

ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ БУДІВНИЦТВА, ТРАНСПОРТУ ТА ЕНЕРГЕТИКИ
КАФЕДРА АВТОМАТИЗАЦІЇ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ

“Допущено до захисту”

Зав. кафедрою АВП

к.т.н., доцент

_____ О.К. Дідик

« ____ » _____ 2025 р.

ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за другим (магістерським) рівнем вищої освіти

на тему:

**«Дослідження ефективності автоматизованої системи
сніготанення на базі нагрівального кабелю в умовах
житлового будинку»**

**«Research on the effectiveness of an automated snow
melting system based on heating cables in residential
buildings»**

Виконав здобувач вищої освіти

II курсу, групи АК-24 М

спеціальності 174 «Автоматизація,
комп'ютерно-інтегровані технології та
робототехніка»

_____ О.С. Крутофал

« ____ » _____ 2025 р.

Керівник роботи

проф, канд.техн.наук

_____ В.М. Каліч

« ____ » _____ 2025 р.

Рецензент

доц. каф. ЕТС та ЕМ, к.т.н

_____ 2025 р.

м. Кропивницький

ЗМІСТ

Вступ.....	5
1 Теоретичні основи та призначення автоматизованих систем сніготанення.....	7
1.1 Актуальність впровадження систем сніготанення в житлових будинках.....	7
1.2 Негативні наслідки накопичення снігу та льоду на елементах інфраструктури.....	8
1.3 Призначення автоматизованих систем сніготанення.....	9
1.4 Загальні вимоги до систем забезпечення безпеки в зимовий період.....	10
2 Огляд конструкції та принципів роботи електричних систем сніготанення.....	12
2.1 Загальна характеристика електричних систем сніготанення.....	12
2.2 Принципи роботи електричних систем сніготанення.....	13
2.3 Типи нагрівальних кабелів та їх властивості.....	14
2.4 Області застосування електричного нагрівального кабелю.....	15
2.4.1 Тип 1 — Будинки, де обігрів передбачений лише на водоприймальних елементах.....	15
2.4.2 Тип 2 - Будинки з повноцінною системою сніготанення покрівлі та прилеглих зон.....	15
2.5 Електронні системи керування та алгоритми роботи сніготанення.....	16
2.6 Вимоги до монтажу нагрівальних кабелів та конструктивні обмеження.....	17
2.6.1 Основні вимоги до прокладання кабелів.....	17
2.6.2. Вимоги до зони водоприймальних воронок.....	18
2.6.3 Вимоги до щитів управління та електричної частини.....	18
3 Розрахунок енергоспоживання автоматизованої системи сніготанення.....	20

3.1 Вихідні дані та обрані об'єкти.....	20
3.2 Методика розрахунку довжини кабелю та потужності системи.....	21
3.2.1 Вплив кроку укладання кабелю на потужність і енергоспоживання.....	21
3.2.2 Розрахунок довжини кабелю.....	22
3.2.3 Розрахунок встановленої потужності.....	22
3.3 Порівняння енергоспоживання.....	22
3.4 Вплив типу нагрівального кабелю на потужність і споживання.....	23
3.5 Аналіз впливу кроку укладання кабелю.....	25
3.6 Порівняння варіантів та оптимальний вибір.....	26
4 Обґрунтування обраних проектних рішень системи сніготанення для різних типів будинків.....	29
4.1 Будинок типу 035 – система сніготанення водоприймальних воронок та водостічних елементів.....	29
4.2 Система сніготанення для будинку типу а06 (обігрів фасадних відливів та накривок).....	33
4.2.1 Призначення системи та основна концепція роботи.....	33
4.2.2 Загальні конструктивні особливості фасадних відливів та накривок.....	35
4.2.3 Вибір типу кабелю для системи А06.....	36
4.2.4 Схеми укладання нагрівального кабелю.....	37
4.2.5 Обігрів парапетних накривок.....	38
4.2.6 Переваги системи А06.....	39
5 Особливості експлуатації спроектованої системи електричного сніготанення на прикладі багатофункціонального житлового будинку.....	41
5.1 Загальна характеристика об'єкта.....	41
5.2 Функції та склад системи сніготанення.....	42
5.3 Типи нагрівальних кабелів та зони їх застосування.....	43
5.4 Система обігріву рампи паркінгу та вхідних груп.....	44
5.5 Обігрів покрівельних воронок та водостічних труб.....	45

5.6 Система автоматизації та електроживлення.....	46
5.7 Загальна оцінка ефективності системи.....	47
Висновки.....	48
Список літератури.....	50
Додатки.....	52

ВСТУП

Інтенсивний розвиток міської інфраструктури та підвищення вимог до безпеки експлуатації житлових будинків зумовлюють необхідність впровадження сучасних інженерних систем, здатних забезпечувати комфортні та безпечні умови проживання упродовж усього року. Одним із критичних аспектів експлуатації будівель у холодний період є утворення снігу та льоду на покрівлях, відкритих терасах, сходових маршах, тротуарах та інших елементах житлової інфраструктури. Відсутність ефективних засобів боротьби з обледенінням призводить до підвищення ризику травматизму мешканців, пошкодження будівельних конструкцій, порушення водовідведення та збільшення витрат на експлуатаційне обслуговування.

Традиційні методи механічного очищення від снігу та льоду є трудомісткими, малоефективними та часто несвоєчасними. Це зумовлює потребу у впровадженні автоматизованих систем сніготанення, здатних працювати автономно, енергоефективно та з мінімальним втручанням людини. Одним із найбільш розповсюджених та технологічно зрілих рішень є системи сніготанення на базі електричних нагрівальних кабелів, що забезпечують рівномірну подачу теплової енергії на поверхню, запобігаючи накопиченню снігу та утворенню ожеледиці.

У сучасних умовах особливої актуальності набувають питання оптимізації роботи таких систем, підвищення їх енергоефективності та адаптації до змінних кліматичних умов. Автоматизація процесів керування системами сніготанення дозволяє значно зменшити енергоспоживання за рахунок інтелектуального контролю температури, вологості та інтенсивності опадів, а також підвищити рівень безпеки та надійності роботи.

Метою даної магістерської роботи є дослідження ефективності автоматизованої системи сніготанення на базі нагрівального кабелю в умовах житлового будинку, визначення її оптимальних режимів роботи, аналіз енергоспоживання та оцінка доцільності впровадження з точки зору економічної та експлуатаційної ефективності.

У роботі розглядаються принципи побудови систем сніготанення, характеристики нагрівальних кабелів, алгоритми автоматизованого керування та фактори, що впливають на економічні показники системи. Також проведено порівняльний аналіз роботи автоматизованої та неавтоматизованої систем сніготанення, визначено потенціал зниження енерговитрат та підвищення безпеки експлуатації об'єкта.

Результати дослідження можуть бути використані при проектуванні, модернізації та експлуатації енергоефективних систем сніготанення в житлових, громадських та промислових будівлях.

1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ТА ПРИЗНАЧЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ СНІГОТАНЕННЯ

1.1 Актуальність впровадження систем сніготанення в житлових будинках.

У сучасних умовах урбанізації та збільшення щільності забудови особливого значення набуває безпечна експлуатація будівель у зимовий період. Україна належить до регіонів із вираженою сезонністю та значними температурними коливаннями, що супроводжуються регулярними снігопадами, періодами відлиги та повторним утворенням льоду. Ці фактори створюють низку небезпечних ситуацій для мешканців житлових будинків, зокрема падіння бурульок, накопичення льоду на тротуарах, утворення снігових шапок на покрівлях та засмічення систем водовідведення.

Застосування традиційних методів очищення, таких як ручні роботи чи залучення комунальних служб, часто є неефективним через затримки, людський фактор і неможливість оперативного реагування під час інтенсивних опадів. Крім того, ручне очищення покрівель несе ризик травмування персоналу та пошкодження покрівельних матеріалів.

У цих умовах автоматизовані системи сніготанення стають оптимальним інженерним рішенням, що дозволяє забезпечити безперервний контроль ситуації та боротьбу з обмерзанням незалежно від людського втручання. Підвищення рівня комфорту та безпеки мешканців, зменшення витрат на експлуатацію будівлі, а також збільшення ресурсу конструкцій — усе це робить такі системи актуальними та затребуваними у житловому секторі.

1.2 Негативні наслідки накопичення снігу та льоду на елементах інфраструктури

Накопичення снігу та льоду негативно впливає як на безпеку людей, так і на технічний стан будівель. Найбільш поширеними проблемами є:

- Утворення льодяних наростів і бурульок, що становлять реальну загрозу життю та здоров'ю перехожих.
- Збільшення навантаження на покрівлю, що може призвести до деформації або руйнування конструкцій при перевищенні допустимих норм.
- Порушення роботи систем водовідведення: замерзання жолобів і водостічних труб призводить до переливання води, протікань та руйнування фасаду.
- Обледеніння сходів, пандусів і тротуарів, що суттєво підвищує ризик падіння і травматизму.
- Передчасне старіння покрівельних матеріалів внаслідок циклів заморожування та відтавання.
- Додаткові витрати на ремонт та обслуговування інженерних систем.

Сукупність цих факторів доводить, що боротьба зі снігом та льодом є не лише питанням комфорту, а й важливою інженерною та економічною необхідністю.

Відсутність своєчасного очищення поверхонь призводить до збільшення фінансових втрат, аварійних ситуацій та зниження експлуатаційної придатності будівлі. Саме тому автоматизовані системи сніготанення розглядаються як ефективний спосіб мінімізувати негативні наслідки зимових умов.

1.3 Призначення автоматизованих систем сніготанення

Автоматизовані системи сніготанення призначені для підтримання поверхонь у безпечному та функціональному стані шляхом попередження накопичення снігу та льоду. Їх основна функція — забезпечення своєчасного прогріву поверхні при появі умов, що сприяють утворенню ожеледиці чи снігових нашарувань.

Основні завдання таких систем:

- Моніторинг погодних параметрів (температури, вологості, наявності опадів) у режимі реального часу.
- Автоматичне вмикання нагріву, коли існує ризик обмерзання.
- Підтримка стабільної температури, що перешкоджає утворенню льоду.
- Оптимізація енергоспоживання за рахунок використання алгоритмів керування.
- Захист покрівельних і фасадних систем від руйнування.
- Забезпечення безпечного пересування мешканців будівлі по прилеглих територіях.

Фактично система сніготанення виконує роль інтелектуального бар'єра між впливом середовища та конструкцією будівлі, підтримуючи необхідні умови без участі людини.

Найважливішою характеристикою сучасних систем є їх здатність працювати автономно, приймаючи рішення на основі показників датчиків. Це дозволяє забезпечити значну економію електроенергії та зменшити експлуатаційні витрати.

1.4 Загальні вимоги до систем забезпечення безпеки в зимовий період

Системи сніготанення, що встановлюються в житлових будівлях, повинні відповідати ряду технічних і експлуатаційних вимог, спрямованих на забезпечення їх безпеки, надійності та довговічності.

До основних вимог належать:

- Електробезпека: застосування захисних вимикачів, автоматів, УЗО, правильний вибір кабелів і з'єднувальних муфт.
- Стійкість до високих та низьких температур, перепадів вологості та ультрафіолетового випромінювання.
- Механічна надійність нагрівального кабелю, достатня для монтажу в бетон, під тротуарну плитку або на покрівлю.
- Захист від перегріву, який особливо важливий для резистивних кабелів.
- Довготривала стабільність параметрів нагріву, що забезпечує прогнозовану продуктивність системи.
- Адаптивність до реальних умов експлуатації, включаючи роботу в періоди чергування відлиги та морозів.
- Мінімальне втручання з боку обслуговуючого персоналу.

Такі вимоги визначають ключові принципи побудови та проєктування систем сніготанення, а також впливають на вибір типу кабелю, алгоритмів керування та конструктивних рішень. Правильно спроектована система забезпечує не лише ефективний нагрів поверхні, але й економічну доцільність впродовж усього строку експлуатації.

Висновки по першому розділу

У першому розділі здійснено ґрунтовне обґрунтування актуальності впровадження систем сніготанення в умовах сучасного житлового будівництва. Наголошено, що накопичення снігу, утворення льоду та бурульок на покрівлях будівель, елементах фасадів, пандусах, сходах і вхідних групах становить серйозну загрозу як для безпечної експлуатації будівель, так і для життя та

здоров'я людей. Зазначені явища призводять до підвищеного ризику травматизму, пошкодження будівельних конструкцій і передчасного зносу інженерних елементів.

Показано, що традиційні механічні способи боротьби зі снігом і льодом, зокрема ручне очищення або застосування хімічних реагентів, є малоефективними, трудомісткими та потенційно небезпечними. Крім того, такі методи не забезпечують постійного контролю за станом поверхонь у змінних погодних умовах. У зв'язку з цим автоматизовані електричні системи сніготанення розглядаються як сучасне та технологічно обґрунтоване рішення, що дозволяє забезпечити безперебійну та безпечну експлуатацію будівель у зимовий період.

Застосування таких систем сприяє суттєвому зниженню ризиків виникнення аварійних ситуацій, запобігає пошкодженню покрівельних і фасадних конструкцій, а також підвищує загальний рівень комфорту та безпеки користувачів будівель. Це підтверджує доцільність та перспективність використання систем сніготанення в сучасних житлових і громадських об'єктах.

2 ОГЛЯД КОНСТРУКЦІЇ ТА ПРИНЦИПІВ РОБОТИ ЕЛЕКТРИЧНИХ СИСТЕМ СНІГОТАНЕННЯ

2.1 Загальна характеристика електричних систем сніготанення

Електричні системи сніготанення є найбільш поширеним типом інженерних рішень для боротьби з обмерзанням покрівель, відкритих площадок, водостічних каналів та інших елементів будівлі. Основою таких систем є електричний нагрівальний кабель, який, перетворюючи електричну енергію в теплоту, забезпечує підвищення температури поверхні до значень, за яких сніг і лід не здатні накопичуватися або швидко розтають.

Перевага електричних систем полягає у їх простоті, універсальності, можливості адаптації до різних типів будівель та поверхонь, а також у високому рівні автоматизації. Завдяки застосуванню сучасних датчиків системи можуть працювати вибірково, вмикаючись тільки тоді, коли температура знаходиться в межах ризику утворення льоду (від $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+3\text{ }^{\circ}\text{C}$) та присутня волога.

Основні компоненти системи:

- нагрівальні кабелі (резистивні або саморегульовані),
- датчики температури та вологості,
- контролер автоматики,
- з'єднувальні та монтажні елементи,
- електрична щитова частина.

Загальна мета системи — підтримання працездатності покрівлі та водостоків у зимовий період, забезпечення безпеки мешканців та зменшення експлуатаційних витрат будівлі.

2.2 Принципи роботи електричних систем сніготанення

Принцип роботи електричного сніготанення ґрунтується на локальному підігріві поверхні. Нагрівальний кабель монтується на ділянках, що найбільш схильні до обмерзання: у жолобах, водостічних трубах, по краю покрівлі, на відкритих терасах, вхідних групах, пандусах, рампах паркінгу тощо.

Алгоритм роботи системи базується на таких етапах:

1. Контроль кліматичних умов. Датчики визначають температуру поверхні, температуру повітря та наявність вологи.
2. Умови запуску системи. Нагрів увімкнеться тільки коли:
 - $T \approx -5 \dots +2$ °С,
 - зафіксована наявність опадів або вологи,
 - температура поверхні нижче точки замерзання.
3. Нагрів та підтримка температури. Кабель підігріває поверхню до 2–5 °С, що достатньо для танення снігу.
4. Відведення талої води. Обігрів забезпечує плавний стік води в дренажну систему без утворення льоду.
5. Автоматичне вимкнення. Система вимикається при відсутності опадів або підвищенні температури.

2.3 Типи нагрівальних кабелів та їх властивості

У будівельних системах сніготанення застосовують два основних типи кабелів:

а) Резистивні кабелі

Постійна теплова потужність по всій довжині.

Переваги: низька ціна, прогнозоване нагрівання.

Недоліки: немає саморегуляції, потрібен термостат.

б) Саморегульовані кабелі

Мають полімерну матрицю, яка змінює опір залежно від температури.

Переваги: зменшують споживання, не перегріваються, безпечніші.

Недоліки: вища вартість.

Таблиця 2.1 – Порівняння основних характеристик кабелів

Параметр	Резистивний кабель	Саморегульований кабель
Питомий тепловий потік	Постійний	Змінюється залежно від температури
Ризик перегріву	Є	Відсутній
Складність монтажу	Середня	Легкий
Вартість	Низька	Висока
Енергоспоживання	Вище	До 30–40% менше
Області застосування	Площини, покрівля	Труби, жолоби, складні контури

2.4 Области застосування електричного нагрівального кабелю

2.4.1 Тип 1 — Будинки, де обігрів передбачений лише на водоприймальних елементах

У таких випадках система монтується:

- на водоприймальних воронках,
- у жолобах,
- у водостічних трубах,
- в лотках відведення води.

Система запобігає замерзанню талої води, але не запобігає утворенню бурульок на поверхнях, які не обігріваються — це нормальне явище, оскільки не обігрівається край покрівлі або фасад.

Таблиця 2.2 – Елементи обігріву першого типу систем

Елемент системи	Потреба в обігріві	Потужність кабелю
Водоприймальні воронки	Обов'язково	20–30 Вт/м
Жолоби	Обов'язково	25–35 Вт/м
Водостічні труби	Обов'язково	20–30 Вт/м (2 нитки)
Край даху	Не обігрівається	–
Суміжні ділянки покрівлі	Не обігріваються	–

Цей тип системи застосовують у:

- малоповерхових житлових будинках,
- будівлях з невеликим ухилом даху,
- об'єктах, де потрібно забезпечити тільки працездатність дренажу.

2.4.2 Тип 2 - Будинки з повноцінною системою сніготанення покрівлі та прилеглих зон

Проектом допускається обігрів:

- покрівельних площин,
- терас,

- рамп паркінгу,
- вхідних груп,
- підлоги тамбурів,
- лотків і песковловлювачів.

Цей тип часто застосовується в сучасних ЖК, ТРЦ, офісних центрах.

Таблиця 2.3 – Елементи обігріву другого типу систем

Елемент системи	Потреба в обігріві	Потужність на площині
Покрівля	За необхідністю	250–350 Вт/м ²
Тераси	Так	250–300 Вт/м ²
Рампи паркінгу	Так	300–350 Вт/м ²
Вхідні групи	Так	250–300 Вт/м ²
Лотки, песковловлювачі	Так	20–30 Вт/м кабелю
Водостоки	Обов'язково	20–35 Вт/м

Переваги такого рішення:

- запобігання падінню бурульок,
- усунення ожеледиці на зонах пересування,
- підвищення безпеки мешканців,
- повна працездатність дренажної системи.

2.5 Електронні системи керування та алгоритми роботи сніготанення

Сучасні електричні системи сніготанення працюють не лише як теплове обладнання, а як інтелектуальні автоматизовані комплекси, що здатні адаптуватися до реальних умов навколишнього середовища. Принцип роботи контролера ґрунтується на аналізі двох ключових змінних:

- температури поверхні або повітря,
- наявності вологи/опадів, які фіксуються датчиком снігу.

Таким чином, система працює лише тоді, коли це фізично необхідно.

Алгоритм вмикання системи

1. Температурний контроль. Контролер порівнює поточну температуру з установленими межами:

$$-10\text{ }^{\circ}\text{C} \leq T \leq +5\text{ }^{\circ}\text{C}$$

Поза цими межами нагрівання не використовується через неефективність або відсутність необхідності.

2. Контроль вологості/опадів. Якщо датчик фіксує сніг, лід або високу вологість — система переходить у робочий режим.

3. Нагрів поверхні. Контролер подає сигнал на контактор у щиті керування. Гріюча секція отримує живлення й нагрівається відповідно до потужності кабелю.

4. Автоматичне вимикання. Коли температура підвищується або опади припиняються, система вимикається.

Формула контролю енергоспоживання:

$$E = P \cdot t_{\text{роб}} \quad (2.1)$$

де E — річне споживання енергії;

P — встановлена потужність секції;

$t_{\text{роб}}$ — фактичний час роботи системи за сезон.

Ця формула використовується в розрахунковій частині дипломної.

2.6 Вимоги до монтажу нагрівальних кабелів та конструктивні обмеження

Надійність системи сніготанення залежить не лише від якості кабелю, але й від дотримання вимог монтажу. Кожен виробник (DEVI, Nemstedt, Nemotec, Nexans тощо) надає офіційні нормативи, які закладені у більшості будівельних стандартів.

2.6.1 Основні вимоги до прокладання кабелів

- мінімальний радіус вигину кабелю — 50 мм;
- відстань від кабелю до краю покрівлі — не менше 50–70 мм;

- крок укладання кабелю на площинах — 10–30 см залежно від потужності;
- кабель закріплюється до монтажної сітки стяжками через 15–20 см;
- в трубах кабель кріпиться до несучого ланцюга на відстані кожні 25–30 см;
- всі з'єднувальні муфти розміщуються в сухих місцях (коробках або під покрівельним шаром).

Додаткова формула для оцінки кількості кабелю на площині:

$$L=A/S \quad (2.2)$$

де L — довжина кабелю;

A — площа, що обігривається;

S — крок укладання.

2.6.2. Вимоги до зони водоприймальних воронок

Ця зона є однією з найкритичніших, тому що саме воронки найчастіше замерзають та створюють аварійні ситуації.

Типове рішення з графічного матеріалу будинків 035 та 036:

- кабель укладається по монтажній сітці навколо воронки,
- кінець кабелю заводиться у воронку на відстань не менше 1 м,
- перехід кабелю в трубу виконується через монтажну пластину SMP-30.

Таке рішення забезпечує прогрів як самої воронки, так і ділянки, що веде до труби.

2.6.3 Вимоги до щитів управління та електричної частини

Усі розглянуті проекти (035, 036 і 228) містять окремі щити управління типу ЩУ-0ХХ. Щит управління — це центральний елемент керування системою.

Основний склад щита

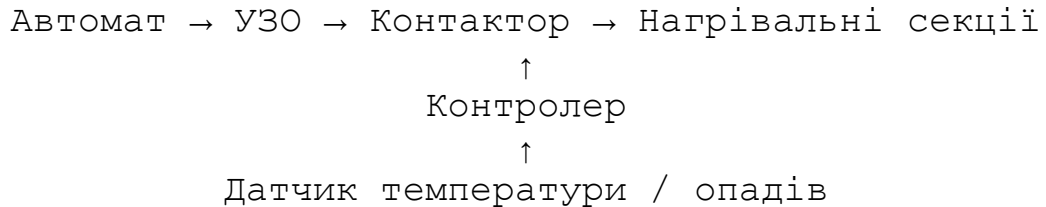
Типовий щит включає:

- автоматичні вимикачі груп та вводу;
- диференційний захист (УЗО) з $I_r = 30$ мА;
- магнітний контактор;

- клеми захисного заземлення;
- терморегулятор або контролер сніготанення;
- трансформатор живлення контролера — якщо потрібно.

Принципова (однолінійна) схема

Проста узагальнена структура щита:



Висновки по другому розділу

У другому розділі подано детальний огляд конструктивних особливостей та принципів функціонування електричних систем сніготанення. Проаналізовано загальну структуру таких систем, їх основні складові елементи та взаємозв'язок між ними. Окрему увагу зосереджено на різновидах нагрівальних кабелів, що застосовуються в системах сніготанення, зокрема резистивних і саморегульованих, а також на їхніх технічних характеристиках, експлуатаційних властивостях і сферах використання.

У розділі розглянуто основні способи монтажу нагрівальних елементів залежно від типу поверхні та конструктивних особливостей об'єкта, а також методи їх укладання на покрівлях, водостоках, пандусах і відкритих майданчиках. Описано принципи керування роботою систем сніготанення, включаючи ручні та автоматизовані режими, із застосуванням спеціалізованих контролерів.

Особливий акцент зроблено на автоматизації систем сніготанення та використанні температурних і вологочутливих датчиків, які забезпечують адаптивну роботу обладнання відповідно до поточних погодних умов. Застосування таких датчиків дозволяє системі вмикатися лише за наявності снігу або льоду та при відповідному температурному режимі, що суттєво знижує рівень енергоспоживання, підвищує економічну ефективність експлуатації та подовжує термін служби обладнання.

3 РОЗРАХУНОК ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ СНІГОТАНЕННЯ

3.1 Вихідні дані та обрані об'єкти

Для практичної частини дипломної роботи розглянуто три реальні проекти систем електричного сніготанення житлових та житлово-офісних будинків, у яких застосовано нагрівальні кабелі типу DEVIsnow 30T, DEVIflex 18T та DEVIsafe 20T, а також автоматизоване керування на базі терморегуляторів DEVIreg

ENS-TMK-22800-P50-EC40

TrL-035-EN

TrL-036-EN

У проєктах TrL-035-EN та TrL-036-EN передбачено електричний обігрів водоприймальних воронок та шляхів відводу талої води, причому прямо зазначено, що система не запобігає утворенню бурульок і наледі на неогріваних суміжних ділянках.

У проєкті ENS-TMK-22800-P50-EC40 системи сніготанення застосовано для покрівель, рамп паркінгу, підлог вхідних груп та лотків (песковловлювачів) з використанням кабелів DEVIsnow 30T та DEVIflex 18T і контролерів DEVIreg 850 та DEVIreg 316

Для розрахункової частини в роботі приймається типова ділянка обігріву:

- площа зони сніготанення (наприклад, рампа паркінгу або площадка перед входом):

$$A=20 \text{ м}^2$$

- варіативний крок укладання кабелю:

$$S=0,20; 0,25; 0,30 \text{ м}$$

- типи кабелів:

- DEVIsnow 30T — $P_M=30$ Вт/м,
- DEVIsafe — $P_M=20$ Вт/м,
- DEVIflex 18T — $P_M=18$ Вт/м

ENS-TMK-22800-P50-EC40_zm1

ТрL-035-ЕН - актуальний.

Ці значення відповідають діапазонам потужностей нагрівальних кабелів, прийнятих у проєктній документації.

3.2 Методика розрахунку довжини кабелю та потужності системи

Довжина нагрівального кабелю.

При укладанні кабелю “змійкою” з кроком S на площі A довжина кабелю L може бути орієнтовно визначена за формулою:

$$L=A/S \cdot 2 \quad (3.1)$$

де A - площа зони обігріву, m^2 ;

S - крок укладання кабелю, m ;

множник 2 враховує “туди-назад” прокладання ниток кабелю.

Примітка: ця формула придатна для оціночних інженерних розрахунків у дипломній роботі. У робочих кресленнях фактична довжина уточнюється після трасування по плану.

Розрахунок встановленої потужності.

Встановлена електрична потужність системи сніготанення на ділянці:

$$P=L \cdot P_m, \quad (3.2)$$

де P - потужність системи, $Вт$;

L - довжина нагрівального кабелю, m ;

P_m - питома потужність 1 метра кабелю, $Вт/м$.

Після переведення в кіловати:

$$P_{кВт}=P/1000. \quad (3.3)$$

3.2.1 Вплив кроку укладання кабелю на потужність і енергоспоживання

Розглянемо одну й ту саму ділянку:

- площа $A=20$
- кабель DEVIsnow 30T із питомою потужністю $P_m=30$ $Вт/м$
- змінюємо лише крок укладання S .

3.2.2 Розрахунок довжини кабелю

Розрахунок довжини кабелю здійснюється для трьох варіантів:

1. $S=0,20$ м

$$L1=(200/0,2)\cdot 2=200 \text{ м}$$

2. $S=0,25$ м

$$L2=(200/0,25)\cdot 2=160 \text{ м}$$

3. $S=0,30$ м

$$L3=(200/0,3)\cdot 2\approx 133,3 \text{ м}$$

3.2.3 Розрахунок встановленої потужності

$$P_i=L_i\cdot 30 \text{ Вт/м}$$

1. Для $S=0,20$ м:

$$P1=200\cdot 30=6000 \text{ Вт}=6,0 \text{ кВт}$$

2. Для $S=0,25$ м:

$$P2=160\cdot 30=4800 \text{ Вт}=4,8 \text{ кВт}$$

3. Для $S=0,30$ м:

$$P3=133,3\cdot 30\approx 4000 \text{ Вт}=4,0 \text{ кВт}$$

3.3 Порівняння енергоспоживання

Нехай система працює протягом опалювального сезону $t=400$ год/рік в активному режимі (під час снігопадів та відлиг — це реалістичне усереднене значення для автоматизованих систем).

Річне споживання електроенергії:

$$E=P_{\text{кВт}}\cdot t. \tag{3.4}$$

1. $S=0,20$ м:

$$E1 =6,0\cdot 400=2400 \text{ кВт/год}$$

2. $S=0,25$ м:

$$E2=4,8\cdot 400=1920 \text{ кВт/год}$$

3. $S=0,30$ м:

$$E3=4,0\cdot 400=1600 \text{ кВт/год}$$

Висновок по кроку укладання

Зі збільшенням кроку укладання з 0,20 до 0,30 м:

- встановлена потужність зменшується з 6,0 до 4,0 кВт (на $\approx 33\%$),
- річне енергоспоживання — з 2400 до 1600 кВт·год (також $\approx 33\%$).

При цьому зменшується інтенсивність нагріву поверхні, що в реальній системі може бути допустимо або ні — залежно від кліматичних умов, типу покрівлі та вимог замовника. Це дає матеріал для аналітики у висновках.

3.4 Вплив типу нагрівального кабелю на потужність і споживання

У цьому підпункті розглядаємо один і той самий крок укладання, але змінюємо тип кабелю.

Вихідні дані:

- площа $=20\text{ м}^2$,
- крок укладання $S=0,25\text{ м}$,
- кабелі:
 - DEVIsnow 30T — 30 Вт/м,
 - DEVIsafe — 20 Вт/м,
 - DEVIflex 18T — 18 Вт/м.

Довжина кабелю

$$L=20/0,25\cdot 2=160\text{ м}$$

(для всіх типів кабелю — однакова, бо площа й крок не змінюються).

Встановлена потужність для різних типів кабелю

1. DEVIsnow 30T:

$$P_{30}=160\cdot 30=4800\text{ Вт}=4,8\text{ кВт}$$

2. DEVIsafe 20 Вт/м:

$$P_{20}=160\cdot 20=3200\text{ Вт}=3,2\text{ кВт}$$

3. DEVIflex 18T:

$$P_{18}=160\cdot 18=2880\text{ Вт}=2,88\text{ кВт}$$

Річне енергоспоживання

За того ж часу роботи $t=400$ год/рік:

1. DEVI_{snow} 30T:

$$E_{30}=4,8 \cdot 400=1920 \text{ кВт/год}$$

2. DEVI_{safe} 20 Вт/м:

$$E_{20}=3,2 \cdot 400=1280 \text{ кВт/год}$$

3. DEVI_{flex} 18T:

$$E_{18}=2,88 \cdot 400=1152 \text{ кВт/год}$$

Таблиця 3.1 – Порівняльні характеристики кабелів

Тип кабелю	Потужність, Вт/м	Довжина, м	Встановлена потужність, кВт	Річне споживання, кВт·год
DEVI _{snow} 30T	30	160	4,8	1920
DEVI _{safe} 20	20	160	3,2	1280
DEVI _{flex} 18T	18	160	2,88	1152

Висновок по типу кабелю

Перехід з кабелю 30 Вт/м на 18 Вт/м при однаковому кроці:

- зменшує встановлену потужність приблизно на 40 %,
- відповідно, знижує річне споживання електроенергії з 1920 до 1152 кВт·год.

Однак потрібно враховувати, що менш потужний кабель довше розтоплює сніг, і в реальних умовах час роботи системи може зрости.

Узагальнення результатів та форма подання для трьох проєктів

У межах практичного дослідження було виконано аналіз впливу двох основних параметрів системи електричного сніготанення на її встановлену потужність та річне енергоспоживання, а саме:

- типу нагрівального кабелю
- кроку його укладання на поверхні.

Для порівняння розраховано п'ять характерних варіантів системи при незмінній площі обігріву $A=20 \text{ м}^2$. Варіанти включали кабелі потужністю 18, 20 та 30 Вт/м і крок укладання 0,20; 0,25 та 0,30 м. На основі формул довжини кабелю, встановленої потужності та сезонного енергоспоживання була побудована узагальнена порівняльна таблиця 3.2.

Таблиця 3.2 – Узагальнююча таблиця:

Варіант	Тип кабелю	Крок, м	Потужність, кВт	Енергія за сезон, кВт·год
1	30 Вт/м	0,20	6,0	2400
2	30 Вт/м	0,25	4,8	1920
3	30 Вт/м	0,30	4,0	1600
4	20 Вт/м	0,25	3,2	1280
5	18 Вт/м	0,25	2,88	1152

3.5 Аналіз впливу кроку укладання кабелю

Зі збільшенням кроку укладання кабелю з 0,20 до 0,30 м довжина кабелю зменшується в середньому на 33 %, що безпосередньо впливає на встановлену потужність системи:

- при кроці 0,20 м потужність становить 6,0 кВт;
- при кроці 0,30 м - вже 4,0 кВт.

Таким чином, збільшення кроку укладання на 10 см знижує потужність приблизно на 1,0–1,2 кВт, а при великій площі (50–100 м²) вплив може досягати 5–6 кВт.

Річне енергоспоживання також пропорційно зменшується:

- з 2400 до 1600 кВт·год за сезон.

Це зниження енергоспоживання складає близько 33 %, що є суттєвою перевагою при експлуатації системи.

Разом з тим, більший крок укладання зменшує густину теплового потоку, що впливає на швидкість танення снігу. У районах із інтенсивними опадами або

великими тепловими втратами (вітрові зони, відкриті покрівлі) крок понад 25 см може бути недостатнім.

Аналіз впливу типу нагрівального кабелю

При незмінній площі та однаковому кроці укладання потужність системи залежить лише від типу кабелю. У дослідженні порівнювались кабелі:

- 30 Вт/м (DEVIsnow 30T),
- 20 Вт/м (DEVIsafe),
- 18 Вт/м (DEVIflex 18T).

Основні висновки:

- перехід з кабелю 30 Вт/м на кабель 20 Вт/м знижує встановлену потужність системи на 33 %;
- перехід на кабель 18 Вт/м — на 40 %.

Аналогічно зменшується і річне енергоспоживання:

- з 1920 до 1152 кВт·год за сезон.

Однак варто зазначити, що менш потужні кабелі:

- забезпечують менший тепловий потік,
- повільніше розтоплюють лід і сніг,
- можуть вимагати довшого часу роботи системи, що частково компенсує економію.

Тому в умовах інтенсивних снігопадів або для критичних зон (рампи, вхідні групи, тераси) доцільно застосовувати кабелі більшої потужності - 25–30 Вт/м.

3.6 Порівняння варіантів та оптимальний вибір

З точки зору енергетичної ефективності:

- найбільш економним є варіант №5 з кабелем 18 Вт/м;
- найменш ефективним — варіант №1, де використовується кабель 30 Вт/м з кроком 0,20 м.

З точки зору продуктивності (швидкість танення):

- найкращим є варіант №1 або №2 (кабель 30 Вт/м із кроком $\leq 0,25$ м),
- варіант №3 (крок 0,30 м) підходить лише для менш навантажених зон.

Отже, оптимальний вибір залежить від призначення зони:

Таблиця 3.3 – Порівняння варіантів та рекомендації

Зона	Рекомендація
Вхідні групи, рампи паркінгу	25–30 Вт/м, крок 0,20–0,25 м
Покрівля	20–30 Вт/м, крок 0,25–0,30 м
Лотки, жолоби, труби	18–20 Вт/м, крок визначає діаметр труби

Проведений аналіз показує, що встановлена потужність і річне енергоспоживання системи електричного сніготанення значною мірою залежать від:

- типу нагрівального кабелю
- кроку його укладання
- площі та теплотехнічних характеристик поверхні.

Зміна лише одного параметра (тип кабелю або крок) може збільшувати або зменшувати річне енергоспоживання системи на 30–40 %, що є вагомим фактором при модернізації, ремонті або проектуванні нових інженерних систем.

У практичних інженерних умовах вибір параметрів системи є компромісом між швидкістю танення снігу, енергетичною ефективністю та вартістю її встановлення. Аналіз трьох реальних проєктів, розглянутих у цьому дослідженні, підтверджує доцільність застосування автоматизованих систем сніготанення та їх високий потенціал оптимізації шляхом коректного вибору кабелю та схеми укладання.

Висновки по третьому розділу

Третій розділ роботи присвячено виконанню практичних інженерних розрахунків та комплексному аналізу впливу ключових параметрів електричних систем сніготанення на їхні енергетичні показники. Зокрема, досліджено, як вибір

типу нагрівального кабелю, а також крок його укладання безпосередньо впливають на встановлену потужність системи та загальне сезонне споживання електричної енергії.

У ході проведених розрахунків встановлено, що навіть незначна зміна одного з основних параметрів системи, такого як потужність нагрівального кабелю або відстань між витками при його монтажі, може спричиняти суттєві коливання рівня енергоспоживання — у межах 30–40 %. Отримані результати свідчать про високу чутливість систем сніготанення до параметрів проектування та підтверджують необхідність їх ретельного техніко-економічного обґрунтування.

Зроблено висновок, що ефективність роботи системи сніготанення значною мірою залежить від індивідуального підбору її параметрів для кожного конкретного об'єкта. Такий підхід повинен враховувати архітектурні особливості будівлі, кліматичні умови регіону, інтенсивність експлуатації та вимоги до рівня безпеки, що дозволяє досягти оптимального співвідношення між енергоефективністю, надійністю та економічною доцільністю застосування системи.

4 ОБҐРУНТУВАННЯ ОБРАНИХ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ СИСТЕМИ СՈІГОТАНЕНՈНЯ ДՈЛЯ РІЗНИХ ТИПІВ БУДИНКІВ

У цьому розділі наведено огляд трьох різних типів будівель, для яких були виконані робочі проекти систем електричного сніготанення. Кожен із проектів має власну архітектурну специфіку, різні вимоги до зон обігріву та відмінні рішення щодо застосування нагрівальних кабелів і схем автоматизації.

Усі три випадки мають спільну рису — впровадження автоматизованих систем на базі нагрівального кабелю, але відрізняються за складністю конфігурації покрівлі, кількістю зон обігріву та характеристиками встановленого обладнання.

4.1 Будинок типу 035 – система сніготанення водоприймальних воронок та водостічних елементів

Проект TrL-035-EN передбачає локалізований обігрів, що застосовується тільки на критично важливих вузлах:

- водоприймальні воронки;
- короткі ділянки поверхні навколо воронок;
- водовідвідні лотки;
- вертикальні водостічні труби.

Цей тип будинку має просту форму покрівлі та мінімальну кількість елементів, де можливе накопичення льоду, тому пріоритетом стає саме забезпечення працездатності дренажної системи, а не повне очищення всієї площини від снігу.

Особливості системи:

- Використовується кабель високої потужності (30 Вт/м) у зонах з найбільшими точковими тепловтратами.

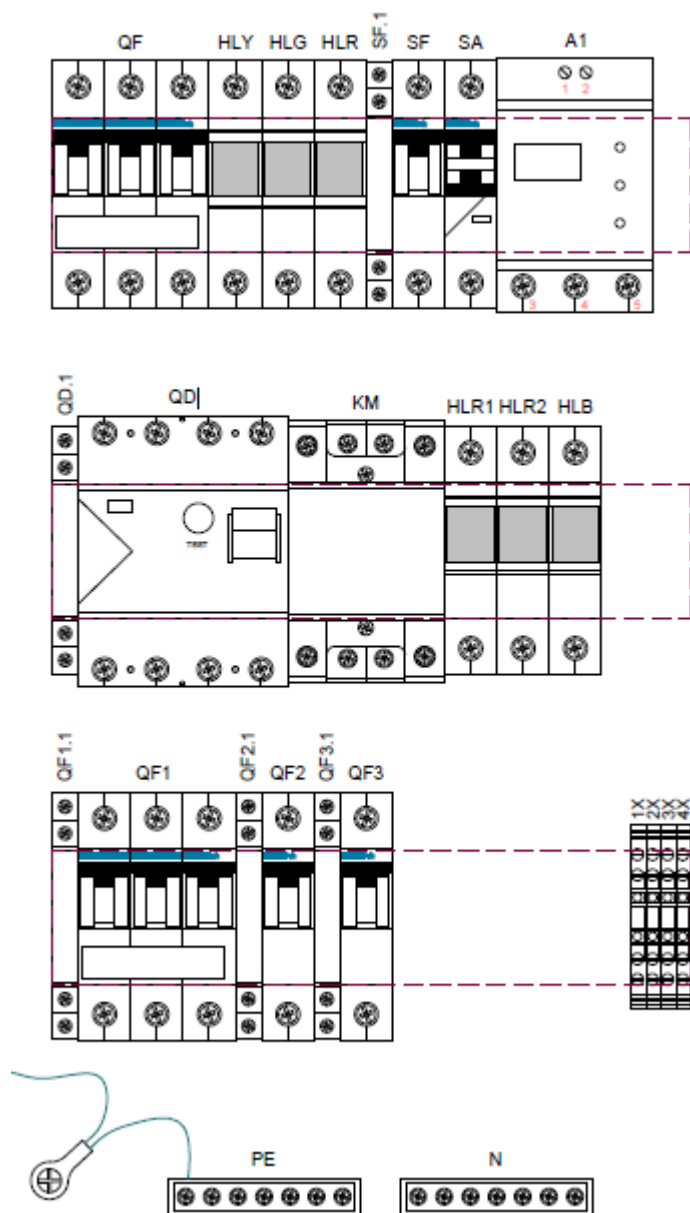


Рисунок 4.2 – Загальний вигляд щитового обладнання

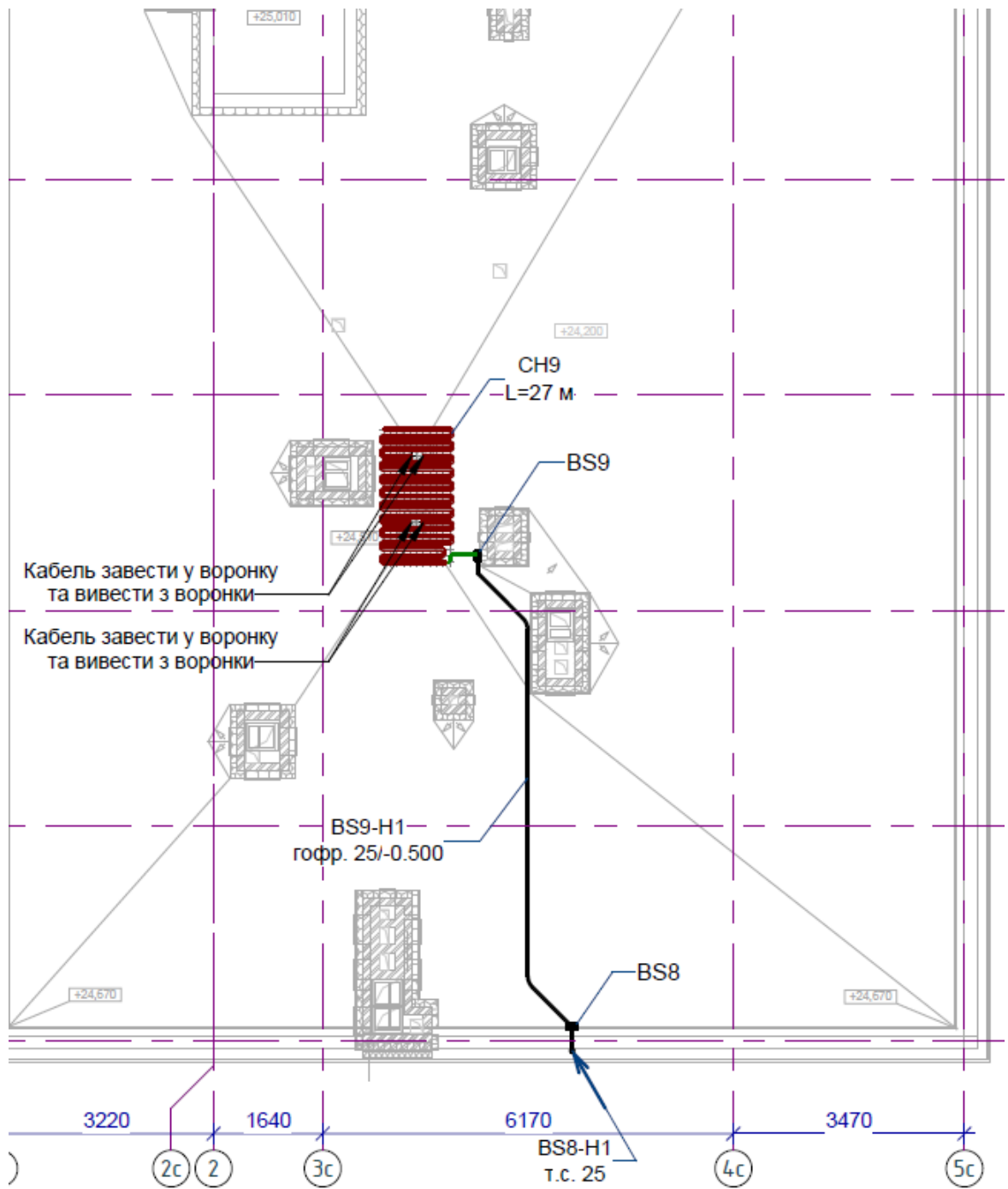


Рисунок 4.3 – Фрагмент плану підключення обігріву воронки на покрівлі

4.2 Система сніготанення для будинку типу А06 (обігрів фасадних відливів та накривок)

Будівля типу А06 є прикладом сучасного житлового комплексу з розвиненою системою фасадних елементів, значною кількістю віконних блоків та балконних зон. Через особливості архітектури будівлі однією з найнебезпечніших проблем у зимовий період є обмерзання зовнішніх відливів, парапетних накривок та виступаючих фасадних деталей.

На таких елементах найбільш часто утворюються:

- крижані «язики»,
- вертикальні льодові напливи,
- бурульки,
- замерзання талої води на краю фасаду.

Це не тільки погіршує стан фасадних матеріалів, але й створює пряму загрозу падіння льоду на прохідні зони й технічні майданчики, що є неприпустимим у житлових будинках.

Саме тому в будинку типу А06 було застосовано лінійний обігрів фасадних елементів на основі нагрівального кабелю.

4.2.1 Призначення системи та основна концепція роботи

Система сніготанення фасадних елементів на об'єкті А06 призначена не для відведення талої води, як у випадку з покрівлями, а для локальної стабілізації температури металевих відливів та накривок у небезпечних температурних зонах.

Основні задачі системи:

1. Запобігання утворенню бурульок. Система підтримує температуру металевих відливів в межах, що не допускають кристалізації води. Саме край відливу є найнебезпечнішим місцем, де формуються бурульки, тому нагрівальний кабель встановлюється максимально близько до краю.

2. Уникнення руйнування фасадних елементів. Лід, що утворюється на відливах, збільшується в об'ємі та спричиняє деформації металу, пошкодження кріплень, порушення герметичності фартухів.

3. Безпека мешканців будинку. Падіння льоду з висоти кількох поверхів є критичною загрозою. Саме тому будинки такого типу зобов'язані мати системи антиобледеніння у відповідності до сучасних норм.

4. Підвищення довговічності фасаду. Робота кабельної системи значно зменшує кількість циклів замерзання/відтавання, що є однією з причин швидкого руйнування фасадних конструкцій.

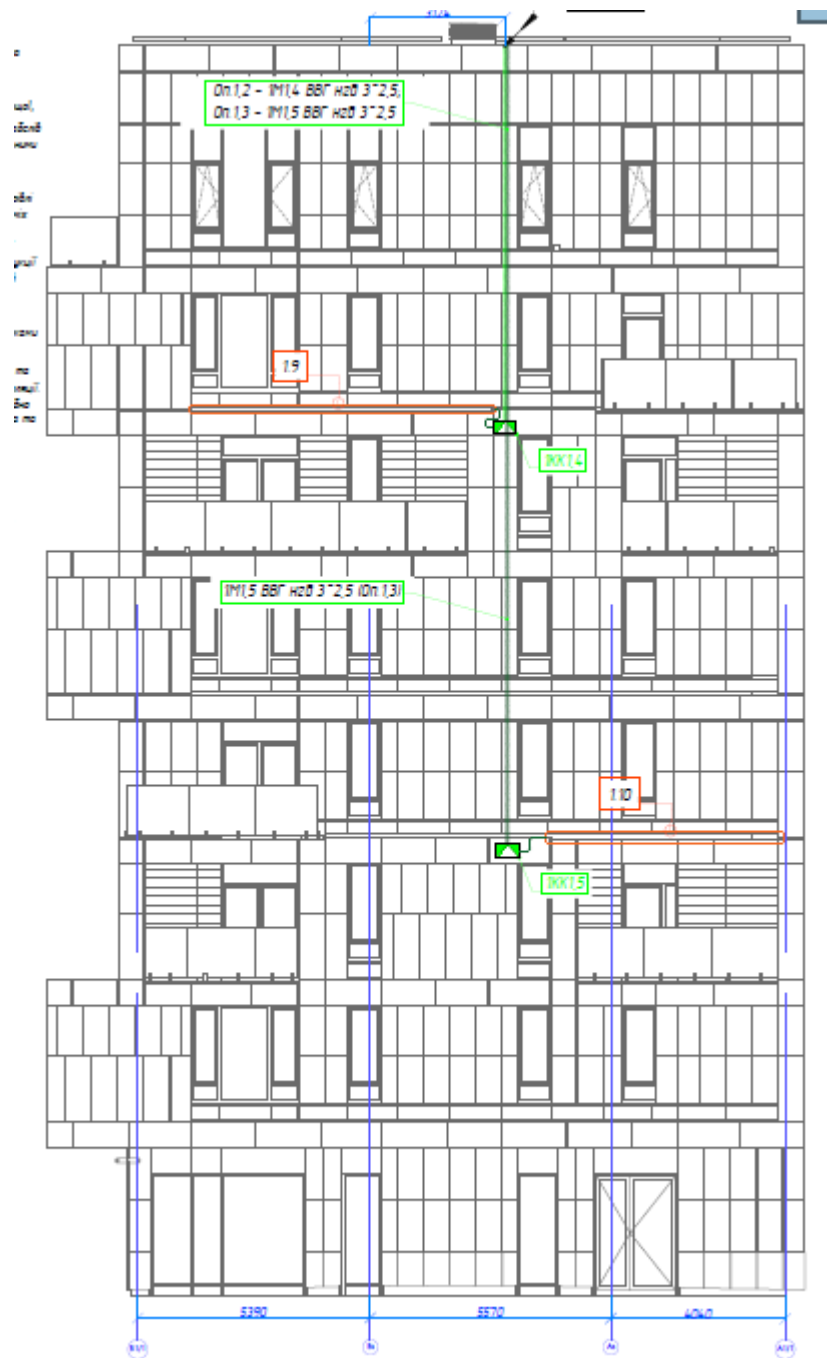


Рисунок 4.4 – Загальна схема обігріву фасадних відливів із проєкту А06

4.2.2 Загальні конструктивні особливості фасадних відливів та накривок

Фасадні відливи, застосовані в будинку А06, є типовими металевими елементами шириною 90–250 мм, виготовленими зі сталевого або алюмінієвого листа товщиною 0,45–0,7 мм. Вони мають:

- крапельник — нижній загнутий край, що спрямовує воду від стіни;

- фартух — верхній загин, який заводиться під утеплювач або у шов фасадної системи;
- нахил $5-10^\circ$ для забезпечення самопливу води;
- високу тепловіддачу — метал швидко охолоджується;
- малу теплову інерцію — обмерзання відбувається практично миттєво після падіння температури.

Завдяки цьому саме такі поверхні потребують обігріву навіть більше, ніж деякі ділянки покрівлі.

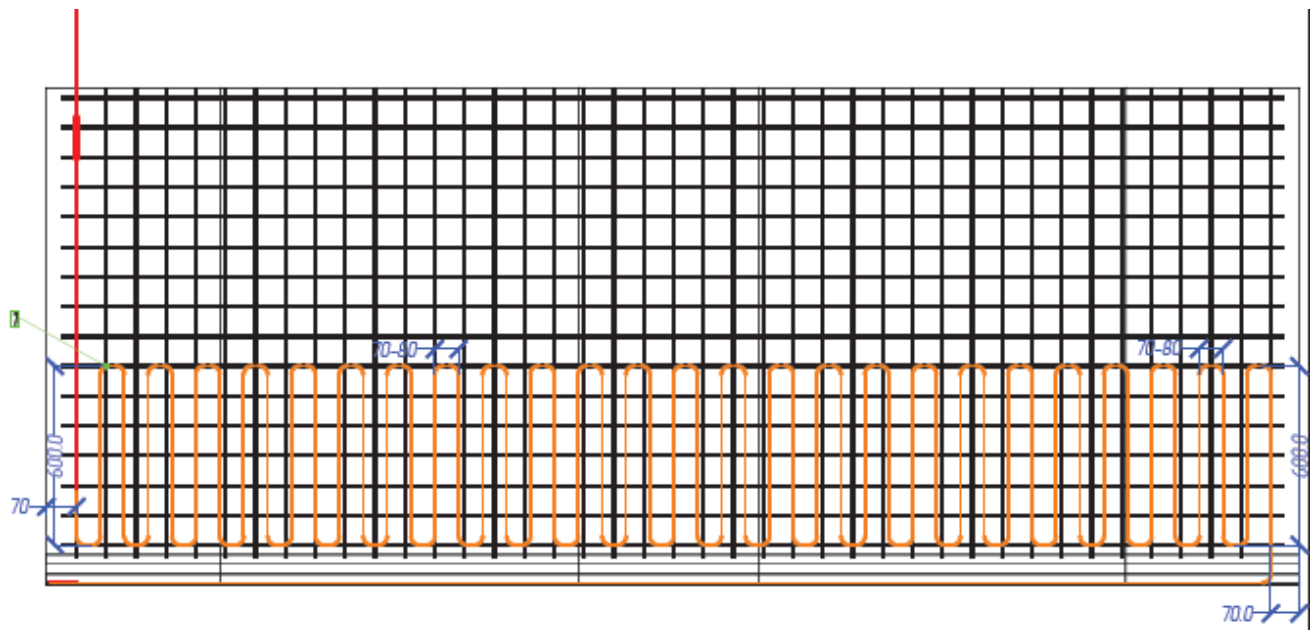


Рисунок 4.5 – Фрагмент відливу з нанесеною зоною розташування кабелю

4.2.3 Вибір типу кабелю для системи А06

У проєкті А06 використовуються резистивні двожильні кабелі з питомою потужністю $18-30$ Вт/м. Потужність обрана з урахуванням:

- малої товщини металу;
- необхідності інтенсивного підігріву краю;
- високих тепловтрат на вітрових фасадах;
- великої кількості повторних циклів включення системи.

Причини використання саме резистивного кабелю:

- рівномірне тепловиділення по всій довжині;
- простіше формування монтажних вузлів;

- можливість точно прогнозувати теплову потужність;
- оптимальне співвідношення ціна/якість для площ малого розміру.

На окремих ділянках, де ширина відливу перевищує 200 мм, кабель укладається у дві або три паралельні нитки.

4.2.4 Схеми укладання нагрівального кабелю

Проект А06 містить детальні фрагменти вузлів, які визначають логіку розташування нагрівальних секцій.

Основні правила укладання:

1. Перша (крайова) нитка розташовується уздовж крапельника — це зона найрішучішого льодоутворення.
2. Проміжні нитки монтуються на відстані 6–12 см одна від одної, залежно від ширини відливу.
3. Якщо відлив широкий (балконний блок або парапет), застосовується не менше трьох ниток кабелю.
4. Кріплення кабелю виконується:
 - перфорованою металевою монтажною стрічкою,
 - термостійкими скобами,
 - фіксаторами, рекомендованими виробником.
5. Муфти з'єднання розташовуються в теплій частині фасаду, щоб уникнути промерзання та руйнування ізоляції.
6. Кабель не повинен перетинатися та перехрещуватися — мінімальна відстань між нитками визначається виробником.

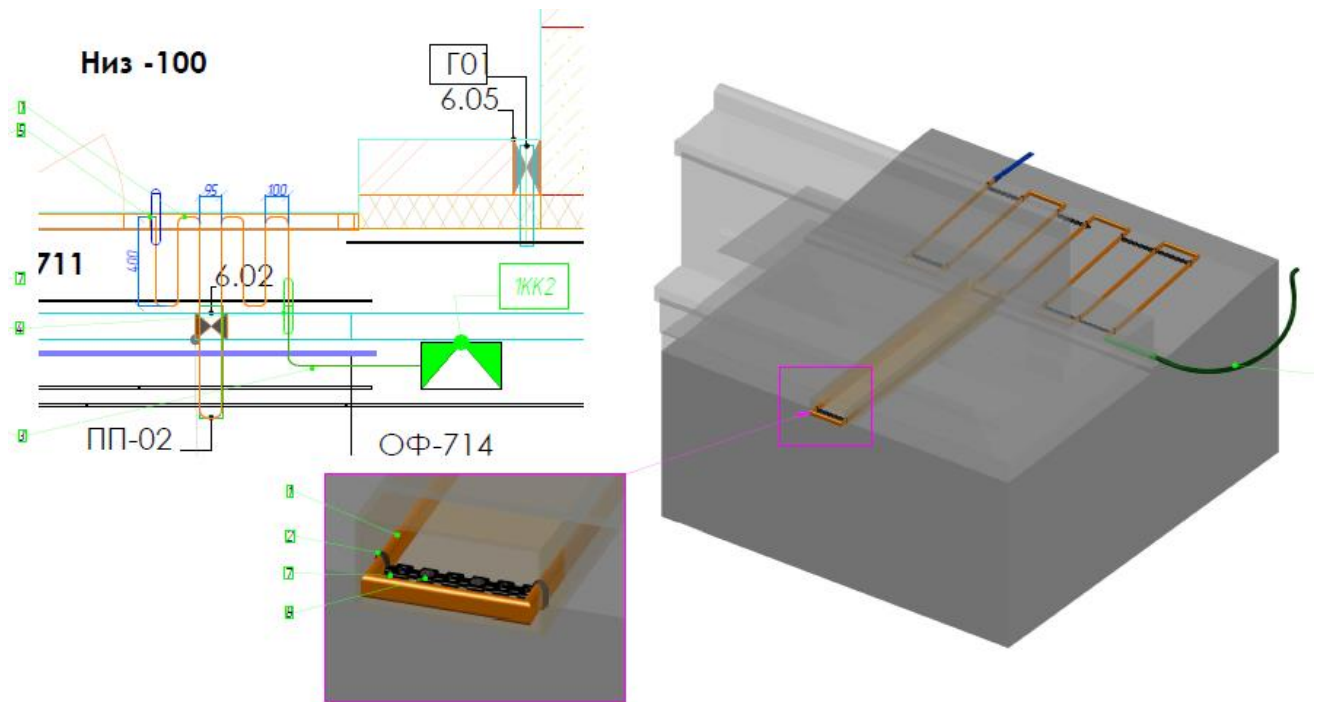


Рисунок 4.6 – Вузол 2. Монтаж кабелю на стандартному фасадному відливі.

4.2.5 Обігрів парапетних накривок

На відміну від відливів, парапетні накривки мають більшу площину та гірше прогріваються природним шляхом. У таких елементах нагрівальний кабель укладається:

- по верхній площині парапету;
- паралельними лініями з кроком 10–15 см;
- без заведення кабелю на вертикальні частини.

При цьому кабель повинен розташовуватися на тепловій лінії, де відбувається найбільше намокання снігом.

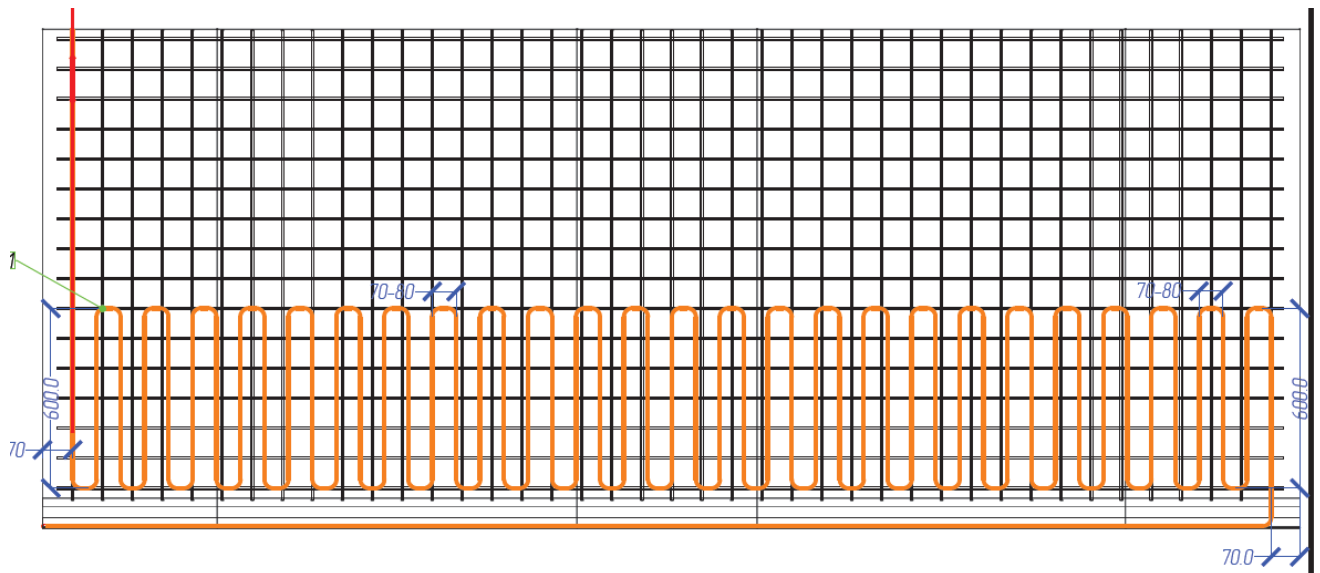


Рисунок 4.7 – Вузол 4. Обігрів парапетної накривки.

4.2.6 Переваги системи А06

- повністю усуває небезпеку падіння льоду;
- працює автоматично і не потребує участі людини;
- малопомітна на фасаді;
- забезпечує рівномірний обігрів по всій довжині відливів;
- має низьке енергоспоживання завдяки вузьким зонам нагріву;
- проста в монтажі та обслуговуванні.
-

Система обігріву фасадних відливів на будинку типу А06 є високоефективним рішенням, яке забезпечує безпечні умови експлуатації будівлі взимку. Обігрів крапельника, рівномірний тепловий потік та застосування резистивного кабелю забезпечують стабільну роботу системи навіть в умовах частих замерзань та відлиг.

Правильно розроблені вузли монтажу та схемні рішення у проекті дозволяють інтегрувати систему у фасад без порушення архітектурної концепції.

Висновки по четвертому розділу

У четвертому розділі проведено поглиблений аналіз системи сніготанення фасадних елементів на прикладі житлового будинку типу А06. Дослідження виконано з урахуванням конструктивних особливостей будівлі та умов її експлуатації. Детально розглянуто будову відливів, парапетних накривок і суміжних фасадних елементів, які є найбільш уразливими до накопичення снігу та утворення льоду в зимовий період.

У розділі проаналізовано раціональні схеми укладання нагрівального кабелю з урахуванням геометрії фасадних елементів, напрямків стікання талої води та зон підвищеного ризику обмерзання. Окрему увагу приділено особливостям теплотехнічної роботи системи, зокрема процесам теплопередачі та ефективності локального підігріву, що забезпечує підтримання позитивної температури в критичних зонах.

Також розглянуто алгоритми керування системою сніготанення фасадних елементів, включаючи автоматичне регулювання режимів роботи залежно від температури навколишнього середовища та наявності вологи. На основі отриманих результатів показано, що застосування локального обігріву фасадних елементів є ефективним і економічно доцільним рішенням, яке дозволяє запобігти утворенню бурульок та льодових напливів, підвищити рівень безпеки мешканців і перехожих, а також зменшити експлуатаційні витрати на обслуговування будівлі.

5 ОСОБЛИВОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СПРОЕКТОВАНОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРИЧНОГО СНІГОТАНЕННЯ НА ПРИКЛАДІ БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНОГО ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ

5.1 Загальна характеристика об'єкта

Об'єктом аналізу є багатофункціональний житловий будинок №228, розташований у Голосіївському районі м. Києва. Проектом передбачено комплексну систему електричного сніготанення, що охоплює як зовнішні елементи будівлі, так і зони інтенсивного руху людей та транспорту.

Система сніготанення розроблена в рамках розділу *«Електрообладнання. Система сніготанення»* та є складовою загальної інженерної інфраструктури будівлі. Проектні рішення відповідають вимогам чинних нормативних документів з електробезпеки та експлуатаційної надійності

Основною особливістю даного об'єкта є велика кількість зон різного функціонального призначення, що потребують різних підходів до організації електрообігріву.

Згідно з пояснювальною запискою проєкту, система сніготанення охоплює такі основні зони обігріву:

- покрівельні воронки та прилеглі ділянки покрівлі;
- водостічні труби;
- труби терас;
- рампу паркінгу;
- підлоги вхідних груп;
- лотки з песковловлювачами першого поверху

5.3 Типи нагрівальних кабелів та зони їх застосування

У системі сніготанення застосовано два типи нагрівальних кабелів, вибір яких обумовлений умовами експлуатації конкретних зон:

DEVIsnow 30T (30 Вт/м)

Застосовується для:

- покрівельних воронок;
- зон навколо воронок;
- водостічних труб;
- труб терас;
- лотків з песковловлювачами.

Даний кабель має підвищену питому потужність, що забезпечує ефективне танення льоду навіть за низьких температур та високих тепловтрат.

DEVIflex 18T (18 Вт/м)

Використовується для:

- рампи паркінгу;
- підлоги вхідних груп.

Менша питома потужність компенсується укладанням кабелю у бетонну стяжку або шар дорожнього покриття, що забезпечує рівномірний тепловий розподіл.

5.4 Система обігріву рампи паркінгу та вхідних груп

Обігрів рампи паркінгу та підлоги вхідних груп є одним із найбільш відповідальних елементів системи, оскільки безпосередньо впливає на безпеку людей і транспортних засобів.

Нагрівальний кабель DEVIflex 18T укладається:

- на армуючу сітку з кроком 50 мм;
- у шарі бетонної стяжки або дорожнього покриття;
- з дотриманням мінімальних відстаней між нитками кабелю.

Для контролю температурного режиму застосовуються датчики ґрунту, які встановлюються між нитками кабелю на краю зони обігріву.

Управління системою здійснюється автоматичними регуляторами DEVIreg 850 IV, що дозволяють оптимізувати енергоспоживання та забезпечити стабільну роботу системи.

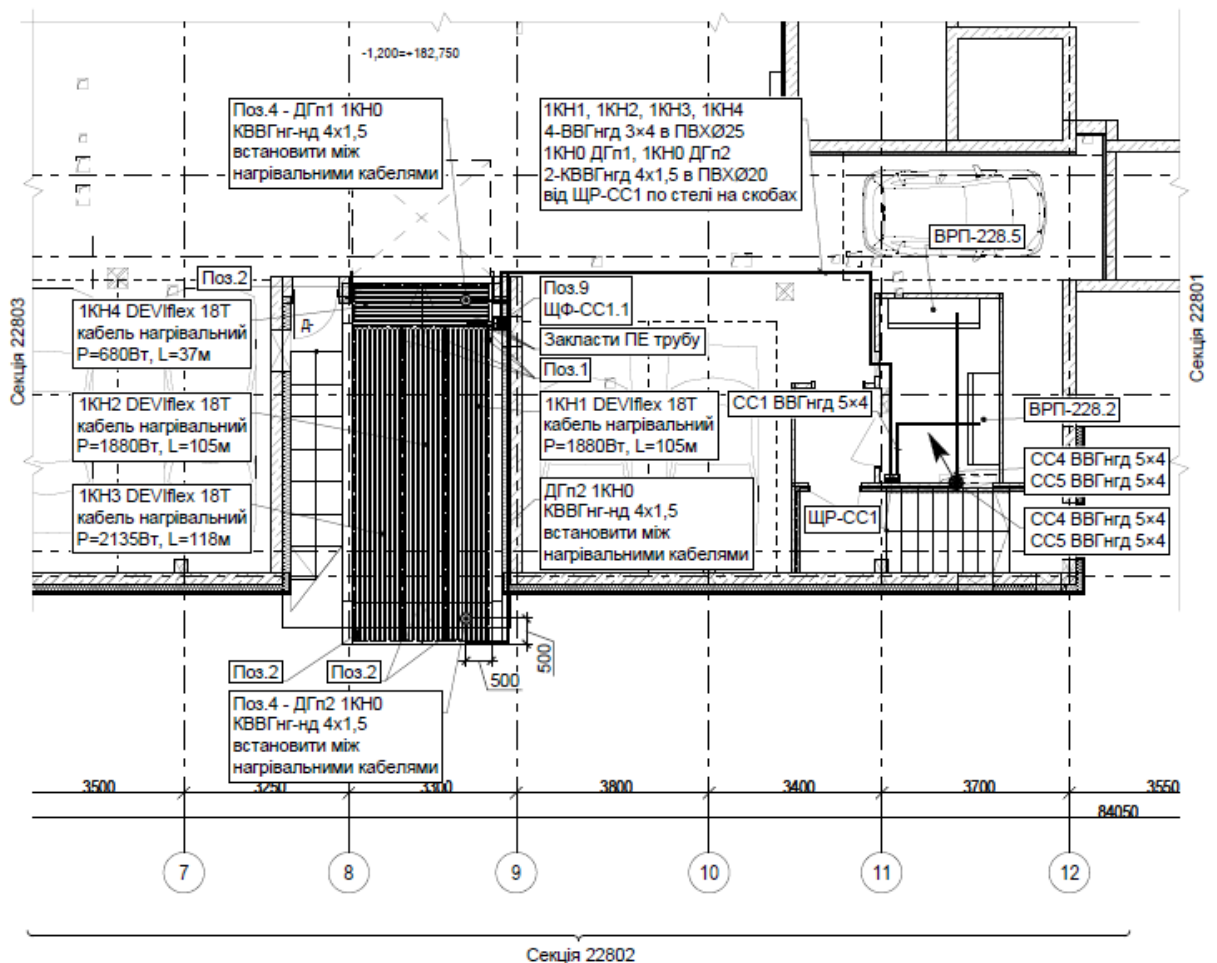


Рисунок 5.2 – Обігрів рампи паркінгу

5.5 Обігрів покрівельних воронок та водостічних труб

Для забезпечення відведення талої води з покрівлі передбачено електрообігрів воронок та водостічних труб. Нагрівальний кабель DEVIsnow 30T:

- заводиться безпосередньо в воронку;
- прокладається навколо воронки кільцевими витками;
- встановлюється всередині труб із кріпленням на несучий елемент.

Це дозволяє уникнути утворення льодових пробок та забезпечує стабільний стік води навіть при тривалих морозах.

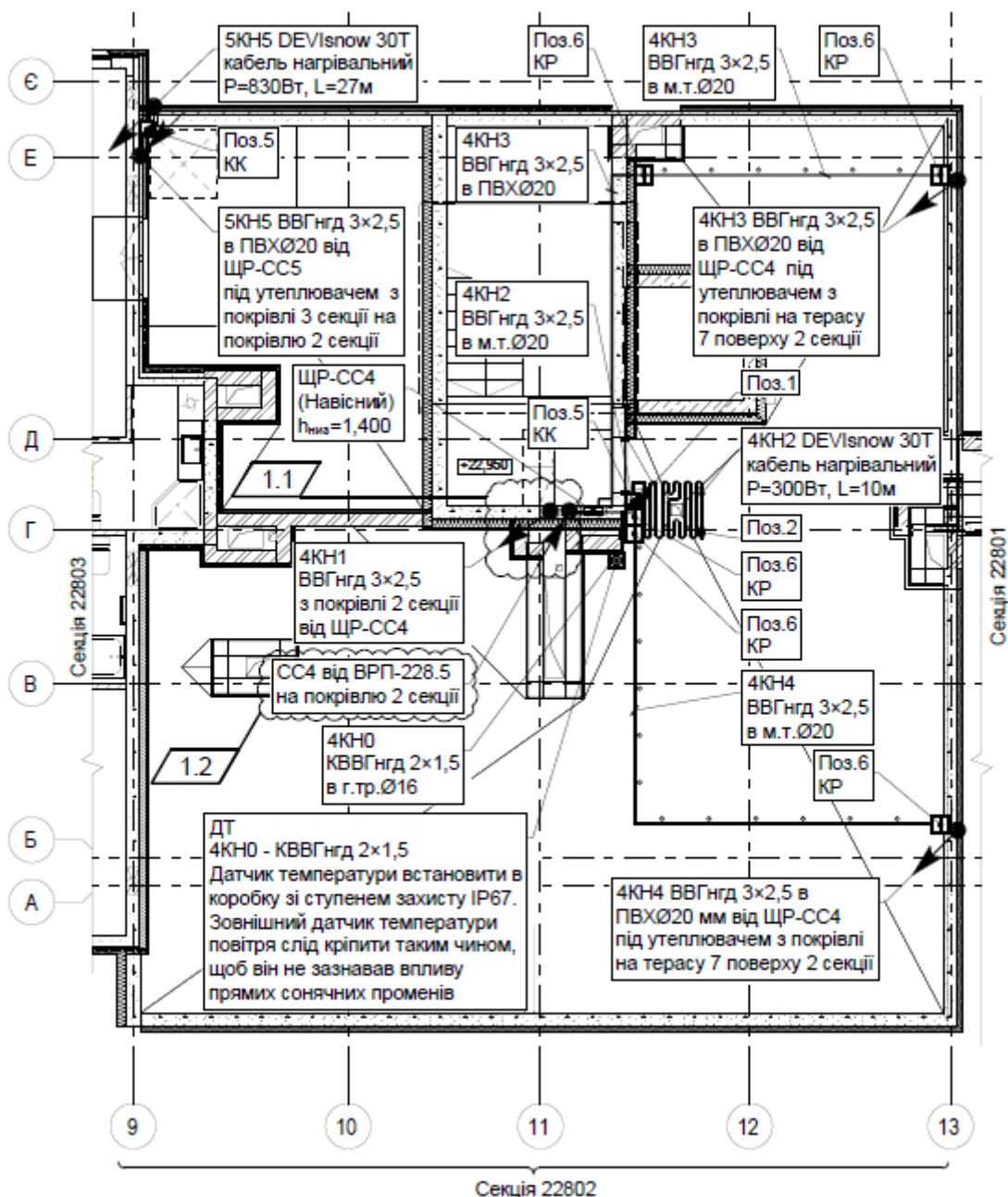


Рисунок 5.3 – Типовий вузол обігріву покрівельної воронки

5.6 Система автоматизації та електроживлення

Живлення системи сніготанення здійснюється від розподільчих щитів ЩР-СС1...ЩР-СС5, кожен з яких відповідає за окрему функціональну зону будівлі.

Система автоматизації включає:

- терморегулятори DEVIreg 850 IV та DEVIreg 316;
- датчики температури повітря;
- датчики ґрунту;
- диференційні вимикачі захисту;
- контактори керування навантаженням.

Такий підхід дозволяє:

- розділити систему на незалежні зони;
- мінімізувати аварійні відключення;
- забезпечити селективний захист;
- підключити систему до диспетчеризації.

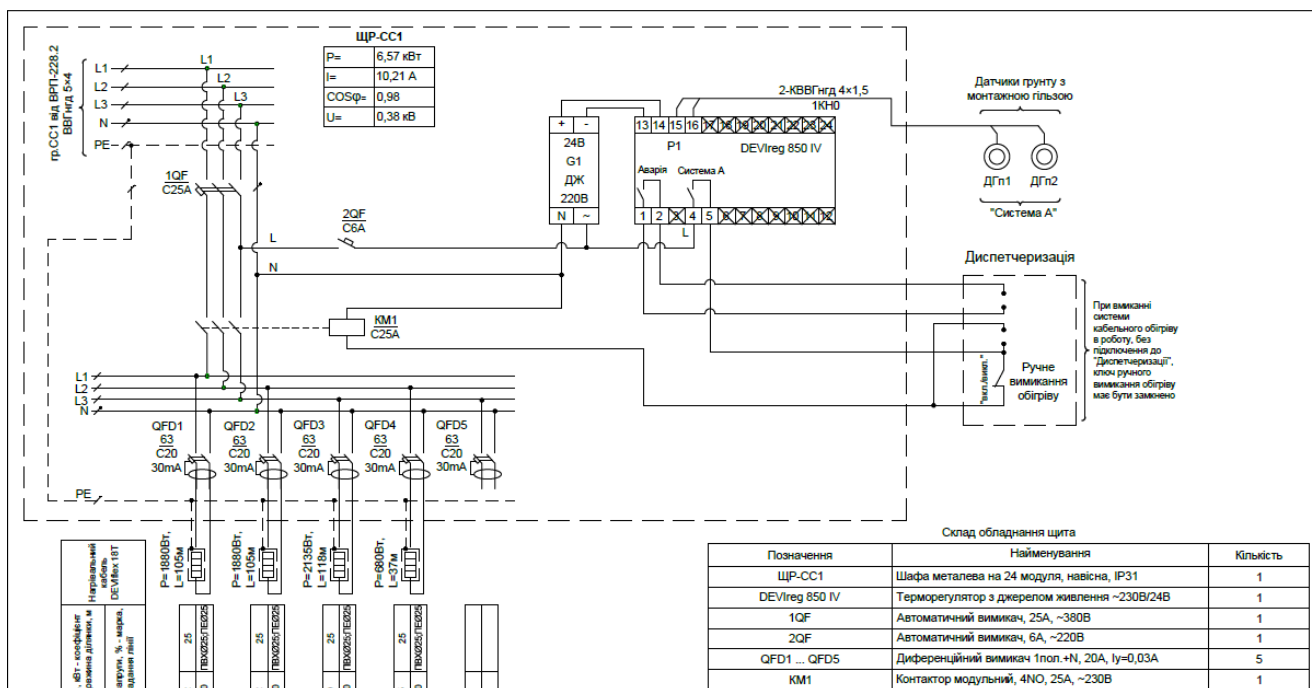


Рисунок 5.4 – Принципова схема щита керування системою сніготанення.

5.7 Загальна оцінка ефективності системи

Система сніготанення будинку №228 є комплексною, багатозонною та технічно збалансованою. Застосування різних типів нагрівальних кабелів, розділення зон керування та використання автоматичних регуляторів дозволяє:

- забезпечити безпечну експлуатацію будівлі;
- оптимізувати енергоспоживання;
- адаптувати систему до реальних погодних умов;
- зменшити витрати на обслуговування та ремонт.

Висновки по п'ятому розділу

У п'ятому розділі роботи представлено огляд та аналіз існуючої комплексної системи сніготанення, реалізованої в багатофункціональному житловому будинку. Розглянута система охоплює основні зони підвищеного ризику обмерзання, зокрема покрівельні водоприймальні воронки, внутрішні та зовнішні водостічні труби, рампу підземного паркінгу, а також вхідні групи будівлі. Такий комплексний підхід дозволяє забезпечити безперебійну експлуатацію будівлі в зимовий період та мінімізувати негативний вплив несприятливих погодних умов.

У процесі аналізу системи детально розглянуто принципи її зонування, відповідно до яких кожна ділянка обігріву функціонує як окрема зона з урахуванням специфічних умов експлуатації, теплового навантаження та вимог до безпеки. Окрему увагу приділено вибору типів нагрівальних кабелів, які підбиралися залежно від конструктивних особливостей об'єктів обігріву, рівня вологості, температурних режимів і режимів роботи.

Результати проведеного аналізу підтвердили, що застосування зонального принципу організації системи в поєднанні з використанням різних типів нагрівальних кабелів забезпечує високий рівень надійності та безпеки експлуатації. Крім того, така система дозволяє оптимізувати енергоспоживання за рахунок гнучкого керування окремими зонами, що сприяє підвищенню енергоефективності будівлі та зниженню експлуатаційних витрат упродовж опалювального сезону.

ВИСНОВКИ

У магістерській роботі виконано комплексне дослідження ефективності автоматизованих електричних систем сніготанення на базі нагрівального кабелю в умовах житлових будинків різних типів. У ході роботи розглянуто теоретичні основи функціонування систем сніготанення, принципи їх побудови, конструктивні особливості та практичні аспекти проєктування й експлуатації.

У першому розділі обґрунтовано актуальність застосування систем сніготанення в сучасному житловому будівництві. Показано, що утворення снігу, льоду та бурульок на покрівлях, фасадних елементах, рампах та вхідних групах є серйозною експлуатаційною та безпековою проблемою, яка не може бути ефективно вирішена традиційними механічними методами. Автоматизовані електричні системи сніготанення дозволяють мінімізувати ризики травматизму, запобігти пошкодженню конструкцій та забезпечити стабільну роботу будівельних інженерних систем у зимовий період.

У другому розділі виконано огляд конструкції та принципів роботи електричних систем сніготанення. Розглянуто основні типи нагрівальних кабелів, їхні технічні характеристики, методи укладання та способи керування. Особливу увагу приділено автоматизації систем, використанню температурних та вологочутливих датчиків, що дозволяє суттєво знизити енергоспоживання за рахунок роботи системи лише за наявності необхідних умов.

Третій розділ присвячено практичним розрахункам і аналізу впливу типу нагрівального кабелю та кроку його укладання на встановлену потужність і сезонне споживання електроенергії. У результаті розрахунків встановлено, що зміна лише одного з параметрів системи може призводити до зміни енергоспоживання на 30–40 %. Це підтверджує необхідність індивідуального підбору параметрів системи для кожного об'єкта з урахуванням його архітектурних та експлуатаційних особливостей.

У четвертому розділі виконано детальний аналіз системи сніготанення фасадних елементів на прикладі житлового будинку типу А06. Розглянуто конструкцію відливів і парпетних накривок, схеми укладання нагрівального

кабелю, особливості теплотехнічної роботи та алгоритми керування. Показано, що локальний обігрів фасадних елементів є ефективним та економічно доцільним рішенням для запобігання утворенню бурульок і льодових напливів.

У п'ятому розділі наведено огляд існуючої комплексної системи сніготанення багатофункціонального житлового будинку, що включає обігрів покрівельних воронок, водостічних труб, рампи паркінгу та входних груп. Аналіз підтвердив, що зональний підхід до організації системи та застосування різних типів нагрівальних кабелів залежно від умов експлуатації забезпечують високу надійність, безпеку та оптимальне енергоспоживання.

У результаті виконаної роботи підтверджено, що автоматизовані електричні системи сніготанення є ефективним інженерним рішенням для сучасних житлових будинків. Їх впровадження дозволяє підвищити рівень безпеки, зменшити експлуатаційні витрати та продовжити строк служби будівельних конструкцій. Отримані результати можуть бути використані при проектуванні нових об'єктів, а також при модернізації існуючих будівель.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція будівель. – Київ: Мінрегіон України, 2021.
2. ДБН В.2.5-23:2010. Проектування електрообладнання житлових і громадських будівель. – Київ, 2010.
3. ДБН В.1.2-14:2018. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. – Київ, 2018.
4. ПУЕ. Правила улаштування електроустановок. – Харків: Форт, 2017.
5. ДСТУ EN 62395-1:2016. Електричні системи обігріву. Загальні та спеціальні вимоги.
6. DEVI A/S. Electric Heating Cables and Snow Melting Systems. Technical Guide. – Denmark, 2022.
7. Danfoss. DEVI Snow and Ice Melting Systems. Design and Installation Manual. – 2021.
8. ASHRAE Handbook. HVAC Applications. – Atlanta: ASHRAE, 2020.
9. ISO 11855. Building environment design – Embedded radiant heating and cooling systems.
10. Кузьменко В. І., Савченко О. М. Електричні системи обігріву будівель. – Київ: КНУБА, 2019.
11. Гнатюк В. М. Енергоефективні інженерні системи будівель. – Львів: Львівська політехніка, 2020.
12. Каталоги та технічна документація виробників нагрівальних кабелів DEVI, Nexans, Nemstedt.

Додатки