

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ІМ. Ю.М. ПОТЕБНІ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра промислового та цивільного будівництва

Кваліфікаційна робота

другий (магістерський)

на тему: «Технології зведення покрівельних покриттів із системами озеленення»

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1922-пцб-дн
спеціальності 192 «Будівництво та цивільна
інженерія»

освітньої програми «Промислове і цивільне
будівництво»

Малахов О.В.

Керівник доц., к.т.н. Самченко Р.В.

Рецензент доц., к.т.н. Полтавець М.О.

Запоріжжя
2023 рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ІМ. Ю.М. ПОТЕБНІ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра Промислового та цивільного будівництва
Рівень вищої освіти другий магістерський рівень
Спеціальність 192 «Будівництво та цивільна інженерія»
(шифр та назва)
Освітньо-професійна програма «Промислове і цивільне будівництво»
(шифр та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ПШБ
проф. Арутюнян І.А.
« » 20 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Малахову Олександрові Віталійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проєкту) Технології зведення покрівельних покриттів із системами озеленення

Керівник роботи Самченко Роман Васильович, к.т.н.,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затвержені наказом ЗНУ від «01» травня 2023 року №635-с

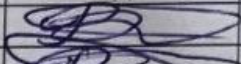
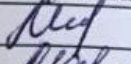
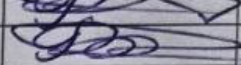
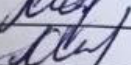
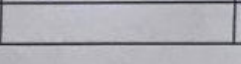
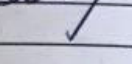
2 Строк подання студентом роботи 01.02.2024 р.

3 Вихідні дані до роботи Актуальність обраного напрямку досліджень, значимість у сучасному житті, можливості розв'язання проблематики, перспективи впровадження майбутніх досягнень, мета роботи, завдання до виконання обраних досліджень, об'єкт досліджень, предмет досліджень

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Провести аналіз нормативної бази та наукових досліджень у галузі технологій «зеленого» будівництва. Вивчення та порівняльний аналіз основних структурних елементів технологічних процесів та операцій пристрою різних видів експлуатованих покрівельних покриттів із системами озеленення. Формування складу та послідовності технологічних процесів та операцій пристрою експлуатованих покрівельних покриттів з модульними системами озеленення

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Від восьми графічних аркушів із результатами аналітичних обґрунтувань наукового напряму досліджень, результатами експериментальних досліджень, доказами оптимальності запропонованих методик, результатами чисельних розрахунків із застосуванням сучасних інформаційних методів досліджень

6 Консультанти розділів роботи

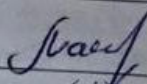
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Самченко Р.В., доц.		
Розділ 2	Самченко Р.В., доц.		
Розділ 3	Самченко Р.В., доц.		

7 Дата видачі завдання 19.05.2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

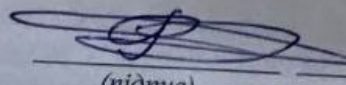
№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Розділ 1 Аналіз нормативної бази та наукових досліджень в області технологій «зеленого» будівництва	22 жовтня	
2	Розділ 2 Дослідження технологічних параметрів улаштування покрівельних покриттів з модульною системою озелення	20 листопада	
3	Розділ 3 Удосконалення технології зведення покриття з системами озелення	26 січня	

Студент


(підпис)

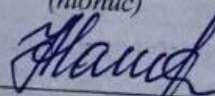
О.В.Малахов
(ініціали та прізвище)

Керівник роботи


(підпис)

Р.В. Самченко
(ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено


(підпис)

Н.О. Данкевич
(ініціали та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Малахов О.В. Технології зведення покрівельних покриттів із системами озеленення.

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія, науковий керівник Р.В. Самченко. Запорізький національний університет. Інженерний навчально-науковий інститут імені Ю.М. Потебні, кафедра промислового та цивільного будівництва, 2023.

Експлуатовані дахи із системами озеленення набули поширення в сучасному будівництві як одного з елементів реалізації концепції «зеленого» будівництва. Розроблено конструктивно-технологічне рішення збірно-розбірної модульної системи озеленення експлуатованих покрівельних покриттів та встановлено зв'язок між розташуванням конструктивних елементів та технологічними процесами виконання робіт з їх використання на будівельному майданчику. Визначено послідовність та встановлено склад технологічних процесів та операцій при монтажі модульних систем озеленення експлуатованих покрівельних покриттів. Розроблено технологічну послідовність та схеми виконання робіт з влаштування покрівельних покриттів з модульною системою озеленення.

Ключові слова: покрівля, зелене будівництво, енергозбереження, раціональні технологічні параметри, модульні системи.

Список публікацій магістранта:

Малахов О.В., Самченко Р.В. Технології зведення покрівельних покриттів із системами озеленення. Матеріали III Всеукраїнської науково-практичної конференції за участю молодих науковців «Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально-економічного розвитку регіонів України» (17-20 жовтня 2023 р., м. Запоріжжя). Запоріжжя: ІННІ ім. Ю.М. Потебні ЗНУ, 2023.

ABSTRAKT

Malakhov O.V. Roofing technologies with landscaping systems.

Qualifying thesis for obtaining a master's degree of higher education in specialty 192 - Construction and civil engineering, supervisor R.V. Samchenko. Zaporizhzhia National University. Engineering Educational and Scientific Institute named after Yu.M. Potebny, Department of Industrial and Civil Engineering, 2023.

Exploited roofs with greening systems have become widespread in modern construction as one of the elements of implementing the concept of "green" construction. A constructive-technological solution of a prefabricated modular system of greening of used roof coverings was developed, and a connection was established between the location of structural elements and the technological processes of their use on the construction site. The sequence and composition of technological processes and operations during the installation of modular greening systems of used roof coverings was determined. A technological sequence and schemes of work on the installation of roofing with a modular landscaping system have been developed.

Keywords: roofing, green construction, energy saving, rational technological parameters, modular systems.

List of publications of the master's student:

Malakhov O.V., Samchenko R.V. Roofing technologies with landscaping systems. Materials of the III All-Ukrainian scientific and practical conference with the participation of young scientists "Current issues of sustainable scientific, technical and socio-economic development of the regions of Ukraine" (October 17-20, 2023, Zaporizhzhia). Zaporizhzhia: INNI named after Yu.M. Potebni ZNU, 2023.

ЗМІСТ:

ВСТУП	8
1 АНАЛІЗ НОРМАТИВНОЇ БАЗИ ТА НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ В ОБЛАСТІ ТЕХНОЛОГІЙ «ЗЕЛЕНОГО» БУДІВНИЦТВА	11
1.1 Розвиток вітчизняної та зарубіжної нормативної бази, що сприяє адаптації «зелених» технологій у сучасному будівництві	11
1.2 Наукові дослідження та розробки в галузі вдосконалення експлуатованих покриттів цивільних будівель	16
1.3 Загальні принципи та особливості пристрою експлуатованих покрівельних покриттів із системами озеленення	19
1.4 Формування основних підходів до розробки технології улаштування покрівельних покриттів з модульними системами озеленення	27
2 ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ УЛАШТУВАННЯ ПОКРІВЕЛЬНИХ ПОКРИТТІВ З МОДУЛЬНОЮ СИСТЕМОЮ ОЗЕЛЕННЯ	35
2.1 Особливості конструктивно-технологічного вирішення покрівельних покриттів із модульною системою озеленення	35
2.2 Визначення складу та послідовності технологічних процесів та операцій пристрою експлуатованих покриттів з модульними системами озеленення	40
2.3 Упорядкування робочих операцій технологічних процесів улаштування модульних систем озеленення покрівлі	43

3 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ЗВЕДЕННЯ ПОКРИТТЯ З СИСТЕМАМИ ОЗЕЛЕННЯ	52
3.1 Технологічна послідовність виконання робіт з влаштування покрівельних покриттів із системами озеленення	52
3.2 Дослідження технологічних процесів монтажу модульних систем озеленення покрівлі методом хронометражних вимірювань	59
3.3 Визначення чисельного та кваліфікаційного складу ланки виконавців процесу влаштування покрівельного покриття з модульною системою озеленення	71
3.4 Формалізація технологічного процесу влаштування покрівельних покриттів з модульною системою озеленення	74
ВИСНОВКИ	75
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	76

ВСТУП

Актуальність теми. Актуальність дослідження зумовлена тенденцією розвитку будівництва, зокрема спостерігається зростання інтересу до спорудження будівель з елементами інтегрованого озеленення. Така еволюція вимагає перегляду нормативно-технічної бази у галузі технологічного проектування на підставі вивчення наукових досліджень.

Зі збільшенням щільності забудови урбанізованих територій з метою створення комфортного життєвого середовища в будівництві використовуються нові конструктивно-технологічні рішення для покрівель, які включають системи озеленення. Традиційні методи влаштування покрівель не завжди відповідають вимогам експлуатованих покрівель із зеленими насадженнями. Застосування зелених насаджень на будівлях впливає на формування складу технологічних процесів і операцій, а також на вибір оптимальних технологічних та організаційних параметрів. Влаштування систем озеленення на покрівельних конструкціях може призводити до збільшення трудомісткості і тривалості будівництва об'єктів.

Розробка та вивчення оптимальних технологічних параметрів для влаштування багатошарових конструкцій покрівель із системами озеленення має на меті зменшення додаткових трудовитрат, що виникають при влаштуванні таких систем на покрівлі.

Метою **магістерської роботи** є підвищення технологічності зведення покрівельних покриттів, що експлуатуються, з системами озеленення на основі формування науково-обґрунтованих раціональних технологічних параметрів і способів організації та виконання робіт.

Для досягнення визначеної мети у цьому магістерському дослідженні розглядаються такі **основні завдання**:

- аналіз нормативної бази та наукових досліджень у галузі технологій «зеленого» будівництва;

- вивчення та порівняльний аналіз основних структурних елементів технологічних процесів та операцій пристрою різних видів експлуатованих покрівельних покриттів із системами озеленення;

- формування складу та послідовності технологічних процесів та операцій пристрою експлуатованих покрівельних покриттів з модульними системами озеленення;

- організаційно-технологічне та функціональне моделювання технологічних процесів та операцій;

- проведення хронометражних вимірювань та визначення раціональних параметрів технологічних процесів та операцій улаштування покрівельних покриттів з модульними системами озеленення;

Об’єкт дослідження — організаційно - технологічні процеси зведення покрівельних покриттів із системами озеленення.

Предмет дослідження — параметри технологічного процесу влаштування покрівельних покриттів із модульними системами озеленення.

Методи досліджень включали вивчення та аналіз міжнародного досвіду та узагальнення технологічних рішень, що використовуються в галузі будівельного виробництва.

Наукова новизна роботи полягає в теоретичному та експериментальному обґрунтуванні та формалізації складу, послідовності та раціональних параметрів технологічних процесів та способів організації та виконання робіт при влаштуванні експлуатованих покриттів з модульними системами озеленення, що забезпечують підвищення технологічності устрою експлуатованих покрівельних покриттів.

Апробація роботи. Основні положення роботи опубліковані на III Всеукраїнській науково-практичній конференції за участю молодих науковців «Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально-економічного

розвитку регіонів України» у секції «Промислове та цивільне будівництво» (2023, м. Запоріжжя).

Структура роботи. Структурно робота складається з вступу, трьох розділів, висновків. Загальний обсяг 77 сторінок. Включає 29 рисунків, 9 таблиць, список використаних джерел з 19 пунктів.

1 АНАЛІЗ НОРМАТИВНОЇ БАЗИ ТА НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ В ОБЛАСТІ ТЕХНОЛОГІЙ «ЗЕЛЕНОГО» БУДІВНИЦТВА

1.1 Розвиток вітчизняної та зарубіжної нормативної бази, що сприяє адаптації «зелених» технологій у сучасному будівництві

Нормативна система в галузі сучасного будівництва постійно розвивається, враховуючи сучасні технологічні тенденції та високі вимоги до енергоефективності, безпеки та якості будівельних робіт. На сьогоднішній день у сфері збереження енергоресурсів та підвищення енергетичної ефективності діє низка норм, зокрема, Федеральний закон № 261-ФЗ "Про енергозбереження та підвищення енергетичної ефективності". Згідно з указом Президента України від 4 червня 2008 року № 889 "Про заходи щодо підвищення енергетичної та екологічної ефективності української економіки" в галузі будівництва та комунального господарства реалізуються планові заходи.

Обов'язкові вимоги безпеки та охорони природного середовища на етапі будівництва будівель та об'єктів різного призначення визначені у Федеральному законі від 30 грудня 2009 року № 384-ФЗ "Технічний регламент про безпеку будівель та споруд". Згідно зі статтею 36 Федерального закону № 7-ФЗ "Про охорону навколишнього середовища" необхідно враховувати норми допустимого антропогенного навантаження під час будівництва об'єктів та використовувати передові технології для мінімізації шкідливого впливу та відновлення природного середовища.

Стаття 34 цього закону визначає необхідність проведення природоохоронних заходів протягом усього експлуатаційного періоду будівель. При проектуванні будівель та інших об'єктів важливо враховувати норми щодо навантаження на навколишнє середовище, встановлені містобудівним кодексом

України та іншими відповідними документами. В сфері організації будівельного виробництва в галузі екологічного будівництва ключову роль відіграють нормативні документи, що регулюють енергоефективність та ресурсозбереження на різних рівнях.

Відповідно до сучасних стратегій екологічного управління у системах стандартизації для житлових та громадських будівель визначена система класифікації "зелених" об'єктів, при цьому призначені бали розподілені на такі класи:

- Клас А – від 520 до 650 балів;
- Клас В – від 420 до 519 балів;
- Клас С – від 340 до 419 балів;
- Клас D – від 260 до 339 балів;
- Клас Е – від 170 до 259 балів;
- Клас F – від 100 до 169 балів;
- Клас G – від 0 до 99 балів.

Сертифікації підлягають лише ті будівлі, які відносяться до класів "А", "В", "С" та "D". Для отримання платинового сертифіката (найвищого рівня), будинок повинен набрати не менше 520 балів. Якщо об'єкт будівництва набрав менше 260 балів, він не підлягає сертифікації.

На етапі організаційно-технологічного проектування замовник може передбачити клас "зеленої" будівлі, який може бути зазначений в результаті проведення проектних робіт.

Методичні принципи комплексного проектування, організації та управління будівництвом на різних етапах життєвого циклу, з урахуванням економічних чинників, представлені у працях визнаних українських вчених, зокрема, Волкова О.О., Гусакова Є.А., Теліченко В.І. і інші. Теоретичні дослідження в галузі планування та прийняття рішень за різними методами організації є ключовими інструментами для розробки енергоефективних та сучасних технологій будівництва.

Основним регулятивним документом у галузі організаційно-технологічного проектування для цивільних та промислових будівель є затверджений у 2011 році СП 48.13330. Цей документ конкретизує та розширює вимоги, визначені в БНіП 12-01-2004 "Організація будівництва", який регулює розробку організаційно-технологічної будівельної документації для різних будівельних об'єктів. Зазначений документ містить вимоги щодо впровадження нових технологій та обладнання, а також обов'язкове використання будівельних матеріалів та обладнання, передбачених на етапі проектування [62]. Відомості щодо організаційно-технологічного проектування визначаються на рівнях стандартів згідно з СТО НАБУД 2.33.14-2011 "Організація будівельного виробництва. Загальні положення" та СТО НАБУД 2.33.51-2011 "Організація будівельного виробництва. Підготовка та виробництво будівельних та монтажних робіт" [7,8].

Сучасні технічні рішення у конструкції огорожувальних елементів повинні відповідати вимогам енергоефективності, екологічності та архітектурно-планувальної естетики. Використання систем озеленення на покрівельних конструкціях призводить до збільшення трудомісткості та тривалості будівництва. Основні вимоги до покрівельних робіт регулюються СП 17.13330.2016 (оновлена редакція СНіП 11-26-76 "Покрівлі") та застосовуються в різних кліматичних зонах для будівель різного призначення [5].

Відповідно до СП 42.13330.2011 "Містобудування. Планування та забудова міських та сільських поселень" площа озелених територій на житлових районах та загальноміських об'єктах має становити не менше 6 кв.м на одну особу [1]. Розумне використання зелених насаджень як акустичних екранів розглядається як інженерно-технічне рішення для зниження рівнів шуму (якщо вони перевищують допустимі значення 40...70 дБА) на об'єктах, що вимагають захисту від шумових впливів [4,6].

Для оцінки відповідності принципам "зеленого" будівництва як в Україні, так і в іноземних країнах, були розроблені спеціальні інструменти, спрямовані на комерційну реалізацію проектів та надання сертифікатів "зеленої" житлової та громадської забудови.

На сучасний момент дві з найвідоміших та широко використовуваних методик для оцінки рівня екологічності будівель - це BREEAM, представлена BreGlobal, і LEED, розроблена Американською Радою з екологічного будівництва [9, 11].

У сфері технологій "зеленого" будівництва активно відбувається стандартизація в ряді іноземних країн з участю різних організаційних структур, які приймають участь у їхньому розробленні [8].

В Німеччині, організація FBB (Fachvereinigung Bauwerksbegrünung) визначає принципи "зеленого" будівництва, зосереджуючись на озелененні дахів та фасадів. Ця організація надає практичні рекомендації та основні відомості про будівництво "зелених" об'єктів.

Одним із перших нормативних документів в даній галузі є німецький стандарт "Планування, виконання та обслуговування зеленого простору на даху", опублікований у 1990 році (FLL), розроблений Дослідницьким товариством з озеленення та ландшафтного розвитку в Бонні, Німеччина. Ці рекомендації включають в себе різноманітні типи зелених дахів, рослинні покриви, вимоги до інженерного забезпечення, детальний опис процесів влаштування та технічного обслуговування зелених дахів. Ці рекомендації широко використовуються для міських територій в Європейських регіонах, зокрема, для систем зелених дахів, введених у Гамбурзі, Німеччина [8].

В Італії був впроваджений стандарт UNI 11235: 2007, спрямований на розробку та впровадження систем "зеленої" покрівлі. Цей стандарт, використовуючи багатокритеріальний підхід, визначає процеси планування, реалізації, моніторингу та обслуговування "зелених" покрівель. Він також

сприяє використанню інновацій у будівництві покрівель із системами озеленення [9,10].



Рисунок 1.1 – Системи «зеленої» покрівлі,
побудовані в Гамбургу, Німеччина

Стандарт UNI 11235: 2007 регулює шари "зеленої" покрівлі, включаючи несуче покриття, водонепроникний шар, захищаючий від проникнення води, протикореневий шар, мембрану для захисту від механічних ушкоджень, дренажний шар для відведення надлишкової води, водоутримуючий шар для збирання дощової води, тканинний фільтр для захисту дренажного шару, живильне середовище, верхній шар ґрунту, рослинний шар та інші. Ця комплексна конструкція гарантує ефективний захист несучих конструкцій від зовнішніх впливів.

1.2 Наукові дослідження та розробки в галузі вдосконалення експлуатованих покриттів цивільних будівель

Проблеми вдосконалення технологій влаштування покрівельних конструкцій, призначених для захисту, активно розглядалися вітчизняними науковцями, такими як В.Б. Белевіч, А.В. Дегтяренко, О.Л. Жолобов, Н.В. Розанцева та інші [6,8]. З їхніх розробок виникли конкурентоспроможні технічні рішення та методи виконання комплексних робіт, що включають будівництво, усунення пошкоджень та модернізацію класичного покриття для покрівлі. Це призвело до помітного зниження трудовитрат та витрат, одночасно збільшивши термін експлуатації покрівельного покриття та підвищивши енергоефективність будівлі через мінімізацію точок тепловиток через огорожувальні конструкції. Наприклад, дослідження Н.В. Розанцевої теоретично та експериментально обґрунтувало новий метод влаштування покрівель з уніфікованих швидкозбірних елементів високої міцності, що дозволяє зменшити вагу та вартість покрівлі [5].

Методологічні засади розробки раціональних організаційно-технологічних рішень для нових видів покрівель закладено у теоретичних працях О.О. Афанасьєва, С.А. Баркалова, П.Г. Грабового, Є.А. Гусакова, О.А. Короля, П.М. Курочки, А.А. Лапідуса та інших [1,2,4,5]. Основи організації та управління в будівництві також розглядалися у працях П.П. Олійника, С.А. Синенка, К.А. Шрейбера та інших [4,5,7].

Багато наукових питань у галузі технологій та організації енергоефективного будівництва, включаючи використання прогресивних технологій для огорожувальних конструкцій покриттів, були вивчені вченими за кордоном, такими як R. Castleton, H. F., Stovin, V. Beck, SB Davison, C. Feng, JS Masivog та інші [7,8,9]. Ефективність застосування енергоефективного будівництва була досліджена для різноманітних об'єктів будівництва [8].

Попри аналіз та вивчення даних проблем, вирішення організаційно-технологічного моделювання будівельних процесів при впровадженні технологій "зеленого" будівництва потребує накопичення параметричних даних для врахування варіативності при виборі оптимальних рішень.

Вагомий внесок у розв'язання питань становлення та розвитку "зеленого" будівництва зробили видатні зарубіжні вчені. Наукові підходи до використання систем оцінки "зелених" будівель в процесах моделювання та проектування "зеленої" інфраструктури в управлінні міським середовищем, а також питання використання технологій покрівельних покриттів з системами озеленення висвітлені у роботах D.L. Nguyen, H.T. Nguyen, A. Spala та інші [9,10]. Їхні дослідження включають комплексну оцінку вже побудованих будівельних об'єктів з використанням сучасних "зелених" технологій.

Розвиток будівництва об'єктів із системами озеленення покрівельних покриттів закордоном підтримується рядом патентованих технологій. Було проаналізовано закордонні патенти відомих патентних відомств, таких як WIPO, USPTO, Patentscope, Espacenet, щодо систем та технологій улаштування покрівельних покриттів із системами озеленення [4]. Найбільш перспективними є модульні конструкції, які відрізняються збірно-розбірною технологією. Тимчасові системи озеленення успішно використовуються на покрівельних покриттях у Великій Британії, Данії, Австрії, Нідерландах (див. рисунок 1.2).

У деяких північних країнах, таких як Норвегія, до 90% об'єктів нерухомості обладнані експлуатованою покрівлею із зеленими насадженнями. Німеччина, яка вважається лідером у галузі технологій "зеленого" будівництва та столицею "зеленої" Європи, розробляє та застосовує стандарти якості для організації покрівельних покриттів із системами озеленення на будівлях. Поточно будівництво покрівельних покриттів із зеленими системами в Німеччині зростає приблизно на 13,5 млн. кв.м щорічно. Ця тенденція вказує на те, що приблизно 14% нових будівель у Німеччині щорічно буде оснащено покрівельними покриттями із системами озеленення [8].



Рисунок 1.2 – Системи озеленення на кровлях і фасадах будівель в Австрії

Прикладом успішної реалізації "зеленого" будівництва є спорудження першої "Зеленої" будівлі в столиці, відомої як "Живий офіс". Після введення в експлуатацію ця технологічна будівля повинна відповідати високим стандартам екологічної безпеки та енергоефективності [54].

1.3 Загальні принципи та особливості пристрою експлуатованих покрівельних покриттів із системами озеленення

Експлуатовані покрівлі із системами озеленення стали важливим аспектом у сучасній будівельній сфері, втілюючи концепцію "зеленого" будівництва. Складні багатошарові структури цих покрівель, відомі як "покрівельний пиріг", включають різні шари, кожен з яких виконує різноманітні функції, такі як теплоізоляція, водопоглиблення та створення сприятливого середовища для зростання рослин.

Багатоелементна конструкція покрівлі з системами озеленення включає різні шари, такі як рослинний покрив, ґрунт, фільтруючий шар, дренаж, гідроізоляція та теплоізоляція (див. рисунок 1.3). При влаштуванні таких покрівель всі будівельні матеріали повинні відповідати актуальним стандартам стандартизації, а також враховувати параметри житлових та громадських будівель [10-12].

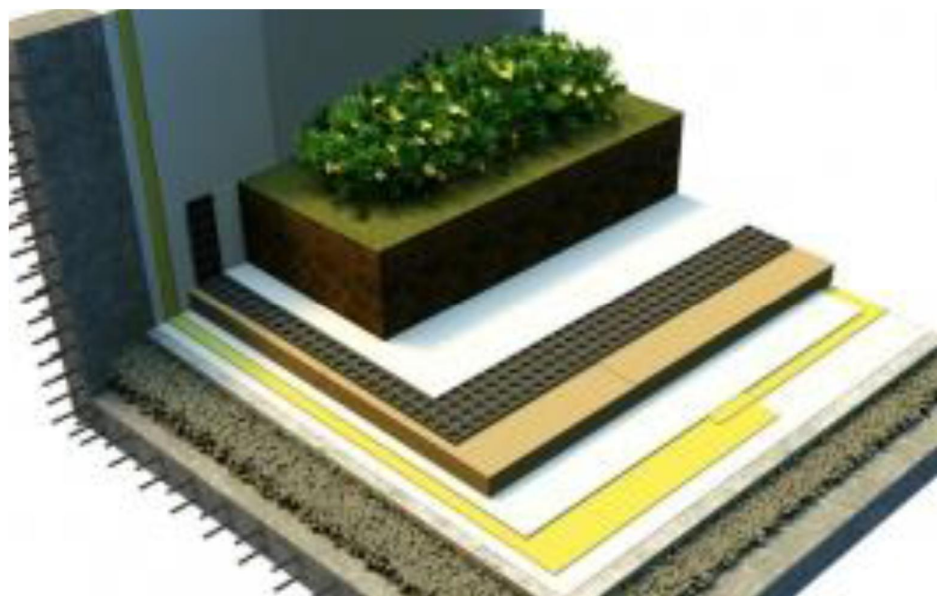


Рисунок 1.3 – Конструктивне рішення багатошарової покрівлі з системами озеленення

Вибір рослинного покриву залежить від місця розташування покрівлі та конкретних кліматичних умов. Зазвичай, для систем озеленення покрівлі вибирають газон, ґрунтопокривні седуми та різні види мохів, які відзначаються стійкістю до природних умов. Товщина ґрунтового шару регулюється відповідно до типу озеленення покриття: інтенсивного, напівінтенсивного або екстенсивного. Додавання пухких наповнювачів, таких як торф, пісок та різні неорганічні добавки, допомагає зменшити вагу ґрунтового шару та, отже, навантаження на покрівлю.

Геотекстиль виконує роль фільтруючого шару, і рекомендується використовувати термоскріплений геотекстиль (нетканий матеріал), стійкий до агресивних середовищ і ультрафіолетового випромінювання, а також стійкий до розкладання під впливом бактерій.

Дренажний шар призначений для ефективного видалення надлишкової води з ґрунтового шару. У ролі дренажу (протикореневого шару) використовують гранули пінополістиролу, фольгоізол та скловолокно.

Шар гідроізоляції служить захистом покрівлі, запобігаючи проникненню вологи всередину будівлі. Основним матеріалом для гідроізоляції є бітумний полімерний будматеріал, який може бути встановлений як в один, так і в декілька шарів, включаючи:

- полімерні бітумні гідроізоляційні мембрани з протикореневим захистом, що є екологічно чистим матеріалом;
- алюмінієвий або мідний шар фольги на мембрані;
- рідка гума;
- поліетиленова плівка.

На плоских покриттях покрівель рекомендується використовувати гідроізоляцію з ухилом від 3% до 5% для забезпечення ефективного відведення води.

Теплоізоляцію рекомендується виготовляти з піностиролбетону, піноскла або перлітового піску. В інверсійних покрівлях екструдований пінополістирол або мінеральна вата можуть виконувати роль теплоізоляційного шару, який постачається у формі плит для зручності монтажу. Товщина теплоізоляційного шару і покриття визначається розрахунками, враховуючи властивості інших шарів покрівлі щодо утримання тепла.

Покрівельні покриття з системами озеленення можуть включати водонепроникну мембрану, яка наноситься на поверхню даху. Шар ґрунту або іншого живильного середовища для рослин поміщають поверх мембрани разом із насінням або рослинами.

Важливо відзначити, що дослідження українських вчених з використання технологій "зеленого" будівництва є обмеженим та нешироко розповсюдженим [7].

Модульні системи покрівельних покриттів стають все більш популярним рішенням у будівництві, оскільки вони дозволяють зменшити витрати на кожен конкретний проект покрівлі, що робить їх більш доступними та економічно ефективними. Завдяки використанню міцних та легких матеріалів, модульні системи покрівельних покриттів забезпечують простоту обслуговування та тривалий термін служби покрівлі.

Кожен модуль має вбудований лоток для субстрату та рослин, обгороджений водонепроникною мембраною та дренажним покриттям, що може бути розташоване як в середині, так і зовні модуля. Для експлуатованих покрівель із системами озеленення все частіше використовують покриття на регульованих опорах, щоб полегшити навантаження на будівлю під час експлуатації (рисунок 1.4).

Модуль може бути оснащений біорозкладним дном та розкладаючимися стінками, що оточують його периметр (рисунок 1.5). Поверхня дна модуля розроблена так, що дозволяє воді проходити через неї, забезпечуючи при цьому блокування росту рослин. Водонепроникна мембрана має оптимальні розміри та форму, щоб покривати

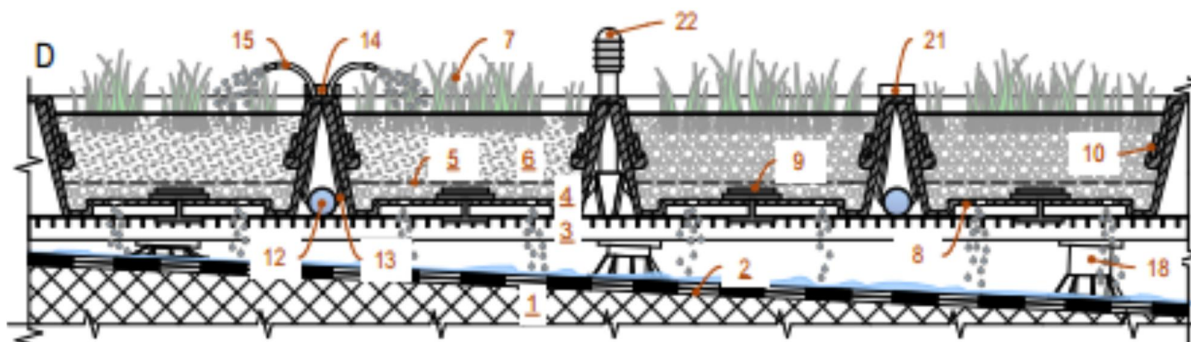


Рисунок 1.4 – Система кровлі з модульною системою озеленення із застосуванням регульованих опор: 1 — покриття основи; 2 — гідроізоляційний шар; 3 — решетчатий настил; 4 — потоки води; 5 — дренажний шар; 6 — питальна середовище; 7 — низькорослі рослини; 8 — модуль з рослинністю; 9 — закріплюючий елемент; 10 — ободок; 11 — сполучне пристрій; 12 — шланг; 13 — трубки доставки води до систем полива; 14 — перфорована кришка; 15 — трубки капельного орошення; 16 — панель сонячних батарей; 17 — спринклер; 18 — регульована опора

дно модуля зеленої покрівлі, дозволяючи воді вільно просочуватись, але утруднюючи росту рослин через неї. Дренажне покриття розташоване нижче водонепроникної мембрани так, що частина води, що проходить через неї, може стікати з лотка.

Існує безліч варіантів модульних систем різної форми та конфігурації, які можуть покривати весь дах або його частину (рисунок 1.6). Ці модулі можуть бути заповнені рослинами або наповнені водою. Також можливе використання модульних систем з озелененням при влаштуванні енергоефективних вентиляваних фасадів. При цьому модулі можуть бути встановлені один на одного вертикально, утворюючи багаторівневі системи вертикального озеленення.

Конструкція покрівлі із системами озеленення може бути реалізована в двох основних варіантах: традиційному та інверсійному. У традиційному варіанті шар гідроізоляції розташовується після теплоізоляції, тоді як у інверсійному варіанті гідроізоляційний шар монтують під теплоізоляцією. Типологія покрівельних покриттів із системами озеленення включає:

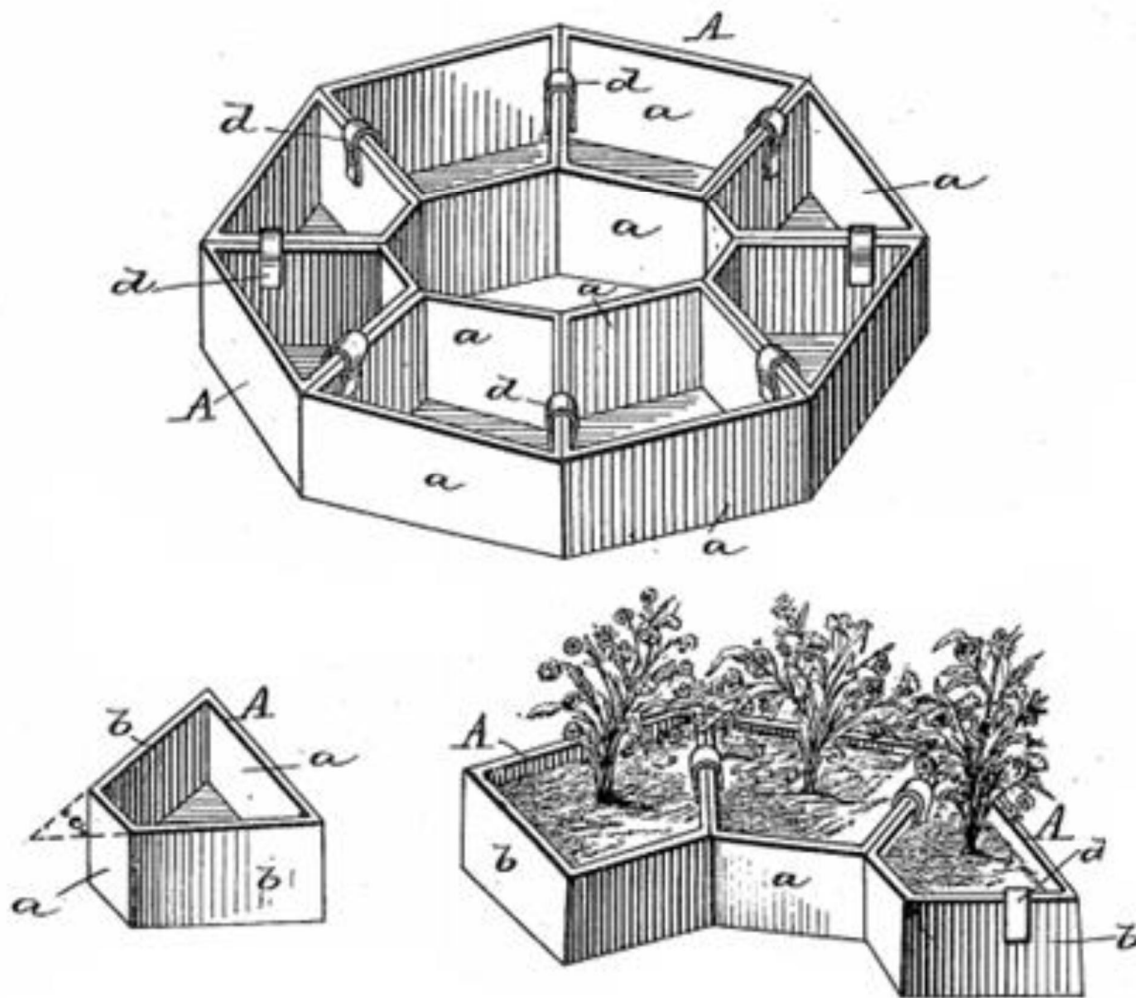


Рисунок 1.5 – Модульна система озеленення зі стенками і з дном з біорозкладаного матеріалу: а, А - внутрішні і зовнішні стенки модулів; б - сполучні елементи модулів

- Інтенсивні покрівлі із системами озеленення;
- Напівінтенсивні покрівлі із системами озеленення;
- Екстенсивні покрівлі із системами озеленення;
- Покрівлі із системами озеленення суцільного килимового покриття;

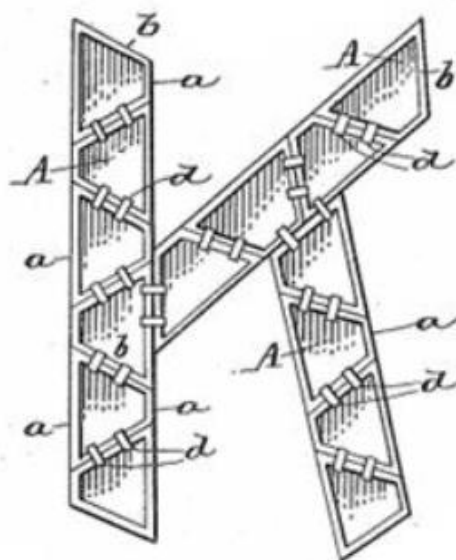
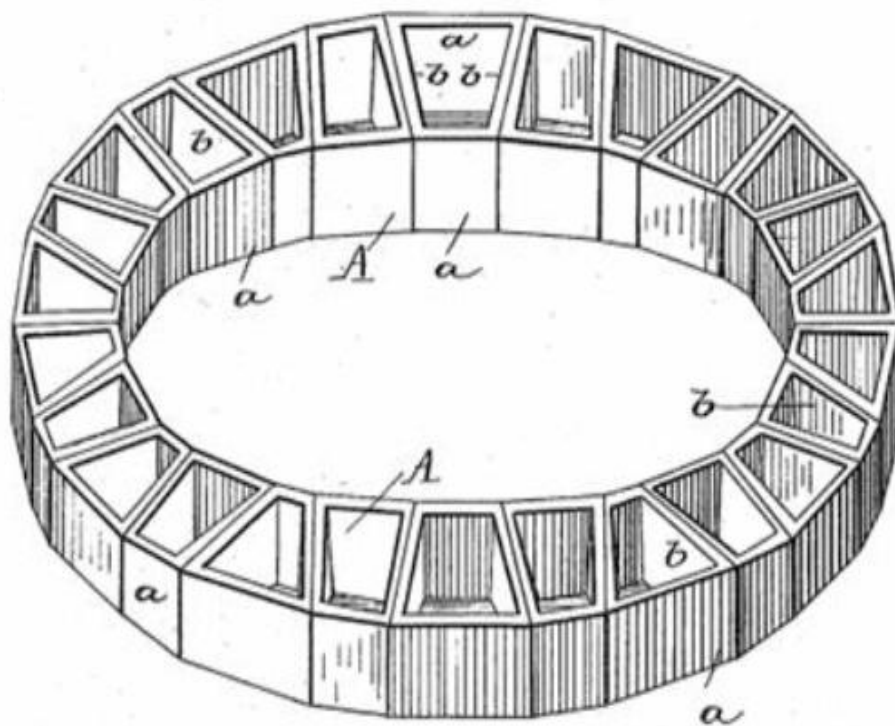


Рисунок 1.6 – Об'єднання модулів кровлі з системами озеленення: а, А – внутрішні та зовнішні стінки модулів; б - сполучні елементи модулів

- Покрівля із системами озеленення із використанням модульних конструкцій (покрівельні покриття з модульними системами озеленення).

Типологічна схема покрівельних покриттів із системами озеленення представлена на рисунку 1.7.

Інтенсивні покрівлі із системами озеленення включають різноманітні види рослин, такі як великі чагарники та дерева, створюючи можливість для облаштування паркових зон або садів на покрівлі. Такі системи мають найбільше навантаження на несучі конструкції покрівлі, і товщина ґрунтового шару коливається від 0,2 до 0,6 метра. Вага інтенсивних покрівель із системами озеленення становить від 175 до 500 кілограмів на квадратний метр в сухому стані, залежно від глибини ґрунтового шару. Важливо зауважити, що такі покриття потребують додаткових витрат на технічне обслуговування.

Товщина ґрунтового шару у покрівельних системах із зеленими насадженнями екстенсивного типу обмежена до 0,15 м, що дозволяє вирощувати лише компактні рослини, такі як ґрунтопокривні. Відмінність від інтенсивного типу полягає в тому, що у екстенсивному розташуванні гідроізоляційного шару відбувається зверху, а не знизу, для захисту від механічних пошкоджень.

Для влаштування екстенсивних покрівель із системами озеленення кут нахилу покрівлі повинен бути в межах 5-8° для необхідного стоку води, а при нахилі покрівлі від 12° та вище рекомендується використовувати поперечні фіксатори, такі як дерев'яні дошки або георешітки, для утримання ґрунту.

Враховуючи склад та виготовлення субстрату, види озеленення та використані групи рослин, виділяють групи та види субстратів та їх компонентів:

- Ґрунт - збагачений верхнім та (або) нижнім шаром.
- Сипучі речовини:
 - мінеральні суміші з високим вмістом органічних речовин;
 - мінеральні суміші з низьким вмістом органічних речовин;
 - мінеральні суміші із пористими гранулами без органічних речовин;

- Субстрати:
 - із модифікованих піноматеріалів;
 - з мінеральних волокон;
- Рослинні (вегетаційні) матеріали:
 - з гранульованими мінеральними сумішами/органічними речовинами.

Залежно від щільності субстрату виокремлюють субстрати з щільністю менше 0,8 кг/куб.м та понад 0,8 кг/куб.м в сухому стані. Вибір компонентів субстрату та їх розташування визначаються відповідно до цілей та видів озеленення покрівлі. При глибині субстратного шару понад 35 см рекомендується зменшувати вміст органічних речовин або насипати субстрат так, щоб верхній шар відрізнявся від нижнього, де вміст органічних речовин повинен бути дуже низьким. При проектуванні екстенсивних та інтенсивних покрівельних систем слід враховувати норми щодо навантажень та впливів на покрівлю.

1.4 Формування основних підходів до розробки технології улаштування покрівельних покриттів з модульними системами озеленення

Серед різноманітних технологій "зеленого" будівництва варто виділити конструктивно-технологічне рішення стосовно покрівельного покриття з модульною системою озеленення. При формуванні такого покрівельного покриття застосовуються опорні елементи на нахилених дахах. Основним елементом у цьому покрівельному покритті є модуль, який може бути виконаний у вигляді лотка з багатокутною або округлою поверхнею. Завдяки спеціальним засувкам, лотки можуть швидко та надійно з'єднуватися, утворюючи єдиний килим. Цю модульну систему можна встановлювати на дахах з нахилом, що не перевищує 20%. Мобільність та можливість розбірно-збірного монтажу конструкції покрівельного покриття з

модульною системою озеленення становлять ключові переваги для використання в умовах неприємного клімату, зокрема в холодний період року. Створення покрівельного покриття з модульною системою озеленення є значущим удосконаленням системи конструкції зелених покрівель, яка включає в себе модулі, призначені для установки на терасні або інші експлуатовані поверхні. Можливість обрання об'ємних форм, таких як "Т", "+", або "U", сприяє ефективному використанню системи водовідведення для покрівлі чи терасної поверхні. Конструктивно модулі можуть бути встановлені з можливістю роз'єднання, з'єднані за допомогою заціпок, що дозволяє проводити ремонтні роботи з легкістю, просто видаляючи необхідні елементи (див. рисунок 1.8).



Рисунок 1.8 – Встановлення елементів покрівельного покриття із модульною системою озеленення

Модулі покрівлі представляють собою легкі та портативні конструкції, які можуть легко підніматися для спрощення встановлення та ремонту поверхні покрівельного (терасного) покриття, без необхідності демонтажу значної частини вже встановленої покрівлі. Використання модулів покрівлі сприяє покращенню гнучкості конструкції та розширює вибір будівельних матеріалів для експлуатованого модульного даху із системами озеленення [3,8].

Важливо відзначити, що серед проведених досліджень, які були представлені у наукових публікаціях, питання технології та організації будівельних робіт для покрівельних покриттів із системами озеленення є недостатньо вивченими. Є необхідність у розробці нових конструктивно-технічних рішень та дослідженні методів встановлення та технології зведення покрівельних покриттів, що дозволить раціонально використовувати потенціал технологій зведення покрівельних покриттів із системами озеленення.

Огороджувальні конструкції будівель із застосуванням покрівельних покриттів із системами озеленення включають кілька конструкційних шарів у "покрівельному пирозі". Існують різниці в застосуванні та складі цих шарів (таблиця 1.1) [9].

Згідно з проведеним аналізом, покрівельні покриття з модульними системами озеленення включають такі елементи:

- Модуль А - квадратний лоток розміром 500 x 500 x 100 мм;
- Модуль В - квадратний лоток розміром 500 x 500 x 150 мм;
- Модуль С - квадратний лоток розміром 400 x 400 x 100 мм;
- Модуль D - лоток із закругленими краями розміром 400 x 500 x 100 мм.

З таблиці 1.1 видно, що рішення для пристрою покрівельного покриття з модульною системою озеленення є більш вигідним, оскільки кожен модуль виконує кілька функцій конструкційних шарів покрівлі, таких як живильне середовище, фільтруючий шар у вигляді мембрани, дренажний шар та протикореневий шар. Це робить модульну систему покрівлі більш універсальною для створення "покрівельного пирога".

При встановленні на будівлю покрівлі із зеленими насадженнями застосовується сучасне покриття, яке включає регульовані опори (рисунок 1.9) [7].

Таблиця 1.1 – Оцінка конструкційних шарів покрівельного покриття із системами озеленення

Типи дахів / Шар покрівлі	Рулонне покрівельне покриття	Інтенсивний тип покрівельного покриття з модульної системою озеленення (Тип А)	Інтенсивний тип покрівельного покриття з модульної системою озеленення (тип В)	Екстенсивний тип покрівельного покриття з модульної системою озеленення (тип С)	Напів-інтенсивний тип покрівельного покриття з модульної системою озеленення (тип D)
Шар 1	Рослинний шар	Седуми, багаторічники, чагарники	Седуми, багаторічники, чагарники	Трав'яний покрив	Седуми, трави
Шар 2	Поживна середа	Модуль А з наповненням	Модуль В з наповненням	Модуль С з наповненням	Модуль D з наповненням
Шар 3	Фільтруючий шар у вигляді мембрани				
Шар 4	Дренажний шар				
Шар 5	Захисний шар (від коріння)				
Шар 6	Шар теплоізоляції	Шар теплоізоляції	Шар теплоізоляції	Шар теплоізоляції	Шар теплоізоляції
Шар 7	Шар гідроізоляції	Шар гідроізоляції	Шар гідроізоляції	Шар гідроізоляції	Шар гідроізоляції
Шар 8	Основа покриття	Основа покриття	Основа покриття	Основа покриття	Основа покриття



Рисунок 1.9 – Процес влаштування покрівлі із системами озеленення на регульованих опорах

Для проведення дослідження взято об'єкти-аналоги, які представляють конструктивно-технологічні рішення плоского дахового покриття (з ухилом до 3%), розташованого на висоті до 15 метрів і має в основі залізобетонну плиту площею 100 квадратних метрів. Для здійснення порівняльного аналізу параметрів та ефективності використовувалися аналогічні покрівельні системи, що вже в експлуатації:

- Зелені насадження на регульованих опорах з можливістю встановлення модульних конструкцій;
- Бітумно-полімерний матеріал, який постачається в рулонах та нагрівається на поверхню даху;
- Використання мастики.

При цьому враховувалися технологічні операції та витрачена робоча сила під час монтажу покрівельного покриття.

Згідно з СП 17.13330.2016 "СНиП 11-26-76 Покрівлі", конструкція покрівельного покриття включає в себе основу, теплоізоляційний шар, гідроізоляційний (підпокрівельний) шар, пароізоляцію та несучу конструкцію, до якої можуть входити залізобетонні плити, профнастил та інші матеріали. Для вивчення

технології будівництва несучої основи покрівельних покриттів із системами озеленення для визначення додаткових витрат у порівнянні з традиційними покрівельними покриттями, а також для докладного аналізу трудомісткості та тривалості виконання робіт, необхідно поділити їх на структурні сегменти (конструктивні блоки), а саме:

- Несуча конструкція;
- Багатошарова конструкція;
- Покрівля (див. Таблицю 1.2).

В результаті аналізу виконаних робіт з облаштування різних типів покрівель можна прийти до висновку, що найбільш трудомістким етапом є формування плоского даху із застосуванням бітумно-полімерного матеріалу, який нагрівається та наноситься рулонами. Це пов'язано з необхідністю додаткової обробки основи бітумної мастикою перед укладанням рулонів, а також нанесенням шару гравію на розплавлений бітум, що виконує захисну роль (Блок III. Покрівля, див. табл. 1.2). Такі процеси також призводять до додаткових витрат під час проведення капітального ремонту покрівлі, оскільки традиційний метод передбачає часткову або повну заміну багатошарового покриття [2].

Оптимальним вирішенням для облаштування експлуатованого даху є використання покриття із зеленими насадженнями, яке монтується на регульованих опорах за допомогою модульних конструкцій. Простота цієї конструкції зумовлюється відсутністю складнощів при монтажі паро- та гідроізоляційного шарів, оскільки їх функції виконує трав'яний покрив. Для підготовки системи озеленення необхідні лише обмежені трудові ресурси - 9,66 чол.-год./100 кв.м покриття, що облаштовується. Цей показник менший на 70%, порівняно з трудомісткістю, потрібною для монтажу аналогічного покрівельного покриття.

Таблиця 1.2 – Перелік робіт при влаштуванні покрівельних покриттів, що експлуатуються

Вид покриття покрівлі	Технологічні операції
Покриття покрівлі із зеленими насадженнями на регульованих опорах із можливістю монтажу модульних конструкцій	<p>I. Несуча конструкція: очищення та просушування основи;</p> <p>II. Багатошарова конструкція: будова бітумного покриття;</p> <p>III. Покрівля: будова регульованих опор на покритті; встановлення ґратчастого настилу; укладання модулів.</p>
Бітумно-полімерне покриття покрівлі	<p>I. Несуча конструкція: очищення та просушування основи;</p> <p>II. Багатошарова конструкція: будова пароізоляції; будову теплоізоляційних плит; будову цементно-піщаної стяжки (ЦПС); будову бітумного покриття;</p> <p>III. Покрівля: укладання бітумно-полімерного матеріалу в 2 шари; обробка звисів та примикань; будову системи водостоку.</p>
Покриття покрівлі із застосуванням мастики	<p>I. Несуча конструкція: очищення та просушування основи;</p> <p>II. Багатошарова конструкція: будова пароізоляції; будову теплоізоляційних плит; будову цементно-піщаної стяжки (ЦПС);</p> <p>III. Покрівля: нанесення мастики в три шари; обробка звисів та примикань; будову системи водостоку.</p>

Найменш трудомістким процесом є монтаж покрівлі з бітумно-полімерного рулонного матеріалу (трудові витрати на 16% менше, ніж при монтажі «зеленого» даху і на 27% менше - при облаштуванні мастичної покрівлі). Проте для цього типу даху необхідні значні витрати на етапі підготовки монтажних операцій (рисунок 1.10). Важливо зауважити, що масове впровадження передових рішень, спрямованих на полегшення та покращення технологічних аспектів, пов'язаних із створенням покрівель із зеленими насадженнями та використанням регульованих опор, вимагає проведення досліджень параметрів, що характеризують ці технологічні процеси, та вдосконалення нормативно-технічного регулювання в даному напрямку.

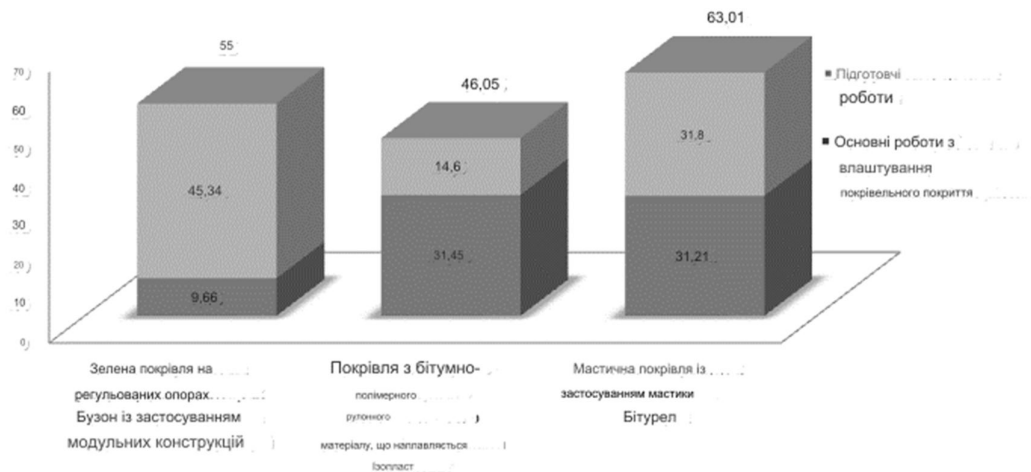


Рисунок 1.10 – Діаграма питомих трудових витрат на етапі влаштування покриття покрівлі, чол.-ч / 100 кв.м

РОЗДІЛ 2 ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ УЛАШТУВАННЯ ПОКРІВЕЛЬНИХ ПОКРИТТІВ З МОДУЛЬНОЮ СИСТЕМОЮ ОЗЕЛЕННЯ

2.1 Особливості конструктивно-технологічного вирішення покрівельних покриттів із модульною системою озеленення

Спеціально розроблене конструктивно-технологічне рішення для озеленення експлуатованих покрівель включає модульну систему, яка може застосовуватися на будь-яких типах будівель: від житлових і громадських до промислових об'єктів, спортивних майданчиків, критих паркінгів, автозаправних станцій, терас та інших покриттів.

Наявність отворів та форма модулів "зеленої" покрівлі створює технічний простір між ними та основою покриття, дозволяючи прокладати інженерні комунікації та розташовувати опорні пристрої для акумуляції та перетворення енергії, а також елементи контролю водно-іригаційних систем.

Калібровані отвори в модулях "зеленої" покрівлі та сполучних елементах дозволяють їх встановлювати один на одного вертикально, що свідчить про універсальність системи та надає можливість реалізації об'ємно-модульного конструктивного рішення для системи вертикального озеленення.

Компоненти модульної конструктивної системи "зеленої" покрівлі виготовлені з пластику та мають збірно-розбірний характер. Рисунок 2.1 ілюструє покрівельне покриття із модульною системою озеленення, де представлені модулі "зеленої" покрівлі з різноманітним наповненням.

Сполучені модулі "зеленої" покрівлі, які призначені для наповнення субстратом та рослинним шаром, можуть бути встановлені як горизонтально, так і вертикально, утворюючи єдину інтегровану систему покриття. В цих

сполучних елементах модульної конструктивної системи "зеленої" покрівлі розташовані отвори для монтажу опорних пристроїв, таких як сонячні панелі та світлодіодні світильники, а також для елементів системи водно-іригаційного контролю, таких як спринклери, системи крапельного поливу та інші пристрої.

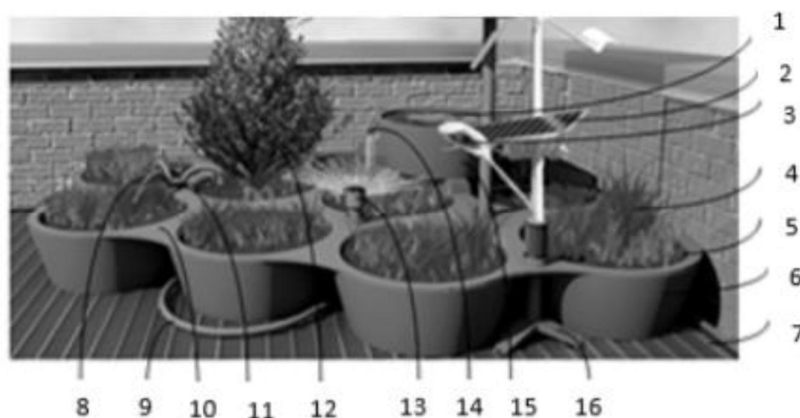


Рисунок 2.1 – Покрівельне покриття з модульною системою озеленення: 1 – модулі «зеленої» покрівлі, призначені для наповнення водою; 2 -пристрою, що акумулюють і перетворюють енергію; 3 – світлодіодні світильники; отвори круглого перерізу в бічній поверхні модуля; 4 -зелені насадження; 5 – субстрат; 6 - модулі «зеленої» покрівлі з субстратом та рослинним шаром; 7 - ґратчастий настил; 8 – системи краплинного поливу; 9 – інженерні комунікації; 10 – сполучні елементи; 11 - спринклери; 12 – рослинний шар; 13 - спринклери; 14 - трубки крапельного поливу; 15 – модулі вертикального озеленення; 16 - опорні установки пристроїв, що акумулюють та перетворюють енергію

Модулі "зеленої" покрівлі, заповнені водою, мають круглі отвори в бічній поверхні для елементів водно-іригаційного контролю та випуклість в центрі дна для вертикального встановлення. Вони можуть бути розміщені безпосередньо на покритті або на ґратчастому настилі, утворюючи технічний простір для інженерних комунікацій та інших елементів.

Розміри верхнього діаметра модулів "зеленої" покрівлі становлять 250 мм, 500 мм, 1000 мм, з нижнім діаметром 150 мм, 400 мм, 900 мм та висотою 100 мм, 200 мм, 400 мм. Ці розміри дозволяють створити оптимальну структуру взаємного розташування модульних конструкцій у просторі.

Для надійної фіксації, сполучні елементи модулів "зеленої" покрівлі з'єднуються спеціальними ободами всередині модулів. Також, модулі "зеленої" покрівлі, призначені для наповнення субстратом та рослинним шаром, обладнані отворами прямокутного та круглого перерізу у нижній поверхні для закріплювальних елементів та забезпечення роботи дренажної системи [4].

На рисунку 2.2 представлена тривимірна модель конструктивної системи "зеленої" покрівлі, яка складається з трьох модулів "зеленої" покрівлі для наповнення субстратом та рослинним шаром, з'єднаних сполучним елементом із отвором для пристроїв, що акумулюють та перетворюють енергію, а також елементів.

Для забезпечення роботи систем водно-іригаційного контролю, сполучні елементи можуть мати спеціальні отвори округлої форми, які виступають зверху на зовнішній поверхні, для інтеграції систем поливу та інших пристроїв (рисунок 2.3).

Деякі системи модульних зелених покрівель включають в себе можливість інтеграції систем поливу (див. рисунок 2.4). На рисунку 2.5 представлено скіц "зеленої" покрівлі, де схематично показано варіант розташування модулів. Складна форма покриття та наявність елементів малої архітектури дозволяють оптимально заповнювати простір різними модулями з урахуванням їхніх розмірів.

Забезпечення ергономічності архітектурно-планувального рішення досягається завдяки інтеграції в модульну конструктивну систему "зеленої" покрівлі систем крапельного поливу, сонячних панелей та інших пристроїв, які акумулюють та перетворюють сонячну та вітрову енергію. Це також включає в

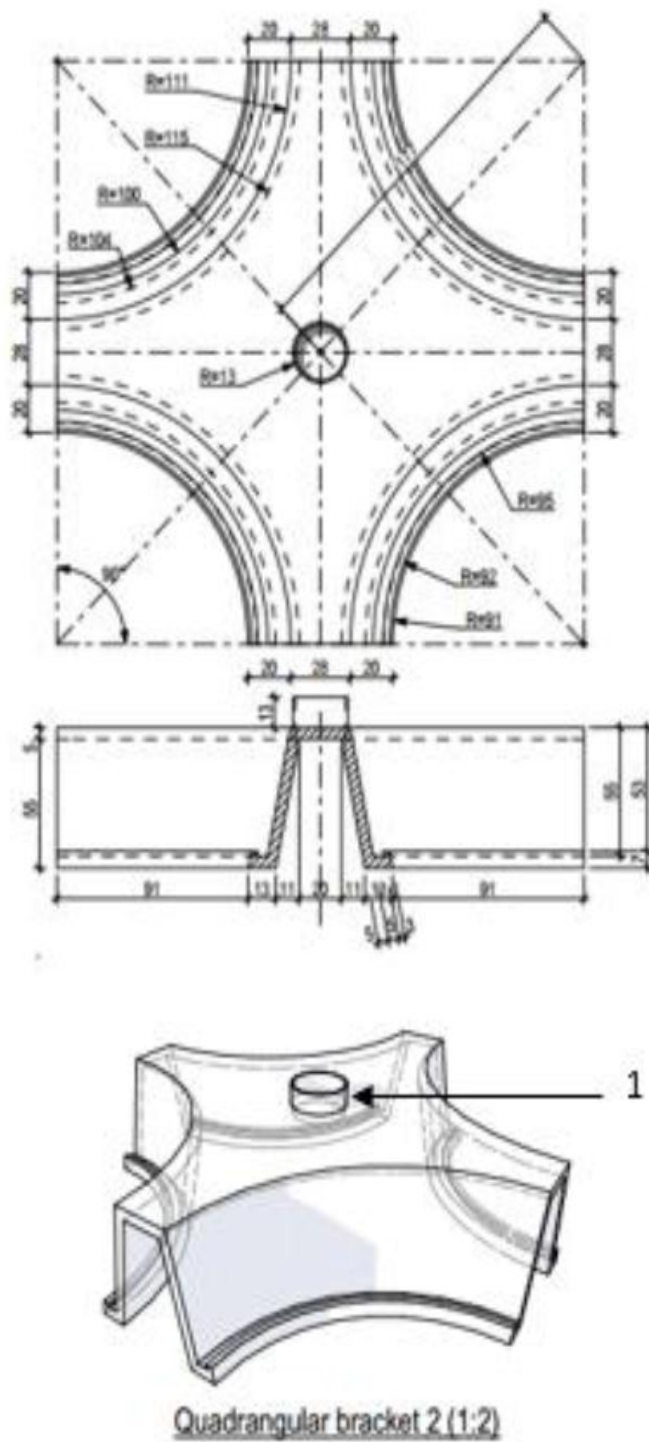


Рисунок 2.3 – Сполучні елементи модулів зеленої покрівлі: 1- отвір для інтеграції систем поливу та інших пристроїв

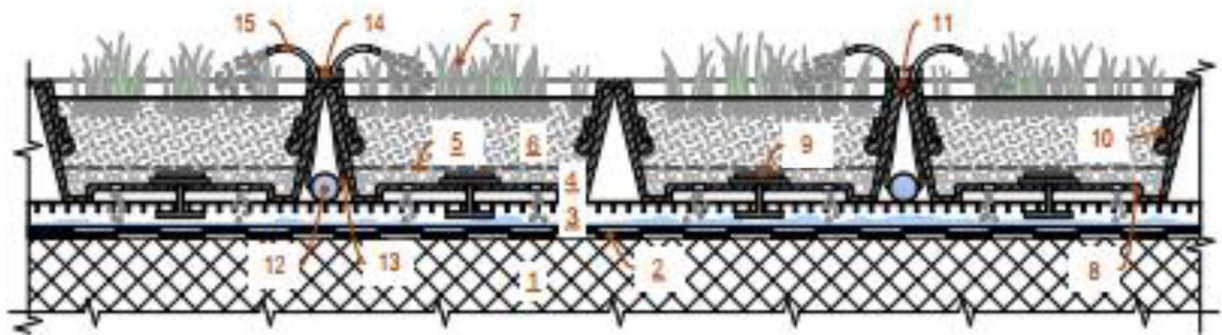


Рисунок 2.4 – Модульні системи зеленої покрівлі з інтеграцією пристроїв поливу: 1 – покриття основи; 2 - гідроізоляційний шар; 3 - ґратчастий настил; 4 - потоки води; 5 - дренажний шар; 6 - живильне середовище; 7 - низькорослі рослини; 8 - модуль з рослинністю; 9 - закріплювальний елемент; 10 - обід; 11 - сполучний пристрій; 12 - шланг; 13 - трубки водопостачальних систем; 14 - перфорована кришка; 15 - трубки краплинного зрошення



Рисунок 2.5 – Ескіз покрівлі із встановленням модульних систем озеленення

себе можливість використання різних елементів систем водно-іригаційного контролю та модулів "зеленої" покрівлі з різним наповненням.

У конструктивному рішенні передбачено використання об'ємно-модульних конструкцій як системи вертикального озеленення. Такі системи з високоміцного полімерного матеріалу можуть бути ефективними в різних кліматичних зонах України, особливо в південних регіонах з теплим кліматом [7]. Важливо враховувати особливості архітектурно-будівельного проектування, умови використання конструкцій та вибрати відповідні будівельні матеріали, враховуючи теплотехнічні параметри покрівельних конструкцій [6]. Система володіє численними перевагами, зокрема універсальністю, низькою конструктивною вагою та простотою монтажу.

2.2 Визначення складу та послідовності технологічних процесів та операцій пристрою експлуатованих покриттів з модульними системами озеленення

Для визначення структури та послідовності технологічних операцій при влаштуванні покрівельних покриттів із модульними системами озеленення використовувались конструктивні та організаційно-технологічні рішення проекту. Згідно з чинними нормативними актами, покриття (дах) є верхньою конструкцією будівлі, призначеною для захисту внутрішніх приміщень від природних впливів [8]. Конструктивно, дах складається з покрівлі, підпокрівельної основи, теплоізоляції, гідроізоляції, похиленого шару та несучих елементів (плити перекриття, профнастил і інше).

Покрівля є верхнім шаром даху, призначеним для захисту будівлі від атмосферних опадів. Її конструкція включає в себе основу, на яку встановлюються матеріали для покрівлі, а також елементи, що забезпечують вентиляцію, утримання снігу та безпечну експлуатацію даху [5]. Оскільки

розроблена система покрівлі з озелененням експлуатується та призначена для перебування на ній людей та обладнання, вона має захисний шар.

Системи модульного озеленення мають конструктивно-технологічні особливості, які потрібно враховувати під час розробки документів організаційно-технологічного проектування (див. рисунок 2.6). Виявлено

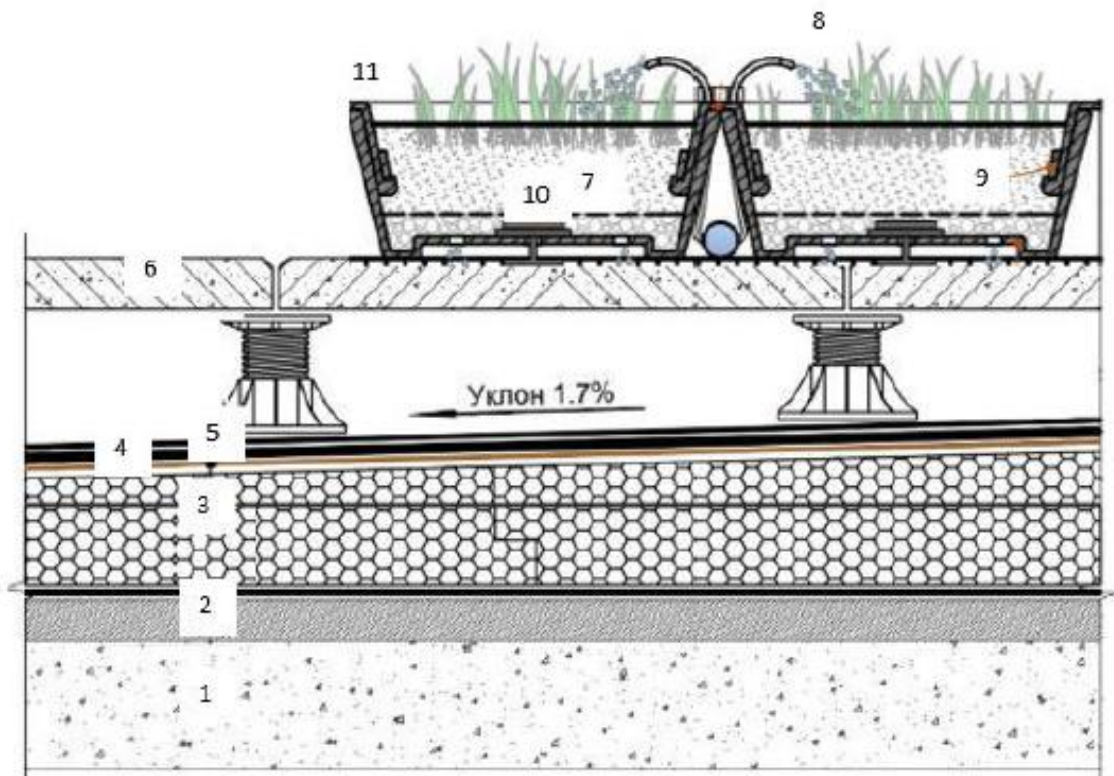


Рисунок 2.6 – Конструкція покриття з модульною системою озеленення: 1 – покриття основи; 2 - цементно-піщана стяжка; 3 - теплоізоляційний шар; 4 - гідроізоляційний шар; 5 - регульована опора; 6 - ґратчастий настил; 7 - ґрунтовий шар; 8 - сполучний пристрій з інтегрованими системами поливу; 9 - обід; 10 - закріплювальний елемент; 11 - модуль із зеленими насадженнями

взаємозв'язок між розташуванням конструктивних елементів та порядком технологічних процесів при влаштуванні покрівельного покриття з модульними системами озеленення (таблиця 2.1). Розкладання на окремі конструктивні

елементи розробленого конструктивного рішення даху з модульними системами озеленення дозволило описати послідовність їх установки при виробництві робіт на будівельному майданчику і сформуванню склад відповідних технологічних процесів і операцій.

Таблиця 2.1 – Конструктивні елементи та технологічні процеси влаштування покрівельного покриття з модульними системами озеленення

Конструктивні елементи	Технологічні процеси та операції
<p>I. Несуча конструкція</p> <p>1. Базове покриття (монолітна залізобетонна плита)</p> <p>II. Багатошарова конструкція</p> <p>2. Ухиляючий шар</p> <p>3. Теплоізоляційний шар</p> <p>4. Гідроізоляційний шар</p> <p>5. Регульована опора</p> <p>6. Гратчастий настил</p> <p>III. Покрівля</p> <p>7. Модуль (лоток круглого перерізу із матеріалу НОРЕ)</p> <p>8. Трубки крапельного поливу (інтеграція системи зрошення)</p> <p>9. Геотекстильний шар (геотекстильний мішок)</p> <p>10. Шар ґрунтовий</p> <p>11. Шар рослинний</p>	<p>I. Влаштування несучої конструкції</p> <p>1.1. Встановлення опалубки</p> <p>1.2. Армування плити покриття</p> <p>1.3. Бетонування плити</p> <p>1.4. Розпалубка</p> <p>II. Пристрій багатошарової конструкції</p> <p>2.1. Влаштування похилого шару</p> <p>2.2. Влаштування теплоізоляції</p> <p>2.3. Влаштування гідроізоляції</p> <p>2.4. Влаштування регульованих опор</p> <p>2.5. Укладання гратчастого настилу</p> <p>III. Влаштування покрівлі</p> <p>3.1. Установка модулів з ґрунтовим та рослинним шаром</p>

2.3 Упорядкування робочих операцій технологічних процесів улаштування модульних систем озеленення покрівлі

Упорядкування робочих операцій при будівництві покрівельних покриттів із модульною системою озеленення відбувалося в наступному порядку:

- Моделювання будівельних процесів для виділення організаційно-технологічної та функціональної моделі влаштування покрівельних покриттів із модульною системою озеленення.

- Розробка формалізованих методів упорядкування технологічних операцій, що входять до складу технологічних процесів влаштування покрівельних покриттів із модульною системою озеленення та формування організаційно-технологічних моделей на їх основі.

- Формалізація ключових параметрів моделей, таких як питомі трудовитрати, кількісний та кваліфікаційний склад виконавців технологічних процесів та операцій влаштування покрівельного покриття із модульною системою озеленення. Створення організаційно-технологічних моделей базується на принципах економії праці та часу, які були вперше висловлені Ф. Тейлором наприкінці XIX століття, і використовують методи мережевого планування, теорії розкладів, теорії графів, а також формальні методи експертного оцінювання, вже використовані в подібних дослідженнях [3,8].

Цей підхід дозволяє розробляти раціональні методи організації робочого місця, чітко розподіляти обов'язки між робітниками з урахуванням поділу праці та максимально поєднувати технологічні операції. У розроблену організаційно-технологічну модель влаштування покрівельного покриття із модульною системою озеленення входить 9 технологічних операцій у визначеному технологічному порядку (див. таблицю 2.2).

Таблиця 2.2 – Упорядкований перелік технологічних процесів та операцій улаштування покрівельного покриття з модульними системами озеленення із зазначенням робочих місць виконання робіт

Найменування технологічного процесу (технологічної операції)	Виконавці	Робочий простір процесу (операції)	Позначення процесу (операції)
I. Монтаж регульованих опор із кроком не більше 1 м			I
Розмітка покриття для розкладання опор (нівелювання)	Покрівельник 3 розряди -1, покрівельник 2 розряди - 1, покрівельник (робітник зеленого будівництва) 3 розряди -1	РЗ, ДПП	у ₁
Розкладка та приклеювання опор	Покрівельник 3 розряди -1, покрівельник 2 розряди - 1, покрівельник (робітник зеленого будівництва) 3 розряди -1	РЗ, ДПП	у ₂

Продовження таблиці 2.2

Найменування технологічного процесу (технологічної операції)	Виконавці	Робочий простір процесу (операції)	Позначення процесу (операції)
Регулювання кута нахилу опори	Покрівельник 3 розряди -1, покрівельник 2 розряди - 1, покрівельник (робітник зеленого будівництва) 3 розряди -1	РЗ, ДПП	у ₃
Кріплення фіксаторів	Покрівля (робочий зеленого будівництва) 3 розряди – 1	РЗ	у ₄
II. Установка гратчастого настилу 1 х 1 м			II
Укладання гратчастого настилу на опори	Покрівельник 3 розряди -1, покрівельник 2 розряди - 1	РЗ	у ₅
Фіксація гратчастого настилу	Покрівля (Робочий зеленого будівництва) 3 розряду - 1	РЗ	у ₆

Продовження таблиці 2.2

Найменування технологічного процесу (технологічної операції)	Виконавці	Робочий простір процесу (операції)	Позначення процесу (операції)
III. Монтаж модулів для зелених насаджень			III
Встановлення та з'єднання групи модулів групи модулів у кількості 4 шт.	Покрівельник 3 розряди -1, покрівельник 2 розряди - 1	РЗ, ДПП	у ₇
Фіксація групи модулів до гратчастого настилу	Покрівельник (робочий зеленого будівництва) 3 розряди -1	РЗ, ДПП	у ₈
Наповнення групи модулів ґрунтоґрунтом та посадковим матеріалом	Покрівельник 3 розряди -1, покрівельник 2 розряди - 1, покрівельник (робітник зеленого будівництва) 3 розряди -1	РЗ	у ₉

Примітки до таблиці 2.2: введено такі скорочення:

РЗ – робоча зона; УПП – ділянка приймання та підготовки матеріалів.

Внаслідок технологічного оптимізування цих процедур визначено логічний порядок організаційно-технологічного ряду для налаштування покрівельного покриття із модульною системою озеленення (див. рисунок 2.7). Під час створення функціональної моделі конструкції покрівлі з модульною системою озеленення виокремлені ключові компоненти у вигляді модулів: модуль виконання робіт (МВР); модуль фронту робіт (МФР); модуль трудових ресурсів (МТР) із функціональними зв'язками.

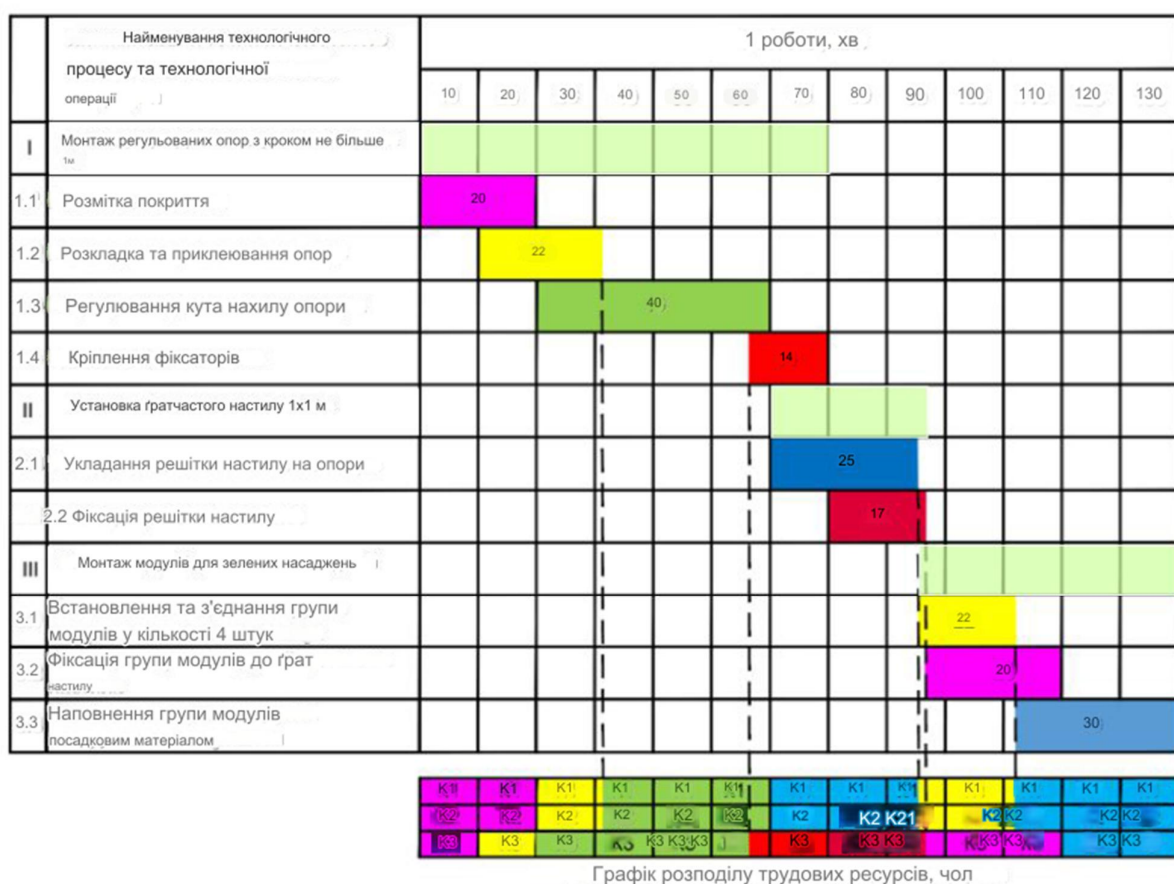


Рисунок 2.7 – Організаційно-технологічна послідовність улаштування покрівельного покриття з модульною системою озеленення

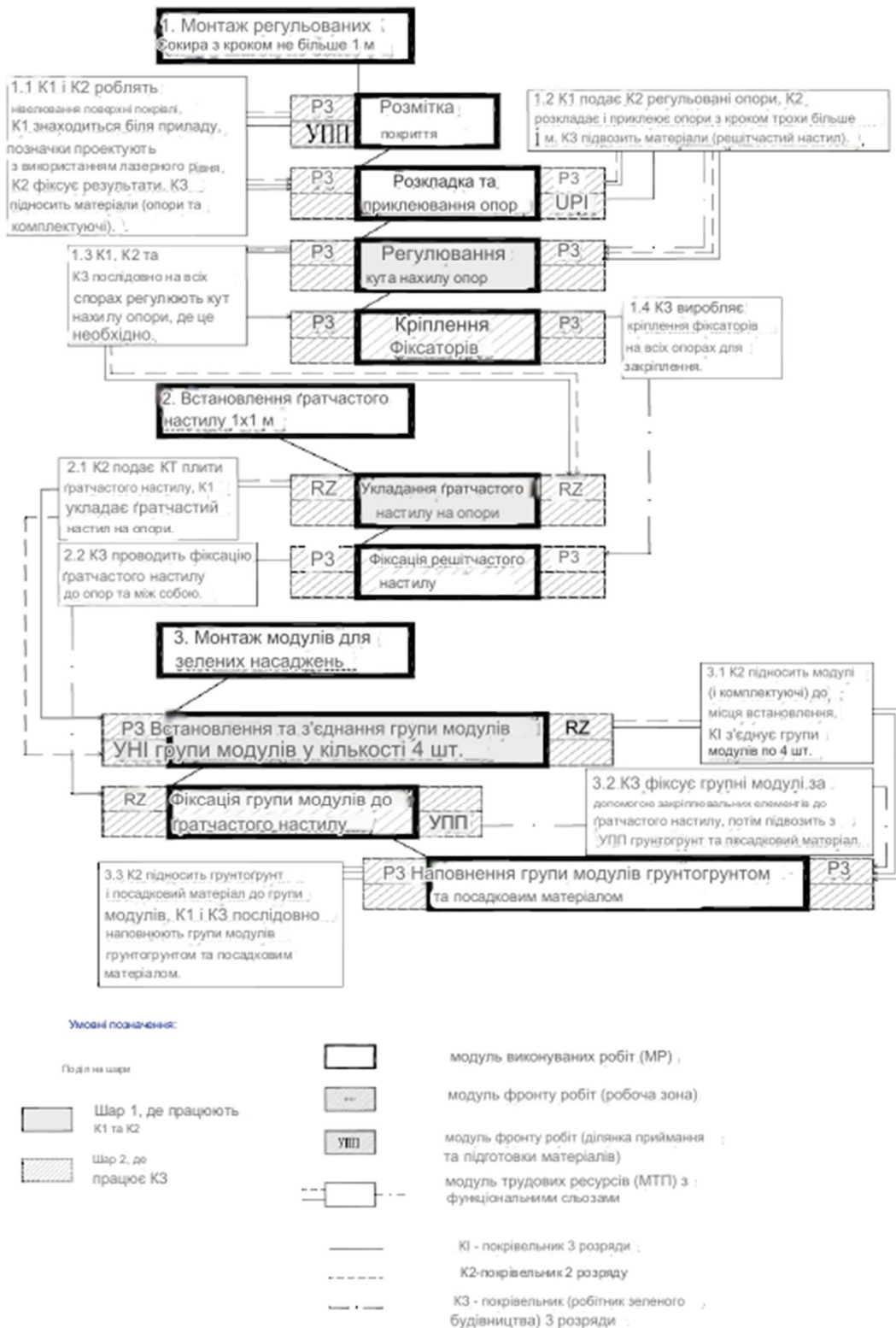


Рисунок 2.8 – Функціональна модель улаштування покрівельного покриття з модульною системою озеленення

Функціональна модель надає зображення просторового упорядкування технологічних процесів та операцій (див. рисунок 2.8). Діаграми організації робочого місця при влаштуванні покрівельного покриття із модульною системою озеленення, додатково до функціональної моделі, представлені на рисунках 2.9 і 2.10.

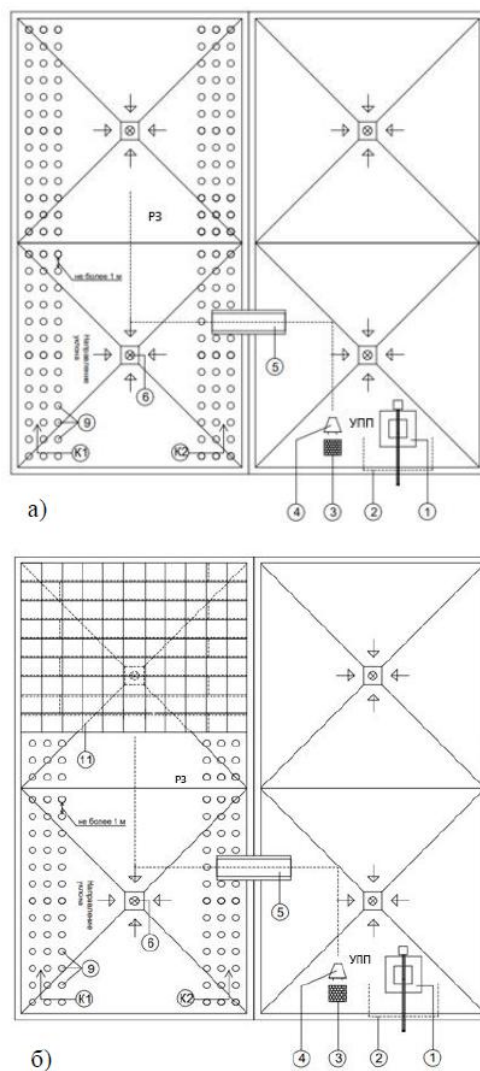


Рисунок 2.9 – Схема організації робочого місця: а) монтаж регульованих опор з кроком трохи більше 1м; б) встановлення ґратчастого настилу 1 х 1 м: 1 – шахтний витяг; 2 – огороження покрівлі; 3 – піддон із покрівельними матеріалами; 4 – ручний візок; 5 – трап; 6 – водоприймальна лійка; 9 – регульовані опори; 11 – настил; K1, K2 – робочі місця покрівельників, P3 – робоча зона, УВП – ділянка приймання та підготовки матеріалів

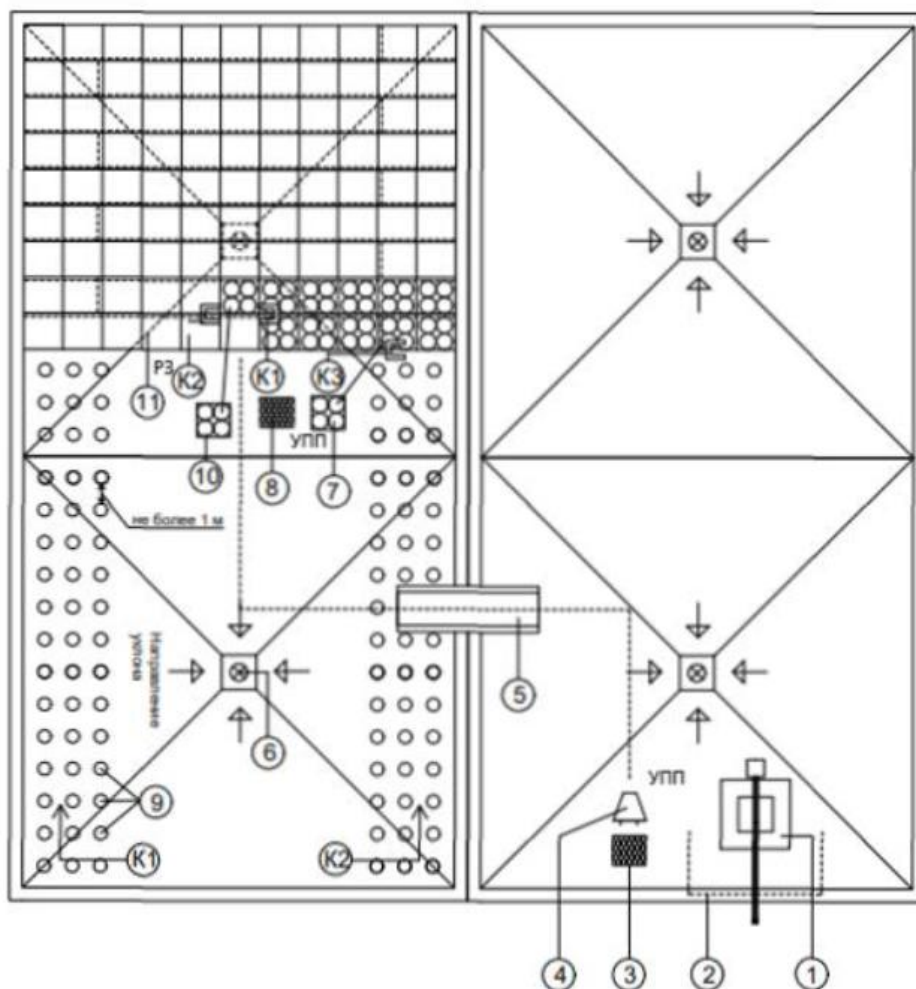


Рисунок 2.10 – Схема організації робочого місця під час монтажу модулів для зелених насаджень: 1 – шахтний витяг; 2 – огороження покрівлі; 3 – піддон із покрівельними матеріалами; 4 – ручний візок; 5 – трап; 6 – водоприймальна лійка; 7 – контейнер із посадковим матеріалом; 8 – коробка з регульованими опорами; 9 – регульовані опори; 10 – групи модулів; 11 – настил; K1, K2, K3 – робочі місця покрівельників, P3 – робоча зона, УВП – ділянка приймання та підготовки матеріалів

Час виконання влаштування покрівельного покриття із модульною системою озеленення скоротився на 38% (від 210 до 130 хв для покриття 10 кв.м) при умові паралельного виконання технологічних операцій. Введення

шарової фрагментації використовується для оцінки можливості одночасного проведення технологічних операцій (див. рисунок 2.11).

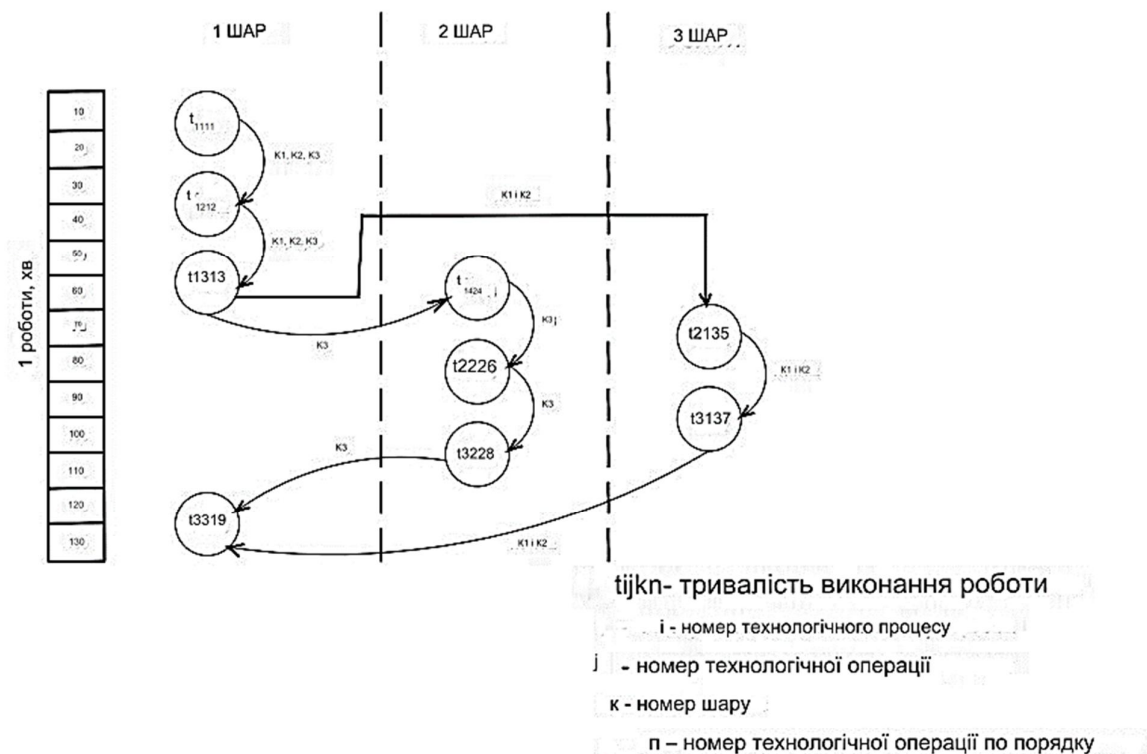


Рисунок 2.11 – Схема фрагментації на шарі функціональної моделі пристрою покрівельного покриття із модульною системою озеленення

Завдяки взаємодії між організаційно-технологічною та функціональною моделями влаштування покрівельного покриття із модульною системою озеленення, були визначені ефективні організаційно-технологічні параметри технологічних процесів, враховуючи розподіл ресурсів та паралельне виконання технологічних операцій.

РОЗДІЛ 3 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ЗВЕДЕННЯ ПОКРИТТЯ З СИСТЕМАМИ ОЗЕЛЕННЯ

3.1 Технологічна послідовність виконання робіт з улаштування покрівельних покриттів із системами озеленення

В якості об'єкта для проведення експериментальних випробувань використано покрівельне покриття будівлі на висоті 13,2 м, яке знаходиться в центрі ДП "Південмаш", місто Дніпро, Україна, Інноваційний центр, планувальний район D2, і має розміри в плані 126x63 м (див. рисунок 3.1).

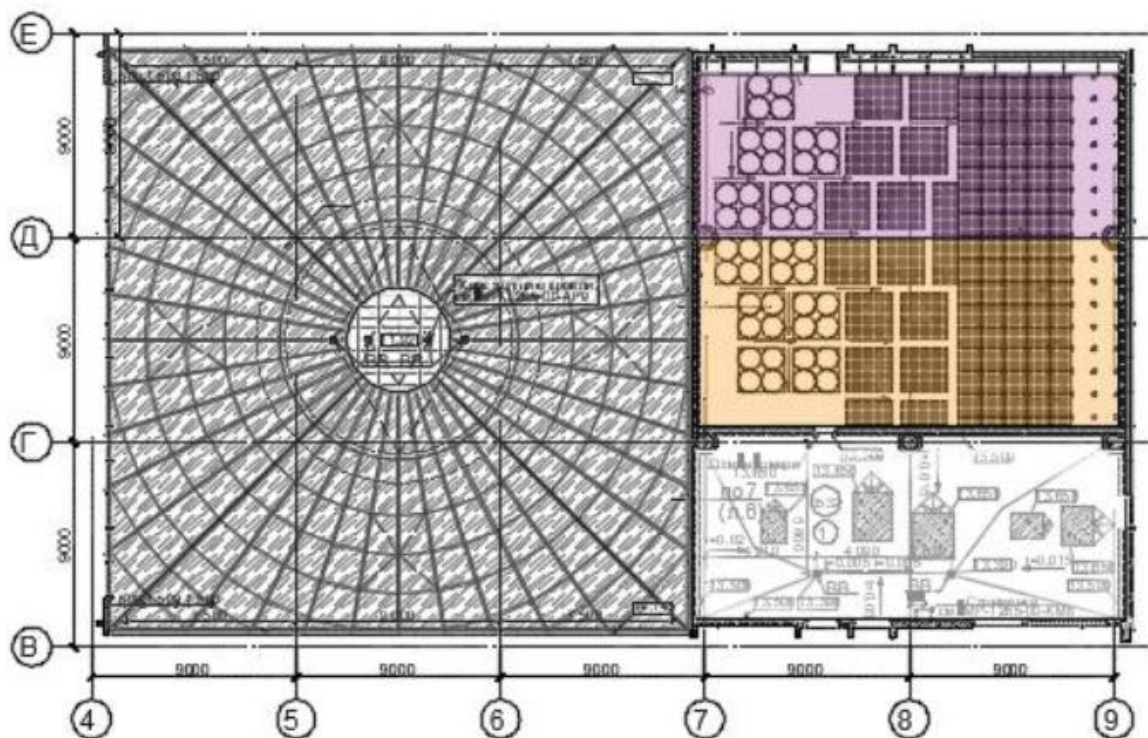


Рисунок 3.1 – Покрівельне покриття об'єкта досліджень

Перед тим як встановлювати зелені насадження на експлуатованій покрівлі, здійснюються організаційні та підготовчі заходи, які відповідають вимогам СП 48.13330.2011 "Організація будівництва" [6]. Заповнюються акти на виконання прихованих робіт згідно з нормами СП 70.13330.2012 "Несучі та огорожувальні конструкції" [5].

Перед розпочатком робіт з улаштування покрівлі виконують такі кроки:

- Завершено роботи з влаштування виходів інженерних мереж та обладнання на покрівлю;
- Підготовлено необхідні механізми, обладнання, інвентар та пристрої;
- Влаштовано тимчасове електроосвітлення робочих місць;
- Проведено розбивку водостічних систем та винесення відміток на стіни та парапет навколо покрівлі;
- Привезено матеріали, необхідні для улаштування покрівлі. Основою для покриття з системами озеленення є монолітна залізобетонна плита товщиною 220 мм (див. рисунок 3.2).

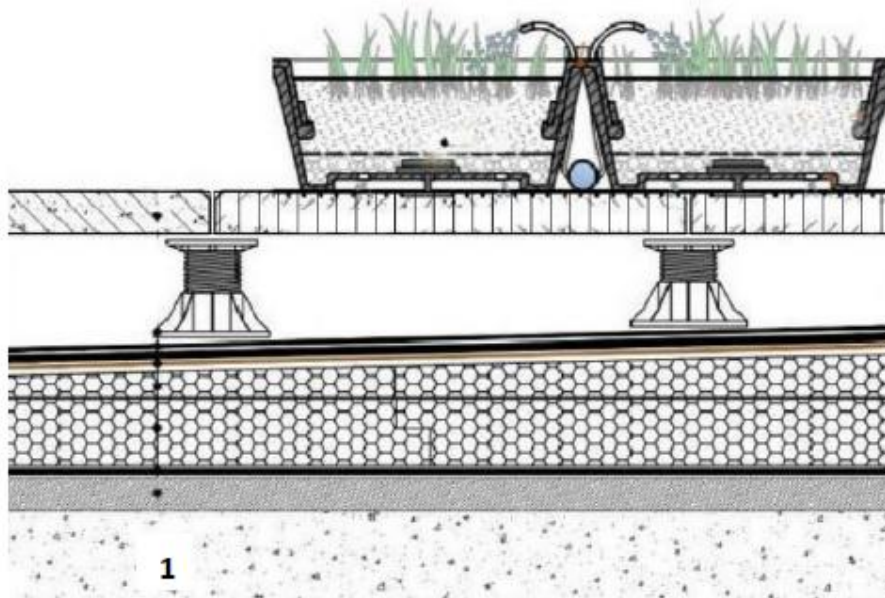


Рисунок 3.2 – Несуча конструкція в покрівельному покритті із системами озеленення: 1 – монолітна залізобетонна плита

Модулі для улаштування покрівлі з системами озеленення доставляють на будівельний майданчик у контейнерах на дерев'яних підкладках. Підйомник для шахт використовується для транспортування контейнерів з рослинами та ґрунтом до місця укладання. Схема організації робіт при улаштуванні покрівлі з системами озеленення представлена на рисунку 3.3.

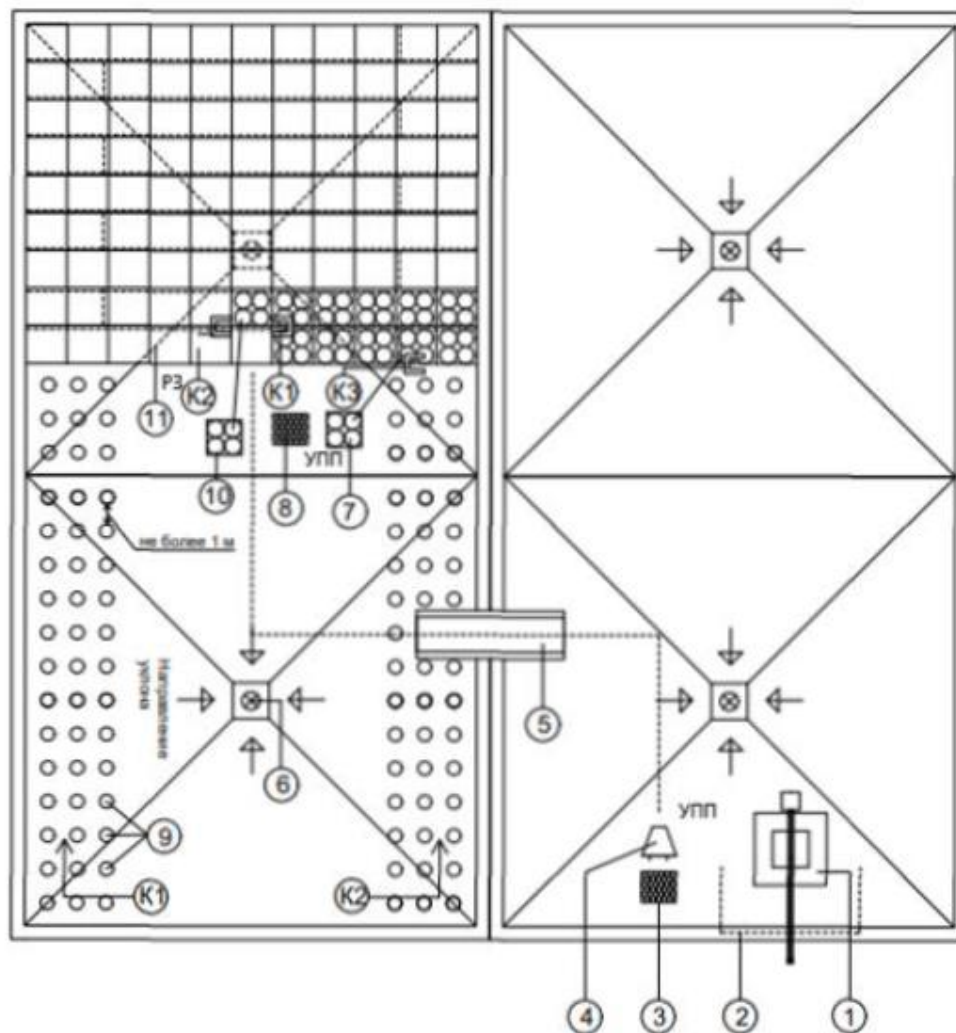


Рисунок 3.3 – Схема організації робочого місця: 1 – шахтний витяг; 2 – огороження покрівлі; 3 – піддон із покрівельними матеріалами; 4 – ручний візок; 5 – трап; 6 – водоприймальна лійка; 7 – контейнер із посадковим матеріалом; 8 – коробка з регульованими опорами; 9 – регульовані опори; 10 – групи модулів; 11 - ґратчастий настил; K1, K2, K3 – робочі місця покрівельників

Під час підготовки до робіт щільно розміщені рослини можуть бути перевезені на бортових автомобілях, а їхній транспорт потрібно ущільнювати вологою соломою або мохом. Доставлені модулі з ґрунтом та рослинністю повинні бути розвантажені безпосередньо на ділянку приймання та підготовки матеріалів.

Укладання покрівлі розпочинається з фронтона, зліва направо, з вигином покриття на ковзан, зазвичай. Для створення нахилу використовуються плити з екструдованого пінополістиролу, які надають кут нахилу 1,7%. З цього матеріалу створюється теплоізоляційний шар (див. рисунок 3.4).

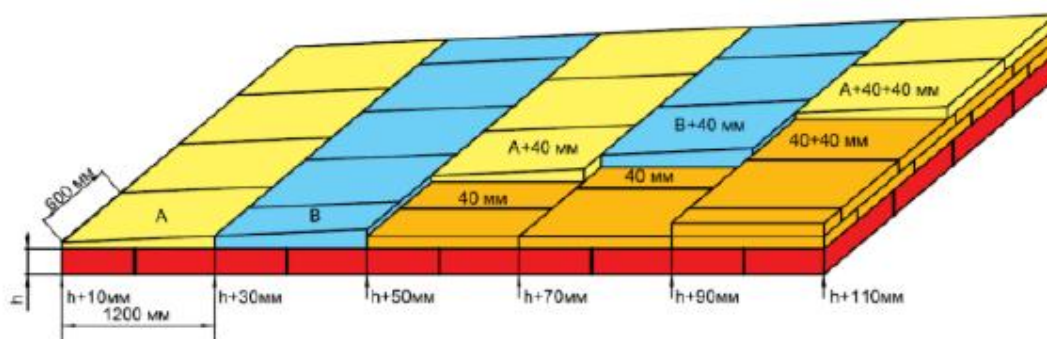


Рисунок 3.4 – Влаштування похилого та теплоізоляційного шарів покрівлі

Створення нахилу з клиноподібної теплоізоляції слід починати з найнижчої точки на покрівлі, де є лійка або парапет. Для цього використовують плити з екструзійного пінополістиролу товщиною 0,4 см, призначені для установки над або під клиноподібною плитою. За кріплення теплоізоляції до несучої конструкції (монолітна залізобетонна плита) використовується гострий гвинт (діаметр 4,8 мм) з поліамідною анкерною гільзою (довжина гільзи - 60 мм).

Шари гідроізоляції (полотна гідроізоляційної мембрани) розміщуються вільно і механічно кріпляться до основи вздовж краю рулону в області

перехідних зон між полотнами або поза цією зоною [5]. Обов'язковою є додаткова механічна фіксація мембрани вздовж периметра покрівлі. Ширина та висота торцевого та бічного перекривання рулонів повинна бути не менше 120 мм, а зміщення торця кожного рулону відносно сусіднього - не менше 300 мм.

На захисний шар гідроізоляції встановлюють регульовані опори з кроком не більше 1 м, розміщуючи елементи ґратчастого настилу (1x1 м) на цих опорах, якщо покрівельна конструкція має нахил (див. рисунок 3.5).

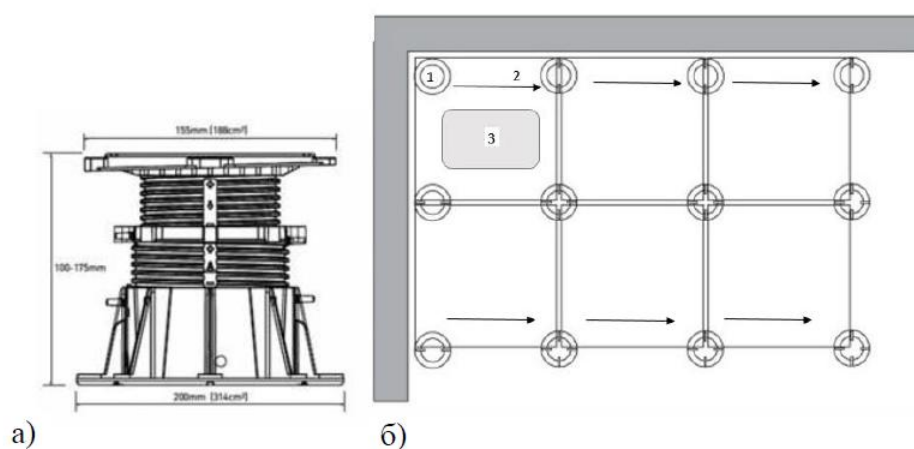


Рисунок 3.5 – Влаштування регульованих опор покрівельного покриття із системами озеленення: а) будова регульованої опори; б) схема установки регульованих опор: 1 - регульована опора; 2- напрямок установки регульованих опор; 3- місце складування опор; в) напрямок пристрою опор щодо лінії парапету



Рисунок 3.6 – Влаштування ґратчастого настилу на опори

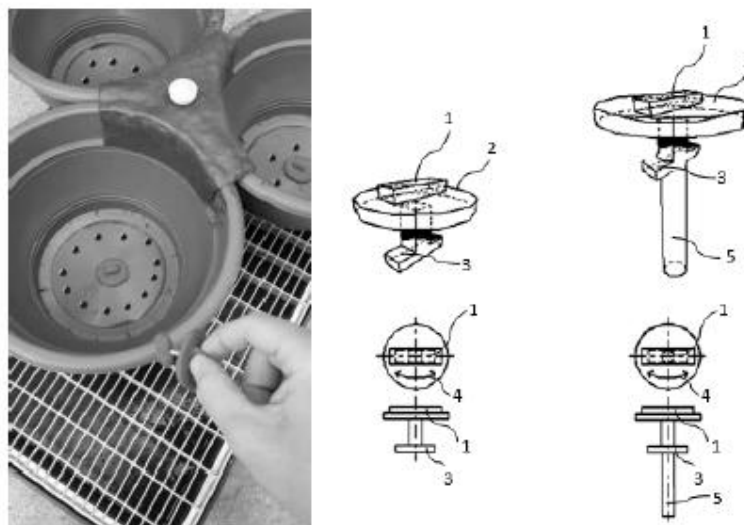


Рисунок 3.7 – Влаштування закріплення модулів покрівлі із системами

Використання регульованих опор для побудови покрівельних покриттів дозволяє захистити гідроізоляційний шар від повторюваних механічних навантажень, підняти покрівельне покриття з системами озеленення на певну висоту та забезпечити його горизонтальну орієнтацію з високою точністю. Регульовані опори висотою від 17 до 1070 мм мають коректор нахилу покрівельного настилу в діапазоні від 0 до 5%, який інтегрований у вершину опори. В опорі передбачено 8 отворів для гвинтів, опори легко розміщуються

на твердому підлощі, а вершину опори можна вкрутити безпосередньо в основу або в подовжувальну муфту (проставку), якщо висота опори перевищує 175 мм. Допустиме навантаження на кожному опорі становить до півтори тонни. При необхідності опори можна використовувати у зворотному положенні.

Встановлення висоти регульованих опор здійснюється враховуючи нахил покрівлі. Пластикові модулі монтується паралельно на поверхню ґратчастого настилу. Рухливе з'єднання кожного пластикового модуля з двома суміжними забезпечується за допомогою від'ємного з'єднувального пристрою, який включає елементи, що зберігають та перетворюють енергію, такі як сонячні батареї, ефективні елементи освітлення [13], мікро-вітрові турбіни та інші, а також системи крапельного зрошення, труби та розпилювачі (спринклери).

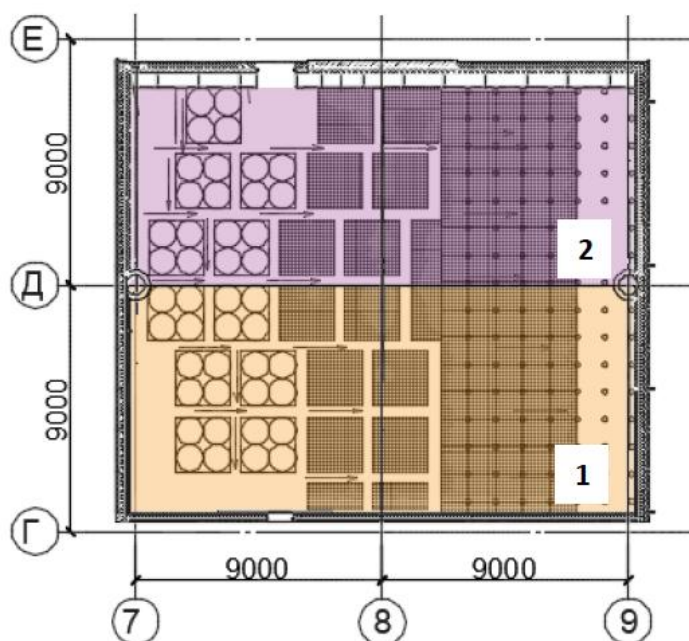


Рисунок 3.8 – Схема поділу покрівлі на захватки: 1, 2 – захватки

Модулі, які призначені для рослин, наповнюються шарами, такими як геотекстильні мішки, дренажний шар, родюче середовище (грунт), рослинний шар. Розташування модулів розпочинається від кута, йдучи вздовж лінії

парапету. Пускають в роботу системи ірригації та крапельного поливу. Здійснюється низка заходів для контролю якості виконаних робіт з улаштування покрівлі.

Влаштування шарів покрівельного покриття проводиться з поділом його на зони площею $51 = 5 \cdot 2 = 162 \text{ м}^2$ (див. рисунок 3.8).

- готовність основних конструкцій;
- правильне влаштування примикань до виступаючих частин конструкцій.

Покрівельне покриття із системами озеленення повинно відповідати наступним вимогам:

- мати необхідні нахили;
- не виявляти видимих дефектів під час огляду.

Будь-які виявлені дефекти повинні бути усунені до введення об'єкта в експлуатацію, а затверджений акт з оцінкою якості виконаних робіт повинен бути оформлений. Вимоги до стану покрівлі та контрольованих елементів представлені в таблиці 3.1.

Розрахунок потреби у конструкціях та матеріалах представлений у таблиці 3.2.

3.2 Дослідження технологічних процесів монтажу модульних систем озеленення покрівлі методом хронометражних вимірювань

Хронометричні вимірювання здійснювались на експериментальному об'єкті Інноваційного центру D2, що належить ДП «Південмаш», розташованому в місті Дніпро, Україна, з площею в плані $126 \times 63 \text{ м}$ (див. рисунок 3.1). Для вимірювань використовувався секундомір із точністю вимірювань до 1 секунди (таблиця 3.3).

Таблиця 3.1 - Вимоги до якості та приймання робіт

Назва процесів та конструкцій, що підлягають контролю	Технічні критерії оцінки якості	Предмет контролю	Час здійснення контролю	Спосіб контролю	Працівник, який відповідає за контроль
Пристрій модульного покрівельного покриття з системами озеленення	Відповідність проекту Між ґратами та контрольною рейкою допускається просвіт не більше 5 мм	Товщина шарів конструкції	До встановлення модулів	Рулетка вимірник ная	Майстер
		Рівність поверхні ґратчастого настилу	До встановлення модулів	Контроль ная рейка довжиною 1 м	Майстер
		Модулі покрівлі: Розмір та становище, якість та і т.д.	В процесі робіт	Візуально. Лінійка вимірнай- тільна	Майстер
Конструкція модульного покриття з системами озеленення	Відповідність проекту	Відсутність видимих дефектів покриття при огляді покрівлі	Візуально	В процесі робіт	Майстер

Таблиця 3.2 – Відомість потреб у конструкціях та матеріалах

Найменування	Характеристики	Одиниці виміру	Обсяг робіт	Норма витрат	Разом
Праймер бітумний	Витрата праймера бітумного. Середня витрата праймера – 0,3 0,35 л/м ² (1 літр на 3,3 м ² поверхні). Вага одного цebra 16 кг/20 л. Температура розм'якшення – не нижче 70°C	шт.	324	0,016 на м ²	6
Теплоізоляція - Екст рузійний _ пінополістирол	Міцність на стиск при 10% лінійної деформації – 300 кПа; теплопровідність – 0,032Втм – °С; група горючості – Г4; водопоглинання – 0,2%; щільність – 35 кг/ м ³ ; товщина x довжина x ширина - _ 50x(1180,1200,2360)x 580 мм	м ²	324	1,02 на м ²	330
Шар, що утворює ухил - клиноподібні плити	Міцність на стиск при 10% лінійної деформації – 250 кПа; теплопровідність – 0,034Втм – °С; група горючості – Г4; водопоглинання – 0,2%; щільність - 28 кг/ м ³ ; довжина x ширину x товщина - 1200x600x(10-50) мм.	м ²	324	1,02 на м ²	330
Полімерна мембрана	Міцність при розриві: вздовж рулону > 1000 Н/ 50 мм; уперек рулону > 900 Н / 50 мм; водопоглинання по масі протягом 24год -	м ²	324	1,15 на м ²	372,6

Продовження таблиці 3.2

Найменування	Характеристики	Одиниці виміру	Обсяг робіт	Норма витрат	Разом
	0,2 % ; група горючості – Г1; водопоглинання - 0,2%; довжина x ширину x товщина - 20м * 2м * 1,2 мм				
Голкопробивний термогеотекстиль, 300 г/м ²	Міцність під час розриву: по довжині > 256 Н/ 50 мм; по ширині > 277 Н / 50 мм; водопоглинання при тиску 10 кПа - 0,3 % ; група горючості – Г1; водопоглинання – 0,2%; довжина x ширину x товщина - 50м * 2м * 1,2 мм	м ²	324	1,1 на м ²	356,4
Регульовані пластикові опори	Висота - 17 -1 070 мм, діаметр основи опори 200 мм, допустиме навантаження на одну опору (при максимальній висоті) - 1 т	шт.	324	4 на м ²	1296
Металевий ґратчастий настил, 1 x 1 м	Висота - 30 мм, розмір комірки - 34*38 мм, товщина металу - 2 мм, розмір плити - 1000 * 1000 мм, вага - 18 кг/м ² , навантаження – 1152 кг	шт.	324	1 на м ²	324
Пластикові модулі	Виконані з матеріалу Н Б Р Б (модулі круглого перерізу - діаметром 500 або 1000 мм, висота - 100-400 мм)	шт.	324	1 на м ² (4 на м ² - модулі круглого перерізу діаметром 500 або 1000 мм, висота – 100-400 мм)	324 (1296)

Таблиця 3.3 - Дані хронометражних вимірювань пристрою покрівельного покриття з модульною системою озеленення, 10 м²

Найменування	початок	Закінчення	Тривалість технологічних операцій, хв				
			№ змі н.	хв %	година	Тп-з (хв) %	Тп (хв) %
технологічних процесів та операцій			Т опер			в тому числі	
1	Монтаж регульованих опор з кроком не більше 1м:						
1.1. Розмітка	08.00	08.20	1	20	0,33	0,44	0,84
покриття для				100 %	100%	2,2%	4,2%
розкладки опор (нівелювання)	08.00	08. 18	2	18	0,30	0,40	0,76
				100 %	100%	2,2%	4,2%
	08. 00	08. 17	3	17	0,28	0,37	0,71
				100 %	100%	2,2%	4,2%
	08. 00	08. 23	4	23	0,38	0,51	0,97
				100 %	100%	2,2%	4,2%
	08. 00	08. 20	5	20	0,33	0,44	0,84
				100 %	100%	2,2%	4,2%
	08. 00	08. 18	6	18	0,30	0,40	0,76
				100 %	100%	2,2%	4,2%
	08. 00	08. 18	7	18	0,30	0,40	0,76
				100 %	100%	2,2%	4,2%
	08. 00	08. 24	8	24	0,40	0,53	1,01
				100%	100%	2,2%	4,2%
	08. 00	08. 19	9	19	0,32	0,42	0,8
				100%	100%	2,2%	4,2%
	08. 00	08. 21	10	21	0,35	0,46	0,88
				100%	100%	2,2%	4,2%
1.2. Розкладка та	08. 21	08. 43	1	22	0,37	0,53	0,92
приклеювання				100%	100%	2,4%	4,2%

Продовження таблиці 3.3

Найменування технологічних процесів та операцій опор	початок	Закінчення	Тривалість технологічних операцій, хв				
			Т опер			в тому числі	
			№ змін.	хв %	година	Тп-з (хв) %	Тп (хв) %
	08.19	08.38	2	19	0,32	0,46	0,80
				100 %	100%	2,4%	4,2%
	08.18	08.42	3	24	0,40	0,58	1,01
				100 %	100%	2,4%	4,2%
	08.24	08.44	4	20	0,33	0,48	0,84
				100 %	100%	2,4%	4,2%
	08.21	08.44	5	23	0,38	0,55	0,97
				100 %	100%	2,4%	4,2%
	08.19	08.42	6	23	0,38	0,55	0,97
				100 %	100%	2,4%	4,2%
08.19	08.41	7	22	0,37	0,53	0,92	
			100 %	100%	2,4%	4,2%	
08.25	08.48	8	23	0,38	0,55	0,97	
			100 %	100%	2,4%	4,2%	
08.20	08.42	9	22	0,37	0,53	0,92	
			100%	100%	2,4%	4,2%	
08.22	08.44	10	22	0,37	0,53	0,92	
			100%	100%	2,4%	4,2%	
1.3. Регулювання кута нахилу опори	08.44	09.24	1	40	0,67	1,04	1,92
				100%	100%	2,6%	4,8%
	08.39	09.25	2	46	0,77	1,20 2,6%	2,21
				100%	100%		4,8%
	08.43	09.23	3	40	0,67	1,04 2,6%	1,92
				100%	100%		4,8%
	08.45	09.30	4	45	0,75	1,17 2,6%	2,16
				100%	100%		4,8%
	08.45	09.26	5	41	0,68	1,07 2,6%	1,97
				100%	100%		4,8%
08.43	09.21	6	38	0,63	0,99 2,6%	1,82	
			100%	100%		4,8%	
08.42	09.19	7	37	0,62	0,96 2,6%	1,78	
			100%	100%		4,8%	
08.49	09.27	8	38	0,63	0,99 2,6%	1,82	
			100%	100%		4,8%	
08.43	09.23	9	40	0,67	1,04 2,6%	1,92	
			100%	100%		4,8%	

Продовження таблиці 3.3

Найменування технологічних процесів та операцій	початок	Закінчення	Тривалість технологічних операцій, хв				
			Г опер			в тому числі	
			№ змін.	хв %	година	Тп-з (хв) %	Тп (хв) %
	08.45	09.23	10	38 100 %	0,63 100%	0,99 2,6%	1,82 4,8%
1.4. Кріплення фіксаторів	09.25	09.39	1	14	0,23	0,39	0,7 5%
				100 %	100%		
	09.26	09.36	2	10	0,17	0,28	0,5 5%
				100 %	100%		
	09.24	09.39	3	15	0,25	0,42	0,75 5%
				100 %	100%		
	09.31	09.46	4	15	0,25	0,42	0,75 5%
				100 %	100%		
	09.27	09.41	5	14	0,23	0,39	0,7 5%
				100 %	100%		
	09.22	09.37	6	15	0,25	0,42	0,75 5%
				100 %	100%		
	09.20	09.34	7	14	0,23	0,39	0,7 5%
				100%	100%		
	09.28	09.43	8	15	0,25	0,42	0,75 5%
				100%	100%		
	09.24	09.39	9	15	0,25	0,42	0,75 5%
				100%	100%		
09.24	09.38	10	14	0,23	0,39	0,7 5%	
			100%	100%			2,8%
<i>2. Встановлення ґратчастого настилу 1 x 1 м:</i>							
2.1. Укладання ґратчастого настилу на опори	09.40	10.06	1	26	0,43	0,78	1,35 5,2%
				100%	100%		
	09.37	10.04	2	27	0,45	0,81	1,40 5,2%
				100%	100%		
	09.40	10.05	3	25	0,42	0,75	1,30 5,2%
				100%	100%		
	09.47	10.13	4	26	0,43	0,78	1,35 5,2%
				100%	100%		
	09.42	10.10	5	28	0,47	0,84	1,46 5,2%
				100%	100%		
	09.38	10.02	6	24	0,40	0,72	1,25 5,2%
				100%	100%		

Продовження таблиці 3.3

Найменування технологічних процесів та операцій	початок	Закінчення	Тривалість технологічних операцій, хв				
			№ змін.	хв %	година	в тому числі	
						Тп-з (хв) %	Тп (хв) %
	09.35	10.01	7	26	0,43	0,78	1,35
				100%	100%	3%	5,2%
	09.44	10.11	8	27	0,45	0,81	1,40
				100%	100%	3%	5,2%
	09.40	10.05	9	25	0,42	0,75	1,30
				100%	100%	3%	5,2%
	09.39	10.05	10	26	0,43	0,78	1,35
				100%	100%	3%	5,2%
2.2. Фіксація	10.07	10.24	1	17	0,28	0,51	0,92
гратчастого				100%	100%	3%	5,4%
настилу	10.05	10.22	2	17	0,28	0,51	0,92
				100%	100%	3%	5,4%
	10.06	10.26	3	20	0,33	0,6	1,08
				100%	100%	3%	5,4%
				100%	100%	3%	5,4%
	10.02	10.18	7	16	0,27	0,48	0,86
				100%	100%	3%	5,4%
	10.12	10.30	8	18	0,30	0,54	0,97
				100%	100%	3%	5,4%
	10.06	10.23	9	17	0,28	0,51	0,92
				100%	100%	3%	5,4%
	10.06	10.23	10	17	0,28	0,51	0,92
				100%	100%	3%	5,4%
<i>3. Монтаж модулів для зелених насаджень:</i>							
3.1. Встановлення та	10.25	10.47	1	22	0,37	0,79	1,23
з'єднання				100%	100%	3,6%	5,6%
групи модулів	10.23	10.48	2	25	0,42	0,90	1,40
групи модулів				100%	100%	3,6%	5,6%
у кількості 4 шт.	10.27	10.54	3	27	0,45	0,97	1,51
				100%	100%	3,6%	5,6%

Продовження таблиці 3.3

Найменування технологічних процесів та операцій	початок	Закінчення	Тривалість технологічних операцій, хв					
			Т опер			в тому числі		
			№ змін.	хв %	година	Тп-з (хв) %	Тп (хв) %	
	10.33	11.01	4	28	0,47	1,01	1,57	
				100 %	100%	3,6%	5,6%	
	10.30	10.54	5	24	0,40	0,86	1,34	
				100 %	100%	3,6%	5,6%	
	10.20	10.46	6	26	0,43	0,94	1,46	
				100 %	100%	3,6%	5,6%	
	10.19	10.45	7	26	0,43	0,94	1,46	
				100 %	100%	3,6%	5,6%	
	10.31	10.56	8	25	0,42	0,90	1,40	
				100 %	100%	3,6%	5,6%	
	10.24	10.50	9	26	0,43	0,94	1,46	
				100 %	100%	3,6%	5,6%	
	10.24	10.51	10	27	0,45	0,97	1,51	
				100 %	100%	3,6%	5,6%	
	3.2. Фіксація групи модулів до гратчастого настилу	10.48	11.08	1	20	0,33	0,8	0,6 3%
					100%	100%	4%	
10.49		11.05	2	18	0,30	0,72	0,54	
				100%	100%	4%	3%	
10.55		11.15	3	20	0,33	0,8	0,6 3%	
				100%	100%	4%		
11.02		11.24	4	22	0,37	0,88	0,66	
				100%	100%	4%	3%	
10.55		11.15	5	20	0,33	0,8	0,6 3%	
				100%	100%	4%		
10.47		11.06	6	19	0,32	0,76	0,57	
				100%	100%	4%	3%	
10.46	11.07	7	21	0,35	0,84	0,63		
			100%	100%	4%	3%		
10.57	11.19	8	22	0,37	0,88	0,66		
			100%	100%	4%	3%		
10.51	11.11	9	20	0,33	0,8	0,6 3%		
			100%	100%	4%			
10.52	11.10	10	18	0,30	0,72	0,54		

Час виконання улаштування покрівельного покриття з модульною системою озеленення розподіляється на робочий час та час перерв. Робочий час технологічної операції складається із підготовчо-заключного часу (витрати на формулювання завдання, підготовку інструментів та обладнання до роботи, підтримку робочого місця після завершення роботи), тривалості оперативної роботи (основна та допоміжна робота) і часу обслуговування робочого місця (організаційне та технічне обслуговування). Тривалість підготовчо-заключних робіт і технологічних перерв визначається у відсотках до отриманого оперативного часу на підставі результатів хронометричних спостережень.

Під час вимірювань зафіксовано дату, найменування технологічних процесів та операцій, початок і завершення спостережень, а також їх тривалість. Здійснювали хронометраж технологічних процесів і операцій.

Отримані значення тривалості технологічних операцій оцінювали за коефіцієнтом стійкості для кожного хронометричного ряду, обчислюючи K_y за формулою:

$$K_y = t_{\max} / t_{\min}, \quad (3.1)$$

де t_{\max} - максимальне значення вимірювання в хронометричному ряді, с;
 t_{\min} - мінімальне значення вимірювання в хронометричному ряді, с (таблиця 3.4).

Після проведення перевірових розрахунків на стійкість та наступного "очищення" ряду, було обчислено загальне значення всіх компонентів, які утворюють цей ряд. Середнє значення тривалості операції t_{cp} розраховували за наступною формулою:

$$t_{cp} = \sum t_i / n, \quad (3.2)$$

де $\sum t_i$ - сума всіх компонентів після "очищення" ряду; n - кількість вимірювань у "очищеному" ряду.

Якщо $K_v \leq 1,3$, ряд вважається стійким, і додаткова перевірка не є необхідною [15]. Результати вимірювань показали, що восьми з дев'яти хронометричних рядів не потребує "очищення". У випадку, коли $1,3 < K_v \leq 2$, застосовується метод розрахунку граничних значень за формулою:

$$a_n \leq \frac{\sum a_i - a_n}{n-1} + K_{lim} (a_n - a_1), \quad (3.3)$$

де a_1 - мінімальне значення для даного ряду; a_n - максимальне значення для цього ряду; $\sum a_i$ - сума всіх значень ряду, яка перевіряється; n - кількість значень у цьому ряду; K_{lim} - безрозмірний коефіцієнт, що дорівнює 0.9.

Таблиця 3.4 – Показники хронометражних вимірювань технологічних процесів влаштування покрівельного покриття з модульною системою озеленення (на 10 м²)

Технологічні процеси та операції	Тривалість технологічних пристроїв покрівельного покриття з мод системою озеленення за вимірюваннями										До у	1 ср	пр о
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1.Монтаж регульованих опор з кроком не більше 1 м: 1.1 . Розмітка покриття для розкладки опор (нівелювання)	20	18	17	23	20	18	18	24	19	21	1,4	20	2,2
1.2.Розкладка та приклеювання опор	22	19	24	20	23	23	22	23	22	22	1,3	22	1,4
1.3.Регулювання кута нахилу опори	40	46	40	45	41	38	37	38	40	38	1,1	40	1,7
1.4.Кріплення фіксаторів	14	10	15	15	14	15	14	15	15	14	1,3	14	0,8
Тривалість технологічних операцій, хв (за п. 1)												96	

Продовження таблиці 3.4

Технологічні процеси та операції	Тривалість технологічних пристроїв покрівельного покриття з мод системою озеленення за вимірюваннями.										До у	1 ^по р	про
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
2.Установка гратчастого настилу 1 х 1 м: 2.1.Укладання гратчастого настилу на опори	26	27	25	26	28	24	26	27	25	26	1,1	26	1,1
2.2.Фіксація гратчастого настилу	17	17	20	18	18	16	16	18	17	17	1,2	17	1,8
Тривалість технологічних операцій, хв (за п.2.)												43	
3.Монтаж модулів для зелених насаджень: 3.1.Установка і з'єднання групи модулів у кількості 4 шт.	22	25	27	28	24	26	26	25	26	27	1,1	22	1,8
3.2.Фіксація групи модулів до гратчастого настилу	20	18	20	22	20	19	21	22	20	18	1,2	20	1,3
3.3.Наповнення групи модулів ґрунтоґрунтом та посадковим матеріалом	30	35	33	33	34	35	34	32	34	36	1,1	30	1,9
Тривалість технологічних операцій, хв (за п. 3.)												72	
Разом, тривалість технологічних операцій, хв (за п. 1-3.)	296	284	297	300	301	294	295	304	296	295			
Отже, середня тривалість технологічних операцій:	211 хв = 3,52 год.												

На основі результатів хронометражу технологічних процесів та операцій була визначена тривалість улаштування покрівельного покриття з модульною системою озеленення площею 10 м², яка склала 3.52 години.

3.3 Визначення чисельного та кваліфікаційного складу ланки виконавців процесу влаштування покрівельного покриття з модульною системою озеленення

З урахуванням новизни розроблюваного технологічного процесу для створення покрівельного покриття із модульною системою озеленення, формування команди виконавців базується на використанні методу аналогій та відповідності вимогам тарифно-кваліфікаційного довідника робіт та професій в будівництві для відповідних робітників, які виконують створюваний технологічний процес.

Для виконання технологічних операцій, таких як монтаж регульованих опор та встановлення ґратчастого настилу, необхідно володіти навичками розмітки дахів, врахування вимог до матеріалів та покриттів для дахів, а також методів покриття дахів штучними матеріалами (опорами, модулями). Згідно з тарифно-кваліфікаційним довідником, команда складається з трьох осіб: покрівельник 2 розряду - 1, покрівельник 3 розряду - 1, робітник зеленого будівництва 3 розряду - 1 (для встановлення системи модульного озеленення).

Покрівельник 2 розряду повинен мати знання про способи ґрунтування основ і приготування розчинів для промазування стиків між листами, методи укочення покриттів після наклеювання, розбирання покрівельних матеріалів, властивості рулонних, мастичних та штучних покрівельних матеріалів. Покрівельник 3 розряду повинен володіти навичками приготування холодних та гарячих мастик, просушування, просіювання та підігріву наповнювачів, розмітки дахів простої форми, покриття рулонними та штучними матеріалами дахів простої форми, а також будови та експлуатації агрегатів для розігріву руберойду, що наплавляється. Необхідно також враховувати особливості влаштування зелених насаджень на покрівлі.

За результатами хронометражу технологічних операцій визначено загальну тривалість улаштування покрівельного покриття із модульною системою озеленення, яка становить 3,52 години (на 10 м²). Також визначено час і ступінь зайнятості виконавців при виконанні окремих технологічних операцій та процесів (див. таблицю 3.5). Розподіл трудовитрат за розрядами робітників проводиться рівномірно, якщо це відповідає графіку виробничого процесу.

Для організації улаштування покрівельного покриття із модульною системою озеленення, склад ланки визначається, враховуючи значення підсумкової трудомісткості робітників (згідно з таблицею 3.5) та тривалості виконання робіт:

$10,56 \text{ чол.} \cdot \text{ч} / 3,52 \text{ ч.} = 2,98 \text{ чол.}$ (Заокруглюємо до 3 осіб).

Аналогічний розрахунок виконується для кількості робітників за розрядами:

- Покрівельник 3 розряду: $3,045 \text{ чол.} \cdot \text{ч} / 3,52 \text{ ч.} = 0,87 \text{ чол.}$ (Приймаємо 1 особу);

- Покрівельник 2 розряду: $3,045 \text{ чол.} \cdot \text{ч} / 3,52 \text{ ч.} = 0,87 \text{ чол.}$ (Приймаємо 1 особу);

- Покрівельник (робітник зеленого будівництва) 3 розряду: $4,40 \text{ чол.} \cdot \text{ч} / 3,52 \text{ ч.} = 1,25 \text{ чол.}$ (Приймаємо 1 особу).

Згідно з вимогами тарифно-кваліфікаційного довідника робіт і професій робітників, а також результатами проведених досліджень, вирішено скомплектувати ланку з трьох осіб: покрівельник 2 розряду - 1 особа, покрівельник 3 розряду - 1 особа, покрівельник (робітник зеленого будівництва) 3 розряду - 1 особа.

Таблиця 3.5 - Витрати праці за розрядами робітників для влаштування покрівельного покриття з модульною системою озеленення (на 10 м²)

№ п/п	Склад технологічних процесів та операцій	Трудомісткість, чол. -ч	У тому числі з розбивкою за розрядами		
			покрівельник 3 розряди	покрівельник 2 розряди	покрівельник (РЗС) 3 розряди
I.	Монтаж регульованих опор із кроком не більше 1 м	4,8			
1	Розмітка покриття для розкладання опор (нівелювання)	1	0,33	0,33	0,33
2	Розкладка та приклеювання опор	1,1	0,37	0,37	0,37
3	Регулювання кута нахилу опори	2	0,67	0,67	0,67
4	Кріплення фіксаторів	0,7	-	-	0,7
II.	Установка ґратчастого настилу 1 x 1 м	2,1			
5	Укладання ґратчастого настилу на опори	1,25	0,625	0,625	
6	Фіксація ґратчастого настилу	0,85	-	-	0,85
III.	Монтаж модулів для зелених насаджень	3,6			
7	Встановлення та з'єднання групи модулів групи модулів у кількості 4 шт.	1,1	0,55	0,55	
8	Фіксація групи модулів до ґратчастого настилу	1	-	-	1
9	Наповнення групи модулів ґрунтогрунтом та посадковим матеріалом	1,5	0,5	0,5	0,5
	Разом, загальна трудомісткість, люд. / год:	10,56	3,045	3,045	4,40

3.4 Формалізація технологічного процесу влаштування покрівельних покриттів з модульною системою озеленення

З урахуванням структурно-технологічних особливостей розроблено склад і послідовність технологічних процесів та операцій при улаштуванні покрівельних покриттів із модульною системою озеленення, використовуючи застосування аналогії з чинними нормативними документами в галузі технологічного проектування.

Склад робіт під час облаштування покрівельного покриття із модульною системою озеленення включає в себе такі етапи:

1. Монтаж регульованих опор з кроком не більше 1 метра.
2. Розмітка покриття для розкладання опор та нівелювання.
3. Розкладка та приклеювання опор.
4. Регулювання кута нахилу опори.
5. Кріплення фіксаторів.
6. Установка ґратчастого настилу розміром 1 на 1 метр.
7. Укладання ґратчастого настилу на опори.
8. Фіксація ґратчастого настилу.
9. Монтаж модулів для зелених насаджень.
10. Установка та з'єднання групи модулів у кількості 4 штук.
11. Фіксація групи модулів до ґратчастого настилу.
12. Наповнення групи модулів ґрунтоґрунтом та посадковим матеріалом.

При строгому виконанні цих етапів трудомісткість улаштування покрівельного покриття з модульною системою озеленення (на площі 10 метрів квадратних) становить 10,56 чол.-год.

ВИСНОВКИ

1. Експлуатовані дахи із системами озеленення набули поширення в сучасному будівництві як одного з елементів реалізації концепції «зеленого» будівництва.

2. Зарубіжний досвід стандартизації в галузі «зелених» технологій здебільшого акумулює системи добровільної сертифікації та рейтингових оцінок, а рекомендації в галузі технічних та технологічних вимог та рекомендацій нечисленні та мають локальний характер стосовно кліматичних умов окремих регіональних особливостей цих країн.

3. Розроблено конструктивно-технологічне рішення збірно-розбірної модульної системи озеленення експлуатованих покрівельних покриттів та встановлено зв'язок між розташуванням конструктивних елементів та технологічними процесами виконання робіт з їх використання на будівельному майданчику.

4. Визначено послідовність та встановлено склад технологічних процесів та операцій при монтажі модульних систем озеленення експлуатованих покрівельних покриттів.

5. В результаті технологічного впорядкування процесів та операцій улаштування покрівельного покриття з модульною системою озеленення встановлено раціональні параметри технологічних процесів та операцій.

6. Розроблено технологічну послідовність та схеми виконання робіт з влаштування покрівельних покриттів з модульною системою озеленення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Benefits of Green Building.URL: http://wieland/service/download?download_catduct_category=All&industry=All &title=&page=12/ (дата звернення 15.08.2023).
2. Hui, S. C. M. and Law, A. Y. M., 2002. Green Design and Construction of Site Offices, Research Report, Department of Mechanical Engineering, The University of Hong Kong, Hong Kong.
3. Карп И. Н. Энергосбережение в Украине: проблемы и пути решения. *Энерготехнологии и ресурсосбережение*. 2004 № 4 С. 3–13.
4. Стрюк М. І. Мобільність: системний підхід . *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2015. Том 49. № 5. С. 37-70.
5. Cheney, C. and C. Rosenzweig. 2003. Green Roofs and Environmental Restoration Towards an Ecological Infrastructure for New York City. In Proc. Greening Rooftops for Sustainable Communities: Chicago 2003.
6. Сапожніков С. В. Основи енергетичного менеджменту: конспект лекції. Суми: Сумський державний університет. 2015.163 с.
7. Тан Сіа А. Пілотний дослідницький проект із зеленого даху в Сінгапурі. *Праці 3-ї північноамериканської Зеленої даху Конференція: Екологізація дахів для стійких громад*. 2015. С. 99–415
8. Krivenko O. Огляд розвитку стандартів оцінювання «зеленого» будівництва у світі. *Містобудування та територіальне планування*. 2019. №. 71. С. 216-225
9. Дубровська Г. Системи сучасних технологій: навчальний посібник М-во освіти і науки України, Черкаський інженерно-технологічний ін-т. 2-е вид., перероб. і доп. Київ, 2004. 351 с.
10. Мешічек В.В., Ройтман А.Г. Капітальний ремонт, модернізація та реконструкція житлових будинків: навч. посібник. Київ : СІ, 2005.241 с.

11. Орловський Є.С. Теоретичні засади та сучасні тенденції становлення екологічного будівництва як чинника сталого розвитку. *Економічний простір*. 2018. № 140. С. 182-203.
12. Бакалін Ю. І. Енергозбереження та енергетичний менеджмент: навч. посіб. для студ. ВНЗ . 3-тє вид., доп. та перероб. Харків, 2006. 319 с
13. Hamilton G. The challenges of capacity building in PPP in Central Asia: speech on the III Astans Economic Forum, Kazakhstan, 1-2 July, 2010
14. Шевченко А. У Фінляндії побудували будинок з нульовим енергоспоживанням. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.107091>
15. 4 economic benefits of green building. URL: <https://atalian.us/4-economic-benefits-of-green-building/> (дата звернення 13.07.2023).
16. Ткаченко Т. М., Мілейковський В. О., Гунченко О. М.. Оцінка заощадження енергії та непрямого зменшення викидів CO₂ вертикальним озелененням. *Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання*. Вип. 31. Київ, 2019. С. 16-23.
17. Краснянський М.Ю. Енергозбереження: навчальний посібник. К.: Видавничий дім «Кондор», 2018. 136 с.
18. Хоменко О.Г. Енергозберігаючі технології в будівництві: навчальний електронний посібник. Глухів. 2019. 118 с
19. Санницький М.А. Енергозберігаючі технології в будівництві: навчальний посібник. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2013. 236 с.