

14. **Наливайко В.Г., Мовчан О.Г., Лосьев К. В.** Важность определения травмоопасности основных видов ремонтных работ на теплогенерирующих предприятиях, Гірничий вісник, збірник наукових праць- 2018 Вип № 103. с 27-32.

15. **Наливайко В.Г., Мовчан О.Г., Лосьев К. В.** Влияние профилактических ремонтных работ на уменьшение заболеваемости работников предприятий теплоснабжения, Вісник КНУ, збірник наукових праць- 2019. Вип № 48. с 121-126.

Рукопис подано до редакції 06.04.2021

УДК 624.131:624.15

Р. О. ТИМЧЕНКО, д-р техн. наук, проф., Д. А. КРИШКО, канд. техн. наук, ст. викл.,
Д. Г. БРОНОВ, магістрант
Криворізький національний університет

ФАКТОРИ ГЕОТЕХНІЧНОЇ І ГЕОМЕХАНІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ВИСОТНИХ БУДІВЕЛЬ

Мета. Оцінка і прогнозування станів системи «основа – фундамент – висотна будівля», що впливають на стійкість і безпеку об'єктів капітального будівництва. При розробці проектних рішень конструкцій фундаментів висотних будівель забезпечення геотехнічної і геомеханічної безпеки є найбільш актуальною проблемою.

Методи дослідження. При будівництві фундаментів висотних будівель виникає ряд особливостей, які необхідно враховувати при проектуванні. Вибір конструкції фундаментів, крім перерахованих вище принципів, залежить від фізико-механічних характеристик і характеру нашарування ґрунтів основи і навантажень, що передаються на них, форми і розмірів висотної будівлі, розмірів будівельного майданчика, наявності навколишніх будинків, тунелів (метро) і підземних комунікацій. Розрахунки фундаментів висотних будівель виконуються, як і для фундаментів звичайних будинків, за двома групами граничних станів відповідно до нормативів з урахуванням особливостей. Визначення величин навантажень на основу і розрахунки основ, фундаментів і підземних частин будівлі слід виконувати, розглядаючи спільну роботу системи «основа – фундамент – висотна будівля». Система «основа – фундамент – висотна будівля» є областю системної взаємодії висотного споруди і ґрунтового масиву, умови якого визначаються складом інженерно-геологічних компонентів і їх параметрів з урахуванням глибини закладення фундаменту, його конструктивних особливостей і величини силового навантаження, доданої в існуючу систему міської забудови.

Наукова новизна. Отримання комплексної інформації про компоненти сфери взаємодії основи з фундаментом і висотною будівлею дозволяє обґрунтувати вибір типу фундаменту, глибину його залягання, висоту (поверховість) та застосування інженерного захисту від екзогенних геологічних процесів.

Практична значимість. Проведення всебічного моніторингу на всіх етапах будівництва та після його завершення до стабілізації деформацій і науково-технічного супроводу проектування і будівництва.

Результати. Відзначено можливість розвитку негативних процесів, що впливають на стійкість і безпечно функціонування висотної будівлі, як на стадії розробки котловану, так і під час експлуатації висотної будівлі, пов'язана з особливостями інженерно-геологічних умов області взаємодії системи.

Ключові слова: система «основа – фундамент – висотна будівля»; навантаження; області взаємодії.

doi: 10.31721/2306-5435-2021-1-109-85-91

Проблема та її зв'язок з науковими і практичними завданнями. Возведення висотних будівель в забудованих містах ведеться за принципом точкової забудови у знову сформованих умовах в результаті впливу існуючих будівель і споруд на інженерно-геологічні процеси. Весь світовий досвід будівництва та експлуатації великих споруд і висотних будівель підтверджує, що нерідко аварії і негативні явища пов'язані з недостатньою вивченістю геологічних умов і помилковим або неточним прогнозуванням розвитку інженерно-геологічних процесів, що мають місце в ґрунтових масивах. Тому найбільш актуальною проблемою при розробці проектних рішень конструкцій фундаментів висотних будівель є забезпечення геотехнічної і геомеханічної безпеки.

Аналіз досліджень і публікацій. Найбільш широкий розвиток висотне будівництво отримало в азійських країнах, що пов'язано з гострою нестачею територій. Так, в Японії висотний бум почався з 1970-х років. Його стимулювали з одного боку економічне зростання країни, а з іншого – технологічні успіхи в створенні висотних сейсмостійких конструкцій. Масове висотне будівництво почалося в містах-країнах Сінгапурі та Гонконгу в зв'язку з їх роллю міжнародних фінансових центрів Сходу. Концентрація найбільш високих будівель відзначається в найбільш

ших містах Східної і Південно-Східної Азії, де, починаючи з 1990 року, ростуть, як гриби, будівлі рекордних висот (445-508 м). Обмеження висоти будинків більше обумовлено економічними і естетичними міркуваннями, ніж інженерно-геологічними умовами будівництва.

Проблема зведення висотних будівель в різних країнах пов'язана з іменами відомих архітекторів: Ван дер Роє, Ле Корбюзьє, О. Німейєр, Н. Фостер та ін. Проектуванням висотного будівництва в складних інженерно-геологічних умовах і науково-практичним забезпеченням можливості висотного будівництва займалися: Р. Катценбах, А. Шмітт, Дж. Девіс, Г. Поулос, В.М. Улицький, В.І. Іллічов, В.П. Петрухін, В.І. Осипов, Р.С. Зіангіров, В.І. Кашірський, С.М. Клепиков, О.О. Петраков, В.Б. Швець, Р.О. Тімченко, З.Г. Тер-Мартиросян, В.І. Шейнін, І.В. Колибін, А.Г. Шашкін, О.А. Шулятьєв та ін. [1-18].

Постановка задачі. Метою досліджень є оцінка стану висотних будівель при забезпеченні факторів геотехнічної і геомеханічної безпеки.

Виклад матеріалу і результати. При будівництві фундаментів висотних будівель виникає ряд особливостей, які необхідно враховувати при проектуванні:

тиск на підшві фундаменту висотних будівель може бути на порядок вище, ніж для будівель заввишки до 75 м, що вимагає проведення спеціальних лабораторних і польових досліджень;

особливості інженерно-геологічних вишукувань;

діючі норми поширюються на розрахунок несучої здатності палі довжиною 35 м (опір на нижньому кінці палі) і 40 м (опір на боковій поверхні), що може бути недостатньо для проектування фундаментів висотних будівель;

великі навантаження (1-2 МПа), що передаються на ґрунт основи, вимагають враховувати в розрахунку міцності і деформаційні характеристики скельних і нескельних ґрунтів з $E > 100$ МПа, що вважаються відповідно до діючих норм нестисливими, а також збільшену зону розподілу напружень в ґрунті в плані і за глибиною, що може привести до збільшення шарів ґрунту, що сприймають навантаження від фундаменту. Особливо сильно це може позначитися при нерівномірному заляганні шарів;

збільшення розмірів (глибини і ширини) стиснутої товщини в масиві ґрунту призводить до збільшення термінів завершення консолідації ґрунту і розтягування процесу осідання у часі;

у разі, якщо основу складено ґрунтами з різними коефіцієнтами консолідації (як первинної, так і вторинної), необхідно враховувати можливість виникнення в результаті такого нерівномірного напружено-деформованого стану ґрунту (на проміжній стадії консолідації) неодночасного закінчення процесів консолідації різних видів ґрунтів і, як наслідок цього, виникнення крену будівлі, що перевищує граничні значення;

висока чутливість до крену;

збільшення розмірів області ґрунту основи, що деформується, призводить до надання більшого впливу на навколишні будівлі та споруди, в тому числі водонесучі комунікації, що необхідно враховувати в розрахунку.

У зв'язку з зазначеними вище особливостями при проектуванні висотних будівель були зроблені основні принципи:

прагнути створювати підземний об'єм такий, щоб вага вийнятого ґрунту при влаштуванні підземної частини будівлі дорівнював вазі будівлі;

знижувати тиск на підшві фундаменту шляхом збільшення його площі за рахунок створення коробчатого фундаменту і розвитку на площі підземної і стилобатної частин будівлі;

навантаження на фундаменти передавати симетрично щодо центральної осі, використовуючи відповідну конструктивну схему будівлі;

жорсткісні елементи (монолітні стіни, сходові клітини, ліфтові шахти і т.п.) розташовувати симетрично щодо центральної осі;

глибина закладення підшви фундаменту будівлі повинна зростати при збільшенні висоти будівлі;

застосовувати (при можливості) пірамідальну форму будівлі;

при збільшенні висоти будівлі знижувати гранично допустиме значення осідань фундаменту.

Вибір конструкції фундаментів, крім перерахованих вище принципів, залежить від фізико-механічних характеристик і характеру нашарування ґрунтів основи і навантажень, що передаються на них, форми і розмірів висотної будівлі, розмірів будівельного майданчика, наявності

навколишніх будинків, тунелів (метро) і підземних комунікацій і т. п.

Розрахунки фундаментів висотних будівель виконуються, як і для фундаментів звичайних будинків, за двома групами граничних станів відповідно до нормативів з урахуванням їх особливостей [19-22].

Відомо, що для висотних будівель не існує значень гранично допустимих величин деформацій земної поверхні, тому вони визначаються виходячи зі спільного розрахунку системи «основа – фундамент – висотна будівля» з урахуванням вимог нормальної експлуатації будівлі (робота ліфтів, водогінних комунікацій, осідання сусідніх будівель і споруд, в разі утворення єдиного підземного простору та інші), які повинні бути вказані в технічному завданні на проектування.

Визначення величин навантажень на основу і розрахунки основ, фундаментів і підземних частин будівлі слід виконувати, розглядаючи спільну роботу системи «основа – фундамент – висотна будівля».

При розрахунку основ фундаментів висотних будівель за деформаціями слід:

враховувати залежність деформаційних і міцнісних характеристик ґрунтів від тривалості прикладання навантажень;

розрахунок основи слід виконувати на основне сполучення постійних, тривалих і короткочасних навантажень;

розрахунок кренів фундаментів слід виконувати на основне сполучення постійних, тривалих і короткочасних (переважно вітрових) навантажень. При цьому величина крену повинна складатися з крену від дії постійних і тривалих навантажень і короткочасних.

При проектуванні основ і фундаментів висотних будівель в складі різноповерхових комплексів рекомендується передбачати їх випереджаюче будівництво з відношення до прилеглих малоповерхових частин. Розрахунок основ фундаментів в цьому випадку, при фундаменті на природній основі, слід виконувати для будівельного випадку, відповідного відсутності привантаження і розпору від малоповерхової частини комплексу.

В умовах нерівномірності передачі навантажень, неоднорідності залягання ґрунтів і підвищеної їх деформованості при недостатньо ефективних проектних рішеннях можуть призвести до розвитку надмірних осідань, прогинів і кренів фундаментних частин будівель. Остання обставина обумовлює зміщення центру ваги будівлі і збільшення моментних навантажень на основу, що викликає ще більше посилення нерівномірності деформацій земної поверхні. При осіданні висотної будівлі порушується існуючий стан балансу ґрунтів і розвиваються значні зони деформацій ґрунтового масиву поза території будівлі. Це, разом зі збільшеними значеннями напружень в масиві ґрунту, призводить до того, що:

осідання висотних будівель стабілізуються відносно повільніше і досягають кінцевих значень за більш тривалі проміжки часу;

фундаменти існуючих будівель, що потрапили в зону впливу споруди, отримують незворотні деформації.

Збільшення розмірів зони впливу потрібно враховувати при проектуванні споруд, прилеглих до висотної будівлі, і при розробці заходів щодо захисту навколишньої забудови. Зазначені геотехнічні особливості висотних будівель роблять необхідним істотне підвищення вимог до детальності і змістовності інженерних вишукувань, до розрахунків основ і фундаментів, до вибору конструктивних типів фундаментів і технологій їх влаштування.

Ефективність технічного рішення фундаменту висотної будівлі істотно зростає при його заглибленні. Глибина закладення фундаментів може становити 15-25 м, а в окремих випадках – 50 м. В даний час при проектуванні і будівництві висотних будівель широке застосування отримали три типи фундаментів: пальові, плитні і пальово-плитні.

Висотні будівлі відносяться до числа найбільш складних об'єктів будівництва, тому ряд основних рекомендацій щодо їх проектування приймається узгоджено міжнародними громадськими організаціями інженерів і архітекторів.

У середині групи висотних будівель зазвичай вдаються до додаткової рубрикації з градацією висоти в 100 м. Кількість хмарочосів висотою понад 400 м у всьому світі не досягає і 10; висотою від 300 до 400 - 30, від 200 до 300 трохи перевищує 100, а будівлі висотою від 100 до 200 м є найпоширенішими, і кількість таких об'єктів зростає безперервно.

Для класифікації хмарочосів був прийнятий критерій висоти в метрах, а не поверховості,

оскільки висоти поверхів приймаються різними в залежності від призначення будівлі та вимог національних норм проектування.

Система «основа – фундамент – висотна будівля» є областю системної взаємодії висотної споруди і ґрунтового масиву, умови якої визначаються набором інженерно-геологічних компонент і їх параметрів з урахуванням глибини закладення фундаменту, його конструктивних особливостей і величини силового навантаження, доданих в існуючу систему міської забудови.

При будівництві будь-яких споруд на ґрунтовій основі формується деяка система. Систему «основа – фундамент – висотна будівля» і її структуру можна представити у вигляді системи з декількох ієрархічних рівнів, головним елементом якої є область взаємодії або сфера взаємодії системи «основа – фундамент – висотна будівля» (рис. 1).

Області взаємодії і всі її складові умов функціонування характеризуються набором компонент, які визначають генетичні особливості і тенденції процесу зміни геологічного середовища. Вони взаємопов'язані, взаємозумовлені, мають своє призначення, внесок при формуванні і розвитку тих чи інших геологічних процесів у межах системи «основа – фундамент – висотна будівля».

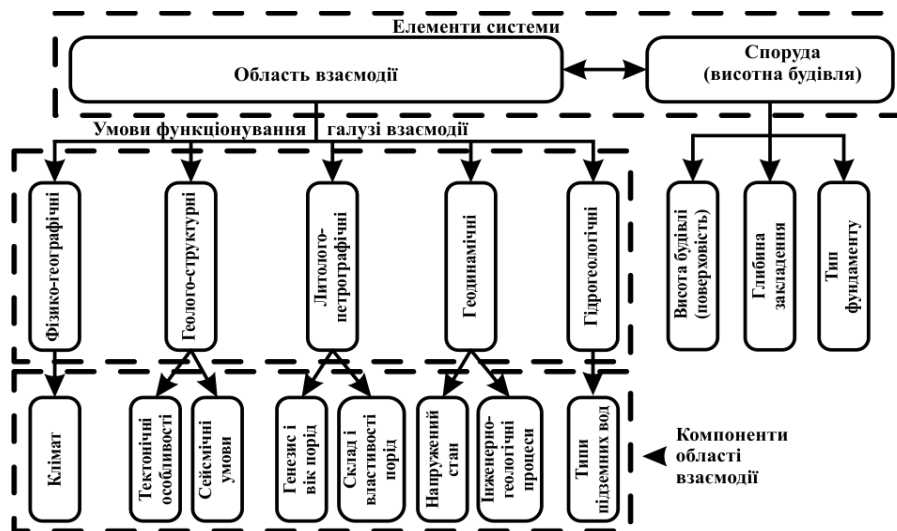


Рис. 1. Схема системи «основа – фундамент – висотна будівля»

Оцінка і прогнозування станів системи «основа – фундамент – висотна будівля» вимагають виконання принципово нових методів, заснованих на аналізі різних взаємодій між компонентами основи і висотною будівлею. Реакція основи області взаємодії системи на техногенний вплив споруди «висотна будівля» приведена в табл. 1.

Таким чином, існуючі взаємодії в системі «основа – фундамент – висотна будівля» показано на рис. 2. Звідси видно, що нормальне функціонування системи має бути забезпечено за умови роботи висотної будівлі в суворій відповідності з проектним режимом.



Рис. 2. Схема взаємодії системи «основа – фундамент – висотна будівля»

Безпечне функціонування системи «основа – фундамент – висотна будівля» буде забезпечено при рівноважному стані взаємодії її компонентів, тобто такому стані, при якому функціонування висотної будівлі відповідає його проектному режиму, не порушуючи при цьому динамічної рівноваги області взаємодії.

Своєрідність ґрунтових масивів формує стан стійкості системи «основа – фундамент – висотна будівля» і визначає умови і етапи будівельних робіт, елементів конструкції фундаменту і глибини його закладення.

Оцінка і прогноз розвитку інженерно-геологічних процесів повинні бути виконані аналітичними методами, що дозволяють оцінити етапність техногенного впливу на ґрунтовий масив, що дає можливість оптимально спроектувати споруду і забезпечити його безпечне функціонування.

Таблиця 1

Реакція середовища області взаємодії системи на техногенний вплив висотної будівлі

Вид техногенного впливу	Джерело впливу	Характеристики взаємодії	Компоненти інженерно-геологічних умов, інформація про які необхідна для оцінки процесу		Реакція основи геологічної та інженерно-геологічної процеси	Характер деформації будівель
			дисперсні ґрунти (суглинки, супіски, піски, щебенево ґрунти)	скельні і напівскельні ґрунти		
Ущільнення статичне	Вага будівлі	Величина навантаження, розміри, глибина, форма закладення фундаментів	Потужність, мінеральний склад, фізико-механічні властивості (в т. ч. ступінь стисливості ґрунтів), гідрогеологічні умови	Залягання геологічних шарів, геолого-структурна будова потужність, фізико-механічні властивості ґрунтів (в т. ч. ступінь стисливості ґрунтів), гідрогеологічні умови	Статичне ущільнення	Нерівномірні опади (крен, вигин, перекик)
Ущільнення динамічне	Вібромашини, транспорт, катки	Інтенсивність, тривалість впливу і положення джерел	Потужність, мінеральний склад, фізико-механічні властивості, гідрогеологічні умови	Потужність напівскельних ґрунтів, гідрогеологічні умови	Ущільнення або вібраційне розрідження дисперсних і напівскельних ґрунтів	Нерівномірні осідання будівлі (крен фундаментів)
Внутрішнє руйнування масиву	Виймання ґрунту	Глибина, довжина, час, метеорологічного впливу	Неоднорідність ґрунтів і їх виходи, фізико-механічні властивості, гідрогеологічні умови	Залягання геологічних шарів, геолого-структурна будова, потужність, фізико-механічні властивості ґрунтів; гідрогеологічні умови	Вивітрювання, порушення поверхневого і підземного стоку, зсуви, пучення, набухання	Осідання, тріщини в стінах і фундаментах будівель, провали
Підтоплення	Водогінні комунікації, накопичення конденсаційних вод	Величина прибуткового потоку, механізм процесу підтоплення	Мінеральний склад (тип ґрунтів), фізико-механічні властивості ґрунтів, гідрогеологічні умови	Фізико-механічні властивості ґрунтів, гідрогеологічні умови	Зміна НДС, суфозія, зсуви, набухання, осідання	Випинання і нерівномірні осідання фундаментів, провали
Зниження напору	Дренажні споруди	Величини зниження РГВ	Неоднорідність гранулометричного складу, фізико-механічні властивості, градієнт напору	Характер заповнювача тріщин, гідрогеологічні умови	Фільтраційне ущільнення, суфозія	Нерівномірні осідання будівлі (прогин)

Головною особливістю висотних будівель в порівнянні зі звичайними спорудами є те, що питомий тиск на основу під фундаментною конструкцією досягає значних величин і в роботу залучаються великі маси ґрунтів, що володіють, як правило, істотною неоднорідністю в плані і за глибиною. Тому збільшення розмірів зони впливу потрібно враховувати при проектуванні споруд, прилеглих до висотної будівлі, і при розробці заходів щодо захисту навколишньої забудови.

Висновки та напрямок подальших досліджень. При проектуванні фундаментів висотних будівель необхідно враховувати особливості інженерно-геологічних вишукувань, розрахунків і проектування. У зв'язку з високою «чутливістю» висотних будівель до крену при розрахунку фундаментів важливим є врахування механічної анізотропії, початкового напружено-деформованого стану та консолідації ґрунту, а також вплив захисної конструкції котловану.

При визначенні розрахункових характеристик ґрунту коефіцієнт надійності з ґрунту повинен прийматися як в сторону підвищення механічних характеристик ґрунту, так і в бік зниження. Беручи до уваги унікальність висотних будівель і недосконалість нормативної бази, слід зазначити, що важливим є проведення всебічного моніторингу на всіх етапах будівництва та після його завершення до стабілізації деформацій і науково-технічного супроводу проектування і будівництва.

Висотні будівлі, що зводяться в складних інженерно-геологічних умовах, доцільно вивчати як систему «основа – фундамент – висотна будівля». Комплексна інформація про компоненти сфери взаємодії основи з фундаментом і висотною будівлею дозволяє обґрунтувати вибір типу фундаменту, глибину його залягання, висоту (поверховість) та застосування інженерного захисту від екзогенних геологічних процесів.

Відзначено, що можливість розвитку негативних процесів, що впливають на стійкості і безпечне функціонування висотної будівлі, як на стадії розробки котловану, так і під час експлуатації висотної будівлі, пов'язана з особливостями інженерно-геологічних умов області взаємодії системи.

Список літератури

1. Катценбах Р., Шмитт А., Рамм Х. Основные принципы проектирования и мониторинга высотных зданий Франфурта-на-Майне. Случаи из практики // Реконструкция городов и геотехническое строительство. – 2005. – № 9. – С. 80-99.
2. Тер-Мартirosян З.Г. Современные проблемы механики грунтов при высотном строительстве // Инженерная геология. – М.: 2007. – С. 33-41.
3. Математичне моделювання нелінійно-непружних контактних задач / Р. О. Тімченко, Д. А. Кришко, А. В. Богатинський, В. О. Савенко // «Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури» – Дн-ск: ПДАБА, 2015. – № 8. – С. 50-58.
4. Тімченко Р. О., Кришко Д. А., Сушко О. С. Багатофункціональний житловий комплекс у міському середовищі // Містобудування та територіальне планування – К.: КНУБА, 2017. – Вип. 63 – С. 416-421.
5. Тімченко Р. О., Кришко Д. А., Савенко В. О. Моделювання роботи системи «основа – інженерна споруда» за допомогою програмних комплексів // Актуальні питання проблеми створення та експлуатації технічних систем – 2017: Матеріали Міжвузівської науково-практичної конференції молодих вчених та студентів (21 квітня 2017 р.). – Кривий Ріг: КНУ, 2017. – С. 130-133.
6. Тімченко Р. О., Кришко Д. А., Жулаєва П. Ю. Формування архітектурного середовища квартальної забудови // Міжвузівська науково-практична конференція молодих вчених та студентів «Актуальні питання проблеми створення та експлуатації технічних та електромеханічних систем». – Кривий Ріг. КНУ, 2018. – С. 63-65.
7. Применение геоинформационных систем в инженерно-геологических изысканиях / Р. А. Тимченко, Д. А. Кришко, С. О. Попов, М. О. Кравченко, Ю. В. Чугай // 36. наук. ст. "Галузеве машинобудування, будівництво". – Полтава: ПолНТУ, 2013. – Вип. 3 (38). – Т.2. – С. 359-367.
8. Тімченко Р. А., Кришко Д. А. Особенности совместного расчета системы «основание – фундамент – верхнее строение» высотных зданий // Вісник Криворізького національного університету. – Кривий Ріг: КНУ, 2014. – Вип. 36. – С. 117-122.
9. Применение математического моделирования для оценки напряженно-деформированного состояния системы „основание – фундамент – верхнее строение” в сложных инженерно-геологических условиях / Р. А. Тимченко, Д. А. Кришко, С. О. Попов, А. П. Сухан // 36. наук. ст. "Строительство. Материаловедение. Машиностроение". Серия: Компьютерные системы и информационные технологии в образовании, науке и управлении. – Дн-ск: ПДАБА, 2014. – Вып. 78. – С. 263-269.
10. Федоровский В. Г., Безволев С. Г., Дунаева О. М. Методика расчета фундаментных плит на нелинейно-деформируемом во времени основании // Нелинейная механика грунтов: Тр. IV Рос. конф. с иностр. участием.– СПб., 1993.– Т.1.– С. 81–86.
11. Пат. 13794 Україна, МПК 6 E 02D 27/00. Фундамент будівлі, споруди: 13794 Україна, МПК 6 E 02D 27/00 Тімченко Р. О. (Україна). – № u 2005 10214; Заявл. 31.10.2005; Опубл. 17.04.2006, Бюл. № 4. – 6 с.

12. **Тімченко Р.О.** Проектування і розрахунок урівноважуючих плитних фундаментів: Навч. посібн. для студентів будівельних спеціальностей. – Кривий Ріг, Мінерал, 2005. □ 82 с
13. **Тімченко Р. А., Кришко Д. А.** Работа плитных фундаментов-саморегуляторов (ПФС) на неравномерно-деформируемом основании // Современные проблемы строительства. – Донецк, 2010. – № 9. С. 173-177.
14. **Ильичёв В. А., Петрухин В. П., Шейнин В. И.** Принципы проектирования оснований и фундаментов высотных зданий, учитывающие их геотехнические особенности // Современное высотное строительство / ГУП «ИТЦ Москомархитектуры». – М., 2007. – С. 255-261.
15. **Федоровский В. Г., Колыбин И. В.** Расчеты и проектирование оснований и фундаментов // Современное высотное строительство / ГУП «ИТЦ Москомархитектуры». – М., 2007. – С. 255-261.
16. **Hanisch J., Katzenbach R., Konig G.** Kombinierte Pfahl-Plattengrundungen. Ernst&Sohn. – 2002. – 222 p.
17. **Тер-Мартиросян З. Г., Теличенко В. И., Королев М. В.** Проблемы механики грунтов, оснований и фундаментов при строительстве многофункциональных высотных зданий и комплексов // Вестник МГСУ. – 2006.– №1.– С.18–27.
18. **Шашкин К. Г.** Расчет напряженно-деформированного состояния основания фундаментов и здания с учетом их взаимодействия // Реконструкция городов и геотехническое строительство. – 2003. – №4. – С. 15–25.
19. **ДБН В.2.2-41:2019.** Висотні будівлі. Основні положення. – К.: Мінрегіонбуд, 2019. – 59 с.
20. **ДБН В.1.2-12-2008.** Будівництво в умовах ущільненої забудови. Вимоги безпеки. – К.: Мінрегіонбуд, 2008. – 34 с.
21. **ДБН В.2.2-15:2019.** Житлові будинки. Основні положення. – К.: Мінрегіонбуд, 2019. – 42 с.
22. **ДБН В.2.1-10:2018.** Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення – К.: Мінрегіонбуд, 2018. – 40 с.

Рукопис подано до редакції 06.04.2021

УДК 622.1

М.М. КОНДРАТЕНКО, ст. викл., С.Г. САВЕЛЬЄВ, д-р техн. наук, доц.
Криворізький національний університет

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ УЛЬТРАЗВУКУ В ПРОЦЕСАХ ПІДГОТОВКИ МЕТАЛУРГІЙНОЇ СИРОВИНИ ДО ПЕРЕДЛІУ

Метою роботи є дослідження можливості застосування і ефективності ультразвукової обробки в процесах підготовки металургійної сировини до переділу.

Розглянуто відмітні особливості ультразвукових хвиль, явища стабільної та нестабільної кавітації, умови їх виникнення. Зазначено про необхідність процесів огрудкування тонких концентратів залізорудних матеріалів для забезпечення початкової міцності агрегату дисперсних часточок після глибокого збагачення і важливості застосування зміцнювальних домішок в шихту огрудкування. В якості останніх здебільшого використовують бентоніти, які задля поліпшення їх властивостей піддають хімічній або механічній активації.

Відзначено широке розповсюдження використання ультразвукових технологій у народному господарстві взагалі і наявність вданих методик ультразвукової обробки бентонітів з метою покращення їх в'язучих властивостей зокрема. Ця обробка фактично є різновидом механічної активації. Проаналізовано можливі механізми впливу ультразвукової обробки на зміну властивостей оброблювального матеріалу. Зроблено висновок про можливість отримання позитивного результату ультразвукової активації бентонітів, які використовують при огрудкуванні металургійної сировини.

Методи дослідження. В роботі використані загальнологічні методи наукового дослідження – аналіз і синтез, аналогія, узагальнення.

Наукова новизна роботи. На основі проведеного літературного аналізу встановлено, що за відповідних параметрів обробки застосування ультразвуку може дати позитивний ефект у покращенні в'язучих властивостей бентоніту, як зміцнювальної домішки в шихту огрудкування.

Практична значущість роботи полягає у необхідності розробки та застосуванні ультразвукових, кавітаційних, бічастотних методів впливу на металургійну шихту в процесах її підготовки до огрудкування.

Результати роботи свідчать про те, що застосування ультразвуку за відповідних параметрів обробки може дати позитивний ефект. Подальше проведення досліджень доцільно продовжити у напрямку вивчення прив'язки певних видів бентоніту до режимних параметрів його обробки ультразвуком для використання в якості зміцнювальних домішок у шихту огрудкування.

Ключові слова: бентоніт, диспергування, ультразвук, кавітація, монтморилоніт, обкотиші, міцність

doi: 10.31721/2306-5435-2021-1-109-91-98

Проблема та її зв'язок з науковими і практичними задачами. З початку промислового виробництва згрудкованої сировини для металургійного переділу досить гостро стоїть питання