

ДОСВІД РОЗРОБКИ І ВИКОРИСТАННЯ ЕФЕКТИВНИХ КОНСТРУКЦІЙ ФУНДАМЕНТІВ

Проведене аналіз дослідження конструкцій фундаментів під опори тришарнірних рам. Встановлені найбільш економічні та ефективні конструкції фундаментів.

Ключові слова: конструкції фундаментів, розпір.

Постановка проблеми. В Україні більше 70% територій складають лісові просадкові ґрунти, тому влаштуванню фундаментів під тришарнірні рами уділяється особлива увага.

Особливістю роботи фундаментів під п'ятами стійок тришарнірних залізобетонних рам є те, що вони сприймають одночасно як вертикальні, так і горизонтальні зусилля. При цьому розпір – горизонтальна складова похилого зусилля має значну величину, а кут нахилу рівнодіючої зусиль може досягати 40°. Тому фундаменти розробляються у вигляді асиметричних залізобетонних башмаків, розвинутих у бік дії горизонтального навантаження. Влаштовують також звичайні забивні пальові фундаменти.

Необхідність забезпечення стійкості і надійної роботи основи при дії на нього вертикальних і горизонтальних зусиль, а також задача зниження матеріаломісткості, трудомісткості і вартості фундаментів обумовлює складність рішення фундаментів під опори тришарнірних рам.

Це сприяє пошуку економічних і технічно обґрунтованих рішень фундаментів під опори рамних конструкцій сільськогосподарських виробничих будівель, розробці нових конструкцій фундаментів і способів їх влаштування, проведенню експериментальних досліджень та їх виробничому освоєнню.

Аналіз існуючих конструктивних рішень. Традиційна конструкція фундаменту під опори виробничих сільськогосподарських будівель з несучим каркасом з тришарнірних рам – це окремий залізобетонний асиметричний фундамент з горизонтальним розміщенням подошви. Такий фундамент увійшов у каталог типових виробів збірних залізобетонних конструкцій. Ці фундаменти рекомендується встановлювати безпосередньо на горизонтально сплановані основи при заляганні в основі пісків середньої крупності, а також крупно уламкових ґрунтів. Якщо в основі залягають глини, суглинки, тверді супеси, дрібні і пилюваті піски, під подошвою

фундаменту влаштовують підготовку з пошарово ущільнених пісків крупних, середньої крупності, гравійлистих або крупна уламкових ґрунтів на глибину не менше розрахункової глибини промерзання, але в усіх випадках не менше 0,5м. Допускається використовувати підготовку з важкого бетону (рис.1).

При заляганні в основах слабких глинистих ґрунтів розміри піщаної і бетонної подушки встановлюють розрахунком. Вище наведені рекомендації обумовлені тим, що фундамент з горизонтальним розміщенням подошви створює необхідний опір діючому горизонтальному зусиллю тільки при наявності в основі ґрунтів, які забезпечують високий питомий опір тертя матеріалу фундаменту по ґрунту.

Оскільки зсув фундаменту з горизонтальною подошвою трапляється безпосередньо по контактній поверхні подошви фундаменту і ґрунту, розрахунки стійкості основи за схемою плоского зсуву є для такої конструкції визначальними. При такому рішенні запас стійкості фундаменту проти плоского зсуву можна забезпечити шляхом спеціальних заходів, а саме, створенням піщаних і бетонних підготовок.

Результати випробувань фундаментів і основ при різних ґрунтах і кутах нахилу рівнодіючої дозволили розробити більш економічні полегшені фундаменти для рам прольотів від 12 до 21м з кроком 3 і 6м [1,2].

Стійкість фундаменту при плоскому зсуві може бути значно підвищена у разі влаштування похилої подошви фундаменту. Чим більший нахил подошви, тим менша сила зсуву. Для розпірних каркасів будівель, які монтуються із виробів Слущького заводу ЗБВ, БілНДДіпросільбуд запропонована конструкція фундаменту з похилою подошвою (рис.2) для будівлі з несучим каркасом з тришарнірних рам прольотом 18,0м і кроком 3,0м.

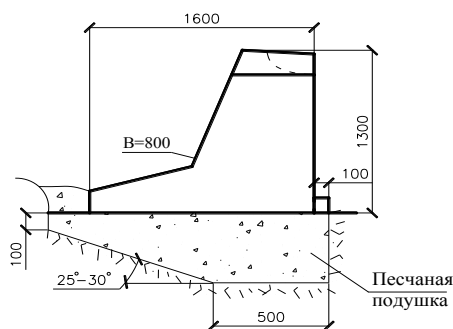


Рис. 1. Фундамент типу ФР–16–8 (серія 1.800–2.вип.1)

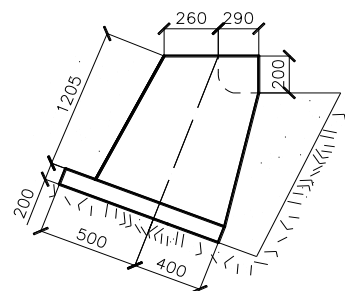


Рис.2. Блочний фундамент з похилою подошвою

Фундамент з похилою підшоною має цілу низку переваг у порівнянні з типовим. Перш за усе опір зсуву ґрунту по підшві перестає бути вирішальним фактором при призначенні розмірів фундаментів і глибини їх закладання.

Перевірка стійкості основи за схемою плоского зсуву показала достатній запас стійкості. Це створює можливість встановлення фундаменту безпосередньо на основу (якщо не рахувати влаштованого в необхідних випадках піщаного вирівнюючого шару товщиною 50-100мм) практично при будь-яких видах ґрунтів. Крім того, використання фундаменту з похилою підшоною дозволяє більш повно використовувати несучу здатність ґрунтів основи і власне прийняти оптимальні розміри фундаменту. Це дозволяє знизити витрати матеріалів і зменшити масу фундаменту.

Пензенський інженерно-будівельний інститут розробив фундамент під рами прольотом 18,2 і 20,6м, в якому опір зсуву фундаменту передбачено з розрахунку того, що рівнодіюча зовнішніх сил знаходиться у межах кута, обмеженого коефіцієнтом тертя бетону підшви фундаменту по ґрунту (рис. 3). Стійкість фундаменту проти зсуву по ґрунту може бути досягнута за рахунок збільшення лобового опору. Так, розроблений другий тип фундаменту, який для підсилення лобового опору зсуву по ґрунту доповнений спеціальною вертикальною стінкою, яка входить в конструкцію фундаменту (рис. 4).

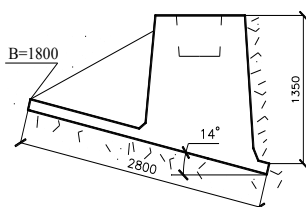


Рис.3. Блочний фундамент з розвинутою похилою підшоною

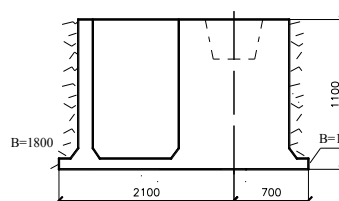


Рис. 4. Блочний фундамент з додатковою вертикальною стінкою

Збільшення опору зсуву фундаменту досягають бетонною підготовкою зубчастої конфігурації. При будівництві будівель прольотом 18,6 і 21м з кроком рам 4м передбачена бетонна підготовка з улаштуванням уступів для утримання фундаменту підготовки від ковзання по ґрунту(рис. 5).

Створено залізобетонний фундаментний башмак, який для збільшення опору зсуву по ґрунту доповнений зубом. Його влаштовують на підготовці з бетону В10 товщиною 100мм (рис. 6).

Для створення надійного і економічного фундаменту під стояк тришарнірної рами, здатного сприймати розпірне зусилля будь-якої

величини, за участю автора розроблена конструкція кутового фундаменту (рис.7).

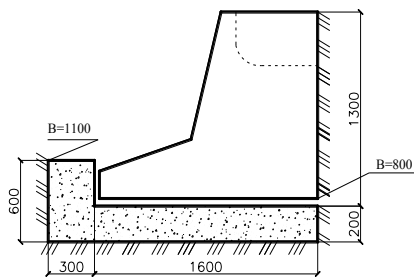


Рис.5. Блочний фундамент з горизонтальною подушкою

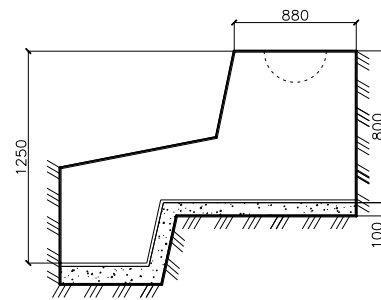


Рис.6. Блочний фундамент з переднім зубом

Фундамент розміщують в несучому шарі ґрунту і надають йому спеціальну кутову форму поперечного перерізу, з будь-яким можливим кутом розкриття полиць α : прямокутним, розвалкованим або звалкованим кутами внутрішнім поперечним ребром (або системою ребер), яке передає горизонтальну або нахилену складову зусилля від п'яти рами H на лобову стінку фундаменту, від неї на укладений в розпір шар бетону або засипки на вертикальну або похилу поверхню ґрунту непорушеної або ущільненої структури. Вертикальну складову реакції опори V сприймає фундаментна плита (подушка), наприклад, горизонтальна полиця кутового фундаменту [1,2].

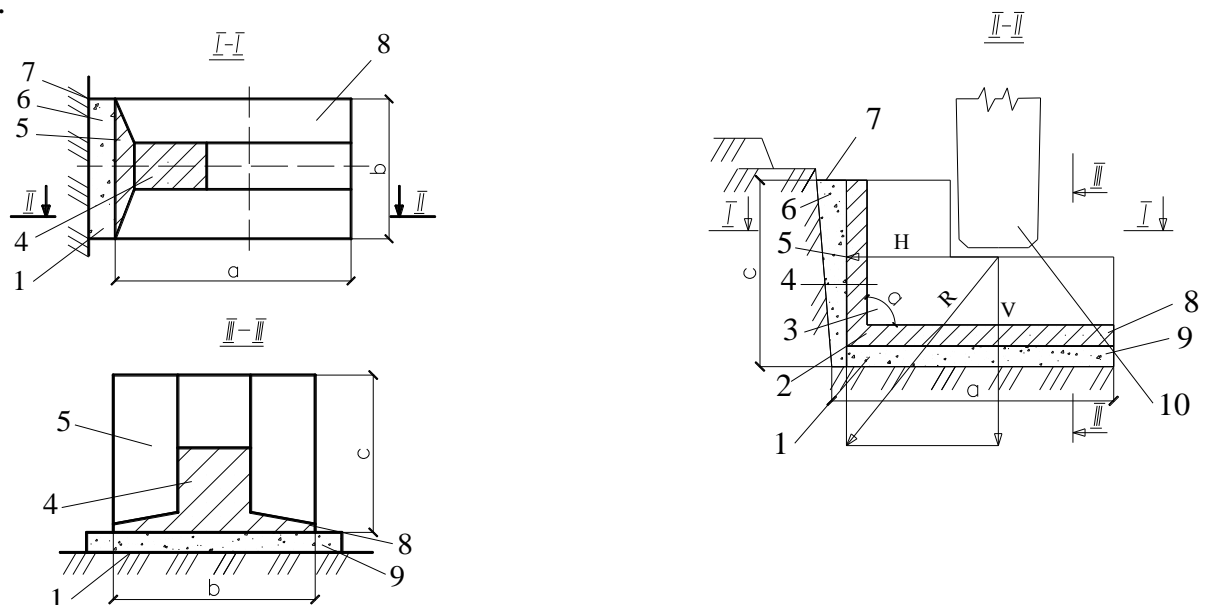


Рис.7. Кутовий фундамент:

1–несучий шар ґрунту; 2–кутиковий фундамент; 3–кут 90–120°; 4–поперечне ребро; 5–лобова стінка; 6– шар бетону ущільненого щебеню, піску; 7–поверхня ґрунту, непорушеної або втрамбованої структури; 8–подушка; 9– підготовка; 10–п'ята стійки рами

Розміри лобової стінки фундаменту, яка передає горизонтальну або похилу складову реакції п'яти Н, також необхідно розраховувати. Визначають також тиск на ґрунт і переміщення фундаменту, які не повинні перевищувати нормованих значень.

Фундамент під стояк тришарнірної рами може бути окремим, стрічковим, збірним, складеним, збірно-монолітним або монолітним в залежності від виробничих умов і можливостей будівництва.

Зазор (пазуха) клиновидної форми, який утворився між лобовою поверхнею кутового фундаменту і ґрунтом з непорушеною або ущільненою структурою ретельно бетонують пошарово (в розпір) заповнюють щебенем, піском, піщано-гравійною або піщане щебеневою сумішшю.

Для сільськогосподарських виробничих будівель з каркасами з тришарнірних рам широко використовуються пальові фундаменти. Палі такого фундаменту має достатньо поздовжній переріз і розвинуту довжину, які забезпечують з одного боку потрібний опір ґрунту повороту палі у площині дії навантаження, а з другого боку обумовлюється ще і конструктивними рішеннями, пов'язаними з вирішенням вузла опирання рами в стіновій панелі на фундамент.

В деяких випадках використовують призматичні залізобетонні палі суцільного трапецієподібного перерізу. У голові палі для опирання стояка рами влаштовують закладну деталь. Прийнято клас бетону В30. Ці палі перерізом 220x450x500мм, 3,5м довжини сприймають горизонтальне навантаження 17т або вертикальну 18т. Вони значно дешевше фундаментних башмаків з горизонтальною підшовою і бетонною підготовкою [2].

Порівняння різних варіантів фундаментів показують, що фундамент з двох похилих паль із залізобетонним ростверком є неекономічним. Ефективніше виявився блоковий фундамент із похилою підшовою. Однак пальові фундаменти з одиночних паль можуть застосовуватися при усіх видах ґрунтів, у яких не можуть бути застосовані блокові фундаменти (рис.8, 9).

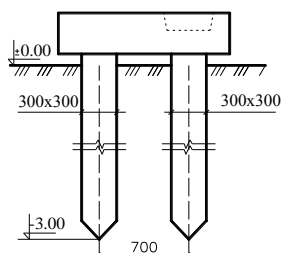


Рис. 8. Фундамент з двома палями і збірним залізобетонним ростверком

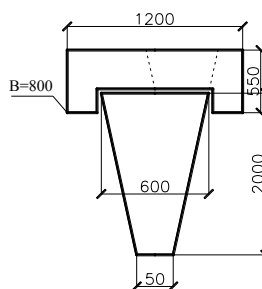


Рис. 9. Пірамідальна палія зі збірним залізобетон. оголовком

Застосовують палеві фундаменти з коротких пірамідальних забивних палей [1,2]. Під кожен стійку рами влаштовують палевий фундамент, який складається з двох частин: власне пірамідальної палі і збірного залізобетонного ростверку, що вдягається на палі таким чином, щоби утворити гніздо для установки стояка піврами (рис.9). Розміри пірамідальної палі становлять: довжина 2,0м, переріз у голові 0,6 х 0,6м, переріз у підшві 0,05х0,05м. Розміри ростверку стакану складає: 0,55 х 1,0 х 1,2м. Фундаменти з пірамідальних палей більш економічні східчастих фундаментних башмаків з підготовкою (рис 10). Існує конструкція пірамідальної палі під рами без чильника (рис 11).

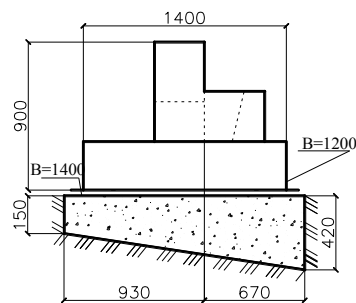


Рис. 10. Блочний ступінчатий фундамент з бетонною підготовкою

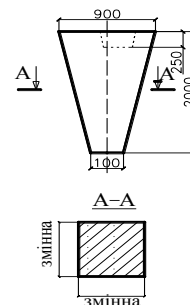


Рис. 11. Палія пірамідальна

Для багатьох типів ґрунтів рекомендують палі забивні таврового перерізу з консоллю, конструкція якої досить економічна (рис.12). Наявність консолі викликає в перерізі палі момент, протилежний за знаком.

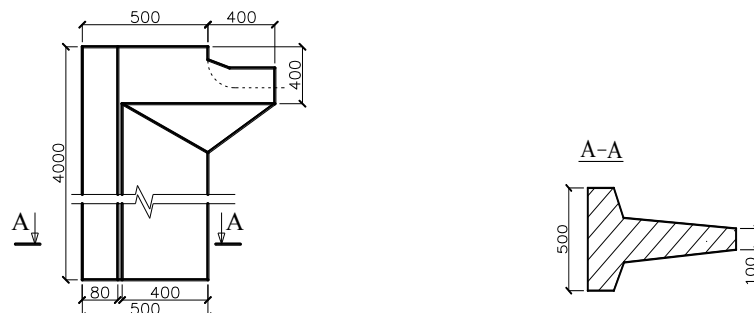


Рис. 12. Палія таврового перерізу з консоллю

Розроблені конструкції буронабивної палі з ущільненим ядром (рис.13) і асиметрично блокового фундаменту (рис.14).

Розробка фундаментів для будинків з несучим каркасом із тришарнірних рам не повинна бути обмежена одним або двома типами універсальних конструктивних рішень. Різноманіття ґрунтових умов, різний стан виробничої бази і механічна озброєність будівельних організацій обумовлюють необхідність розробки і застосування різних типів фундаментів.

При будівництві сільськогосподарських будинків з несучим каркасом із тришарнірних рам у першу чергу можуть бути рекомендовані залізобетонні фундаменти з похилою підошвою. Їх можна застосовувати на піщаній основі та на глинистих ґрунтах.

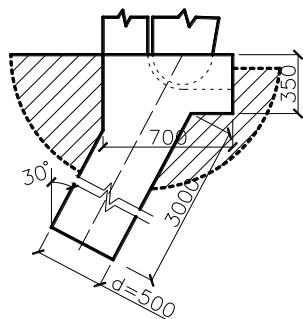


Рис.13. Паля буронабивна із ущільненим ядром

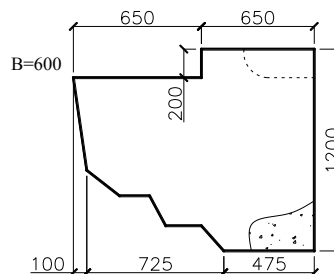


Рис. 14. Асиметричний блочний фундамент

У широкому діапазоні ґрунтових умов як фундаменти для будинків з несучими каркасами їх тришарнірних рам можна використовувати залізобетонні палі з різною формою поперечного перерізу.

За техніко-економічними показниками ефективними фундаментами для будинків з несучим каркасом із тришарнірних рам у ґрунтових умовах I типу за просадочністю є: буронабивна похила паля з ущільненим ядром, асиметричний фундамент у витрамбованому котловані з похилою або східчастою підошвою, клиноподібна паля з консоллю, забивний блок ЗБР і блок-паля перемінного таврового перерізу.

Автором проведене узагальнення досвіду проектування і будівництва конструкцій палевих фундаментів під тришарнірні залізобетонні рами (табл.1) [2]. Як видно з табл.1 більш індустріальною й економічною конструкцією є фундаменти у вигляді пірамідальних палей (варіант 1). У порівнянні з фундаментами серії 1.800-2 вони більш економічні як за вартістю, так і за трудомісткістю зведення (майже у 3 рази). Пірамідальні палі успішно застосовують у багатьох областях України.

Форма пірамідальної палі як фундаменту під розпірні конструкції не є оптимальною. Статична робота такої палі в ґрунті при похилому навантаженні недостатньо ефективна. Напруження, що виникає на контакті «паля-ґрунт», нерівномірне, що сприяє її повороту в ґрунті.

У деяких областях України під розпірні конструкції застосовують фундаменти у вигляді двох вертикальних палей перерізом 300x300мм із монолітним ростверком. Палі розташовані по лінії дії горизонтального навантаження. Улаштування цього фундаменту (варіант II) менш трудомістке

у порівнянні зі збірними залізобетонними башмаками, що вимагає підвищеної витрати бетону і сталі.

Таблиця 1

Конструктивне рішення пальових фундаментів, застосованих під тришарнірні залізобетонні рами прольотом 21м

Варианти	Конструктивне рішення	Крок рам, м	Розрахункові навантаження на фундамент, т			Витрати матеріалів на один фундамент	
			вертикальна (P)	горизонтальна (H)	вага стіни (Pc)	бетону, м ³	сталі, кг
I		6	15,4	15,1	4,2	0,59	38,25
II		4	12,3	11,3	7,7	1,38	115,0
III		6	21,3	20,8	10,4	2,4	45,7
IV		6	29,0	22,4	3,1	1,0	101,0
V		4	20,91	19,21	7,7	1,5	100,0
VI		6	15,35	13,5	5,8	0,46	21,85
VII		4	14,4	9,8	3,0	0,48	60,0
VIII		6	15,0	13,5	3,0	0,75	70,0
IX		6	15,0	13,5	3,0	0,6	20,0

У Черкаській області застосовують конструкції фундаменту, які складаються з двох забивних залізобетонних кесонних блоків КФ-2 висотою 1,5м, перетином зверху 900х900мм, знизу 500х500мм на які ставиться фундаментний башмак Ф-21 (варіант III). Цей варіант фундаменту за витратами сталі найбільш прийнятний, але він трудомісткий.

У Чернігівській області впроваджують залізобетонну палю з консоллю СКР-4 (варіант IV). Довжина палі становить 4,3м, переріз від 500х400мм

(угорі) до 200x400мм унизу на відстані 2м. Тому на консоль насаджують стакан-шайбу СШ-1 із гніздом для п'яти рами.

Консоль дозволяє передавати вертикальне навантаження з ексцентриситетом щодо центру ваги поперечного перерізу палі. Цей фундамент можна застосовувати при будівництві на майданчиках з нерівним рельєфом і на слабких ґрунтах, де може бути виправдана велика витрата сталі на палі.

КНУБА розробив [2] нову конструкцію пальового фундаменту під п'ять рами. Фундамент складається з однієї або двох забивних призматичних паль довжиною до 3м і однієї пірамідальної тригранної або чотиригранної палі довжиною до 2м, що забивається з боку зворотної дії горизонтального навантаження. Палі об'єднали ростверком (варіант V). Однак такий фундамент відрізняється великою кількістю деталей та витратами бетону і сталі.

ЦНИИЭПсельстроем випробувані і упродовжені фундаменти у вигляді забивного блоку (варіант IX), що являє собою усічену піраміду з невеликими кутами нахилу граней. Розміри верхньої грані блоку 900x600мм, нижній 800x600мм. Висота блоку становить 1,3м. Гніздо для установки п'яти рами зміщено щодо центра ваги верхньої грані убік, протилежному напрямку дії горизонтального навантаження. На виготовлення фундаментів типу ЗБР витрачається бетону стільки ж, як і для пірамідальних паль, а сталі – у 2 рази менше. При всіх позитивних якостях такого типу фундаменту велика площа нижньої основи, що занурюється в ґрунт, дозволяє застосовувати його тільки в слабких ґрунтах.

Конструкція забивної залізобетонної палі таврового перерізу представлена у варіанті VII, вписується в квадрат розміром 500x500 мм. Паля має консоль вильотом 400мм, що дає можливість передавати навантаження від вертикальної сили з ексцентриситетом відносно центру ваги поперечного перерізу.

Переріз геометричної форми і консолі дозволяє підвищити несучу здатність палі. Однак складність у виготовленні і великі витрати сталі ускладнює в її застосуванні.

Для експериментального будівництва на просадних ґрунтах розроблена конструкція палі, що має клиноподібну форму (варіант VIII) з верхньою основою 800x600мм і нижнім 800x100мм. Паля висотою півтора метри має однібічну консоль, розташовану в протилежному напрямку дії розпору, що дозволяє змістити гніздо для опирання п'яти рами ексцентрично відносно центру ваги перерізу палі, зменшити її величину згинаючого моменту і величину її горизонтального переміщення (рис.15).

Клиноподібна форма палі дозволяє повніше, ніж пірамідальна, використовувати відпор ґрунту на рівні вістря за рахунок збереження постійної ширини грані, перпендикулярної до напрямку розпору. Однак, при зануренні клиноподібної палі, також як і для пірамідальної, потрібне улаштування приямка для попередньої установки перед зануренням у ґрунт, що викликає незручність у виробництві роботи і додаткові витрати. Крім того, ця паля матеріаломістка за витратами сталі.

За участю автора [1,2] розроблена конструкція забивного блоку-палі, що виконаний у вигляді тавра змінного перерізу по довжині з невеликими (близько 5 градусів) кутами нахилу граней до вертикалі (варіант VI). Стакан для опирання п'яти рами зміщений відносно центру ваги конструкції з ексцентриситетом, що забезпечує рівномірний тиск передньої стінки і підшви фундаменту на ґрунт. Конструкція блоків-паль удосконалена: переріз зменшений за рахунок пристрою верхньої частини ребра двобічної консолі, які необхідні для опирання фундаментних балок (рис 16).

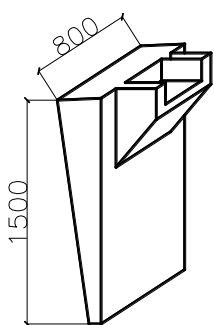


Рис.15. Клиноподібна паля з консоллю

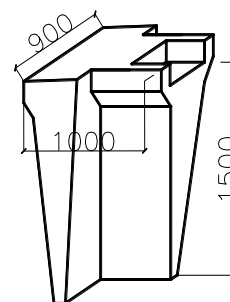


Рис.16. Блок-паля змінного таврового перерізу з консолями

Для рівномірного занурення фундаменту в ґрунт консоль влаштована у верхній частині передньої стінки. Консоль сприяє ущільненню ґрунту і зменшенню призми випирання ґрунту. Розміри верхньої основи складають: стінки – 900х400мм, ребра – 600х500мм, нижньої основи: стінки – 700х100мм, ребра – 600х100мм, висота блоку-палі – 1,5м.

Аналіз свідчить про те, що розроблена конструкція фундаменту (варіант VI), є найбільш прийнятною, оскільки має позитивні якості, властиві кожному типові фундаменту окремо, а саме: велику площу бічної поверхні (як у таврової палі); ухил грані, що наближається до ухилу пірамідальної палі; розширену стінку (як у клиноподібної палі).

При визначенні ступеню ефективності фундаменту під тришарнірні рами необхідно виходити з таких положень: робота конструкції фундаменту на межі фундамент-ґрунт повинна бути рівномірною, щоби сума моментів відносно точки повороту фундаменту від вертикальних і горизонтальних

складових максимально наближалися до нуля; фундамент повинен відповідати максимальній несучій здатності на горизонтальне і вертикальне навантаження при мінімальній витраті бетону і сталі.

Таким чином, блок-паля таврового змінного перерізу (варіант VI) є найбільш ефективним рішенням і найменш матеріаломісткою конструкцією, яка сприймає розпір, що відповідає усім пропонованим вимогам. Такий фундамент після експериментальної перевірки рекомендується для широкого застосування при будівництві каркасів сільськогосподарських, виробничих, громадських й інших будинків.

Висновки. Різноманітність ґрунтових умов, різні можливості виробничих баз будівельних організацій обумовлюють необхідність розробки і використання різних типів фундаментів.

При будівництві каркасних будинків з тришарнірних залізобетонних рам можуть бути рекомендовані такі найбільш ефективні та найменш матеріаломісткі конструкції фундаментів: залізобетонні фундаменти з похилою подошвою (на піщаній основі і на глинистих ґрунтах); буронабивна паля з ущільненням ядром (в ґрунтових умовах 1 типу просадочності); асиметричний фундамент в витрамбованому котловані з похилою або ступінчатою подошвою; клиновидна паля з консоллю; забивної блок ЗБР; блок - паля перемінного таврового перерізу (з консолями); пальовий фундамент зі збірним ростверком з коротких елементів; паля з вертикальних елементів, об'єднаних діафрагмами СВД. Використання ефективних паль СВД дозволяє зменшити вартість фундаменту за рахунок зниження на 40-50% витрат бетону і сталі та зниження в 2-3 рази трудомісткість возведення фундаменту.

Список використаних джерел.

1. Першаков В.М. Автореферат докторської дисертації. Створення ефективних типів залізобетонних рамних конструкцій з несучими елементами змінного перерізу. - К.: КНУБА, 2012.-40с.
2. Першаков В.М. Каркасні будинки з тришарнірних залізобетонних рам. Монографія. –К.: Книжкове видавництво НАУ, 2007.-301с.

Аннотация

Проведен анализ исследования конструкций фундаментов под опору трехшарнирных рам. Установлены наиболее экономичные и эффективные конструкции фундаментов.

Ключевые слова: конструкции фундаментов, распор.