

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний
Кафедра будівництва та професійної освіти

Пояснювальна записка

до магістерської кваліфікаційної роботи

на тему: **«Закономірності регулювання властивостей і
складу ґрунтоцементу»**

КРМ.192БЦмд_21 ПЗ

Виконав: здобувач вищої освіти
за освітньо-професійною програмою
«Технології будівельних конструкцій,
виробів і матеріалів»
спеціальності 192 «Будівництво та
цивільна інженерія»
ступеня вищої освіти магістр
групи 192БЦмд_21
Ярмошевич Олександр Володимирович

Керівник: Муравльов В.В.

Полтава 2024 року

Вступ

В останні роки з розвитком технологій виготовлення набивних палів отримав упровадження новий метод влаштування штучних основ шляхом армування слабких ґрунтів вертикальними жорсткими елементами. Ефект такого армування основ полягає у тому, що у певному об'ємі слабого ґрунту частина його замінюється жорстким матеріалом із достатньо великим модулем деформації.

Вертикальні жорсткі елементи можуть бути виготовлені за допомогою таких відомих технологій, як ґрунтонабивної, буронабивної, струменевої і навіть занурення палів. Вони виконують роль елементів армування, коли між їх головами і фундаментом немає безпосереднього контакту. Їх звичайно розділяє подушка із щебню чи ущільненого ґрунту товщиною, рівною половині відстані між сусідніми елементами армування. Ґрунтоцемент – це суміш ґрунту і цементу, яка має достатню міцність, низьку деформативність, високу водонепроникність і довговічність.

Технологічність, економічність, невеликі енергоємність і матеріаломісткість – це основні показники, які обґрунтовують актуальність досліджень використання ґрунтоцементу при влаштуванні основ і фундаментів.

При виготовленні ґрунтоцементу за бурозміщувальною технологією щільність його залежить від насиченості ґрунту водою. Залишкова вода після гідратації цементу формує пористу структуру матеріалу, яка у свою чергу є провідною у формуванні механічних характеристик ґрунтоцементу. Глинистий ґрунт до закріплення з коефіцієнтом фільтрації 10 – 3 см/с, після закріплення його цементом збільшує коефіцієнт фільтрації до 10 – 8 см/с – 10 – 10 см/с, тобто в 10 000 – 100 000 разів. Таким чином, ґрунт в результаті закріплення цементом стає практично водонепроникним.

Окрім явних економічних переваг, слід відмітити високу технологічність виготовлення ґрунтоцементних палів у нестійких ґрунтах. Коли для влаштування набивних бетонних палів потрібне обладнання свердловин або

проходження їх під глинистим розчином, при бурозмішувальній технології ґрунтоцемент надійно утримує стінки свердловини навіть у мулах і пливунях. Такі палі можливо армувати безпосередньо після виготовлення шляхом занурення каркаса вібруванням або окремими стрижнями за допомогою спеціального кондуктора. Висока водонепроникність ґрунтоцементу забезпечує нормальні умови роботи арматури.

Змінюючи відсотковий вміст цементу в дисперсних ґрунтах та занурюючи металевий каркас, ми можемо домагатися необхідних властивостей міцності ґрунтоцементу, близьких до максимальної несучої здатності палі по ґрунту.

Головними позитивними особливостями ґрунтоцементних палей є:

- їх висока водонепроникність;
- швидкість зведення;
- надійність;
- буріння проводиться практично без вібрації;
- можливість влаштування в дуже стисливих ґрунтових умовах;
- менша вартість матеріалу тіла палі порівняно з бетоном і, відповідно, більш висока економічна ефективність.

На сьогоднішній день ґрунтоцементні палі широко використовуються при зведенні житлових, цивільних і промислових будівель і споруд. Необхідною умовою для більш широкого використання ґрунтоцементу по вказаних напрямках будівництва є підвищення його міцності, що досягається шляхом армування. Важливими передумовами ефективної сумісної роботи цих двох матеріалів є їх зчеплення та надійний захист арматури всередині конструкції від корозії під впливом ґрунтових та атмосферних вод.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Історія виникнення

Грунтоцемент є не простою механічною сумішшю, а системою, що складається з двох, дуже складних по своєму складу і властивостям, матеріалів - цементу і ґрунту. Основним провідним чинником у керінному перетворенні властивостей ґрунту є цемент, який є полідисперсною і полімінеральною системою, продуктом тонкого помолу клінкеру, здатним після додавання води утворювати камене подібне тіло.

Відповідно до [1] вперше грунтоцемент на основі глинистого ґрунту в 1912 році було використано інженером Алексєєвим Г. А. при будівництві доріг. Подальші дослідження грунтоцементу пов'язані з такими дослідниками як С. М. Адамівіч, П. А. Алексєєв, Б. П. Ананьєв, В. В. Аскалонов, В. М. Безруков, П. П. Гудніков, В. С. Могільний, М. О. Попов, О. М. Токін, М. І. Хігєрович та ін. [2, 3, 4, 7].

Ґрунти розглядаються як тверді полідисперсні дуже складні системи, багато властивостей яких визначаються законами дисперсії цю стану речовин, що розглядається колоїдною хімією. В умовах природного залягання ґрунту, у більшості випадків, являє собою трьохфазну систему, що складається з твердої, рідкої та газоподібної фаз. Здатність ґрунтів до прояву складних взаємодій з доданими до нього речовинами підсилюються в значній мірі тим, що ґрунти являють собою полідисперсні системи, що складаються з частинок не тільки різної величини, а й різного мінералогічного та хімічного складу [6].

Роботи П. Л. Ребиндера (1937, 1938), А. В. Думанського (1948) та К. К. Гедройца (1938) показують, що для хімічної взаємодії твердої речовини досить важливим фактором є величина поверхні розділу між твердою та оточуючою її рідкою чи газоподібною фазами. Ця величина, віднесена до одиниці об'єму чи ваги твердої речовини, відома під найменуванням питомої поверхні, що виражається у квадратних метрах сумарної поверхні частинок 1 г речовини.

Як показують численні дослідження, зі збільшенням ступеня подрібнення речовин, різко збільшується величина їх питомої поверхні. У властивостях ґрунту має велике значення його глинисто-колоїдна частина, але при цьому не слід забувати, що ґрунт в цілому являє собою одночасно грубодисперсну та колоїдно-дисперсну систему. Переважання у ґрунтах різного мінералогічного та хімічного складу грубодисперсних чи тонкодисперсних частинок обумовлюють собою ту різноманітність фізико-механічних та фізико-хімічних властивостей ґрунтів, які ми спостерігаємо в природі.

Використовуючи притаманну ґрунтам здатність до активних хімічних та фізико-хімічних взаємодій, можна шляхом введення різних в'язучих речовин перетворювати зворотні властивості в незворотні, тобто задовільні в будівельному відношенні властивості ґрунту (наприклад зв'язність) робити стійкими, стабільними в часі та не залежними від вологості ґрунту [12].

Досить характерною та важливою якістю найбільш дисперсної частини ґрунту є здатність її до поглинання (сорбції) розчинних чи виважених у воді речовин. Таку властивість в ґрунтознавстві прийнято називати поглинальною здатністю ґрунту. Ця властивість притаманна в більшій чи меншій ступені всім ґрунтам.

Серед різних видів поглинальної здатності (механічної, фізичної, фізико-механічної та хімічної) при закріпленні ґрунтів в'язучими речовинами найбільше практичне значення та теоретичну цікавість має фізико-хімічний (обмінний) та хімічний види поглинання.

В результаті обмінного поглинання при зміцненні ґрунтів цементами можливе поглинання катіонів та аніонів. Хімічне поглинання грає досить значну роль та супроводжується хемосорбційними процесами, в результаті яких гідроліз та твердіння цементу в ґрунтоцементні проходять за трохи іншими закономірностями, ніж в бетоні чи в будівельних розчинах. В залежності від величини обмінної здатності та складу обмінних катіонів різні ґрунти навіть при однаковому гранулометричному складі мають досить різноманітні фізичні

та механічні властивості, що суттєво впливають на стійкість ґрунтів в інженерних спорудах.

При закріпленні ґрунтів зв'язувачими речовинами особливе значення для їх водостійкості та механічної міцності має вихідна зв'язність ґрунтів в природному стані, яка під дією додавання цементу, вапна чи інших зв'язувачів якісно змінюється та переходить зі зворотної до незворотної [14]. В.М. Безрук вважає, що при змішуванні глинистого ґрунту з цементом і водою відбуваються складні і різноманітні хімічні і фізико-хімічні процеси:

- хімічні процеси – гідратація і гідроліз цементних зерен, твердіння продуктів гідролізу і хімічна взаємодія їх з ґрунтами;
- фізико-хімічні процеси – обмінне поглинання продуктів гідролізу цементу тонкодисперсною частиною ґрунту; незворотна коагуляція остаточної під дією продуктів гідролізу, мікроагрегація і їх цементация;
- фізичні і механічні процеси – подроблення ґрунту, перемішування з цементом, зволоження і ущільнення.

Під експлуатаційними властивостями ґрунтоцементу, що застосовується в будівництві, потрібно розуміти:

- а) механічні характеристики, які характеризуються границею міцності при стиску, опором зрушенню, модулем деформації, опором стиранню чи удару;
- б) водостійкість, при якій не тільки не проходить розмокання у воді, але її зберігаються механічні характеристики, хоча і з дещо меншими числовими значеннями;
- в) морозостійкість та температурна стійкість, що слугує показником довговічності ґрунтоцементу.

Серед факторів, які впливають на будівельну придатність ґрунтоцементу, слід виділяти групи факторів, які залежать від придатності складових - ґрунту та цементу, а також тих, що залежать від технологічного процесу, який застосовується при виготовленні та укладанні ґрунтоцементних сумішей.

Розгляд властивостей ґрунту у напрямку можливого їх впливу на твердіння цементу та взаємодії з продуктами його гідролізу вказують, що найбільше значення мають:

- а) мінералогічний та хімічний склад;
- б) колоїдно-хімічний стан тонкодисперсної частини ґрунту, який, в свою чергу, обумовлюється його генезисом та властивостями;
- в) наявність гумусових речовин, карбонатів, водорозчинних солей та реакції розчиніння;
- г) гранулометричний та агрегатний стан ґрунту [20].

Найбільш важливими властивостями цементу, що мають корінний вплив на ступінь закріплення ґрунтів, потрібно вважати: а) мінералогічний та хімічний; б) питому поверхню частинок; в) наявність в цементі домішок гіпсу, а також потужнево-активних речовин, регулюючих процеси гідролізу й твердіння цементу [21].

У технологічному процесі приготування ґрунтоцементу вирішальними факторами є:

- а) максимальна ступінь подрібнення мікроагрегатів ґрунту;
- б) точність дозування цементу (чи інших зв'язуючих речовин) та рівномірність перемішування його з ґрунтом;
- в) оптимальна ступінь зволоження (водоцементне відношення) та рівномірний розподіл вологоти в суміші;
- г) максимальне надійнення ґрунтоцементу при відповідній оптимальній вологості; д) оптимальний режим вологості і температури при твердінні ґрунтоцементу [20].

Для приготування ґрунтоцементу використовують різні дисперсні ґрунти: піски, супіски, суглинки, глини. Властивості ґрунтів визначаються генетичними ознаками, хімічно-мінералогічним складом та ступенем дисперсності, яку прийнято виражати величиною питомої поверхні. Згідно з даними Токіна А.М умови придатності ґрунтів для виготовлення ґрунтоцементу наведені у табл. 1.1.

В той час як в бетонах величина питомої поверхні заловнювачів (щебінь, гравій, пісок) незначна, та виражається в 3 – 4 см²/г, в глинистих ґрунтах вона різко збільшується та вимірюється десятками і сотнями м²/г. Така значна різниця між величиною питомої поверхні заловнювачів в бетонах та ґрунтоцементі суттєво впливає на процеси твердіння цементу в ґрунтоцементній суміші [24].

В перший період твердіння ґрунтоцементу не утворюється розчин, насичений гідроокисом кальцію, що призводить до більш енергійного протікання процесу гідролізу трикальцієвого силікату з виділенням в розчин Са(ОН)₂. У свою чергу це уповільнює процес твердіння гелем гідросилікатів, які виділяються при цьому, за рахунок зменшення в розчині гідрату окису кальцію.

За даними Токіна А.М. [24] на відміну від бетону тужавіння ґрунтоцементу іде повільніше. Коли взяти для ґрунтоцементу за 100% призмову міцність R_п при 28 добах тужавіння, то при терміні у 90 діб ця величина складе вже 130-150%; а через 2 роки - до 300%.

При великому вмісті в ґрунті глинистих частинок (40% і більше) та кислотній реакції ґрунту (рН<6) буде проходити значне подовження іонів кальцію тому розчину, насиченого гідроокисом кальцію не утворюється, а процес тужавіння ґрунтоцементу порушується [14].

Найкращі результати виготовлення ґрунтоцементу отримані у піщаних ґрунтах. При додаванні до піску цементу і оптимальному значенні водоцементного відношення (В/Ц) практично маємо справу з цементно-піщаним розчином, міцність якого залежить переважно від вмісту цементу.

Згідно інструкції СН-23-58 для виготовлення ґрунтоцементу придатні також і глинисті ґрунти. Із них найбільше відповідають вимогам лесоподібні суглинки та супіски. Ці ґрунти мають наступний гранулометричний склад: глинисті частинки з фракціями до 0,005 мм (5 – 30%) від ваги ґрунту; пилуваті – з фракціями від 0,005 до 0,05 мм (19 – 90%); піщаті – з фракціями від 0,05 до 2 мм – (до 75%). Водневий показник таких ґрунтів звичайно рН > 6, вміст в них

водорозчинних солей – не більше 3%, в тому числі сірчанокислих – не більше 2%. Природні ґрунти, які не володіють такими властивостями, можуть бути покращені шляхом додавання піску, глини або вапна [22]. У табл.1.2 наведені дані дослідів з покращення глинистого ґрунту шляхом додавання до його складу піску і $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

За даними досліджень невеликого кола дослідників [12, 15, 17, 18, 20, 21, 23] середня густина ґрунтоцементу залежить від способу ущільнення суміші і коливається для лесоподібних суглинків $\rho = 2,0-2,28 \text{ т/м}^3$, коли тиск обтиснення матеріалу складає у межах $\sigma = 2-9,0 \text{ МПа}$. У цьому випадку щільність скелету ґрунтоцементу змінювалася $\rho_d = 1,62-2,07 \text{ т/м}^3$. Ці дані були отримані при водоцементному відношенні суміші "ґрунт-цемент-вода" В/Ц = 0,6. Вологість ґрунтоцементу через 90 діб тужавіння при нормально-вологісних умовах зберігання змінювалася $W = 0,1-0,2$. Водопоглинання при цьому склало $v = 0,8-0,17$. Щільність частинок ґрунтоцементу, ρ_s , можливо визначити в залежності від співвідношення ґрунту і цементу. Коли прийняти для лесоподібного суглинку - $\rho_s = 2,66 \text{ т/м}^3$, а для цементу - $\rho_s = 3,0 \text{ т/м}^3$, то при вмісті цементу 20% від маси сухого ґрунту, щільність частинок ґрунтоцементу складе $\rho_s = 2,71 \text{ т/м}^3$.

Слідати, наведені вище характеристики ґрунтоцементу, можливо лише у стаціонарних умовах виробництва будівельних матеріалів, коли виготовлення суміші проводиться в спеціальних мішалках. При застосуванні бурозмішувального способу виготовлення ґрунтоцементу безпосередньо в масиві ґрунту на В/Ц суміші значно впливає наявність ґрунтової води, яка значно його збільшує. Крім того обмежені можливості ущільнення суміші. На жаль даних про фізичні властивості такого ґрунтоцементу недостатньо у сучасній технічній літературі.

Механічні властивості ґрунтоцементу: призмав міцність, модуль деформації й опір зрушенню забезпечуються більшою мірою наявністю кристалізаційних зв'язків, що виникли як новоутворення у процесі тужавіння

матеріалу. Вище було наведено, що процес тужавіння ґрунтоцементу розтягнутий у часі порівняно з тужавінням бетону. На його швидкість найбільше впливає температура середовища. На величину характеристик, окрім вмісту цементу, впливає:

- однорідність суміші "ґрунт-цемент-вода", що досягається ретельним перемішуванням і характеризується кількістю незруйнованих агрегатів ґрунту більших ніж 5 мм. Її кількість коливається біля 1% загальної маси [18];
- ущільнення суміші шляхом пресування, вібрації, вакуумування, під власною вагою [45].
- наявність термічної обробки матеріалу, що можливо лише у стаціонарних умовах промисловості будівельних матеріалів [20].

В літературі розглядається для ґрунтоцементу лише модуль пружності, E_y , який визначається у діапазоні напружень $(0,2 - 0,5)R_n$. Його величина зменшується у часі разом зі збільшенням призової міцності R_n . При терміні тужавіння 90 діб, ґрунтоцементу із лесоподібного суглинку Одеської області при вмісті цементу 15%, В/Ц = 0,6 і обчисленні суміші у 2 МПа отримана щільність скелету $\rho_d = 1,72 \text{ т/м}^3$. При цьому призова міцність $R_n = 6,7 \text{ МПа}$, а модуль деформації склав $E_y = 2590 \text{ МПа}$. На величину модуля пружності ґрунтоцементу значно впливає його щільність. Експериментально отримано, що при однаковій призовій міцності модуль пружності більший для зразків із більшою щільністю [15].

1.2. Аналіз робіт, присвячених дослідженню ґрунтоцементу

За літературними джерелами, ґрунтоцемент вперше знаходить використання у 50-ті роки минулого століття у Швеції та Японії для армування слабких основ під нове будівництво. Звідки метод поширився по всьому Світу. У цей же час маємо перший досвід використання ґрунтоцементу (ґрунтобетону) як конструктивного матеріалу у СРСР. Токін А.М. у роботах [10, 13] наводить дані щодо будівництва одноповерхових житлових будівель та сільськогосподарських споруд із монолітного та збірного ґрунтобетону. У

роботі [9] приведені результати наукових досліджень та дослідних робіт з технології влаштування ґрунтобетонних паль, що використовувалися як основи та фундаменти будівель різного призначення (димова труба котельні, коріння на 200 голів, одноповерхова виробнича будівля). Описана конструкція дослідного агрегату АГС - 7 для влаштування паль. Наведено дані про фізико-механічні властивості матеріалу паль, їх несучої здатності та методики проектування. Також авторами наведено досвід організації робіт при влаштуванні пальових основ у промисловому та сільськогосподарському будівництві із визначенням техніко-економічних показників. У роботі [9] цим же автором приводяться дані про можливого використання ґрунтоцементу (табл. 1.2) як конструктивного матеріалу підземної частини будівель.

Дослідженням ґрунтоцементу присвячені роботи дослідників: В.Б. Аскалонов, Б.В. Бахолдін, В.М. Безрук, І.П. Бойко, І.Й. Бройд, Ю.Л. Винников, С.І. Головка, А.Л. Готман, Н.З. Готман, А.О. Григорян, М.Ф. Друкований, М.Л. Зоценко, В.О. Іллічов, В.І. Крисан, Л. Ларцева, В.І. Марченко, О.А. Маковецький, А.Г. Малінін, Р.А. Мангушев, І.Т. Мірсяпов, А.С. Моргун, М.І. Чикитенко, Л.В. Нуждіт, О.О. Петраков, П.А. Ребіндер, Б.А. Ржаніцин, Б.П. Седін, В.Е. Сєкловіч, І.В. Степура, Л.М. Тимофєєва, А.Н. Токін, Г.М. Уліцький, Д.М. Шапіро, В.Г. Шаповал, В.С. Шокарєв. За кордоном ґрунтоцемент досліджують David B. Wilson, Daniel P. Stake, D. Bruce, N. Demics, P. Ganne, R. Karol, G. Katzenbach, M. Kitazume, A. Pinto, A. Porbaha, M. Terashi, M. Topolnicki, W. J. Van Impe та ін.

Проблемі зміцнення ґрунтів різним в'язучими присвячені роботи Р.А. Агапова, Г.А. Асмадулаєва, Е.В. Білоусова, В.М. Безкровного, А.П. Васильєва, Ю.М. Васильєва, Н.В. Горелишева, Е.М. Доброва, А.С. Дудкіча, Р.Г. Кочетковою, Є.І. Путіліна, В.С. Прокопля, П.П. Петровича, В.М. Могилевича, В.М. Ольховзкова, І.А. Плотниковой, А.А. Фрідман, В.С. Цветкова та багатьох інших. Особливо слід відзначити велику теоретичну і практичну цінність для дорожнього будівництва дослідних робіт, виконаних

доктором геол.-мінералог, наук, проф. В.М. Безруком і його учнями. В.М. Безрук був першим розробником вітчизняного нормативного документа на укріплені ґрунти СН 25–74 «Інструкція по застосуванню ґрунтів, укріплених в'язучими матеріалами, для влаштування основ і покриттів автомобільних доріг і аеродромів».

При розробці нових і вдосконаленні існуючих методів зміцнення ґрунтів понад 60 років керуються також положеннями, розвиненими П.А. Рабиндером в галузі фізико-хімічної механіки дисперсних систем. При цьому враховують важливу особливість тонкодисперсних ґрунтів адсорбувати поверхнево–активні та інші речовини різного складу. Це дозволяє регулювати і змінювати в потрібну сторону процеси формування міцних просторових структур, покращувати ефективність окремих технологічних операцій шляхом прискорення або гальмування процесів взаємодії з в'язучими і підвищувати індикаторну міцність і інші властивості укріплених ґрунтів.

В кінці 80–х років в Краснодарському краї будувалися садибні будинки і секційні двоповерхові будівлі з короткими (до 3 м.) на палях з ґрунтоцементу діаметром 0,5 м. Побудовано 17 будівель, насосна станція та інші споруди. Вартість 1 м³ ґрунтоцементних паль, дешевша ніж важкий бетон. При цьому знижуються витрати матеріалів.

Інші країни різко збільшують обсяги робіт, використовуючи вищепризначену технологію. З 1980 по 1990 рік в Японії розроблено 13 типів установок для виготовлення паль різними методами з ґрунтобетону. У США ґрунтоцемент використовували на будівництві 60 водосховищ для захисту берегів від ерозії, а також при влаштуванні земляних гребель. В Італії обсяг паль з ґрунтоцементу склав 11 млн м³. У Франції, починаючи з 80–х років минулого століття, щорічно змінюється більше 10000 км покриття сільських доріг. У Німеччині, Італії, Японії розроблені і розробляються додатково нормативні документи, що регламентують метод виготовлення і застосування ґрунтоцемент для будівельних цілей. У США велике поширення набула цементно-ґрунтова

технологія для захисту укосів водосховищ, каналів, а також при будівництві земляних гребель.

Відомий французький вчений, професор М. Беню писав: «Можна з певною впевненістю сказати, що цементно-грунтова технологія буде розвиватися і надалі, враховуючи її високу економічність, можливість застосування недорогих машин (розподільниками і змішувачами легко обладнати звичайний трактор потужністю 100 к.с.), впровадження останнім часом нової техніки, що дозволяє отримувати цементно-грунтовий шар великої глибини, а також застосування цементів з поверхнево-активними добавками».

Фундаменти з цементогрунта були рекомендовані для впровадження науково-виробничої програми «Метал-90». Перевірочна комісія після року експлуатації дорожнього покриття з грунтоцементу, оцінила його стан як відмінний. В кінці XX – початку XXI ст. в Росії активізувалися науково-дослідні роботи в цьому напрямку (СПбГУПС, СПбГАСУ і ін.) Так, в Самарському державному архітектурно-будівельному університеті під керівництвом д.т.н. С.Ф. Кореньковської і к.т.н. Т.В. Шейн були проведені дослідження фізико-механічних властивостей суміші для активації та поліпшення якості місцевої сировини.

У всьому світі площа конструктивних шарів з укріплених ґрунтів на дорогах і аеродромах перевищує в даний час 3 млрд. м².

Актуальність використання укріплених ґрунтів в даний час обумовлена зростаючими обсягами будівництва автомобільних доріг, в тому числі в східній частині країни, і дефіцитом (високою вартістю) кам'яних матеріалів. Значні витрати на транспортування матеріалів зкликають збільшення загальної вартості будівництва автомобільних доріг. Тому на цих територіях для влаштування дорожніх покриттів доцільно застосовувати місцеві матеріали, укріплені глиними в'язучими.

Однією з найважливіших характеристик грунтоцементу з точки зору його конструктивної роботи є механічна міцність та характер її зростання з часом. У

питання вивчення міцності ґрунтоцементу зроблений вагомий внесок у роботах А.М. Токіна, В.М. Безрука та ін.

Ґрунтоцемент, виготовлений за бурозмішувальною технологією, як матеріал представляє собою частки ґрунту (піщаного, чи глинистого), закріплені цементним розчином.

1.3. Вплив різних факторів на міцність ґрунтоцементу

Виходячи з результатів численних дослідів, проведених у різні роки багатьма науковцями [8, 11, 13, 17], можна стверджувати, що найбільшим впливом на міцність ґрунтоцементу володіють наступні фактори:

- вид ґрунту, який використовується в якості заповнювача для ґрунтоцементної суміші;
- кількість і якість портландцементу, яким ґрунт цементується;
- кількість води у ґрунтоцементній суміші, або водоцементне (В/Ц) відношення суміші;
- наявність різних хімічних добрив та поверхнево-активних речовин (ПАР) у складі ґрунтоцементної суміші

Вид ґрунту. Взаємний вплив властивостей ґрунту та цементу (чи інших в'язучих матеріалів) слід розглядати, як вплив прямих постійно діючих, та відповідно, провідних факторів, які визначають якість ґрунтоцементу як будівельного матеріалу. Всі фактори, що залежать від технологічного процесу при виконанні робіт носять тимчасовий характер і мають розглядатися як побічні фактори, які можуть внести лише кількісні зміни у ступені міцності закріпленого ґрунту [5]. Прийнято вважати, що наявність великої кількості глинистого ґрунту в складі бетонної чи цементно-піщаної суміші значно знижує її міцність у затверділому стані. Це пояснюється площею глинистих часток, яка у 10 та 100 разів більша за питому площу часток портландцементу та піску. Але в роботах А.М. Токіна, В.М. Безрука, наведено обґрунтування можливості закріплення глинистого ґрунту цементацією з метою корінного перетворення його механічних властивостей. Роботи В.П. Некрасова

(1938), М.А. Попова (1936), М.І. Хперовича (1936) по вивченню цементно-глинистих та вапняково-глинистих розчинів у значній мірі уточнили відповідь на питання у яких випадках наявності глинистих включень у складі розчину корисна, а у яких – ні.

Глинистий ґрунт за даними мікроагрегатних аналізів володіє перемінним (міжагрегатне) та постійним (внутрішньо агрегатним) зчепленням. Постійне зчеплення існує між частинками мікроагрегатів глинистого ґрунту і пояснюється клейовою здатністю тіл гумусових речовин, кремнієвої кислоти, гідратів оксиду заліза та алюмінію, а також тонко дисперсних глинистих мінералів, які вкривають найтоншими плівками частинки ґрунту і проникають в його пори, чим склеюють частки у агрегати більшої крупності. Перемінне зчеплення існує між цими агрегатами і обумовлене силами молекулярного притягання і поверхневого натягу. У випадку перезволоження ґрунту зв'язність між агрегатами ґрунту порушується, а подальший розпад мікроструктурних агрегатів можливий при додатковому розширанні та збовтуванні ґрунту.

Таким чином, для досягнення стабільної зв'язності, чим її збільшення у глинистих ґрунтах необхідно створити міжагрегатне зчеплення, яке не порушується у водному середовищі. Це досягається шляхом уведення колоїдних тіл, які будуть склеювати окремі агрегати та мікроагрегати ґрунту в монолітну масу, чим і визначається ступінь його закріплення.

Величина зчеплення, опір зрушенню та міцність на стиск ґрунту після його закріплення визначаються [5]: цементуючою здатністю в'язучого матеріалу, ступенем прилипання в'язучого матеріалу до поверхні ґрунтових часток, ступенем зміни природних властивостей ґрунту під дією в'язучого матеріалу та використання зв'язних властивостей характерних для самого ґрунту.

Б.М. Безрук (1956) наводить дані про вплив генезису ґрунту та його хіміко-мінералогічного складу на міцність ґрунтоцементу [5]. Для цього було

використано розповсюджені ґрунти з різко вираженими властивостями за вертикальним профілем. Зразки циліндричної форми висотою та діаметром 5 см готувались з використанням трамбування. Виготовлені зразки з ґрунтоцементу з кількістю цементу 14 та 25 % були випробувані на стиск у віці 28 діб. Окремі результати наведені у табл. 1.1

Таблиця 1.1 Вплив виду ґрунту на міцність ґрунтоцементу

Вид заповнювача ґрунтоцементної суміші	Міцність ґрунтоцементу при кількості цементу 14 %, R, МПа	Міцність ґрунтоцементу при кількості цементу 25 %, R, МПа
Пісок		25
Чорнозем звичайний	10	14
Покривна глина карбонатна	1	14
Моренний суглинок	13	13
Лесований суглинок карбонатний	14	15,5
Гілдую-глиниста суміш оптимального складу	17	21

Дані досліджень [53, 52, 51] показали, що найбільшу міцність мали ґрунтоцементи на карбонатних різновидах ґрунтів (лесований суглинок, карбонатна покривна глина), які не містять у великій кількості як мінералів монтмореллітової групи, так і гумусових речовин.

А.М. Гокін (1984) також наводить дані про заміцнення різних ґрунтів (лесовані суглинки, мули, ґрунти Уралу) цементуванням [15] і приходять до висновку, що можливо отримати ґрунтоцемент переважуючою кристалічною будовою на оптимальних ґрунтових сумішах (супіщані ґрунти з числом пластичності 2-7 та змістом глинистих часток до 15 %). Також наводяться дані про позитивний ефект додавання піску на міцність ґрунтоцементу.

У Полтавському вплив виду ґрунту на міцність ґрунтоцементу (при збільшеному В/Ц у порівнянні з середнім) досліджував Р.В. Петраш (2007) [10]. Як заповнювачі суміші порівнювалися лесовий суглинок та кварцовий пісок. В результаті досліджень виявилось, що при однаковому вмісті порцандцементу (близько 20 %) та В/Ц міцність ґрунтоцементу на піску

складає 6,3 МПа, тоді як міцність ґрунтоцементу на лесовому суглинку склала 2,5 МПа. Що загалом відповідає даним табл. 1.1, де ґрунтоцемент на піску також показує найбільшу міцність.

У ЛНТУ досліджувалася призмова міцність ґрунтоцементу виготовленого на заторфованих ґрунтах [61]. Вміст цементу складав 22 %. В результаті виявилось, що ґрунтоцемент після набору міцності у воді протягом 28 діб, виготовлений на заторфованому ґрунті з вмістом органіки 10% має міцність при осьовому стиску 1,10 МПа, при 25% – 0,96 МПа, при 40% – 0,66 МПа, а при 50% – 0,56 МПа відповідно.

Можна зробити висновок що для отримання ґрунтоцементу більшої міцності краще придатні піщані ґрунти. Відмічений позитивний ефект додавання піску та наявності карбонатних включень на міцність ґрунтоцементу з глинистих ґрунтів. Тоді як наявність гумусових речовин у складі ґрунту різко зменшує міцність ґрунтоцементу. А.Н. Токін робить висновок, що лесові ґрунти мають сприятливі фізичні та хімічні властивості і за цими ознаками є найбільш придатними для ґрунтоцементу. В.М. Безрук робить висновок, що ґрунти, що входять до складу ґрунтоцементу за своїми властивостями можуть змінювати тільки кількісну ступінь механічної міцності, водонепроникності та морозостійкості, яких набуває ґрунтоцемент під дією зв'язуючих властивостей цементу.

Кількість цементу. У ґрунтоцементі переважають кристалізаційні зв'язки. Необхідні конструктивні якості ґрунтоцементу (міцність, морозостійкість, водонепроникність) можуть бути забезпечені лише наявністю даних кристалізаційних зв'язків, які забезпечуються новоутвореннями у вигляді гідросилікатів та гідроалюмінатів кальцію. Складність процесів гідролізу цементу та утворення в його продуктах нових структурних зв'язків ускладнюється в ґрунтоцементі завдяки здатності ґрунтів до фізико-хімічних та хімічних взаємодій з цementsами [5, 17].

А.М. Токіним були досліджені різні види лесозаглиблених суглинків при вмістові цементу в суміші 9 та 15 %. Усі зразки піддавалися тисковій ущільненню 2 МПа. Границя міцності на стиск зразків коливалася в межах 2 – 5,4 МПа для 9 % цементу та 3,5 – 8,4 МПа для 15 % цементу. Також встановлено, що оптимальними умовами для набирання міцності ґрунтоцементу є вологасичені ґрунти.

Тобто міцність ґрунтоцементу зростає зі вмістом цементу, але до межі, коли перевитрати цементу не сумісні з отриманим приростом міцності. Така ситуація настає, коли вміст цементу перевищує 20 – 25 % від ваги скелету ґрунту.

Так у роботах було встановлено, що міцність ґрунтоцементних зразків-кубиків у 28-денному віці при вмістові цементу 22% складає 2,48 МПа, а при вмістові цементу 29 % – лише 2,84 МПа. Зроблено висновки, що такі великі витрати цементу не доцільні при влаштуванні цвільових фундаментів.

А.М.Токін зазначає, що ґрунтоцемент набирає міцність значно повільніше за бетон. Якщо міцність у віці 28 днів прийняти за 100 % то у віці 90 днів вона складе 130 – 150 %, а у віці 2 – 3 років складе 200 – 300 %. В.М. Безрук наводить такий перелік найважливіших властивостей цементу з точки зору його впливу на міцність ґрунтоцементу: мінералогічний та хімічний склад цементу, ступінь його подрібнення, наявність добавок гіпсу та ПАВ, які регулюють процеси гідролізу та твердіння цементу.

Кількість води. Успіх води полягає у створенні необхідних умов для гідролізу та гідратації цементних компонентів. Збільшення кількості води у ґрунтоцементній (як і в будь-якій іншій суміші на основі цементу) веде до зменшення міцності затверділого матеріалу та до збільшення рухливості суміші. Тому її кількість необхідно визначати з огляду на тип конструкції, що проектується.

Автором було проведено ряд експериментальних досліджень міцності ґрунтоцементних зразків з різним вмістом води (табл. 1.2)

Таблиця 1.2 Вплив В/Ц на міцність ґрунтоцементу

В/Ц	1,25	1,95	2,25	2,7
Міцність, Р, МПа	4,51	3,50	2,55	1,74

Випробування проводились на зразках з однакового ґрунту (лесий суглинок) при вмістові цементу близько 20 % від ваги сухого ґрунту та у вці 28 діб. Як бачимо з табл. 1.2 при найбільшому значенні В/Ц маємо найменше значення міцності. Але В/Ц = 2,7 надає ґрунтоцементній суміші необхідної рухливості, яка в цьому випадку визначається осадкою конуса (ОК) і склала 11 см, що відповідає марці П-3. Така марка є рекомендованою при монолітних роботах, тобто ґрунтоцементна суміш з такою рухливістю буде нормально заповнювати об'єм навколо арматурного каркасу, який в ній буде поміщено.

Також зазначимо, що ґрунтоцементна суміш з В/Ц близько 2 є малопухомою і без додаткового обтиснення при формуванні має велику кількість порожнин у своїй структурі.

Наявність різних добавок та поверхнево-активних речовин. У роботах [5, 14, 18] наводяться дані про ефективність додавання піску до ґрунтоцементу на глинистому ґрунті. Так зі збільшенням крупності піску та його вмісту навіть до 50 % міцність ґрунтоцементу значно перевищує міцність цього матеріалу без додавання піску.

Перетворення розрізних мікроагрегатів та елементарних часток ґрунту в монолітну масу, яка володіє високою зв'язністю як в сухому так і у водонасиченому стані можлива шляхом подолання гідрофільних властивостей ґрунту [6]. Сучасні виробники хімічної промисловості пропонують цілий спектр добавок які дозволяють регулювати більшість процесів, які протікають при твердінні цементних розчинів. Так гідрофільні пластифікуючі добавки виробництва фірми KELLER дозволяють досягти міцності ґрунтоцементу в 10 – 15 МПа при виконанні фундаментів за бурозміщувальною технологією KELLER використовує бентоніт для підвищення щільності ґрунтоцементу.

Для визначення впливу бентоніту та інших добавок на міцність ґрунтоцементу автором було проведено експеримент, результати якого представлені в табл. 1.3. В'язким був портландцемент М400 у кількості 20 % від ваги скелету ґрунту, термін набирання міцності – 28 діб, В/Ц = 2, заповнювачем був суглинок лесований.

Таблиця 1.3 Вплив добавок на міцність ґрунтоцементу

Добавка	Середня густина ґрунтоцементу, ρ , т/м ³	Міцність ґрунтоцементу, R, МПа
Без добавок	1,73	3,45
3% бентоніту	1,75	3,00
3% Клеро СМ – 11	1,72	3,90

Таким чином можна зробити висновок, що у такій кількості згадані добавки не суттєво впливають на міцність ґрунтоцементу.

А.М. Токін встановив, що уведення до складу ґрунтоцементу топкомолотих добавок (кварцовий пісок, доменний гранульований шлак, трепел, золи) не тільки сприяє збільшенню міцності та водонепроникності ґрунтоцементу, але й дозволяє зменшити витрати цементу.

В роботі наводяться дані про використання милонафту як добавки, яка збільшує міцність та морозостійкість ґрунтоцементу. Також авторами було проведено в лабораторних умовах вивчення впливу проти морозних добавок на інтенсивність твердіння ґрунтобетону. Як протиморозну добавку використовували нітрит натрію у кількості 5% від ваги цементу. Після 28 діб твердіння при від'ємній температурі ці зразки мали міцність лише на 30% нижчу ніж зразки, які тверділи в нормальних умовах без добавки.

Підсумовуючи вищенаведене, можна дійти до наступних висновків.

1. Лесований суглинок за своїм гранулометричним та мінералогічним складом є одним з найбільш придатних видів глинистих ґрунтів для виготовлення ґрунтоцементу.

2. Збільшення вмісту цементу в суміші підвищує її міцність, але вміст цементу, що перевищує 20 – 25 % ваги скелету ґрунту вже не справляє помітного ефекту і тому є економічно недоцільним.

3. Збільшення кількості води у суміші збільшує її легкоукладальність, але зменшує міцність затвердлого ґрунтоцементу. В/Ц = 2,7 забезпечує достатню рухливість ґрунтоцементної суміші для нормального поміщення в її тіло арматурного каркасу та подальшої сумісної роботи з ним, така ж рухливість має ґрунтоцемент, виготовлений у польових умовах за безрозмішувальною технологією у водонасичених ґрунтах.

4. Хімічні добавки дозволяють регулювати процес набору міцності ґрунтоцементом, але збільшують його вартість, найбільш прийнятною добавкою з економічної точки зору є піскування ґрунтоцементу.

Таблиця 1.4 Марки монолітного ґрунтоцементу

Найменування конструкцій	Необхідні мінімальні марки ґрунтоцементу при класі відносності			
	I		II	
	Вологість ґрунту			
	Маловологі	Водонасичені	Маловологі	Водонасичені
Монолітні стрічкові фундаменти	75	100	50	75
Палі з монолітного ґрунтоцементу	75	100	50	75

За марку ґрунтоцементу за міцністю на стиск М приймається тимчасовий опір осьовому стиску зразків-кубиків 200×200×200 мм, у віці 90 діб нормально-вологісного зберігання (вологі опилки).

Склад ґрунтоцементу має підбиратися лабораторією таким чином, щоб забезпечити отримання ґрунтоцементу із заданими властивостями при найменших втратах портландцементу. У лабораторії виготовляються три серії зразків-циліндрів, діаметром 5 см і висотою 5 см по п'ять штук в кожній серії з дозуванням цементу в 9,15 та 21% за масою повітряно-сухого ґрунту. Ґрунт, що використовується попередньо розтирається у фарфоровій ступці та просіюється

через сито з отворами 2 мм. Просіяний ґрунт змішується насухо з цементом і у суміш додається вода. Для визначення необхідної кількості води проводять визначення оптимальної вологості ($W_{\text{опт}}$).

При влаштуванні палей бурозмішувальним способом із текучих ґрунтоцементних сумішей, текуча суміш заливається у спеціальні форми з перфорованим дном, на яке укладається два шари фільтрувального паперу. Суміш у формах ущільнюється. Готові зразки виймаються з форм не раніше, ніж через добу після їх заливання текучою ґрунтоцементною сумішшю та зберігаються у вологих опилках 90 діб.

1.4 Технологія і організація робіт по влаштуванню фундаментів з ґрунтоцементу

З метою забезпечення необхідного дозування цементу в ґрунт у процесі виконання робіт вводять стабільний водоцементний розчин з водоцементним відношенням 0,6, розрахункова кількість якого визначається за формулою:

$$V_P = \rho_d \cdot \text{Ц} \cdot F \cdot \left(\frac{1}{\rho_s} + \frac{0,6}{\rho_w} \right), \text{ м}^3/\text{пм}$$

З метою отримання ґрунтоцементної суміші з оптимальною вологістю у ґрунт додатково вводяться розрахункова кількість води, яка визначається за формулою, що враховує вологість ґрунту будівельного майданчика та кількості води, що вводить у ґрунт у складі водоцементного розчину:

$$V_B = \rho_d \cdot F \left[W_{\text{опт}} \cdot (1 + \text{Ц}) - W_{\text{пр}} - 0,6 \cdot \text{Ц} \right] \cdot \frac{1}{\rho_w}, \text{ м}^3/\text{пм}$$

де V_P та V_B – відповідно об'єм водоцементного розчину та води, що вводяться у ґрунт на 1 м довжини ґрунтоцементної палі;

F – площа поперечного перерізу палі (м^2);

ρ_d – щільність скелету ґрунта природнього складу (долі одиниці);

Ц – дозування цементу (долі одиниці);

$W_{\text{пр}}$ – природня вологість ґрунту (долі одиниці);

$W_{\text{опт}}$ – оптимальна початкова вологість ґрунтоцементної суміші (долі одиниці);

$\rho_S^{\text{II}}, \rho_W$ – густина (т/м³) відповідно цементу та води;

0,6 – водоцементне відношення розчину.

Розрахункові об'єми води та водоцементного розчину на 1 п.м. глибини палі відповідного діаметру, є основними параметрами процесу виконання робіт. Строге їх дотримання при введенні у ґрунт забезпечить якісне виготовлення ґрунтоцементних палі.

До початку виготовлення палі проводиться влаштування приямку діаметром на 0,1 м більше діаметру палі. Глибина приямку $h_{\text{пр}}$ приймається:

при $H = 2,0 \text{ м} - h_{\text{пр}} = 0,25 \text{ м}$

при $H = 3,0 \text{ м} - h_{\text{пр}} = 0,40 \text{ м}$

В процесі виготовлення стабільного водоцементного розчину (В/Ц=0,6) дозування складових слід виконувати дозаторами. У практичних цілях дозування складових допускається виконувати по об'єму розчину, що виготовляється. У заданому об'ємі водоцементного розчину міститься певна кількість води, а решта об'єму да заданого доповнюється цементом, шляхом відсіпання його у воду. Кількість води, що міститься у різних об'ємах водоцементного розчину з В/Ц=0,6, можливо визначити за формулою:

$$V = \frac{V_p}{1 + \frac{1}{0,6 \cdot \rho_S^{\text{II}}}}$$

де V – кількість води (м³) у об'ємі цементного розчину;

ρ_S^{II} – густина твердих частинок цементу (т/м³).

Кількість води [л], необхідної для приготування різних об'ємів водоцементного розчину з В/Ц=0,6 при щільності цементу, що дорівнює 3 т/м³ наведені у табл. 1.5.

Таблиця 1.5 Вміст води у водоцементному розчині (В/Ц=0,6)

Об'єм цементного розчину з В/Ц=0,6 (л)	100	200	300	400	500	600	700	800	1000
Об'єм води (л)	65	129	194	258	323	387	452	516	645

Виготовлення дослідних палів проводиться за бурозмішувальною технологією. Так спочатку за допомогою ножів бурового інструменту необхідно розпушити ґрунт на всій глибині палі. При досягненні проектно-відмітки вістря палі до свердловини через вертлюг за допомогою розчинонасосу починає нагнітатися водоцементна суспензія з В/Ц = 1. Далі за допомогою робочого органу водоцементна суспензія переміщується із розпушеним ґрунтом до досягнення стану однорідної ґрунтоцементної суміші з рухливістю, яка оцінювалася осадкою стандартного конуса і склала близько 11 см.

1.5. Бурозмішувальна технологія виготовлення палів з ґрунтоцемента

В процесі дослідного виготовлення палів використовувався комплект наступного обладнання [23]:

- буровий станок БМ-311м на автомобільному ході (рис. 1) в якому шнеки були змінені буровими штангами діаметром 100 мм з внутрішнім каналом для подачі розчину, робочий орган буру має отвори для розподілення водоцементної суспензії по перерізу свердловини, розчинонасос з'єднується із буровим інструментом за допомогою чалірних шланг та вертлюга;

- для виготовлення водоцементної суспензії використовувався розчинозмішувач;

- для нагнітання суспензії використовувався розчинонасос, в якості якого можуть бути використані як будівельні діафрагмові насоси так і бурові плунжерні насоси, вони мають створювати тиск не менший за 0,5 – 0,7 МПа.

Рисунок 1 – Дослідні виготовлення ґрунтоцементних палів

За допомогою описаної вище методики та обладнання було виготовлено ґрунтоцементні палі діаметром 500 мм та довжиною 6 м. Вістря пали було заглиблено у суглинки бурі напівтвердої консистенції.

Бурова [8] машина має бути укомплектована буровим інструментом лопастного типу, що забезпечує виконання процесів різання ґрунту без його виймання зі свердловини з одночасним роздільним введенням до забою розрахункових об'ємів води та стабільного за складом водоцементного розчину.

Для приготування водоцементного розчину використовується серійна штукаатурна станція типу ПРШС-1, яка додатково обладнується: водним насосом 1,5К 6 з регулювальним вентилям та витратомірним пристроєм на його напірній системі, на перемішуючих лопатках робочого колеса приймального бункера встановлюються резинові лопатки, переріз приймального бункера замінюється на напівкруглий, по діаметру робочого колеса, у приймальному бункері встановлюються мірна рейка, відтарована по його об'єму, проміжна ємність, встановлена всередині станції, тарується по об'єму, з установкою в ній мірної рейки; на напірній системі розчинонасосу встановлюється сбросний кран, що дозволяє регулювати витрати водоцементного розчину у систему

подачі. З патрубка від сбросного крану водоцементний розчин зливається у проміжну ємність.

У якості складу для цементу може використовуватись металевий ящик ємністю 3 – 4 м³ з обладнаним шнеком транспортером для завантаження цементу до приймального бункера штукатурної станції.

Ємність для води має забезпечувати запас води в кількості 3 – 5 м³.

На будівельному майданчику виконують розбивку осей палових рядів та закріплюють їх на обносці. Намічують контур площадки яку необхідно планувати. Контури планування площадки мають орієнтовано виходити за межі осей на 10 м. Виконують планування площадки таким чином, щоб відхилення планувальних відміток від проектних не перевищувало ± 5 см. Виконується розбивка осей палів. Геометричні осі палів фіксуються кілочками. Відхилення геометричних осей палів від проектного положення при геодезичній розбивці має бути не більше 5 см.

У середині по довгій стороні осі будівлі на відстані 1,5 – 2,0 м від неї, установлюється штукатурна станція. Справа та зліва від станції розміщуються склад цементу та ємність з водою. За межами пального поля на відстані 4 – 5 м від майбутньої палі, найбільш віддаленої від штукатурної станції, установлюється у робочому положенні бурова машина. Вертикально розташовані трубопроводи, що входять у конструктивну схему бурового інструменту, за допомогою гумових шлангів, з'єднуються з напірною системою подачі води та розчину.

У приймальному бункері штукатурної станції готується водоцементний розчин. Для цього виконуються наступні операції: за допомогою водяного насосу, через витратомірний пристрій у приймальний бункер штукатурної станції заливається вода, у відповідній кількості для приготування водоцементного розчину, що забезпечує виготовлення 10 – 15 палів. За допомогою гвинтового транспортера до бункера з водою засипається цемент, до підйому рівня води на відмітку, що відповідає заданому об'єму

водоцементного розчину, що виготовляється. За допомогою увімкнення робочого колеса приймального бункера у обертальний бур протягом 10 – 15хв. проводиться перемішування води з цементом. Включаючи реверс зворотного обертання робочого колеса, з приймального бункера водоцементний розчин подається через вібросите до проміжної витратної ємкості. По заповненні проміжної ємкості розчином, напрям обертання робочого колеса устанавлюється у вихідне положення і не припиняється до повного вироблення водоцементного розчину з приймального бункера.

Виконується налаштування напірної системи розчинонасосу та водяного насосу на подачу розрахункової витрати водоцементного розчину та води. Налаштування системи виконується у наступній послідовності: при виявленні витоків з випускних отворів у буровому інструменті води та водоцементного розчину, що має відбуватися після увімкнення розчинонасосу та водяного насоса, виконується пробне заглиблення бурового інструменту в ґрунт. Частота обертання при цьому устанавлюється у межах 80-100 об./хв, а швидкість заглиблення у межах до 10 мм/оберт, які у процесі заглиблення залишаються незмінними. При заглибленні бурового інструменту на 1 м. фіксується фактична витрата води (за водомірним пристроєм) та водоцементного розчину (за таруальною рейкою, устанавленою у проміжній ємкості). Якщо об'єм води та водоцементного розчину виявляться більшими чи меншими розрахункових, проводиться настройка системи шляхом відкриття чи закриття регулювальних вентилів, розташованих на напірних системах розчинонасоса та водяного насоса.

Після налаштування напірних систем, бурова машина устанавлюється на вісь палів пального ряду та виконується заглиблення бурового інструменту до проектної відмітки, після чого подача води та водоцементного розчину припиняється, що виконується шляхом відключення електродвигунів приводу насосів. Напрямок обертання бурового інструменту змінюється, при цьому

частота обертання має бути не меншою за 100 об./хв., і починається процес підняття зі швидкістю, що не перевищує 10 мм за оберт.

Після виготовлення палі бурова машина переїжджає на нову точку буріння. Час переїзду має складати не більше 2 хв. По завершенні роботи вся система подачі водоцементного розчину промивається водою. На підготовленому палевому полі верхні кінці палі покривають захисним матеріалом, який регулярно зволожується.

З технологічної точки зору цей спосіб є комплексним механізованим процесом (далі процес). Він виконується бригадою у складі: машиніст бурової машини, бетонувальник на змішувальній станції, помічник бетонувальника. Механічна робота виконується буровою машиною БМ(-8) 1м на автомобільному ході та змішувальною станцією.

Процес складається з таких елементів: винесення опор бурової установки, установка бура в проектне положення, буріння (з подачею цементного розчину, який забезпечує роботу бурової установки), забивання арматурних стержнів у ґрунтоцемент, переїзд на місце влаштування наступної палі.

У складі процесу значно більша кількість елементів. Але надмірний поділ лише ускладнює процес аналізу технології виконання робіт, оскільки вони займають дуже незначну частку від загального об'єму робочого часу.

1.6 Передумови та завдання досліджень

З аналізу літературних даних можна зробити висновок, що в даний час ґрунтоцемент є одним з найбільш економічно вигідних конструктивних матеріалів. Актуальною технологічною задачею у процесі його виготовлення залишається пошук шляхів підвищення рухливості ґрунтоцементного розчину. Без значних витрат по міцності ґрунтоцементного каменю.

Для вирішення поставленої задачі необхідно дослідити характер зміни міцності ґрунтоцементу в залежності від вмісту води у суміші. Після визначення оптимального співвідношення міцності і рухливості необхідно

дослідити способи впливу на ці параметри шляхом додання добавки основаної на ефективних мікроорганізмах.

Аналіз огляду літератури показує, що більша частина раніше проведених досліджень присвячена механічним властивостям ґрунтоцементу з метою застосування даного матеріалу в якості конструкційного матеріалу у сфері фундаментного та дорожнього будівництва. Дослідження взаємодії ґрунтоцементу з ефективними мікроорганізмами майже не проводилися.

Для найбільш точної оцінки результатів також необхідно провести експериментальне дослідження в'язкості ґрунтоцементу. Саме відсутність даних щодо впливу добавок, В/Ц та вмісту цементу на в'язкість ґрунтоцементу заважає більш широкому використанню ґрунтоцементу як конструктивного матеріалу армованих паль.

РОЗДІЛ 2

МЕТА РОБОТИ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ

Мета роботи: дослідити доцільність використання добавки ЕМ для виробництва ґрунтоцементних елементів та палів.

Завдання досліджень: для досягнення поставленої мети сформульовані такі задачі:

- випробування складових ґрунтоцементу, згідно нині діючих державних стандартів;
- підбір складу ґрунтоцементу;
- дослідження рухливості ґрунтоцементної суміші;
- математичне планування експерименту;
- підбір оптимального співвідношення складових компонентів ґрунтоцементу природного твердіння.

Об'єкт досліджень: добавка ЕМ, ґрунтоцементна суміш, зразки ґрунтоцементу.

Предмет досліджень: властивості ґрунтоцементу та ґрунтоцементної суміші: міцність, середня густина розчину, водопоглинання, рухливість, в'язкість.

РОЗДІЛ 3

МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Випробування матеріалів

При виконанні досягнутої роботи використовувались такі матеріали: в'язуча речовина – цемент, заповнювач – ґрунт (суглинок лесовидний), вода, ЕМ-добавка.

3.1.1 Визначення нормальної консистенції цементно-піщаного розчину і виготовлення зразків-балочок

Випробування проводиться згідно [24].

3.1.2 Визначення марки цементу

Марка цементу визначається за показниками границь міцності при стиску зразків балочок 4x4x16 см, виготовлених із цементно-піщаного розчину нормальної консистенції складу 1:3 (за масою) і випробуваних через 28 діб.

3.1.3 Визначення питомої поверхні

Випробування проводиться згідно [29].

3.2 Планування експериментів та вибір оптимального складу ґрунтоцементу з використанням статистично-математичних методів

Планування експериментів та вибір складу будівельного матеріалу з використанням математико-статистичних методів рекомендується проводити при побудові залежностей, необхідних для корегування складу полістирол-бетону в процесі його приготування, а також при організації виробництва за новою технологією.

Суть планування дослідів та вибір складу ґрунтоцементу з використанням статистично-математичних методів полягає у встановленні залежностей між заданими властивостями суміші та властивостями вихідних матеріалів. Отримана математична залежність використовується для пошуку оптимальних складів.

Побудова математичних залежностей проводиться на основі спеціальних експериментів з послідовним їх уточненням у виробничих умовах.

Проведенню лабораторних експериментів повинні передувати наступні етапи:

- уточнення в залежності від конкретної задачі параметрів, що оптимізуються (середньої густини, марки, спеціальних вимог, тощо);
- вибір факторів, що визначають зміну оптимізуючих параметрів;
- розрахунок основного вихідного складу ґрунтоцементної суміші;
- вибір інтервалів зміни факторів;
- вибір плану та умов проведення експерименту;
- розрахунок всіх складів ґрунтоцементної суміші у відповідності з вибраним планом та реалізація експерименту;
- обробка результатів експерименту з побудовою математичних залежностей властивостей суміші від вибраних факторів.

В якості факторів в залежності від умов конкретної задачі можуть призначатися, витрата в'язучого, витрата добавок, тощо.

Значення фактора у вихідному складі називається основним (середнім або нульовим рівнем).

При проведенні експериментів в залежності від умов поставленої задачі всі фактори змінюються або на двох рівнях – середньому (основному), нижньому та верхньому, які відрізняються від основного на однакову величину, яка називається інтервалом зміни, або на двох рівнях – верхньому та нижньому.

Для спрощення запису і послідуочих розрахунків верхній рівень факторів буде позначатися (+1), середній – (0), а в нижній – (-1), що рівносильне переводу факторів в нсвий кодівий масштаб:

$$X_i = (X_i - X_{i,0}) / \Delta X_i,$$

де X_i – значення і-того фактора в нульовому кодівий масштабі;

X_i – значення і-го фактора в натуральному масштабі;

$X_{i,0}$ – основний рівень і-го фактора;

ΔX_i – інтервал зміни і-го фактора.

Часто при записі плану проведення експерименту цифру 1 упускають і кодовий запис рівнів факторів має вид відповідно «+», «0», «-».

Експерименти (дослідні заміси) в залежності від числа факторів та умов задачі проводяться по приведеній матриці в таблиці 3.1.

Планування експерименту

Змінні фактори:

X_1 – вміст цементу, % 10, 20, 30.

X_2 – вміст ЕМ добавки, %: 2; 4; 6.

Таблиця 3.1 – Матриця проведення експериментів

№ досліджу	План експерименту (X_i)	
	x_1	x_2
1	1	1
2	1	-1
3	-1	1
4	-1	-1
5	1	0
6	1	0
7	0	1
8	0	-1
9	0	0
10	0	0
11	0	0

3.3 Визначення міцності при стиску зразків ґрунтоцементу

Міцність на стиск визначають за [29].

3.4 Визначення середньої густини

Випробування проводяться згідно [31].

3.5 Методика визначення рухомості ґрунтоцементних сумішей

Випробування проводиться згідно [31].

3.6 Методика визначення водопоглинання

Випробування проводиться згідно [31].

3.7 Визначення в'язкості

Випробування проводиться згідно [32].

3.8 Підбір складу ґрунтоцементу

Підбір складу ґрунтоцементної суміші включає визначення оптимальної вологості та дозування цементу, при яких суміш досягає максимальної середньої густини, міцності та морозостійкості.

Ґрунтоцемент виготовлявся в лабораторних умовах у послідовності аналогічній до бурозмішувальної технології його виготовлення у польових умовах. Спочатку було взято певну масу ґрунту з розрахунку, що на 1 л ґрунтоцементної суміші необхідно приблизно 1,2 – 1,4 кг лесового суглинку природної вологості. При відомій вологості визначалася маса цементу ґрунту m_d :

$$m_d = \frac{m}{1+W} \quad (3.1)$$

де m – маса ґрунту природної вологості, кг;

W – природна вологість ґрунту;

Кількість цементу $Ц$ складала 10, 20, 30% від величини m_d . Кількість необхідної води B визначалася із необхідного водоцементного відношення суміші В/Ц з урахуванням тієї води, яка вже містилася у ґрунті:

$$B = Ц \cdot \frac{B}{Ц} - (m - m_d) \quad (3.2)$$

Величина В/Ц призначалася із умов забезпечення необхідної рухливості ґрунтоцементної суміші шляхом виготовлення пробних замісів та визначення осадки стандартного конуса для кожного з них.

РОЗДІЛ 4

ХАРАКТЕРИСТИКА ВИХІДНИХ МАТЕРІАЛІВ

4.1 Портландцемент

В якості в'язучого для виготовлення експериментальних зразків було використано ПЦ П/Б ЦІ-400

Випробування проводилися згідно вимогам [31] за стандартною методикою.

Результати випробувань приведені в таблиці 4.1

Таблиця 4.1 Характеристики ПЦ

Найменування показників	Вимоги нормативного документу	Результати випробувань
Тонкість помелу, %	Проходження через сито №008 не менше 85%	
Границя міцності при згині у віці 28 діб, МПа	-	
Границя міцності при стиску у віці 28 діб, МПа	50	
Питома поверхня, $\text{cm}^2/\text{г}$	-	

4.2 Ґрунт

В якості заповнювача використано лесовий суглинок з числом пластичності $I_p = 8 - 17\%$. У таких ґрунтах переважають пилуваті частинки каолінітів і гідроксид – до 87%, глинистих частинок – до 20%, піщаних – до 10%. Пористість їх досягає 47%. Бище рівня ґрунтових вод переважна більшість суглинків володіє просадочними властивостями. Модуль деформації їх у природному стані досягає $E = 12$ МПа. За останні роки рівень ґрунтових вод у місті піднявся на 6 – 10 м і значна товща лесоподібних ґрунтів набула

властивостей слабких. Модуль деформації цих ґрунтів значно знизився і складає зараз $E = 2 - 6$ МПа.

Відповідно до СН-23-58 для виготовлення ґрунтоцементу придатні піски різної крупності, леси, лесовані й карбонатні суглинки та супіски. Вміст водорозчинних солей – не більше 3%, у тому числі сірчано-кислих – не більше 2%. Оптимальним для утворення ґрунтоцементу слід вважати величину водневого показника $pH = 8$.

Для виготовлення дослідних зразків ґрунтоцементу використано суглинок лесовий, жовтий, карбонатний, легкого пілуватий, число пластичності $IP = 0,11$; ґрунт 3 – супісок жовтий, із тонкими прошарками піску, число пластичності $IP = 0,05$; ґрунт 4 – супісок світло-сірий, пілуватий, із прошарками та лінзами піску пілуватого та мілкового, число пластичності $IP = 0,04$; ґрунт 5 – пісок пілуватий однорідний, алев'яльний.

Результати випробувань приведені в таблиці 4.2

Таблиця 4.2 Характеристики ґрунту

Найменування показників	Вимоги нормативного документу	Результати випробувань
Число пластичності	ДСТУ Б В.2.1-4-96 ґрунти. методи лабораторного визначення характеристик міцності і деформованості	
Пористість		
Модуль деформації		

4.3 Добавка

Суть ЕМ-технології полягає в ідеї про взаємодію з нативними (характерними для даного середовища) і домінуючими в ній в нормальних умовах мікроорганізмами, не в заміщенні природної мікрофлори, а створення умов для її процвітання. ЕМ-керамічний порошок, основу цієї

кераміки становить ретельно розтерта і обпалена пориста глина. Після обробки цієї глини ЕМ-препаратами мікроорганізми сконцентровані в межах кераміки в своєрідній «керамічній в'язниці». Завдяки цьому їх розмноження відбувається дуже активно. Це призводить до зміни стану ґрунту через зростання популяції дріжджових мікроорганізмів. Ефект від застосування ЕМ-технологій в будівництві: поліпшення якості будматеріалів і стримування корозії матеріалів

4.4 Вода

Вода повинна відповідати вимогам [27].

Вода для полістиролбетону використовувалася водопровідна. Озерна, річкова та вода із штучних водоем також придатна, якщо вона не забруднена в неприпустимих межах стічними викидами, мастилами і солями і т.д. У морській воді в великій кількості містяться розчинні солі, хлор-іони та сульфат-іони.

Можна застосовувати воду, яка показує слабо кислу чи слабо лужну реакцію, що визначається значенням водневого показника рН у межах 4,0 – 12,5 і відповідає технічним умовам. На застосування стічних вод, крім того потрібно одержати дозвіл санепідемстанції.

Органічні речовини у воді, особливо такі, що містять цукор та феноли, сповільнюють процес гідратації цементу й знижують міцність бетону.

Зміст кожного з них не повинен перевищувати 10 мг/л води.

Домішки нафтопродуктів, мастил, жирів, осідаючи на поверхні цементних зерен, сповільнюють їх гідратацію, а вкриваючи заповнювачі, перешкоджають їхньому зчепленню з цементним каменем і знижують міцність бетону. Тому на поверхні води замішування не повинно бути плівок цих домішок.

Висновок:

Видобувані сировинні компоненти для приготування ґрунтоцементу відповідають вимогам діючим ДСТУ.

РОЗДІЛ 5

АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

5.1 Дослідження впливу витрат добавки ЕМ В/Ц на властивості ґрунтоцементу

Проведення дослідів проводилося з використанням математико-статистичних методів планування експериментів у відповідності з розділом 3. В якості факторів були вибрані витрати кількості та водоцементне відношення. Значення інтервалів варіювання факторів наведені у таблиці 5.

Таблиця 5.1 Значення інтервалів варіювання

Код	Значення коду	Значення факторів	
		X1 Вміст цементу, %	X2 Добавка ЕМ, %
Основний рівень	0		
Верхній рівень	+		
Нижній рівень	-		
Інтервал варіювання	X_i		

5.1.1. Дослідження впливу витрат добавки ЕМ та В/Ц на середню густину ґрунтоцементу

Досліди проводилися у відповідності з прийнятним планом експерименту.

План експериментів та результати дослідів наведені у таблиці 5.2

Згідно матриці математичного планування двохфакторного дослідів виготовлялися зразки розмірами 70,7x70,7x70,7 мм. Використовувався портландцемент марки ПЦ II/Б-Ш-400 Україна.

Таблиця 5.2 План експериментів та результати дослідів

№ досліду	Вміст цементу, г	Добавка ЕМ, г	ρ_m , г/м ³	$R_{ст}$, кгс/см ²	V_m , %	Рухомість, см	В'язкість, дПа
1	776						
2	776						
3	259						
4	259						
5	776						
6	259						
7	518						
8	518						
9	518						
10	518						
11	518						

Обробка результатів виконувалася в середовищі табличного процесора EXCEL.

Методика визначення густини зразків описана вище та проводиться згідно [69].

В результаті обробки експериментальних даних на ПЕОМ за таб. 5.2 отримано алгебраїчне рівняння середньої густини в залежності від змінних факторів.

Алгебраїчне рівняння середньої густини ґрунтоцементу:

$$Y_{густ} = 1,62 - 0,08X_1 - 0,015X_2 \quad (1)$$

Рівняння за критерієм Фішера придатне для описання вихідної залежності в досліджуваних межах зміни факторів, так як $3,91 < 19,2$.

За рівнянням (1) побудовані графіки на рис. 5.1, 5.2, 5.3

Рис. 5.1 Вплив витрати цементу та добавки ЕМ на середню густину ґрунтоцементу

Рис. 5.2 Вплив витрати цементу та добавки ЕМ на середню густину ґрунтоцементу

Рис. 5.3 Вплив витрати цементу та добавки ЕМ на середню густину ґрунтоцементу

5.1.2. Дослідження впливу витрат добавки ЕМ та В/Ц на границю міцності при стиску ґрунтоцементу

В результаті обробки експериментів на ПЕСМ за табл. 5.2 отримано алгебраїчне рівняння границі міцності при стиску ґрунтоцементу в досліджуваних межах зміни факторів (рис. 5.4)

Рис. 5.4 Експериментальне визначення границі міцності при стиску ґрунтоцементу

Алгебраїчне рівняння границі міцності при стиску ґрунтоцементу:

$$Y_{\text{Рст}} = 28,90 + 4,33 X_1 + 1,89 X_2 - 2,95 X_1 X_2 \quad (2)$$

Рівняння за критерієм Фішера придатне для описання вихідної залежності в досліджуваних межах зміни факторів, так як $5,95 < 19,3$.

За рівнянням (2) побудовані графіки на рис. 5.5, 5.6, 5.7

Випробування виконуємо згідно наведеної методики. Випробування зразків кубиків проводилися у віці 28 діб.

Рис. 5.5 Вплив витрати цементу та добавки ЕМ на границю міцності при стиску ґрунтоцементу

Рис. 5.6 Вплив витрати цементу та добавки ЕМ на границю міцності при стиску ґрунтоцементу

Рис. 5.7 Вплив витрати цементу та добавки ЕМ на границю міцності при стиску ґрунтоцементу

5.1.3. Дослідження впливу витрат добавки ЕМ та В/Ц на водопоглинання ґрунтоцементу

В результаті обробки експериментів на ПЕСМ за табл. 5.2 отримано алгебраїчне рівняння водопоглинання ґрунтоцементу в досліджуваних межах зміни факторів.

Алгебраїчне рівняння водопоглинання ґрунтоцементу:

$$Y_{\text{Вм}} = 28,63 - 5,76 X_1 - 1,05 X_2 + 6,5 X_1 X_2 \quad (2)$$

Рівняння за критерієм Фішера придатне для описання випадної залежності в досліджуваній межі зміни факторів, так як $7,14 < 19,3$.

За рівнянням (2) побудовано графіки на рис. 5.8, 5.9, 5.10.

Методика визначення цього показника була визначена нами у Розділі 3.

Рис. 5.8 Вплив витрати цементу та добавки ЕМ на водопоглинання ґрунтоцементу

Рис. 5.9 Вплив витрати цементу та добавки ЕМ на водопоглинання ґрунтоцементу

Рис. 5.10 Вплив витрати цементу та добавки ЕМ на водопоглинання ґрунтоцементу

5.1.4. Дослідження впливу витрат добавок ЕМ та В/Ц на рухомість ґрунтоцементу

В результаті обробки експериментів на ПЕОМ за табл. 5.2 отримано алгебраїчне рівняння рухомості ґрунтоцементу в досліджуваних межах зміни факторів.



Рис. 5.11 Експериментальне дослідження впливу витрат добавки ЕМ та В/Ц на рухомість ґрунтоцементу

Алгебраїчне рівняння рухомості ґрунтоцементу.

$$Y_{\text{рух}} = 11,67 + 0,33 X_1 - 0,11X_2 - 0,55 X_1 \cdot X_2 \quad (4)$$

Рівняння за критерієм Фішера придатне для описання вихідної залежності в досліджуваних межах зміни факторів, так як $12,36 < 19,3$.

За рівняння (4) побудовані графіки на рис. 5.12, 5.13, 5.14.

Методика визначення цього показника була визначена нами у розділі 3.

Рис. 5.12 Вплив витрати цементу та добавки ЕМ на рухомість ґрунтоцементної суміші

Рис. 5.13 Вплив витрати цементу та добавки ЕМ на рухомість ґрунтоцементної суміші

Рис. 5.14 Вплив витрати цементу та добавки ЕМ на рухомість ґрунтоцементної суміші

5.1.5. Дослідження впливу витрат добавки ЕМ та В/Ц на в'язкість ґрунтоцементу

В результаті обробки експериментів на ПЕОМ за табл. 5.2 отримано алгебраїчне рівняння в'язкості ґрунтоцементу в досліджуваних межах зміни факторів.

Алгебраїчне рівняння в'язкості ґрунтоцементу:

$$Y_{\text{в'язк}} = 63,60 + 5,00 X_1 + 3,30 X_2 + 1,25 X_1 X_2 \quad (5)$$

Рівняння за критерієм Фішера придатне для описання вихідної залежності в досліджуваних межах зміни факторів, так як $15,80 < 19,3$

За рівнянням (6) побудовані графіки на рис. 5.15, 5.16, 5.17.

Методика визначення цього показника була визначена нами у Розділі 3.

Рис. 5.15 Вплив витрати цементу та добавки ЕМ на в'язкість ґрунтоцементної суміші

Рис. 5.16 Вплив витрати цементу та добавки ЕМ на в'язкість ґрунтоцементної суміші

Рис. 5.17 Вплив витрати цементу та добавки ЕМ на в'язкість ґрунтоцементної суміші

РОЗДІЛ 6

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

Закон України «Про охорону праці» закріплює гарантії прав громадян України на охорону праці на виробництві, визначає основні положення щодо видів стимулювання роботи з охорони праці, дії праці. Затверджує структуру і порядок функціонування державного управління охороною праці, державний вигляд і громадський контроль за охороною праці.

У процесі трудової діяльності людина за допомогою певних знарядь дії на предмет праці в умовах існуючого середовища. Залежно від характеру праці на людину можуть впливати різні середовища: механічні, хімічні, теплові, електричні та інші. Організм людини здатний передати без наслідків такі дії лише якщо вони не перевищують певних рівнів і тривалості, інакше можливе пошкодження організму, яке при досягненні певного ступеня кваліфікується. Як нещасний випадок, травма.

Продуктивність праці робітників значною мірою залежить від впровадження у виробництво нових машин і механізмів, новітніх технологій виконання робіт, правильної організації робочого місця, культури виробництва, додержання вимог техніки безпеки і виробничої санітарії. Кожна будівельна організація щороку складає плани заходів з охорони праці, а також укладає колективний договір, згідно з яким адміністрація зобов'язується виконувати всі положення трудового законодавства стосовно організації і охорони праці, матеріального стимулювання і відпочинку. У договорі передбачені необхідні заходи з техніки безпеки, забезпечення робітників спеціальною, індивідуальними засобами захисту.

Організація роботи з охорони праці на будівельних підприємствах міста Полтава здійснюється у відповідності до Законів України «Про охорону праці», «Про пожежну безпеку», «Про забезпечення санітарного та епідеміологічного благополуччя населення», положення «Про роботу по охороні праці і техніці безпеки на підприємствах, організаціях і сільськогосподарських підприємствах».

Відповідальність за організацію охорони праці несуть місцеві органи з охорони праці і керівники виробничих підрозділів. В обов'язки керівників входить забезпечення працівників індивідуальними засобами захисту. При зарахуванні на роботу проводиться вступний інструктаж, який реєструється в журналі реєстрації інструктажів по техніці безпеки.

6.1. Правові і організаційні заходи.

Для попереджень порушення трудового законодавства по охороні праці на будівельному майданчику організується трьохступінчастий контроль охорони праці як найбільш ефективна громадська форма контролю. Особливу увагу слід приділяти організації і відповідному веденню робіт з підвищеною ступеню безпеки – монтаж важких конструкцій і їх закріплення і т.д.

Охорона праці керується великою кількістю нормативно-правових актів. Нормативно-правові акти про охорону праці – це правила, стандарти, норми, регламенти, положення, інструкції та інші документи, яким надано чинність правових норм, обов'язкових для виконання.

Опрацювання та перегляд, прийняття нових і скасування чинних нормативно-правових актів з охорони праці проводиться спеціально уповноваженим центральним органом виконавчої влади з нагляду за охороною праці за участю професійних спілок і Фонду соціального страхування від нещасних випадків та за погодженням з органами державного нагляду за охороною праці.

Організаційні заходи:

- контроль за технічним станом обладнання, інструментів, будівель і споруд;
- контроль за дотриманням вимог нормативних документів з охорони праці;
- нагляд за обладнанням підвищеної небезпеки;
- організація навчання, перевірка знань з питань охорони праці і інструктажів робітників підприємства;

- контроль за виконанням технологічного процесу відповідно до вимог охорони праці;
- організація належних умов до проїздів і проходів відповідно до вимог охорони праці;
- забезпечення працівників засобами індивідуального та колективного захисту;
- забезпечення відповідними знаками, безпеки, плакатами.

6.2 Шкідливі і небезпечні фактори

Праця робітників повинна бути організована згідно вимог ДБН А.3.2-2-2009 Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві.

Роботи можуть проводитися на відкритому повітрі, а тому для робітників існує загроза переохолодження взимку та перегрівання влітку.

Небезпечними для працівників слугують і підвищені показники рівня шуму на робочому місці при використанні пневматичних інструментів, віброзануренні свай, при роботі вібраційних машин. Шум має негативний вплив на людину: страждає її нервова система, підвищується кров'яний тиск, знижується концентрація уваги, послаблюється зір, виникають зміни у вестибулярному апараті, значно збільшується витрата енергії при однаковому фізичному навантаженні.

Шкідливим на організм людини також є і виробничий пил, його шкідливість для організму працівника залежить від ступеня запиленості повітря. Виникнення пилу відбувається при дробленні каменів, тересипанні сипучих матеріалів, при електрозварювальних роботах.

Існують методи захисту від пилотворення, а саме: при перевантаженні будівельних матеріалів (цементу, вапна, гіпсу), які виділяють пил у великій кількості, застосовується пневматичний транспорт для сипучих матеріалів, що значною мірою зменшує виділення пилу до робочої зони; при працюючий

каменедробилці значна кількість пилу виділяється на етапі подачі каменя та його роздробленні робочим органом машини.

В літній період необхідно організувати зволоження матеріалу (подавати розпилену воду, наприклад).

Небезпечними для працівників на будівництві є і токсичні речовини та матеріали, які мають у своєму складі подразнюючі хімічні речовини. Це малярні, облицювальні роботи, пропитування дерева та ізоляційних матеріалів, роботи із облаштування асфальту.

При постійній дії небезпечних хімічних речовин у робітників можуть бути отруєння, які викликають у майбутньому професійні захворювання, такі як пневмосклероз.

Також на здоров'я працівників негативно впливають і роботи із недостатнім освітленням у приміщеннях і на відкритому повітрі. Довготривала робота із недостатнім освітленням призводить до того, що людина гадружує зір, що призводить до його послаблення та розвитку прогресивної близорукості, таким чином збільшуючи травматизм на будівництві.

6.3 Вимоги безпеки при виготовленні бетону і розчину

При виготовленні бетону та розчину на робочих місцях бетонозмішувальних вузлів (БЗВ) можлива присутність наступних небезпечних і шкідливих виробничих факторів: рухомі і обертові деталі машин, механізмів, матеріалів; пил, шум, вібрація, відхилення від норм параметрів мікроклімату, підвішена на дугах в електричному ланцюзі, а також розташування робочих місць на різних рівнях і значчій висоті.

Основні вимоги безпеки:

- 1) транспортування інертних матеріалів повинно проводитися із застосуванням «мокрих» технологій; герметизація трубопроводів бетонозмішувального обладнання; пристроєм систем вентиляції;
- 2) операторів бетонозмішувальних вузлів (БЗВ) розташовують в окремих приміщеннях герметизованими екранами зі скла;

- 3) робітники, які обслуговують БЗЗ обов'язково повинні використовувати засоби індивідуального захисту (ЗІЗ) – спецодяг, респіратори, навушники та ін.;
- 4) при виготовленні бетонної суміші з використанням хімічних добавок необхідно виконувати вимоги безпеки щодо попередження опіків шкіри та очей працюючих. Чищення або ремонт бетонозмичувачів, бетононасосів, цемент-гармат та інших машин допускається тільки при виключеному рубильнику.

Бетононасоси встановлюють у притмках так, щоб навколо них були проходи шириною не менше 1 м. При продувці бетонопроводу (у зимовий час) стиснутим повітрям при робочому тиску не більше 1,5 МПа робітники повинні знаходитися на відстані не менше 10 м від вихідного отвору бетонопроводу. Робітники, які обслуговують цемент-гармату або бетон-шприць-машину, повинні надягати спеціальні захисні окуляри. При роботі з цемент-гарматною або бетон-шприць-машинкою треба постійно стежити за показниками манометра, не допускаючи підвищення тиску вище границі, передбаченого інструкцією. Перед початком роботи повинна бути перевірена наявність документів, що підтверджують проходження машинами випробувань відповідно до вимог Держгірпромгляду.

Бетонопроводні естакади і настили споруджують відповідно до розрахунку, огорожують поручнями і обладнують колесо відбійними брусами та ударами. Вимоги безпеки при опалубних роботах. При монтажі опалубки й арматури, розвантаженні бетонних сумішей в опалубку особливу увагу слід звертати на міцність і стійкість підтримуючих конструкцій, а також на міцність такелажних пристроїв для підйому каркасів, блоків опалубки й арматури.

Опалубку для зведення монолітних залізобетонних конструкцій слід виготовляти і експлуатувати відповідно проекту виробництва робіт (ПВР). Опалубку, як правило, виготовляють деслі. При цьому можливий прояв таких небезпечних і шкідливих виробничих факторів як: переміщення виробів, заготовки, рухомі частини механізованого ручного інструменту; підвищена

напруга в ручному електроінструменті; гострі країки, задрірки; розташування робочого місця на висоті; шум, пил, вібрація та ін.

При встановленні опалубки на висоті до 8 м слід застосовувати підмости з поручнями висотою 1 м і бортовою упорною дошкою висотою 15 см. При роботах на висоті більше 8 м необхідно влаштовувати настили шириною не менше 70 см з отворедженнями й опорами на спеціальні підтримуючі риштування. При монтажі опалубки кожен наступний ярус встановлюють тільки після закріплення нижнього ярусу.

Розміщення на опалубці устаткування не передбаченого ППР, а також знаходження людей не задіяних у виробництві робіт не допускається. Подача бетону в опалубку регулюється затвором, який обов'язково повинен бути в бункері або бадді. Причому, сам бункер або баддя встановлюються по висоті на відстані не більше 1 м від опалубки.

Розбирання опалубки повинно проводитися після досягнення бетоном необхідної міцності і з дозволу виконроба або головного інженера. При розбиранні опалубки треба дотримуватися обережності, опускати елементи опалубки за допомогою лебідок і крапів.

6.3 Безпека при укладанні бетонної суміші

При укладанні бетонної суміші використовують бункера (бадді) відповідно до нормативних документів. При подачі бетонної суміші в бадді як повинні бути вжиті заходи проти мимовільного відкриття затворів баддей. Переміщати їх навантаженими або порожніми можна тільки при закритому затворі. При вивантаженні суміші з баддей, щоб уникнути динамічних перевантажень, відстань від низу бадді до площини розвантаження не повинна перевищувати 1 м. Переміщати їх навантаженими або порожніми можна тільки при закритому затворі.

Під час ущільнення бетонної суміші електровібраторами виконуються такі вимоги:

1. Під час перерви в роботі і переході з одного місця на інше треба вимикати електровібратор.
2. Для уникнення обризу проводу й ураження працівників струмом не перетягувати вібратор за ізоляційний провід або кабель.
3. Вібратор із площадкою під час ущільнення бетонної суміші переміщувати тільки за допомогою спеціальних гнучких тяг.
4. Забороняється проводити роботи вібратором із приставних трабін.
5. Електропроводку вібратора треба підвішувати, а не прокладати поверх укладеного бетону.
6. Під час дощу або снігопаду вимикачі електровібратора закривати (ізолювати) від попадання в них вологи. Електровібратор укривати брезентом або прибирати у приміщення.

При виконанні бетонних і залізобетонних робіт у зимових умовах і безпека виробничого травматизму помітно зростає. У цьому зв'язку до бетонування в зимових умовах допускають робітників тільки після проходження ними спеціального інструктажу. До обслуговування паропідводних мереж електроустановок, контролю за режимами термообробки допускають тільки спеціально підготовлених фахівців. При здійсненні електропрогріву, крім обмеження доступу людей до місця прогріву шляхом установки огорожень і попереджуючих написів, необхідно в зоні прогріву включити червону сигнальну лампочку. Бетонування, а також усі роботи, пов'язані з переключенням електродів, вимірами температури, ремонту ліній та ін., виконують тільки при відключеному струмі і відключених рубильниках на щитах «низької» і «високої» сторін. При електропрогріванні бетону монтаж і приєднання електрообладнання до симетричних мереж виконується тільки електриками, які мають кваліфікаційну групу по безпеці праці не нижче III. Також передбачається цілодобове перебування електрика. Перебування людей і виконання будь-яких робіт в зоні електропрогрівання не допускається. Відкрита (не забетонувана) арматура залізобетонних

конструкцій, з'єднаних з ділянкою електропрогрівання підлягає заземленню (зануленню).

РОЗДІЛ 7
ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ
ДОСЛІДЖЕНЬ

1. Всі складові ґрунтоцементу відповідають вимогам держаних стандартів.
2. Підібраний оптимальний склад ґрунтоцементу середньої густиною 1600 кг/м³: витрати цементу – 0,776 т, суглинок лесовий – 2,756 кг, вода – 1,927 л, ЕМ-добавка – 16 г.
3. Встановлено, що підвищення вмісту ЕМ-добавки в ґрунтоцементі більше рівня у 3 % не справляє суттєвого впливу на його міцнісні характеристики, тим не менш наявність цієї добавки підвищує абсолютне значення міцності, порівняно з базовим складом ґрунтоцементу без добавок.
4. Максимальна міцність ґрунтоцементу (с_с 3 кгс/см² була отримана при В/Ц 2,7 і вмісті ЕМ-добавки 2% від ваги цементу та 30% вмісті цементу від ваги скелету ґрунту.
5. Встановлено, що ЕМ-добавка підвищує рухомість ґрунтоцементу, але ефект обернено пропорційний зміст цементу, така ж сама залежність спостережлива для середньої густини.
6. ЕМ-добавка зменшує водопоглинання ґрунтоцементу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Барашиков А.Я. Залізобетонні конструкції: Підручник А.Я. Барашиков Л.М. Буднікова, Л.В. Кузнецов та ін.; За ред. А.Я. Барашикова. – К.: Вища шк., 1995. – 591 с.
2. Бойко І.П., Карпенко Ю.В., Новофастовський С.М. та ін. Методи випробовування ґрунтів за допомогою бурин'єкційної пали великого діаметру основи і фундаменти. Міжвідомчий науково-технічний збірник. – Вип. 328– К.: КНУБА, 2004. – с. 11–16
3. Городжа А.Д., Троцинський Б.С., Козел В.П. Сучасний стан контролю якості залізобетонних пал і бурових стовпів Основи і фундаменти: Міжвідомчий науково-технічний збірник. – Вип. 30. – К.: КНУБА, 2006. – с. 34–38.
4. Должиков Н.П. Матеріали доповідей і повідомлень міжнарод. конф. “Нагальні проблеми ліквідації підтоплення ґрунтовими водами територій міст і селищ міського типу України”. – К.: Тов-во “Знання” України, 1998. – Ч. I – С. 29–31.
5. ДСТУ Б. В.2.1-9-2002 Ґрунти. Методи польових випробувань статичним і динамічним зондуванням К.: Державний комітет України з будівництва та архітектури, 2002. – 24 с
6. Зоценко М.Л. До оцінки механічних властивостей ґрунтоцементу в залежності від вмісту його складових М.Л. Зоценко, О.В. Борт, М.В. Бідношия, Р.В. Петраш Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво). – Полтава: ПолтНТУ, 2007. – Вип. 19. – С. 44 – 53.
7. Зоценко М.Л. Інженерна геологія. Механіка ґрунтів, основи та фундаменти: підручник М.Л. Зоценко, В.І. Коваленко, А.В. Яковлев, О.С. Петраков, В.Б. Швець, О.В. Школа, С.В. Біда, Ю.Л. Винников. – Полтава: ПолтНТУ, 2004. – 568 с.
8. Зоценко М.Л. Особливості армування ґрунтів вертикальними

- грунтоцементним елементами / М.Л. Зоценко, С.Ф. Плутин, Р.В. Петраш, О.О. Гудімов // Міжвідомчий науково-технічний збірник наукових праць (будівництво). – Київ: НДІБК, 2007.–Вип.66.– С. 65-72.
9. Зоценко М.Л. Порівняльна характеристика фундаментів будівель і споруд із паль та на армованій основі / М.Л. Зоценко, І.М. Сухоросов, Л.М. Зоценко // Міжвідомчий наук.-техн. зб. наук. пр. (будівництво) Держ. наук.-дослід. ін-т будівельних конструкцій Мінбуду України. – К.: НДІБК, 2007. – Вип. 66. – С. 405–409.
 10. Зоценко М.Л., Петраш С.Б. Визначення тріщиностійкості грунтоцементних конструкцій, котрі працюють на згин // Збірник наукових праць (Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди). Вип. 24. – Рівне: ЛНТУ, 2012. – 575 с. (в обл.).
 11. Слюсаренко Ю. С., Проблеми будівництва в ущільненій міській забудові. Будівельні конструкції. – Міжвідомчий науково-технічний збірник. – Вип. 71, К.1 – К.: НДІБК, 2008.– С. 15-22.
 12. Черний Г.І. Принципи і методи розрахунків армування ґрунтових основ будівель / Г.І. Черний, Ю.С. Слюсаренко // Будівельні конструкції: міжвід. наук.-техн. зб. – К.: НДІБК, 2007. – Вип. 66. – С. 3–13.
 13. Яковлев В.С. Зіставлення методів визначення несучої здатності призматичних паль / В.С. Яковлев, М.І. Лагін // Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво). – Полтава : ПолтНТУ, 2003. – Вип. 22. – С. 184-192.
 14. Ярмолюк О.І. вплив чинників часу та вмісту органічної речовини на міцність зразків ґрунтоцементу // Збірник наукових праць (Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди). Вип. 24. – Рівне: ЛНТУ, 2012.– 575 с. (в обл.).
 15. Abbasi N. Improvement of Geotechnical Properties of Silty sand Soils Using Natural Pozzolan and Lime / N. Abbasi, M. Mandieh, M. Hadi Davoudi // Proceedings of the International Symposium IS-GI, Brussels, 2012, Vol. 1, pp.

- 251–260.
16. Fatahi B. Application of Polypropylene and Carbon Fibres to Improve Mechanical Properties of Cement Treated Clay / B. Fatahi, H. Khabbazi. Proceedings of the International Symposium IS-GI, Brussels, 2012, Vol. 1, pp. 303–308.
 17. Bond A.J. Effect of installing displacement piles in a high OCR clay / R.J. Jardine, A.J. Bond. Geotechnique, Vol. 41, 1991, pp. 63–341.
 18. British Standard - 8004 code of practice for foundations / British Standards Institution. London, 1992, pp. 19–27.
 19. BS EN 1990 Eurocode 0: Basis of Structural Design / British Standards Institution, London, 1990, pp. 25–37.
 20. BS EN 1992-1:2004 Eurocode 2: Design of Concrete Structures, Part 1-1 General Rules and Rules for Buildings, British Standards Institution. London, 1990, pp. 51–72.
 21. BS EN 1997-1:2004 Eurocode 7: Geotechnical Design, Part 1 General Rules, British Standards Institution, London, 1994, pp. 17–35.
 22. Bzowka J. Selected problems connected with the use of the jet grouting technique / J. Bzowka, A. Juzwił, L. Wanik. Proceedings of 18th International Conference on soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Paris, 2013, Vol.1, pp. 2437–2440.
 23. Cesar Consoli N. Rational criteria for the assessment of the target mechanical strength and stiffness of artificially sand-cement mixtures / N. Cesar Consoli, A. Viana da Fonseca. Proceedings of the International Symposium IS-GI, Brussels, 2012, Vol. 1, pp. 297–302.
 24. Cuira F. Numerical modeling of a soil-mixing column behavior and comparison with a full-size load test / F. Cuira, S. Costa d'Aguiar, A. Grzyb, F. Pellet, J.-F. Mosser, A. Guimond-Barret, A. Le Keaby. Proceedings of 18th International Conference on soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Paris, 2013, Vol.1, pp. 2461–2464.

25. О.Г.Левченко, О.І. Полукаров, В. В.Зацарний, Ю. О. Полукаров, О. В. Землянська Охорона праці та цивільний захист: підручник, Київ: Основа 2019. 472
26. ДСТУ ГОСТ 33-2003 Нафтопродукти. Прозорі і непрозорі рідини. Визначення кінематичної в'язкості і розрахунок динамічної в'язкості
27. ДСТУ ISO 3696:2003 Вода для застосування в лабораторіях. Вимоги та методи перевірки (ISO 3696:1987, ІСТ).
28. ДСТУ Б В.2.7-128:2006 Добавки активні мінеральні та добавки наповнювачі до цементу. Технічні умови
29. ДСТУ Б В.2.7-187:2009 Будівельні матеріали. Цементи. Методи визначення міцності на згин і стиск
30. ДСТУ Б В.2.7-44-96 Будівельні матеріали. Цементи. Відбір і підготовка проб.
31. ДСТУ Б В.2.7-46:2010 Будівельні матеріали. Цементи загальнобудівельного призначення. Технічні умови
32. ДСТУ Б В.2.7-185:2009 Будівельні матеріали. Цементи. Методи визначення нормальної густоти, строків тужавлення та рівномірності зміни об'єму.
33. ДСТУ Б В.2.7-239:2010. Розчини будівельні. Методи випробувань (FN 1015-11:1999, NEQ).
34. ДСТУ Б В.2.7-23-96. Розчини будівельні. Загальні технічні умови.
35. ДСТУ ГОСТ 33-2003 Нафтопродукти. Прозорі і непрозорі рідини. Визначення кінематичної в'язкості і розрахунок динамічної в'язкості