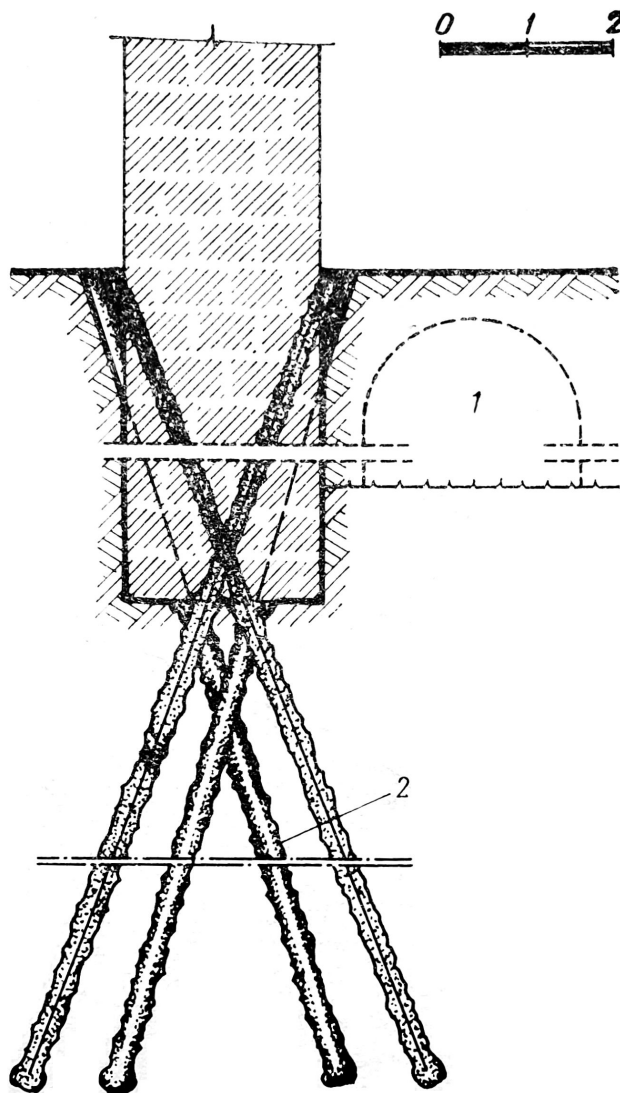


А. С. МОРГУН, І. М. МЕТЬ

МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ
ФУНДАМЕНТІВ СПОРУД
ПРИ РЕКОНСТРУКЦІЇ
ТА ПІДСИЛЕННІ
ЗА МГЕ



Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

А. С. Моргун, І. М. Меть

**МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ
ФУНДАМЕНТІВ СПОРУД
ПРИ РЕКОНСТРУКЦІЇ ТА ПІДСИЛЕННІ
ЗА МГЕ**

Монографія

Вінниця
ВНТУ
2022

УДК.519.635:624.044:624.15

М79

Рекомендовано до видання Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол № 7 від 31.03.2022 р.)

Рецензенти:

О. А. Савицький, доктор технічних наук,

М. Ф. Друківаний, доктор технічних наук, професор

Моргун, А. С.,

М79 Методика розрахунку фундаментів споруд при реконструкції та підсиленні за МГЕ : монографія [Електронний ресурс]/ А. С. Моргун, І. М. Меть – Вінниця : ВНТУ, 2022. –(105 с. А4)

ISBN 978-966-641-911-1 (PDF)

До монографії увійшли роботи розрахованих за МГЕ за результатами експериментальних досліджень підсиленних та реконструйованих фундаментів мілкового закладання та питання прогнозу поведінки фундаментів під впливом води. Розглянуті питання удосконалення методів розрахунку підсиленних фундаментів. Наведено прикладання МГЕ до рішення нелінійних задач механіки ґрунтів. Приведено результати числового розв'язку нелінійних задач поведінки під навантаженням підсиленних та реконструйованих фундаментів, а також порівняння цих результатів з експериментом.

Розрахована на студентів спеціальності «Будівництво та цивільна інженерія», спеціалістів та наукових працівників, що працюють в області числових розрахунків фундаментних конструкцій та їх реконструкції.

УДК 519.642:624.044:624.15

ISBN 978-966-641-911-1 (PDF)

© А. Моргун, І. Меть. 2022

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	5
ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1 ОЦІНКА НЕОБХІДНОСТІ РЕКОНСТРУКЦІЇ ФУНДАМЕНТІВ	9
1.1 Основні задачі при проведенні реконструкції фундаментів	9
1.2 Причини проведення робіт зі зміцнення основ та підсилення фундаментів будівель	13
1.3 Особливості роботи основ споруд, які експлуатуються. Природа зміцнення ґрунту	16
1.3.1 Підсилення фундаментів на натуральній основі.....	17
1.3.2 Використання паль для підсилення фундаментів.....	18
1.3.3 Підвід під будівлю набивних паль.....	19
1.3.4 Підсилення фундаментів утискуваними палями.....	20
1.3.5 Буроін'єкційні палі.....	21
1.3.6 Щілинні фундаменти	23
РОЗДІЛ 2 ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАНН РІШЕНЬ НЕЛІНІЙНОЇ ЗАДАЧІ ПІДСИЛЕННЯ ФУНДАМЕНТІВ ЗА МГЕ.....	25
2.1 Інженерно–фізичні передумови розрахунку споруд на нелінійно деформованій основі	25
2.2 Фізичні процеси деформування дисперсних ґрунтів під дією зовнішніх навантажень	27
2.3 Граничні стани основ споруд.....	31
2.4 Особливості подання НДС ґрунту під навантаженням.....	39
2.5 Уявлення про пружнопластичне деформування ґрунту Ідеалізація властивостей тіла.....	42
2.6 Дилатансійна пружнопластична модель.....	46
2.7 Компоновка визначальних рівнянь стану (моделі) з використанням числового МГЕ в розрахунках підсилення та реконструкції фундаментів	49

РОЗДІЛ 3. МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЗА МГЕ ПРОЦЕСУ ПІДСИЛЕННЯ ФУНДАМЕНТІВ	55
3.1 Підсилення фундаментів мілкового закладання перехресними палями	55
3.2 Числовий МГЕ в прикладних дослідженнях підсилення фундаментів горизонтальними палями	63
3.3 Моделювання за МГЕ НДС підсиленого фундаменту мілкового закладання набивними палями	71
3.4 Закріплення і підсилення основ, використання коренеподібних паль	76
РОЗДІЛ 4. МОДЕЛЮВАННЯ ЗА МГЕ ПРОЦЕСУ ЗАМОКАННЯ ГРУНТОВОЇ ОСНОВИ	83
4.1 Числовий прогноз за МГЕ деформативності дев'ятиповерхової будівлі в разі впливу техногенного фактора – дії води	85
4.2 Прогнозування впливу води на напружено-деформований стан замклої лесової основи за числовим МГЕ	91
4.3 Проблеми ресурсу НДС фундаментних конструкцій під час реконструкції будівель	95
ЛІТЕРАТУРА	102

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

Г	– границя досліджуваного елемента
ДБНіП	– державні будівельні норми і правила
МСЕ	– метод скінченних елементів
МГЕ	– метод граничних елементів
НДС	– напружено-деформований стан
P_{ij}^*, u_{ij}^*	– напруження та переміщення в фундаментальних розв'язках Р. Міндліна
СЕ	– скінченний елемент
ГЕ	– граничний елемент
ξ	– точка прикладення сили $P = 1$ в півплощині
x	– точка нагляду
САПР	– системи автоматизованого проектування

ВСТУП

В інженерній практиці різняться скальні породи і ґрунти. До скальних гірських порід відносяться такі, в яких жорсткі зв'язки мінеральних включень і зерен мають міцність такого ж порядку, що і міцність частинок основної маси. Вони найбільш ефективно взаємодіють з об'єктами споруд. Скальні гірські породи можуть бути представлені трьома генетичними групами: магматичною, осадовою і метаморфічною. Найтипівішими представниками магматичних порід є: граніти, сієніти, габро. Найбільш типові представники метаморфічних порід – кварцити, гнейси, мармури, кристалічні сланці. До осадових порід належать кременисті пісковики, конгломерати. До порід хімічного походження відносяться ангідрити, вапняки та ін..

Практично всі типи споруд взаємодіють із спорудою, тому необхідно враховувати саме сумісну роботу споруди з ґрунтами, чи то гірська порода вивітрювання літосфери – незв'язні (сипучі) чи зв'язні ґрунти, в яких міцність зв'язків в багато раз менше ніж міцність мінеральних частинок.

В силу того, що деформаційні характеристики ґрунтів в десятки раз менші, ніж у скальних порід, ефект впливу стискаючого шару в цьому випадку буде проявлятися слабкіше. Тенденція до збільшення будівельних робіт як по спорудженню, так і по реконструкції будівель та споруд потребує розвитку та напрацювання сучасних методів розрахунку системи «основа-споруда».

Необхідність розрахункової моделі відчувається вже зараз. В роботі уточнено особливість застосування моделей суцільних середовищ до тіл, що ущільнюються шляхом введення додаткових реологічних рівнянь (дилатансійної теорії гранульованого середовища) – урахуванню реологічних властивостей ґрунтів (фізичної нелінійності та принципів дилатансійних змін ущільненої основи).

Математична модель – матеріально реалізована система, яка адекватно відображає предмет дослідження і здатна замінити його так, що вивчення моделі сприяє отриманню нової інформації про цей пред-

мет. Головна перевага моделювання – можливість охопити систему цілісно.

Задачею дослідження є напрацювання методики, яка дозволяє визначити НДС при реконструкції та підсиленні фундаментів споруд, провести порівняння результатів числового моделювання з даними експериментальних спостережень. Для оцінки взаємодії елементів підсилення фундаментів з ґрунтовою основою використання аналітичних методів не дає надійних результатів, а числове моделювання дозволяє розкрити НДС системи «підсилюючі конструкції - ґрунтовий масив», адже теоретичне описання деформативності фундаментних конструкцій потребує знання поля напружень в ґрунтовій основі. Актуальність даної тематики підтверджується випадками аварійних деформацій споруд.

Створена в роботі модель дозволяє здійснити комплексний науково-обґрунтований підхід до постановки і розв'язку практичної задачі більш ефективного використання властивостей ґрунтових масивів за рахунок урахування їх роботи в нелінійній стадії. Резерви пружно-пластичної зони дозволяють збільшити навантаження на фундамент.

Значна стисливість ґрунтів при навантаженнях ставить на перше місце по значимості розрахунок основ за деформаціями.

Найважливіша стадія роботи основ (експлуатаційна) випадає з точки зору нормативних документів, в основі яких для розрахунку НДС основ покладено модель теорії пружності. Тому запропонована в роботі модель має новизну та актуальність.

Для розв'язання нелінійної задачі механіки ґрунтів в моделі використовується квазілінійна постановка *і стає природним залучення методу пружних розв'язків* О. А. Іллюшина. Прийнятність малих переміщень та нескінченно малих деформацій веде до можливості використання лінійної теорії і, як наслідок, до *правомірності принципу суперпозицій*.

Розрахунки стійкості споруд, що реконструюються, чи підсилюються, базуються на теорії граничної рівноваги, яка розглядає граничний напружений стан. Для визначення рівноваги необхідно знати основні фізико-механічні характеристики ґрунтового масиву: зчеп-

лення C , кут внутрішнього тертя φ , питому вагу ґрунту γ , модуль деформації E , коефіцієнт поперечного розширення ν .

На сьогодні найбільш прогресивними і точними є використання рішень пружно-пластичної задачі механіки суцільних середовищ та дилатансійної теорії дисперсного ґрунту, яка реально відображає характер деформування ґрунтів.

Використаний числовий МГЕ розв'язку граничної задачі, в якому суцільне середовище з нескінченною кількістю ступенів вільності апроксимується сукупністю скінчених елементів, що пов'язані між собою у вузлових точках і мають скінчену кількість ступенів вільності.

Для визначення несучої спроможності реконструйованого фундаменту в моделі проводилось інтегрування отриманого напруженого стану по бокові поверхні та нижній поверхні фундаментної конструкції.

Проектування та реконструкція сучасних будівель має орієнтуватись на новітніх комп'ютерних розрахунках, які дозволяють удосконалювати розрахункові схеми.

Ключові ідеї, що лежать в основі використаного МГЕ, прості і нечисленні. Задачі, які задовільняють рівнянню Лапласа ($\nabla^2\varphi = 0$), мають фізичні інтерпретації в класичних теоріях пружних тіл, теплопровідності, електростатиці. Для більшості практичних задач аналітичне рішення рівняння Лапласа знайти неможливо і доводиться шукати ефективні числові підходи. Ключовою особливістю МГЕ є та обставина, що дискретизується лише поверхня тіла, що дає можливість понизити на одиницю розмірність задачі.

РОЗДІЛ 1 ОЦІНКА НЕОБХІДНОСТІ РЕКОНСТРУКЦІЇ ФУНДАМЕНТІВ

1.1. Основні задачі при проведенні реконструкції фундаментів

Під основами розуміють напластування ґрунтів, які сприймають навантаження від споруди. Основи бувають: натуральними – складеними природними ґрунтами, штучними – коли природні ґрунти частково замінені, чи властивості їх покращені (ущільнення, закріплення тощо).

Фундаменти слугують для передачі навантаження від споруди на основу. В загальному випадку ґрунт складається із трьох фаз: тверді мінеральні частинки, вода, газ (повітря). Співвідношення між цими фазами обумовлює властивості ґрунту. Міцність дисперсних ґрунтів не відповідає міцності його частинок, вона значно менша і визначається саме міцністю структурних зв'язків

Ґрунти є об'єктом інженерно-будівельної діяльності людини. Основними параметрами будівельних властивостей ґрунтів є фізико – механічні властивості ґрунтів (міцнісні та деформативні характеристики): φ, C, E, R_c . φ – кут, тангенс якого рівний коефіцієнту внутрішнього тертя ґрунтів (піщані: $\varphi = 25^\circ - 43^\circ$, глинисті: $\varphi = 7^\circ - 30^\circ$). Коефіцієнт внутрішнього тертя – приріст руйнівного дотичного напруження до відповідного йому приросту нормального напруження на поверхні зсуву. C – опір структурних зв'язків всякому переміщенню частинок ґрунту. Зчеплення властиве пилувато-глинистим ґрунтам. Опір зсуву нескельних ґрунтів визначається силами тертя і зчеплення, величина якого залежить від виду ґрунту та його вологості.

Міцність ґрунту характеризується його властивістю опиратись зовнішнім силовим впливам. Оцінка міцності скельних ґрунтів проводиться по межі міцності на одновісний стиск R_c , а нескельних ґрунтів – по їх механічних характеристиках C і φ .

В роботі наведено метод інтеграції математичної моделі поведінки під навантаженням фундаментних конструкцій з числовим МГЕ.

Зростання обсягів реконструкції та реставрації об'єктів потребує збереження довготривалої минулої забудови споруд і є досить важливим і актуальним питанням формування містобудівного середовища. При оцінці технічного стану споруд для підняття рівня експлуатаційної придатності та можливостей покращення умов їх експлуатації виникає необхідність підсилення споруд для забезпечення подальшої їх надійної експлуатації.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати задачі:

- напрацювати *методику розрахунку підсилення*;
- виконати експериментальну перевірку;
- дати порівняльну оцінку результатів натурних і числових даних роботи системи «підсилений фундамент – ґрунтова основа».

При розробці рекомендацій з підсилення фундаментів споруд будівельники виходять із сучасних розумінь ролі фундаментів у проектуванні будівель

Реконструкції та технічного переобладнання існуючих споруд потребують як промислове, так і цивільне будівництво. При здійсненні процесів реконструкції (заміна застарілого обладнання, окремих конструкцій, розширення прольотів, надбудови, улаштування підземних приміщень, проявою деформацій аварійного характеру) зростають навантаження на фундаменти і основи. В окремих випадках потреба в підсиленні фундаментів обумовлена виникненням недопустимих відказів в системі «основа–фундамент–споруда» . Повна чи часткова втрата надійності системи називається відказом.

Характерною особливістю процесу реконструкції і підсилення фундаменту є необхідність його проведення в дуже стиснених обставинах (часто в умовах діючих підприємств чи експлуатованих споруд). Це потребує використання спеціальної технології і організації будівельних робіт та механізмів.

При будівництві нових споруд поряд з існуючими фундаментами піднімається навантаження на їх основи. Якщо фундаменти були розраховані лише на навантаження від споруди, що на нього опирається, то додаткове навантаження може викликати осідання фундаментів, які перевищують нормативні. В таких випадках необхідно здійснювати заходи з підняття несучої спроможності фундаментів, чи за-

кріпити ґрунти, на які вони опираються. Таким чином, будівництво нових споруд в умовах їх примикання до існуючих потребують прийняття спеціальних заходів, що гарантують надійність експлуатації останніх.

Розробка котлованів поряд з існуючими фундаментами приводить до розпушування ґрунтової основи та пониження її міцністних характеристик. Для зменшення впливу на існуючі фундаменти необхідне значне огороження котловану від існуючих фундаментів.

Характерними причинами порушення технології спорудження котлованів можуть бути: довготривалі простої відкритих котлованів, що сприяє погіршенню властивостей ґрунтів основи; неточності в розбивці фундаментів і невідповідність їх проектним розмірам; використання бетону пониженої марки в порівнянні з заданою в проекті; неякісне виконання стиків і спряжень, додаткові навантаження при реконструкції. Несвоєчасне виправлення цих помилок викликає необхідність подальшого підсилення фундаментів.

Випадки порушення роботи основ та фундаментів зустрічаються часто. В більшості з таких випадків повного руйнування не проходить. Причинами деформацій і аварійних ситуацій будівель можуть бути:

- перевантаження;
- недостатність зв'язків;
- помилки в проектних рішеннях; відступи від проекту;
- дефекти при виготовленні, монтажі конструкцій;
- порушення при експлуатації будівельних конструкцій (підвіска до конструкцій додаткового оснащення, снігове перевантаження);
- нерівномірне осідання споруд, замочування лесових ґрунтів, неякісні інженерно-геологічні вишукування;
- вибухи, підмив фундаментів, сейсміка, урагани...

Пошкодження споруд від нерівномірного осідання ґрунтової основи та фундаментів обумовлюються :

- різним напластуванням ґрунтів в межах ділянки забудови;
- їх фізико-механічними властивостями;
- просіданням чи набуханням ґрунтів, їх просадковістю;
- зміною гідрогеологічних умов.

У випадку просадних ґрунтів ущільнення ґрунтів трамбівками часто є недостатнім, потрібні пальові фундаменти, які повністю прорізають просадну товщу

Таким чином, з метою збільшення несучої спроможності фундаментів і підняття надійності роботи споруд необхідне підсилення фундаментів:

- улаштування обойм;
- розширення подошви;
- підведення блоків;
- підведення паль;
- влаштування додаткових опор;
- заміна і відновлення порушених елементів;
- заглиблення.

Основними причинами відказу основ є: довготривалі простої зроблених котлованів, зміна вологого режиму ґрунтів, динамічні впливи. Попередження значних осідань фундаментів на просадних ґрунтах має йти по двох напрямках: ліквідація причин просадки (призупинення підняття ґрунтових вод, ремонт комунікацій) та підсилення наявних фундаментів (розширення фундаментів, підведення паль, зміцнення ґрунтів).

Переулаштування, підсилення фундаментів складається в зміні конструкції чи розмірів існуючих фундаментів з метою налаштування їх для використання у змінених умовах експлуатації. Переулаштування поділяється на підсилення і реконструкцію. Переулаштування має здійснюватись по мірі морального і фізичного зносу основних фондів. Характерними і самими масовими об'єктами переулаштування є старі будівлі, багато яких є капітальними спорудами, придатними за технічним станом до подальшого використання.

Значна частина промислових будівель і споруд в нашій країні побудована понад 30-40 років назад. Під час їх служби конструктивні елементи зносились як морально, так і фізично [31].

Моральне зношення – це невідповідність параметрів (несучої спроможності, глибини закладання, форми, площі подошви) вимогам, що виникають під час реконструкції виробництва. Кількісною харак-

теристикою морального зносу є загальний об'єм затрат на переулаштування фундаменту.

Фундаменти з плином часу отримують фізичне зношення, вони можуть руйнуватись значно раніше розрахункового терміну їх експлуатації (дія агресивних ґрунтових вод, витіки з каналізаційних комунікацій, стоки хімічного виробництва, які руйнують захисний шар бетону та викликають корозію арматури, що знижує несучу спроможність фундаменту, викликає перекося, тріщини в наземній частині споруд).

Нерідко проектування ведеться з розрахунку на те, що ґрунтові основи під фундаментом будуть залишатись такими ж, якими вони були при виконанні вишукувальних робіт. Вплив зовнішніх умов на властивості ґрунтів часто неможливо передбачити при проектуванні. Одним із негативних факторів є їх водонасичення, яке значно знижує фізико-механічні і міцнісні характеристики ґрунтової основи.

1.2. Причини проведення робіт зі зміцнення основ та підсилення фундаментів будівель

Будівництво підземних споруд та фундаментів є важливим розділом будівельної науки та практики. Підземна частина будівель є відповідальною частиною споруди, на яку витрачається великі капітальні вкладення, біля 15-25% і більше. Конструктивні рішення підземної частини споруд мають велике різноманіття, яке залежить від функціонального призначення, його об'ємно-планувального рішення, інженерно-геологічних умов будівельного майданчика, природно-кліматичних умов. Так характерною особливістю промислових споруд є різні відмітки закладання фундаментів. Це викликано необхідністю улаштування окремих фундаментів під технологічне обладнання, підвалів, приямків, тунелів.

На теперішній час в цій області досягнуті деякі успіхи – створено нові види пильових фундаментів, методи їх проектування, напрацьовано випуск машин та механізмів по їх улаштуванню, удосконалюється технологія виробництва робіт, напрацьовуються організаційно-техно-

ЛІТЕРАТУРА

1. Алейников С.М. МГЕ в контактных задачах для упругих пространственных неоднородных оснований/ С.М. Алейников.– М. : Изд. АСВ, 2000-754 с.
2. Бойко И. П. Напряженно-деформированное состояние упруго-пластического, дилатирующего основания свайных фундаментов / Бойко И. П. // Основания и фундаменты. – К. : Будівельник, 1986. – Вып. 19. – С. 7–9.
3. Бойко И. П. Теоретические основы проектирования свайных фундаментов на упруго-пластическом основании / И. П. Бойко // Основания и фундаменты. – К. : Будівельник, 1985. № 18. – С. 11–18.
4. Бреббия К. Методы граничных элементов / К. Бреббия, Ж. Теллес, Л. Вроубел. – М. : Мир, 1987. – 524 с.
5. Бреббия К. Применения МГЕ в технике / К. Бреббия, С. Уокер. – М. : Мир, 1982.
6. Буличев В.Г. Механика дисперсных грунтов. М.: Стройиздат. 1974.
7. Гольдштейн М.Н. Механические свойства грунтов. М.: Госиздат по строительству и архитектуре. 1952, 259 с.
8. Рейнер М. Деформация и течение. Введение в реологию / М. Рейнер. – М. : Гостехиздат, 1963. – 383 с.
9. Николаевский В.М. Определяющие законы механики грунтов. М.: Стройиздат, 1975, 230 с.
10. Николаевский В. Н. Дилатансия и законы необратимого деформирования грунтов / В. Н. Николаевский // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 1979. – № 5. – С. 29–31.
11. Николаевский В. Н. Современные проблемы механики грунтов / В. М. Николаевский // Определяющие законы механики грунтов. – М. : Стройиздат, 1975. – С. 210–227.
12. Николаевский В.Н. Механика пористых и трещиноватых сред. М.: Недра. 1984
13. Ильюшин А. А. Труды (1946–1966). Т. 2. Пластичность; Составители Е. А. Ильюшина, М. Р. Короткина. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 480 с. – ISBN 5–9221–0364–4.

14. Ильющин А. А. Пластичность. Основы общей математической теории. М.:Изд-во АН СССР, 1963. 272 с.
15. Телес Д.К.. Применение метода граничных элементов для решения неупругих задач. М.: Стойиздат. 1987, 160 с.
16. Козаков Ю.Н., Буланкин Н.Ф., Стоян Ю.Ф. Усиление фундаментов сваями, устанавливаемыми с помощью пневмопробойников. ОФМГ № 4, 1990, с. 26-28.
17. Коновалов П.А. Основания и фундаменты реконструируемых зданий. М.: Стройиздат, 1988. 287 с.
18. Mindlin R. D., Force at a point in the interior of a semi-infinite solid, *Physics* 7, 195-202 (1936).
19. Моргун А. С. Теорія пластичної течії в механіці ґрунтів / А. С. Моргун. – Вінниця : ВНТУ. – 2013 – 108с.
20. Моргун А. С. Деформативність ґрунту при пластичній формозміні та дилатансії : монографія / А. С. Моргун. – Вінниця : ВНТУ, 2017. 103 с.
21. Моргун А. С. Моделювання дилатансійного середовища ґрунту системи «палля-основа» за МГЕ / А. С. Моргун // Основы и фундаменты. – К.: КНУБА – 2007. выпуск № 27 – С. 84–89.
22. Цытович Н.А., З.Г. Тер-Мартirosян З.Г. Основы прикладной геомеханики в строительстве. М.: «Высшая школа», 1981.
23. Николаевский И.Н. Механика пористых и трещиноватых сред. – М.: «Недра», 1984. 232 с.
24. Егоров А.И., Львович Л.Б., Мирочник Н.С. Опыт проектирования и строительства фундаментов из буроинекционных свай. М.: Стройиздат, ОФМГ, 1978 №3, с. 18-21.
25. Теребушко О.И. Основы теории упругости и пластичности. М.: Наука, 1984.–320 с.
26. Моргун А.С., Меть І.М. , Гладкий С.О. Моделювання НДС стану підсилених фундаментів за МГЕ. Тези доповідей на конференції ВНТУ «Молодь в науці» 2022.
27. Моргун А.С., Меть І.М. , А.Р. Козуб . Математичне моделювання за МГЕ процесу підсилення фундаментів. // «Сучасні технології, матеріали та конструкції в будівництві» № 1, 2022.

28. Моргун А.С., Меть І.М., Числовий МГЕ в прикладних дослідженнях підсилення фундаментів. Чехія.
29. В.И. Крутов, В. Л. Рафальзук, Ю.В. Власов. Фундаменты в вытрамбованных котлованах с уширенным основанием. М.: Стройиздат, ОФМГ №3, 1978, с. 3-6.
30. А.А. Иллюшин А.А.. Пластичность.М.: Гостехиздат. 1947.
31. Швец В.Б., Феклин В.И., Гинзбург Л.К. Усиление и реконструкция фундаментов. М.: Стройиздат.1985, 204 с.
- 32.Флорин В. А. Основы механики грунтов / В. А. Флорин. – М.: Стройиздат, 1961. – 372 с.
- 33 Фёдоров Б.С., Корневидные сваи . М.: Стройиздат. ОФиМГ № 3, 1974, С 16-18

*Електронне наукове видання
комбінованого використання.
Можна використовувати в локальному та мережному режимах*

**Моргун Алла Серафимівна
Меть Іван Миколайович**

**МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ФУНДАМЕНТІВ
СПОРУД ПРИ РЕКОНСТРУКЦІЇ
ТА ПІДСИЛЕННІ ЗА МГЕ**

Монографія

Оригінал-макет підготовлено А. С. Моргун

Підписано до видання 23.05.2022 р.
Гарнітура Times New Roman
Зам № P2022-018.

Видавець і виготовлювач –
Вінницький національний технічний університет.
21022, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95
ВНТУ, ГНК, к. 114
Тел. (0432) 59-85-32
press.vntu.edu.ua; *email*: irvc.vntu@gmail.com
Свідоцтво Держкомінформу України
серія ДК № 746 від 25.12.2001 р.
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95
ВНТУ, ГНК, к. 114
Тел. (0432) 59-81-59