

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет будівництва та транспорту
Кафедра будівництва та експлуатації будівель, доріг та транспортних споруд

До захисту
Допускається
Завідувач кафедри
Будівництва та експлуатації
будівель, доріг та транспортних споруд _____ О. П.
Новицький

«__» _____ 2024р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

за другим рівнем вищої освіти

На тему: «Використання сучасних будівельних матеріалів при будівництві фізкультурно оздоровчого центру в м. Суми»

Виконав (ла)

(підпис)

О. В. Ткаченко

(Прізвище, ініціали)

Група

Буд 2301м

(Науковий)
керівник

(підпис)

М. В. Нагорний

(Прізвище, ініціали)

Суми – 2024 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра: **Будівництва та експлуатації будівель, доріг та транспортних споруд**

Спеціальність: **192 "Будівництво та цивільна інженерія"**

ЗАВДАННЯ

НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Ткаченко Олександр Васильович

Тема роботи: Використання сучасних будівельних матеріалів при будівництві фізкультурно оздоровчого центру в м. Суми

Затверджено наказом по університету № 3294/ос від " 25 " 09 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. Опис технології використання буронабивних паль, 1.2. Проведення лабораторних досліджень, 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)

19 слайдів мультимедійного матеріалу

Керівник :

(підпис)

М. В. Нагорний
(Прізвище, ініціали)

Консультант

(підпис)

М. В. Нагорний
(Прізвище, ініціали)

Завдання прийняв до виконання:

Здобувач

(підпис)

О. В. Ткаченко
(Прізвище, ініціали)

Анотація

Ткаченко Олександр Васильович «Використання сучасних будівельних матеріалів при будівництві фізкультурно оздоровчого центру в м. Суми» – 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.

Буроабивні палі із ґрунтоцементними стволами широко використовуються в будівництві Сумської області завдяки своїй технологічності та економічності. Однак оптимальний склад ґрунтоцементної суміші досі не визначено, що обмежує можливості підвищення ефективності фундаментів.

Дослідження зосереджено на створенні стійких і економічних ґрунтобетонних сумішей із використанням місцевих матеріалів та промислових відходів. Такий підхід сприяє не лише оптимізації технічних характеристик буронабивних паль, але й екологічній відповідальності у будівництві.

Розроблено інноваційну двоетапну технологію для формування ґрунтоцементних стовбурів і стабілізації нестабільних ґрунтів, зокрема лесових. Це рішення підвищує структурну стабільність, знижує витрати на будівництво та розширює можливості використання палових фундаментів у складних геотехнічних умовах.

Ключові слова: буронабивні палі, ґрунтоцемент, будівельні суміші.

Список публікацій та/або виступів на конференціях студента:

1. Нагорний М. В. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ВИКОРИСТАННЯ БУРОНАБИВНИХ ПАЛЬ З ГРУНТОЦЕМЕНТОМ / О. Ткаченко// Матеріали XVIII Міжнародної науково- практичної конференції , 29 листопада 2024 р., ХНАДУ, Харків, С. 4

2. Ткаченко О. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ВИКОРИСТАННЯ БУРОНАБИВНИХ ПАЛЬ З ГРУНТОЦЕМЕНТОМ НА ПРИКЛАДІ ФІЗКУЛЬТУРНО-ОЗДОРОВЧИЙ/ Матеріали 86 Міжнародної наукової конференції студентів, 8-12 квітня 2024 р., ХНАДУ, Харків, С.14

В додатках наведено тези конференції, альбом слайдів мультимедійної презентації.

Структура роботи.

Робота складається з основного тексту на 46 сторінках, у тому числі 9 таблиць, 5 рисунків. Текст роботи містить загальну характеристику роботи, 2 розділи, висновки і рекомендації за результатами роботи, список з 16 використаних джерел. Графічна частина складається з 19 слайдів мультимедійної презентації.

Abstracts

Tkachenko Oleksandr Vasyliovych 'The use of modern building materials in the construction of a sports and recreation centre in Sumy' - Master's qualification work in the form of a manuscript.

Master's qualification work in the speciality 192 'Construction and Civil Engineering.' - Sumy National Agrarian University, Sumy, 2024.

The work consists of the table of contents, general characteristics of the work and its qualification features, a review of research on the chosen topic, sections of the main part, conclusions on the results of the ICR (in Ukrainian and English).

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

Bored piles with soil-cement shafts are widely used in the construction of Sumy region due to their manufacturability and cost-effectiveness. However, the optimal composition of the soil-cement mixture has not yet been determined, which limits the possibilities for improving the efficiency of the foundations.

The study focuses on the creation of sustainable and economical soil-cement mixtures using local materials and industrial waste. This approach contributes not only to optimising the technical characteristics of bored piles, but also to environmental responsibility in construction.

We developed an innovative two-stage technology for the formation of soil-cement shafts and stabilisation of unstable soils, including loess. This solution improves structural stability, reduces construction costs and expands the possibilities of using pile foundations in difficult geotechnical conditions.

Key words: bored piles, soil cement, construction mixtures.

List of publications and/or conference presentations of the student:

1. Nagorny M. V. TECHNICAL AND ECONOMIC RATIONALE FOR OPTIMIZING THE USE OF BORING PILES WITH GROUND CEMENT / O. Tkachenko // Proceedings of the XVIII International Scientific and Practical Conference, November 29, 2024, KhNADU, Kharkiv, P. 4.

2. Tkachenko O. TECHNICAL AND ECONOMIC RATIONALE FOR

OPTIMISING THE USE OF BORING FUELS WITH SOIL CEMENT ON THE
EXAMPLE OF PHYSICAL EDUCATION / Materials of the 86th International
Scientific Conference of Students, 8-12 April 2024, KhNADU, Kharkiv, P.14

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

Structure of the work.

The work consists of the main text on 46 pages, including 9 tables, 5 figures. The text of the paper contains a general description of the work, 2 chapters, conclusions and recommendations based on the results of the work, a list of 16 references. The graphic part consists of 19 slides of a multimedia presentation.

ЗМІСТ

Розділ 1. Загальна характеристика роботи.....	9
1.1. Опис технології використання буронабивних паль.....	12
1.2. Проведення лабораторних досліджень.....	19
Розділ 2. Опис архітектурно-планувального рішення будівлі.....	35
2.1. Ситуаційний план.....	35
2.2. Об'ємно-планувальне рішення.....	36
2.3. Архітектурно-конструктивне рішення.....	37
Список використаних джерел.....	47

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми: Застосування буронабивних паль із ґрунтоцементними стволами набуло значного поширення в будівельній галузі Сумської області. Незважаючи на це широке використання, науково підтверджений оптимальний склад ґрунтово-бетонної суміші ще не встановлено. Це дослідження усуває цю прогалину шляхом вивчення потенційних рішень за допомогою експериментальних досліджень і практичних думок. Дослідження досліджує різні суміші, зосереджуючись на використанні місцевих матеріалів, у тому числі промислових побічних продуктів, з метою підвищення продуктивності та стійкості методів будівництва, характерних для Сумської області.

За допомогою ретельних випробувань мета роботи – запропонувати комплексну оцінку механічних і геотехнічних властивостей цих матеріалів, забезпечуючи науково обґрунтований підхід до покращення структурної цілісності та економічної ефективності буронабивних фундаментів. Отримані результати сприяють більш ефективному використанню ресурсів, потенційно зменшуючи витрати на матеріали та вплив на навколишнє середовище в будівельному секторі регіону.

Мета і завдання дослідження: Спрощення технології будівництва буроін'єкційних пальових фундаментів стало критичним напрямком у підвищенні ефективності фундаментобудування, зокрема в Сумській області. Це дослідження консолідує як практичний досвід, так і наукові дослідження щодо зведення цих фундаментів на різних будівельних майданчиках у регіоні. Він наголошує на потенційних перевагах удосконалення методології будівництва для досягнення вищої ефективності та надійності.

Крім того, дослідження об'єднує останні досягнення у використанні місцевих матеріалів і промислових побічних продуктів, оцінюючи їх придатність для підвищення ефективності пальових фундаментів. Ці матеріали, які часто вважаються відходами у виробничих процесах,

пропонують стійку альтернативу, яка може покращити як економічні, так і екологічні аспекти будівництва. Узагальнюючи великий польовий досвід, отриманий під час регіональних будівельних проектів, разом із останніми експериментальними висновками, дослідження забезпечує науково обґрунтовану основу для оптимізації технології фундаменту в Сумах. Очікується, що отримані в результаті інновації в конструкції пальових фундаментів і складі матеріалів сприятимуть ширшому розвитку більш стійких і стійких методів будівництва.

Об'єкт дослідження: Дослідження та оптимізація використання буронабивних паль з використанням ґрунтоцементу.

Предмет дослідження: Фізкультурно оздоровчий центр в місті Суми.

Методи дослідження: Широкий аналіз літератури, а також практичний досвід будівництва ін'єкційних пальових фундаментів на території Сумської області дають переконливі докази доцільності використання нетрадиційного шлаколужного бетону. Цей бетон, що складається з місцевих заповнювачів і побічних продуктів промислових відходів, продемонстрував значний потенціал для застосування в фундаментах для ін'єкцій паль. Однією з ключових переваг цього матеріалу є те, що він дозволяє формувати фундаментні конструкції без необхідності виймання ґрунту під час процесу буріння, що є відмінністю від звичайних методів.

Ця інновація не тільки спрощує технологію будівництва, але й забезпечує істотне зниження витрат. Усуваючи необхідність видалення ґрунту, цей процес стає менш трудомістким і тривалим, а також мінімізує вплив на навколишнє середовище, пов'язаний з утилізацією ґрунту. Інтеграція шлако-лужного бетону додатково сприяє стійкості завдяки перепрофілюванню промислових відходів, зменшуючи залежність від традиційних, більш ресурсомістких матеріалів. Крім того, механічні властивості цих бетонних сумішей показали перспективу щодо збереження структурної цілісності та несучої здатності, необхідних для пальових

фундаментів. Таким чином, впровадження таких матеріалів і методів може стати значним кроком вперед у ефективності, стійкості та доступності будівництва фундаментів у Сумській області та, можливо, в інших регіонах із подібними умовами.

Наукова та технічна новизна одержаних результатів: Застосування буронабивних паль із ґрунтоцементними стволами набуло значного поширення в будівництві Сумської області, насамперед завдяки своїй технологічності та економічним перевагам. Однак, незважаючи на широке застосування, визначення оптимального складу ґрунтоцементної суміші залишається невирішеним. Ця прогалина в знаннях є критичною, оскільки механічні властивості ґрунт-бетону безпосередньо впливають на стабільність, довговічність і загальну продуктивність фундаментних систем. Це дослідження спрямоване на вирішення цієї проблеми шляхом дослідження ряду рішень, які включають як емпіричні дослідження, так і практичний досвід регіональних будівельних проєктів. Зокрема, дослідження зосереджено на використанні місцевих матеріалів і промислових побічних продуктів, таких як шлак та інші відходи, для створення стійких і економічно ефективних сумішей ґрунт-бетон. Такий підхід спрямований не тільки на оптимізацію технічних характеристик буронабивних паль, а й на розвиток екологічно відповідального будівництва в Сумській області.

Ключовий внесок цього дослідження полягає в розробці нової двоступеневої будівельної технології, яка може бути застосована не тільки для формування ґрунтово-цементних стовбурів для буронабивних паль, але й для стабілізації схильних до просідання ґрунтів, таких як лісоподібний лес. Запропонований двоетапний підхід пропонує більш досконалий метод для вирішення проблем, пов'язаних із такими ґрунтами, які схильні до осідання та нестабільності під навантаженням. Впроваджуючи цю інноваційну техніку, дослідження розширює можливості застосування буронабивних палевих фундаментів до більш складних геотехнічних середовищ, підвищуючи їхню життєздатність у регіонах, де осідання є серйозною

проблемою. Цей прогрес у технології фундаменту є кроком вперед у забезпеченні структурної стабільності, зниженні витрат на будівництво та підвищенні загальної безпеки та довговічності будівель, зведених на складних типах ґрунту. Таким чином, дослідження не тільки стосується локальних будівельних питань, але й забезпечує основу для більш широкого застосування в районах із подібними ґрунтовими умовами.

Апробація та публікація результатів роботи: 1. Нагорний М. В. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ВИКОРИСТАННЯ БУРОНАБИВНИХ ПАЛЬ З ГРУНТОЦЕМЕНТОМ / О. Ткаченко// Матеріали XVIII Міжнародної науково- практичної конференції , 29 листопада 2024 р., ХНАДУ, Харків, С. 4

2. Ткаченко О. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ВИКОРИСТАННЯ БУРОНАБИВНИХ ПАЛЬ З ГРУНТОЦЕМЕНТОМ НА ПРИКЛАДІ ФІЗКУЛЬТУРНО-ОЗДОРОВЧИЙ/ Матеріали 86 Міжнародної наукової конференції студентів, 8-12 квітня 2024 р., ХНАДУ, Харків, С.14

1.1. Опис технології використання буронабивних палів

Найбільш перспективним підходом для досягнення бажаних цілей при будівництві фундаменту є зосередження на характеристиках ґрунтів, на яких ці фундаменти встановлені. У Сумській області, на жаль, дві третини території характеризуються суглинками, складеними переважно алювіальними відкладами. Ці ґрунти створюють проблеми для їх включення в ґрунтоцементні суміші через наявність дрібнодисперсних компонентів, таких як пил, мул і частки глини.

Ці частинки мають високорозвинену питому поверхню, яка значно перевищує таку у звичайних цементів. У суглинистих ґрунтах частка дрібних частинок може перевищувати 20% за масою, тоді як у місцевих дрібнозернистих пісках ця частка все ще може досягати 11%. Проблема полягає в тому, що звичайний клінкерний цемент не може ефективно зв'язувати такі дрібнозернисті маси, що призводить до обмежень, накладених

стандартами, які регулюють допустимий вміст дрібних частинок у заповнювачах, які використовуються для звичайного бетону.

Критичним прогресом у цій галузі стало відкриття того, що розчини лужних матеріалів, таких як силікат натрію, можуть взаємодіяти з цими дрібнодисперсними частинками, утворюючи високоефективне сполучне. Ця в'язуча проявляє чудові механічні властивості, включаючи високу міцність на стиск, водостійкість і морозостійкість. Дослідження та експериментальні результати в Сумській області показали, що дрібнодисперсні частинки, особливо при взаємодії з силікатом натрію, можуть розвивати в'язучі властивості з активністю до 147 кгс/см². Ці знахідки відкривають нові можливості для ефективного використання місцевих суглинків і дрібнозернистих пісків, матеріалів, які раніше вважалися непридатними для ґрунтоцементних застосувань.

Детальні дослідження взаємодії силікату натрію з дрібними частинками були зосереджені на різноманітних глинистих і пилоподібних фракціях, включаючи каолін, глини та інші мінеральні композиції. Ці фракції переважно складаються з таких мінералів, як кварц, гідролюда, каолінит, кальцит і гідроксиди заліза, усі з яких відіграють значну роль у визначенні хімічної та механічної поведінки отриманих ґрунтово-цементних сумішей.

Таблиця 1.1 Хімічний склад матеріалів

Матеріали	Зміст %								
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	Na ₂ O	S, SO ₃	П.п.п.
Каолін	49.6	37.13	0.8	0.09	0.45	0.32	-	Сліди	11.48
Глина	71.1	15.5	4.8	0.1	0.71	0.2	-	Сліди	5.1
Пилуваті	69.16	13.59	6.43	0.1	4.1	0.6	-	0.7	5.23
Р. скло M _c = 1.8	62.74	-	0.83	-	0.31	-	35.66	0.46	0.18
Р. скло M _c = 3	73.3	0.12	0.2	-	0.14	-	24.4	0.54	0.16

Встановлено, що глина і дрібнодисперсні пилоподібні частинки виявляють сильну здатність активно зв'язувати оксид натрію Na₂O під час

процесу твердіння. Ця реакція є невід'ємною частиною розвитку зв'язуючих властивостей матеріалу. Ці частинки функціонують як зв'язуюча речовина, що закріплюється на повітрі, тобто вони мають властиву здатність стабілізувати та зміцнювати ґрунт, що оточує стовбур буронабивної палі, без необхідності використання додаткових цементних матеріалів. Цей процес зв'язування сприяє загальній цілісності ґрунтоцементної суміші, підвищуючи структурну стійкість пального фундаменту.

Взаємодія між оксидом натрію та дрібними мінеральними компонентами ґрунту призводить до утворення міцної матриці, яка сприяє згуртованості в структурі ґрунту. Цей механізм забезпечує зміцнення стовбура палі на місці, де частинки глини та пилу не тільки сприяють механічним властивостям ґрунтово-цементного шару, але й забезпечують тривалу довговічність завдяки опору факторам навколишнього середовища, таким як вологість і мороз.

Повітряний характер цього в'язучого матеріалу дозволяє йому діяти автономно при зміцненні ґрунту шахти, зменшуючи залежність від традиційних цементних добавок і роблячи його життєздатним варіантом для оптимізації будівництва паливних фундаментів у ґрунтах з високим вмістом дрібних часток.

Таблиця 1.2. Активність тонкодисперсних в'язучих

Склад в'язучого у % за масою		Активність в'язучого в повітряно-сухих умовах твердіння (28 діб), кгс/см ²		
Тонкодисперсні частки	Рідке скло Na ₂ O*1.8 SiO ₂	Каолінового	Глинистого	Пилуватий
100	0	7	33	8
95	5	42	46	44
90	10	69	95	78
85	15	72	147	128
80	20	55	122	130
75	25	43	80	132

На ефективність в'язучих, що складаються з глини і дрібнодисперсних частинок, істотно впливає концентрація силікату натрію. Із збільшенням вмісту силікату натрію у в'язучому зростає його зв'язуюча активність. Однак при змішуванні в'язучого з рідким склом низької щільності (щільність до 1045 кг/м^3) взаємодія з дрібнодисперсними частинками є недостатньою, внаслідок чого на поверхні зразків утворюються білі опади. Ці опади пояснюють карбонізацією непрореагованого луку.

Навпаки, коли щільність розчину для змішування збільшується до діапазону від 1120 кг/м^3 до 1270 кг/м^3 , виміряного за допомогою аерометра, ці осадки більше не спостерігаються. Це вказує на те, що при вищій щільності силікат натрію ефективно зв'язує всі наявні вільні луки під час процесу затвердіння. Оптимальний вміст силікату натрію коливається від 11% до 14% від маси сполучної композиції, що відповідає згаданій густині розчину. За цих умов отриманий затверділий матеріал демонструє мінімальну об'ємну деформацію в діапазоні від 2% до 3%, залежно від змін температури та умов вологості під час затвердіння. Крім того, затверділий матеріал зберігає свою в'язкість після занурення у воду протягом двох місяців, демонструючи свою пружність і стабільність.

На експериментальному етапі використовували як високомодульне рідке скло, отримане із спеціально замовленого силікатного блоку з силікатним модулем $M = 1,034$ (еквівалентно приблизно 182 тоннам силікатного блоку), так і стандартне рідке скло з $M = 3,15$. Також було досліджено використання їдкого гідроксиду натрію NaOH як у чистому вигляді, так і як засіб для регулювання модуля рідкого скла для регулювання часу схоплювання сполучного.

Зв'язок між активністю зв'язуючого і концентрацією лужного компонента детально описано в наданих таблицях і малюнках. Для цих досліджень умови висихання на повітрі підтримувалися протягом 27 днів. Цей всебічний аналіз підкреслює важливість оптимізації концентрації

силікату натрію та щільності розчину для досягнення бажаних характеристик ефективності сполучного складу.

Таблиця 1.3. Залежність активності тонкодисперсного в'язучого від вмісту NaOH

Вид тонкодисперсного в'язучого			
Глинисто-лузні		Пилувато-лузні	
Вміст NaOH (сухої речовини) % від маси в'язучого	Активність у кгс/см ²	Вміст NaOH(сухої речовини) % від маси в'язучого	Активність у кгс/см ²
0	33	0	10
1.9	32	1.9	15
5.7	89	6	50
7.6	145	8	86
9.9	155	10.3	90
12	149	12.8	62
16.3	49	17	50
18.3	49	19	43

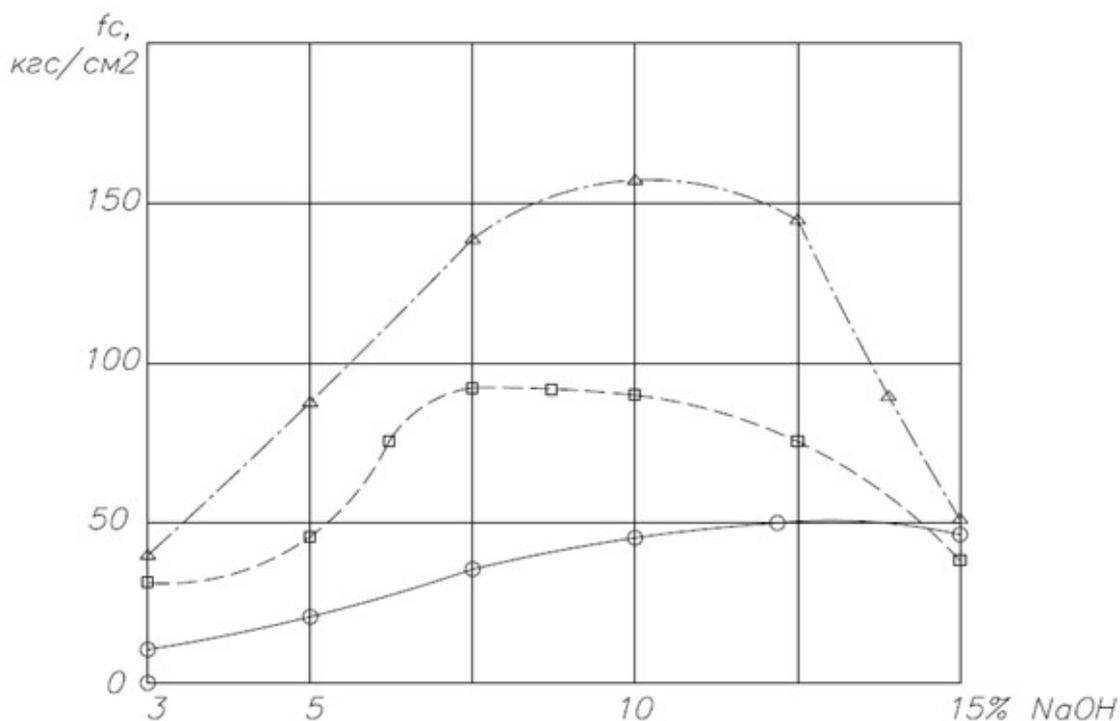


Рис. 1.1. Залежність активності тонкодисперсних в'язучих від вмісту NaOH 8% за масою: 1 – каолінового; 2 – глинистого; 3 - пилуватий

Таблиця 1.4. Залежність активності тонкодисперсного в'язучого від вмісту рідкого скла

Вид тонкодисперсного в'язучого			
Глинисто-лужні		Пилувато-лужні	
Зміст $\text{Na}_2\text{O} \cdot 1.8 \text{SiO}_2$ у складі в'язучого у % від маси в'язучого	Активність у кгс/см^2	Зміст $\text{Na}_2\text{O} \cdot 1.8 \text{SiO}_2$ у складі в'язучого у % від маси в'язучого	Активність у кгс/см^2
0	33	0	10
2.5	23	2.5	25
5	36	4.2	36
7.5	42	7	60
11	115	10.5	90
15.5	147	16	128
20	124	23	132

Дрібнодисперсні частинки ґрунту демонструють значну здатність реагувати та зв'язувати вільний луг під час фази твердіння в'язучого. Ця взаємодія значною мірою залежить від концентрації луґу, присутнього в сполучній композиції. Ступінь цього процесу зв'язування кількісно залежить від вмісту луґу, як детально описано в супровідній таблиці даних.

Механізм зв'язування полягає в реакції луґу з поверхнею частинок ґрунту, до складу якої входять глинисті та мулисті фракції. Зі збільшенням концентрації луґу взаємодія з дрібнодисперсними частинками стає більш вираженою, що призводить до більш ефективної стабілізації сполучної матриці. Цей процес не тільки зменшує кількість луґу, що не прореагував, але й покращує загальну структурну цілісність і довговічність затверділого сполучного.

Наведена таблиця ілюструє кореляцію між вмістом луґу та ступенем зв'язування, досягнутим частинками ґрунту. Це підкреслює, як різні рівні луґу впливають на ефективність реакції зв'язування, тим самим впливаючи на механічні властивості та довгострокову ефективність сполучної речовини. Розуміння цього зв'язку має вирішальне значення для оптимізації складів в'язучих та досягнення бажаних результатів у будівельних застосуваннях.

Таблиця 1.5. Зв'язування Na₂O тонкодисперсної складової в'язучого

Щільність розчину замішування Na ₂ O*1.8 SiO ₂ , кг/м ³	Кількість пов'язаної Na ₂ O % від маси тонкодисперсної складової			
	В'язуче глинисто-силікатне		В'язуче пилювато-силікатне	
	У суспензіях	У затверділих зразках	У суспензіях	У затверділих зразках
1000	0	0	0	0
1050	0	0.04	0	0.49
1100	0.88	1.26	1.05	1.5
1150	0.98	1.42	1.25	2.6
1200	1.08	1.92	1.47	3.73
1250	0.94	1.69	1.65	4.5
1300	1.01	1.82	1.85	5.31

Визначення оптимального складу в'язучого та його взаємодії з дрібнодисперсними частинками ґрунту є критичним для досягнення бажаних властивостей будівельних матеріалів. У зв'язку з цим встановлено, що співвідношення 1:5,4 (Na₂O * 1,75 SiO₂ до тонкодисперсної речовини) є ідеальним для складу тонкодисперсного силікатного в'язучого на основі сухої речовини. Ця специфічна пропорція гарантує, що сполучна речовина зберігає свою структурну цілісність і когезійність навіть при зберіганні у воді протягом тривалого часу.

Дрібнодисперсні частинки ґрунту, такі як ті, що містяться в глинистих і мулистопилюватих ґрунтах, мають широкий різний вміст. Щоб пом'якшити шкідливий вплив цих частинок під час процесів цементації та кремніювання, важливо точно визначити необхідну кількість лужного компонента, необхідного для ефективного зв'язування. Це визначення передбачає оцінку загального вмісту дрібних частинок у зразку ґрунту, який повинен включати весь спектр цих частинок.

Останні спостереження показують, що відсутність спеціалізованих будівельних лабораторій у багатьох організаціях ускладнює виконання необхідних лабораторних аналізів для цього визначення. Щоб подолати це обмеження, пропонується або створити спеціальну лабораторію в

академічній чи науково-дослідній установі, таку як лабораторія будівельних матеріалів, або розгорнути мобільну лабораторну одиницю, здатну проводити ці аналізи на місці.

1.2. Проведення лабораторних досліджень

Для практичного аналізу необхідне таке лабораторне обладнання: сито з отворами 3-5 мм, сушильна шафа, скляні посудини, скляні палички для перемішування ґрунтово-водної суміші, сифонні трубки, аналітичні ваги. Процедура визначення вмісту дрібнодисперсних часток у ґрунті включає наступні етапи:

1. Підготовка: висушіть репрезентативний зразок ґрунту до постійної ваги та просійте його через сітку 3-5 мм, щоб видалити більші частинки.

2. Зважування зразка: зважте порцію просіяного ґрунту масою 1 кг і перенесіть її в скляну посудину.

3. Змішування: Додайте воду в посудину, поки рівень води не буде приблизно на 25 см вище зразка ґрунту. Суміш періодично перемішують скляною паличкою і залишають на 120 хвилин.

4. Відстоювання та декантування: після перемішування дайте суміші відстоятися протягом 2,2 хвилин. Використовуйте сифон для видалення каламутної надосадової води з глибини 3,5 см над поверхнею ґрунту. Стежте, щоб шар води, що залишився над ґрунтом, становив близько 3,5 см.

5. Промивання: наповніть посудину водою до початкового рівня та продовжуйте процес промивання, поки вода не стане прозорою після кожного промивання.

6. Сушіння та зважування: після процесу промивання висушіть зразок ґрунту, що залишився, до постійної ваги.

Далі за відповідною формулою з точністю до 0,15% розраховують відсотковий вміст дрібнодисперсних частинок, включаючи пилову та глинисту фракції. Таке точне вимірювання має вирішальне значення для оптимізації складу в'язучого, забезпечення ефективної стабілізації ґрунту та досягнення бажаних характеристик у будівництві.

$$T_{\text{отм.}} = \frac{g-g_1}{g} * 100$$

Для забезпечення точних результатів визначення вмісту дрібнодисперсних часток у пробах ґрунту слід проводити двічі. Остаточне значення має бути середнім арифметичним цих двох вимірювань, що забезпечує надійну оцінку концентрації частинок.

Коли відомий вміст дрібнодисперсних частинок, стає нескладно розрахувати необхідну кількість луґу, необхідного для зв'язування або створення нерозчинного у воді матеріалу. Цей розрахунок можна виконати, використовуючи дані, наведені в таблиці.

Для прикладу розглянемо ґрунт з насипною щільністю 1320 кг/м³ у сухому стані. Для нейтралізації дрібних часток у цьому ґрунті ми використовуємо стандартне рідке скло з силікатним модулем 3,1, яке отримують із силікатного блоку, що містить 22,3% Na₂O. Питомий вміст Na₂O, необхідний для цього застосування, становить 2,42% за масою, враховуючи насипну щільність 239 кг/м³. Це означає потребу 4,75 кг Na₂O на кубічний метр ґрунту.

Отже, зі стандартним силікатним блоком із вмістом Na₂O 22 кг/м³ кінцева композиція дрібнодисперсного в'язучого важить 258 кг, з яких 7,64% становить рідке скло. Виходячи із середньої активності дрібнодисперсного силікатного в'язучого, яка становить 53 кгс/см² (розраховується як середнє значення 43 і 58 кгс/см²), цей склад є ефективним.

Подібним чином, при використанні розчину гідроксиду натрію (NaOH), споживання твердої каустичної соди можна визначити на основі коефіцієнта перетворення NaOH = 1,58 Na₂O. Для даного сценарію потрібно 3,34 кг твердої каустичної соди. Активність дрібнодисперсного лужного зв'язуючого з цим складом становить 46 кгс/см² (отримано шляхом інтерполяції), що вказує на те, що зв'язувальні властивості цієї комбінації можна порівняти зі зв'язуючими властивостями рідкого скла.

Хоча активності дрібнодисперсного в'язучого достатньо для нейтралізації шкідливого впливу пилових і глинистих часток у ґрунті, вона може бути недостатньою для досягнення бажаної міцності на стиск у ґрунтовому бетоні. Цільова міцність на стиск повинна відповідати класам міцності бетону від 3,34 до 7,62, що відповідає середнім кубічним міцностям на стиск 44,74, 64,38 і 97,22 кгс/см² відповідно. Для досягнення цих показників міцності рекомендується вводити клінкерний цемент в ґрунтову бетонну суміш. Варіанти включають шлакопортландцемент марки 300, 400 та 500.

У цьому контексті додаткова витрата цементу, необхідна для ґрунтового бетону, враховуючи початкову щільність 1320 кг/м³ і зменшення за рахунок видалення 237 кг/м³ дрібнодисперсного матеріалу, становить 103 кг/м³. Це регулювання гарантує, що бетонна суміш досягає бажаної міцності на стиск, компенсуючи обмеження дрібнодисперсного в'язучого.

$$Q_{ц} = a * \sqrt{f_c} - b, \text{ кг/м}^3$$

де a і b – коефіцієнти класу та марки бетону

$$B 3.5 - a = 35 \quad \text{ПЦ 300} - b = 3$$

$$B 5 - a = 30 \quad \text{ПЦ 400} - b = 14$$

$$B 7.5 - a = 26 \quad \text{ПЦ 500} - b = 23$$

У випадку вищезгаданого зразка ґрунту ми одержуємо наступні результати.

Таблиця 1.6. Результат по класам ґрунтового бетону

Клас ґрунтового бетону МПа	Витрата клінкерного цементу, кг/м ³ , марок		
	ПЦ 300	ПЦ 400	ПЦ 500
3.5	234	223	214
5	240	230	220
7.5	255	244	235

При виготовленні ґрунтового бетону класу B 5 з використанням рідкого скла зі стандартним силікатним модулем 3,5 лабораторна рецептура

передбачає використання 1340 кг/м^3 ґрунту, 22 кг/м^3 силікатного скла та 221 кг/м^3 цемент марки 300. Для досягнення відповідної консистенції розрахунок вказує на те, що на кубічний метр бетону потрібно 106 літрів розчину рідкого скла. Цей розчин має щільність 1142 кг/м^3 , а його використання забезпечує належне зв'язування компонентів. Крім того, для завершення суміші потрібно 178 літрів води з поправкою на загальний об'єм у 282 літрів. Цю потребу у воді необхідно регулювати відповідно до природного вмісту вологи в ґрунті в свердловині, щоб забезпечити ефективне змішування.

Для складів ґрунтового бетону, призначених для досягнення різних класів міцності або з використанням різних лужних компонентів, метод розрахунку залишається незмінним. Необхідну кількість лужного компонента регулюють на основі щільності його водного розчину, деталі наведені в таблиці.

Введення сталевих або полімерних волокон в ґрунтобетонну суміш покращує її механічні властивості, включаючи міцність, тріщиностійкість і стійкість до ударів. При рівномірному розподілі по бетону сталеві волокна особливо сприяють підвищенню стійкості до крихкого руйнування. Наприклад, використання сталевих волокон довжиною 45 мм і дозуванням до 78 кг/м^3 в суміші з портландцементом марки 500 забезпечує підвищення міцності на 27%. Це регулювання покращує бетон до класу 7,5, забезпечуючи покращені експлуатаційні характеристики.

Крім того, при введенні лужного компонента в ґрунтобетонну суміш необхідно замінити клінкерний цемент тонко подрібненим гранульованим шлаком. Ця заміна допомагає збалансувати хімічні реакції, що відбуваються, і підтримує бажані властивості бетону, узгоджуючи його з конкретними вимогами лужної в'язучої системи.



Рис. 1.2. Зразки ґрунтоцементного сталевібробетону мають підвищену стійкість проти крихкого руйнування

У сфері технології ґрунтобетону шлако-лужне в'язуче виявилось найефективнішою рецептурою, особливо після масштабних лабораторних і виробничих випробувань, проведених у Сумській області. Ця сполучна система в основному включає гранульований шлак, який доступний як в основній (шлак), так і в кислій (вагран) формах.

Використовуваний гранульований шлак тонко подрібнюється для досягнення питомої поверхні в діапазоні від 2840 до 3220 см²/г. Ця велика площа поверхні підвищує реакційну здатність частинок шлаку, сприяючи кращій взаємодії з лужними компонентами сполучного.

Хімічний склад гранульованого шлаку має вирішальне значення для його продуктивності, оскільки він визначає ефективність в'язучого в стабілізації ґрунту та підвищенні міцності. Детальний хімічний склад шлаку, включаючи ключові оксиди та їх пропорції, гарантує, що в'язуча речовина демонструє оптимальні в'язучі властивості та довговічність при інтегруванні в складі ґрунтового бетону.

Це шлаково-лужне в'язуче зарекомендувало себе високою ефективністю в Сумській області завдяки здатності підвищувати стійкість і

міцність ґрунту. Реакційна здатність гранульованого шлаку з лужними розчинами, такими як гідроксид натрію або силікат натрію, сприяє утворенню міцної в'язучої матриці.

Таблиця 1.7. Хімічний склад гранульованих шлаків

Вид шлаку	SiO ₂	Al ₂ O ₂	Fe ₂ O ₂	TiO ₂	CaO	MgO	Na ₂ O	FeO	SiS ₀₃	Mo	Ma
Криворізький доменний, основний	36.26	8.74	0.74	0.07	47.84	4.09	-	-	1.78	1.25	0.24
Дніпропетровський доменний, основний	37.0	7.26	0.39	0.30	45.23	4.51	-	1.15	2.29	1.12	0.196
Доменний, основний	38.66	9.97	0.57	-	47.04	4.8	-	0.85	0,3	1,19	0,26
	...	...	...	...	...	...	...	5...	...	...	...
	37.11	6.07	0.49		46.75	4.5		0,71	0,88	1,10	0,16
Сумський ваграночний кислий	42,30	8,94	3,0	0,10	42,0	2,0	0,59	-	єл.	0,86	0,21

Гранульований шлак доменної печі з місцевого заводу постійно постачався для будівельних цілей і відповідав необхідним технічним вимогам для застосування в ґрунтовому бетоні. Цей гранульований шлак має стабільний хімічний склад і високу реакційну здатність, що робить його ідеальним компонентом шлако-лужних в'язучих. Його неодноразові поставки довели його надійність для великомасштабних проєктів, забезпечуючи постійну продуктивність у стабілізації ґрунту та розвитку міцності.

Натомість інші джерела гранульованого шлаку постачалися нерегулярно та одноразовими партіями. Ця невідповідність призводить до мінливості хімічних і фізичних властивостей шлаку, що може вплинути на загальну якість і продуктивність ґрунтобетонної суміші. Незважаючи на ці проблеми, спорадичні партії використовувалися, якщо вони були доступні, хоча з уважним розглядом їхніх властивостей.

Окрім використання звичайних блок-силікатів і каустичної соди як лужних активаторів, різні промислові побічні продукти та відходи також використовувалися у складі сполучного. Ці матеріали, часто багаті лужним вмістом, служать ефективними активаторами для шлаку, посилюючи хімічні реакції, необхідні для утворення зв'язуючого. Використання таких відходів не тільки забезпечує економічно ефективне джерело лужних компонентів, але й узгоджується з цілями сталого розвитку, зменшуючи залежність від звичайних хімікатів і мінімізуючи відходи.

Інтеграція цих альтернативних лужних компонентів була ретельно протестована в лабораторних і польових умовах, підтверджуючи їх сумісність із гранульованим шлаком. Результатом є шлако-лужне в'язуче, яке демонструє чудові механічні властивості, включаючи високу міцність на стиск, водостійкість і довговічність, що робить його життєздатним рішенням для бетонних конструкцій із ґрунту в регіонах, де промислові відходи можуть бути ефективно перероблені.

Таблиця 1.8. Хімічний склад лужних відходів

Найменування відходів	Зміст, % мас.				
	Na ₂ CO ₂	Na ₂ SO ₄	NaCl	NaOH	SiO ₂ аморф.
Плав соди кальцинованої, м. Черкаси, Азот, соотв. ТУ 113-03-479-89	80		12	8	
Содо-сульфатний продукт, м. Харків, «Карбонат»	59	40			1

Петрографічний і рентгеноструктурний аналізи показали, що в первинному складі гранульованих доменних шлаків переважає скло, що становить приблизно 72%, а решта 31% складаються з різних кристалічних мінералів шлаку. Кристалічна фаза в основному складається з меліліту, який становить близько 16%, а також двокальцієвого силікату, присутнього у двох

поліморфних формах, C2S 7% і C2S 4%. Крім того, кальцит присутній у шлаку приблизно в 2%, тоді як менші кількості ранкініту, псевдоволластоніту та олівіну з'являються у вигляді окремих зерен або кристалів у шлаковій матриці.

Показано, що використання біциклічного силікату, зокрема з додаванням 48% частинок глини, підвищує активність сполучного приблизно на 7%. У процесі гідратації утворюються складні силікатні гідрати, а також гідрогранат і таберморит. Ці фази значно сприяють розвитку міцності шлаково-лужної системи. Крім того, біциклічний силікат демонструє здатність зв'язувати до 8% Al_2O_3 , що підвищує загальну реакційну здатність сполучного. Важливо відзначити, що відсутність у складі шлаку фази фериту, поширеної в портландцементному клінкеру відіграє вирішальну роль, оскільки відомо, що він знижує активність в'язучих при змішуванні з дрібним пилом і частинками глини. Навпаки, цементний клінкер містить від 8% до 16% домішок, що обмежує його реакційну здатність у таких сумішах.

Використання шлако-лужного бетону особливо підходить для досягнення міцності на стиск, які мають середню міцність на стиск 67 кгс/см² і 96 кгс/см² відповідно. Для оптимальної роботи композицію шлако-грунтового бетону необхідно вибирати шляхом експериментальних випробувань, ретельно враховуючи властивості тонко подрібненого шлаку, специфічний лужний компонент і характеристики ґрунту. Правила вибору складу, що забезпечує необхідну міцність бетону в першу чергу якістю шлаколужного тіста. Ця паста формується з меленого шлаку і розчину лужного компонента, змішаних до відповідної густини.

У шлаколужних бетонах діючими нормами в'язучі компоненти повинні включати не менше 240 кг/м³ меленого шлаку для фундаментів і 320 кг/м³ для високоміцних конструкцій, максимально допустимий вміст 640 кг/м³ для будь-якої структури. Лужний компонент, виражений у перерахунку на суху речовину, повинен коливатися від мінімум 15 кг/м³ до максимуму

49,2 кг/м³. Вміст дрібнодисперсних часток у ґрунті не повинен перевищувати 21% за масою, а частка глинистих частинок – не більше 3%.

Приготування шлаколужного ґрунтобетону передбачає використання розчинів лужних компонентів із заданою густиною, яку визначають за допомогою ареометра. Для вимірювання густини скляний циліндр, діаметром трохи більший за ареометр, наповнюють водним розчином лужної складової. Потім ареометр обережно опускають у розчин, стежачи за тим, щоб він не торкався стінок циліндра. Показання беруть на основі рівня занурення ареометра, і це вимірювання слід проводити при стандартній температурі +22°C. Вміст сухої речовини в розчині лугу наведено в супровідній таблиці для подальших вказівок при складанні суміші.

Таблиця 1.9. Вміст лугу (сухої речовини) у лужних розчинах залежно від їх густини, при температурі +22°C

Щільність розчину за ареометром, кг/м ³	Вміст сухої речовини в 1л, грам					
	Na ₂ CO ₃ техніч. сода	* плава соди кальц.	** содо-сульф. суміш	NaOH кає. сода	Na ₂ O · 1,8LiO ₂	Na ₂ O · 3LiO ₂ рідк. Скло
1100	103,7	110,0	177,6	101,1	110	121,1
1150	165,1	174,0	289,6	157,9	175	184,1
1200	222,2	242,0		219,0	252	259,6
1250		290,6		285,2	295	310,4
1300				356,2		392,7

Постачання кальцинованої соди з джерел промислових відходів, таких як Черкаський Азот, який утворює побічні продукти виробництва капролактаму, пропонує економічно доцільне та екологічно стійке рішення для систем в'язучих у будівництві. Крім того, цінним джерелом лужних компонентів є содово-сульфатні відходи, зокрема витіснювачі марки А. Ці побічні продукти хімічних процесів можна інтегрувати в рецептуру ґрунтошлакоцементного бетону, що значно сприяє зниженню витрат на сировину при збереженні ефективних властивостей в'язучого.

Для визначення мінімального лабораторного складу ґрунтошлакоцементного бетону класу В 5 закриття суміші необхідно проводити розчином рідкого скла. Розчин рідкого скла повинен мати щільність за ареометром 1150 кг/м^3 і силікатний модуль $M = 1,75$, представлений хімічною формулою $\text{Na}_2\text{O} \times 1,75 \text{ SiO}_2$. Включення рідкого скла з цим специфічним силікатним модулем відіграє вирішальну роль у покращенні сполучних властивостей суміші та сприянні бажаним характеристикам затвердіння.

У цьому прикладі ґрунт, який використовується для виготовлення бетонної суміші, має насипну щільність 1340 кг/м^3 у сухому стані, а вміст частинок мулу та глини становить $16,7\%$ за масою. Це відповідає приблизно 242 кг/м^3 дрібнодисперсних частинок у ґрунті. Ці частинки необхідні для реакції зв'язування, особливо в поєднанні з лужними компонентами, такими як рідке скло або інші промислові побічні продукти.

Витрата меленого шлаку в складі шлакоцементобетону для класу бетону марки 5 можна розрахувати за емпіричною формулою, розробленою з урахуванням специфічних властивостей ґрунту, складу зв'язуючого, і необхідної міцності на стиск кінцевого продукту. Основним компонентом шлаколужного в'язуючого, що забезпечує необхідну механічну міцність і хімічну стійкість бетонної суміші, є мелений шлак. Тонко подрібнений шлак з питомою поверхнею від 2700 до $3250 \text{ см}^2/\text{г}$, сприяє раннім реакціям гідратації, що призводить до утворення міцних фаз, таких як гідрати силікату кальцію і гідрогранати.

Ця емпірична формула, яка використовується для розрахунку оптимального вмісту шлаку, враховує взаємодію між шлаком, лужними компонентами та дрібнодисперсними частинками всередині ґрунтової матриці. Визначаючи відповідні пропорції кожного матеріалу, це забезпечує досягнення бажаного класу міцності бетону. Правильний склад має життєво важливе значення для тривалої роботи бетону, особливо щодо міцності на

стиск, довговічності та стійкості до факторів навколишнього середовища, таких як вологість і мороз.

Таким чином, інтеграція промислових відходів, таких як кальцинована сода виробництва капролактаму та содово-сульфатні витіснювальні матеріали, до складу ґрунтово-шлакоцементних бетонів забезпечує стійку альтернативу звичайним в'язучим. Використання цих матеріалів у поєднанні з меленим шлаком і рідким склом дозволяє отримати високоміцну бетонну суміш з необхідними механічними властивостями для широкого спектру будівельних застосувань. Точна рецептура цих сумішей, заснована на емпіричних даних і експериментальному підтвердженні, забезпечує ефективне використання місцевих ресурсів при збереженні структурної цілісності одержуваних бетонних виробів.

$$\text{Ш} = \frac{\Gamma}{12 - 0,143 (f_c - 45,84)}, \text{ кг/м}^3$$

$$\text{Ш} = \frac{1310}{12 - 0,143 (98,23 - 45,84)} = 290 \text{ кг/м}^3$$

Розроблена суміш для бетону відповідає основним вимогам щодо мінімізації вартості будівництва фундаменту при збереженні необхідної структурної цілісності та довговічності. Досягнення цього балансу між продуктивністю та економічною ефективністю має вирішальне значення у великомасштабних будівельних проектах, особливо при оптимізації використання місцевих матеріалів, таких як ґрунт, шлак і промислові побічні продукти, у бетонній суміші.

Ключовим компонентом цього процесу оптимізації є ретельне визначення споживання рідкого скла, важливого лужного компонента, який відіграє життєво важливу роль у покращенні властивостей зв'язування та затвердіння композиту ґрунт-шлакоцемент. Рідке скло з питомою щільністю 1150 кг/м³, виміряною ареометром, утворює силікатний розчин, який взаємодіє з дрібнодисперсними частинками в ґрунті, утворюючи міцне сполучне, що підтримує механічну міцність і тривалу стабільність основи.

Точну кількість рідкого скла, необхідного для суміші, можна розрахувати за допомогою емпіричної формули, отриманої з експериментальних даних і підтвердженої практичним застосуванням у подібних ґрунтових умовах. Ця формула враховує кілька важливих факторів, включаючи щільність рідкого скла, частку частинок мулу та глини в ґрунті та загальний склад в'язучого. Ці параметри забезпечують ефективне використання рідкого скла, ефективно зв'язуючи частинки ґрунту та сприяючи розвитку фаз, що надають міцність під час процесу твердіння.

Ретельно контролюючи кількість рідкого скла, суміш можна оптимізувати відповідно до вимог продуктивності та економічних обмежень. Питома щільність 1150 кг/м^3 , наприклад, вибирається для того, щоб рідке скло мало відповідну концентрацію силікату для реакції з іншими компонентами суміші, зокрема з точки зору утворення гідратів силікату кальцію та іншої гідратації. продукти, що сприяють міцності бетону. Емпірична формула, яка використовується для розрахунку споживання рідкого скла, має важливе значення для забезпечення того, щоб суміш досягла бажаної міцності на стиск без непотрібного надлишку дорогих матеріалів.

У ширшому контексті будівництва фундаменту цей підхід до оптимізації складу в'язучого — шляхом розрахункового використання рідкого скла та включення місцевих доступних матеріалів — значно знижує витрати на матеріали, водночас забезпечуючи фундамент, здатний протистояти механічним і навантажувальним навантаженням, які він буде мати обличчя з часом.

$$\text{Щ} = 243 + 0,1(\text{Ш}-150), \text{ л/м}^3$$

$$\text{Щ} = 243 + 0,1(290-150) = 257 \text{ л/м}^3$$

$$\text{Щ} = 257 \times 0,11 = 28,27 \text{ кг/м}^3$$

Склад ґрунтового шлакосилікатного бетону, виміряний на кубічний метр, точно визначений для оптимізації як продуктивності, так і

використання матеріалу. Номінальна суміш складається з 1340 кг ґрунту, 295 кг шлаку тонкого помелу і 255 л розчину рідкого скла щільністю 1150 кг/м³. Ці пропорції забезпечують створення в'язучого, яке є водночас міцним і економічно ефективним, враховуючи місцеву доступність матеріалів і хімічні характеристики залучених компонентів. Рідке скло, діючи як силікатне сполучне, є ключовим у сприянні необхідним хімічним реакціям, які зв'язують частинки ґрунту та з часом збільшують структурну цілісність бетону.

Щоб налаштувати номінальний склад для практичного використання на місці, необхідно внести важливу модифікацію на основі природного вмісту вологи в ґрунті в стовбурі свердловини. Ґрунт у своєму природному стані зберігає різні рівні вологи, що може вплинути на ефективність процесу змішування та твердіння ґрунт-шлако-силікатного бетону. Точні вимірювання природного вмісту вологи в ґрунті необхідні для зміни кількості розчину рідкого скла, що використовується в кінцевій суміші, забезпечуючи правильну форму в'язучого і збереження бажаних механічних властивостей.

Дослідження та експериментальна перевірка продемонстрували потенціал для використання шлаколужного бетону, навіть з високим вмістом дрібнодисперсних домішок, у будівництві. Наявність дрібних агрегатів і дрібних частинок, які часто вважаються проблематичними, насправді можна контролювати за допомогою ретельного формулювання сполучного з використанням лужних компонентів. Це дозволяє виготовляти ін'єкційні палі зі стовбурами, складеними з ґрунтобетонних сумішей, сформованих безпосередньо в пробурених свердловинах.

Особливо інноваційним аспектом цього методу є використання двостадійної технології формування ґрунтобетонних стовбурів в ін'єкційних палях. Цей процес обходить традиційний етап видалення ґрунту з пробурених свердловин, таким чином спрощуючи процес будівництва та знижуючи вартість матеріалів і праці. Залишаючи ґрунт на місці та замість

цього закачуючи в'язучий у свердловину, сам ґрунт стає частиною композитного матеріалу, зв'язаного та зміцненого шлако-силікатною сумішшю. Такий підхід також зменшує вплив на навколишнє середовище та підвищує ефективність встановлення палі.

Пристосування бурових установок для цієї мети є важливою частиною впровадження цієї технології. Використовуючи порожнисті штанги як вітчизняного, так і імпортного обладнання, можна закачувати шлако-лужну суміш безпосередньо в пробурені свердловини, формуючи на місці ґрунтобетонні стовбури. Порожнисті стрижні забезпечують точну подачу суміші, забезпечуючи рівномірний розподіл по стовбуру палі та створюючи рівномірну міцну структуру.

Цей метод, заснований на обширних дослідженнях і польових випробуваннях.



Рис. 1.3. Бурова установка



Рис. 1.4. Установка Bauer BG-30

Висновок

Враховуючи, що піщана фракція ґрунту має обмежену здатність зв'язувати Na_2O у складі лужного компонента, запропоновано стратегічний двостадійний процес стабілізації ґрунту під час бурових робіт. На першому етапі, при прямому бурінні, необхідно нейтралізувати дрібні частинки в розпушеному масиві ґрунту шляхом введення лужного компонента, наприклад рідкого скла заданої щільності. Цей процес сприяє утворенню нерозчинних у воді сполук, які виявляють зв'язувальні властивості, стабілізуючи дрібні частинки. Ця стабілізація має вирішальне значення для запобігання розсіюванню дрібного пилу та частинок глини, які інакше перешкождали б механічній цілісності ґрунтової суміші.

При зворотному русі шнека виконується друга стадія процесу. На цьому етапі в ґрунтову суміш вводять суспензію, що містить цемент або шлак тонкого помелу. Концентрація суспензії, яку називають цементним

молоком, регулюється для забезпечення оптимальної текучості та суспензії частинок. Тиск, який використовується під час цієї фази впорскування, підтримується на рівні приблизно одна атмосфера. Цей контрольований тиск гарантує, що суспензія адекватно проникає в матрицю ґрунту, ініціюючи процес праймування ґрунту для розробки ґрунтово-цементного композиту. Коли цементний або шлаковий розчин проникає в оброблену ґрунтову масу, це додатково покращує утворення ґрунтобетонної суміші з класом від 5 до 7,5, залежно від бажаної міцності на стиск кінцевого матеріалу.

Ця двоетапна методологія пропонує кілька технічних переваг. Попередня нейтралізація дрібних частинок за допомогою лужного компонента забезпечує більшу сприйнятливість ґрунтової маси до подальшого введення цементу або шлакового розчину. Цей процес сприяє створенню ґрунтованого бетону з підвищеною структурною цілісністю та стійкістю до факторів зовнішнього середовища, таких як інфільтрація води.

Замість традиційних методів кремніювання, які передбачають введення силікатних розчинів для зміцнення слабких ґрунтів, цей метод використовує переваги лужного компонента в поєднанні з цементним в'язучим для досягнення подібного результату з покращеними механічними властивостями. Такий підхід може значно підвищити несучу здатність просадкових ґрунтів, забезпечуючи більш надійне та економічно вигідне рішення для фундаменту конструкцій, побудованих на нестабільному ґрунті.

Застосування цієї двоетапної техніки як при будівництві фундаменту, так і при стабілізації просідаючого ґрунту може змінити поточну практику. Завдяки включенню ретельно розробленого лужного компонента на ранніх стадіях обробки ґрунту з подальшим контрольованим введенням в'язучих речовин на основі цементу або шлаку будівельні проекти можуть досягти кращих результатів з точки зору консолідації ґрунту, механічної стабільності та тривалої довговічності.

РОЗДІЛ 2. ОПИС АРХІТЕКТУРНО-ПЛАНУВАЛЬНОГО РІШЕННЯ БУДІВЛІ

2.1. Ситуаційний план

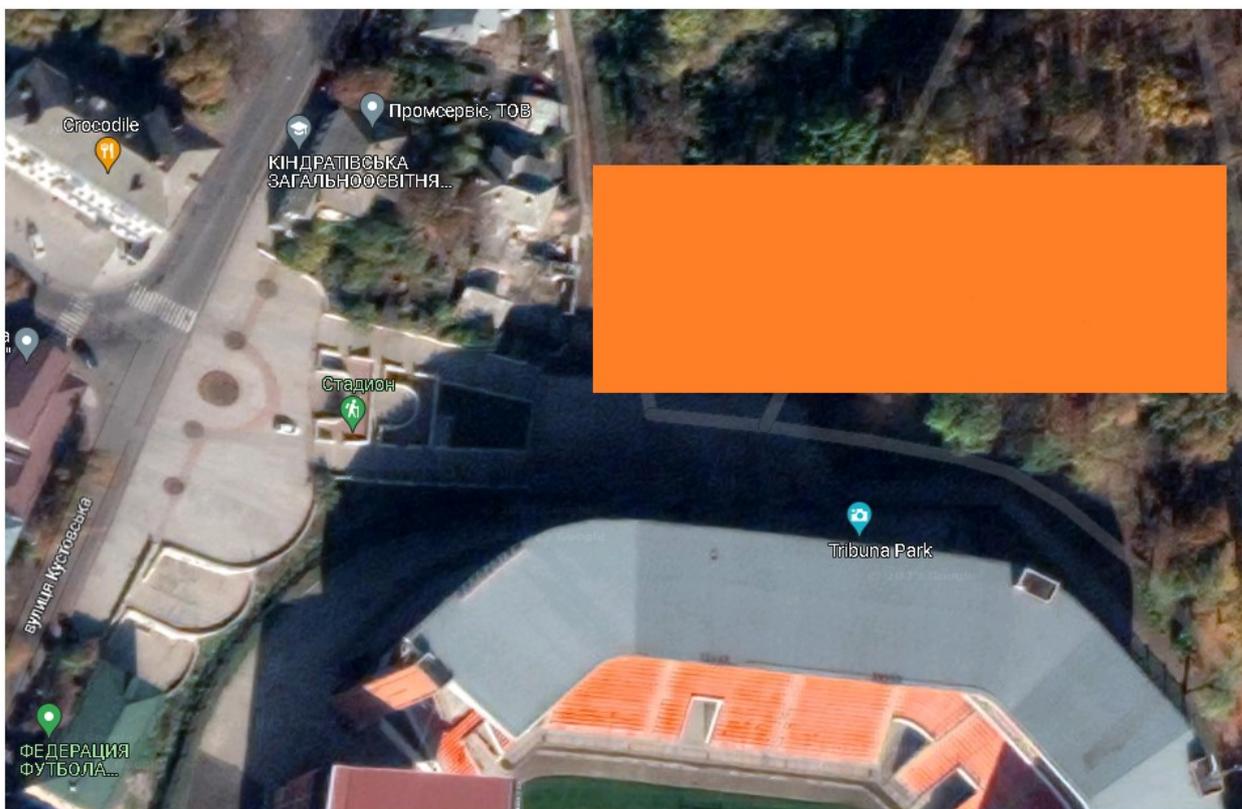


Рис. 2.1. Ситуаційний план

Місце розташування будівельного майданчика на вулиці Кустовської у Сумах ідеально підходить для розвитку спортивно-оздоровчого комплексу, насамперед через близькість до визначних об'єктів міської спортивної інфраструктури, зокрема стадіону Ювілейний. Ця географічна перевага створює можливості для інтегрованого спортивного програмування та співпраці, що ще більше зміцнює усталену репутацію міста в легкій атлетиці.

Привабливість цього місця ще більше збагачується навколишнім природним середовищем, а сусідній парк пропонує спокійне місце, ідеальне як для відпочинку, так і для фізичних вправ. Крім того, наявність річки Псел додає значну естетичну та рекреаційну цінність, надаючи можливості для водних видів діяльності, які доповнюють мету центру. Гармонійне поєднання природних і міських елементів у цьому місці позиціонує майбутній заклад як

універсальний простір, який підтримує як фізичне здоров'я, так і дозвілля в привабливому та мальовничому середовищі.

2.2. Об'ємно-планувальне рішення

Спортивно-оздоровчий центр являє собою триповерхову споруду із залізобетонною каркасною системою, що відрізняється високою міцністю, довговічністю та стійкістю до динамічних і статичних навантажень. Конструкційний каркас складається із залізобетонних колон, кожна з яких призначена для витримування значних вертикальних навантажень, і ригелів, які ефективно розподіляють горизонтальні сили по будівлі. Залізобетон, що складається з цементу, заповнювачів і сталевих арматурних стрижнів, поєднує в собі міцність бетону на стиск і міцність сталі на розтяг, забезпечуючи структурну цілісність і довговічність.

Перекрыття в будівлі виконано з монолітних бетонних плит товщиною 250 мм кожна. Монолітні плити забезпечують чудовий розподіл навантаження та стійкість до розтріскування завдяки суцільній природі без швів. Цей метод будівництва забезпечує посилену теплову ізоляцію, сприяючи енергоефективності будівлі за рахунок зменшення температурних коливань.

Кожен поверх центру має висоту 4,70 метра, що забезпечує достатньо вертикального простору для занять спортом і розміщення спеціалізованого обладнання. Загальна висота споруди сягає 15,95 метрів, що дозволяє створювати кілька функціональних просторів у будівлі, зберігаючи при цьому цілісну архітектурну форму.

Будівля має 210 метрів у довжину та 19 метрів у ширину, в результаті чого має довгу, вузьку прямокутну планування. Ця подовжена форма оптимізована для таких спортивних заходів, як криті доріжки, спортивні зали або корти, де необхідні великі простори. З точки зору характеристик матеріалу, залізобетон, який використовується в каркасі та плитах, спеціально відібраний на його довговічність у різних умовах навколишнього середовища, включаючи стійкість до вологи та корозії. Бетон, який

використовується в цій установці має міцність на стиск 38 МПа, тоді як сталева арматура забезпечує міцність на розрив до 485 МПа. Ця комбінація призводить до міцної та довговічної конструкції, здатної підтримувати динамічну діяльність у центрі.

2.3. Архітектурно-конструктивне рішення

Фундаменти та основи

Спортивно-оздоровчий центр будується на пальових фундаментах, укріплених ґрунтоцементними стволами для підвищення несучої здатності типових для сумських слабких ґрунтів. Пальові фундаменти є важливими в цьому регіоні через низьку природну несучу міцність ґрунту, якої недостатньо для підтримки великих конструкцій без значного поліпшення ґрунту. Палі забиваються глибоко в землю, щоб досягти більш стабільних шарів, а ґрунтово-цементні вали об'єднуються навколо цих паль, щоб ще більше підвищити структурну цілісність шляхом збільшення когезії ґрунту та зменшення осідання.

Ґрунтоцементні шахти створюють за допомогою методу, який змішує ґрунт на місці з цементом для формування затверділої матриці навколо паль. Вміст цементу коливається від 12% до 15%, залежно від характеристик ґрунту, що забезпечує додаткову міцність і жорсткість навколишнього ґрунту. Цей метод значно покращує несучу здатність фундаменту за рахунок перетворення слабого стисливого ґрунту в стійкий матеріал, що несе навантаження, здатний витримувати вертикальні навантаження, що передаються через палі. Самі палі розроблені як високоміцний залізобетон, здатний витримувати сили стиснення та зсуву протягом тривалого часу. Ці палі виготовляються з бетону з міцністю на стиск 40 МПа і армуються високоміцними сталевими прутками для збільшення їх здатності витримувати зусилля розтягування.

Навантаження від конструкції будівлі передається на палі через монолітний залізобетонний ростверк. Роствер служить сполучною платформою, яка рівномірно розподіляє навантаження від надбудови по

палях. Він має товщину 0.5 м, ширину 0.75 м і посилений сталевими прутками, розташованими у вигляді щільної сітки, щоб протистояти напругам згинання та зсуву. Монолітність ростверку забезпечує додаткову стійкість, забезпечуючи рівномірну передачу навантажень на кожну палі, знижуючи ризик нерівномірного осідання та деформації конструкції.

Враховуючи те, що в будівлі буде басейн, особлива увага приділяється гідроізоляції для запобігання проникненню води в фундамент та елементи конструкції. На весь фундамент і ростверк укладається високоефективна гідроізоляційна бітумна мембрана товщиною 2 мм. Бітумні мембрани відомі своєю чудовою стійкістю до тиску води та довговічністю у вологих умовах, що робить їх ідеальними для захисту фундаментів у приміщеннях із значним впливом води. Мембрана наноситься за допомогою процесу гарячого склеювання, щоб забезпечити безперервний безшовний бар'єр, який запобігає проникненню вологи в бетонну конструкцію.

Теплоізоляція також інтегрована в конструкцію фундаменту, особливо навколо ділянок, які піддаються впливу холодної землі, для підвищення енергоефективності. Утеплювач з екструдованого пінополістиролу товщиною 100 мм і теплопровідністю 0,034 Вт/м·К обрано завдяки його відмінній міцності на стиск і вологостійкості. Він наноситься по периметру фундаменту та під основою басейну, щоб запобігти втратам тепла та підтримувати термостабільність, що є критично важливим для збереження енергії в об'єкті з водними об'єктами, такими як басейн. Цей шар ізоляції не тільки захищає від втрати тепла, але й мінімізує ризик морозного обдимув в холодні місяці.

Зовнішні, внутрішні стіни та перегородки

Стіни спортивно-оздоровчого центру побудовані з використанням сендвіч-панелей, високоефективного будівельного матеріалу як для теплоізоляції, так і для міцності конструкції. Ці панелі складаються з трьох шарів: двох зовнішніх облицювань і основного шару ізоляції, що утворює

композитну структуру, яка забезпечує чудову міцність, енергоефективність і довговічність.

Для цього проекту зовнішні шари сендвіч-панелей виготовлені з листів оцинкованої сталі товщиною 0,6 мм кожен. Сталь, яка використовується, оцинкована гарячим способом, забезпечує підвищену стійкість до корозії, що є важливим фактором, враховуючи місцевий клімат і наявність у будівлі басейну, який може призвести до підвищення рівня вологості. Сталеві листи також покриті поліефірним покриттям, що забезпечує додатковий захист від атмосферних впливів та ультрафіолетового випромінювання, забезпечуючи тривалу довговічність. Це зовнішнє покриття наноситься товщиною 25 мікрон, створюючи гладку, естетично привабливу поверхню, стійку до механічного зношування.

Серцевина сендвіч-панелей виготовлена з жорсткого пінополіуретану, відібраного через його чудові теплоізоляційні властивості та легкість. Поліуретановий сердечник має теплопровідність 0,022 Вт/м·К і щільність 40 кг/м³, що забезпечує чудові ізоляційні характеристики. Завдяки товщині серцевини 150 мм панелі досягають U-коефіцієнта приблизно 0,15 Вт/м²·К, що забезпечує надійну ізоляцію будівлі від коливань зовнішньої температури, що є критичним для підтримки енергоефективності як влітку, так і взимку. Серцевина також підвищує структурну стійкість панелей, надаючи їм високу міцність на стиск, зберігаючи низьку загальну вагу, що зменшує навантаження на фундамент і каркас будівлі.

Сендвіч-панелі збираються за допомогою системи з'єднання шип-паз, що забезпечує щільне та надійне прилягання між панелями, що мінімізує теплові мости та проникнення повітря. Ця конструкція особливо важлива для енергоефективності та контролю вологи, що є ключовими факторами в будівлі з басейном. Для додаткового підвищення герметичності та вологостійкості конструкції під час монтажу на стики панелей наноситься високоефективний герметик.

З точки зору структурних характеристик, сендвіч-панелі здатні витримувати значні вітрові та ударні навантаження завдяки комбінованій дії сталевих облицювальних матеріалів і жорсткого пінопласту. Сталеві облицювання працюють разом, щоб протистояти силам згину, тоді як пінопласт розподіляє зусилля зсуву по глибині панелі, дозволяючи панелям зберігати свою структурну цілісність за різних умов навантаження. Панелі кріпляться до каркасу будівлі за допомогою саморізів з нержавіючої сталі, що забезпечує надійне кріплення без шкоди для стійкості системи до корозії.

Покрівля

Плоский дах спортивно-оздоровчого центру призначений для підтримки важкого обладнання, що вимагає надійної та ретельно структурованої системи. Починаючи з основи, покрівля будується з використанням монолітної залізобетонної плити, яка є основною опорою конструкції. Ця плита має товщину 250 мм, посилена сталевими прутами, щоб гарантувати, що вона може витримувати як статичні, так і динамічні навантаження, включаючи вагу важкого дахового обладнання. Бетон, що використовується, має міцність на стиск 40 МПа, що забезпечує довговічність і стійкість до зусиль як на стиск, так і на згин.

Пароізоляційний бар'єр накладається безпосередньо на бетонну плиту, щоб запобігти підйому вологи в шари ізоляції та впливу на теплоізоляційні характеристики будівлі. Для цього використовується вискоєфективна бітумна мембрана, наприклад, самоклеючий бітумний лист, модифікований SBS, товщиною 2 мм. Модифікація стирол-бутадієн-стирол надає бітуму підвищену еластичність і стійкість до температурних коливань, забезпечуючи збереження пароізоляції навіть під час руху, спричиненого даховим обладнанням.

Теплоізоляція має вирішальне значення для забезпечення енергоефективності даху, особливо в будівлі зі значними вимогами до опалення та охолодження. Поверх пароізоляції укладаються утеплювачі з екструдованого пінополістиролу товщиною 150 мм. Його вибрано через його

високу міцність на стиск, близько 500 кПа, що дозволяє витримувати великі навантаження без деформації. Його низька теплопровідність, 0,036 Вт/м·К, забезпечує чудову теплоізоляцію, зменшуючи передачу тепла через дах і підтримуючи енергоефективність у будівлі.

Поверх утеплювача встановлюється гідроізоляційна мембрана з ПВХ. ПВХ-мембрана має товщину 1,5 мм і посилена поліестером для підвищення міцності на розрив, гарантуючи, що вона може витримувати навантаження, спричинені обладнанням на даху та факторами навколишнього середовища, такими як підйом вітру. ПВХ-мембрана повністю приклеєна до нижньої поверхні за допомогою методу зварювання гарячим повітрям для створення водонепроникних швів. Ця мембрана стійка до ультрафіолетового випромінювання, атмосферних впливів і екстремальних температур, що важливо для довгострокової служби. Він також забезпечує чудову гнучкість, дозволяючи йому сприймати будь-які рухи конструкції даху без тріщин або розривів.

Щоб захистити гідроізоляційну мембрану від механічних пошкоджень, викликаних установкою та обслуговуванням важкого обладнання, поверх ПВХ-мембрани накладається захисний геотекстильний шар. Використаний геотекстиль це неткане поліпропіленове полотно щільністю 500 г/м², обране через його міцність і стійкість до проколів. Цей шар запобігає пошкодженню гідроізоляційної системи під час розміщення обладнання або робіт з обслуговування.

Для додаткового укріплення даху та розподілу ваги обладнання бетонні тротуарні плити встановлюються як крайній шар. Ці плити розміром 600х600 мм, укладаються на підставки або безпосередньо поверх захисного геотекстильного шару, забезпечуючи міцну поверхню для ходьби та додатковий захист нижчих шарів. Тротуарна плитка також допомагає рівномірно розподілити навантаження від дахового обладнання по поверхні даху, зменшуючи ризик локалізованого навантаження на гідроізоляційні та теплоізоляційні шари.

Вікна та двері

Вікна та двері спортивно-оздоровчого центру спроектовані таким чином, щоб підвищити як функціональність, так і естетичність, забезпечуючи достатню кількість природного освітлення, забезпечуючи енергоефективність та безпеку.

У центрі переважно великі панорамні вікна, які стратегічно розташовані, щоб максимізувати кількість денного світла, що потрапляє в простір, створюючи яскраву та гостинну атмосферу. Ці вікна виготовлені з використанням ізольованих склопакетів, що складаються з двох листів скла з низьким коефіцієнтом випромінювання, розділених прокладкою, наповненою газоподібним аргоном.

Зовнішнє скло має покриття Low-E, яке відображає інфрачервоне світло, пропускаючи видиме світло. Це покриття значно зменшує теплопередачу, підвищуючи теплові характеристики будівлі та мінімізуючи витрати енергії на опалення та охолодження. U-коефіцієнт склопакета становить приблизно $1,2 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$, що вказує на його ефективність у зменшенні втрат тепла.

Простір між скляними панелями заповнено газом аргон, який забезпечує кращу теплоізоляцію порівняно з повітрям. Газоподібний аргон знижує теплопровідність, сприяючи зниженню споживання енергії та підвищенню комфорту в будівлі.

Віконні рами виготовлені з високоякісного алюмінію з терморозривом, призначеним для запобігання передачі тепла між внутрішнім і зовнішнім приміщенням. Цей терморозрив складається з неметалічного матеріалу, який мінімізує теплові містки. Алюміній покритий порошковою фарбою для підвищення довговічності та стійкості до корозії, забезпечуючи тривалу роботу в різних погодних умовах. Рами сконструйовані таким чином, щоб бути структурно міцними, але легкими, що враховують великі розміри панорамних вікон.

Багато вікон сконструйовані таким чином, щоб їх можна було відкрити, що забезпечує природну вентиляцію, коли це необхідно. Поворотно-відкидні механізми дозволяють відкривати вікна кількома способами, сприяючи потоку повітря, зберігаючи при цьому безпеку та стійкість до погодних умов.

Головні вхідні двері це велика двостулкова скляна дверна система з алюмінієвою рамою, яка створює привабливий вхід, забезпечуючи при цьому видимість у центр. Дверні панелі також виготовлені з ізольованого скла з подвійним склопакетом, що відображає специфікації вікон для підтримки теплової ефективності.

Для внутрішніх приміщень, таких як роздягальні та офіси, використовуються масивні дерев'яні двері з серцевиною високої щільності. Ці двері забезпечують звукоізоляцію, необхідну для приватності в таких приміщеннях, як роздягальні та адміністративні офіси. Дерев'яні двері оздоблені міцним шпоном, який підвищує естетичну привабливість, одночасно забезпечуючи стійкість до зношування та вологи.

Двері аварійних виходів оснащені антипанічною фурнітурою та виготовлені зі сталі для додаткової безпеки та довговічності. Ці двері розроблені відповідно до правил безпеки, забезпечуючи швидкий і безпечний вихід під час надзвичайних ситуацій. Вони розташовані в місцях з інтенсивним рухом людей і позначені чіткими вказівниками, щоб скерувати пасажирів.

Усі входи та двері розроблені з урахуванням доступності, включаючи такі функції, як широкі дверні отвори та автоматичні дверні оператори, де це необхідно, що забезпечує відповідність місцевим будівельним нормам і полегшує доступ для всіх користувачів.

Покриття підлог

У спортивно-оздоровчому центрі матеріали для підлоги вибираються таким чином, щоб оптимізувати функціональність, безпеку та естетику в різних зонах. Тренажерні кімнати оснащені гумовою підлогою, яка відома своєю чудовою амортизацією, стійкістю до ковзання та довговічністю,

товщиною 8 мм, яка може витримувати сильні удари. Цей матеріал також легко чистити та забезпечує звукоізоляцію, необхідну для динамічного тренувального середовища.

В адміністративних та службових приміщеннях використовується вінілове покриття, доступне у вигляді листів товщиною 2,5 мм. Стійкість вінілу до подряпин, плям і зношування робить його ідеальним для місць із помірним рухом людей, тоді як його водостійкі властивості та різноманітні варіанти дизайну покращують як функціональність, так і зовнішній вигляд.

У їдальнях підлога з лінолеуму, виготовлена з натуральних матеріалів, таких як лляна олія та пробковий пилок, є надійним та гігієнічним рішенням. Завдяки товщині 2,5 мм лінолеум є міцним, антимікробним і зручним під ногами, що робить його підходящим вибором для обідніх приміщень, де чистота та комфорт важливі.

Коридори оброблені поліуретановою підлогою, яка характеризується безшовним нанесенням і товщиною 3 мм. Ця підлога має гладку поверхню, стійку до зношування, хімічних речовин і вологи, що робить її практичною для місць з інтенсивним рухом людей, зберігаючи сучасну естетику.

Інженерні кімнати оснащені епоксидною підлогою, системою на основі смоли товщиною 5 мм. Епоксидна підлога розроблена таким чином, щоб протистояти хімічним речовинам і розливам, створюючи тверду захисну поверхню, яку легко обслуговувати та яка здатна витримувати вимоги технічного середовища.

Ванні кімнати мають порцелянову плитку, яка є водостійкою та довговічною, товщиною 12 мм. Їх низький рівень водопоглинання та текстурована поверхня підвищують безпеку та легкість обслуговування у вологому середовищі, що робить їх ідеальними для гігієнічно чутливих місць.

Зона басейну облицьована керамічною плиткою для басейну, розробленою спеціально для водних середовищ. Ця плитка забезпечує

стійкість до ковзання та може витримувати вплив хлору та інших хімікатів для басейну, забезпечуючи як безпеку, так і естетичну привабливість.

Зовнішнє і внутрішнє опорядження

Фасад спортивно-оздоровчого центру має сучасний і привабливий дизайн, який поєднує в собі прозорість і міцні матеріали, що відображає його призначення в міському ландшафті Сум. Зовні домінують великі панорамні вікна від підлоги до стелі, виготовлені з подвійного склопакета з низьким емісійним склопакетом, який покращує теплоізоляцію та зменшує відблиски, водночас пропускаючи природне світло всередину. Алюмінієві композитні панелі, що оточують вікна, служать яскравим візуальним контрастом.

Окремі ділянки фасаду мають облицювання декоративним каменем, що складається з натурального граніту або обробленого каменю, що забезпечує текстуру та довговічність. Це облицювання обрано через його стійкість до погодних умов і низький рівень поглинання, що забезпечує довгострокову експлуатацію.

Головний вхід підкреслено консольним навісом, виготовленим із легкої сталеві рами з атмосферостійким полікарбонатним покриттям. Ця функція забезпечує захищену зону для відвідувачів і підтримується витонченими алюмінієвими колонами, що ще більше підкреслює сучасну естетику.

У спортивно-оздоровчому центрі стінові матеріали вибираються з урахуванням їхньої функціональності, довговічності та естетичної привабливості, а також враховують специфічні потреби кожного приміщення. Фітнес-зали оброблені високоякісним ударостійким вініловим покриттям товщиною 1,0 мм. Ці покриття забезпечують яскраву естетику, яку можна налаштувати, завдяки різноманітним кольорам і дизайнам. Вони розроблені таким чином, щоб витримувати значне зношування внаслідок обладнання та діяльності, забезпечуючи чудову міцність проти подряпин і ударів.

В адміністративних і офіційних приміщеннях для обробки стін використовується латексна фарба з низьким вмістом летючих органічних

сполук. Цей тип фарби створений для мінімізації забруднення повітря в приміщенні, що робить його придатним для середовищ, де люди проводять тривалий час. Фарба демонструє рівень блиску приблизно 30%, забезпечуючи поверхню, яку можна мити, стійку до плям і потертостей, полегшуючи догляд, зберігаючи професійний вигляд.

Їдальні поєднують пофарбовані поверхні та декоративні стінові панелі з ДВП високої щільності. Панелі товщиною 12 мм, мають вологостійке покриття, яке забезпечує як естетичну привабливість, так і функціональну довговічність. Ці панелі доступні в різних текстурах і кольорах, створюючи теплу і привабливу атмосферу. Фарба з низьким вмістом ЛОС доповнює панелі, покращуючи якість повітря, додаючи до загального дизайну.

Коридори оздоблені довговічною напівглянсовою фарбою, яку можна мити, яка витримує інтенсивний рух і подряпини. Ця фарба, товщиною 0,5 мм, забезпечує надійний бар'єр проти зносу, забезпечуючи збереження зовнішнього вигляду стін протягом тривалого часу. У інженерних приміщеннях на стіни наноситься епоксидна фарба, яка складається з двокомпонентної системи, яка твердне, утворюючи тверду, міцну поверхню.

У ванних кімнатах використовується керамічна плитка на стінах розміром 300x300 мм і має глянсову глазур, яка забезпечує водонепроникний бар'єр. Ці плитки мають низькі показники водопоглинання, що робить їх стійкими до плям та цвілі, таким чином підтримуючи гігієну у вологих приміщеннях. Гладка поверхня плитки дозволяє легко чистити та доглядати.

Стелі в усьому центрі переважно оброблені акустичними стельовими плитами з мінерального волокна товщиною 15 мм. Ця плитка розроблена для поглинання звуку, ефективного зниження рівня шуму та підвищення комфорту в таких приміщеннях, як тренажерні зали, адміністративні приміщення та коридори. Коефіцієнт шумопоглинання плиток становить 0,85, що вказує на їхню високу ефективність звукопоглинання, що особливо корисно в багатоцільових середовищах, де контроль шуму важливий.

Список використаних джерел

1. 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).
2. Благоустрій територій (зі Змінами): ДБН Б.2.2-5:2011 [Чинний від 2012-09-01]. -К: Мінрегіонбуд України, 2019. – 44 с. (Національні стандарти України).
3. Природне і штучне освітлення: ДБН В.2.5-28:2018 [Чинний від 2019-02-28]. -К: Мінрегіонбуд України, 2018. – 7 с. (Національні стандарти України).
4. 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).
5. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6-31:2016 [Чинний від 2016-10-01]. -К: Мінрегіонбуд України, 2017. – 15 с. (Національні стандарти України).
6. 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).
7. 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).
8. Організація будівельного виробництва: ДБН А.3.1-5:2016 [Чинний від 2016-01-01]. -К: Мінрегіонбуд України, 2016. – 44-46 с. (Національні стандарти України).
9. Методичні вказівки для теплотехнічних розрахунків огорожуючих конструкцій з дисципліни “Будівельна теплофізика (для студентів факультету ПЦБ із спеціальності 7.092101), СНАУ, 2010.
10. Кошторисні норми України «Настанова з визначення вартості будівництва»: [Чинний від 2021-11-09]. -К: Мінрегіонбуд України, 2021. – 44-

46 с. (Національні стандарти України).

11. 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).

12. Методичні вказівки до виконання курсового проекту “Монтаж будівельних конструкцій”, Суми, СНАУ, 2008.

13. Довідково-інформаційний збірник ресурсів та одиничних розцінок на будівельно-монтажні роботи, Суми, СНАУ – 2011 р.

14. Нормування праці та кошториси в будівництві. Суми -«Мрія – 1», 2010 , 452 с.

15. Методичні вказівки до виконання курсового проекту “Монтаж будівельних конструкцій” Суми, СНАУ, 2008.

16. Організація будівельного виробництва (посібник для розробки курсових та дипломних проектів). Суми, СНАУ, 2011, 125 с.