

## **ПРОБЛЕМИ ВИБОРУ КОНСТРУКЦІЙ СТОВПЧАСТИХ ФУНДАМЕНТІВ ЗА ТРУДОМІСТКІСТЮ ТА ПРОДУКТИВНІСТЮ ЇХ ВЛАШТУВАННЯ**

*Залізобетонні каркасні споруди часто застосовуються у будівельній практиці завдяки вдалому поєднанню характеристик вартості та тривалості будівельних робіт, а також універсальності призначення готових будівель. Будівельна галузь прагне об'єднати такі напрямки розвитку, як пришвидшення зведення будівлі, зменшення трудомісткості процесів та здешевлення вартості робіт і матеріалів – без втрати якісних характеристик готової будівлі. З метою досягнення перелічених властивостей відбувається розвиток та винайдення нового устаткування, матеріалів та конструктивно-технологічних рішень. Зведення стовпчастих фундаментів займає близько 15-20% від часового ресурсу, тому є потреба у пошуку рішень, здатних пришвидшити процеси та здешевити їх.*

*Сучасний рівень розвитку будівельної галузі дозволяє використовувати різноманітні конструкції та устаткування, а також комбінувати технологічні рішення влаштування конструкцій та окремих елементів, зокрема стовпчастих фундаментів. Популярним рішенням є влаштування збірно-монолітних фундаментів, що, в довершеному виді, має об'єднувати переваги збірної та монолітної технології. Можливість поєднання сучасних рішень та технологій потребує дослідження для визначення доцільності та ефективності конструктивних рішень, а також визначення алгоритму дій. Постає питання про перспективи сучасних способів. В даній статті виконано огляд існуючих рішень, які можна застосовувати при влаштуванні збірно-монолітних фундаментів із врахуванням конструктивних вимог відповідно до чинних норм. Визначено основні переваги та недоліки кожного з рішень, а також умови застосування. Розглянуто способи використання сучасних збірних конструкцій, устаткування, а також поєднання технології збірно-монолітних фундаментів з метою пошуку відповідних потребам варіантів. Визначено, що недостатньо аналітичних та емпіричних даних стосовно ефективності прийнятих рішень у взаємодії із рештою факторів, таких, як конструктивно-технологічні рішення решти елементів будівлі, об'ємно-планувальні рішення, умови будівельного майданчику, умови навколишнього середовища.*

**Ключові слова:** *стовпчастий фундамент, каркасне будівництво, збірно-монолітні технології, будівельна оснастка, трудомісткість, продуктивність.*

**Актуальність проблеми** вибору стовпчастих фундаментів для каркасних будівель малої поверховості обумовлена сучасними тенденціями в будівельній галузі, де каркасні споруди набули широкого поширення завдяки швидкості монтажу, надійності, уніфікованості конструкцій та великим відкритим просторам. Будівлі логістичного, торговельно-розважального і офісного призначення найчастіше зводяться зі збірних конструкцій в один-чотири поверхи.

Відомо, що каркас будівлі із вертикальних та горизонтальних несучих елементів зводиться відносно швидко за рахунок повторюваності процесів, уніфікації виробів, а також малою впливу зовнішніх факторів.

Стадія зведення фундаментів дещо ускладнена впливом навколишнього середовища, зокрема, умов котловану. Варто відзначити, що у сфері виробництва будівельних конструкцій та будівельного устаткування є нові пропозиції, спрямовані на пришвидшення процесу зведення каркасу будівлі за збірною технологією. Зокрема, для фундаментів стовпчастого типу можна використати нові варіанти стаканів, а також опалубок, проте, питання про доцільність їх застосування за трудомісткістю і продуктивністю залишаються недостатньо дослідженими.

**Аналіз публікацій.** Останнім часом дуже часто в наукових статтях та публікаціях розглядаються можливі технологічні рішення з комбінування збірних та монолітних елементів конструкцій [1, 2, 3]. Виробники залізобетонних конструкцій провідних компаній пропонують сучасні рішення влаштування стовпчастих фундаментів [4, 5], а також варіанти із влаштування монолітних фундаментних стаканів. [6, 7] у відповідності до рекомендацій з проектування фундаментів [8, 9]. Сучасні публікації [10, 11] стосовно дослідження трудомісткості та продуктивності зведення фундаментів носять фрагментарний характер і не розкривають повну картину по всім конструктивним рішенням фундаментів.

**Мета роботи.** Розглянути варіанти влаштування збірно-монолітних фундаментів із використанням сучасних збірних елементів та устаткування. Визначити, які переваги та недоліки може мати кожен з варіантів. Описати випадки, де доцільно застосувати той чи інший варіант.

#### **Виклад основного матеріалу досліджень.**

За аналізом існуючих проектів, стовпчасті фундаменти відносяться до елементів нульового циклу та складають близько 15-20% від загального терміну зведення каркасної споруди.

Рішення із влаштування фундаментів залежать від наступних факторів:

- навколишнього середовища, зокрема, стану ґрунту, який може бути сухим або насиченим водою;
- відстані до заводів-виробників конструкцій та бетонних сумішей;
- конструктивних особливостей фундаменту і будівлі (навантаження, яке має передаватись на фундамент і на ґрунтову основу, глибина закладання фундаменту, фізико-механічних властивостей ґрунту).

Далі наведено варіанти влаштування стовпчастих фундаментів неглибокого закладання із використанням сучасних технологічних рішень.

Застосовувати фундаментні стакани з підошвою типу СП (рис. 1) можна під колони розмірами 400х400 мм та 600х600 мм. Також, завод-виробник [4] пропонує виробництво стаканів під колони нестандартних розмірів. Висота фундаментного стакану складає 1050 мм, що в умовах промерзання ґрунту на території України [8] на глибину близько

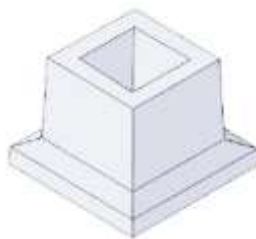


Рис. 1. Фундаментний стакан типу СП із підошвою [4]

1100-1200 мм може бути недостатньо для досягнення проектної відмітки підшови фундаменту, тому, як правило, під стакан рекомендується влаштовувати залізобетонну плиту.

Фундаментна плита для стаканів типу СП може бути як збірною, так і монолітною. Плита і стакан з'єднуються за допомогою арматурних штирів (рис. 2), які установлюють після монтажу стакану.

Порядок дій для варіанту із монолітною фундаментною плитою (рис. 2, а):

1. Влаштування бетонної підготовки з важкого бетону класу С10/15 та витримка міцності не менш, як 50% від  $R_{28}$ , що складає щонайменше 3 дні.

2. Влаштування монолітної бетонної плити, що включає процеси установки опалубки, в'язання арматурних каркасів, бетонування та догляд за бетоном з витримати до досягнення міцності не менш, як 50% від  $R_{28}$ .

3. Монтаж стакану фундаменту типу СП із подальшим його закріпленням за використання арматурних штирів;

4. Монтаж колони.

5. Замонолічування колони в стакані.

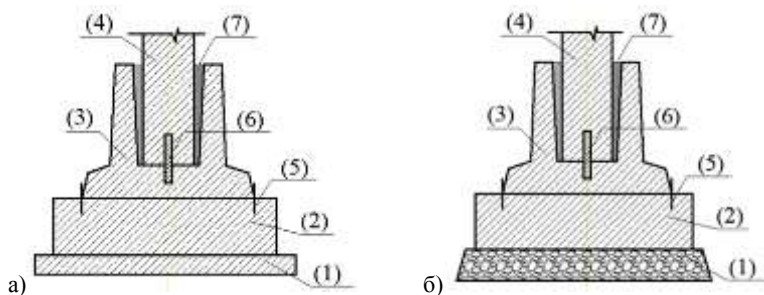


Рис. 2. Схема влаштування фундаменту із використанням стакану типу СП:

а) з використанням монолітної фундаментної плити;

б) з використанням збірної фундаментної плити:

1 – бетонна або щебенева підготовка; 2 – монолітна або збірна плита фундаменту; 3 – збірний стакан фундаменту з підшовою; 4 – збірна колона; 5 – анкери; 6 – центральний штир; 7 – монолітний бетон

Склад процесів для варіанту із збірною фундаментною плитою (рис. 2, б) від варіанту з монолітною плитою відрізняється лише монтажем бетонної плити, що зменшує вплив перерв на набуванням бетоном міцності.

Варіант із застосуванням монолітної плити є більш трудомістким та потребує більше часу, зумовлених дотриманням технологічних перерв для бетонної підготовки та плити фундаменту. Варіант із збірною плитою не потребує технологічних перерв, проте, має обмеження щодо розмірів плити.

Інше рішення – виконати збірний фундамент одним елементом (суцільним стаканом з плитою), відоме в країнах Близького Сходу, зокрема, Йорданії [5].

На рис. 3 не вказані розміри фундаменту. Із зображень можна зробити висновок, що ширина нижньої частини елемента може бути відповідною розмірам фундаментної плити 3:1 по відношенню до розмірів стакану – приблизно

2,4...2,7 м. Маса такого фундаменту близько 8 т, що потребує більш потужного транспорту і, відповідно, більшої трудомісткості завантаження і розвантаження.

Також, зазначений виробник демонструє виготовлення елементів із різними параметрами, наприклад, із подовженою підколонною частиною, якщо це передбачено проектом (рис. 4).



Рис. 3 Фундаментний стакан з плитою, виконані суцільно [5]



Рис. 4 Збірний залізобетонний елемент із подовженою підколонною частиною [5]

Рішення із використання суцільного елемента плити і фундаментного стакану є прийнятним, оскільки має забезпечувати високу якість виконаного елемента, значне зменшення витрат праці, за рахунок відсутності робіт бетонної підготовки, а також з'єднань між плитою і стаканом.

Недоліком даного способу є складність транспортування. Такий елемент, найпевніше, можна перевозити вертикально, без можливості складування один поверх другого. На рис. 5 видно пошкодження плитної частини елемента (руйнування бетону на кутах плити), доставленого на будівельний майданчик.



Рис. 5. Вигляд пошкоджень фундаментів, доставлених на будмайданчик [5]

Ймовірно, в жарких посушливих умовах клімату Близького Сходу такі руйнування елементів фундаментів є прийнятними.

В умовах водонасичених ґрунтів України та клімату з великою кількістю опадів, такі пошкодження плити можуть призвести до подальшої корозії арматури елемента. Варіант поєднаного стакану з плитою, на думку автора, є прийнятним та перспективним для українського виробництва, але має бути адаптованим до чинних нормативів.

Наступним рішенням із влаштування стовпчастих фундаментів є використання стакану типу СВ (рис. 6) із арматурними випусками.

Висота стакану складає 850 мм, довжина арматурних випусків є змінною. Монтаж стакану виконується на бетонну підготовку в опалубку, з'єднується з арматурним каркасом плити, після чого виконується бетонування плити фундаменту.

Влаштування такого типу фундаменту можливо лише із застосуванням монолітної плити фундаменту (рис. 7).

Порядок виконання дій наступний:

1. Влаштування бетонної підготовки з важкого бетону класу С10/15 та витримка міцності не менш, як 50% від  $R_{28}$ , що складає щонайменше 3 дні.
2. Влаштування опалубки та в'язання арматурних каркасів.
3. Монтаж стакану фундаменту типу СВ із з'єднанням арматурних випусків стакану та арматурного каркасу плити.
4. Бетонування плити та догляд за бетоном. Витримати бетон до досягнення міцності не менш, як 70% від  $R_{28}$ , що складає щонайменше 5...7 діб в залежності від температури зовнішнього повітря (20...30 °С).
5. Монтаж колони.
6. Бетонування стика і витримка бетону до 70% від  $R_{28}$ .

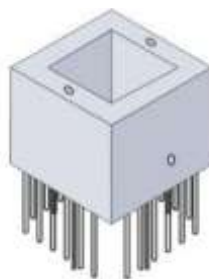


Рис. 6. Фундаментний стакан типу СВ з арматурними випусками [4]

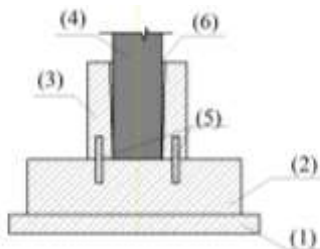


Рис. 7. Схема влаштування фундаменту із монолітною фундаментною плитою та збірним стаканом типу СВ:

- 1 – бетонна підготовка; 2 – монолітна плита фундаменту; 3 – збірний стакан;
- 4 – збірна колона; 5 – арматурні випуски стакану; 6 – монолітний бетон

Перевага даного способу влаштування збірно-монолітного фундаменту полягає у швидкості процесів за рахунок відсутності технологічної перерви, зумовленої потребою у витримці бетону перед монтажем стакану. З'єднання стакану і плити жорстке. Плита не обмежена в розмірах.

Стакани фундаменту також можна виготовляти в монолітний спосіб (рис. 8) [6]. Використовується щитова дерев'яна або інвентарна металева опалубка. Відоме рішення із застосування гофрованих сталевих листів у якості опалубки всередині стакану для підвищення якості з'єднання колони та стакану.

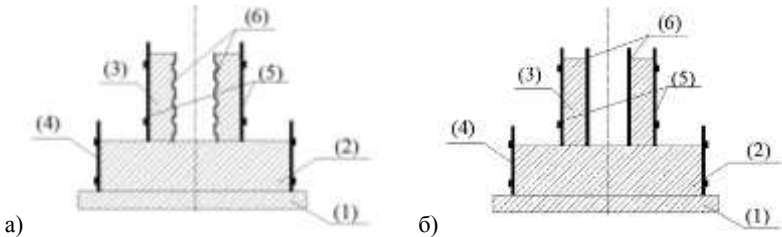


Рис. 8. Схеми варіантів влаштування монолітного стакану фундаменту:

- а) влаштування монолітного стакану фундаменту із використанням гофрованого металевго листу у якості опалубки всередині стакану;
- б) влаштування монолітного стакану у щитовій опалубці:
  - 1 – бетонна підготовка; 2 – монолітна плита фундаменту;
  - 3 – монолітний фундаментний стакан; 4 – опалубка плити;
  - 5 – зовнішня опалубка стакану; 6 – внутрішня опалубка стакану

Плита стовпчастого фундаменту може бути монолітною або збірною, залежно від факторів навколишнього середовища (умов котловану), конструктивних особливостей (розмірів в плані), а також відстаней до заводів-виробників залізобетонних конструкцій.

Збірна залізобетонна плита може бути використана у водонасичених котлованах, де процес бетонування ускладнений наявністю води. Недоліком використання залізобетонних збірних плит є обмеження по розмірах до 2400 мм по ширині, що зумовлено шириною смуги автошляхів.

Вироби з монолітного бетону, в тому числі і фундаментні плити, можуть мати довільні геометричні розміри, проте процес влаштування монолітних конструкцій передбачає процеси влаштування і зняття опалубки, догляду за бетоном, а також дотримання технологічних перерв, що зумовлює збільшення витрат праці, та, відповідно, підвищення вартості, а також уповільнення процесів при порівнянні із збірною технологією.

Відомий спосіб монтажу колон з влаштуванням фундаменту із застосуванням монолітного стакану із використанням кондуктора-опалубки [7, 10, 11].

Для влаштування збірно-монолітного фундаменту із застосуванням кондуктора-опалубки необхідно попередньо влаштувати фундаментну плиту. Плита може бути як збірною, так і монолітною, залежно від факторів, що впливають на вибір рішення.

При влаштуванні фундаменту із збірною плитою порядок дій наступний (рис. 9, а):

1. влаштування щелевеної підготовки із щебню фракції 20+40мм;

2. монтаж збірної залізобетонної плити;
3. влаштування опалубки-кондуктора;
4. монтаж колони із установкою на фіксуючий стержень;
5. бетонування стакану.

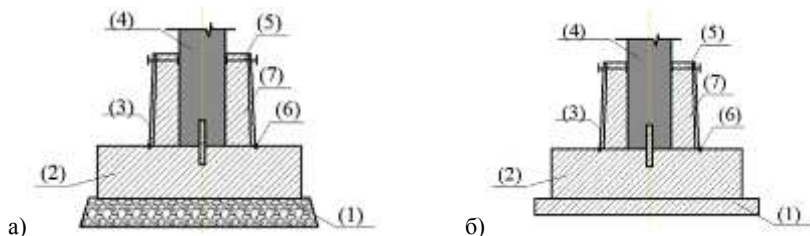


Рис. 9. Схема влаштування фундаменту із кондуктором-опалубкою для монолітного стакану:

- а) із використанням збірної плити; б) із використанням монолітної плити:
- 1 – щеленева або монолітна підготовка; 2 – збірна плита фундаменту;
  - 3 – кондуктор-опалубка; 4 – збірна колона; 5 – фіксатори для вивернення та закріплення опалубки; 6 – анкерне кріплення кондуктора-опалубки;
  - 7 – монолітний бетон стакану фундаменту

При влаштуванні фундаменту із монолітною плитою порядок дій такий (рис. 9, б):

1. влаштування бетонної підготовки з важкого бетону класу С10/15 та витримка міцності не менш, як 50% від  $R_{28}$ , що складає до 3 дн.;
2. бетонування плити та догляд за бетоном з досягнення міцності не менш, як 70% від  $R_{28}$ , що складає 5...7 днів при температурі 20...30 град.;
3. влаштування опалубки-кондуктора;
4. монтаж колони із установкою на фіксуючий стержень;
5. бетонування стакану.

За умови використання монолітної фундаментної плити збільшується тривалість влаштування фундаменту із-за наявності технологічних перерв, пов'язаних із набором міцності бетону. У варіанті із використанням збірної залізобетонної плити відсутні технологічні перерви для тверднення бетону, а також зменшено використання праці за рахунок застосування збірного елемента заводського виготовлення.

#### Висновки.

1. Влаштування стовпчастих фундаментів каркасних будівель із використанням комбінацій збірних і монолітних технологій є перспективним напрямком для подальшого вивчення. Сучасні технології виробництва – як українські, так і закордонні – пропонують достатній вибір збірних елементів. Розглянуто наукові розробки, спрямовані на суміщення процесів та більш раціональне використання ресурсів праці та часу. Кожен з варіантів має ряд переваг та недоліків, тож варіанти потребують більш детального розгляду у відповідності до умов. Відсутня достатня кількість даних стосовно залежності вибору технології від фактору навколишнього середовища.

2. Поєднання збірної і монолітної технології для влаштування елемента потребує прийняття рішень стосовно організації процесів, проте технологія влаштування збірно-монолітних фундаментів є недостатньо дослідженою.

**Список літератури:**

1. Тонкачев Г.М. Перспективи та ефективність зведення будівель за збірно-монолітною технологією. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*. 2013. № 30. С. 226-233.
2. Черненко В.К., Ярмоленко М.Г., Батура Г.М. та ін. Технологія будівельного виробництва: підручник. За ред. В. К. Черненка, М.Г. Ярмоленка. К.: Вищ. шк., 2002. 430 с.
3. Тонкачев Г.М., Лепська Л.А., Шандра О.Г. Проектування технології улаштування фундаментів каркасних будинків: методичні вказівки до проведення практичних занять та виконання курсового проєкта (роботи) освітньої компоненти «Технологія будівельного виробництва». Київ: Видавництво Ліра-К, 2023. 62 с.
4. З'єднання колон з фундаментом. URL: <https://oberbeton.ua/uk/колони>
5. Foundations & Footings. Sabri Farah International. Precast concrete producer. URL: <https://sfi-precast.com/products/foundations/>
6. Golewski Gr.L. The Specificity of Shaping and Execution of Monolithic Pocket Foundations (PF) in Hall Buildings. *Buildings*. 2022, 12(2), 192.
7. Тонкачев Г.Н., Тихомиров Е.В., Колесниченко В.Г., Самойлович В.В. Способ монтажа колон: пат. №969865 СССР, Е 04 G 21/26; №3008838/29-33; заявл. 26.11.80; опубл. 30.10.82, Бюл. № 40. 3 с. <https://patents.su/?search=%E2%84%96969865+%&type=number>
8. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Будівельна кліматологія. [Чинний від 2010-12-16]. Київ: ДП «НДІБК», 2010. 123 с. (Інформація та документація).
9. ДБН В.2.1-10:2018. Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення. [Чинний від 2019-01-01]. Київ: Міністерство України, 2018. 36 с. (Інформація та документація).
10. Тонкачев Г.М., Черненко К.В., Лепська Л.А., Шандра О.Г. Варіантне проектування інноваційних технологій каркасного будівництва: методичні вказівки до виконання практичних занять та розробки курсової роботи з освітньої компоненти «Дисципліни спеціальної підготовки». Київ: КНУБА, 2023. 78 с.
11. Тонкачев Г.М., Молодід О.С., Тонкачев В.Г., Шандра О.Г. Інноваційні технології каркасного будівництва: навч. посіб. Київ: Ліра-К, 2024. 316 с.

**References:**

1. Tonkacheiev, H.M. (2013). Prospects and efficiency of erection of buildings by prefabricated monolithic technology. *Ways to improve the efficiency of construction in the conditions of formation of market relations*, 30, 226-233.
2. Chernenko, V.K., Yarmolenko, M.H., Batura, H.M. et al. (2022). *Tekhnolohiya budivel'noho vyrobnytstva* [Construction production technology]. Za red. V.K. Chernenka, M.H. Yarmolenka. K.: Vyshcha shkola.
3. Tonkacheiev, H.M., Lepska, L.A., Shandra, O.H. (2023). *Proektuvannya tekhnolohiyi ulashuvannya fundamentiv karkasnykh budynkiv: metodychni vkazivky do provedennya praktychnykh zanyat' ta vykonannya kursovoho proyekta (roboty) osvitoynoyi komponenty «Tekhnolohiya budivel'noho vyrobnytstva»*. Kyiv: Lira-K.
4. Oberbeton. Column connection with the foundation, from <https://oberbeton.ua/en/columns/> [in Ukrainian].
5. Foundations & Footings. Sabri Farah International. Precast concrete producer, from <https://sfi-precast.com/products/foundations/>
6. Golewski, G.L. (2022). The Specificity of Shaping and Execution of Monolithic Pocket Foundations (PF) in Hall Buildings. *Buildings* 12(2), 192. DOI: <https://doi.org/10.3390/buildings12020192>



7. Tonkacheev, G.N., Tikhomirov, E.V., Kolesnychenko, V.G., Samoilo vych, V.V. (1982). Column mounting method: pat. #969865 USSR, E 04 G 21/26; No. 3008838/29-33; statement 26.11.80; published 30.10.82, Bull. No. 40. 3 p. <https://patents.su/?search=%E2%84%96969865+&type=number>
8. DSTU-N B V.1.1-27:2010. *Construction climatology*. [Effective from 2010-12-16]. Kyiv: State Enterprise "NIIBK"
9. DBN V.2.1-10:2018. *Groundworks and foundations of buildings and structures. Basic provisions*. [Effective from 2019-01-01]. Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine.
10. Tonkacheiev, H.M., Chernenko, K.V., Lepska, L.A., & Shandra, O.H. (2023). *Variant design of innovative technologies of frame construction: methodological guidelines for practical training and development of course work on the educational component "Disciplines of special training"*. Kyiv: KNUCA.
11. Tonkacheiev, H.M., Molodid, O.S., Tonkacheiev, V.H., & Shandra, O.H. (2024). *Innovative technologies of frame construction*. Kyiv: Lira-K.

### **Kateryna NOSACH**

#### ***Problems of choosing column foundation structures according to labor consumption and productivity of their arrangement***

*Reinforced concrete frame structures are often used in construction practice due to a successful combination of the characteristics of the cost and duration of construction work, as well as the versatility of the purpose of ready-made buildings. The construction industry strives to combine such areas of development as speeding up building construction, reducing labor-intensive processes and lowering the cost of work and materials - without losing the quality characteristics of the finished building. In order to achieve the listed properties, the development and invention of new equipment, materials and structural and technological solutions is taking place. The construction of columnar foundations takes about 15-20% of the time resource, so there is a need to find solutions that can speed up the processes and make them cheaper.*

*The modern level of development of the construction industry allows the use of various structures and equipment, as well as combining technological solutions for the arrangement of structures and individual elements, in particular columnar foundations. A popular solution is the installation of prefabricated monolithic foundations, which, in its finished form, should combine the advantages of prefabricated and monolithic technologies. The possibility of combining modern solutions and technologies requires research to determine the expediency and effectiveness of constructive solutions, as well as to determine the algorithm of actions. The question arises about the prospects of modern methods. This article provides an overview of the existing solutions that can be used for the installation of prefabricated monolithic foundations, taking into account the structural requirements in accordance with current regulations. The main advantages and disadvantages of each of the solutions, as well as the conditions of application, are determined. Methods of using modern prefabricated structures, equipment, as well as the combination of technology of prefabricated monolithic foundations are considered in order to find options that meet the needs. It was determined that there is not enough analytical and empirical data regarding the effectiveness of the adopted decisions in interaction with the rest of the factors, such as structural and technological solutions of the remaining elements of the building, volume-planning solutions, conditions of the construction site, environmental conditions.*

**Keywords:** *frame buildings, columnar foundations, prefabricated-monolithic elements, construction technology, low-rise buildings, construction efficiency.*