

7. Zhang, X., Pan, Y., & Tannert, T. (2021). The influence of connection stiffness on the dynamic properties and seismic performance of tall cross-laminated timber buildings. *Engineering Structures*, 238. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2021.112261>

8. ДБН В.2.6-161:2017. Дерев'яні конструкції. Основні положення. – Київ : Місррегіон України, 2017. – 111 с.

9. Sakhno, Serhiy and Yanova, L. and Pishchikova, O. V., Суттєві помилки в ДБН В.2.6-161:2017 «дерев'яні конструкції основні положення» та їх можливі наслідки (Significant Mistakes in DBN V.2.6–161: 2017 'Wooden Constructions Basic Provisions' and Their Possible Consequences) (February 15, 2020). Гірничий вісник ДВНЗ «Криворізький національний університет», 105, p. 127-132, Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3538659>

10. Xue, J., Xu, D., & Qi, L. (2019). Experimental seismic response of a column-and-tie wooden structure. *Advances in Structural Engineering*, 22(8). <https://doi.org/10.1177/1369433219828647>

11. Shimizu, H., Wakashima, Y., Shimizu, H., & Kitamori, A. (2020). Seismic retrofit of traditional wooden structures by development of a seismic grid wall with high initial stiffness. *AIJ Journal of Technology and Design*, 26(63). <https://doi.org/10.3130/aijt.26.537>

12. Alih, S. C., & Vafaei, M. (2019). Performance of reinforced concrete buildings and wooden structures during the 2015 Mw 6.0 Sabah earthquake in Malaysia. *Engineering Failure Analysis*, 102. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2019.04.056>

13. Gustafsson Anders, Crocetti Roberto, Just Alar, Landel Pierre, Olsson Jörgen, Pousette Anna, Silfverhielm Magnus, & Östman Birgit. (2019). *The CLT Handbook* (E. Borgström & J. Fröbel, Eds.). Skogsindustrierna Svenskt Trä.

Рукопис подано до редакції 16.03.2022

УДК 624.153.524

Р.О. ТИМЧЕНКО, д-р техн. наук, проф., Д.А. КРИШКО, канд. техн. наук, ст. викл.,
В.О. САВЕНКО, канд. техн. наук, молод. наук. співроб., А.В. БОЛОТНИКОВ, магістрант
Криворізький національний університет

ОСОБЛИВОСТІ РІШЕНЬ ФУНДАМЕНТІВ З ВИРІВНЮВАЛЬНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ, ЯКІ ЗВОДЯТЬСЯ НА ОСНОВАХ, ЩО НЕРІВНОМІРНО ДЕФОРМУЮТЬСЯ

Мета. У зв'язку з підвищенням дефіциту вільних земельних ділянок під забудову, в умовах зростання обсягів капітального будівництва, виникає необхідність використання територій зі складними інженерно-геологічними умовами. Неоднорідність деформаційно-міцнісних властивостей ґрунтових основ призводить до перенапруження в розрахункових перерізах конструкцій фундаментів та нерівномірності їх осідань, відповідно зменшуючи міцність та довговічність окремих частин та будівлі в цілому. При проєктуванні будівель та споруд у таких інженерно-геологічних умовах передбачаються спеціальні заходи, що забезпечують необхідні експлуатаційні якості та довговічність об'єктів. Метою досліджень є аналіз існуючих та пошук нових конструктивних рішень фундаментів з вирівнювальними властивостями, які зводяться на основах, що нерівномірно деформуються.

Методи дослідження. В даний час можна виділити низку загальних принципів розвитку, вдосконалення та оптимізації фундаментних конструкцій: зниження маси фундаментів та витрати матеріалів на одиницю несучої здатності; зниження трудомісткості їх улаштування; створення конструкцій, що дозволяють залучити до роботи максимальний обсяг ґрунту та отримати більш рівномірний напружено-деформований стан масиву ґрунту в основі фундаментів та знизити концентрацію напружень на кордоні «фундамент – основа»; розробка та уточнення розрахункових схем ґрунтових основ.

При виконанні досліджень були застосовані методи аналізу, синтезу та порівняння сучасних технічних рішень фундаментів з вирівнювальними властивостями.

Наукова новизна. Актуальність даної роботи пов'язана із розв'язанням поставленої задачі. Її результатом є вибір найбільш оптимального технічного рішення фундаменту, який має вирівнювальні властивості на основах, що нерівномірно деформуються.

Практична значимість. Розроблення або вдосконалення нового конструктивного рішення фундаментів із вирівнювальними властивостями і подальше його застосування у промисловому та цивільному будівництві в умовах нерівномірних осідань, що викликані деформаціями основи у складних інженерно-геологічних умовах і зазвичай значно перевищують відповідні величини, що мають місце у звичайних інженерно-геологічних умовах.

Результати. Проведені аналітичні дослідження дозволили виявити слабкі сторони існуючих технічних рішень фундаментів із вирівнювальними властивостями, що дозволить в подальшому розробити нові або вдосконалити існуючі конструктивні рішення.

Ключові слова: фундаменти з вирівнювальними властивостями, аналітичні методи, конструктивні рішення.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Перехід будівельної промисловості на зведення багатоповерхових будівель, пов'язаної з обмеженістю вільних площ забудови, обумовлює часто необхідність використання територій з малосприятливим для будівництва інженерно-геологічними умовами. Неоднорідність деформаційно-міцнісних властивостей ґрунтових основ призводить до перенапруження в розрахункових перерізах конструкцій фундаментів та нерівномірності їх осідань, відповідно зменшуючи міцність та довговічність окремих частин та будівлі в цілому. Це зумовлює необхідність пошуку нових конструктивних рішень та методик розрахунків у галузі фундаментобудування [1-4].

Особлива увага приділяється проектуванню даних споруд в складних інженерно-геологічних умовах. Існуючі конструктивні рішення фундаментів з вирівнювальними властивостями не пристосовані до застосування на таких територіях. В Україні просідні ґрунти займають понад 70% всієї території, а крім того є регіони будівництва, в яких ведеться видобуток корисних копалин – Прикарпатські калійні родовища, Львівсько-Волинський вугільний басейн, Кривбас. Інтенсивний розвиток гірничодобувної та інших, пов'язаних з нею галузей промисловості історично йшов при інтенсивному зростанні міст і міських селищ з розростанням їх загальної площі та залишенням у межах запобіжних ціликів, з залишенням пустирів та використанням, насамперед, територій з легкими та середніми умовами впливів підроблюваної основи. Покинуті ж у межах незабудовані ділянки, зазвичай, є підроблювальні території I і II групи, зони з тектонічними порушеннями гірничого масиву, майданчики зі старими гірськими виробками, тощо. Підроблюваними територіями зі складною інженерно- та гірничо-геологічною будовою, які у будівельному відношенні, відповідно до діючих інструктивно-нормативних документів, вважаються вкрай несприятливими.

Аналіз досліджень і публікацій. Складні інженерно-геологічні умови – це геологічне середовище, яке включає специфічні ґрунти, небезпечні природні або техногенні процеси, геоморфологічні умови, геологічні та гідрогеологічні чинники взаємодії з будівлями і спорудами, відносяться до II і III категорії складності інженерно-геологічних умов. Нерівномірна деформація основи може бути викликана або його неоднорідністю, пов'язаною з геологічною будовою, або іншими зовнішніми причинами, наприклад, гірськими виробками, замочуванням ґрунту тощо.

Багато вчених присвятили свої роботи дослідженню фундаментів із вирівнювальними властивостями з урахуванням їх спільної роботи із ґрунтовим масивом. Теоретичній розробці та експериментальному обґрунтуванню нелінійних моделей ґрунтового середовища, що дозволяють описувати процес її деформування на всіх етапах навантаження, присвячені роботи І.П. Бойко, Є.Ф. Винокурова, Ю.Л. Винникова, А.Л. Гольдіна, А.Є. Дельніка, Б.І. Дідуха, Ю.К. Зарецького, М.Л. Зоценко, В.А. Ільчева, С.М. Клепікова, Н.В. Корнієнко, О.Л. Крижановського, І.Я. Лучковського, В.А. Микулича, Ю.М. Мурзенко, В.М. Ніколаєвського, О.О. Петракова, В.Д. Петренко, А.М. Рижова, В.Л. Се-діна, Ю.А. Соболевського, Ю.М. Соловійова, В.І. Соломіна, Є.А. Сорочана, О.С. Строганова, В.Г. Таранова, З.Г. Тер-Мартиросяна, Р.О. Тімченка, С.Б. Ухова, В.Г. Федоровського, Д.М. Шапіро, В.Г. Шаповала, В.Б. Швеца, В.Н. Широкова, А.В. Школи та ін. [1-13].

Аналіз конструктивних рішень фундаментів з вирівнювальними властивостями проведений на основі останніх досягнень в галузі будівельної механіки, теорії розрахунку залізобетонних конструкцій, механіки ґрунтів, теорії пружності, обчислювальної математики. Розроблені технічні рішення фундаментів, що мають конструктивні особливості, з урахуванням їх спільної роботи з ґрунтом на територіях зі складними інженерно-геологічними умовами є основою для подальших практичних досліджень.

Постановка завдання. Актуальність досліджуваних питань виникла внаслідок спорудження будівель та споруд у складних інженерно-геологічних умовах. На таких ділянках типові будівельні конструкції будівель, призначені для звичайних умов будівництва, можуть отримати надмірні навантаження, деформуватися і часом зруйнуватися, а самі будівлі в цілому можуть деформуватися в таких межах, що нормальний режим їх експлуатації буде неможливий.

Таким чином, завдання захисту будівель розбивається на дві частини: забезпечення міцності та надійності експлуатації конструкцій та збереження проектного стану частин будівлі з ура-

хуванням допусків на можливі переміщення за санітарними нормами. Перша частина завдання може бути вирішена наступним чином: розрахунково-теоретичним методом шляхом вивчення дійсного напружено-деформованого стану несучих елементів будівлі та відповідного їх конструювання. Друга частина завдання після вичерпання меж можливого деформування будівель може бути вирішена в умовах експлуатації на нерівномірно-деформованих основах лише одним засобом – виправленням їх становища до прийнятного рівня.

В даному напрямку є певні результати, що стосуються технічних рішень пристроїв, що вирівнюють, і способів їх реалізації на рівні винаходів. Однак, як правило, все нові розробки та ідеї потребують додаткових досліджень як з технічних, так і з технологічних міркувань. Деякі пропозиції слабо спрямовані на практичне використання, чим у основному і гальмується їх застосування проектними організаціями та втілення у натурі будівельними підприємствами.

Метою досліджень є аналіз існуючих та пошук нових конструктивних рішень фундаментів з вирівнювальними властивостями, які зводяться на основах, що нерівномірно деформуються.

Викладення матеріалу та результати. Відомі фундаменти, що мають підшву суцільної залізобетонної плити безопорні ділянки, розміщені в зоні дії розрахункового мінімального відпору, причому безопорні ділянки можуть бути заповнені низькомодульними матеріалами [14, 15] (рис. 1а). У звичайних умовах будівництва за стабільних за характерними точками розрахункових епюр відпору ці фундаменти забезпечують економію арматури та бетону в конструктивному аспекті при фактичному обліку слабо навантажених зон. Однак при нерівномірних вимушених вертикальних деформаціях основи, коли слабонавантажені зони змінюють своє положення, в несучих конструкціях (в т.ч. у суцільній залізобетонній плиті), переважно в найнапруженіших місцях, виникають у всіх випадках додаткові зусилля. Останні обумовлені зростанням контактної епюри тиску за рахунок ступінчастого включення в роботу ділянок і наявності великих згрупованих у плані площ опорних зон і безопорних ділянок, однозначно прив'язаних щодо опорних несучих конструкцій, причому безопорні ділянки можуть включатися в роботу і в місцях з максимальними значеннями тисків контакту. При цьому за рахунок великих згрупованих у плані площ відірних зон та безопорних ділянок просторова робота основ використовується недостатньо ефективно.

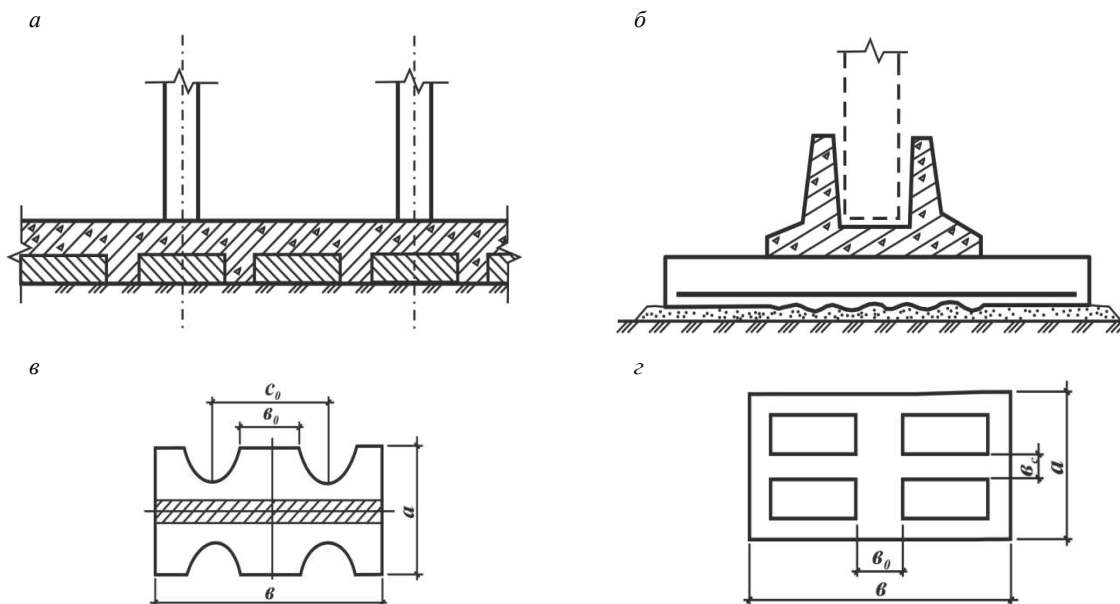


Рис. 1. Деякі конструктивні рішення фундаментів, що мають елементами саморегулювання: *а* – фундамент із заповненням безопорних ділянок низько модульним матеріалом; *б* – фундамент із рифленою поверхнею в центральній частині; *в* – фундамент з вирізами на опорних консолях; *г* – решітчастий фундамент

При вимушених горизонтальних деформаціях основ не реалізується зниження навантажень від ґрунту, що зміщується, по фронтальним і бічним поверхням фундаменту.

Відомі інші фундаменти [16], що мають під підколонниками опорні залізобетонні блоки, в центральній частині підшви яких влаштовані рифлені поверхні (рис. 1б) з виступами, повністю впровадженими в піщану підготовку під дією власної ваги опорних блоків і вібропривантаження.

Ці фундаменти в цілому після завантаження мають параболічну епюру відпору при значних вертикальних навантаженнях і невеликих згинальних моментах, що характерно для каркасних будівель, і забезпечують повніше використання несучої здатності основ у центральній частині опорних блоків зі значною глибиною ущільненого ґрунтового ядра. При значних згинальних моментах і невеликих вертикальних навантаженнях, що характерно для каркасних одноповерхових будівель, ефективність фундаментів знижується через неможливість передачі під консольними ділянками опорних блоків високих тисків на ґрунт основ через пухкі піщані підготовки. Ще більше посилюється становище при нерівномірних вимушених вертикальних деформаціях основи, коли від додаткових моментних навантажень відбувається зсув від центру фундаменту параболічної епюри відпору та обумовлене цим перевантаження робочої арматури та бетону опорних блоків. При вимушених горизонтальних деформаціях основ дані фундаменти не забезпечують можливість зниження навантажень від ґрунту, що зміщується, по підшві опорних блоків і підколонників, розташованих як щодо, так і фронтально щодо напрямку вектора переміщення ґрунту.

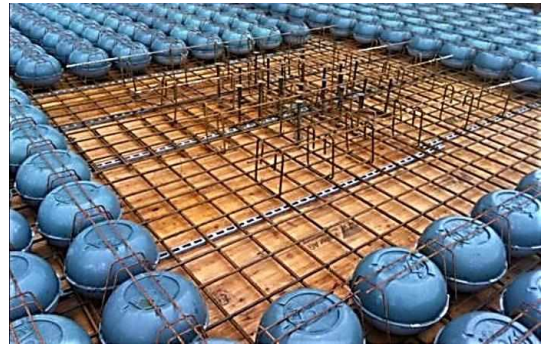
В інших типах фундаментів [17], забезпечених на опорних консолях вирізами (рис. 1в), наприклад криволінійними, досягається повніше і раціональне використання несучої здатності ґрунтів основ, проте в умовах прояву вимушених нерівномірних вертикальних деформацій самих основ, зокрема на підроблюваних територіях, фундаменти мають недоліки. В цьому випадку жорсткість опорних консолей по довжині блоку використовується неефективно, що при параболічній епюрі відпору викликає перенапругу окремих ділянок, що виступають. Максимальні напруги під підшвою блокових фундаментів через можливий розвиток в умовах перевантажень надмірних осад слід обмежувати, що зменшує повноту використання несучої здатності ґрунтів основ. При вимушених горизонтальних деформаціях основ, які завжди на територіях, що підробляються, супроводжують вертикальним деформаціям, навантаження від зміщувального ґрунту по дотичних і фронтальних бокових поверхнях не можуть бути знижені.

Іншими решітчастими фундаментами (рис. 1з), що мають в опорній плиті порожнини, що відкриваються по підшві фундаментів [18], ефективно використовується просторова робота основи за рахунок „арочного” ефекту у двох напрямках за структурою опорної решітки підшви фундаментів. При цьому розрахункові навантаження на основу обмежуються за будівельними нормами за величиною розрахункового тиску, збільшеного на 30%. Подальше збільшення гравітаційних навантажень пов'язане з розвитком таких осадів, які важко запобігти при постійній площі опорних решіток підшви фундаментів. Таким чином, проектування решітчастих фундаментів з підвищеним навантаженням основи відрізняється зниженою надійністю, особливо в умовах прояву нерівномірних деформацій основи, коли відбувається перерозподіл епюри відпору з утворенням додаткових напружених зон. Причому опорну решітку фундаментів слід розрахувати на додаткові зусилля з підвищених епюр відпору, чим і обумовлюється додаткова матеріаломісткість фундаментів.

При цьому зниження навантажень на опорні елементи фундаментів від вимушених вертикальних переміщень ґрунту можливе лише в певних межах і залежить від постійної розрахункової горизонтальної опорної площі решіток, так як після утворення під її підшвою зон підвищеного відпору мимовільна стабілізація всієї контактної епюри за рахунок наявних порожнин і переміщення в ці порожнини ґрунту відбувається тільки після повного нормування під ребрами опорної решітки граничних ядер жорсткості, утворення кутів різання, областей граничних тисків і кривих поверхонь ковзання, що мають конструктивним особливостям решітчастих фундаментів значні розміри за глибиною основ. Ці фундаменти також не пристосовані до зниження навантажень від контактуючого ґрунту в умовах розвитку вимушених горизонтальних переміщень ґрунтового масиву.

З метою підвищення надійності та зниження матеріаломісткості використовують фундамент із вирівнювальними властивостями – фундамент із системою закритих порожнин, що формуються пустотоутворювачами – модулями з пустотілих конструкцій «Eco-Line» або «Slim-Line», що виготовляються з вторинного поліпропілену і відповідно плитних фундаментів з формуванням такої ж системи (рис. 2) [19, 20].

Рис. 2. Загальний вигляд плитного фундаменту після формування системи закритих порожнин



Конструювання плитних фундаментів та розрахунок розподілу площі арматури в верхній і нижній зонах плити, а також поперечної арматури вздовж осей x і y дозволить визначити можливі зони розміщення системи закритих порожнин, як для міцних, так і у разі слабких ґрунтових основ.

Аналіз зон можливого розміщення систем закритих порожнин, з точки зору забезпечення їх міцності та несучої здатності плитного фундаменту, дозволяє відзначити наступне:

для 10-ти поверхових будівель площа системи закритих порожнин може становити для слабких основ до 32%, а міцних – до 43% загальної площі плити;

для 22 поверхових будівель відповідно 10,2 і 11,9%, а 32-х поверхових – 1,7 і 2,1%.

Проведений огляд з технічних рішень фундаментних конструкцій будівель та споруд виявив ряд істотних недоліків, пов'язаних із ускладненням конструкцій та малою ймовірністю нормального функціонування у складних інженерно-геологічних умовах.

При проектуванні застосовують будівельні та конструктивні заходи, що знижують або величини деформаційних впливів з боку основи, або їх вплив на споруду. Досвід будівництва показав, що не вдається повністю запобігти цим несприятливим впливам на споруди з боку основи. Тому їх вплив на конструкції враховується ще на стадії їх проектування.

Запропоновано конструкції – плитні фундаменти-саморегулятори (рис. 3, 4) [21-24], для будівель та споруд, що враховують недоліки попередніх розробок. Особливістю цих конструкцій є структурна поверхня, виконана у формі пірамідальних порожнин 4 і опорних ділянок 5 по підшві фундаменту 1. Друге конструктивне рішення має шов ковзання 3 і навантаження від верхньої плити 1 передається на опорні елементи 4 з такою ж структурною поверхнею.

Для складних ґрунтових умов важливо заздалегідь знати величини очікуваних можливих деформаційних впливів і, відповідно, абсолютну та відносну опади висотних споруд.

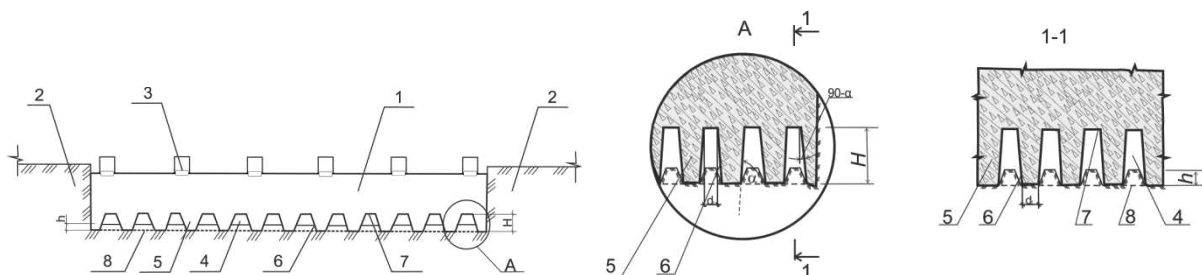


Рис.3. Конструкція плитного фундаменту-саморегулятора для будівель та споруд: 1 – фундамент; 2 – ґрунт; 3 – опора; 4 – пірамідальна порожнина; 5 – опорні призматичні ділянки; 6 – бічна грань; 7 – верхня основа призми; 8 – лист пружного піддатливого матеріалу

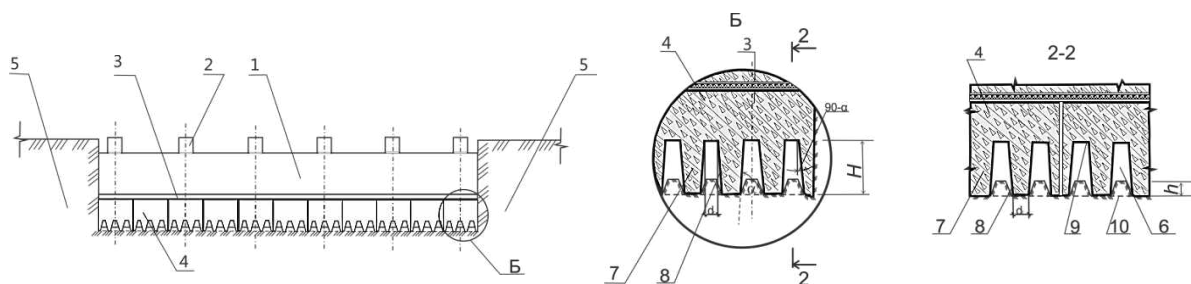


Рис.4. Конструкція плитного фундаменту-саморегулятора для будівель та споруд: 1 – гнучка плита; 2 – опора; 3 – шов ковзання; 4 – опорні елементи; 5 – ґрунт; 6 – пірамідальна порожнина; 7 – опорні призматичні ділянки; 8 – бічна грань; 9 – верхня основа призми; 10 – лист пружного піддатливого матеріалу

Висновки та напрямок подальших досліджень. З наведеного аналізу технічних рішень вирівнюючих пристроїв будівель та споруд випливає, що розвиток питань вирівнювання як

будівельних заходів захисту різних будівель та споруд не тільки у складних гірничо-геологічних умовах підроблювальних територій, а й в інших великих регіонах України, що характеризуються виявом нерівномірних деформацій основ є технічно можливими, необхідними, раціональними і, в окремих випадках, єдино відповідним засобом. Вирівнювання будівельних об'єктів при такому підході визначає принципово новий напрямок у розвитку фундаментобудування та будівельної техніки.

Відомі конструктивні рішення не орієнтовані на сприйняття нерівномірних деформацій основи, а способи виправлення нахилу споруди пов'язані з управлінням процесу людиною, що веде до значних витрат на виконання робіт.

Аналіз переваг та недоліків цілеспрямованої групи конструкцій показує необхідність здійснювати розробку фундаментних плит із саморегулюючими функціями та елементів, що з'єднуються з ними.

Список літератури

1. **Клепиков С. Н.** Проектирование и строительство зданий и сооружений на просадочных грунтах и подрабатываемых территориях – К.: Будівельник, 1976. – 16 с.
2. **Романов О. М., Клепиков С. Н., Машкин А. В.** Определение контактных давлений при ступенчатом оседании основания экспериментально-теоретическим путем // Пути повышения эффективности капитального строительства области за счет внедрения достижений науки и техники. – 1987. – С. 94-95.
3. **Крутов Б. И., Булгаков Б. И.** Влияние степени повышения влажности на относительную просадочность и уплотнение лессовых грунтов // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 1980. – № 1. – С. 19-21.
4. **Клепиков С.Н.** Особенности строительства в сложных грунтовых условиях // Эффективные методы проектирования оснований фундаментов в сложных грунтовых условиях – 1977. – С. 4-5.
5. **Руководство по проектированию зданий и сооружений на подрабатываемых территориях.** Часть I: Исходные данные для проектирования зданий и сооружений на подрабатываемых территориях // Донецкий ПромстройНИИпроект, НИИСК. – М.: Стройиздат, 1983. – 136 с.
6. **Руководство по проектированию зданий и сооружений на подрабатываемых территориях.** Часть II: Промышленные и гражданские здания // Донецкий ПромстройНИИпроект, НИИСК. – М.: Стройиздат, 1986. – 304 с.
7. **Тимченко Р. А.** Исследование работы плит-саморегуляторов на неравномерно-деформируемом основании // Механика грунтов и фундаментостроение: Материалы 3 Украинской научно-технической конференции (17-19 сентября 1997 г.). – Одесса: ОГАСА, 1997. – Т. 1 – С. 180-182.
8. **Тимченко Р. А.** Конструкции фундаментов-саморегуляторов // Деп. в ГНТБ Украины (12.08.96). – Кривой Рог, КГРИ. – 1996. – № 1627-Ук 96. – 60 с.
9. **Тимченко Р. А., Турабелидзе Г. Л.** Моделирование работы фундаментов с различной формой контактной поверхности // Деп. в ВНИИС – Кривой Рог, КГРИ. – 1989. – Вып. 11. – № 10152 – 7 с.
10. **Тимченко Р. А., Кришко Д. А.** Работа плитных фундаментов-саморегуляторов (ПФС) на неравномерно-деформируемом основании // Современные проблемы строительства. – Донецк, 2010. – № 8 – С. 34-38.
11. **Тимченко Р. А.** Расчет фундаментов-саморегуляторов при сложном нагружении // Деп. в ГНТБ Украины (12.08.96). – Кривой Рог, КГРИ. – 1996. – № 1626-Ук 96. – 38 с.
12. **Тимченко Р. А.** Вопросы геотехнических исследований для плитных фундаментов высотных зданий и сооружений // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – 2006. – № 4. – С. 53-58.
13. **Тимченко Р. А.** Применение программ МКЭ для моделирования работы системы „основание – инженерное сооружение“ в условиях неравномерных деформаций основания // Вісник Криворізького технічного університету. – 2008. – Вып. 21. – С. 113-116.
14. **Абелев М. Ю., Ильичев В. А.** Строительство зданий и сооружений в сложных грунтовых условиях. – М.: Стройиздат, 1986. – 104 с.
15. А.С. 779510 (СССР) М. Клз. Е 02d 27/02. Фундамент /**Г. Б. Афанасьев, С. Н. Клепиков, Б. М. Гаврилюк, Е. В. Напрасников** (СССР). №2703254/29-33; Заявлено 27.12.78; Опубл.15.11.80, Бюл. 42 // Открытия. Изобретения. – № 42. – 6 с.
16. А.С. 806815 (СССР). М. Клз. Е 02d 27/01. Способ возведения фундамента зданий и сооружений /**Г. В. Афанасьев, В. В. Напрасников, Б. М. Гаврилюк** (СССР). – № 2516188/29-33; Заявлено 09.08.77; Опубл. 23.02.81, Бюл. 7 // Открытия. Изобретения. – № 7. – 6 с.
17. А.С. 1008356 (СССР). М.Клз. Е 02d 27/01. Фундамент /**В. И. Волосяный** (СССР). – № 3362043/29-33; Заявлено 05.12.81; Опубл. 30.03.83, Бюл. 12 // Открытия. Изобретения. – № 12. – 6 с.
18. А.С. 1036845 (СССР). М. Клз. Е 02d 27/01. Фундамент здания, сооружения /**Е. А. Сорочан, Р. И. Фурунжиев, В. П. Ермашов, А. Б. Евтихийев, В. М. Ус, И. С. Марчик** (СССР). – № 3281902/29; Заявлено 22.04.81; Опубл.23.07.83, Бюл. 31 // Открытия. Изобретения. – № 31. – 6 с.
19. **Фидаров М. И.** Проектирование и возведение прерывистых фундаментов. – М.: Стройиздат. – 1986. – 157 с.
20. А.С. 998661 (СССР) М. Клз. Е 02d 27/00. Фундамент зданий, возводимых на неравномерно-деформированных основаниях /**Ф. И. Мавроди** (СССР). - №3284450/29-33; Заявлено 22.04.81; Опубл. 23.02.83, Бюл. 7. // Открытие. Изобретение. - №1. – 6 с.
21. Пат. 34889 А Україна, МПК6 Е 02D 27/00. Фундамент будівлі, споруди / **Р. О. Тімченко, Д. А. Кришко**; заявник та патентовласник КТУ – № 99074070; заявл. 15.07.1999; опубл. 15.03.2001. Бюл. № 2. – 6 с.

22. Пат. 8671 Україна, МПК7 E02D27/00. Фундамент будівлі, споруди / **Р. О. Тімченко, Д. А. Крішко**; заявник та патентовласник КТУ. - № у 2005 01037; заявл. 04.02.2005; опубл. 15.08.2005. Бюл. № 8. – 6 с

23. Пат. 13796 Україна, МПК6 E02D 27/00. Фундамент будівлі, споруди / **Ю. Г. Вілкул, Р. О. Тімченко, Д. А. Крішко**; заявник та патентовласник КТУ. - № у 200510216; заявл. 31.10.2005; опубл. 17.04.2006. Бюл. №4. – 6 с

24. Пат. 13797 Україна, МПК6 E 02D 27/00. Фундамент будівлі, споруди / **Ю. Г. Вілкул, Р. О. Тімченко, Д. А. Крішко**; заявник та патентовласник КТУ. - № у 200510218; заявл. 31.10.2005; опубл. 17.04.2006. Бюл. № 4. – 6 с

Рукопис подано до редакції 16.03.2022

УДК 621.867.522.2

Ю.Г. ГОРБАЧОВ, канд. техн. наук, проф., **А.С. ГРОМАДСЬКИЙ**, д-р техн. наук, проф.,
О.Ю. КРИВЕНКО, канд. техн. наук, доц., **Ю.І. ЧУМАК**, ст. викладач
Криворізький національний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ СТВОРЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ЛЕГКОГО ВІБРОТРАНСПОРТНОГО МОДУЛЮ УНІВЕРСАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Мета. Метою роботи є обґрунтування конструктивного рішення та раціональних параметрів уніфікованого вібротранспортного модулю легкого типу для використання в якості засобів вібраційного випуску та транспортування сипких матеріалів. Потреба у такому обладнанні відчувається у багатьох технологічних процесах гірничого виробництва, пов'язаних з видобутком та переробкою корисних копалин, у тому числі рудних. Використання універсального модульного пристрою для механізації різних транспортних операцій дасть змогу підвищити рівень уніфікації гірничого устаткування та скоротити номенклатуру об'єктів виробництва гірничого машинобудування. З огляду на це важливість та актуальність теми дослідження не викликає жодних сумнівів.

Методи дослідження. За допомогою аналітичного методу дослідження джерел науково-технічної інформації обґрунтовано та сформульовано вимоги до подібного обладнання. Розглянуто умови роботи засобів механізації для вібраційного випуску сипких матеріалів з різного роду ємностей та вібраційного транспортуванні їх на малі і середні відстані. Шляхом використання методу динамічного аналізу з'ясовано особливості робочих навантажень, що діють на машини у кожному конкретному випадку, та визначено межі раціональних параметрів режимів вібрації. За допомогою експериментальних досліджень підтверджено працездатність запропонованого технічного рішення. Зроблено висновок про можливість поєднання в одній конструкції пристроїв для виконання різних технологічних операцій.

Наукова новизна. Полягає у розробці ідеї використання єдиного уніфікованого вібротранспортного модуля легкого типу для механізації технологічних операцій випуску і доставки масових вантажів, у тому числі гірничої маси та продуктів її переробки.

Практична значимість. Практична реалізація ідеї дозволить розширити технологічні можливості вібротранспортного обладнання за рахунок поєднання різних функцій в одному пристрої, причому за умови високоефективного їх виконання.

Результати. Обґрунтовано та експериментально підтверджено раціональні конструктивні та експлуатаційні параметри уніфікованого вібротранспортного модуля універсального призначення.

Ключові слова: випуск сипких матеріалів з ємностей, вібраційне транспортування гірничої маси, вібротранспортна установка.

doi:10.31721/2306-5451-2022-1-54-89-94

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Одним з найбільш трудомістких технологічних процесів у гірничій промисловості є транспортування гірничої маси та продуктів її переробки. Здійснення операцій видобутку та збагачення твердих корисних копалин, у тому числі рудних, немислиме без використання різноманітного транспортного обладнання, яке пов'язує видобувні та збагачувальні машини у єдині технологічні ланцюги [1].

Транспортна система гірничого підприємства представляє собою складний механізм, від чіткого функціонування якого залежить рівень техніко-економічних показників роботи окремих дільниць та усього виробництва у цілому. Вона повинна забезпечити великі вантажопотоки, високий ступінь надійності, максимальну механізацію та автоматизацію основних та допоміжних транспортних операцій, зниження трудомісткості і зростання безпеки праці робочого та технічного персоналу. Подальший розвиток гірничого транспорту лежить на шляху підвищення продуктивності за рахунок зростання показників усіх його ланок, а також переходу від окремих високопродуктивних транспортних засобів до збалансованих за продуктивністю транспортних