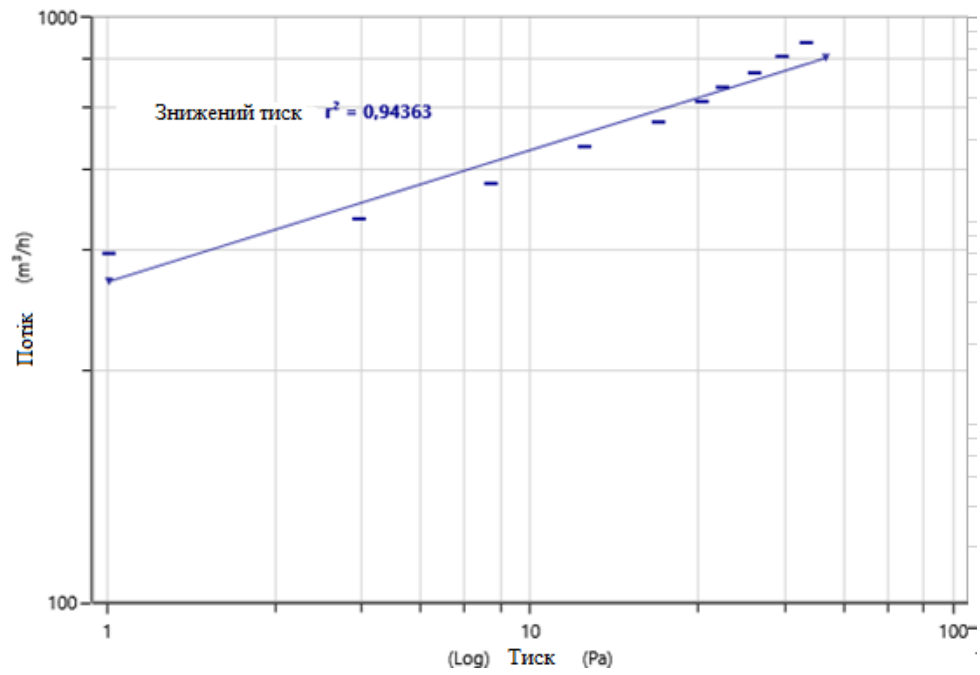


Рис. 6.36 Витрати в порівнянні з індуктивним тиском (налаштування скидання тиску)

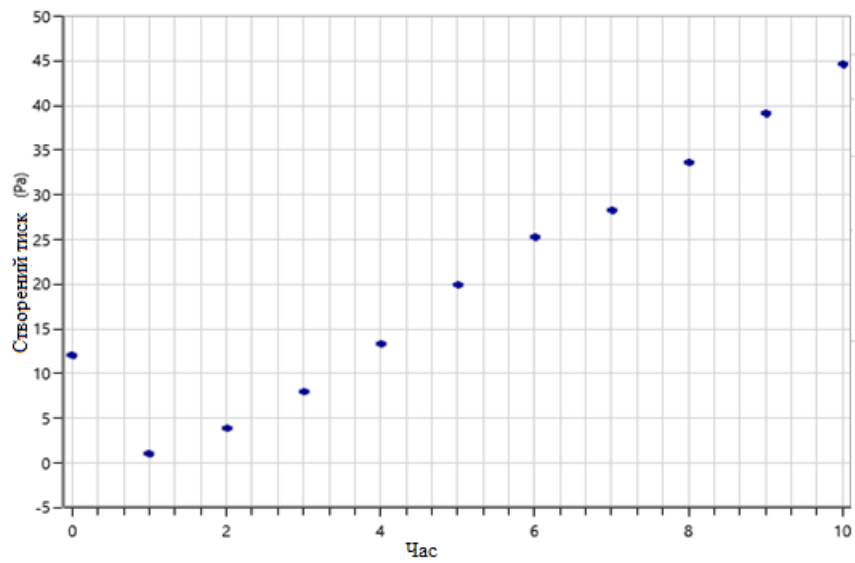


Рис. 6.37 Манометричний тиск у будівлі (налаштування скидання тиску)

Загальний результат тесту

Аналіз випробувань під тиском				
Коефіцієнт детермінації, r^2	0.99027			
		95% інтервал довіри		Невизначеність
		Нижче	Вище	
Коеф. потоку, q :	0,914	0,84009	0,98831	
Коефіцієнт витоку повітря, C_{env} [$m^3/h/Pa$]:	23,427	17,73	30,96	
Коефіцієнт витоку повітря, CL [$m^3/h/Pa$]:	23,428	17,73	30,96	
Витрата повітря при 50 Pa, [m^3/h]	837,40	814,4	861,0	+/-2,8%
Повітрообмін при 50 Pa, n_{50}	1,002	0,9738	1,030	+/-2,8%
Питома швидкість витоку (огиає) при 50 Pa, [$m^3/h/m^2$]	2,6333	2,560	2,707	+/-2,8%
Продовження табл. Загальний результат тесту				
Питома швидкість витоку (підлога) при 50 Pa, [$m^3/h/m^2$]	6,0245	5,8569	6,1921	+/-2,8%
Ефективна площа витоку при 50 Pa, [cm^2]	255,2	248,2	262,4	+/-2,8%
Питома ефективна площа витоку (огиає) при 50 Pa, [cm^2/m^2]	0,80267	0,780	0,825	+/-2,8%
Питома ефективна площа витоку	1,84	1,79	1,89	+/-2,8%

(підлога) при 50 Pa, [cm ² /m ²]				
--	--	--	--	--

Примітка: таблиця заповнена згідно з MultiFanTestic (5.12.49.57)

Таблиця перепадів тиску та створюваних потоків

Виміряний тиск [Па]		-13,0	-15,1	-18,1	-24,4	-31,0	-35,0	-40,2	-43,8	-51,9	-56,0
Індуктивний тиск [Па]		-25,0	-27,1	-30,1	-36,4	-43,0	-47,0	-52,2	-55,8	-63,9	-68,0
№1, Тиск вентилятора [Па]		30,1	40,8	51,4	73,5	92,4	111,5	127,0	150,0	180,0	197,5
Витрата [м ³ /год]		401,4	468,6	527,1	632,4	710,6	782,1	835,8	910,0	999,0	1048
qm [м ³ /год]		387,3	452,2	508,6	610,2	685,7	754,7	811,2	878,1	963,9	1011
qenv [м ³ /h]		414,1	483,5	543,9	652,5	733,2	807,0	862,4	939,0	1031	1081
Загальна витрата, q _г [м ³ /год]		401,3 61	468,6 21	527,0 84	632,3 87	710,5 74	782,0 95	835,79 1	910,04 0	998,95 6	1047,5 5
Продовження таблиці перепадів тиску та створюваних потоків											
Виміряна витрата, qm [м ³ /год]		387,2 95	452,1 98	508,6 12	610,2 25	685,6 72	754,6 86	806,50 1	878,14 7	963,94 7	1010,8 4
Витрата через оболонку, qenv [м ³ /год]		414,1 4	483,5 4	543,8 6	652,5 2	733,1 9	806,9 9	862,40	939,01	1030,8	1080,9
Помилка [%]		-1,8%	1,1%	1,3%	1,2%	0,5%	2,0%	-1,0%	1,4%	-1,6%	-1,6%

Примітка: таблиця заповнена згідно з MultiFanTestic (5.12.49.57)

Клас енергоефективності будівлі

Будівля за кратністю повітрообміну відповідає класу енергоефективності
« В »

6.3.11 Висновки

Тест повітропроникності дозволяє визначити фактичний стан зовнішніх огорожувальних конструкцій, фактичне значення кратності повітрообміну n_{50} (h^{-1}); повітропроникності q_{50} ($\text{m}^3/\text{h}/\text{m}^2$) та значення еквівалентної площі витоку при 50 Па, (cm^2). Тест повітропроникності повинен стати обов'язковим, особливо для будівель із кондиціонованою площею більше 1000 m^3 , це забезпечить контроль якості будівельно-монтажних робіт та енергоефективність будівлі.

ДОДАТОК А

Шаблон звіту з герметичності будівлі



ННІ

Придніпровська державна академія будівництва та архітектури

ЗВІТ З ГЕРМЕТИЧНОСТІ БУДІВЛІ

(назва об'єкту)

Замовник: П.І.П.

Виконавець: П.І.П.

Сертифікат №:

Тел.

Email.

2024р.

Загальна інформація

Дата проведення тесту:	
Замовник:	
Оператор:	
Назва об'єкту	
Повна адреса	
Рік будівництва	
Поверховість	
Площа забудови	

Геометричні параметри

Кондиціонований об'єм будівлі [m ³]:	
Площа огорожувальних конструкцій [m ²]:	
Площа підлоги [m ²]:	
Висота будівлі (від землі до верху) [m]:	
Висота над рівнем моря [m]:	
Поверховість будинку	
Похибка вимірювання об'єму:	
Похибка вимірювання площі огорожувальної конструкції:	
Похибка вимірювання площі підлоги будівлі:	

Примітка: таблиця заповнена згідно з MultiFanTestic (5.12.49.57)

Метод випробування

Метод випробування	
Умови і вимоги	

Архітектурно-конструктивна схема

Несучі конструкції	
Тип покрівлі	

Зовнішні конструкції будівлі

Стіни	
Підлога	
Перекриття	
Покрівля	
Двері	
Вікна	

Система опалення, кондиціювання та вентиляції:

Система опалення:	
Система кондиціювання та вентиляції	

Прилади, обладнання та програмне забезпечення

Обладнання	Опис	Серійний номер	Дата закінчення калібрування

ЕТАП №1 Тест на надходження потоків повітря у приміщення

Дані довкілля

Дані довкілля		
Вітер:		
Базовий тиск на початку тесту		
Базовий тиск у кінці тесту		
Температура на початку тесту		
Температура наприкінці тесту:		

Примітка: таблиця заповнена згідно з MultiFanTestic (5.12.49.57)

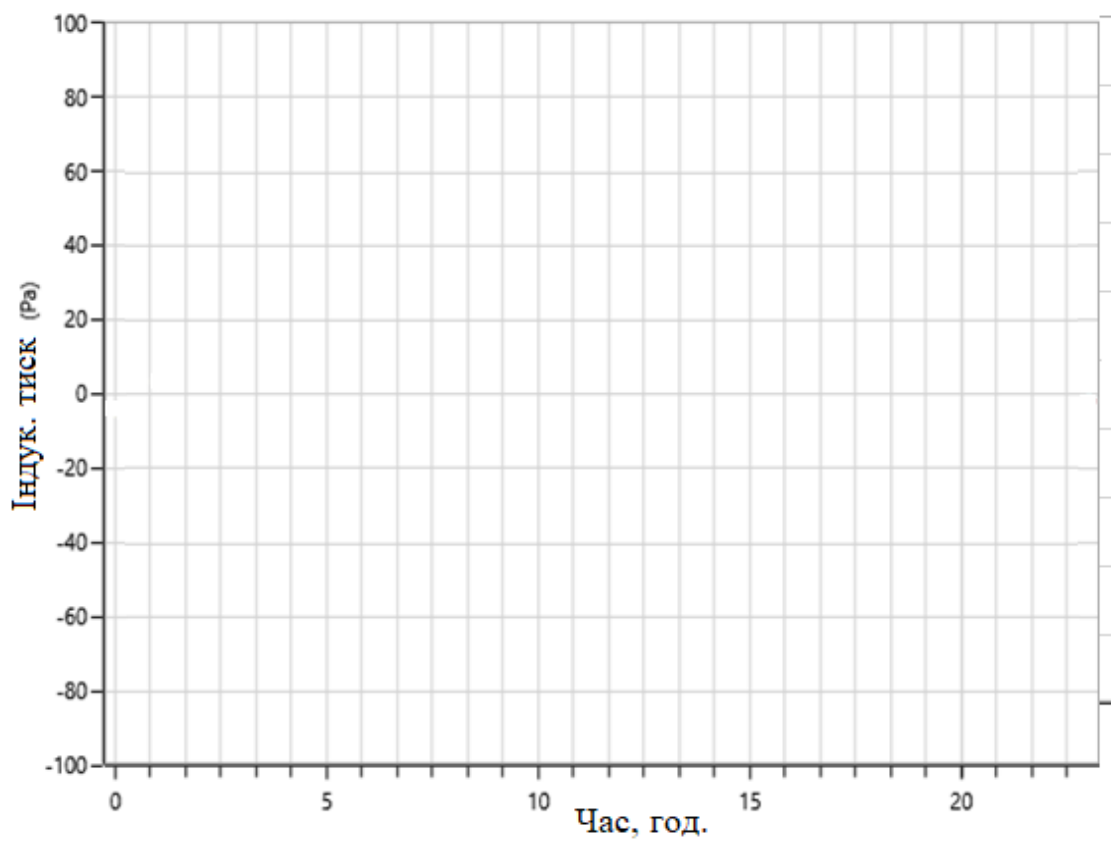
Комбіновані дані випробувань (середні значення)

	Результати	95% інтервал довіри		Невизначеність
Витрата повітря за 50 Па, [м³/год]				
Повітрообмін при 50 Па, n50 [/год]				
Питома швидкість витоку (огинача) при 50 Па, [м³/год/м²]				
Питома швидкість витоку (підлога) при 50 Па, [м³/год/м²]				
Ефективна площа витоку при 50 Па, [см²]				

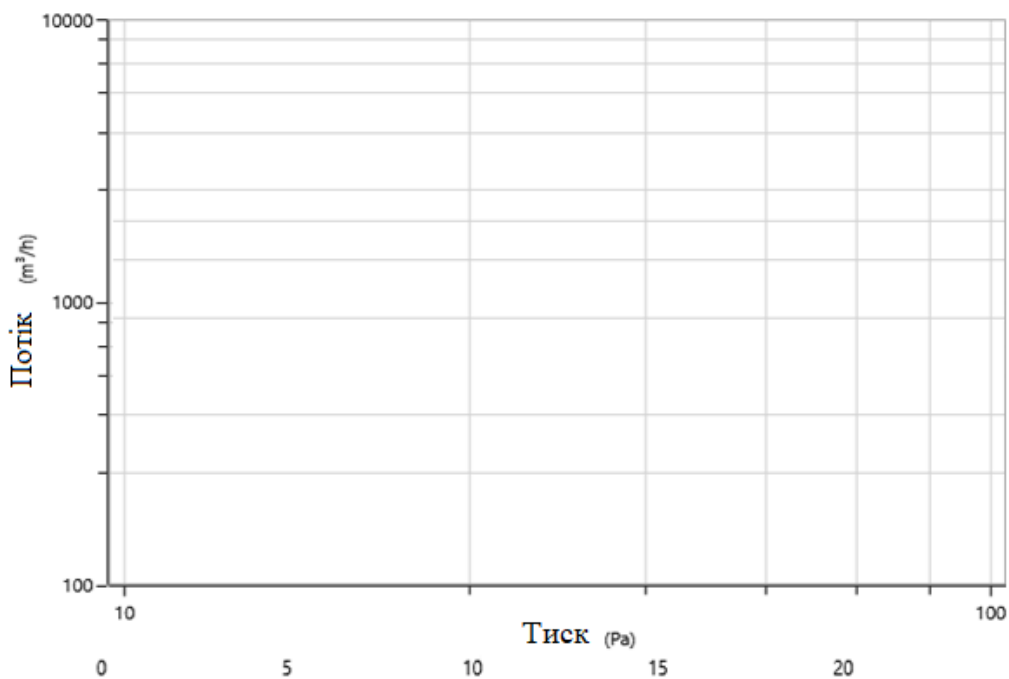
Питома ефективна площа витоку (огинає) при 50 Па, [см ² /м ²]				
Питома ефективна площа витоку (підлога) при 50 Па [см ² /м ²]				

Примітка: таблиця заповнена згідно з MultiFanTestic (5.12.49.57)

Графік індукованого тиску



Графік індукованого тиску



**ЕТАП №2 Тест на насичення потоками повітря із приміщення
(Після перезапуску показника тиску у наборі даних).**

Дані довкілля

Умови навколишнього середовища		
Швидкість вітру:		
Розташування оператора:		
Крапка найбільшого базового тиску		
Початковий тиск усунення:		
Остаточний тиск зміщення:		
Середній тиск усунення:		
Початкова температура:		
Кінцева температура:		
Барометричний тиск		

Примітка: таблиця заповнена згідно з MultiFanTestic (5.12.49.57)

Розгерметизований тестовий аналіз

Коефіцієнт детермінації, r2	0.98333		
-----------------------------	---------	--	--

	Мається	95% інтервал довіри		Невизначеність
		Нижче	Вище	
Коеф. потоку, q :				
Коефіцієнт витоку повітря, C_{env} [$m^3/h/Pa$]:				
Коефіцієнт витоку повітря, CL [$m^3/h/Pa$]:				
Витрата повітря при 50 P_a , [m^3/h]				
Повітрообмін при 50 P_a , n_{50}				
Питома швидкість витоку (огинає) при 50 P_a , [$m^3/h/m^2$]				
Питома швидкість витоку (підлога) при 50 P_a , [$m^3/h/m^2$]				
Ефективна площа витоку при 50 P_a , [cm^2]				
Питома ефективна площа витоку (огинає) при 50 P_a , [cm^2/m^2]				
Питома ефективна площа витоку (підлога) при 50 P_a , [cm^2/m^2]				

Примітка: таблиця заповнена згідно з MultiFanTestic (5.12.49.57)

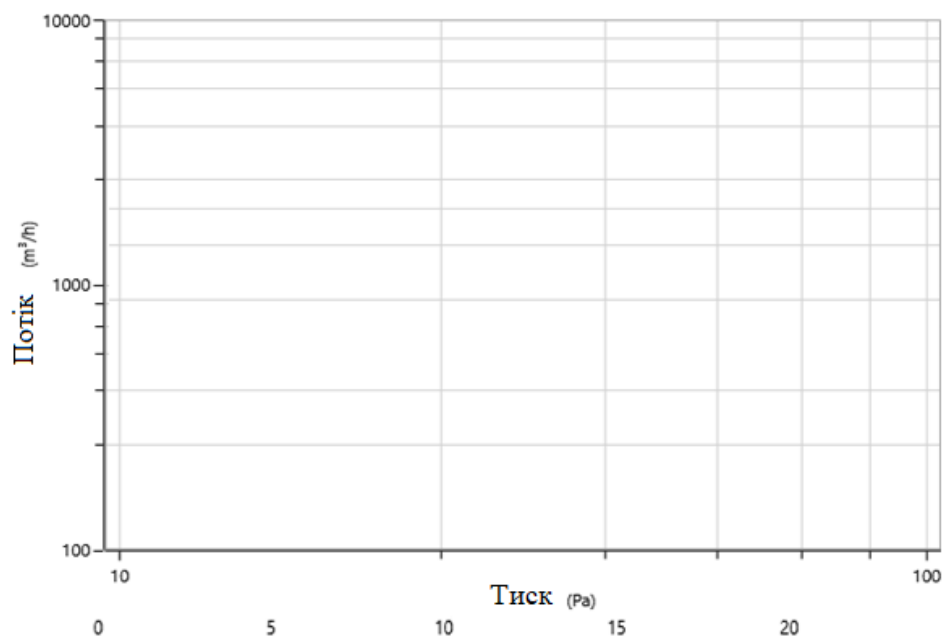
Розгерметизований тестовий аналіз

Вимірний тиск [Па]											
Індуктивний тиск [Па]											
№1,	Тиск вентилятор [Па]										

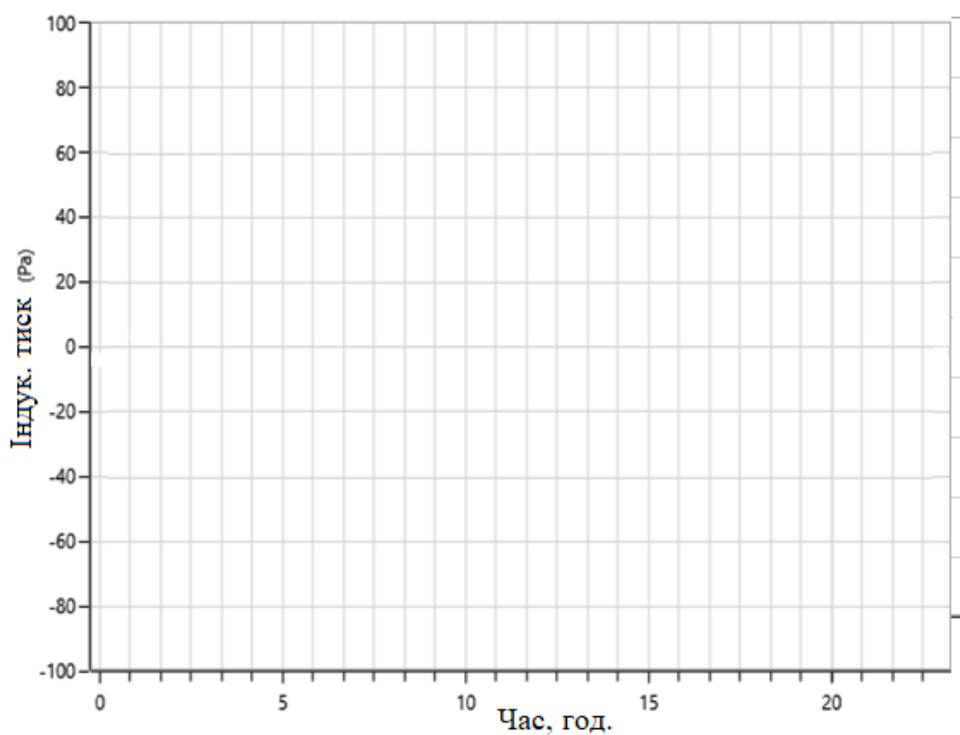
Загальна витрата, q_g [м³/год]	Витрата [м³/год]										
Вимірювана витрата, q_m [м³/год]	q_m [м³/ч]										
Витрата через оболонку, q_{env} [м³/год]	q_{env} [м³/ч]										
Помилка [%]											
Вимірний тиск [Па]											
Індуктивний тиск [Па]											
№1,											
Загальна витрата, q_g [м³/год]											

Примітка: таблиця заповнена згідно з MultiFanTestic (5.12.49.57)

Витрати в порівнянні з індуктивним тиском (налаштування скидання тиску)



Манометричний тиск у будівлі (налаштування скидання тиску)



Загальний результат тесту

Аналіз випробувань під тиском				
Коефіцієнт детермінації, r^2	0.99027			
	Маються	95% інтервал довіри		Невизначеність
		Нижче	Вище	
Коеф. потоку, q :				
Коефіцієнт витоку повітря, C_{env} [$m^3/h/Pa$]:				
Коефіцієнт витоку повітря, CL [$m^3/h/Pa$]:				
Витрата повітря при 50 Pa, [m^3/h]				
Повітрообмін при 50 Pa, n_{50}				
Питома швидкість витоку (оминає) при 50 Pa, [$m^3/h/m^2$]				

Питома швидкість витоку (підлога) при 50 Pa, [m ³ /h/m ²]				
Ефективна площа витоку при 50 Pa, [cm ²]				
Питома ефективна площа витоку (огиає) при 50 Pa, [cm ² /m ²]				
Питома ефективна площа витоку (підлога) при 50 Pa, [cm ² /m ²]				

Примітка: таблиця заповнена згідно з MultiFanTestic (5.12.49.57)

Таблиця перепадів тиску та створюваних потоків

Вимірний тиск [Па]											
Індуктивний тиск [Па]											
№1, Тиск вентиля тора [Па]											
Витрата [м ³ /год]											
qm [м ³ /год]											
qenv [м ³ /h]											
Загальна витрата, qg [м ³ /год]											
Виміряна витрата, qm [м ³ /год]											

Витрата через оболонку, q _{env} [м³/год]											
Помилка [%]											

Примітка: таблиця заповнена згідно з MultiFanTestic (5.12.49.57)

Клас енергоефективності будівлі

Будівля за кратністю повітрообміну відповідає класу
енергоефективності

« _____ »

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ ПО РОЗДІЛУ

1. Яке обладнання використовується для проведення blower door test?
2. Які нормативні документи визначають проведення тесту повітропроникності?
3. За яких погодних умов можна проводити тест повітропроникності?
4. Які вимоги до показника повітропроникності в Україні?
5. Які вихідні данні необхідно зібрати перед проведенням тесту?
6. Для який будівель необхідно проводити blower door test?
7. Скільки часу займає проведення тесту?
8. Як обрати режим роботи вентилятора?
9. Чому необхідно створити різницю тиску у 50 Па?
10. Як сформувати звіт результатів тесту повітропроникності?

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДБН В.2.2-15:2019. Будинки і споруди. Житлові будинки. Основні положення. Зі Зміною № 1. На заміну ДБН В.2.2-15-2005, ДБН В.3.2-2-2009 ; чинний від 2022-09-01. Вид. офіц. Київ : М-во розвитку громад та територій України, 2019. 42 с.
2. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. На заміну ДБН В.2.6-31:2016 ; чинний від 2022-09-01. Вид. офіц. Київ : М-во розвитку громад та територій України, 2022. 27 с.
3. ДБН В.1.2-8:2021. Основні вимоги до будівель і споруд. Гігієна, здоров'я та захист. На заміну ДБН В.1.2-8-2008 ; чинний від 2022-09-01. Вид. офіц. Київ : М-во розвитку громад та територій України, 2022. 15 с.
4. ISO 7730:2005. Ergonomics of the thermal environment – Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria. Effective from 2005-11-15. Official edition. 2005.
5. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. На заміну СНиП 2.04.05-91 Опалення, вентиляція и кондиціонування. Крім розділу 5 та додатка 22 ; чинний від 2014-01-01. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2014. 141 с.
6. Обладнання для енергозбереження, будівництва, енергоаудиту. *Testo*. <https://www.testo.kiev.ua/ru/Testo-535.html> (дата звернення: 15.01.2025).
7. Навіщо необхідно вимірювати CO₂. *Testo*. https://www.testo.kiev.ua/docs/docs_new/CO2_measuring_Lifot-UA.pdf (дата звернення: 15.01.2025).
8. ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення. На заміну ДБН В.2.5-28-2006 ; чинний від 2019-03-01. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2018. 137 с.
9. ДСТУ Б В.2.2-6-97. Будинки і споруди. Методи вимірювання освітленості. На заміну ГОСТ 24940-81 ; чинний від 1998-01-01. Вид. офіц. Київ : Держ. ком. буд-ва, архітектури та житл. політики України, 1998.
10. ДСТУ EN 12464-1:2016. Світло та освітлення. Освітлення робочих місць. Частина 1. Внутрішні робочі місця (EN 12464-1:2011, IDT). Чинний від 2017-12-01. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2017.
11. Про затвердження Державних санітарних норм допустимих рівнів шуму в приміщеннях житлових та громадських будинків і на території житлової забудови : Наказ МОЗ України від 22.02.2019 № 463. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0281-19#Text> (дата звернення: 17.01.2025).
12. ДСТУ Б В.2.2-39:2016. Методи та етапи проведення енергетичного аудиту будівель. Чинний від 2017-01-01. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2016. 50 с.

13. ДБН В.1.2-10:2021. Основні вимоги до будівель і споруд. Захист від шуму та вібрації. На заміну ДБН В.1.2-10-2008 ; чинний від 2022-09-01. Вид. офіц. Київ : М-во розвитку громад та територій України, 2021. 20 с.
14. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія. На заміну СНиП 2.01.01-82 і таблиці 2 ДСТУ-Н Б А.2.2-5:2007 ; чинний від 2011-11-01. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2011. 123 с.
15. ДСТУ Б А.3.2-12:2009. Система стандартів безпеки праці. Системи вентиляційні. Загальні вимоги. На заміну ГОСТ 12.4.021-75 ; чинний від 2010-08-01. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2010. 8 с.
16. ДБН В.2.2-15-2005. Будинки і споруди. Житлові будинки. Основні положення. Чинний від 2018-10-18. Вид. офіц. Київ : Держбуд України, 2006. 36 с.
17. Зінич П. Л. Вентиляція громадських будівель і споруд : навч. посіб. Київ : КНУБА, 2002. 256 с.
18. Семенов С. В. Вентиляція житлових та громадських будинків навч. посіб. Одеса : Зовнішрекламсервіс, 2008 177 с.
19. Алексахін О. О., Герасимова О. М. Приклади й розрахунки з теплопостачання та опалення : навч. посіб. Харків : ХДАМГ, 2002. 206 с.
20. Шульга М. О., Деркач І. Л., Алексахін О. О. Інженерне обладнання населених місць : підручник. Харків : ХНАМГ, 2007. 259 с.
21. Шульга М. О., Юхно І. П. Вентиляція та кондиціонування повітря : навч. посіб. Харків : ХНАМГ, 2004. 214 с.
22. Шульга М. О., Алексахін О. О., Шушляков Д. О. Теплогазопостачання і вентиляція : навч. посіб. Харків : ХНУМГ, 2014. 191 с.
23. ДСТУ 9191:2022. Теплоізоляція будівель. Метод вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. На заміну ДСТУ Б В.2.6-189:2013 ; чинний від 2023-03-01. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2022. 63 с.
24. ДСТУ ISO 9869:2007. Теплоізоляція. Будівельні елементи. Натурні вимірювання теплового опору та коефіцієнта теплопередавання (ISO 9869:1994, IDT). Чинний від 2009-01-01. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2009.
25. ДСТУ-Н Б В.2.6-101:2010. Конструкції будинків і споруд. Метод визначення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій. На заміну ГОСТ 26254-84 ; чинний від 2010-10-01. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2010. 90 с.

26. Прилади для інструментального енергоаудиту будівель. *Testo*. URL: <https://www.testo.kiev.ua/ru/Testo-635-2-komplekt.html> (дата звернення: 18.01.2025).
27. Порядок вимірювання теплових втрат. *Testo*. URL: https://www.testo.kiev.ua/docs/U-value_Testo_rus.pdf. (дата звернення: 18.01.2025).
28. ДСТУ-Н Б В.2.6-101:2010. Конструкції будинків і споруд. Метод визначення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій. На заміну ГОСТ 26254-84 ; чинний від 2010-10-01. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2010. 90 с.
29. Навчання для енергоаудиторів та технічних дизайнерів. *TEAD*. URL: <https://uatead.eu/uk/> (дата звернення: 17.01.2025).
30. Просування енергоефективності та імплементація Директиви ЄС з енергоефективності в Україні. Начальні матеріали. *Giz.de* URL: <https://www.giz.de/en/worldwide/134324.html> (дата звернення: 18.01.2025).
31. Прилади для інструментального енергоаудиту будівель. Пірометр Testo 835. *Testo*. URL: <https://www.testo.kiev.ua/ua/Testo-835-h1.html> (дата звернення: 17.01.2025).
32. Прилади для інструментального енергоаудиту будівель. Тепловізор. *Testo*. URL: <https://www.testo.kiev.ua/ua/Testo-865.html> (дата звернення: 16.01.2025).
33. ISO 9972:2015. Thermal performance of buildings. Determination of air permeability of buildings. Fan pressurization method. Effective from 2015-09-16. Official edition. UK Standard, 2015. 38 p.
34. ДСТУ EN ISO 9972:2022. Теплотехнічні характеристики будівель. Визначення повітропроникності будівель. Метод випробувального тиску (EN ISO 9972:2015, IDT; ISO 9972:2015, IDT). На заміну ДСТУ Б В.2.2-19:2007 ; чинний від 2023-02-01. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2022. 34 с.

Internet-джерела

1. Google. URL: https://drive.google.com/drive/folders/1qWTgyNuBKk3dK-A8_wib5bThOa1r_s-q?usp=sharing (дата звернення: 16.01.2025).
2. *Testo*. URL: https://www.testo.kiev.ua/docs/docs_new/Testo-868_Man_UA.pdf (дата звернення: 16.01.2025).
3. Карта висот над рівнем моря. UFF – національна радіоаматорська дипломна програма "Ukrainian Flora Fauna". URL: <https://uff.pp.ua/vysota.html> (дата звернення: 10.07.2025).
4. BLOWER DOOR TEST. URL: www.blower-door-xxl.lv (date of access: 18.01.2025).

Навчальне видання

*Юрченко Євгеній Леонідович, Коваль Олена Олександрівна,
Ляховецька-Токарєва Марина Марківна, Нікіфорова Тетяна Дмитрівна,
Косенко Леонід Віталійович, Бондаренко Андрій Володимирович,
Демідов Олександр Леонідович, Соколова Катерина Володимирівна*

ІНСТРУМЕНТАЛЬНИЙ ЕНЕРГОАУДИТ

Навчально-практичний посібник

Електронне видання

Відповідальний редактор Є. Л. Юрченко
Комп'ютерна верстка М. М. Ляховецька-Токарєва
Дизайн обкладинки О. Л. Демідов

Експертний висновок склав д-р техн. наук, проф. Світлана Шехоркіна

Зареєстровано НМВ УДУНТ (№ 14/4 від 29.04.2025)

Формат 60x84 1/16. Ум. друк. арк. 16,11. Обл.-вид. арк. 16,25.
Зам. № 78

Видавець: Український державний університет науки і технологій.
вул. Лазаряна, 2, ауд. 2216, ауд. 263 (наукова бібліотека),
м. Дніпро, 49010.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 7709 від 14.12.2022