

9. ОСНОВИ ЕКОНОМІЧНОСТІ ФУНДАМЕНТОБУДУВАННЯ

9.1. ЗАВДАННЯ ВАРІАНТНОСТІ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ОСНОВ І ФУНДАМЕНТІВ

Головні принципи проектування основ та фундаментів будівель і споруд такі: *економічність* (основи й фундаменти будівель, що проектують у конкретних умовах, повинні мати найменшу вартість); *швидкість будування* (нульовий цикл має бути виконаний у найкоротший строк); *максимальне використання несучої здатності основ і фундаментів* (застосування при проектуванні сучасних досягнень у галузі механіки ґрунтів і фундаментобудування); *надійність* (здатність основ та фундаментів сприймати навантаження протягом усього строку служби споруди без порушення умов його нормальної експлуатації).

У процесі варіантного проектування вибирають найбільш економічне, технологічне, надійне вирішення, яке дає змогу максимально використовувати несучу здатність основ. Залежно від способу передачі навантаження від надземної частини фундаменти будівель і споруд можна розділити на чотири основні групи: під несучі стіни (рис. 9.1); під колони каркасів й естакад (рис. 9.2); під стояки несучих розпірних конструкцій (рис. 9.3) та окремі фундаменти під споруди баштового типу (рис. 9.4).

Вибір основ і ефективної конструкції фундаменту є складним комплексним завданням, що потребує врахування численних факторів. Головні серед них – інженерно-геологічні умови, конструктивні особливості споруд, техніко-економічні умови виконання робіт тощо. В усіх випадках слід прагнути розташовувати споруди на ділянках із сприятливими інженерно-геологічними умовами. При цьому необхідно враховувати вимоги земельного законодавства щодо збереження природних земель для землеробства та охорони навколишнього природного середовища.

Для подальшого розгляду приймемо умовний розподіл ґрунтів на три категорії: *придатні для природної основи* – глинисті ґрунти від тугопластичних до текучопластичних, піски середньої щільності ($R=100\dots250$ кПа); *слабкі* – текучі глинисті ґрунти, заторфовані мули, незлежалі насипи та інші ґрунти ($R<100$ кПа); *щільні* – тверді й напівтверді глинисті, великоуламкові, щільні піщані, скельні ґрунти ($R>250$ кПа). Різноманітність ґрунтів основ можна представити у вигляді шести схем (рис. 9.5), згідно з якими основи можуть бути складені з шарів ґрунту, витриманих за глибиною і простяганням ($I-V$), а також із виклинюючих шарів та лінз (VI).

За рельєфом ділянки будівництва поділяють на рівнинні і косогірні. На косогірних ділянках необхідно оцінювати стійкість схилу, а також можливість випинання ґрунту з-під фундаменту.

Значною мірою на вибір виду й конструкції фундаменту впливає рівень ґрунтових вод. У зв'язку з цим будівельні майданчики ділять на три типи: *необводнені* – фундаменти можна розміщувати вище від рівня підземних вод, тоді не виникають ускладнення при зведенні та експлуатації підземної частини

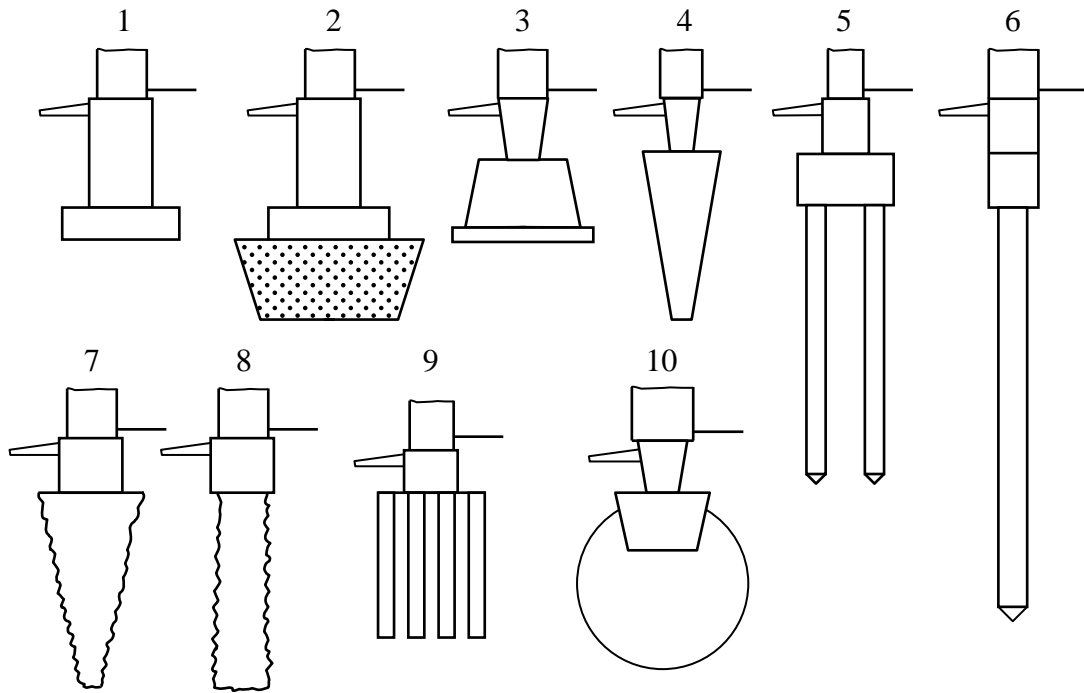


Рис. 9.1. Фундаменти під несучі стіни:

1 – стрічкові; 2 – на штучних основах; 3 – окремі фундаменти з балками; 4 – пірамідальні палі; 5, 6 – призматичні забивні палі; 7 – конусні набивні палі; 8 – циліндричні набивні палі; 9 – ґрунтоцементні палі; 10 – фундаменти у витрамбуваних котлованах

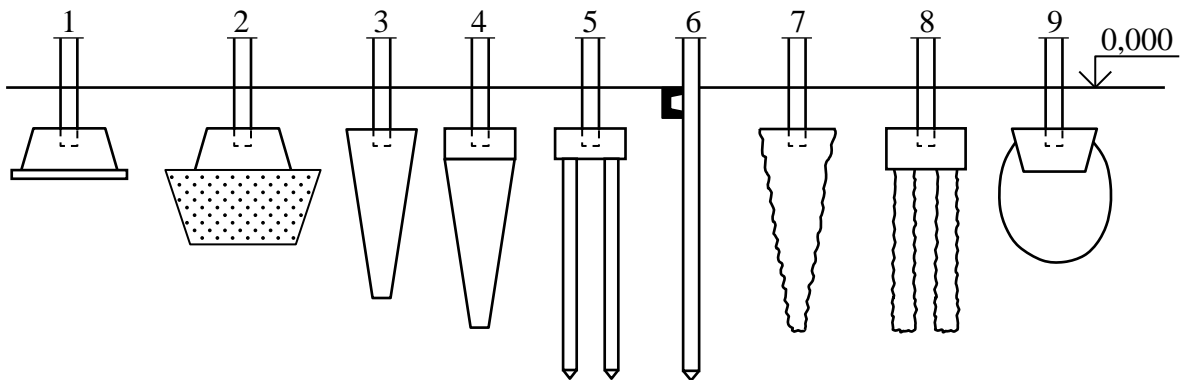


Рис. 9.2. Фундаменти під колони каркасів і естакад:

1 – стовпчастий; 2 – на штучній основі; 3, 4 – пірамідальні палі; 5 – призматичні забивні палі; 6 – паля-колонна; 7, 8 – набивні палі; 9 – фундамент у витрамбуваних котлованах

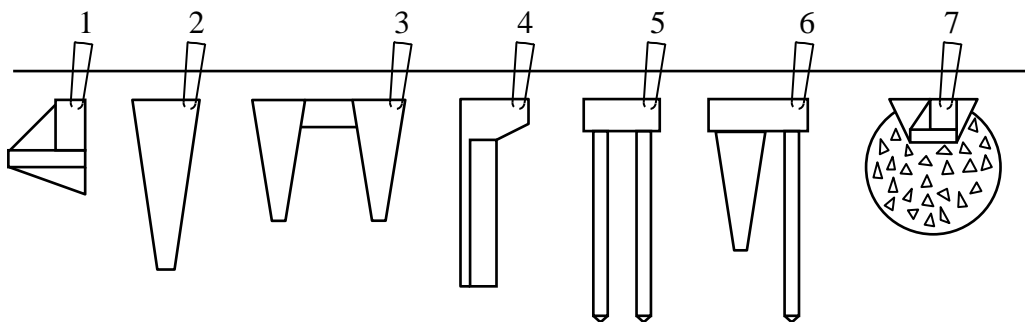


Рис. 9.3. Фундаменти під стояки несучих розпірних конструкцій:

1 – асиметричний окремий фундамент; 2, 3 – пірамідальні палі; 4 – палі таврового перетину з консоллю; 5 – кущ призматичних забивних палей; 6 – кущ із пірамідальних та призматичних палей; 7 – фундамент у витрамбуваному котловані

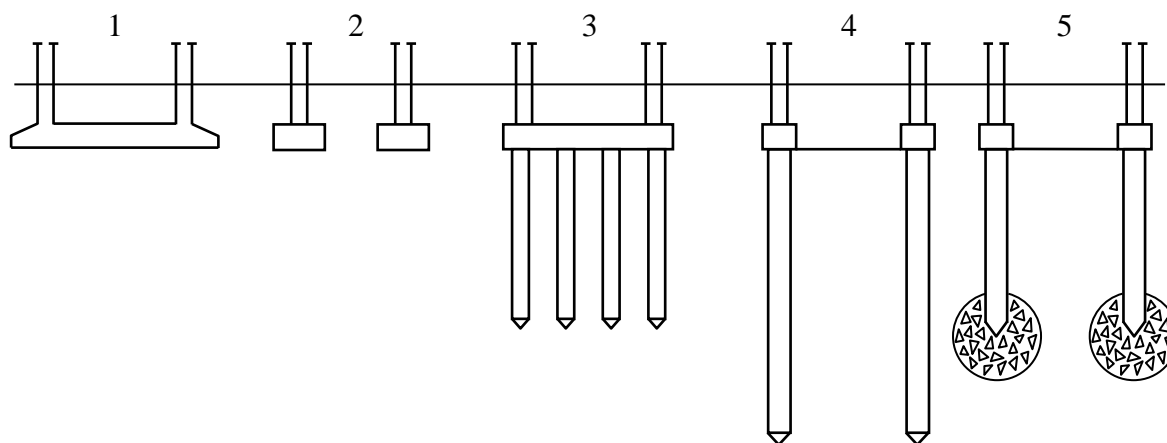


Рис. 9.4. Окремі фундаменти під споруди баштового типу:
 1 – суцільна залізобетонна плита; 2, – кільцева залізобетонна плита; 3 – куц забивних паль; 4 – кільцевий пальовий фундамент; 5 – фундамент у пробитих свердловинах із розширенням у нижній частині з утрамбованого щебеню

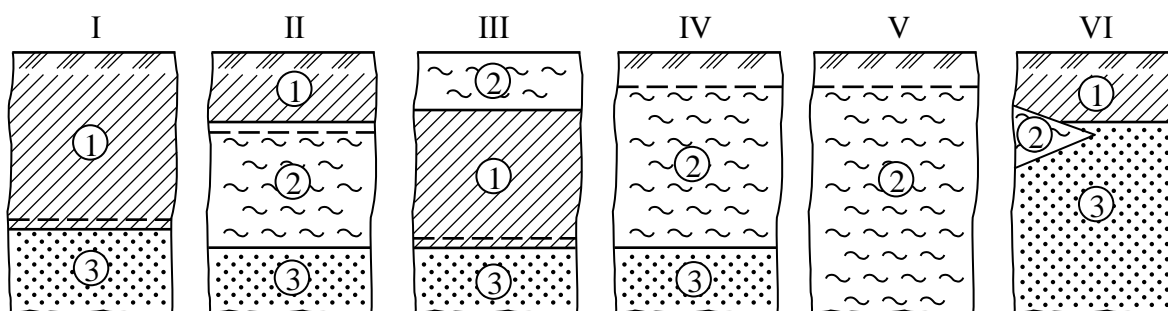


Рис. 9.5. Схеми типових напластувань ґрунтів (I–VI):
 1 – придатні; 2 – слабкі; 3 – щільні

споруди; *обводнені* – ґрунтові води залягають вище від подошви фундаментів, що ускладнює будівництво підземної частини споруди і її експлуатацію; необхідні влаштування надійної гідроізоляції й захист від агресивної дії підземних вод; *покриті водою* – будівництво треба вести на намулених або відсипаних ділянках, що визначає конструктивні особливості фундаментів та способи виконання робіт.

Варіантне проектування виконують у такій послідовності: визначають усі реальні в даних конкретних умовах варіанти фундаментів, для цього можна скористатися рекомендаціями таблиці 9.1; виконують розрахунки відібраних варіантів типового перерізу фундаментів для визначення їх розмірів і матеріаломісткості; проводять техніко-економічне порівняння варіантів та відбір найбільш ефективного, економічного, надійного й т. д.

Найбільш економічний варіант фундаменту вибирають з урахуванням наведених затрат Π , які визначають разом з експлуатаційними витратами за формулою

$$\Pi = C + E_n \cdot K_1 + (I / E_n), \quad (9.1)$$

де C – собівартість фундаменту, грн.; E_n – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень, 1/рік ($E_n=0,12$); K_1 – капітальні вкладення в основні

виробничі фонди та вкладення в оборотні кошти, грн.,

$$K_1 = K_m + K_t + K_0, \quad (9.2)$$

де K_m , K_t – капітальні вкладення в основні виробничі фонди у сфері будівництва відповідно на придбання будівельних машин та засобів транспорту, грн./рік; K_0 – капітальні вкладення в оборотні фонди, незавершене будівництво і в складання запасу основних будівельних матеріалів, грн.;

I – експлуатаційні витрати, грн.,

$$I = 1,08 \cdot C \cdot \frac{A_1 + A_2}{100}, \quad (9.3)$$

де A_1 та A_2 – відповідно відрахування на амортизацію, поточний ремонт й утримання конструкцій; установлюють згідно з таблицею 9.2 у відсотках.

Таблиця 9.1. Рекомендовані конструкції фундаментів будівель і споруд

Ґрунтові умови	Фундаменти						Палі							
	стрічкові	симетричні чи асиметричні стовпчасті	суцільна або кільцева плита	на штучній основі	у витрамбовуваних котлованах		забивні призматичні	забивні пірамідальні	забивні палі-колони	забивні таврові з консолями	пірамідальні і призматичні	короткі буронабивні	конічні набивні	ґрунтоцементні палі
					звичайні	із розширенням								
<i>Фундаменти під несучі стіни</i>														
I	+	+	-	-	+	+	+	+	-	-	-	+	+	+
II	+	+	-	+	-	-	+	+	-	-	-	-	-	+
III	+	+	-	-	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+
IV	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+
V	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+
VI	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+
<i>Фундаменти під колони безрозпірних несучих конструкцій</i>														
I	-	+	-	-	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+
II	-	+	-	-	+	-	+	+	+	-	-	-	+	+
III	-	+	-	-	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+
IV	-	-	-	+	-	-	+	-	+	+	-	-	-	+
V	-	-	-	+	-	+	+	-	+	-	-	-	-	+
VI	-	-	-	+	-	-	+	-	+	+	-	-	-	+
<i>Фундаменти під стійки розпірних несучих конструкцій</i>														
I	-	+	-	-	+	-	+	+	-	+	+	-	+	-
II	-	+	-	-	+	-	+	+	-	-	+	-	-	-
III	-	+	-	-	-	-	+	+	-	+	+	-	-	-
IV	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
V	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
VI	-	-	-	+	-	-	+	+	-	+	+	-	-	-
<i>Окремі фундаменти під споруди баштового типу</i>														
I	-	-	+	-	-	+	+	+	-	-	-	+	+	+
II	-	-	+	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	+
III	-	-	+	-	-	+	+	+	-	-	-	+	+	+
IV	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+
V	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+
VI	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+

Примітка. Знаком ”+“ відмічені рекомендовані конструкції; знаком ”-“ – не рекомендовані.

Таблиця 9.2. Розміри відрахувань на амортизацію, поточний ремонт та утримання конструкцій

Конструкції	Відрахування, %	
	A ₁	A ₂
Збірні залізобетонні (крім стінових панелей)	2	0,70
Те саме, зі стіновими панелями	3	0,84
Сталеві	5	1,20

У свою чергу собівартість C визначають за формулою

$$C = (C_{o.e} + C_m)K_e + C_3 + C_{y.c} + C_{б.p} + H_e + C_{зу}, \quad (9.4)$$

де $C_{o.e}$ – оптова вартість конструкцій, виробів, напівфабрикатів, яку встановлюють за відповідними прејскурантами, грн.; C_m – витрати на транспортування конструкцій, виробів, напівфабрикатів до будівельного майданчика та розвантаження, грн.; K_e – коефіцієнт, що враховує витрати матеріалів, виробів, напівфабрикатів на весь об'єм фундаменту; C_3 – прямі затрати на зведення фундаменту, грн.; $C_{y.c}$ – вартість укрупнювального складання конструкцій, грн.; $C_{б.p}$ – вартість будівельно-монтажних робіт, грн.; H_e – накладні витрати, грн.; $C_{зу}$ – додаткові витрати на виробництво робіт у зимовий час, грн.

Накладні витрати визначають за формулою

$$H_e = \alpha_{н.p} (C_{o.з} + C_{e.m}) K_n, \quad (9.5)$$

де $\alpha_{н.p}$ – норматив накладних витрат за видами робіт; $C_{o.з}$ – основна заробітна плата робітників, зайнятих на влаштуванні фундаментів, грн.; $C_{e.m}$ – витрати на експлуатацію машин, грн.; K_n – поправковий коефіцієнт.

Економічний ефект визначають як різницю між еталонним та порівнювальним варіантами.

9.2. МЕТОДИ ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РІЗНОВИДІВ ОСНОВ І ФУНДАМЕНТІВ

Основними матеріалами для зведення фундаментів є бетон і залізобетон. Їх можна використовувати при влаштуванні фундаментів на місці будівництва (монолітні конструкції). Якщо ж із них на заводах ЗБВ виготовляють конструкції фундаментів або їх елементи доставляють на будівельну ділянку і там збирають, то це збірні конструкції. Досвід багаторічного використання монолітних та збірних конструкцій для влаштування фундаментів як у нашій країні, так і за її межами показує, що монолітні фундаменти за своїми техніко-економічними показниками мають перевагу над збірними. За даними НДІОснoв, причини цього такі:

- витрати на влаштування збірних залізобетонних фундаментів у заводських умовах у 2–3 рази вищі, ніж монолітних, за рахунок додаткових цехових та загальнозаводських витрат, утримання устаткування, енергетичного господарства;
- трудомісткість виготовлення збірного залізобетону, особливо на полігонах, стендовим способом вища ніж зведення монолітних фундаментів за рахунок

ряду додаткових робочих операцій: навантаження, розвантаження й обслуговування пропарювальних камер, транспортування, складування і відвантаження виробів; при цьому трудомісткість збірного залізобетону підвищується за рахунок праці робітників допоміжних служб заводу;

- витрати на транспортування збірних залізобетонних фундаментів вищі, ніж монолітного бетону, опалубки й арматури у 3–5 разів із таких причин: середня віддаленість заводів збірного залізобетону від будівельних майданчиків у три рази більша, ніж заводів товарного бетону; коефіцієнт використання транспортних засобів при перевезенні збірного залізобетону нижчий, ніж товарного бетону; для перевезення крупногабаритних збірних конструкцій необхідний транспорт, який дорого коштує;
- для монтажу збірних залізобетонних конструкцій потрібні потужніші крани, ніж для влаштування монолітних; це призводить до більших витрат на будівельну техніку;
- збірні конструкції матеріаломісткіші, ніж монолітні, з причин: підвищеної витрати цементу для збереження відпускної міцності бетону; необхідності в меншій крупності зерен заповнювача бетону; витрати арматури для влаштування монтажних пристосувань; сприймання транспортних і монтажних навантажень; збільшення витрат бетону й сталі за рахунок жорсткої уніфікації розмірів конструкцій та арматурних каркасів;
- фундаменти відрізняються масивністю й особливістю розташування в ґрунтовому середовищі так, що для виготовлення на місці потрібна менша кількість опалубки і кріплень, ніж для інших конструкцій споруди, тому заміна монолітного залізобетону збірним не дає такого ефекту, як для надземних конструкцій.

Переваги застосування збірних залізобетонних конструкцій (скорочення строків будівництва і ручної праці, поліпшення умов проведення робіт узимку) не можуть компенсувати всіх витрат на їх застосування при зведенні збірних фундаментів замість монолітних. Крім того, підвищення технічного рівня бетонних і залізобетонних робіт за рахунок упровадження нових ефективних технологій дозволяє знизити собівартість монолітних фундаментів, трудомісткість їх виготовлення, ліквідувати ручну працю.

Дальше підвищення ефективності фундаментобудування можливе шляхом упровадження в практику будівництва нових технологій їх виготовлення. Тому фундаменти, які виготовляють без виймання ґрунту, в ряді випадків виявляються ефективнішими за фундаменти, котрі влаштовують із вийманням ґрунту, завдяки значному зменшенню обсягу земляних робіт, зниженню витрат матеріалу за рахунок більш повного використання несучої здатності основи. У зв'язку з тим, що ці фундаменти мають розвиток по висоті, можна включити в роботу ґрунт основи, розташований вище від їх підшви. Це особливо ефективно, коли переважають вертикальні навантаження.

Фундаменти, які виготовляють із вийманням ґрунту, передають навантаження основі розвинутою підшвою, що працює на вигин і для виготовлення котрої потрібні бетон та арматура досить високого класу. Тому фундаменти, споруджені без виймання ґрунту, менш матеріаломісткі.

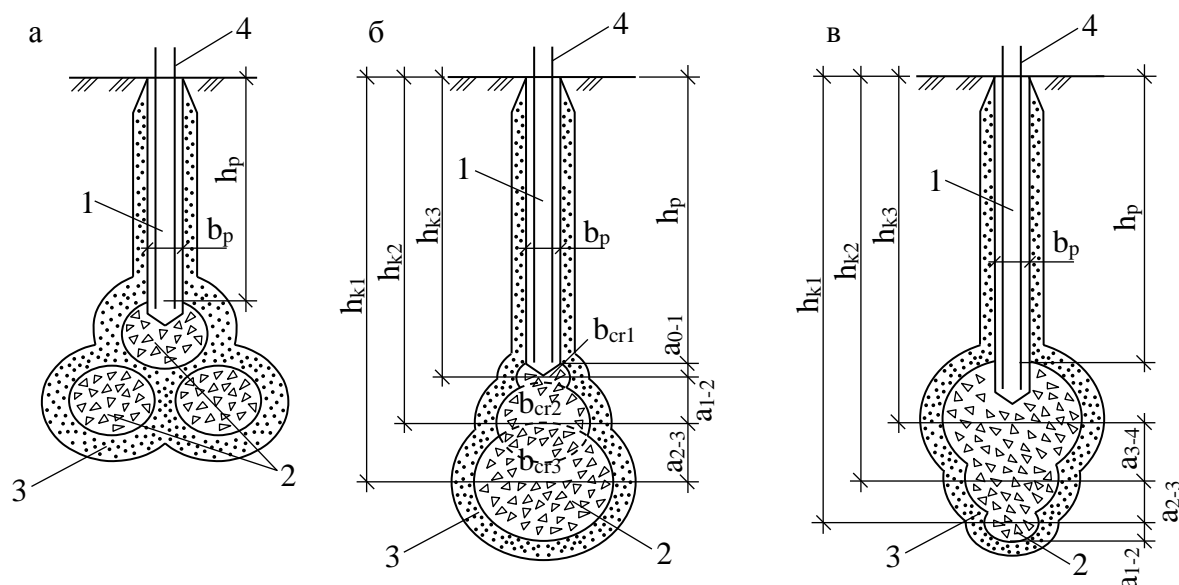


Рис. 9.6. Фундаменти в пробитих свердловинах із розвиненими розширеннями: 1 – стовбур фундаменту; 2 – розширення з жорсткого матеріалу; 3 – ущільнений ґрунт; 4 – арматура

Збірні пірамідальні палі, забивні блоки, клиноподібні й козлові фундаменти, які занурюють на порівняно невелику глибину, ефективніші, ніж забивні призматичні палі, лише у випадках, коли щільний ґрунт знаходиться на глибині більше ніж 6 м від поверхні дна котлована, а шари ґрунтів, що лежать вище, здатні ущільнюватись при короткочасних навантаженнях. Занурювання таких фундаментів у водонасичені ґрунти найчастіше неефективне, тому що при цьому не формується зона ущільненого ґрунту і значні навантаження на основи можна передати лише за рахунок розвиненої підошви фундаменту або досягнувши щільного ґрунту, який лежить нижче.

Фундаменти у витрамбованих котлованах і пробитих свердловинах найчастіше є ефективними за рахунок: застосування монолітного бетону; невисокої трудомісткості робіт при механізованій подачі щебеню й укладанні бетону за допомогою автобетонозмішувача; можливості регулювання несучої здатності фундаменту в одних і тих же ґрунтових умовах об'ємом утрамбованого жорсткого матеріалу в розширення. Доведена ефективність таких фундаментів при їх улаштуванні у водонасичених глинистих ґрунтах, де відсутність зони ущільнення компенсують улаштуванням розвиненого розширення. Розміри розширення можна значно збільшити, якщо влаштувати його шляхом утрамбовування щебеню за схемами, наведеними на рис. 9.6.

Так розширення фундаменту в пробитій свердловині у вигляді так званого несучого шару (рис. 9.6, а) складається з чотирьох окремих розширень, кожне з яких формують з окремої свердловини. Ці свердловини потім заповнюють глинистим ґрунтом оптимальної вологості з його пошаровим ущільненням. По центру пробивають ще одну свердловину, в нижній частині котрої утворюють ще одне розширення з жорсткого бетону чи щебеню, що спирається на раніше утворені. До речі, навантаження на такий фундамент – до 4000 кН.

Для підвищення несучої здатності фундаментів у пробитих свердловинах при значній товщі слабких ґрунтів, а також спрощення їх виготовлення та під-

вищення надійності роботи таких фундаментів шляхом оптимізації форми їх розширень і удосконалення дозування порцій щебеню чи жорсткого бетону відповідно до глибини свердловини, спеціалістами ПолтНТУ запропоновані конструкції й способи зведення фундаментів у пробитих свердловинах: із розширеною до низу п'ятою (рис. 9.6, б) та з п'ятою, розширеною догори (рис. 9.6, в). У першому з них розширену п'яту утворюють шляхом послідовного формування зверху донизу з наступним пробиванням трамбівкою окремих бетонних (щебених, шлакових) зон, котрі збільшуються в діаметрі з глибиною. У другій конструкції фундаменту в пробитій свердловині оптимізація його форми забезпечує включення в роботу нахиленої кінчної поверхні розширеної п'яти. Цей фундамент включає в себе пробиту в ґрунті свердловину, заповнену бетоном 1, і розширення в її нижній частині з утрамбованого жорсткого матеріалу у вигляді еліпсоїдів обертання 2, котрі перетинаються між собою й розміщені один під одним. Ці зони можна умовно охопити поверхнею кругового конуса, оберненого вершиною донизу.

Однією з важливих проблем конструювання фундаментів є досягнення рівномірності, тобто того стану, щоб усі їх частини були завантажені близько до граничного стану матеріалу. При конструюванні фундаменту в пробитій свердловині цю проблему можна розв'язати, підбираючи діаметр свердловини і розміри розширення з умов їх повного завантаження.

Розглянуті вище положення звичайно не можуть повністю висвітлювати проблему вибору ефективного фундаменту. Їх треба розглядати як установчі. У кожному конкретному випадкові ці питання розглядають при оцінюванні варіантів проектних вирішень фундаментів.

9.3. ЕКОНОМІЯ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ І ВЛАШТУВАННІ ОСНОВ ТА ФУНДАМЕНТІВ

Економія паливно-енергетичних ресурсів повинна бути передбачена на всіх основних етапах розроблення, виготовлення й монтажу фундаментів. На стадії проектування конструкцій фундаментів і розроблення технології їх виготовлення слід визначити потенціальні енергетичні витрати на виробництво сировинних матеріалів, виготовлення залізобетонних виробів та деталей, їх транспортування тощо. При будівництві фундаментів енергію витрачають на їх монтаж або влаштування. За наявними даними, витрати енергетичних ресурсів на виготовлення будівельних матеріалів становлять 80–90 % від сумарних витрат у будівництві; з них на долю бетону і залізобетону припадає 45–52 %. При цьому доля бетону й залізобетону при влаштуванні фундаментів значно вища, ніж цифри, наведені для будівель.

У бетоні найбільш енергоємним є цемент, а тому від правильного застосування цементу та раціонального його витрачання найчастіше залежать енерговитрати на виробництво залізобетонних конструкцій. Дослідження показали, що сумарні витрати енергії різко збільшуються при підвищенні класу бетону, оскільки при цьому збільшуються витрати цементу. Незалежно від класу бетону мінімальними енергетичними витратами характеризується бетон на шлако-

портландцементі. Економії цементу можна досягти, раціонально підбираючи його марки для виготовлення бетону і застосування пластифікаторів.

Енерговитрати виробництва фундаментів із збірного та монолітного бетону і залізобетону залежать від типу вибраного цементу, його витрати й рухомості суміші, способу виготовлення бетону, умов формування і режиму тепловологої обробки виробів, а також операцій, незалежних від характеристик цементу (арматурні роботи, підготовчі операції й т. ін.). Узагальнені відомості про енергоємність збірного залізобетону наведено в таблиці 9.3.

Таблиця 9.3. Питома енергоємність збірних залізобетонних виробів із бетонів різних марок, виготовлених на портландцементі за звичайною технологією і з добавкою суперпластифікатора С-3

Клас бетону	Витрати енергоресурсів на 1 м ³ бетону виробів (умовного палива), кг, виготовленого:		Витрати енергоресурсів на 1 кг арматури і закладних деталей, виробів (умовного палива), кг
	за звичайною технологією	із добавкою С-3	
В25	152,8	146	1,04
В27,5	171	153	1,04
В30	179,5	159	1,04
В40	211,5	185	1,04
В45	239,5	211	1,04

Енергетичні витрати на одиницю вимірювання конструкцій і матеріалів, застосовуваних у фундаментобудуванні, можуть бути виражені питомою енергоємністю, що враховує повну витрату всіх видів енергії на виготовлення конструкцій, використовуваних на будівельній ділянці: бетон, розчин та інші матеріали, включаючи енерговитрати на догляд за бетоном узимку. Цей показник може бути успішно використаний при оцінюванні і виборі конструктивного рішення фундаментів будівель та споруд. У таблиці 9.4 наведено питомі витрати енергоресурсів, необхідних для збірних залізобетонних конструкцій та монолітного бетону.

Таблиця 9.4. Питомі витрати енергетичних ресурсів для виготовлення 1 м³ важкого бетону збірних і монолітних конструкцій з використанням портландцементу з мінеральними добавками марки 500

Клас бетону	Витрати енергоресурсів (умовного палива), кг	
	Збірний бетон	Монолітний бетон
В7,5	132,8	89
В15	145,8	102
В25	152,8	118
В30	179,5	143
В40	211,5	175
В45	239,5	—

При проведенні бетонних робіт узимку необхідні додаткові енергомісткі операції: підігрівання замерзлих заповнювачів і води при виготовленні бетонної суміші; відігрівання виробів та стикуючих елементів; попереднє розігрівання бетонної суміші; теплова обробка бетону до набуття ним заданої міцності. При

цьому визначення енергопотреб кожного способу лише за витратами енергоресурсів на будівельній ділянці виявляється неповним. Необхідно враховувати енерговитрати на виробництво матеріалів, додатково застосовуваних під час зимового бетонування. До них належать добавки, які підвищують морозостійкість бетону, сталь для стрижневих електродів опалубки (сюди включаються і підтримуючі конструкції); теплоізоляційний матеріал для металевої опалубки і т. ін. У таблиці 9.5 наведено дані про енерговитрати на додаткові матеріали, а також сумарні витрати енергоресурсів на 1 м³ монолітного бетону.

Таблиця 9.5. Витрати на додаткові матеріали і їх вплив на енергоємність монолітного бетону при бетонуванні взимку

Спосіб зимового бетонування	Витрати енергоресурсів (умовного палива), кг, на 1 м ³ бетону		
	на будівництві	у промисловості на виробництво додаткових матеріалів	сумарні
Застосування протиморозних добавок "Термосний"	1,9	23	24,9
Попереднє розігрівання бетонної суміші	4	9	13
Електропрогрівання бетону	14,3	9	23,3
Обігрівання бетону в грючій опалубці	19,9	15,5	35,4
Індукційне нагрівання бетону	19,9	9,1	29
Інфрачервоне обігрівання бетону	23,8	9	32,9
Інфрачервоне обігрівання бетону	31,4	9	40,4

У таблиці 9.4 не враховані енергоресурси на доставку й монтаж (забивання) збірних залізобетонних виробів для влаштування фундаментів. Це виконано як приклад в таблиці 9.6.

Таблиця 9.6. Питомі витрати енергоресурсів на доставку і забивання 1 м³ залізобетонних призматичних паль

Будівельний процес	Витрати енергоресурсів на виконання процесів	
	МДж	Кілограм умовного палива
Навантаження паль краном на заводі	30,6	1
Транспортування на 15 км	131,3	4,5
Розвантаження краном на будівництві	30,6	1
Занурювання паль дизель-молотом	144,4	4,9
Р а з о м	336,9	11,4

При влаштуванні фундаментів у витрамбованих котлованах та пробитих свердловинах використовують такі матеріали і напівфабрикати: арматурну сталь, бетон, щебінь. Середнє значення енергетичних витрат на виробництво 1 м³ щебеню – 3 кг умовного палива. У таблиці 9.7 наведено приклад підрахунку питомих витрат енергоресурсів на влаштування конкретного фундаменту в пробитій свердловині.

Ураховуючи наведені дані, питомі витрати на влаштування фундаментів із паль E_p рекомендується визначати за формулою

$$E_p = E_{cc}V_{cc} + E_mV_m + E_{psc}V_{cc} + E_cV_{cf} + E_{pc}V_{cf} + E_wV_w, \quad (9.6)$$

де E_{cc} , E_c , E_m , E_{pcc} , E_{pc} , E_w – питомі витрати енергоресурсів відповідно на виготовлення збірного бетону, монолітного бетону, арматури, на проведення робіт по транспортуванню й забиванні збірного залізобетону, монолітного залізобетону, додаткові витрати при бетонуванні взимку; V_{cc} , V_{cf} , V_m , V_w – обсяги відповідно збірного бетону, монолітного бетону, арматури і закладних елементів, монолітного бетону при бетонуванні взимку.

Таблиця 9.7. Питомі витрати енергоресурсів на влаштування одного фундаменту в пробитій свердловині (1 м³ бетону + 2 м³ щебеню + 10 кг арматури)

Будівельний процес	Витрати енергоресурсів на виконання процесів	
	МДж	Кілограм умовного палива
Транспортування арматури на 15 км	1	0,03
Транспортування 2 м ³ щебеню на 15 км	210	7,1
Транспортування 1 м ³ бетону на 15 км	265,6	9,1
Пробивання свердловини	363,6	12,4
Утрамбовування щебеню	727,2	24,8
Укладання бетону з вібруванням	27,5	0,9
Р а з о м	1594,9	54,33

При влаштуванні фундаментів у пробитих свердловинах питомі витрати енергоресурсів

$$E_{mh} = E_c V_c + E_{rm} V_{rm} + E_m V_m + E_{pr} n + E_{pc} V_{cf} + E_w V_w, \quad (9.7)$$

де E_{rm} і V_{rm} – питомі витрати енергоресурсів на виготовлення щебеню та його об'єм; E_{pr} – питомі витрати енергоресурсів на влаштування одного фундаменту в пробитій свердловині; V_c – загальний об'єм монолітного бетону, що включає V_{cf} , V_w – об'єми бетону, який укладають у пробиті свердловини; n – кількість фундаментів у пробитих свердловинах.

Використовуючи формули (9.15) і (9.16), а також дані, наведені в таблицях 9.3–9.7, можна підрахувати витрати енергії на влаштування різних фундаментів без виймання ґрунту й порівняти їх енергоємність.

Література

1. ДБН В.2.1-10-2009. Основи та фундаменти споруд. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 104 с.
2. Інженерна геологія. Механіка ґрунтів, основи та фундаменти: Підручник / М.Л. Зоценко, В.І. Коваленко, А.В. Яковлев, О.О. Петраков, В.Б. Швець, О.В. Школа, С.В. Біда, Ю.Л. Винников. – Полтава: ПолтНТУ, 2004. – 568 с.
3. Механика ґрунтов, основания и фундаменты / С.Б. Ухов и др. – М.: АСВ, 1994. – 527 с.
4. Фундаменти будівель і споруд. Довідковий посібник / Ю.Л. Винников, В.А. Муха, А.В. Яковлев, О.В. Андрієвська, С.В. Біда. – К.: Урожай, 2002. – 423 с.