

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**Факультет будівництва та транспорту**  
**Кафедра Архітектури та інженерних вишукувань**

До захисту  
Допускається  
Завідувач кафедри  
Архітектури та інженерних  
вишукувань  
\_\_\_\_\_ Бородай Д. С.

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2024р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**за другим рівнем вищої освіти**

На тему: «Удосконалення архітектурно-конструктивних рішень ресторанного комплексу в м. Київ в ході капітального ремонту»

Виконав (ла)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Д. А. Токар

\_\_\_\_\_  
(Прізвище, ініціали)

Група

Буд 2301-1м  
\_\_\_\_\_

(Науковий)  
керівник

\_\_\_\_\_  
(підпис)

В. П. Сопов

\_\_\_\_\_  
(Прізвище, ініціали)

Суми – 2024 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра: **Архітектури та інженерних вишукувань**  
Спеціальність: **192 "Будівництво та цивільна інженерія"**

**ЗАВДАННЯ**

**НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

**Токар Денис Артурович**

**Тема роботи:** Удосконалення архітектурно-конструктивних рішень ресторанного комплексу в м. Київ в ході капітального ремонту

Затверджено наказом по університету № 3455/ос від " 07 " 10 2024р.  
Строк здачі студентом закінченої роботи: " 1 " грудня 2024 р.

Вихідні дані до роботи:

Дані інженерно-геологічних вишукувань, типові проекти, завдання проектування \_\_\_\_\_

4.Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що підлягають розробці)

Розділ 1. Загальна характеристика роботи, 1.1. Основні види синтетичних армуючих матеріалів, 1.2. Композитні матеріали, Розділ 2. Опис архітектурно-планувального рішення будівлі, 2.1. Ситуаційний план, 2.2.

Об'ємно-планувальне рішення, 2.3. Архітектурно-конструктивне рішення,

Список використаних джерел

---

---

---

---

---

5. Перелік графічного та або мультимедійного матеріалу (з вказівкою обов'язкових креслень)

21 слайдів мультимедійного матеріалу

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**Керівник :**

(підпис)

В. П. Сопов  
(Прізвище, ініціали)

**Консультант**

(підпис)

В. П. Сопов  
(Прізвище, ініціали)

**Завдання прийняв до виконання:**

**Здобувач**

(підпис)

Д. А. Токар  
(Прізвище, ініціали)

## Анотація

Токар Денис Артурович «Удосконалення архітектурно-конструктивних рішень ресторанного комплексу в м. Київ в ході капітального ремонту» – Кваліфікаційна робота магістра на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота магістра за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія». – Сумський національний аграрний університет, Суми, 2024.

Робота складається із змісту, загальної характеристики роботи та її кваліфікаційних ознак, огляду досліджень за обраною темою, розділів основної частини, висновків за результатами МКР (українською та англійською мовами).

Сформульовано мету, задачі, об'єкт та предмет дослідження, методи наукового дослідження.

Синтетичні матеріали стають ключовими в сучасному будівництві завдяки їхнім унікальним властивостям, що дозволяють підвищувати довговічність, ефективність і економічну вигоду будівельних конструкцій. Це дослідження зосереджується на ролі полімерів та композиційних матеріалів як армуючих агентів, аналізуючи їхні фізико-механічні характеристики, зокрема міцність, термостійкість і стійкість до факторів навколишнього середовища.

Особливий акцент зроблено на здатності синтетичних матеріалів замінити традиційні, покращуючи структурну цілісність і знижуючи витрати. Вивчення молекулярної структури, несучої здатності та сумісності з іншими матеріалами спрямоване на розробку наукової основи для їх інтеграції в будівельні проекти.

Результати дослідження пропонують нові підходи до використання синтетичної арматури в будівництві, враховуючи економічні й інженерні аспекти. Це створює перспективи для оптимізації процесів, підвищення стійкості конструкцій і досягнення цілей сталого розвитку шляхом зниження екологічного впливу та збільшення ефективності використання ресурсів.

Ключові слова: арматурні матеріали, полімери, синтетичні матеріали.

Список публікацій та/або виступів на конференціях студента:

1. Сопов В.П., Токар Д.А. ВИКОРИСТАННЯ СИНТЕТИЧНИХ МАТЕРІАЛІВ У БУДІВЕЛЬНІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ // Матеріали XVIII Міжнародної науково-практичної конференції , 29 листопада 2024 р., ХНАДУ, Харків, С.69

2. Токар Д.А. ВИКОРИСТАННЯ СИНТЕТИЧНИХ МАТЕРІАЛІВ У БУДІВЕЛЬНІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ / Матеріали 86 Міжнародної наукової конференції студентів, 8-12 квітня 2024 р., ХНАДУ, Харків, С.22

В додатках наведено тези конференції, альбом слайдів мультимедійної презентації.

Структура роботи.

Робота складається з основного тексту на 46 сторінках, у тому числі 5 таблиць, 7 рисунків. Текст роботи містить загальну характеристику роботи, 2 розділи, висновки і рекомендації за результатами роботи, список з 23 використаних джерел. Графічна частина складається з 21 слайдів мультимедійної презентації.

## **Abstracts**

Tokar Denys Arturovych “Improvement of architectural and structural solutions of a restaurant complex in Kyiv during major repairs” – Master's qualification work in the form of a manuscript.

Master's qualification work in specialty 192 “Construction and civil engineering”. – Sumy National Agrarian University, Sumy, 2024.

The work consists of the content, general characteristics of the work and its qualification features, a review of research on the selected topic, sections of the main part, conclusions based on the results of the MCR (in Ukrainian and English).

The goal, objectives, object and subject of the study, and methods of scientific research are formulated.

Synthetic materials are becoming key in modern construction due to their unique properties that allow increasing the durability, efficiency, and economic benefit of building structures. This study focuses on the role of polymers and composite materials as reinforcing agents, analyzing their physical and mechanical characteristics, in particular strength, thermal resistance and resistance to environmental factors.

Special emphasis is placed on the ability of synthetic materials to replace traditional ones, improving structural integrity and reducing costs. The study of molecular structure, load-bearing capacity and compatibility with other materials is aimed at developing a scientific basis for their integration into construction projects.

The results of the study suggest new approaches to the use of synthetic reinforcement in construction, taking into account economic and engineering aspects. This creates prospects for optimizing processes, increasing the stability of structures and achieving sustainable development goals by reducing environmental impact and increasing resource efficiency.

Keywords: reinforcing materials, polymers, synthetic materials.

List of publications and/or speeches at student conferences:

1. Sopov V.P., Tokar D.A. USE OF SYNTHETIC MATERIALS IN THE

CONSTRUCTION INDUSTRY // Proceedings of the XVIII International Scientific and Practical Conference, November 29, 2024, KhNADU, Kharkiv, P.69

2. Tokar D.A. USE OF SYNTHETIC MATERIALS IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY / Proceedings of the 86th International Scientific Conference of Students, April 8-12, 2024, KhNADU, Kharkiv, P.22

The appendices contain the conference abstracts, an album of multimedia presentation slides.

Structure of the work.

The work consists of the main text on 46 pages, including 5 tables, 7 figures. The text of the work contains a general description of the work, 2 sections, conclusions and recommendations based on the results of the work, a list of 23 sources used. The graphic part consists of 21 slides of a multimedia presentation.

## **ЗМІСТ**

<b>Розділ 1. Загальна характеристика роботи.....</b>	<b>9</b>
<b>1.1. Основні види синтетичних армуючих матеріалів.....</b>	<b>12</b>
<b>1.2. Композитні матеріали.....</b>	<b>21</b>
<b>Розділ 2. Опис архітектурно-планувального рішення будівлі.....</b>	<b>38</b>
<b>2.1. Ситуаційний план.....</b>	<b>38</b>
<b>2.2. Об'ємно-планувальне рішення.....</b>	<b>38</b>
<b>2.3. Архітектурно-конструктивне рішення.....</b>	<b>39</b>
<b>Список використаних джерел.....</b>	<b>45</b>

## РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми:** Значення цього дослідження має першорядне значення як для будівельного сектору, так і для довгострокової довговічності будівель. Зростаюча залежність від синтетичних матеріалів була зумовлена їх постійним покращенням як якісних, так і економічних аспектів, що демонструє чітку тенденцію до зростання продуктивності з кожним роком.

Здатність створювати полімери з високоспецифічними властивостями, пристосованими до різних потреб, уможливила їх широке застосування як ефективних замінників традиційних будівельних матеріалів. Ця гнучкість у дизайні матеріалів дозволяє оптимізувати низку застосувань, забезпечуючи рішення, які підвищують структурну цілісність, ефективність і економічну ефективність у сучасних будівельних практиках.

Крім того, потенціал для синтетичних матеріалів, які можна точно налаштувати для таких характеристик, як міцність, термостійкість і екологічна стійкість, розширює їх корисність, роблячи їх незамінними в сучасних будівельних технологіях.

**Мета і завдання дослідження:** Метою цього дослідження є проведення всебічного дослідження застосування синтетичних матеріалів у будівельній промисловості, особливо зосереджуючись на їхній ролі як армуючих агентів. Синтетичні матеріали, зокрема полімери та композиційні матеріали, мають унікальні механічні властивості, завдяки яким вони добре підходять для зміцнення різних структурних компонентів. Вивчаючи молекулярну структуру, несучу здатність і довговічність цих матеріалів, це дослідження має на меті оцінити їхній потенціал для підвищення структурної цілісності та довговічності будівельних проектів.

Крім того, дослідження спрямоване на те, як специфічні характеристики синтетичних матеріалів, такі як міцність на розрив, гнучкість, стійкість до факторів навколишнього середовища та сумісність з іншими будівельними матеріалами, сприяють їх ефективності як армуючих агентів. Основна мета полягає в тому, щоб забезпечити наукову основу для

більш широкого використання синтетичної арматури як у традиційних, так і в інноваційних методах будівництва, зрештою покращуючи стійкість, ефективність і довговічність будівельних конструкцій.

**Об'єкт дослідження:** Використання синтетичних матеріалів у будівельній промисловості.

**Предмет дослідження:** Ресторанний комплекс в місті Київ.

**Методи дослідження:** Методологія, використана в цьому дослідженні, передбачає ретельний аналіз як економічної доцільності, так і структурних переваг, пов'язаних із використанням синтетичних матеріалів у будівництві. Цей підхід включає багатовимірну оцінку, поєднуючи аналіз витрат і вигод з дослідженням характеристик матеріалу, які роблять синтетику життєздатною альтернативою традиційним будівельним матеріалам. У дослідженні критично розглядаються довгострокові економічні наслідки, включаючи зниження витрат на закупівлю матеріалів, робочу силу та технічне обслуговування, а також потенціал для підвищення довговічності та продуктивності протягом життєвого циклу. Одночасно дослідження вивчає конструктивні переваги синтетичних матеріалів, такі як підвищена міцність на розрив, менша вага та покращена стійкість до погіршення навколишнього середовища, які разом сприяють чудовим результатам будівництва.

Кульмінацією цього дослідження є розробка науково точного та технічно обґрунтованого обґрунтування широкого застосування синтетичних матеріалів як у промисловому, так і в цивільному будівництві. Отримані результати мають на меті забезпечити детальне розуміння того, як ці матеріали можуть оптимізувати будівельні процеси, покращити структурні характеристики та сприяти досягненню цілей сталого розвитку за рахунок ефективності використання матеріалів та зменшення впливу на навколишнє середовище. Зрештою, дослідження спрямоване на встановлення чіткої основи для інтеграції синтетичних матеріалів у сучасну будівельну практику, засновану як на економічних, так і на інженерних принципах.

**Наукова та технічна новизна одержаних результатів:** Центральним питанням, яке розглядається в цьому дослідженні, є зниження витрат на будівництво за рахунок використання матеріалів, які мають схожі фізичні та механічні властивості з традиційними матеріалами, але мають явні переваги. Ці переваги в першу чергу випливають із використання синтетичної арматури, яка стала ключовою темою в контексті сучасних економічних підходів у різних галузях промисловості.

Синтетичні матеріали, завдяки своїм індивідуальним властивостям, дають можливість підвищити як економічну ефективність, так і продуктивність будівельних проектів. Здатність відтворювати або перевершувати фізичні та механічні якості звичайних матеріалів, водночас пропонуючи додаткові переваги, такі як довговічність, легкі характеристики та стійкість до факторів навколишнього середовища, позиціонує синтетичне армування як чудову альтернативу в багатьох сферах застосування.

Основним напрямком цього дослідження є детальна оцінка якісних фізико-механічних властивостей синтетичних матеріалів, що використовуються в армуванні. Ці властивості, включаючи міцність на розрив, еластичність, стійкість до корозії та термічну стабільність, є критично важливими для визначення придатності синтетики для конструкцій. Наукове дослідження спрямоване на кількісну оцінку цих атрибутів і порівняння їх із традиційними матеріалами, створюючи таким чином основу для їх ширшого впровадження.

Новизна цього дослідження полягає в його систематичному та заснованому на фактичних даних аналізі економічної та структурної життєздатності включення нових синтетичних матеріалів у застосування армування будівельних конструкцій. Це дослідження виходить за рамки існуючих знань, надаючи комплексну оцінку прибутковості та необхідності цих матеріалів, засновану як на теоретичному аналізі, так і на емпіричних даних. Синтезуючи економічні та технічні аспекти синтетичної арматури, дослідження пропонує новий погляд на те, як ці матеріали можуть

революціонізувати практику армування, потенційно змінюючи структуру витрат і покращуючи стійкість і ефективність сучасного будівництва.

**Апробація та публікація результатів роботи:** 1. Сопов В.П., Токар Д.А. ВИКОРИСТАННЯ СИНТЕТИЧНИХ МАТЕРІАЛІВ У БУДІВЕЛЬНІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ // Матеріали XVIII Міжнародної науково-практичної конференції , 29 листопада 2024 р., ХНАДУ, Харків, С.69

2. Токар Д.А. ВИКОРИСТАННЯ СИНТЕТИЧНИХ МАТЕРІАЛІВ У БУДІВЕЛЬНІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ / Матеріали 86 Міжнародної наукової конференції студентів, 8-12 квітня 2024 р., ХНАДУ, Харків, С.22

### **1.1. Основні види синтетичних армуючих матеріалів**

Скловолокно класифікується як композитний матеріал, що складається зі скляних волокон, вбудованих у синтетичну полімерну матрицю. Ця комбінація матеріалів надає унікальні властивості, які роблять скловолокно дуже придатним для різноманітних промислових застосувань. Його основні характеристики включають високу міцність на розрив, відносно низьку питому вагу, здатність формувати різноманітні складні форми та рівень декоративності, що робить його універсальним як для структурних, так і для естетичних цілей.

Одним з найбільш значущих продуктів, одержуваних зі скловолокна, є склопластикові арматурні стержні (арматура), які широко використовуються для армування фундаментів і стін у будівництві. Легка природа скловолокна спрощує транспортування та обробку на місці, тоді як його механічна міцність забезпечує суттєву економію за рахунок зменшення потреби у надмірному армуванні.

Скловолокно відрізняється своєю винятковою стійкістю до атмосферних умов, включаючи ультрафіолетове опромінення та вологу, а також властивою йому стійкістю до корозії. Ці якості роблять його ідеальним для використання в середовищах, схильних до суворих погодних умов, або там, де довгострокова довговічність є критичною. Співвідношення міцності до ваги дозволяє виготовляти контейнери з відносно тонкими стінками, які

зберігають структурну цілісність, сприяючи зменшенню загального використання матеріалу та ваги.

Ця властивість є особливо корисною у виробництві компонентів каналізаційних систем, таких як септики, каналізаційні насосні станції, системи управління зливовою водою та установки аеробної очистки, де легкість матеріалу та стійкість до корозії значно покращують продуктивність і довговічність.

Здібності скловолокна до зміцнення забезпечують винятково міцні композити з міцністю на вигин приблизно від 685 до  $1230 \times 10^7$  Н/м<sup>2</sup> і міцністю на стиск від 420 до  $1190 \times 10^7$  Н/м<sup>2</sup>. Ці значення свідчать про те, що склопластикові композити можуть витримувати значні навантаження без необхідності додаткового армування, на відміну від полівінілхлоридних профілів, для яких часто потрібні металеві вставки. Ця характеристика не тільки покращує структурну цілісність, але й покращує теплоізоляцію, оскільки додавання металевих посилень у традиційні матеріали може збільшити теплопровідність. Скловолокно з його низькою теплопровідністю (0,37 Вт/м<sup>°C</sup>) у поєднанні з внутрішніми порожнинами, заповненими ізоляційними матеріалами, забезпечує чудовий термічний опір, що робить його кращим вибором для енергоефективного будівництва.

У ширшому контексті виробництва композитних матеріалів скловолокно є одним із кількох типів волокон, які використовуються для армування армованих волокон композитів. Інші армуючі волокна включають азбестове, вуглецеве та арамідне волокна, кожне з яких вибрано відповідно до своїх конкретних характеристик. Скловолокно, яке використовується в промислових цілях отримують із трьох типів скла: скло типу А, яке є лужним з масовою часткою М<sub>2</sub>О понад 12%; Скло типу С, яке є слаболужним і містить до 9%; і скло типу Е, боросилікатне скло, що не містить лугів, з масовою часткою М<sub>2</sub>О нижче 1,5%. Ці різні типи скла переробляються в різні форми, наприклад, рубану скляну пряжу (штапельне

волокно), рубану та скручену ровінг (пучки коротких волокон) і вкриту смолою рубану скляну пряжу довжиною від 6,2 мм до 12,5 мм.

Листові формувальні суміші, які часто використовуються в автомобільній та будівельній промисловості, армуються рубаним скляним ровінгом довжиною від 12,5 мм до 75,4 мм, хоча найпоширенішою довжиною є 24,2 мм. Залежно від того, як волокна обробляються, їх можна класифікувати як жорсткі або м'які. Тверду ровницю легше різати та формувати, але вона гірше просочується смолою, що призводить до нижчої загальної когезії матеріалу. Навпаки, м'яку ровницю важче різати та формувати, але вона забезпечує чудове поглинання смоли, що призводить до покращених механічних властивостей кінцевого композитного матеріалу.

**Таблиця 1.1. Фізико-механічні характеристики волокон**

Волокна	Густина, кг/м <sup>3</sup>	Діаметр, мкм	Руйнівне напруження при розтягненні, ГПа	Модуль пружності при розтязі, ГПа	Відносне подовження при розриві, %	Температура плавлення, °С
Металеві (сталеві)	7600	50–100	2–3	200	5–10	1200
Скляні (марки E)	2540	10–15	3,5	785	4,8	840
Вуглецеві, у т.ч.: високоміцні	1800	10–20	7,2	300	2,4	1000 *
високомодульні	1850	10–20	3,2	735	0,4	1000 *
Борні	2370	90–200	2,5–4,0	420		2070
Керамічні (карбідні)	3500	10	4,0	420	0,2	1800
Полімерні, у т.ч.: арамідні (кевлар)	1450	100–200	3,2	184	1,5	200
поліамідні (капрон)	1140	100	0,7	3,5	20	190
поліпропіленові	900	100	0,5	5,0	30	150
поліетиленові	970	100	2–3,5	50–125	3–6	98

Ровінг зі скловолокна — це матеріали, що складаються з безперервних і паралельних ниток, які часто називають жгутами, або пучків елементарних скляних волокон. Ці рівниці виробляються шляхом комбінованого прядіння кількох ниток, точна кількість яких визначається на основі вимог наступних етапів обробки. Кожна окрема нитка, яку також називають джгутом, складається з елементарних скляних волокон, які витягуються з втулки, пристрою з кількома отворами, через які волокна видавлюються. Кількість отворів у втулці прямо корелює з кількістю ниток у джгуті, яка сама по собі визначається конкретними потребами для подальшої обробки або виробництва. Діаметр волокон, які використовуються для виробництва ровінгу коливається від 9,2 до 13,4 мікрон, що сприяє загальним механічним властивостям і характеристикам обробки матеріалу.

Вага ровінгу зі скловолокна в основному вимірюється в двох одиницях: грамах на кілометр (г/км) або тексах, що представляє вагу в грамах 1000 метрів волокна. Ця вага знаходиться в діапазоні від 440 до 3500 г/км або від 275 до 2225 текс. Ця величина є вирішальним параметром для визначення товщини та міцності волокон, а також їх придатності для різноманітних промислових застосувань.

Текстильна пряжа зі скловолокна, яка, по суті, є ниткою, виготовленою з відносно коротких текстильних волокон, зв'язаних скручуванням, складається з окремих паралельних волокон або ниток, які зв'язані в пучки та зібрані у більші одиниці. Потім ці волокна можна переробити в текстильні матеріали, що є основою для широкого спектру промислових виробів. Найпростіша форма текстильної пряжі зі скловолокна, відома як проста пряжа, складається з безперервних одинарних джгутів або ниток, які безпосередньо витягуються з втулки. У багатьох випадках гладку пряжу піддають легкому крученню, щоб покращити її механічні властивості, що робить її більш придатною для ткацтва та інших текстильних процесів.

У випадках, коли для певних типів тканини потрібна більш товста пряжа, ніж пряжа, отримана безпосередньо з втулки, використовується

процес, що включає скручування та подвоєння. Цей спосіб полягає в скручуванні двох або більше окремих пасом разом з наступним скручуванням уже попередньо скручених ниток. Наприклад, пряжа з маркуванням EN виготовляється з Е-скловолокна, де безперервна нитка має діаметр 92 текс, а сама пряжа складається з двох ниток, які двічі скручуються разом. Така конфігурація підвищує міцність і довговічність пряжі, зберігаючи при цьому гнучкість, що є важливим для її використання в конкретних текстильних сферах.

Нитки текстильного скловолокна, будь то гладкі або рубані, можуть пройти спеціальний процес, відомий як текстурування. Під час текстурування струмінь повітря використовується для створення контрольованого руйнування елементарних скляних волокон, розташованих на поверхні пряжі. Цей процес призводить до розпушування пряжі, створюючи більш об'ємну структуру без порушення її цілісності. Текстурування контролюється шляхом регулювання таких змінних, як тиск повітря та швидкість подачі пряжі.

Руйнування поверхневих волокон збільшує проникність пряжі, що робить її більш придатною для певних застосувань, де потрібна більша площа поверхні або характеристики поглинання. Ця підвищена проникність може бути корисною в таких процесах, як просочення смолою, де об'ємна структура нитки забезпечує більш ефективний розподіл смоли, що призводить до покращення механічних властивостей кінцевого композитного матеріалу.

Тканини зі скловолокна виготовляються за допомогою висококонтрольованого процесу, де різні фактори, такі як структура переплетення, щільність ниток, кручення пряжі та умови переплетення безпосередньо впливають на кінцеві властивості матеріалу. Щільність ниток як основи, так і качка — вимірюється кількістю ниток на сантиметр у поздовжньому та поперечному напрямках тканини — відіграє вирішальну роль у визначенні міцності, товщини та механічних властивостей тканини.

Нитки основи, які проходять уздовж, забезпечують первинну структурну цілісність, тоді як нитки піткання, які проходять поперек, зв'язують тканину та сприяють її загальній стабільності. Таким чином, міцність на розрив і щільність тканини прямо пропорційні кількості ниток в основі і качку, а також типу пряжі, яка використовується в процесі ткання.

Маніпулюючи схемою переплетення основи та качка, виробники можуть виробляти широкий спектр структур тканини, кожна з яких відповідає конкретним вимогам до композитного армування. Ці різні переплетення змінюють механічні властивості тканини, впливаючи на такі аспекти, як гнучкість, міцність на розрив і здатність протистояти навантаженню в різних напрямках. Така універсальність дизайну тканини дозволяє створювати композити з індивідуальними характеристиками.

Зміцнюючі структури, що використовуються в цих тканинах, можна додатково посилити додаванням наповнювачів, які поділяються на чотири основні групи на основі їх хімічного складу: кремнезем і силікати, карбонати, сульфати та оксиди. Група кремнезему та силікатів включає такі матеріали, як азбест, тальк, каолін, діоксид кремнію (пісок), діатоміт і вулканічний попел. Карбонати в основному представлені карбонатом кальцію в його різних формах. До сульфатів належать сульфат барію (барит) і сульфат кальцію, а до оксидів — оксиди алюмінію, титану та цинку. Ці наповнювачі є природними матеріалами, які піддаються мокрому або сухому подрібненню або виробляються шляхом хімічного осадження для досягнення бажаного розміру частинок і розподілу.

Щільність цих наповнювачів варіюється в широких межах: від 2030 кг/м<sup>3</sup> для діатомової землі до 4400 кг/м<sup>3</sup> для бариту, причому використовувані матеріали, такі як каолін і карбонат кальцію, знаходяться в межах 2550-2650 кг/м<sup>3</sup>. Кожен наповнювач надає композиту певні властивості, такі як підвищена щільність, покращені механічні характеристики або підвищена термостійкість.

Таблиця 1.2. Властивості дисперсних наповнювачів для полімерів

Наповнювач	Хімічна формула	Щільність, кг/м <sup>3</sup>	pH водної витяжки	Твердість по Моосу	Температура, °C	Модуль пружності, ГПа	Коефіцієнт Пуассона	Коефіцієнт термічного розширення	Питомий об'ємний опір, Ом·м	Форма частинок
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Каолін	$Al_4(Si_2O_5)(OH)_8$	2600	4,5	1	1000 (T <sub>p</sub> )	–	–	0,53	$10^7-10^{12}$	пластинчаста
Тальк	$Mg_3(Si_4O_{10})OH$	2788	8,1-9,6	1	1500 (T <sub>пл</sub> )	3,5	0,4	0,4	$1,6 \cdot 10^9$	луската
Слюда (мусковіт)	$KAl_2(AlSi_3O_{10}) \times (OH F)_2$	2834	7,5	2,5-3,5	1290 (T <sub>p</sub> )	0,25	0,25–0,35	1,95	$10^{16}$	луската
Крейда	$CaCO_3$	2600-2900	9,2	3	920 (T <sub>p</sub> )	6–9	0,28–3,0	0,4	$10^8-10^{14}$	зерниста
Кварц (скло)	$SiO_2$	2248	6–7,5	7-7,5	1600 (T <sub>пл</sub> )	6,7–8,0	0,07–0,15	0,045	$10^{16}$	зерниста

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Барит	BaSO <sub>4</sub>	4480	6,5–7,0	3–3,5	1143 (T <sub>p</sub> )	5,9–6,1	0,25–0,32	1,8	4,5	зерниста
Аеросил	SiO <sub>2</sub>	2350	4	4–6	1400 (T <sub>пл</sub> )	6,5	0,15	0,1	10 <sup>10</sup>	зерниста
Азбест (хризоти- ловий)	Mg <sub>6</sub> (Si <sub>4</sub> O <sub>10</sub> )(OH) <sub>8</sub>	2100– 2800	2,5	–	1100 (T <sub>пл</sub> )	16	–	0,8	–	волокну- ста
Біла сажа	SiO <sub>2</sub> ×H <sub>2</sub> O	2100– 2200	8–10	–	1200 (T <sub>пл</sub> )	4,5–5,5	0,3	0,4	10 <sup>12</sup>	зерниста
Технічний вуглець ПМ-15	C	1820	8,5	3	1000 (засто- сування)	–	0,35	0,8	10 <sup>-1</sup>	зерниста
Літопон	ZnS – 30 % BaSO <sub>4</sub> – 70 %	2500– 3500	–	3–4	1200 (T <sub>p</sub> )	5,5	0,35	1,8	–	пластин- часта
Гідроксид алюмінію	Al(OH) <sub>3</sub>	4200	7	6–7	420 (T <sub>раз</sub> )	–	–	6,2	10 <sup>5</sup> –10 <sup>12</sup>	зерниста

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Рутил	TiO <sub>2</sub>	4200-4300	6-7	6,7-7,2	1980 (T <sub>пл</sub> )	29	0,28	0,78	4·10 <sup>2</sup>	зерниста
Гіпс	CaSO <sub>4</sub> ×2H <sub>2</sub> O	2317	8	2	550 (T <sub>p</sub> )	1,4	0,22-0,34	2,42	10 <sup>8</sup> -10 <sup>14</sup>	зерниста
Корунд	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3900-4000	6-7	9	2000 (T <sub>пл</sub> )	37-52	0,13-0,2	0,6	4·10 <sup>15</sup>	зерниста

## 1.2. Композитні матеріали

Синтетичні матеріали, такі як георешітки, геотекстиль і геокомпозити, виготовлені з полімерних або штучних волокон, відіграють вирішальну роль у зміцненні гнучких конструкцій дорожнього покриття. Ці матеріали спеціально розроблені для покращення механічних властивостей монолітних шарів у нежорстких дорожніх покриттях, сприяючи покращенню розподілу навантаження, стійкості до деформації та загальної довговічності конструкції. Використання синтетичної арматури в будівництві доріг в першу чергу спрямоване на вирішення проблем, пов'язаних з механічними навантаженнями, спричиненими транспортними навантаженнями, умовами навколишнього середовища та нестабільністю земляного полотна.

Георешітки, які складаються з сіткоподібної структури полімерного матеріалу, забезпечують армування на розтяг шляхом зчеплення з базовими шарами заповнювача, зменшуючи бічний рух матеріалів дорожнього покриття та підвищуючи несучу здатність. Цей механізм посилення особливо ефективний у запобіганні утворення колії та надмірного осідання в гнучких системах тротуарів, тим самим збільшуючи термін служби дороги. Відкрита сітчаста структура матеріалу забезпечує оптимальну взаємодію з навколишніми шарами, забезпечуючи ефективну передачу напруги та розподіл по системі дорожнього покриття.

Геотекстиль, інша форма синтетичного матеріалу використовується для відділення, фільтрації, зміцнення та захисту шарів дорожнього покриття. Геотекстиль, що складається з полімерних волокон, забезпечує гнучкість, довговічність і високу міцність на розрив. Їх основною функцією в будівництві доріг є забезпечення поділу між різними шарами ґрунту, запобігання змішуванню земляного полотна та заповнювачів, що може призвести до ослаблення конструкції дорожнього покриття. Крім того, геотекстиль полегшує дренаж, пропускаючи воду, зберігаючи цілісність базових шарів, таким чином зменшуючи ризик пошкодження тротуару водою.

Геокомпозити поєднують у собі властивості як георешіток, так і геотекстилю, поєднуючи міцність георешіток на розтяг з фільтраційними та роздільними властивостями геотекстилю. Цей гібридний матеріал пропонує комплексне рішення для зміцнення нежорстких дорожніх покриттів, підвищуючи як механічну міцність, так і стійкість до навколишнього середовища. Використання геокомпозитів є особливо вигідним у складних будівельних сценаріях, де необхідно одночасно вирішувати кілька геотехнічних проблем, таких як слабе ґрунтове покриття, чутливість до вологи та велике транспортне навантаження.

Застосування цих синтетичних матеріалів значно покращує характеристики нежорстких систем дорожнього покриття шляхом пом'якшення проблем, пов'язаних з деформацією, розтріскуванням від втоми та нестабільністю земляного полотна. Висока довговічність, стійкість до погіршення навколишнього середовища та здатність покращувати механічні властивості шарів дорожнього покриття роблять їх незамінними в сучасному будівництві та утриманні доріг.



**Рис. 1.1. Геокаркас**

Геокаркас, стільникова структурна система, що складається з поліетиленових смуг товщиною 1,7 мм, призначена для забезпечення армування для різних геотехнічних застосувань. Ці смуги з'єднуються між

собою за допомогою високоміцних зварних швів, утворюючи стабільну сітку із заданих розмірів комірок, які вибираються виходячи з технічних вимог проекту будівництва. Геокаркас служить ефективним рішенням для стабілізації слабких фундаментів, зведення підпірних стінок, захисту опор мостів і насипів шляхопроводів, а також для захисту від ерозії на схилах. Цей продукт знайшов широке застосування в дорожньому будівництві, де за кілька років продемонстрував високу якість і надійність.

Георешітка, інша форма геосинтетичного матеріалу, є двовимірною плоскою полімерною решітчастою структурою, що характеризується правильною геометрією відкритої сітки. Сітка складається з елементів, з'єднаних між собою за допомогою техніки екструзії, зварювання або плетіння, в результаті чого виходить дуже міцний продукт із чудовою міцністю на розрив.

Отвори між елементами сітки більші, ніж самі конструктивні компоненти, що забезпечує ефективне механічне з'єднання з зернистими або монолітними матеріалами. Ця властивість робить георешітку ідеальним армуючим шаром в системах тротуарів, насипах і підпірних стінах, де вона покращує несучу здатність і запобігає деформації підстилаючих шарів.

Геонет, інший тип геосинтетичного матеріалу, складається з наборів паралельних ребер, розташованих під різними кутами та з'єднаних, щоб утворити цілісну мережу. Ця унікальна конфігурація робить геомережу дуже придатною в якості дренажного ядра в дренажних геокомпозитах, де вона сприяє ефективному транспортуванню води, зберігаючи при цьому структурну цілісність. Геомережі часто використовуються в системах, призначених для контролю потоку ґрунтових вод або управління інфільтрацією поверхневих вод, зокрема в підпірних стінах і проектах стабілізації схилів.

З іншого боку, геотекстиль — це плоскі проникні полімерні матеріали, які можуть бути виготовлені з синтетичних або натуральних волокон. Ці матеріали виготовляються за допомогою тканих, нетканих або в'язаних

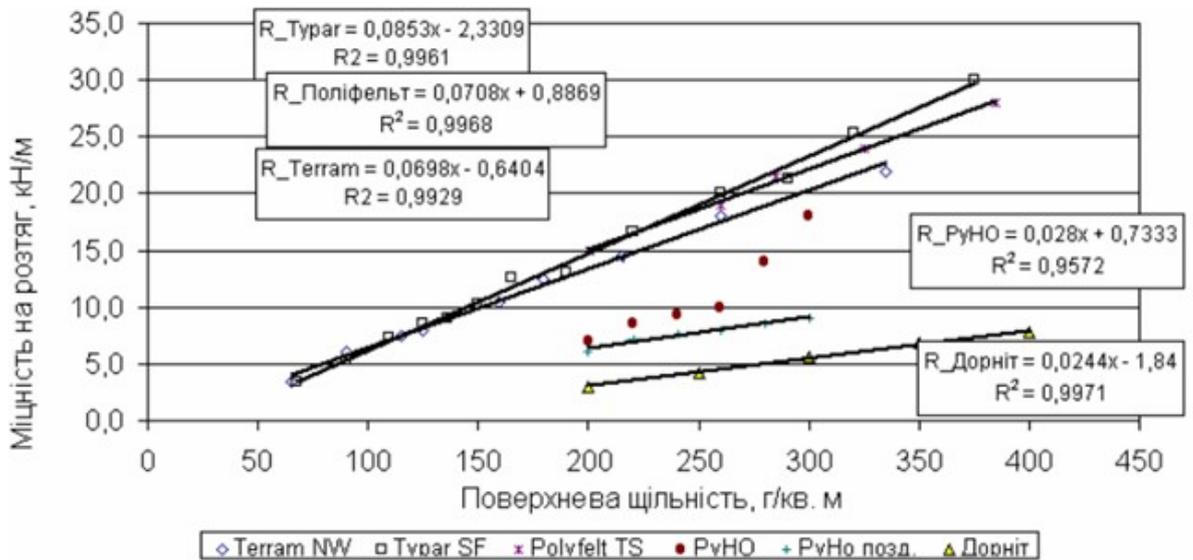
технологій залежно від їхнього призначення. Геотекстиль використовується в геотехнічних і цивільних проектах, де він функціонує як розділовий, фільтруючий, армуючий або захисний шар. При будівництві доріг, наприклад, геотекстиль допомагає запобігти змішуванню ґрунту земляного полотна з основними матеріалами, покращує дренаж і більш рівномірно розподіляє навантаження по конструкції тротуару.

До полімерів, які найчастіше використовуються у виробництві геосинтетики, відносяться поліпропілен (89%), поліестер (6%), поліетилен (3%) і поліамід (2%). У процесі виробництва використовуються різні типи волокон, такі як монофіламент, мультифіламент, короткі волокна, волокна з вузьких стрічок. Ці волокна прядуть у пряжу, яка потім сплітається в тканину. Залежно від методу виробництва геотекстиль можна класифікувати на три категорії: тканий, нетканий (або голкопробивний, або термічно зв'язаний) та трикотажний. Тканий геотекстиль забезпечує чудову міцність на розрив, тоді як неткані різновиди більше підходять для фільтрації та дренажу. Трикотажний геотекстиль, хоч і менш поширений, надає унікальні переваги в певних контекстах.

Порівняльний аналіз вітчизняних нетканих геотекстильних матеріалів з провідними міжнародними брендами показує, що вітчизняна продукція, яка поступово вдосконалюється, все ще відстає за деякими показниками властивостей від кращих іноземних матеріалів, таких як Terram, Polifelt, Turar. Однак слід зазначити, що навіть між міжнародними матеріалами існує значна мінливість якості, причому деякі бренди працюють значно нижче стандартів, встановлених провідними виробниками.

За останні роки вітчизняне виробництво досягло значних успіхів, зокрема, у розробці матеріалів четвертого покоління. Ці новіші продукти характеризуються меншою вагою на одиницю площі, досягнутою без шкоди для їх механічної міцності. Такі досягнення мають безпосередні наслідки для зниження транспортних витрат і покращення простоти монтажу в різних

геотехнічних додатках, особливо з точки зору систем покриття для тротуарів та інших інфраструктурних проєктів.



**Рис. 1.2. Співставлення основних показників механічних властивостей нетканих геотекстильних матеріалів кращих зарубіжних марок, сучасних вітчизняних (PyHO) і вітчизняних асортименту 80-х років (Дорніт)**

Основною метою для виробників високоефективного технічного текстилю має бути оптимізація споживання сировини при досягненні чудової механічної міцності. Зменшуючи обсяг сировини, що використовується у виробництві, без шкоди для міцності матеріалу, виробники можуть знизити не тільки вартість самого матеріалу, але й пов'язані з ним витрати на транспортування. Таке зниження витрат досягається за рахунок легшого кінцевого продукту, що призводить до менших діаметрів рулонів і зменшення обсягів доставки.

Яскравий приклад такої оптимізації можна побачити в термоскріпленому геотекстилі Турар, поверхнева щільність якого становить 265 г/м<sup>2</sup>. Рулон цього матеріалу довжиною 100 метрів має діаметр всього 30 см і важить приблизно 125 кг. Для порівняння, конкуруючі матеріали з однаковою шириною та довжиною демонструють значно більші діаметри,

досягаючи 75 см, що робить їх більш громіздкими та менш ефективними для транспортування.

Однією з відмінних особливостей цього матеріалу є його унікальний розподіл пор, який імітує структуру природних ґрунтів. Ця нерівномірنا пористість сприяє жорсткості матеріалу та запобігає засміченню, а також забезпечує оптимальні властивості подовження, що є важливою характеристикою для геотекстилю. Баланс між жорсткістю та гнучкістю гарантує, що він зберігає структурну цілісність під навантаженням, адаптуючись до різноманітних геотехнічних умов.

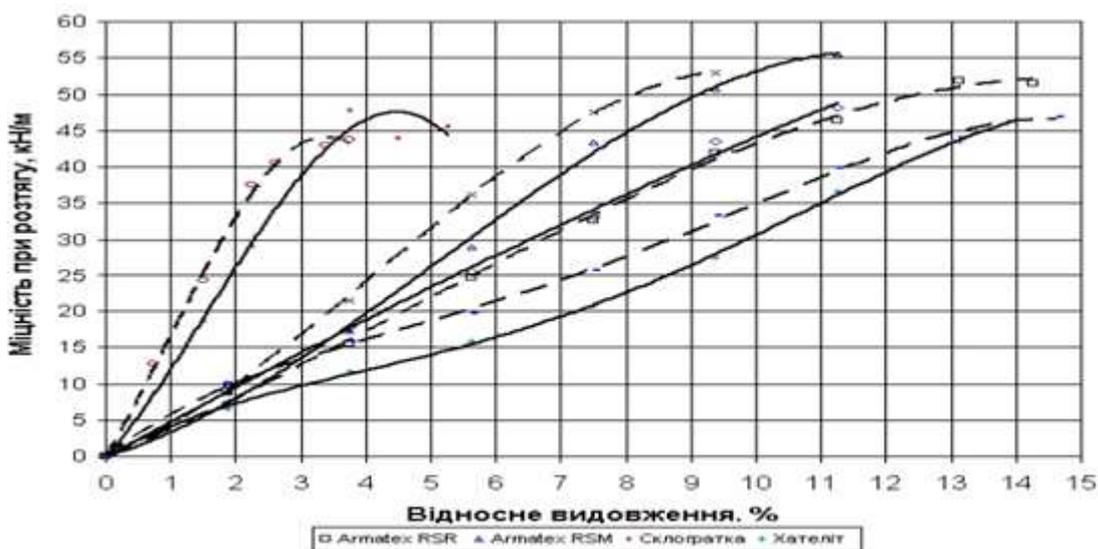
При виборі геосинтетичних матеріалів сьогодні міцність на розрив часто є ключовим критерієм ефективності. Однак важливо зазначити, що матеріали з однаковою міцністю на розрив можуть демонструвати різний ступінь подовження під навантаженням. У поточній практиці часто віддають перевагу матеріалам з мінімальним подовженням, оскільки вони сприймаються як такі, що забезпечують більшу стабільність. Тим не менш, нещодавні дослідження спростовують це припущення, припускаючи, що матеріали з дещо вищим подовженням можуть насправді демонструвати більшу довговічність з часом.

Це розуміння впливає з порівняльних випробувань різних матеріалів. Наприклад, геосинтетичні асфальтові армуючі мати, виготовлені з поліефірних волокон, вироблених двома різними виробниками — Hatelit і Armatex RSR, — показали еквівалентну міцність на розрив і однакові значення відносного подовження. Незважаючи на ці подібності, незначні відмінності у властивостях матеріалу можуть впливати на продуктивність протягом тривалого використання.

Матеріали, виготовлені з поліпропілену та поліетилену, які використовуються в геосинтетичних додатках демонструють відносне подовження, що перевищує 17%. Цей високий коефіцієнт подовження робить ці матеріали менш придатними для застосувань, які вимагають високої жорсткості та посилення, особливо в сценаріях, де мінімальна деформація є

критичною. Отже, ці матеріали не рекомендуються для використання в якості арматурних сіток у складних умовах будівництва.

Помітною подією на світовому ринку є впровадження геосинтетичних матеріалів на основі полівінілового спирту. Ці інноваційні матеріали в даний час виробляються лише кількома виробниками в усьому світі, що відзначає значний технологічний прогрес у галузі геосинтетики. Ці матеріали демонструють унікальні властивості, такі як виняткова міцність на розрив і менше подовження, що робить їх надзвичайно привабливими для армування. Їх чудова стійкість до хімічних впливів і деградації навколишнього середовища ще більше підвищує їх придатність для використання в суворих геотехнічних умовах, таких як захист узбережжя, стабілізація схилів і зміцнення сильно навантажених доріг.



**Рис. 1.3. Залежність «напруження - відносна деформація» для АСМ**

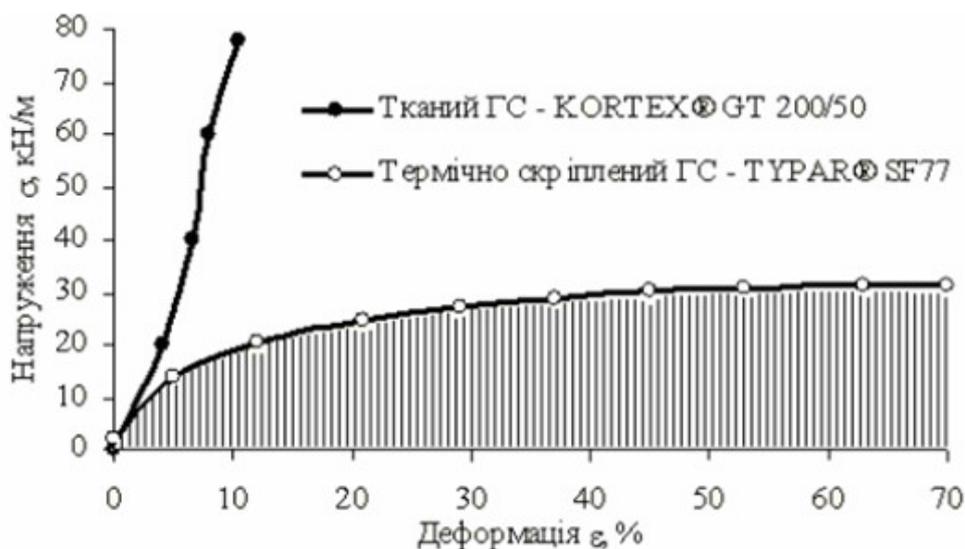
Поліамід став високоефективним матеріалом для виробництва геосинтетики завдяки своїм кращим характеристикам у порівнянні з іншими полімерами, такими як поліпропілен. На відміну від поліпропілену, який схильний до розтріскування та псування в суворих зимових умовах, поліамід зберігає свою цілісність і оптимальне подовження навіть за екстремальних умов навколишнього середовища.

У сфері геосинтетики концепція енергії поглинання, яку також називають енергією руйнування, має вирішальне значення для оцінки та

порівняння характеристик різних матеріалів. Енергія поглинання являє собою здатність геосинтетичного матеріалу поглинати та розсіювати енергію до руйнування, що є вирішальним фактором у визначенні його придатності для зміцнення та стабілізації.

Енергія поглинання кількісно визначається за допомогою аналізу поведінки напруги-деформації матеріалу, що ілюструється діаграмою деформація-напруга. На цій діаграмі зображено прикладене навантаження і результуючу деформацію матеріалу. Потенціал енергії поглинання визначається як площа під кривою напруження-деформації, яка відображає загальну кількість енергії, яку матеріал може поглинути до досягнення точки руйнування.

Більш висока енергія поглинання вказує на більшу здатність матеріалу протистояти деформації та поглинати енергію, що корелює з його загальними механічними характеристиками та довговічністю. Таким чином, при оцінці геосинтетики для конкретних застосувань перевага віддається матеріалам з більш високою енергією поглинання, оскільки вони забезпечують підвищену стійкість до динамічних навантажень і факторів зовнішнього середовища, що призводить до покращеної структурної стабільності та довговічності.



**Рис. 1.4. Потенціал енергії абсорбції  $A_p$  на основі діаграми деформація-напруження**

Для моделювання співвідношення напруга-деформація геосинтетичних матеріалів сигма напруги як функція епсилона деформації може бути апроксимована за допомогою різних математичних виразів. Одне загальне наближення дається квадратичною функцією:

$$\sigma(\varepsilon) = a_0 + a_1\varepsilon + a_2\varepsilon^2$$

де  $a_0$ ,  $a_1$  і  $a_2$  — специфічні для матеріалу параметри, які описують лінійну та нелінійну поведінку матеріалу під час деформації. Інше альтернативне представлення використовує функцію степеневого закону:

$$\sigma(\varepsilon) = B\varepsilon^b$$

де  $B$  і  $b$  є емпіричними параметрами, які характеризують реакцію матеріалу на прикладену напругу в діапазоні деформацій. Ці функції забезпечують основу для розуміння того, як матеріал деформується під різними рівнями напруги.

Енергія поглинання, яка кількісно визначає енергію, поглинену матеріалом до моменту розриву, визначається шляхом інтегрування кривої напруга-деформація. Зокрема, він розраховується як:

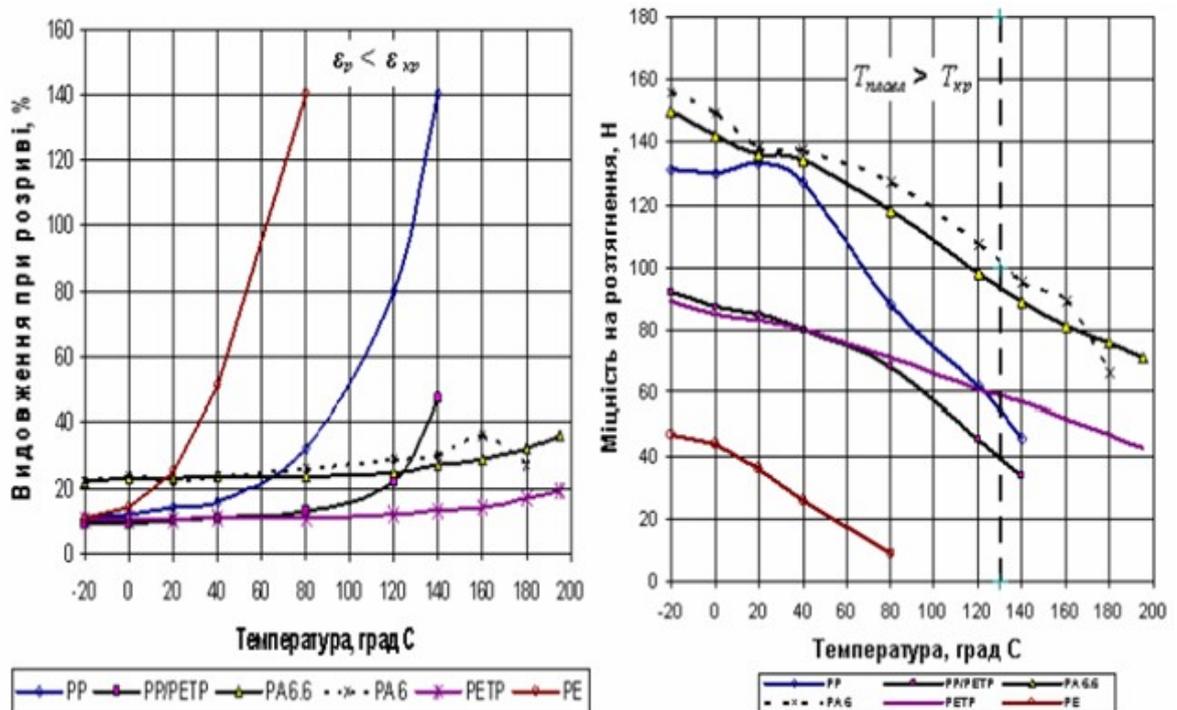
$$A_r = \int_0^{\varepsilon_p} \sigma(\varepsilon) d\varepsilon$$

де  $p$  являє собою граничну відносну деформацію геосинтетичного матеріалу при розриві. Інтегрування здійснюється в діапазоні деформацій від 0 до  $p$ , що перевищує допустиму деформацію, що відповідає взаємодії геосинтетика з ґрунтом. Тут  $d$  - це деформація, спричинена самим геосинтетичним матеріалом, а  $g$  - це деформація, спричинена взаємодією геосинтетичного матеріалу з навколишнім ґрунтом.

Під час вибору геосинтетичних матеріалів для армування важливо враховувати такі фактори, як жорсткість основи, величина та структура навантаження, а також розподіл напруги всередині конструкції. Процес проектування передбачає забезпечення того, щоб номінальна енергія поглинання вибраного геосинтетичного матеріалу перевищувала фактичну енергію поглинання, необхідну для конкретного напружено-деформаційного

стану масиву ґрунту. Це гарантує належну роботу матеріалу за очікуваних умов навантаження.

Технологічні та практичні міркування розглядаються шляхом порівняння результатів випробувань, які оцінюють термостійкість матеріалу в діапазоні робочих температур. Це порівняння дозволяє вибрати геосинтетику, яка не тільки відповідає вимогам до продуктивності, але й зберігає свою структурну цілісність і функціональність у різних умовах навколишнього середовища.



**Рис. 1.5. Залежність видовження при розриві та міцності на розтягнення від температури**

При виборі геосинтетичних матеріалів на основі теплостійкості важливо задовольнити наступну умову:

$$T_{плвл} > T_{кр}$$

де  $T_r$  являє собою температуру плавлення волокон, а  $T_k$  позначає температуру, при якій починається ущільнення. Ця температура залежить від температури розм'якшення бітуму і може бути розрахована як:

$$T_{кр} = 92 + T_{розм}$$

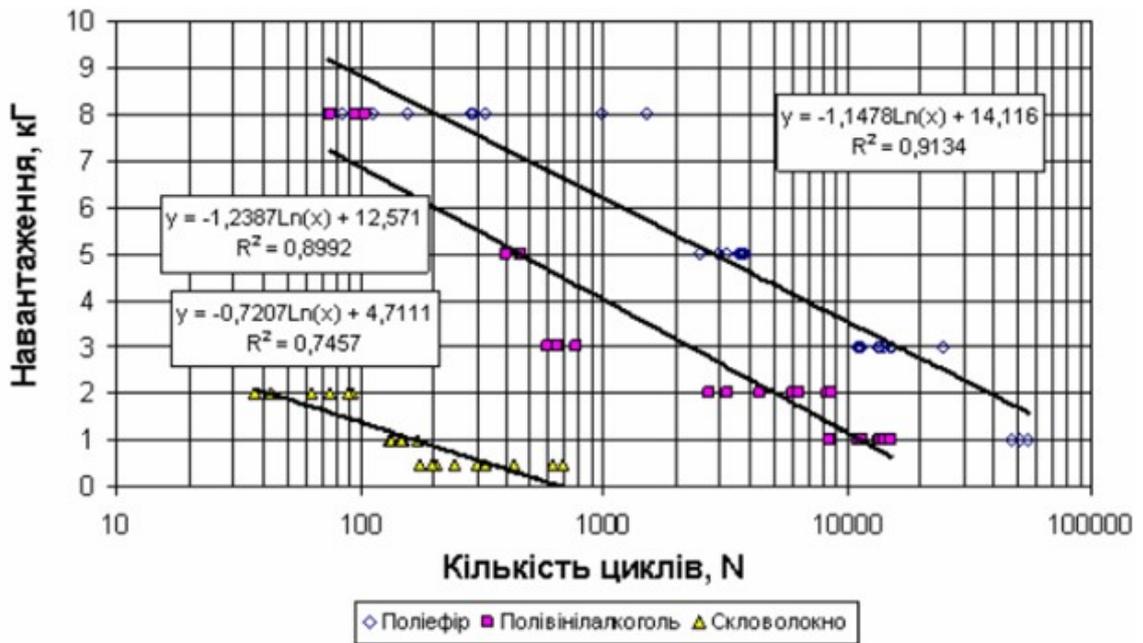
Для різних типів бітуму мінімально необхідні температури плавлення наступні: для бітуму 45/65 повинна бути не менше 152 °С; для бітуму 65/95 не менше 142 °С; і для бітуму 95/135 не менше 141 °С.

Довговічність, особливо стійкість до втоми, є критичним показником ефективності армованих асфальтоволокнистих матеріалів. Опір втомі сильно корелює з енергією поглинання матеріалу. Порівняльні випробування, проведені в суворих умовах, аналогічних тим, які використовуються для випробування ниток корду в шинах, показали, що поліестерові сітки демонструють вищу довговічність порівняно з іншими типами.

Зокрема, поліефірні сітки демонструють виняткову довговічність при повторних навантаженнях. Навпаки, решітки зі скловолокна демонструють значно нижчу міцність під час циклічних навантажень, причому їхня продуктивність погіршується до точки руйнування протягом менш ніж 145 циклів при навантаженні 1 кГц.

Ці висновки свідчать про те, що використання скляних решіток, які використовуються в асфальтобетонних шарах для зміцнення, слід обмежити, щоб зменшити ризик утворення тріщин на дорогах з інтенсивним рухом. Застосування склорешітки в першу чергу бачиться в проектах ремонту та реконструкції доріг, включаючи дорожнє покриття та розширення конструкцій. Важливо, щоб термін служби цих матеріалів відповідав терміну служби нежорстких дорожніх покриттів до 25 років. Однак наразі немає вичерпного обґрунтування довговічності склорешіток.

Для порівняння полімерні сітки виявляють більш високу стійкість до різних агресивних впливів навколишнього середовища, що зустрічаються в умовах експлуатації. Це визнання підкреслює необхідність віддавати перевагу сіткам на полімерній основі над скляними сітками для підвищення продуктивності та довговічності в додатках зміцнення доріг.



**Рис. 1.6. Стійкість до дії багатоциклових навантажень 3-х типів ґраток**

Порівняння скляних решіток з різними полімерними матеріалами, засноване виключно на їх початкових властивостях, а не на їх експлуатаційних характеристиках у кінці терміну служби, може призвести до неточних висновків. Важливо враховувати той факт, що матеріали зазнають деградації та змінюються з часом, що не відбивається лише на початкових вимірюваннях.

Для точної оцінки ефективності геосинтетики протягом терміну служби необхідно визначити розрахункову характеристику матеріалу. Цей розрахунок базується на формулі:

$$\gamma = A1 * A2 * A3 * A4 * Tf * d$$

де  $T$  представляє міцність матеріалу, визначену шляхом лабораторних випробувань, а  $\gamma$  є коефіцієнтом надійності, який становить 1,7. Коефіцієнти  $A$  є частковими коефіцієнтами запасу, які враховують різні аспекти характеристик і надійності матеріалу. Ці коефіцієнти наведені в таблиці.

Відповідно до таблиці, розрахункові значення міцності повинні бути скориговані на коефіцієнт від 1,65 до 18 разів менший, ніж виміряні в лабораторії. Це коригування необхідне для врахування зниження

продуктивності матеріалу з часом. Примітно, що поліпропіленові волокна демонструють найбільше зниження міцності, тоді як волокна з полівінілового спирту демонструють найменшу втрату міцності.

**Таблиця 1.3. Коефіцієнти зменшення ГМ із різних типів волокон**

Коефіцієнти зменшення	Норми	Полівінілалкоголь	Арамід	Поліпропілен	Поліетілен (з підложкою)
		PVA	AR	PP	PET (+PP/PET)
Повзучість матеріалу (A <sub>1</sub> )	EN ISO 13431	2,5 (1,52)	2,5	5,0 (3,0- 4,0)	2,5 (1,56)
Пошкодження при влаштуванні шару (A <sub>2</sub> )	ENV 189010ISO 10722	2,0 (1,11)	2,0	2,0 (1,08)	2,0 (1,28)
Спосіб з'єднання (A <sub>3</sub> )	EN ISO 10321	1,0	1,0	1,0	1,0
Зовнішнього середовища (A <sub>4</sub> )	pH 4 - 9	2,0 (1,00)	3,3	2,0 (1,05)	2,0 (1,11)
Загальний коефіцієнт запасу		1,68 - 10	16,5	3,4 - 20	2,21 - 10

Вирішення проблем, пов'язаних із прийняттям і застосуванням геосинтетичних матеріалів, вимагає багатогранного підходу, спрямованого на розширення їх використання в будівельній галузі. Основною метою є розробка комплексної промислової програми, яка сприяє ефективному, різноманітному та багатофункціональному застосуванню геосинтетики. Ця програма має охоплювати кілька ключових напрямків, починаючи з дизайну та нормативної бази.

Щоб сприяти розширенню геосинтетичних матеріалів, важливо розробити та впровадити нові стандарти та правила, адаптовані до їх конкретних застосувань. Це передбачає створення нових державних стандартів або галузевих нормативних актів, які стосуються різноманітного використання геосинтетичних матеріалів. Крім того, передові програмні засоби повинні бути розроблені для полегшення точного та ефективного включення геосинтетичних матеріалів у конструкції та проекти будівель. Необхідно скласти вичерпний каталог технічних рішень, щоб деталізувати застосування геосинтетики в різних сценаріях будівництва, таких як будівництво доріг, дренажні системи, фільтрація, захист від ерозії та

паркування транспортних засобів. Також важливо встановити технічні специфікації і державні стандарти для кожного геосинтетичного матеріалу, щоб забезпечити відповідність галузевим вимогам, виходячи за межі традиційних матеріалів, таких як заповнювачі та бітум.

Паралельно необхідні ретельні випробування геосинтетичних матеріалів для оцінки їх ефективності в різних умовах. Це включає тестування моделей асфальтобетону, посилених геосинтетичними сітками, на довговічність протягом одного мільйона циклів у лабораторних умовах. Для точного визначення надійності армованих конструкцій необхідне уточнення часткових коефіцієнтів запасу, коефіцієнтів запасу і стійкості.

Для імітації повторюваних навантажень і оцінки несучої здатності та довговічності потрібні реальні випробування на кільцевих стендах і ділянках автомагістралей, включаючи розробку пульсаторів для цієї мети. Крім того, необхідно дослідити вплив факторів навколишнього середовища, таких як цикли заморожування та відтавання, а також вплив антиожеледних агентів, солей, лугів і кислот на характеристики геосинтетичного матеріалу.

Визначення оптимальних областей застосування геосинтетики на основі конкретних будівельних умов, таких як слабкі фундаменти, тимчасові дороги, інтенсивні автошляхи та заболочені ґрунти, забезпечить ефективне використання цих матеріалів і принесе найбільшу користь. Комплексно розглядаючи ці сфери, галузь може покращити впровадження та ефективність геосинтетичних матеріалів у різноманітних будівельних та інженерних додатках.

У галузі будівництва та інженерії матеріалів значною проблемою є оптимальне розміщення та використання матеріалів у структурних конструкціях. Вкрай важливо забезпечити ефективне застосування матеріалів, уникаючи сценаріїв, коли вони використовуються неефективно або зберігаються в ситуаціях, коли їх застосування є критичним. Глибоке розуміння найвигіднішого розташування матеріалів усередині конструкції,

особливо в новому будівництві, має важливе значення для підвищення ефективності та довговічності конструкції.

Одним із ключових питань є визначення оптимального розміщення матеріалів у глибині конструкції. Це передбачає розуміння того, як матеріали сприяють загальній стабільності та довговічності конструкції. З точки зору механіки руйнування, важливо досліджувати основні причини тріщин у монолітних матеріалах. Використання передових матеріалів, таких як асфальтоволокниста сітка, відіграє значну роль у зменшенні поширення тріщин. Вона може значно зменшити швидкість розвитку тріщин, таким чином підвищуючи довговічність і цілісність конструкції.

Навчання та освіта також є критично важливими компонентами для просування ефективного використання геосинтетичних матеріалів. Оскільки дисципліна сучасна геосинтетика стає частиною навчальних програм, виникає необхідність розробки комплексних підручників та навчальних матеріалів. Постійне навчання професіоналів дорожньої галузі через заняття, семінари та практикуми має важливе значення, щоб тримати їх в курсі останніх досягнень і найкращих практик у цій галузі.

Розробка та оптимізація машин і механізмів життєво важливі для точної оцінки властивостей геосинтетичних матеріалів. Це включає створення детальної проектної документації та виробничого обладнання для вимірювання фактичних характеристик цих матеріалів. Наприклад, розробка пульсатора для оцінки характеристик довговічності геосинтетичних матеріалів у природних умовах є критичним кроком у забезпеченні їх надійності.

Також необхідно розглянути загальні стратегічні питання, щоб покращити застосування та стандарти геосинтетики. Це включає в себе інтеграцію в міжнародні організації для використання досвіду, накопиченого за останні три десятиліття. Прийняття європейських стандартів і нормативної бази для геотекстилю є важливим, оскільки наразі існує розрив між існуючими стандартами в Україні та визнаними в Європі. Розвиток

вітчизняного виробництва геосинтетичних матеріалів, яке відповідає або перевищує міжнародні стандарти, потребує законодавчої підтримки для створення сприятливого середовища для ефективного виробництва.

Необхідно створити асоціацію виробників, дослідників і користувачів геосинтетичних матеріалів, а також створити незалежні лабораторії геосинтетики. Ці лабораторії повинні бути оснащені новітньою технікою для всебічного випробування та сертифікації геосинтетичних виробів. Регулярні перевірки та сертифікація матеріалів, які використовуються при будівництві та реконструкції доріг, забезпечать дотримання стандартів якості.

Щоб оцінити ефективність у будівництві доріг, необхідно провести суворі лабораторні випробування для визначення довговічності матеріалів. Це допоможе встановити фактичну довговічність і експлуатаційні характеристики матеріалів. Зменшення вартості порівняння матеріалів за допомогою лабораторних випробувань і польових експериментів буде корисним. Виробники повинні нести витрати, пов'язані з отриманням дозволів на використання матеріалів у конкретних будівельних сферах.

Слід розробити структуровану процедуру введення геосинтетичних матеріалів разом із протоколами тестування добавок, таких як поверхнево-активні речовини та модифікатори. Будівництво експериментальних майданчиків і моніторинг їх ефективності надасть цінні дані про реальну довговічність армованих конструкцій. Це включає розуміння впливу комбінованих умов води та морозу, частоти навантажень та ефективності армування для зменшення товщини асфальтобетонних покриттів. Такі комплексні підходи зрештою призведуть до більш ефективних і довговічних методів будівництва.

### **Висновок**

Поглиблений аналіз фізико-механічних властивостей синтетичних матеріалів показує переконливе порівняння з традиційними армуючими матеріалами, які використовуються в будівництві. Порівняльне дослідження

показує, що синтетичні армуючі матеріали пропонують кілька помітних переваг перед своїми звичайними аналогами.

Економічність виділяється як основна перевага синтетичної арматури. Вартість синтетичних матеріалів значно нижча, ніж традиційних армуючих матеріалів. Ця розбіжність пов'язана з ефективністю виробництва та меншою вартістю матеріалів, пов'язаних із синтетичними волокнами. Такі економічні переваги посилюються при розгляді широкомасштабних застосувань у будівельних проектах, що призводить до значної загальної економії.

Довговічність є ще одним важливим фактором, коли синтетичні матеріали демонструють помітну перевагу. Синтетичне зміцнення демонструє рівень довговічності, який набагато перевищує показники традиційних матеріалів. Ця підвищена довговічність є результатом властивостей синтетичних волокон, таких як їх стійкість до погіршення навколишнього середовища, хімічного впливу та втоми.

Враховуючи ці значні переваги, дуже важливо активно інтегрувати синтетичні армуючі матеріали в сучасну будівельну практику. Постійний прогрес у технологіях синтетичних матеріалів у поєднанні зі зростанням попиту в будівельній галузі підкреслює необхідність прийняття цих матеріалів. Зростаючі показники будівельної діяльності та технологічний прогрес підкреслюють потенціал синтетичного армування для підвищення якості, так і економічності будівельних проектів.

Перехід на синтетичні армуючі матеріали є не тільки стратегічним кроком, але й практичною необхідністю сучасного будівництва. Їх економічна ефективність і чудова довговічність роблять їх цінним активом для підвищення якості будівництва та оптимізації загальних витрат на проект. Використання прогресу в області синтетичних матеріалів буде мати вирішальне значення для задоволення зростаючих потреб і досягнення високих стандартів досконалості будівництва.

## РОЗДІЛ 2. ОПИС АРХІТЕКТУРНО-ПЛАНУВАЛЬНОГО РІШЕННЯ БУДІВЛІ

### 2.1. Ситуаційний план

Ресторанний комплекс на вулиці Садово-Ботанічній у Печерському районі Києва відіграє ключову роль у міському ландшафті міста, розташований у межах мікрорайонів Звіринець та Бусове поле. Його розташування біля перехрестя вулиць Тимірязевської та Ржищівської покращує доступність та оглядовість.

В околицях поєднуються природні та міські особливості, парки та алеї створюють зелене середовище. Фонтан неподалік додає естетичної привабливості, а прилеглий ботанічний сад пропонує спокійний фон. Близькість до житлових районів забезпечує різноманітну клієнтуру, що робить ресторан зручним осередком спілкування для місцевої громади.

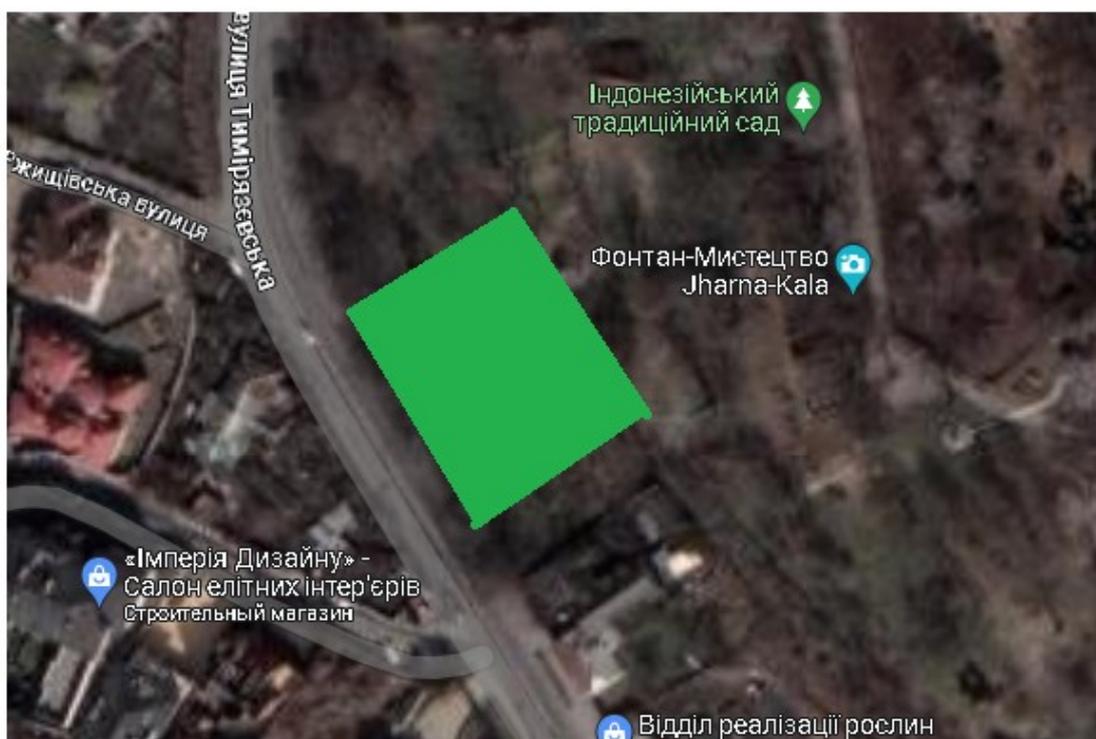


Рис. 2.1. Ситуаційний план

### 2.2. Об'ємно-планувальне рішення

Ресторанний комплекс побудований як каркасна конструкція, основні несучі елементи якої складаються з монолітного залізобетону, що забезпечує

високу міцність і стійкість конструкції. Каркас складається із залізобетонних колон, балок і плит товщиною 250 мм, які утворюють систему перекриття.

Будівля складається з трьох рівнів: двох надземних та одного підвального. Така конфігурація забезпечує просторі та адаптовані внутрішні зони. Використання монолітного залізобетонного каркасу підтримує відкриті, гнучкі планування, тоді як плоский дах пропонує потенціал для рекреаційних приміщень або ресторанів просто неба.

При розмірах 42 метри в довжину і 39 метрів в ширину конструкція вміщує різноманітні інтер'єрні рішення і забезпечує зручну висоту стелі. Будівля має висоту 11,8 метрів, що надає їй сильної візуальної присутності в міському середовищі. Відсутність горища та підвалу спрощує будівництво, концентруючи функціональність на перших поверхах ресторанного комплексу.

### **2.3. Архітектурно-конструктивне рішення**

#### **Фундаменти та основи**

Стрічковий фундамент ресторанного комплексу призначений для забезпечення стійкої опори, безперервно простягаючись по периметру будівлі. Розташований на глибині 1,4 метра нижче рівня землі, він має ширину 1,4 метра. Цей тип фундаменту особливо підходить для висоти будівлі та геологічних умов ділянки, де переважає чорнозем. Чорнозем вважається міцним і родючим ґрунтом, який забезпечує хорошу несучу здатність, однак наявність ґрунтових вод на глибині 17,3 метра вимагає ретельного розгляду при проектуванні фундаменту, щоб запобігти потенційним проблемам, пов'язаним із вологістю та осіданням ґрунту.

Незважаючи на те, що поточний стан фундаменту є задовільним, доцільно вжити захисні заходи та методи зміцнення, щоб підвищити його стійкість до тривалого зносу та зовнішніх навантажень. Цей проактивний підхід може зменшити ризики, пов'язані з факторами навколишнього середовища, і забезпечити структурну цілісність ресторанного комплексу протягом усього терміну служби. Такі методи, як стабілізація ґрунту,

встановлення дренажних систем та нанесення захисних покриттів з бітумної мастики, можуть бути ефективними стратегіями зміцнення фундаменту та збереження його функціональності.

### **Зовнішні, внутрішні стіни та перегородки**

Стіни ресторанного комплексу побудовані із залізобетонних панелей, зовнішні стіни мають товщину 250 мм, внутрішні – 150 мм. Внутрішні перегородки з гіпсокартону. Примітно, що на зовнішніх стінах утворилися тріщини, які потребують відновлення для забезпечення як структурної цілісності, так і естетичної привабливості.

Щоб відновити тріщини на зовнішніх залізобетонних стінах, використання синтетичних матеріалів, зокрема систем з армованого волокном полімеру. Вони відомі своєю високою міцністю на розрив, легкими характеристиками та стійкістю до погіршення навколишнього середовища, що робить їх добре підходящими для підвищення довговічності бетонних конструкцій.

Процес реставрації починається з підготовки поверхні, де тріщини бетону ретельно очищаються, щоб видалити будь-яке сміття, що забезпечує оптимальну адгезію ремонтних матеріалів. У випадках значного розтріскування рекомендується нанесення епоксидної смоли. Цю смолу можна вводити в тріщини, щоб заповнити порожнечі та ефективно з'єднати зламані поверхні. Прикладом відповідної епоксидної смоли є Sikadur 52, яка демонструє міцність на стиск 70 МПа та міцність на розтяг 20 МПа. Його в'язкість від низького до середнього полегшує ін'єкцію в тріщини, і він схоплюється протягом чотирьох-шести годин при кімнатній температурі.

Після того, як епоксидна смола затверділа, наступним кроком буде накладення листів на відремонтовані ділянки. Ці листи прикріплюються до бетону за допомогою клею. Відомим продуктом для цієї мети є SikaWrap, який може похвалитися міцністю на розрив до 600 МПа та міцністю на вигин 200 МПа. Крім того, SikaWrap має подовження при розриві приблизно 1,5-

2%, що забезпечує гнучкість під час структурного руху, і доступний у різних товщинах від 0,11 мм до 0,3 мм.

Після встановлення листів на поверхню можна нанести захисне покриття для підвищення стійкості до атмосферних впливів та ультрафіолетового випромінювання. Цей комплексний підхід не тільки усуває безпосереднє занепокоєння, пов'язане з утворенням тріщин, але й зміцнює загальну структурну здатність стін, подовжуючи таким чином термін їх служби та покращуючи стійкість до майбутніх навантажень.

### **Покрівля**

Існуюча плоска покрівля ресторанного комплексу перебуває у значному зношеному стані, відзначається значними пошкодженнями та віковим зносом. Враховуючи його поточний стан, для забезпечення надійної та довговічної системи покрівлі необхідний повний демонтаж аж до монолітної залізобетонної плити товщиною 250 мм.

Першим етапом монтажу нової покрівлі є підготовка бетонної основи. Це включає усунення будь-яких нерівностей на поверхні та забезпечення чистоти без сміття для оптимального зчеплення нових матеріалів. Грунтовка GAF EverGuard TPO Primer застосована для посилення адгезії покрівельної мембрани.

Далі встановлюється теплоізоляційний шар. Для цього проекту вибрано американську піноізоляцію з поліізоціанурату Dow. Він забезпечує високу термостійкість, що робить його ефективним ізолятором для дахів, стін і фундаментів. Ізоляційні панелі мають товщину в 100 мм. Цей матеріал може похвалитися R-значенням приблизно R-6,5 на дюйм, забезпечуючи відмінну термостійкість і низьке поглинання вологи.

Після утеплення накладається первинна покрівельна мембрана. Мембрана GAF EverGuard товщиною 1,5 мм вибрана завдяки своїй надзвичайній міцності та стійкості до ультрафіолету. Ця мембрана встановлюється за допомогою технології термозварювання для створення безшовних з'єднань, що забезпечує водонепроникність і довговічність.

## Вікна та двері

### Таблиця 2.1. Специфікація дверних отворів

Мар, поз	Позначення	Найменування	Кількість на поверхі					Маса од., кг.	Примітка
			1	2	3	4	Всього		
Д-1	Д.В. 1450x2100	Д-1	2				2		
Д-2	Д.М. 1200x2100	Д-2	3	3	3	3	12		
Д-3	Д.О. 1200x2100	Д-3	3	3	3	3	12		
Д-4	Д.Г. 900x2100	Д-4	6	6	6	6	24		
Д-5	Д.Б. 800x2100	Д-5	4	4	4	4	16		
Д-6	Д.Г 800x3000	Д-6	11	1 1	1 1	1 1	44		

### Таблиця 2.2. Специфікація віконних отворів

	Металопластикове вікно фірми REHAU з подвійним склопакетом	1,83	40	
	Металопластикове вікно фірми REHAU з подвійним склопакетом	2,05	80	
	Металопластикове вікно фірми REHAU з подвійним склопакетом	2,73	40	
	Металопластикове вікно фірми REHAU з подвійним склопакетом	2,877	20	

## **Покриття підлог**

Для залів для відвідувачів розгляньте можливість використання LVT (розкішної вінілової плитки), зокрема Mannington Adura Max. Цей продукт відомий своєю довговічністю, простотою догляду та естетичною привабливістю. Дошки водонепроникні, мають товщину 8 мм і шар зносу 20 міл, що забезпечує відмінну стійкість до подряпин і плям.

Для кухні підходящим вибором є вінілова підлога комерційного класу, наприклад iQ Granit від Tarkett. Цей матеріал призначений для місць з інтенсивним рухом людей і не ковзає, а також стійкий до плям і хімічних речовин, що робить його ідеальним для приготування їжі. Товщина iQ Granit становить 2,0 мм, шар зносу 0,7 мм.

Для туалетних зон відмінним варіантом є гумова підлога від Mondo Contract. Їх гумові плитки міцні, стійкі до ковзання та прості в обслуговуванні. Гумова підлога Mondo має товщину 4,5 мм і доступна в різних кольорах і текстурах.

У кімнатах для персоналу та технічних приміщеннях настійно рекомендується використовувати підлоги з епоксидної смоли, такі як Flowcrete Flowfresh. Це рішення для підлоги безшовне, гігієнічне та стійке до розливів і плям. Flowfresh має товщину 5 мм і забезпечує чудовий опір ковзанню та довговічність.

Для коридорів можна використовувати листову вінілову підлогу з лінійки Taraflex компанії Gerflor. Цей продукт має високу міцність і доступний у різних дизайнах, які можуть підвищити естетичну привабливість коридорів. Taraflex має товщину 2,0 мм і шар зносу 0,4 мм, що забезпечує довговічність навіть у місцях з інтенсивним рухом.

## **Зовнішнє і внутрішнє опорядження**

Для оновлення фасаду ресторану ідеально підійде високоефективна атмосферостійка фарба, спеціально розроблена для зовнішнього застосування. Хорошим варіантом є лінійка фасадних фарб StoColor. Ця фарба стійка до суворих погодних умов, УФ-випромінювання та

забруднювачів, що робить її придатною для довготривалого захисту фасаду вашої будівлі. Товщина шару при двошаровому нанесенні становить загальною близько 200-250 мікрон (0,2-0,25 мм) забезпечує оптимальне покриття і захист. Крім того, використання ґрунтовки забезпечує міцну адгезію до існуючого фасадного матеріалу, будь то бетон, штукатурка або раніше пофарбована поверхня.

Для холів і коридорів для відвідувачів рекомендується високоефективне вінілове покриття для стін, таке як Vescom Vinyl Wallcovering від Vescom. Цей матеріал міцний, стійкий до подряпин і простий у догляді. Товщина цього стінового покриття становить 1,0 мм, що забезпечує відмінну зносостійкість і легкість очищення, що ідеально підходить для місць з інтенсивним рухом людей.

На кухнях і в кімнатах для персоналу, де потрібні вищі стандарти міцності та гігієни, використовується рішення з полівінілхлоридних панелей, як Dumaplast Dumawall+. Цей матеріал водостійкий, легкий і легко чиститься, що робить його ідеальним для приміщень, які потрібно регулярно дезінфікувати. Панелі мають товщину близько 5 мм і відомі своєю стійкістю до води, цвілі та плям, пропонуючи практичне та довговічне рішення для вологих приміщень і приміщень для приготування їжі.

Для туалетів і технічних приміщень пропонується використання Altro Whiterock, облицювання з ПВХ. Це гладкий, ударостійкий та водонепроникний матеріал з антибактеріальними властивостями, що робить його ідеальним для приміщень, схильних до вологи та потребуючих високих гігієнічних стандартів. Стандартна товщина панелей становить 2,5 мм, що забезпечує надійний захист від вологи та збереження чистоти.

Для стель по всьому об'єкту використовується акустична стельова плитка від Rockfon. Ця плитка виготовлена з кам'яної вати та має чисту гладку поверхню з чудовими звукопоглинальними властивостями. Товщина цих плиток становить близько 30 мм, що забезпечує баланс між акустичним контролем і легкістю обслуговування.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Житлові будинки. Основні положення: ДБН В.2.2-15:2019 [Чинний від 2019-12-01]. -К: Мінрегіонбуд України, 2019. – 54 с. (Національні стандарти України).
2. Пожежна безпека об'єктів будівництва: ДБН В.1.1.7-2016 [Чинний від 2017-06-01]. -К: Держбуд України, 2017. – 84 с. (Національні стандарти України).
3. Благоустрій територій (зі Змінами): ДБН Б.2.2-5:2011 [Чинний від 2012-09-01]. -К: Мінрегіонбуд України, 2019. – 44 с. (Національні стандарти України).
4. Природне і штучне освітлення: ДБН В.2.5-28:2018 [Чинний від 2019-02-28]. -К: Мінрегіонбуд України, 2018. – 7 с. (Національні стандарти України).
5. Склад та зміст проектної документації на будівництво: ДБН А.2.2-3-2014 [Чинний від 2014-10-01]. -К: Мінрегіонбуд України, 2014. – 10 с. (Національні стандарти України).
6. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6-31:2016 [Чинний від 2016-10-01]. -К: Мінрегіонбуд України, 2017. – 15 с. (Національні стандарти України).
7. Навантаження і впливи. Норми проектування: ДБН В.1.2-2:2016 [Чинний від 2017-10-01]. -К: Мінрегіонбуд України, 2016. – 13-16 с. (Національні стандарти України).
8. Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення: ДБН В.2.1-10:2018.
9. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією: ДБН В.2.6-33:2018.
10. Кам'яні та армокам'яні конструкції: ДБН В.2.6-162:2010.
11. Покриття будівель і споруд: ДБН В.2.6-220:2017
12. Кошторисні норми України. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Підлоги.

13. Вікна та двері: ДСТУ EN 14351-1:2020.
14. Кошторисні норми України. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Оздоблювальні роботи
15. Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування: ДБН В.2.5-75:2013.
16. Охорона праці і промислова безпека в будівництві ДБН А.3.2-2-2009: [Чинний від 2012-04-01]. -К: Мінрегіонбуд України, 2012. – 53-54 с. (Національні стандарти України).
17. Організація будівельного виробництва: ДБН А.3.1-5:2016 [Чинний від 2016-01-01]. -К: Мінрегіонбуд України, 2016. – 44-46 с. (Національні стандарти України).
18. Кошторисні норми України «Настанова з визначення вартості будівництва»: [Чинний від 2021-11-09]. -К: Мінрегіонбуд України, 2021. – 44-46 с. (Національні стандарти України).
19. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення: ДБН В.2.6- 98:2009 [Чинний від 2011-01-01]. -К: Мінрегіонбуд України, 2011. – 45 с. (Національні стандарти України).
20. Методичні вказівки до виконання курсового проекту “Монтаж будівельних конструкцій”, Суми, СНАУ, 2008.
21. Довідково-інформаційний збірник ресурсів та одиничних розцінок на будівельно-монтажні роботи, Суми, СНАУ – 2011 р.
22. Нормування праці та кошториси в будівництві. Суми -«Мрія – 1», 2010, 452 с.
23. Методичні вказівки до виконання курсового проекту “Монтаж будівельних конструкцій” Суми, СНАУ, 2008.