

УДК 624

## ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА МАТЕРІАЛІВ ТА КОНСТРУКЦІЙ З ВИКОРИСТАННЯМ ГРУНТОБЕТОНУ В МАЛОПОВЕРХОВОМУ ЕКОБУДІВНИЦТВІ

*Д.т.н., проф. Савицький М.В., к.т.н. Бендерський Ю.Б.,  
здоб. Новіченко Н.В., аспірант Бабенко М.М., здоб. Коваль А.С.*

*ДВНЗ "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури",  
м. Дніпропетровськ*

**Вступ.** У зв'язку з ростом цін на пісок, щебень та інші інертні матеріали для житлового будівництва і зведення різних споруд в сільськогосподарському виробництві виникла потреба у пошуку економічних і раціональних прийомів використання ґрунту для зведення даних об'єктів. Додатковим визначальним фактором, що схилив до цих рішень є постійно зростаючі ціни на енергоносії що, як наслідок, збільшують витрати на транспортування матеріалів та сировини до місця будівництва. Світовий і вітчизняний досвід дозволяє припустити, що оптимальним виходом з положення може стати застосування ґрунтобетонів з направлено функціональними мінеральними і органічними добавками і наповнювачами, що забезпечують отримання надійних несучих та огорджуючих конструкцій, а також основ доріг і споруд.

У той же час навколо міст і підприємств теплоенергетики скупчилася велика кількість відходів самого різного виду та складу, які забруднюють не тільки землю, а й повітряні, водні басейни, що негативно позначається на екології територій. Таким чином, об'єднуючи два завдання, може бути отриманий комплексний ефект щодо зниження витрат при використанні відходів для зміцнення ґрунтів і поліпшення екологічної обстановки навколо населених пунктів.

За минулі тисячоліття ґрунтобетон використовувався для зведення міст, селищ, палаців, храмів, кріпосних стін, фортив і т.п. Матеріали з ґрунту знайшли широке застосування при виробництві стінових виробів (цегла сирець, саман, блоки) і в якості зв'язки при влаштуванні стін з цих виробів; для гідроізоляції фундаментів, підвалів, підлог; в якості підготовки під поли; у вигляді добавок до розчинів і бетонів, при захисті горючих органічних і теплоізоляційних матеріалів від теплових і вогневих впливів, при влаштуванні основ доріг, споруд і т.д. Людство десятиліттями застосовувало саман, зводячи з нього різні будівлі і споруди: житлові будинки, фортеці, культові об'єкти. Землебитні споруди відомі з часів стародавнього Риму, Єгипту і Персії. З цього матеріалу побудовані знамениті Єгипетські і Перуанські піраміди (2500 - 3000 років до н.е.) та ін. Армовані ґрунти застосовували в Китаї вже в 3 столітті до н.е. при зведенні Великої Китайської стіни у вигляді суміші глини з гравієм, армованої гілками тамариску. Відомо, що римляни використовували ґрунт з дерев'яними армуючими елементами для

будівництва земляної греблі уздовж річки Тибр. У 17-19 століттях землебитні будови були поширені у Франції, Німеччині, Швейцарії. При цьому, разом з житловими будинками, будувалися фабричні і заводські корпуси.

В Росії, поряд з використанням саману, широке застосування знайшли глинобитні будівлі, а один з них - палац поблизу Санкт-Петербурга, побудований в кінці 18 століття зберігся до теперішнього часу. В бувшому СРСР ґрунтобетон з 1934 р застосовується для будівництва фундаментів, стін, майданчиків для зберігання зерна, автодоріг. НИИОСП і ЦНИИЭПсельстрой провели в 1982 -1985гг. обстеження ряду будівель і споруд, побудованих в Західному Сибіру і на Північному Кавказі з застосуванням ґрунтобету і що експлуатуються протягом 10-25 років. Усі споруди знаходилися в хорошому стані, що свідчить про їх життєздатність. Перший великий вітчизняний досвід по застосуванню ґрунтів, укріплених цементом, відноситься до довоєнного періоду - в 1939 році. На території Всесоюзної сільськогосподарської виставки було побудовано цементоґрунтову основу, укріплену шлакопортландцементом, площею 20000м<sup>2</sup>. Цей позитивний виробничий експеримент дозволив по-новому оцінити ті можливості і перспективи, які відкриваються при застосуванні ґрунтобетону на цементному в'язучому.

У двадцятому столітті до безобпалювальних глиняних матеріалів неодноразово поверталися в різних країнах. Так, в тридцятих роках у Німеччині зведено було ціле селище з двоповерхових будинків для гірників та мешканців Мюхельна. З сирцевої цегли в США в 1947 році запроєктовано і побудовано студентський гуртожиток для американського Массачусетського університету. Є позитивний досвід використання такого матеріалу в шістдесяті роки у Франції при будівництві кількох селищ. Широке поширення сирцеві і саманні стіни знайшли в Середньо- Азіатських республіках бувшого СРСР: Киргизія, Узбекистан, Казахстан і ін. В цих регіонах з ґрунтобетону зведені і досі успішно експлуатуються не тільки житло, а й виробничі будівлі та споруди. В ґрунтобетонних оселях і зараз проживає близько 1,5 млрд. осіб, в тому числі і в благополучних з економічного погляду країнах Європи та Америки.

У 1970 р в Греноблі (Франція) створено школу архітектури «Кратер» для вивчення проблеми використання глинистих ґрунтів в Європі і країнах, що розвиваються, організована підготовка фахівців у цій галузі. В 1984 ЮНЕСКО разом з фахівцями «Кратер» був організований семінар з проблем застосування ґрунтобетону для будівництва шкіл в країнах Близького Сходу і Африки. У 1985 р за сприяння наукових, технічних, навчальних, культурних установ почалося створення Міжнародного інституту будівництва з використанням ґрунтів. Аналіз вітчизняних і зарубіжних публікацій за останні роки показує, що в даний час дослідженням і впровадженням ґрунтобетону займаються більше 30 країн, в т.ч. всі розвинені капіталістичні держави. В Японії розроблено 13 видів установок для виготовлення ґрунтобетонних (цементоґрунтових) паль, які широко використовуються в будівництві. В США ґрунтобетон застосовується при зведенні водосховищ, де їх побудовано більше 60. Будівельні фірми Італії застосовують ґрунтобетон для влаштування основи під водонесучі комунікації, посилення основ

існуючих будівель і т.п. Обсяг застосування ґрунтобетонних паль становить 11 млн.м<sup>3</sup>. У ФРН і Франції ґрунтобетон широко використовується для будівництва автодоріг - як сільських, так і магістральних.

Враховуючи позитивні якості матеріалів і виробів з необпаленої глини, простоту технології, доступність сировини, задовільні теплофізичні та експлуатаційні параметри при мінімальній собівартості, можна вважати перспективними ці матеріали не тільки для сільського, а й міського будівництва. А при творчому підході і використанні нових ефективних прийомів, високопродуктивного обладнання та оснастки, нових оригінальних конструктивних рішень вигідність застосування виробів з ґрунтобетону з соціальної, економічної, технологічної та архітектурної точок зору не викликає сумніву.

### **Виклад основного матеріалу.**

Для влаштування стін із саману або сирцевої цегли глину заготовляють в осінній період і укладають у валки висотою до одного метра на відкритому місці. Зволожена під час осінніх дощів і перемерзша в зимові холоди, глина спучується і добре розпушується. Приготування саману починають з перемішування глини з піском до отримання однорідної маси, після чого в неї вводять попередньо змочену водою січку рослинного походження і перемішування триває. Отримана таким шляхом формовочна маса використовується для виготовлення блоків. Після формування, блок сушиться на протязі 7-15 діб. Склад саману залежить від жирності глини і може бути вибраний в межах від 1: 1 до 1: 4 (глина: пісок).

Технологія виготовлення саману нараховує тисячолітній досвід і практично не змінилася за останні кілька століть - примітивна опалубка з п'яти дощок і максимальне використання ручної праці. Самим вузькими і трудомісткими операціями є підготовка (перемішування) глиняної маси і формування виробів. У цьому напрямку, починаючи з 60-х років нашого століття, були зроблені широкомасштабні дослідження і технологічні рішення. Так в Англії, Латинській Америці були розроблені високопродуктивні преси, що створюють тиск більше 10 МПа і випускають відповідно 300, 500-600 штук саманових блоків в зміню.

Вітчизняні вчені, винахідники і конструктори так само протягом останніх п'ятдесяти років успішно вирішують питання збільшення продуктивності та підвищення якості саману. Так, отримані саманні блоки з межею міцності на стискання до 20 МПа.

Якісно виготовлений саманний блок повинен бути сухим, не мати тріщин і відколів, не ламатися при падінні з висоти двох метрів і не розвалюватися протягом не менше доби при знаходженні у воді. Стіни з саману викладаються на густому глиняному тісті або на аналогічній саманній масі. Товщина швів не повинна бути більш 1-1,5см. Досвід експлуатації саманових будинків показав їх хороші якості: приміщення сухі, теплі, і забезпечують необхідні параметри мікроклімату. Щоб уникнути замочування і погіршення якості саманових стін їх необхідно оберігати від атмосферних опадів шляхом збільшення звису дахів (карниза) не менше 0,6 м від поверхні

кладки. При зведенні будівель із саману слід враховувати їх підвищену деформативність і усадку.

Різновидом саману є цегла - сирець, яка представляє собою необпалений глиняний матеріал. Він може застосовуватися при кладці стін одноповерхових будинків або як заповнювач кам'яної кладки в середній частині при облицюванні звичайною обпаленою глиняною цеглою. Порядок виготовлення і будівництва стін з сирцевої цегли аналогічний вищеописаним процесам, але значно простіший. Таким чином, з урахуванням позитивних властивостей, при певній технологічній модернізації (впровадження бетоно- змішувального і пресового обладнання, ефективних транспортувальних і ґрунтовидобувних машин і механізмів та ін.) сирцева цегла і саман можуть бути конкурентоспроможними, успішно застосованими для зведення малоповерхових житлових будинків, громадських та виробничих будівель і споруд різного призначення.

Глинобитні матеріали та зведені з них об'єкти не набули великого поширення в наш час. Однак в комбінації з дерев'яним каркасом або для штукатурення та утеплення стін глинобитний матеріал є просто єдиним і незамінним, так як складові його компоненти є загальнодоступною сировиною. Приготування глинобитного матеріалу полягає в наступному: на заготовлену і покладену рівним шаром у великій ємності або ямі товщиною 10-15 см глину укладається послідовно шар соломи (різка очерету, коноплі і т.і.) і шар ґною. Можуть бути укладені і кілька таких шарів, але меншої товщини. Після цього всю масу поливають водою до верхнього рівня ємності або ями і перемішують шляхом розминання до утворення рівномірного густого тіста. При наявності змішувачів (бажано примусової дії) процес приготування глинобитної маси може бути модернізованим і прискореним, а, отже, і менш трудомістким. Зведення глинобитних споруд починається з влаштування каркасу. Перед зведенням глинобитних стін по фундаменту прокладається гідроізоляція. Укладання глинобитного матеріалу здійснюється шарами товщиною до 0,15-0,20 м з наступною підсушкою маси. Для забезпечення рівності стін укладку глинобитного матеріалу ведуть по шнуру з обрізкою зайвої маси лопаткою і вирівнюванням по правилу. Після обрізки укладеного шару по всьому периметру зовні і зсередини приступають до укладання нового шару. Дверні коробки встановлюють заздалегідь на своїх проектних місцях, а віконні прорізи можуть бути вирубані після висихання стін. Оштукатурювання глинобитних стін проводять розчином, що складається з двох частин глини, 1 частини піску, 1/8 частини вапняного тіста. Цією ж водою кроплять стіни перед оштукатурюванням. Після нанесення штукатурного шару і його підсушування роблять затірку. А після повного висихання стіни можна фарбувати. Глинобитні споруди відрізняються достатньою міцністю і хорошими теплофізичними показниками.

Землебит представляє собою ґрунтобетон, до складу якого входять наступні компоненти, в процентах за об'ємом: глина - 17-19; пісок - 57-59; гравій крупністю 3-7мм -3-5; пилуватий ґрунт - 19-21. Землебит готують з різних видів ґрунту крім торфу, або рослинного шару, дуже жирних і дуже пісних ґрунтів. До пісних ґрунтів додають до 30-40% глини, а в жирний ґрунт

вводять опісняючі добавки: солом'яну січку, тирсу, стружку, очеретяну різку, хвою і т.д. Крім того, можуть бути додані дрібні камені діаметром до 20 мм та інші домішки які сприяють зміцненню землєбиту і зниженню його теплопровідності. Залежно від наявності глинистих речовин в масу вводять певну оптимальну кількість утеплювача - від 4 до 15 кг / м<sup>3</sup>.

Землєбитні стіни зводяться двома способами: в дерев'яній опалубці, тобто між двома щитами, і між викладених зовнішньої і внутрішньої цегельних або сирцових стінок. Висота одного ярусу щитів (опалубки) повинна бути не більше одного метра, а товщина підготовленої неущільненої землєбитної суміші приймається 0,3-0,35 м, що забезпечує нормальне ущільнення і якість стін. При зведенні землєбитних стін в опалубці або формах дошки необхідно ретельно простругать, що забезпечить одержання гладкої рівної поверхні огорожі і зменшить витрати на виправлення дефектів. Землєбитні стіни армують солом'яною, різкою очерету, коноплі, льону та іншими матеріалами. Пошарово утрамбовують з таким розрахунком, щоб обсяг матеріалу зменшився в 1,8-2 рази і трамбовка відсакувала від нього. Для забезпечення якісного зчеплення шарів нижній утрамбований дряпають або частково розпушують на невелику глибину. Первісна міцність землєбита на стиск становить не менше 1,5 МПа, через кілька років вона може доходити до 10-12 МПа і більше.

Вдосконаленим варіантом землєбитних будівель є технологія зведення стін в опалубці з оболонкою. В щитову опалубку поміщається оболонка з водонепроникної тканини, в яку засипається і поступово пошарово трамбується ґрунт. Стикування окремих секцій здійснюється тим же ґрунтом після розбирання опалубки і установки спеціальних фартухів для перекриття швів. Склад землєбитної маси залежить від призначення будівлі (житловий будинок, тваринницьке приміщення, склад, виробнича будівля і т.д.) і може бути аналогічним вищенаведеним або не мати будь-яких компонентів. Землєбитні стіни довговічні і міцні, за технологічними показниками перевершують цегляні стіни з обпаленої цегли і можуть бути рекомендовані для будівництва житлових і виробничих одно-двоповерхових будівель в районах, де вони зможуть просохнути за літній період.

Розглянуті конструктивні матеріали з використанням неукріплених ґрунтів показують можливість їх використання замість інших дорогих матеріалів (цегли, бетону) там, де це дозволяють умови роботи ґрунта, використовуючи його позитивні властивості - внутрішнє зчеплення і взаємодію міжмолекулярних сил. Там же, де за умовами роботи конструкції з'являються розтягуючі напруження, потрібно армування ґрунту різними матеріалами.

Сучасні уявлення про роботу споруд з армованого ґрунту зводяться до схеми: слабкий ґрунт армується високоміцними діафрагмами, що пошарово укладаються в горизонтальному напрямку.

Одночасно з армуванням ґрунту розвивалися й інші напрямки поліпшення якісних характеристик ґрунту для будівельних цілей. Введення в ґрунт в'язучих речовин дозволило створити нові види матеріалів для будівництва - укріплені ґрунти, де використовуються найбільш ефективно

позитивні властивості незв'язаних ґрунтів - сили внутрішнього тертя і молекулярної взаємодії в'язучого з частками ґрунта. Нові матеріали - ґрунтобетони мають стабільні фізико-механічні властивості і знайшли широке поширення в будівництві. Зміцнення ґрунтів включає комплекс впливів на ґрунт: внесення в'язучих речовин та інших добавок в певних співвідношеннях з виконанням всіх технологічних операцій, пов'язаних з перемішуванням, укладанням та ущільненням, дотриманням режиму догляду за виробами. Зміцненням ґрунтів почали займатися ще древні будівельники. Паралельно йшов процес розвитку теорії та практичного впровадження.

Стабілізовані цементом ґрунти або цементоґрунти (ґрунтоцементи) набули широкого поширення в багатьох країнах світу і інтерес до їх використання не проходить до сих пір. З ґрунтоцементу влаштовуються основи і покриття доріг, зводяться ґрунтоцементні фундаменти і монолітні стіни будинків, формується стінова цегла і блоки і, навіть, покрівельна черепиця; при цьому використовується місцевий ґрунт, що виймається з-під об'єкта або будинку, що споруджується. На будівництво доставляється тільки цемент, частка якого за масою, як правило, невелика і складає 6-12%, тому матеріал вигідно готувати безпосередньо на місці, використовуючи для цього стаціонарні або мобільні пересувні лінії. Подібні лінії розроблені та виготовлені в зарубіжних країнах і в Росії. Проте досвід застосування ґрунтоцементних матеріалів показує, що в наших кліматичних умовах вони все ж малопридатні через недостатню водостійкість і повільний набір міцності матеріалу. Тому штучні матеріали необхідно виготовляти з метою наростання міцності заздалегідь і зберігати в приміщенні не менше двох тижнів. Міцність ґрунтоцементних виробів становить 5-7,5 МПа.

Для зміцнення цементом рекомендується зв'язані ґрунти від супіщаних до глинистих, що мають верхню межу пластичності ґрунтів не більше 45. Чим більше верхня межа пластичності ґрунтів, тим потрібна більші витрати цементу і тим складніше розподіляється в масі ґрунту цемент. При зміцненні пісків рекомендується вводити в них добавки суглинистих ґрунтів, що містять достатню кількість пилюватих і глинистих частинок з тим, щоб довести суміш до складу оптимального (супіщаного) ґрунту. Найкращі результати виходять при зміцненні піщаних ґрунтів. При обробці ґрунту цементом процеси гідролізу і гідратації і хімічні реакції посилюються або сповільнюються в залежності від складу поглинаючого комплексу ґрунту і його стану в процесі обробки [13, 14, 101, 104, 105, 172].

До недоліків, різко що знижують ефективність зміцнення ґрунтів, слід віднести недостатню технологічність процесу зміцнення ґрунтів, нерівномірний розподіл в'язучих речовин в суміші, недостатнє ущільнення готових виробів з укріпленого ґрунту, поганий догляд за укріпленим ґрунтом; не будь-які ґрунти можуть піддаватися зміцненню в'язучими речовинами. Навіть ті ґрунти, в основному супіщані і суглинки, які можуть бути піддані зміцненню при точному дотриманні рецептурно-технологічних параметрів, часом мають низькі показники якості або дефекти структури. Негативними властивостями володіють засолені і солонцюваті ґрунти, з вмістом більш 1% водорозчинних солей. Вміст у ґрунтах сірчано-кислих солей викликає при

обробці цементом утворення водорозчинних солей і зниження міцності цементогрунта при зволоженні. Не рекомендується зміцнювати цементом ґрунти з кислою реакцією (водневий показник рН менше 5), гумусові дерново-підзолисті і полуболотні ґрунти. Зміцнення таких ґрунтів вимагає ретельного лабораторного аналізу, підбору складу з попередніми дослідженнями якості та довговічності матеріалів з ґрунту, а так же дотримання технологічної дисципліни.

Для створення сприятливих умов при протікання фізичних і хімічних процесів між в'язучим, що вводиться, і ґрунтом найважливішу роль відіграє роздрібнення ґрунту і своєчасне його ущільнення при достатньої вологості. Приблизні норми введення портландцементу і оптимальна вологість ґрунту наведені в табл. 1.

Для забезпечення морозостійкості цементогрунтів в умовах можливості водонасичення слід проводити випробування на морозостійкість; суглинисті і глинисті ґрунти для досягнення морозостійкості вимагають не менше 9% цементу. Достатня міцність і водостійкість цементогрунта для несучих шарів або конструкцій досягається при нормі 6 - 12% залежно від типу ґрунту. З економічних міркування вважають недоцільним призначення більш 12 - 14% цементу.

Таблиця 1

Рекомендовані склади цементогрунта

Ґрунт	Норма в'язучого за масою,%	Оптимальна вологість до маси цементогрунта,%
1. Супіщані і гравелисті ґрунти оптимального складу	6-8	7-12
2. Супіщані ґрунти	8-10	9-15
3. Суглинні і пілуваті ґрунти	10-14	14-20
4. Важкосуглинисті і глинисті ґрунти і чорноземи	12-15	18-24

Змішування ґрунта з цементом проводиться різними пристроями або за допомогою спеціальної машини, яка перемішує і розподіляє оброблений ґрунт. Суміщення цементу з ґрунтом, що має вологість більше оптимальної, не допускається. Якщо вологість ґрунта менше оптимальної, то ґрунт дозволюється після чого проводиться повторне перемішування. Перемішування повинне закінчуватися до терміну схоплювання цементу, в межах 6-10 годин після початку суміщення цементу з ґрунтом. В сухих

районах, щоб уникнути швидкої втрати цементогрунтом вологи, рекомендується після ущільнення призвести розлив рідкого бітуму або емульсії по нормі 0,7 - 1,0 л / м<sup>2</sup>. Можна так само організувати захист плівкою або іншими водонепроникним матеріалом. Виконання робіт по зміцненню ґрунту цементом залежить від умов погоди. У дощову і вологу погоду загрожує небезпека перезволоження ґрунту, а в суху погоду ґрунт швидко висихає. Ці труднощі можуть бути усунені при змішанні в стаціонарній змішувальній установці з вивозом готової суміші для укладки при будівництві доріг. В цьому випадку підвищується рівномірність розподілу цементу і міцність цементогрунта. Цікавий метод зведення стін з використанням ґрунтоцементного бетону, який виробляється у вигляді суміші в бетономішалках і укладається в щитову збірно-розбірну опалубку. При цьому можуть бути використані високопродуктивні змішувальні установки періодичної дії, що може бути досить ефективним при масовій забудові. У той же час монолітний ґрунтоцементобетон більш однорідний і менш трудомісткий порівняно із стінами з штучних виробів.

Вапнування ґрунту застосовується давно, а технологія зміцнення ґрунту вапном знайшла поки недостатнє поширення, так як. отримані при цьому ґрунтобетони характеризуються меншою морозостійкістю і повільним набором міцності в порівнянні з цементогрунтом. Технологія по зміцненню ґрунту вапном мало відрізняється від описаної вище для цементу. Істотною відмінністю є терміни ущільнення готових виробів або вапняно-ґрунтових основ, які внаслідок повільного тужавлення вапна можуть здійснюватися в більш тривалі терміни. Для зміцнення ґрунту застосовують повітряне і гідравлічне вапно. Повітряне вапно вводять в порошокоподібному вигляді як негашене, так і гашене (гідратне) у кількості 5 - 12% по масі ґрунту в залежності від його виду. У табл.2 наведені склади ґрунтів.

Таблиця 2

Норми витрати вапна в ґрунтобетоні

Найменування ґрунту	Норма вапна по масі,%
Супіщані ґрунти та оптимальні суміші	4-6
Легкі та середні пилеватосуглинисті і глинисті ґрунти	5-8
Важкі пилеватосуглинисті і важкосуглинисті	7-9



При використанні меленого негашеного вапна, ущільнення суміші можна проводити не раніше, ніж через 10-12 годин після зволоження і перемішування, так як необхідний час для збільшення вапна в об'ємі в результаті її гідратації. В іншому випадку може бути порушена монолітність, утворені тріщини і нерівномірні деформації. Для повного забезпечення процесу гасіння негашеного вапна, в ґрунтобетонні суміші вводять воду більше від потрібної кількості для складу оптимальної вологості на 0,7-0,8 від маси вапна.

Кращі результати виходять при зміцненні вапном важких суглинків і глин, а при зміцненні кислих і гумунірованих ґрунтів вапно дає більший ефект в порівнянні з цементом при однакових витратах мінерального в'язучого. Ґрунти, які укріплюються вапном, повинні мати вологість границі плинності не більше 55% і число пластичності не менше 4. Глинисті ґрунти з числом пластичності від 17 до 27 зміцнюються одним вапном, а в піщані і супіщані ґрунти з числом пластичності менше 4 необхідно до введення вапна вносити добавки суглинку або золи-уносу. Торф'яні ґрунти і органічні вапняним в'язучим не зміцнюються.

Витрата вапна для зміцнення ґрунту значно менша, ніж при використанні цементу, так як додаткові порції вапна не сприяють значному підвищенню фізико-механічних показників.

Крім цементу і вапна для зміцнення ґрунтів можуть бути рекомендовані комплексні в'язучі, що складаються з цементу або вапна і золи, шлаку, різних відходів виробництва. Широко використовуються методи силікатизації і полімеризації. Ґрунтосилікатний бетон виходить при використанні тонко подрібнених доменних шлаків і лужного компонента (содо- поташевої суміші). При цьому витрата шлаку становлять від 15 до 30% від маси ґрунту, а вміст содо-поташевою суміші 2 - 3% від загальної маси ґрунту і шлаку. Ґрунтосилікатний бетон відрізняється підвищеною міцністю і морозостійкістю.

Встановлено, що не будь-які види ґрунтів і не у всіх випадках можуть піддаватися ефективному зміцненню, а багато ґрунтів для досягнення позитивного ефекту по міцності, морозостійкості вимагають ретельного підбору складу сумішей, точного дотримання правил виробництва робіт, великих енергетичних витрат. Компенсувати всі зазначені недоліки при укріпленні ґрунтів можна, як показали численні дослідження, тільки в разі комплексного використання в'язучих і волокнистих добавок в ґрунт. Останні, як армуючі елементи, вирівнюють відхилення міцності, деформативності по всьому конструктивному виробу. Але і в цьому випадку потрібні великі енергетичні витрати по перемішуванню ґрунту з волокнистими добавками і в'язучим, спеціальне обладнання по їх рівномірному розподілу; в тілі ґрунту виникають окремі зони, де волокнисті добавки і в'язучі мають найбільшу або найменшу концентрації. Тому вдосконалення технології виготовлення виробів з ґрунта має важливе значення.

Стіни малоповерхових будівель виконують несучі і огорожуючі функції. Згідно зі змінами до ДБН В.2.6-31: 2006 "Теплова ізоляція будівель" (вступили в силу з 1 липня 2013 року), зовнішні стіни при зведенні нового

житла або його реконструкції повинні мати такі мінімально допустимі значення опору теплопередачі: для першої температурної зони України -  $3,3 \text{ м}^2 \text{ К} / \text{Вт}$ , для другої -  $2,8 \text{ м}^2 \text{ К} / \text{Вт}$ . Для «пасивних» будинків опір теплопередачі приймається орієнтовно рівним  $10 \text{ м}^2 \text{ К} / \text{Вт}$ . При таких вимогах в стінах необхідно поділ несучих і термоізоляційних властивостей, тобто стіна повинна мати конструктивні елементи, що сприймають навантаження, і конструктивні елементи, що виконують теплозахисні властивості. Крім того, в конструкції стіни необхідний конструктивний елемент захисту від впливу зовнішньої вологи у вигляді дощу, а також механічних пошкоджень від людей, тварин або транспорту.

В якості несучого конструктивного елемента стін можуть застосовуватися дерев'яні стійки, саман (глинобетон) або блоки з ґрунтобетону. Як теплоізоляційний шар рекомендується приймати засипки з січки очерету, коноплі, льону, очеретяні мати, солом'яні тюки або композиційні матеріали на основі місцевого органічної сировини (рис. 1).

При виробництві ґрунтоблоків або влаштуванні стрічкових фундаментів або стінових елементів процес виконання робіт зводиться до наступних основних операцій: ручним або механізованим способом відривається траншея під майбутній стрічковий фундамент. Ґрунт з траншеї пропускається через валкову дробарку для розм'якшення агрегатів (грудок) або подрібнюється іншим способом до крупності не більше 2-3 мм, після чого завантажується в бетономішалку з необхідною кількістю вапна і води. Після перемішування готову суміш укладають шарами висотою по 0,15-0,20 м в траншею з ущільненням ручним способом або вібраторами. Вартість  $1 \text{ м}^3$  ґрунтобетонного фундаменту при такій технології в три-чотири рази нижче бетонного.

Таким чином, завдяки розвитку теорії взаємодії ґрунту з в'язучими створені нові матеріали на основі використання місцевих ґрунтів. Розроблені та впроваджені в практику різні види укріплених ґрунтів різного генезису і складу із застосуванням як неорганічних, так і органічних в'язучих матеріалів, наповнювачів та армуючих елементів. Закріплення ґрунтів і одержання з них конструктивних матеріалів є економічно вигідним заходом, що дозволяє зменшити вартість конструкцій в 1,5 - 2,5 рази порівняно з аналогічними конструкціями із традиційних матеріалів.

## **Висновки**

1. Вдосконалення конструкцій з використанням ґрунту для будівель і споруд різного призначення шляхом поліпшення структурних характеристик матеріалів при введенні комплексних мінеральних і органічних добавок спрямованого виду є актуальною задачею.
2. Матеріали та конструкції з ґрунтобетону володіють значною технологічністю, міцністю, водо- і морозостійкістю і експлуатаційною надійністю при низькому рівні засобів і трудовитрат.
3. Запропонована конструкція стінового огородження, що задовольняє сучасні норми опору теплопередачі.

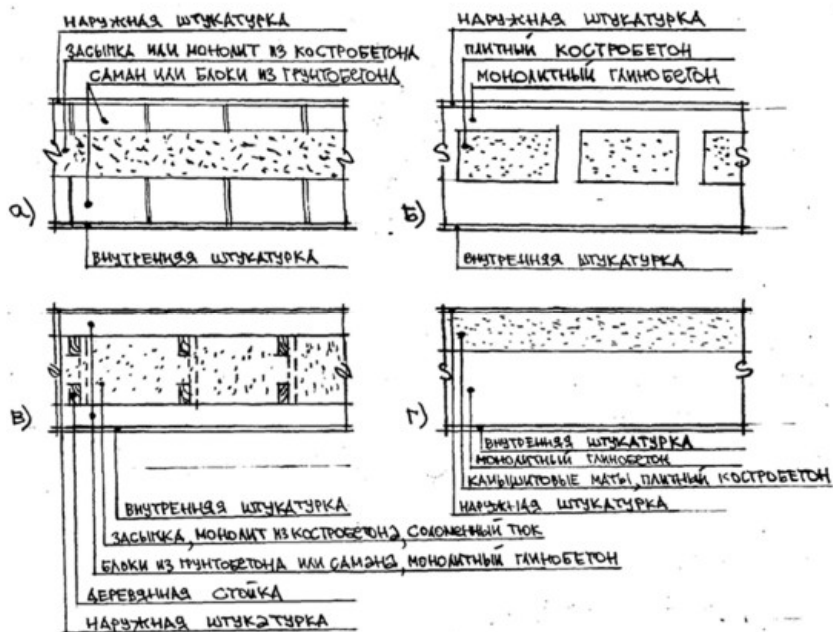


Рис. 1. Конструкції стін екобудівель: а) з блоків і утеплювача з засипки або монолітного костробетону; б) з монолітного глинобетону і кладшівів з плитного костробетону; в) із застосуванням дерев'яного каркаса; г) з монолітного глинобетону і утеплювача з комшистових мат або плитного костробетона

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Армированный грунт. Обзорная информация. - ЦБНТИ Минмонтажпечстроя СССР. Выпуск 3. - М., 1982. - 39 с.
2. Архипов И.И. Глиносирцовые материалы в сельском строительстве. - М.: Минсельхоз, 1960. - 80 с.
1. Автомобильных дорог. - М.: СоюздорНИИ, 1984. - 133 с.
2. Безрук В.М. Теоретические основы укрепления грунтов цементом. - М.: Автотрансиздат, 1956. — 248 с.
3. Безрук В.М. Укрепление фунтов в дорожном и аэродромном строительстве. - М., Транспорт. 1971. — 246 с.
4. Безрук В.М., Гурачков И.Л., Луканина Т.М. Укрепленные фунты

- (свойства и применение в дорожном и аэродромном строительстве). - М., Транспорт, 1982. - 231 с.
5. Бируля А.К. Дороги из местных материалов. — М.: Автотрансиздат, 1955.- 139 с.
  6. Бобович Б.Б., Девяткин В.В. М. Переработка отходов производства и потребления. - Интермет Инжиниринг, 2000. - 495 с.
  7. Богачева Т.В. Зарубежный опыт укрепления фунтов в дорожном строительстве. - М., 1966. — 36 с.
  8. Борисова Е.Г. Теоретические основы цементации грунтов известью// Грунтоведение. Кн. 3. - М.: МГУ, 1953. - С. 102-144.
  9. Володько В.П. Применение зол и шлаков тепловых электростанций в дорожном строительстве. - Киев, 1974. - 64 с.
  10. Горохов В.А. Дома из земли// Жилищно-коммунальное хозяйство. - 1987.-№7.-С. 27-28.
  11. Гончарова Л.В. Основы искусственного улучшения грунтов (техническая мелиорация грунтов). - М.: МГУ, 1973. — 376 с.
  12. Грищенко И. Дома из глиносоломы// Сельское строительство. - 1987. №7. - С. 27-28.
  13. Грушко И.М., Борщ И.М., Королев И.В. Дорожно-строительные материалы. - М., Транспорт, 1991. — 357 с.
  14. Зинюхина Н.В. Укрепление грунтов для строительства дорог и аэродромов. - М.: Высшая школа. 1971. - 121 с.
  15. Иерусалимская М.Ф. Гидрофобная известь и ее применение при строительстве дорожных одежд/ Труды СоюздорНИИ, выпуск 14. - М., 1966. - С. 39-59.
  16. Карахиниди С.Г. Использование золы как вторичного сырья в строительстве. - Фрунзе: Кыргызстан, 1990.- 121 с.
  17. Кизима С.С. Устройство одежд временных дорог и подъездов. - Киев, 1979.-87 с.
  18. Кочеткова Р.Г. Улучшение свойств глинистых фунтов стабилизаторами. - Автомобильные дороги. - №3. - 2006. - 25-28.
  19. Крутов П.И., Склизков Н.И., Терновский А.Д. Строительные материалы из местного сырья в сельском строительстве. - М.: Стройиздат. 1978. - 284 с.
  20. Крылов Б.А., Пазюк Ю.В. Применение грунтобетона в сельском строительстве/ Обзорная информация ВНИИИС. Серия 8. - М., 1986. - 60 с.
  21. Ланко А.В. Гидрофобизированные лессовые цементогрунты в дорожном строительстве. - Строительные материалы. - 2008. - №4. - С. 27-30.
  22. Левчановский Г.Н, Марков Л.А., Попандопуло Г.А. Укрепление фунтов известью в дорожном строительстве. - М.: Транспорт, 1977. — 149 с.
  23. Мищенко Н.Ф. Стабилизация и укрепление грунтов в аэродромном и дорожном строительстве. - Л., 1963. - 374 с.
  24. Мунтяну С. Саман// Сельское строительство. - 1988. - №9. - С. 55.
  25. Некрасов А.С., Якушев В.А. Снижение материалоемкости и трудозатрат

- в сельскохозяйственном строительстве. - М.: Стройиздат, 1980. - 192 с.
26. Нестеров В.В. Снижение материалоемкости и трудозатрат в сельскохозяйственном строительстве в условиях Сибири и Дальнего Востока. - Л.: Стройиздат, 1986. - 136 с.
  27. Пичугин А.П. Ремонт производственных сельскохозяйственных зданий и сооружений. - М.: Стройиздат, 1984. - 112 с.
  28. Пичугин А.П., Гришина В.А., Хританков В.Ф. Использование комплексных добавок для укрепления грунтов в сельском дорожном строительстве// Строительные материалы. - 2008. - № 10. - С. 36-38.
  29. Попов И.А. Грунтомагериалы в строительстве зданий. - М.: Изд-во Академии архитектуры СССР. 1944. - 144 с.
  30. Ржаницын Б.А. Химическое закрепление грунтов в строительстве. - М. Стройиздат, 1986. - 264 с.
  31. Сиденко В.М., Батраков О.Т., Леушин А.И. Технологии строительства автомобильных дорог. В 3-х частях. Часть II. Технологии строительства дорожных одежд. - Киев. Вища школа, 1970. -330 с.
  32. Стрижевский М.М., Тулькарров Е.С., Синельников И.Ю. Опыт возведения домов усадебного типа с монолитными стенами из грунтомагериалов// Архитектура и строительство Узбекистана. - 1987. - №4. - С. 32-34.
  33. Строкова В.В., Лютенко А.О., Ходыкин Е.И. Методика определения количества цемента для оптимального твердения грунтобетона. - Строительные материалы. - 2007. - №4. — С. 69-71.
  34. Щербакова Р.П., Могилевич В.М., Тюменцева О.В. Дорожные одежды из цементгрунтов. - М.: Транспорт, 1973. - 214 с.
  35. Языков И.К., Пичугин А.П. Долговечность гидрофобизированных грунтоблоков//Повышение долговечности конструкций сельскохозяйственных зданий и сооружений. Международный сб. научн. трудов. - Новосибирск, 1995. - С. 74-75.