

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ»**

ШЕПЕЛЬ НІНА МИКОЛАЇВНА



УДК 624.131.5

**ЗАКОНОМІРНОСТІ ДЕФОРМУВАННЯ ГЕОТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ
«СПОРУДА–ЛЕСОВИЙ МАСИВ» В ЗОНІ ДІЇ ДИНАМІЧНИХ
НАВАНТАЖЕНЬ**

Спеціальність 05.15.09 – «Геотехнічна і гірнична механіка»

**Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук**

Дніпропетровськ – 2016

Дисертація є рукописом.

Робота виконана на кафедрі будівництва, геотехніки і геомеханіки Державного вищого навчального закладу «Національний гірничий університет» (м. Дніпропетровськ) Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
СОЛОДЯНКІН Олександр Вікторович,
професор кафедри будівництва, геотехніки і геомеханіки Державного вищого навчального закладу «Національний гірничий університет» (м. Дніпропетровськ) Міністерства освіти і науки України.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
ПЕТРЕНКО Володимир Дмитрович,
завідувач кафедри тунелів, основ та фундаментів Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна Міністерства освіти і науки України;

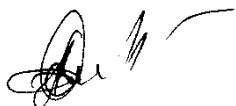
кандидат технічних наук
ДЯКУН Роман Анатолійович,
науковий співробітник відділу керування динамічними проявами гірничого тиску Інституту геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова Національної академії наук України (м. Дніпропетровськ).

Захист відбудеться «30» червня 2016 р. о 12⁰⁰ год. на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 08.080.04 при Державному вищому навчальному закладі «Національний гірничий університет» Міністерства освіти і науки України за адресою: 49005, м. Дніпропетровськ, просп. Д. Яворницького, 19, тел. (0562) 47-24-11.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Державного вищого навчального закладу «Національний гірничий університет» Міністерства освіти і науки України за адресою: 49005, м. Дніпропетровськ, просп. Д. Яворницького, 19.

Автореферат розісланий «30» травня 2016 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради



А.М. Роєнко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Значну частину освоєних територій країн Європи, Азії та Америки складають лесові ґрунти. Даний тип ґрунтів займає близько 80% території України і близько 34% території країн СНД. Головними особливостями лесових ґрунтів є їх макропористість, а також нестійкість структурних зв'язків при замочуванні і дії динамічних навантажень. Це робить їх чутливими до різних природних і техногенних впливів, що необхідно враховувати при використанні лесових ґрунтів у якості основи при будівництві будівель і споруд.

Фізико-механічні властивості лесових ґрунтів при вібродинамічних впливах до теперішнього часу вивчені ще недостатньо добре. Зокрема, відомі результати досліджень впливу динамічних навантажень на характеристики міцності ґрунтів є суперечливими.

Крім цього останнім часом спостерігається тенденція до збільшення щільності забудови і поверховості будівель, розвитку мереж транспортного і комунального господарства, а також обсягів підземного будівництва. Це призводить до зростання статичних і динамічних навантажень на підстилаючі породи, зміни рівня ґрунтових вод, що часто не було передбачено при проектуванні існуючих будівель і споруд. Зміна гідрогеологічних умов і збільшення статичних і динамічних навантажень на лесову основу можуть призвести до неприпустимих деформацій основ будинків, а при тривалій дії – до аварійних ситуацій. При цьому, діючі сьогодні в Україні нормативні документи не дозволяють оцінити небезпеку виникнення незатухаючих деформацій в разі впливу тривалих вібраційних навантажень.

Тому визначення закономірностей зміни характеристик міцності лесових ґрунтів у основі багатопверхових будівель і споруд від його вологості для вдосконалення методик розрахунку об'єктів в умовах тривалої дії динамічних навантажень є актуальним науковим і практичним завданням.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертація відповідає Закону України від 11.07.2001 р. № 2623-III «Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки» і змінам до цього закону 09.09.2010, № 2519-IV «Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки на період до 2020 року», Постанові кабінету Міністрів України від 23.05.2011 р. № 547 «Про затвердження Порядку застосування будівельних норм, розроблених на основі національних технологічних традицій, та будівельних норм, гармонізованих з нормативними документами Європейського Союзу», а також тематиці науководослідних робіт кафедри будівництва, геотехніки і геомеханіки Державного вищого навчального закладу «Національний гірничий університет» Ш-492 (№ ДР 0110U000866).

Мета роботи полягає у визначенні закономірностей зміни характеристик міцності лесових ґрунтів, що складають основу будівель і споруд з урахуванням гідрогеологічних параметрів і тривалого впливу динамічних навантажень.

Для досягнення поставленої мети в роботі вирішені такі задачі:

1. Аналіз результатів досліджень про вплив динамічних дій на характеристики міцності і деформованості лесових ґрунтів і стійкість об'єктів.

2. Проведення натурних досліджень параметрів вібродинамічного впливу від наземного рейкового транспорту в умовах м. Дніпропетровська.

3. Проведення лабораторних досліджень закономірностей зміни характеристик міцності лесових порід від вологості і віброприскорення частинок ґрунту.

4. Розробка чисельної моделі і проведення досліджень поведінки системи «споруда–ґрунтовий масив» для об'єкта, розташованого на лесовій основі при впливі динамічного навантаження.

5. Обґрунтування параметрів захисних конструкцій і заходів для об'єктів, розташованих в зоні дії динамічних навантажень з урахуванням зміни характеристик міцності та деформаційних властивостей лесових ґрунтів.

Ідея роботи полягає в урахуванні закономірностей зміни характеристик міцності лесових ґрунтів при проектуванні раціональних параметрів розташування і охорони будівель і споруд в зоні тривалої дії динамічних навантажень.

Об'єкт дослідження – фізико-механічні процеси в масиві лесового ґрунту в основі споруди при дії на нього динамічних навантажень.

Предмет дослідження – закономірності зміни характеристик міцності лесового ґрунту при різній його вологості в умовах тривалої дії динамічних навантажень.

Методи дослідження. Для вирішення поставлених задач використаний комплексний підхід із залученням методів: аналізу і узагальнення літературних джерел при вивченні результатів відомих досліджень з даного питання; інструментальних вимірювань при визначенні параметрів вібродинамічних впливів від рейкового транспорту в умовах м. Дніпропетровськ; лабораторних досліджень при визначенні характеристик міцності лесового ґрунту в залежності від його вологості і віброприскорення частинок ґрунту; регресійного аналізу для обробки результатів лабораторних досліджень; математичної статистики та теорії ймовірностей при обробці результатів вимірювань; чисельних досліджень при вивченні параметрів НДС системи «споруда–ґрунтовий масив».

Наукові положення, які виносяться на захист:

1. Характеристики міцності лесових просідаючих ґрунтів при динамічних впливах, що створюють вібрації в діапазоні прискорень $a=0..4,3g$ м/с² і вологості $\omega=11..22\%$ змінюються: при короткочасному навантаженні кут внутрішнього тертя ґрунту φ знижується в 1,5 рази за експоненційною залежністю при незмінній величині зчеплення C , а при тривалому навантаженні кут внутрішнього тертя і зчеплення знижуються в 2 і 1,5 рази відповідно за експоненційною залежністю, що дозволяє використовувати отримані результати для оцінки стійкості основ інженерних об'єктів і ґрунтових масивів.

2. Захист фундаменту будівлі на лесовій основі від впливу поверхневого джерела динамічного навантаження забезпечується спорудженням віброзахисного екрану з матеріалу з модулем деформації $E \geq 15\ 000$ МПа, при цьому деформації фундаменту нелінійно знижуються при збільшенні глибини екрану від 15 до 25 м, а при глибині екрану $H=20$ м відбувається максимальне зниження осадки фундаменту і крену будівлі, що дозволяє вибирати раціональні параметри охорони об'єкта.

Наукова новизна одержаних результатів.

1. Отримані кількісні характеристики параметрів вібрації від наземного рейкового транспорту в умовах м. Дніпропетровська для сучасного етапу впливу техногенних навантажень.

2. Вперше отримані закономірності зміни характеристик міцності лесових просідаючих ґрунтів – зчеплення C і кута внутрішнього тертя φ від динамічних дій, що створюють вібрації в діапазоні прискорень $a=0...4,3g$ m/c^2 при вологості ґрунту, що змінюється в межах $\omega=11...22\%$ для умовно-миттєвого і тривалого часу навантаження.

3. Розроблена чисельна модель геотехнічної системи «споруда–неоднорідний ґрунтовий масив» для оцінки параметрів напружено-деформованого стану масиву лесового ґрунту, що є основою споруди, яка відрізняється від відомих введенням показників міцності ґрунтів, отриманих при тривалих динамічних випробуваннях в лабораторних умовах.

4. Встановлені закономірності зміни напружено-деформованого стану геотехнічної системи «споруда–неоднорідний ґрунтовий масив» при впливі тривалих динамічних навантажень від поверхневого джерела для різних параметрів віброзахисного екрану.

Наукове значення роботи полягає у встановленні закономірностей зміни характеристик міцності лесових просідаючих ґрунтів – зчеплення C і кута внутрішнього тертя φ від динамічних дій і вологості для умовно-миттєвого і тривалого часу навантаження та обґрунтуванні параметрів способу захисту фундаменту будівлі, розташованої на лесовій основі, за допомогою віброзахисного екрану від впливу поверхневого джерела динамічного навантаження.

Практичне значення отриманих результатів полягає в розробці:

- методики проведення комплексних натурних вимірювань параметрів динамічних дій, створюваних рухом транспорту, із застосуванням віброметра VM 6360;
- методики проведення лабораторних досліджень з визначення характеристик міцності просідаючих ґрунтів при дії вібродинамічних навантажень;
- рекомендацій з охорони об'єктів, розташованих на лесовій основі, в зоні дії динамічних навантажень від технологічного обладнання і транспорту.

Реалізація результатів. Результати досліджень впроваджені в «ДніпроДПНТІЗ» – ДФ ДП «УКРНДПНТІЗ» у вигляді методики проведення комплексних натурних вимірювань параметрів динамічних дій від транспорту; методики проведення лабораторних досліджень з визначення характеристик міцності просідаючих ґрунтів при дії вібродинамічних навантажень; в будівельній фірмі «МЛАД» у вигляді рекомендацій з охорони об'єктів в зоні дії динамічних навантажень та навчальному процесі Державного ВНЗ «НГУ».

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій забезпечені результатами аналізу та порівняння натурних вимірювань і літературних, в тому числі і нормативних, даних про вібраційний вплив, створюваний рухом рейкового транспорту; достатньою збіжністю з натурними вимірами (85%) значень коливань переданих від джерела до об'єкта в чисельній моделі; достатньою збіжністю результатів (80%) лабораторних досліджень і чисельного аналізу при створенні чисельної моделі; використанням сучасного лі-

цензійного програмного забезпечення для розрахунків впливу динамічних навантажень на споруди.

Особистий внесок здобувача полягає у формуванні мети, задач досліджень, наукових положень, висновків і рекомендацій; виконанні натурних вимірювань параметрів вібрації, створюваних залізничним транспортом в умовах м. Дніпропетровська, виконанні комплексних лабораторних експериментальних досліджень зі встановлення закономірностей зміни характеристик міцності лесових ґрунтів під впливом вібрації різної інтенсивності, розробці чисельної моделі для дослідження впливів тривалих динамічних навантажень на стійкість будівель і споруд, обґрунтуванні параметрів захисного екрану для об'єктів, що підлягають впливу динамічних навантажень.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи повідомлені, обговорені і схвалені на: міжнародній науково-технічній конференції молодих вчених «Перспективи освоєння підземного простору» (Дніпропетровськ, Державний ВНЗ «НГУ», 2011, 2012), міжнародній науково-технічній конференції молодих вчених «Перспективи розвитку будівельних технологій» (Дніпропетровськ, Державний ВНЗ «НГУ», 2014, 2015), міжнародній науково-технічній конференції «Форум гірників» (Дніпропетровськ, Державний ВНЗ «НГУ», 2014), міжнародній науково-технічній конференції для молодих вчених, аспірантів і магістрантів «Перспективи розвитку гірничої справи та підземного будівництва» (Київ, НТУУ «КПІ», 2014), міжнародній науково-технічній конференції «Сталий розвиток промисловості та суспільства» (Кривий Ріг, Державний ВНЗ «КНУ», 2015).

Публікації. Основний зміст дисертації опубліковано в 15 наукових працях (3 – без співавторів), з яких: 8 у спеціалізованих періодичних виданнях (з них 2 – в зарубіжних виданнях, 4 – в журналах, що входять до міжнародних наукометричних баз); 7 – у збірниках матеріалів конференцій.

Структура і обсяг роботи. Дисертація складається із вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел з 202 найменувань на 20 сторінках та 4 додатків на 6 сторінках. Містить 148 сторінок машинописного тексту, 79 малюнків та 17 таблиць. Загальний обсяг роботи складає 194 сторінки.

ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтована актуальність теми дисертації, визначені об'єкт і предмет досліджень, сформульовані мета, наукові положення та новизна, а також наведені характеристика та загальна структура роботи.

Перший розділ присвячений огляду та аналізу властивостей лесових просідаючих ґрунтів, результатів негативного впливу динамічних навантажень на стійкість і довговічність будівель і споруд, стану досліджень відносно впливу динамічних навантажень на фізико-механічні властивості ґрунтів, наявності методик та нормативних документів для врахування динамічних дій при проектуванні та реконструкції будівель і споруд.

Лесові ґрунти розповсюджені майже по всій території України і значній території країн СНД. Головними особливостями лесових ґрунтів є їх макропористість, а також нестійкість структурних зв'язків при замочуванні і дії динамічних навантажень. Деформації, а згодом і аварії споруд на просідаючих ґрунтах

починаються з прояву нерівномірних осідань в результаті підняття рівня ґрунтових вод, або техногенного замочування з систем водопостачання та каналізацій.

Територія будь-якого великого міста є своєрідним осередком техногенних динамічних навантажень від транспортних джерел, будівельного і промислового устаткування, вибухових робіт, тощо. При цьому найбільш інтенсивним і поширеним вважається динамічне навантаження від транспорту, що рухається. При цьому провідна роль належить рейковому транспорту.

Видозмінюючись, вібрація від джерела динамічного навантаження передається в ґрунтовий масив і будівлі, що знаходяться поруч.

Відповідно до класифікації ґрунтів основи за ступенем чутливості лес, у зв'язку з тим, що є слабким і не має структурної міцності, відноситься до найбільш небезпечної IV групи дуже чутливих до динамічних впливів ґрунтів.

Аналіз результатів виконаних раніше досліджень показав, що питання проектування і будівництва на просідаючих ґрунтах вивчене досить добре. Вивченню фізико-механічних властивостей лесових порід присвячені роботи Ю.М. Абелєва, В.Б. Швеця, В.І. Крутова, В.Г. Галицького, І.Г. Рабіновича, С.Ф. Власова, Р.П. Ейдука, І.М. Літвінова, В.В. Аскалонова, В.О. Соколовича, О.А. Мусаєляна, О.І. Садовенка, В.Г. Шаповала та багатьох інших. Чинними нормативними документами враховуються питання впливу вологості на основи споруди, а також передбачаються заходи усунення їх просідаючих властивостей.

Вивченню питань впливу динамічних навантажень на фізико-механічні властивості ґрунтів і гірських порід присвячені роботи Д.Д. Баркана, О.Я. Шехтер, М.М. Маслова, О.О. Савінова, П.Л. Іванова, В.Д. Петренка, Г.Б. Сіда, Р.А. Дякуна, З.Г. Тер-Мартиросяна, Є.А. Вознесенського, М.Д. Краснікова та інших. Слід зазначити, що для піщаних ґрунтів вивчення цього питання досягло певних успіхів, менш вивчене питання для глинистих, в тому числі лесових ґрунтів. Практично не розкриті питання щодо одночасного впливу тривалої дії вологості і динамічних навантажень на фізико-механічні властивості просідаючих ґрунтів.

У вітчизняній і зарубіжній практиці відомі негативні наслідки транспортної вібрації, однак вона, як правило, не враховується ані при новому будівництві, ані при реконструкціях існуючих будівель і споруд. Діючі в Україні нормативні документи регламентують максимальні параметри коливань до виконання рівня санітарних норм, запобігаючи негативному впливу на людину, однак не дозволяють оцінити небезпеку виникнення незатухаючих деформацій в разі дії тривалої вібрації. Нормативні документи, що використовуються в міжнародній практиці, передбачають критичні значення коливань з точки зору впливу на конструкції будівель і споруд, але тільки при короткочасній дії динамічних навантажень.

Тому, враховуючи загальне фізичне старіння існуючих будівель, пам'яників архітектури, а також нове будівництво, питання забезпечення охорони споруд від транспортної вібрації в даний час є актуальними, особливо при порушенні природного гідрогеологічного режиму.

Другий розділ присвячений комплексу натурних досліджень вібрації від транспортних джерел.

Виходячи з того, що показники вібрації для джерела, середі поширення та об'єкта впливу залежать від багатьох факторів, і комплексні вимірювання для транспортних джерел динамічних навантажень були виконані декілька десятків років тому, метою натурних досліджень було отримання амплітудно-частотних характеристик на сучасному етапі в умовах м. Дніпропетровська, які необхідні для подальшого врахування негативного впливу вібрації на стійкість і довговічність будинків і споруд.



Рис. 1. Віброметр VM 6360: 1 – акселерометр, 2 – дисплей, 13 – магнітний датчик, 14 – кульовий зондовий датчик, 15 – конусний зондовий датчик

Вимірювання вібрації від транспорту, що рухається, були виконані за допомогою віброметра VM 6360 (рис. 1), загальні характеристики якого наведені у табл. 1.

Об'єктами досліджень прийняті ділянка лінії залізничної колії від станції Південний вокзал до Мерефо-Херсонського залізничного мосту і трамвайна лінія маршруту №1, що проходить через історичну частину міста – центральний проспект К. Маркса.

Таблиця 1

Технічні характеристики віброметра VM 6360

Параметри	Діапазон вимірювань
Швидкість	0,01 – 40,00 см/с; СКЗ
Прискорення	0,1 – 400,0 м/с ² ; еквівалентний пік
Переміщення	0,001 – 4,000 мм; розмах коливань
Частота	1-20 кГц
Похибка	±5%

Відповідно до розробленої методики, виміри проводилися для п'яти проходжень транспортного засобу кожної категорії. Для отримання статистично достовірних результатів вимірювання повторювалися, переміщаючи точки вимірів уздовж шляху через 25 м не менше ніж для 6 вимірювальних пунктів.

Результати натурних досліджень (рис. 2) показали, що параметри вібрації від рухомих поїздів і трамваїв в Дніпропетровську за останні 25-30 років не змінилися, в порівнянні з даними, наведеними в літературі. Більш того, в деяких випадках значення віброприскорень в 2-3 рази перевищують відомі величини, наприклад, в місцях стиків рейок, стрілочних переводів, на перехрестях з інтенсивним рухом транспорту.

У **третьому розділі** наведені методики та результати лабораторних випробувань зразків лесового просідаючого ґрунту при дії короткочасних та тривалих статичних і вібродинамічних навантажень, а також отримані узагальнюючі емпі-

ричні залежності для характеристик міцності лесового ґрунту від значень вологості ґрунту і віброприскорення.

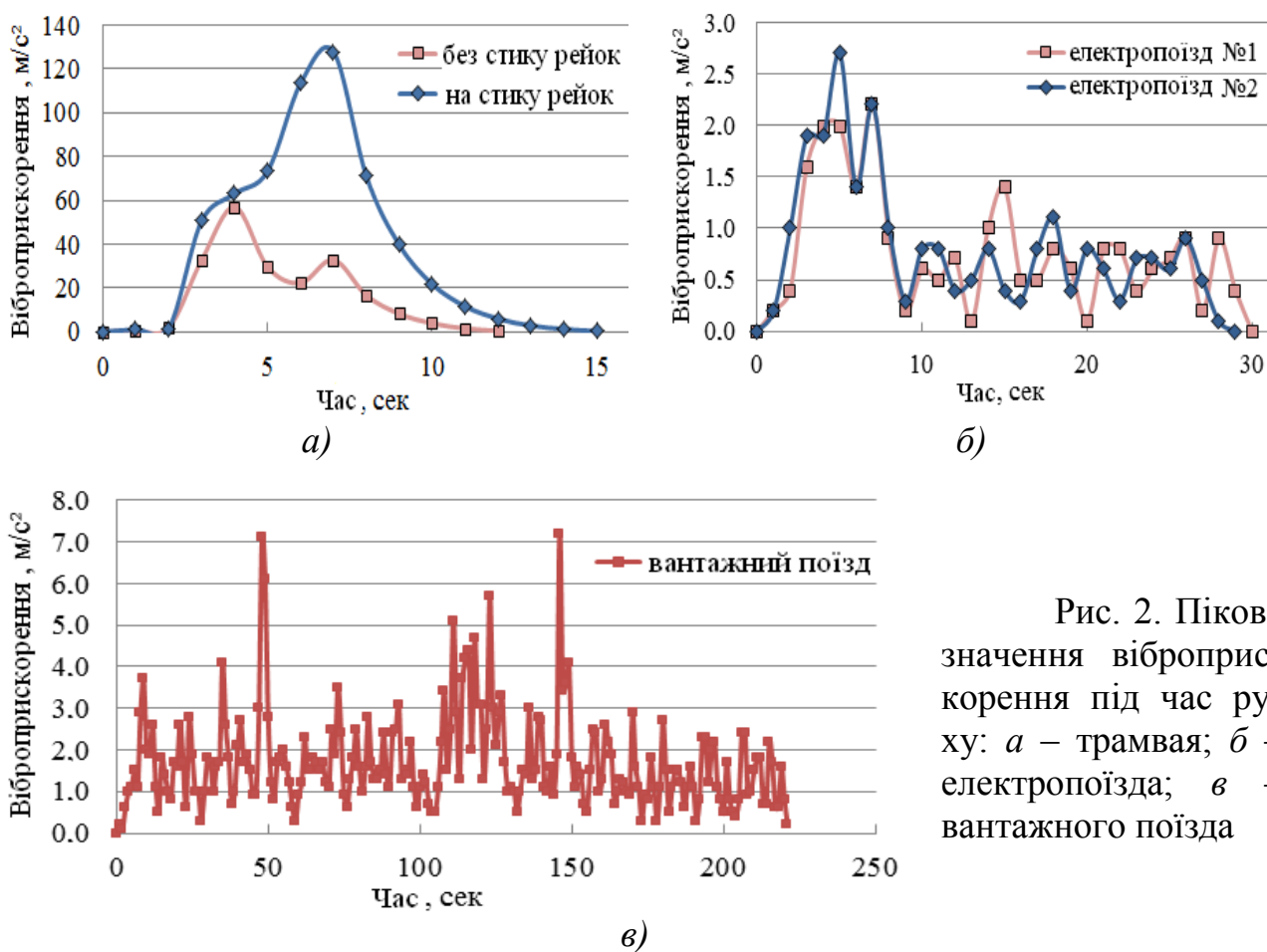


Рис. 2. Пікове значення віброприскорення під час руху: а – трамвая; б – електропоїзда; в – вантажного поїзда

Зразки лесового суглинка циліндричної форми і умовно-непорушеного складу для лабораторних досліджень відбиралися в балці Євпаторійська м. Дніпропетровськ, яка характеризується наявністю зсувних процесів. Перед дослідженням характеристик міцності були отримані фізичні властивості ґрунту (табл. 2).

Таблиця 2

Фізичні властивості лесового суглинка

Показник		Значення
Щільність ґрунту ρ , г/см ³		1,56...1,70
Середні значення характеристик вологості	природна W , %	11,01
	на межі розкочування W_p , %	21,50
	на межі текучості W_L , %	30,79
Пористість n , %		39,60
Коефіцієнт пористості e		0,65

Для приготування зразків ґрунту заданої вологості, спочатку робилося його замочування до повного водонасичення, потім проводилося поступове висушування до необхідної вологості і витримка в герметизованій оболонці для рівномірного розподілу вологи. Контроль вологості зразків після випробувань проводився за допомогою вологоміра KERN MLB.

Опір зсуву за умовою міцності Кулона-Мора при статичних і вібродинамічних випробуваннях матиме максимальне значення при умовно-миттєвому зрушенні і найменше гранично-тривале значення з урахуванням зниження опору зсуву ґрунту в часі. У зв'язку з цим всі випробування ґрунтів ділилися на 2 серії експериментів: випробування при швидкому зсуві для визначення умовно-миттєвої міцності і тривалі випробування для визначення тривалої міцності ґрунту.

Випробування на зсув проводилися при трьох значеннях нормальних напружень $\sigma=0,1 \dots 0,3$ МПа, вологість ґрунту змінювалася в межах $w=11 \dots 22\%$. За критерієм міцності Кулона-Мора визначалися характеристики міцності – зчеплення і кут внутрішнього тертя.

Для отримання значень умовно-миттєвої міцності зразки ґрунту навантажувались дотичними напруженнями до досягнення граничних деформацій протягом 10 с. Оскільки зниження міцності ґрунтів протягом часу викликається явищем повзучості, досліді гранично-тривалої міцності ведуть зазвичай в таких умовах, коли розвивається саме це явище, а фільтраційне ущільнення виключено, і щільність і вологість ґрунту залишається в процесі випробувань незмінною. Відповідно до вищесказаного, при тривалих випробуваннях досліді проводилися на попередньо консолидованих максимальним чинним вертикальним тиском на зразки – 0,3 МПа, а для запобігання зміни їх вологості верх і низ зрізної коробки зсувного приладу герметизувались плівкою. Це дозволило зберегти постійну вологість зразків протягом всієї тривалості експерименту.

Визначення характеристик міцності ґрунту на зсув при статичних випробуваннях проводилося за допомогою приладу ПС-10. Результати досліджень характеристик міцності для лесового ґрунту різної вологості при короткочасних навантаженнях показані на рис. 3.

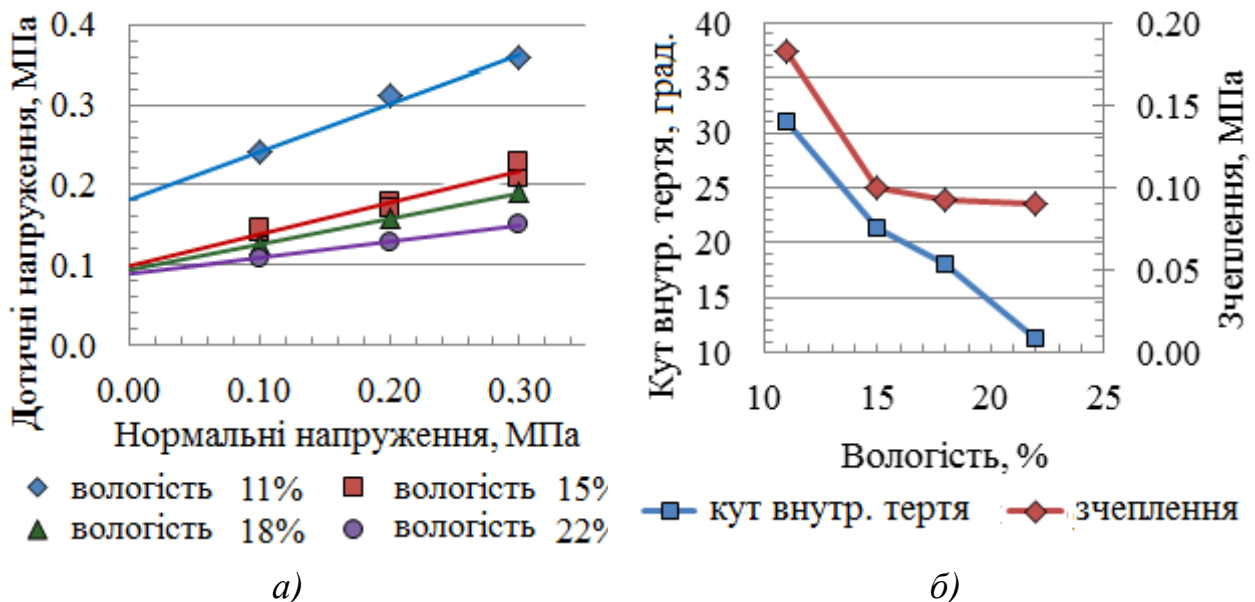


Рис. 3. Короткочасні статичні випробування: *а* – опір зсуву ґрунту τ ; *б* – зміна кута внутрішнього тертя φ і зчеплення C

Для дослідження гранично-тривалої міцності ґрунту випробування зразків проводилися за допомогою поступово зростаючого навантаження. Спочатку зразок навантажувався маленьким навантаженням, потім воно збільшувалось

ступенями на Δt (рекомендується $\Delta t \leq 1/10 \tau_0$, τ_0 – умовно-миттєва міцність). Кожна ступінь витримувалась протягом інтервалу часу Δt , до умовної стабілізації деформації. Критерієм стабілізації був прийнятий приріст відносної деформації не більше 0,01% за 12 годин. Результати випробувань наведені на рис. 4.

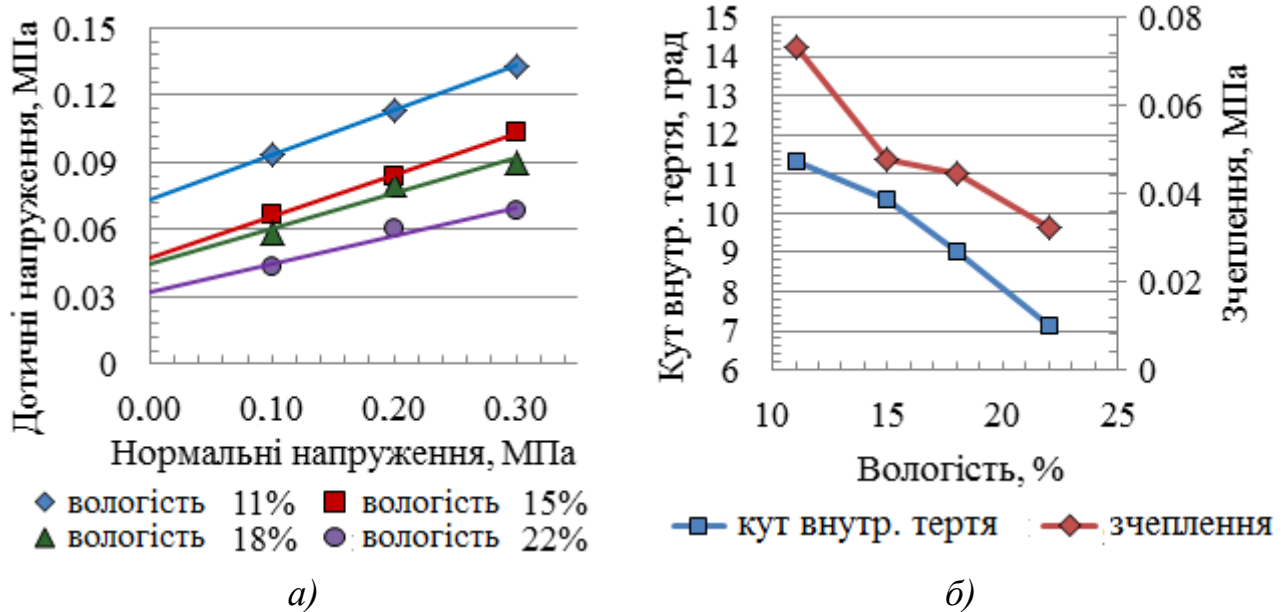


Рис.4. Тривалі статичні випробування: а – опір зсуву ґрунту τ ; б – зміна кута внутрішнього тертя φ і зчеплення c

Для отримання характеристик міцності криві деформованості ґрунту були перебудовані в криві тривалої міцності, а потім в криві опору зсуву. Загалом, при статичних навантаженнях, було випробувано 48 зразків ґрунту.

Випробування на зсув при вібродинамічній дії проводилися за допомогою вдосконаленого приладу плоского зрізу, встановленого на вібростенді (рис. 5), в чотирьох режимах навантажень – в діапазоні прискорень $a=0 \dots 4,3g$ м/с² при різній вологості зразків.

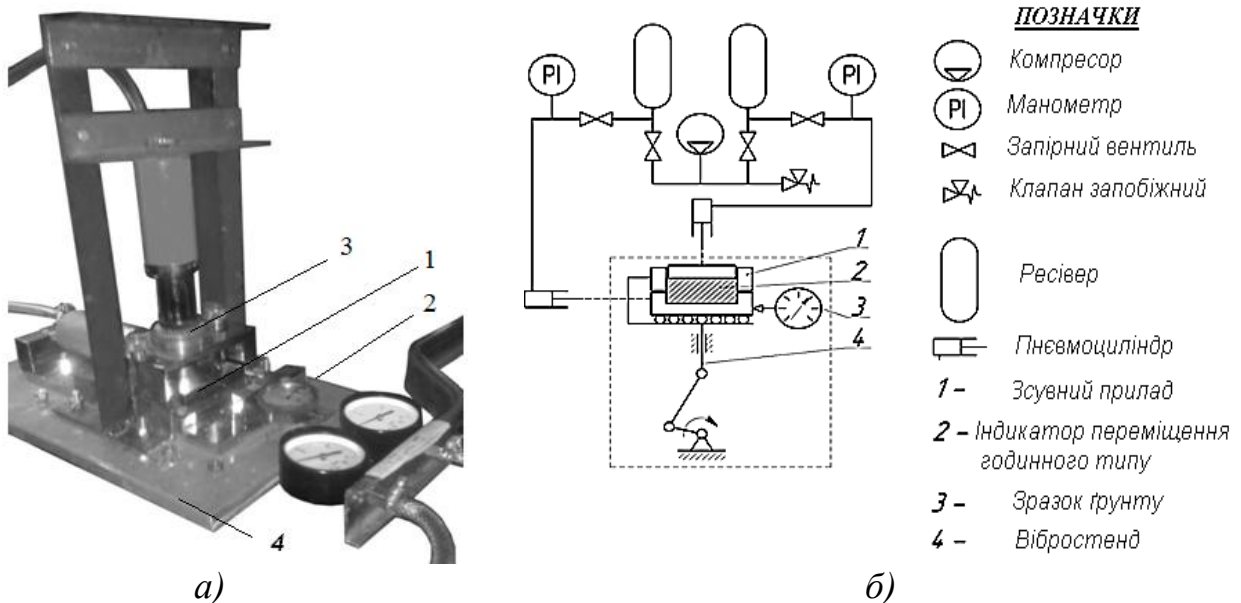


Рис. 5. Загальний вигляд (а) та пневматична схема приладу (б) для проведення вібродинамічних досліджень

Випробування короткочасними вібродинамічними навантаженнями дозволили визначити характеристики міцності ґрунту в залежності від його вологості і діючого віброприскорення для умовно миттєвої міцності (рис. 6).

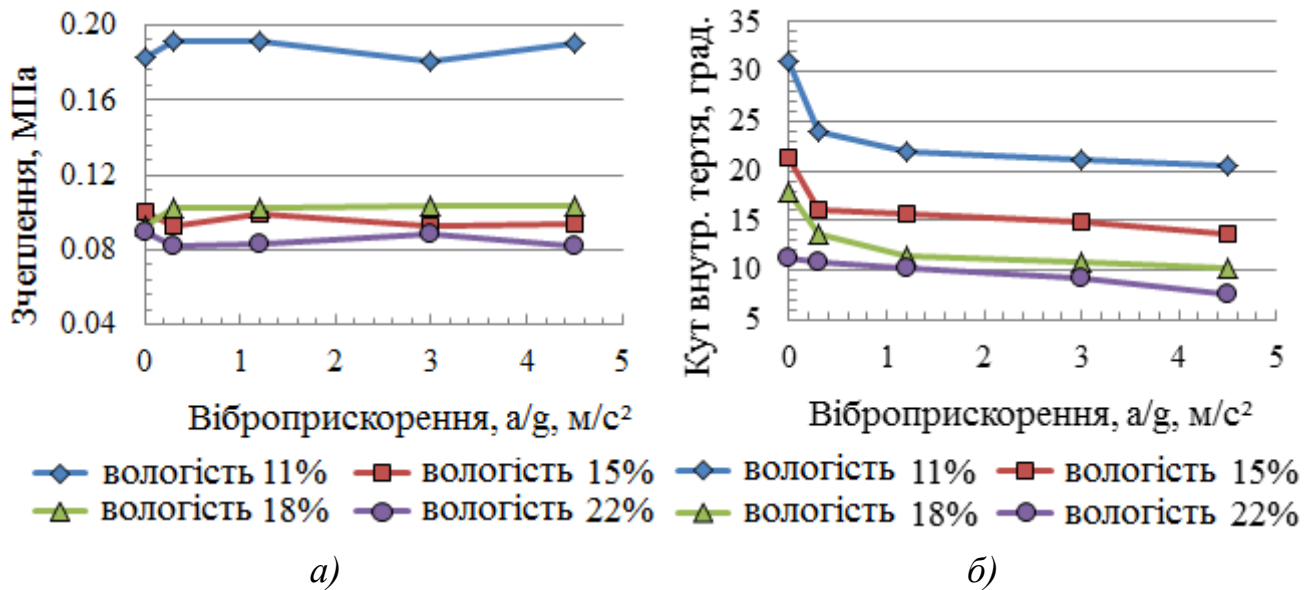


Рис. 6. Короткочасні динамічні випробування. Зміна значень від віброприскорення: *a* – зчеплення *C*; *б* – кута внутрішнього тертя φ

Час, необхідний для умовної стабілізації деформації при вібродинамічних навантаженнях, було визначено за допомогою додаткової серії експериментів і дорівнював $\Delta t \geq 60$ хвилин.

Спочатку були отримані криві деформування зразків для 4-х значень вологості, 4 значень віброприскорень і 3-х значень нормальних напружень. Це дозволило перебудувати криві деформування в криві тривалої міцності ґрунту, а потім визначити характеристики міцності ґрунту при тривалих вібродинамічних випробуваннях (рис. 7). Всього при вібродинамічних випробуваннях було випробувано 96 зразків ґрунту.

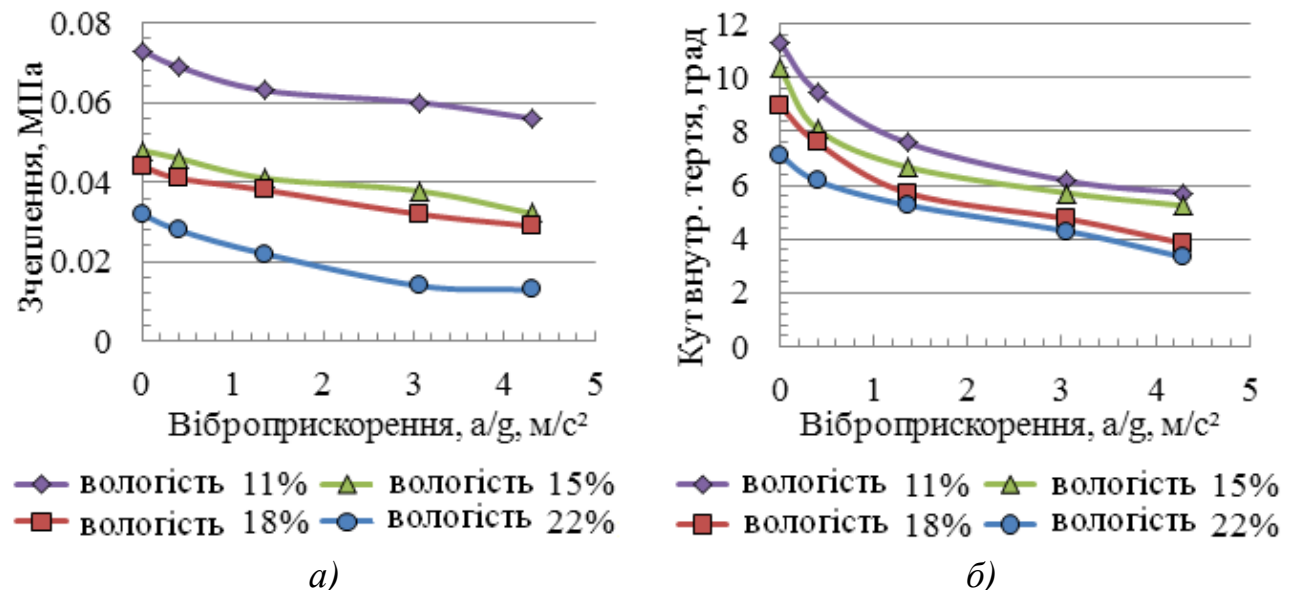


Рис. 7. Довготривалі динамічні випробування. Зміна значень від віброприскорення: *a* – зчеплення *C*; *б* – кута внутрішнього тертя φ

Для отримання узагальнених емпіричних рівнянь (табл. 2) був використаний метод регресійного аналізу.

Таблиця 2

Підсумкові емпіричні рівняння для визначення зчеплення c і кута внутрішнього тертя φ

Параметр	Рівняння регресії	Коефіцієнт апроксимації, R^2
Зчеплення при тривалих випробуваннях	$c_{\infty} = e^{-1,59-0,012 \cdot a-9,05 \cdot \omega}$	0,997
Тангенс кута внутрішнього тертя при короткочасних випробуваннях	$\varphi_{0din} = e^{0,1-0,009 \cdot a-7,735 \cdot \omega}$	0,884
Тангенс кута внутрішнього тертя при тривалих випробуваннях	$\varphi_{\infty din} = e^{-1,28-0,017 \cdot a-3,762 \cdot \omega}$	0,926

Четвертий розділ присвячений розробці чисельної моделі системи «споруда–лесовий масив».

Для виконання чисельних досліджень був використаний програмний комплекс FLAC 2D, який ґрунтується на методі скінчених різниць. Чисельні дослідження були виконані за допомогою пружної ідеально-пластичної моделі Кулона-Мора. Перед виконанням складних динамічних розрахунків була проведена верифікація моделі шляхом моделювання статичного зсуву зразка ґрунту в лабораторних умовах і порівнянням отриманих деформацій.

При моделюванні системи «споруда – лесовий масив» в зоні дії динамічних навантажень використовувалася проста модель, що складається з декількох горизонтальних шарів просідаючого ґрунту, які підстилає потужний шар скельних порід (рис. 8).

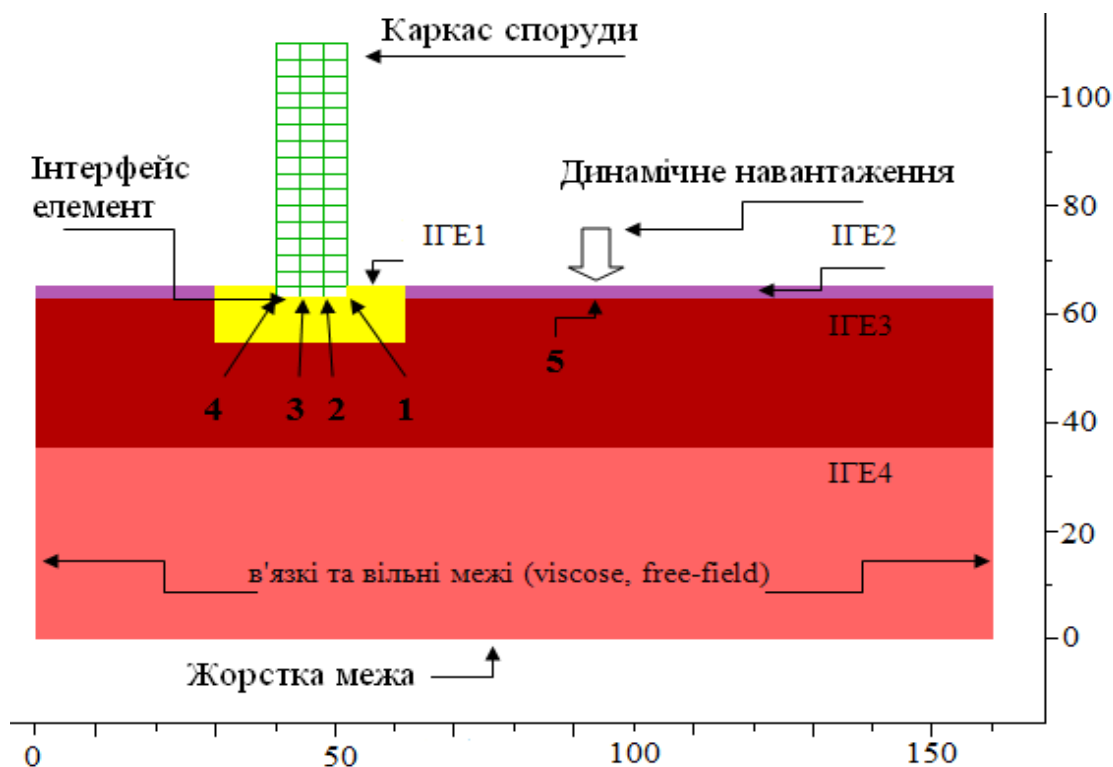


Рис. 8. Розрахункова схема

Властивості ґрунтів приймалися типовими для умов м. Дніпропетровська за даними ДніпроДІНТІЗ (табл. 3). Додатково в основу споруди був введений шар ущільненого ґрунту, для моделювання основи, в якій усунені просідаючі властивості ґрунту.

Таблиця 3

Фізико-механічні властивості ґрунтового масиву

№ ІГЕ	Щільність, ρ , кг/м ³	Модуль деформації, E , Па	Коефіцієнт Пуассона, ν	Зчеплення, C , Па	Кут внутр. тертя, φ , град	Товщина шару, м
ІГЕ 1	2000	$35 \cdot 10^6$	0,3	$18 \cdot 10^4$	35	10
ІГЕ 2	1800	$20 \cdot 10^6$	0,3	$5 \cdot 10^3$	16	2
ІГЕ 3	1770,0	$20 \cdot 10^6$	0,3	$5 \cdot 10^3$	26	28
ІГЕ 4	3100,0	$42 \cdot 10^9$	0,1	-	-	35

Взаємодію основи і споруди реалізовано за допомогою доступного в ПК FLAC 2D інтерфейс елементу, що дозволяє ввести додаткові параметри – коефіцієнти жорсткості основи і критерій міцності Кулона-Мора для запобігання зсуву по підшві фундаменту.

Динамічне навантаження було прикладене у вигляді гармонійних коливань, що імітують рух транспорту, і створюють сейсмічні хвилі в ґрунті.

Правильність розрахункової моделі і вибраних параметрів при моделюванні системи «споруда – лесовий масив» проводилась за значеннями швидкості і віброприскорення, отриманих за натурними вимірюваннями та літературними даними.

Результати чисельного моделювання при статичних розрахунках і після застосування динамічного навантаження показують, що поведінка системи «споруда – ґрунтовий масив» змінюється кардинальним чином – проявляються нерівномірні деформації, горизонтальні зміщення, утворюється крен.

Введення в розрахункову схему характеристик міцності ґрунту з урахуванням їх зменшення при дії вологості і динамічних навантажень, показує ще більше збільшення деформацій. Це вимагає при проектуванні і будівництві об'єктів суворого дотримання безпечних відстаней до транспортних ліній. Для охорони вже існуючих будівель і споруд в умовах щільної міської забудови, необхідна розробка різних способів охорони, наприклад, захисних екранів.

У п'ятому розділі обґрунтовані раціональні параметри та спосіб зведення захисного екрану для об'єктів, що підлягають впливу динамічних навантажень.

Захисні екрани мають вигляд незаповнених траншеї, або траншей, заповнених матеріалами з різними властивостями.

Метою чисельного дослідження є обґрунтування раціональних параметрів охоронної конструкції як захисного екрану для споруди, розташованої в зоні дії вібродинамічних навантажень.

Параметрами захисного екрану, які досліджувалися були: модуль деформації E , глибина екрану H . Товщина екрану прийнята 0,5 м, відстань від будівлі до екрану – 10 м. Як заповнювачі для захисного екрану були розглянуті матеріали з модулем деформації від 5 до 50 тис. МПа (табл. 4).

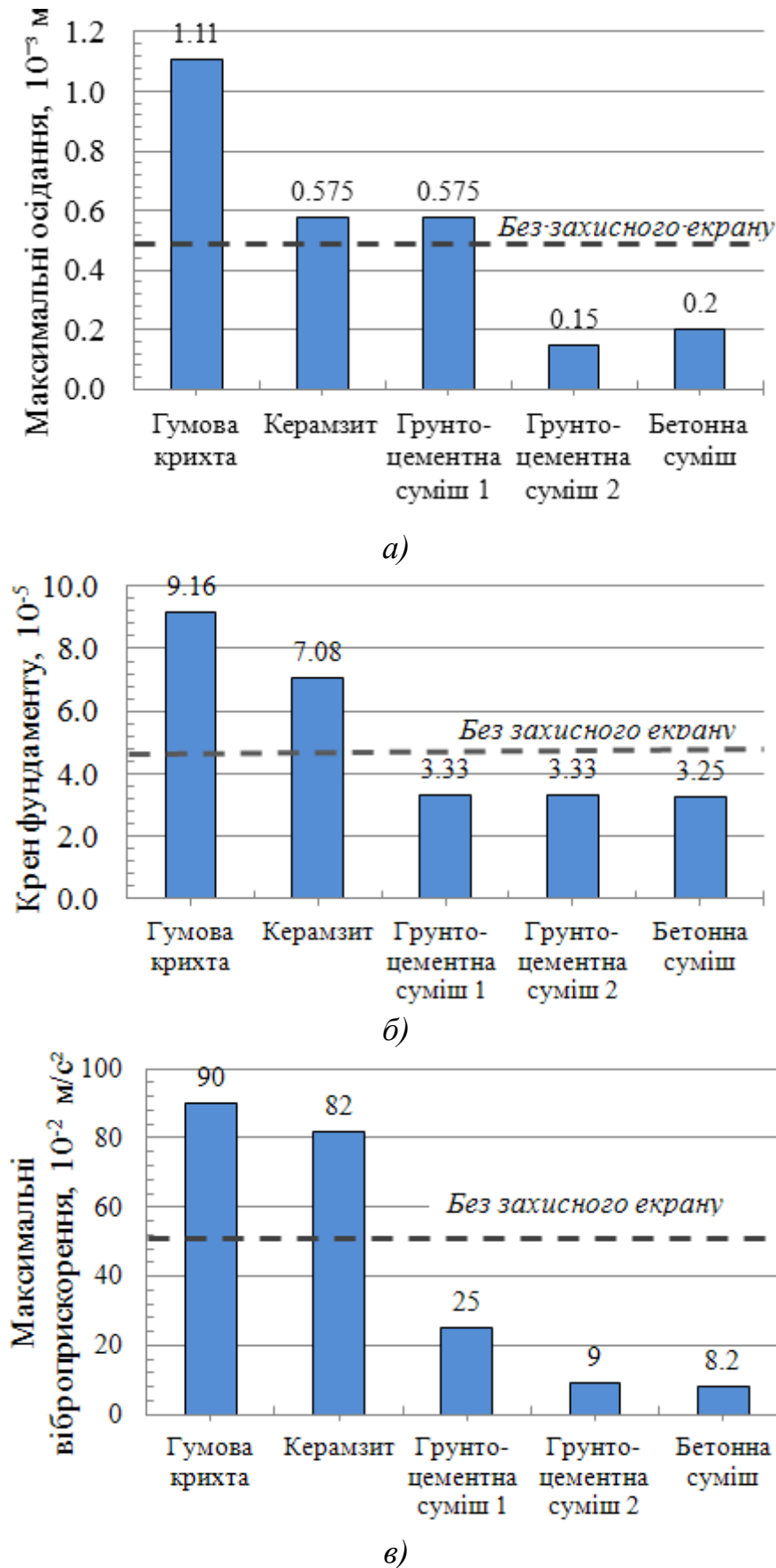


Рис. 9. Ефективність захисного екрану за параметрами: а – максимального осідання; б – крену фундаменту; в – максимального прискорення

Результати досліджень для різних параметрів захисного екрану наведені на рис. 9, 10. Оцінка ефективності проводилася за величиною максимальних деформацій, крену, значенням віброприскорень, що спостерігались в основі споруди. Захисний екран, в залежності від матеріалу, що використовується, може поглинати енергію сейсмічних хвиль в ґрунті або відбивати, змінюючи їх напрямок, створюючи безпечну зону для споруди, що охороняється.

Для створення екрану з заданими параметрами може бути використана технологія «стіна в ґрунті» або струменевої технології закріплення ґрунтів. Аналіз показав, що з позицій технологічності і вартості виконання робіт, найбільш раціональним і економічно ефективним є захисний екран з ґрунтоцементних паль, що створюється за допомогою струменевої технології закріплення ґрунтів без обертання монітора.

Фізико-механічні характеристики захисного екрану

Матеріал	Модуль деформації, E , МПа	Коефіцієнт Пуассона, ν	Щільність, ρ , кг/м ³
Гумова крихта	5	0,49	460
Керамзит	7000	0,40	350
Ґрунтоцементна суміш 1	15000	0,35	1800
Ґрунтоцементна суміш 2	25000	0,30	2000
Бетонна суміш	50000	0,20	2400

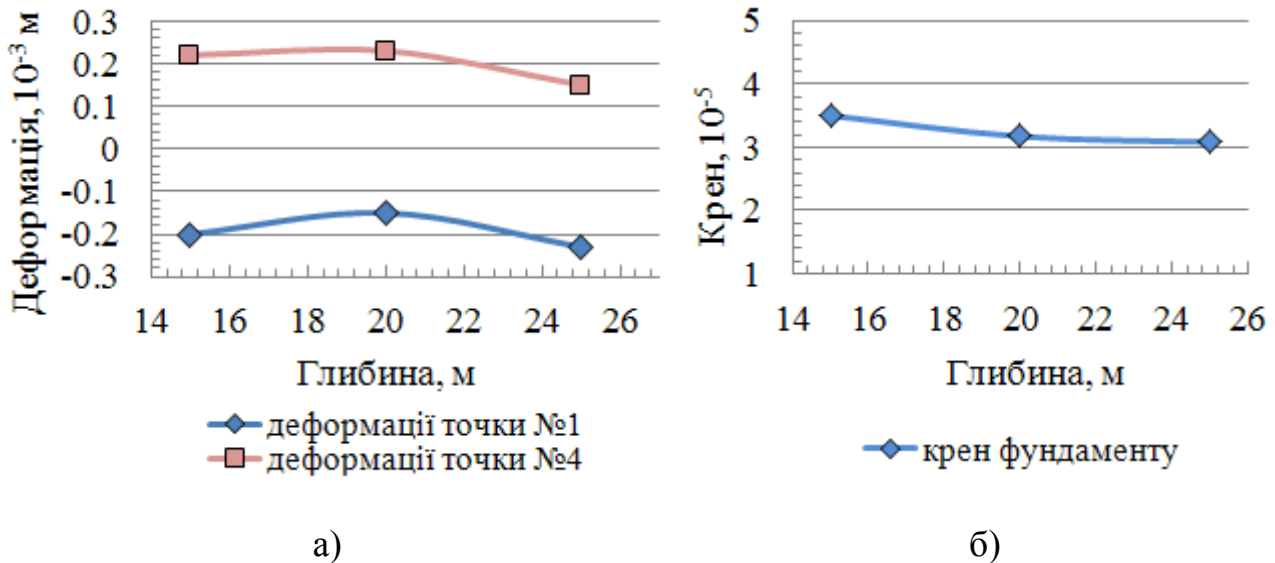


Рис. 10. Ефективність захисного екрану відносно глибини: *а* – деформації крайніх точок будівлі; *б* – крен фундаменту

ВИСНОВКИ

Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, в якій на основі вперше встановлених закономірностей зміни характеристик міцності лесових просідаючих ґрунтів від динамічних навантажень і вологості ґрунту вирішене актуальне науково-практичне завдання з обґрунтування параметрів віброзахисного екрану для захисту фундаменту будівлі від впливу поверхневого джерела динамічного навантаження, що має важливе значення для ефективної і безпечної експлуатації об'єктів в умовах щільної міської забудови.

Основні наукові та практичні результати дисертаційної роботи полягають у наступному:

1. Виконано аналіз і узагальнення результатів досліджень та досвіду будівництва і експлуатації об'єктів на лесовій основі, що дозволило сформулювати мету, ідею роботи та основні завдання досліджень, які полягають у вивченні характеристик міцності лесових ґрунтів, що залягають в основі будівель і споруд з урахуванням гідрогеологічних характеристик і тривалого впливу динамічних навантажень.

2. Встановлено, що значення віброприскорень від рухомого рейкового транспорту за останні 25...30 років не зменшилися, а в ряді випадків в 1,5...3 рази

перевищують допустимі санітарними нормами величини, що вимагає врахування даного факту і прийняття відповідних технічних і адміністративних рішень.

3. Встановлено, що значення зчеплення C при короткочасних випробуваннях знижується приблизно в 2,5...2,8 рази в порівнянні з тривалими статичними випробуваннями, а кут внутрішнього тертя φ знижується в 1,7...2,8 рази для ґрунту різної вологості.

4. Встановлено, що характеристики міцності лесових просідаючих ґрунтів при динамічних впливах, що створюють вібрації в діапазоні прискорень $a=0...4,3g$ м/с² і вологості $\omega=11...22\%$ змінюються: при короткочасному навантаженні кут внутрішнього тертя ґрунту φ знижується в 1,5 рази за експоненційною залежністю при незмінній величині зчеплення C , а при тривалому навантаженні кут внутрішнього тертя φ і зчеплення C знижуються в 2 і 1,5 рази відповідно за експоненційною залежністю, що дозволяє використовувати отримані результати для оцінки стійкості основ інженерних об'єктів і ґрунтових масивів.

5. Розроблена чисельна модель геотехнічної системи «споруда–неоднорідний ґрунтовий масив» для проведення досліджень і прогнозу стійкості основ будівель і споруд з урахуванням динамічних впливів. За результатами моделювання встановлено, що навіть незначне зниження міцності ґрунту при впливі на нього вібраційних навантажень веде до зміни напружено-деформованого стану основ і, як наслідок, його деформацій, з тенденцією збільшення їх до небезпечних значень.

6. Доведено, що захист фундаменту будівлі на лесовій основі від впливу поверхневого джерела динамічного навантаження забезпечується спорудження віброзахисного екрану з матеріалу з модулем деформації $E \geq 15\,000$ МПа, при цьому деформації фундаменту нелінійно знижуються при збільшенні глибини екрану від 15 до 25 м, а при глибині екрану $H=20$ м відбувається максимальне зниження осадки фундаменту і крену будівлі, що дозволяє вибирати раціональні параметри охорони об'єкта.

7. Результати досліджень впроваджені в «ДніпроДІНТІЗ» – ДФ ДП «УКРНДІНТІЗ» у вигляді методики проведення комплексних натурних вимірювань параметрів динамічних дій, створюваних рухом транспорту; методики проведення лабораторних досліджень з визначення характеристик міцності просідаючих ґрунтів при дії вібродинамічних навантажень; в будівельній фірмі «МЛАД» у вигляді рекомендацій з охорони об'єктів, розташованих на лесовій основі, в зоні дії динамічних навантажень від технологічного обладнання і транспорту, а також у навчальному процесі Державного ВНЗ «НГУ».

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Рубан Н.Н. Обоснование параметров проектируемого здания с учетом взаимного влияния фундаментов / А.В. Солодянкин, М.А. Выгодин, Е.В. Андронович, Н.Н. Рубан // Сборник научных трудов ДГТУ. – Алчевск. – 2011. – № 35. – С. 237-247.

2. Рубан Н.Н. Вынужденные колебания бесконечной плиты на основании Винклера-Фусса / В.Г. Шаповал, Е.В. Нестерова, Н.Н. Рубан // Збірник науко-

вих праць: Серія «Галузеве машинобудування, будівництво». – Полтава, Полт-НТУ імені Юрія Кондратюка. – 2012. – Вип. 4 (34), Том 1. – С. 302-306.

3. Ruban N. Influence the dynamic loading on stress-strain state of subsiding soils under building and structures / N. Ruban, O. Solodyankin // *Progressive Technologies of Coal, Coalbed Methane, and Ores Mining* / V. Bondarenko, I. Kovalevs'ka, K. Ganushevych (eds). – London: Taylor & Francis Group, 2014. – P. 395-400. (іноземне видання)

4. Рубан Н.Н. Напряженно деформированное состояние сложно-структурного основания сооружения, возведенного на просадочных грунтах, под действием динамической нагрузки / А.В. Солодянкин, Н.Н. Рубан // *Сучасні ресурсоенергозберігаючі технології гірничого виробництва*. – Кременчуг. – 2014. – Вип. № 1(13). – С. 135-146. (наукометрична база Index Copernicus)

5. Рубан Н.Н. Лабораторные исследования физико-механических характеристик мягких вскрышных пород / Б.Р. Ракишев, С.К. Молдабаев, Н.Н. Рубан, А.С. Ковров // *Вестник Национальной академии наук Республики Казахстан*. – 2014. – Вып. №5. – С. 43-51. (іноземне видання)

6. Ruban N.M. Investigation of physical and mechanical properties of subsiding soils at the Yevpatoriyskaya ravine located in the city of Dnepropetrovsk / O.V. Solodyankin, O.S. Kovrov, N.M. Ruban // *Науковий вісник Національного гірничого університету – Д: НГУ*. – 2015. – № 1. – С. 15-20. (наукометрична база SCOPUS)

7. Рубан Н.Н. Оценка параметров динамических воздействий от транспортных источников в условиях г. Днепропетровска / Н.Н. Рубан // *Вісник Криворізького національного університету*. – Кривий Ріг: ДВНЗ «КНУ». – 2015. – Вип. № 39. – С. 58-63. (наукометрична база РІНЦ)

8. Шепель Н.Н. Исследование прочностных свойств лессовых грунтов при действии вибродинамических нагрузок / А.В. Солодянкин, Н.Н. Шепель // *Сучасні ресурсоенергозберігаючі технології гірничого виробництва*. – Кременчуг. – 2015. – Вип. № 2(16). – С. 32-41. (наукометрична база Index Copernicus)

9. Рубан Н.Н. Некоторые решения в программе освоения подземного пространства города Днепропетровска / М.А. Выгодин, А.В. Солодянкин, В.В. Рябоконт, Н.Н. Рубан // *Перспективы освоения подземного пространства: Материалы V Международ. научно-практической конф., 7-8 апреля 2011 г.* – Д.: НГУ, 2011. – С. 158-161.

10. Рубан Н.Н. Оценка степени влияния нового строительства на напряженно-деформированное состояние основания существующего здания / А.В. Солодянкин, Н.Н. Рубан // *Перспективы освоения подземного пространства: Материалы VI Международ. научно-практической конф., 10-11 апреля 2012 г.*, Днепропетровск. – Д.: НГУ, 2012. – С. 79-83.

11. Рубан Н.Н. Обоснование параметров способа охраны существующих зданий при проведении строительных работ / А.В. Солодянкин, Н.Н. Рубан, Л.С. Ермоленко // *Перспективы развития строительных технологий: Материалы VIII Международ. научно-практической конф., 24-26 апреля 2014 г.*, Днепропетровск. – Д.: НГУ, 2014. – С. 178-183.

12. Рубан Н.Н. Состояние вопроса учета влияния длительных динамических воздействий на длительную прочность грунтов в основании сооружений / Н.Н. Рубан // *Форум горняков: Материалы международной конференции 1-4 ок-*

тлября 2014 г., Днепропетровск. – Д: ТОВ «ЛізуновПрес», 2014. – Том 2. – С. 279-284.

13. Рубан Н.Н. Оценка оседания фундаментов существующих зданий при сооружении многофункционального комплекса / А.В. Солодянкин, Н.Н. Рубан, Л.С. Ермоленко // Перспективы развития горного дела и подземного строительства: Материалы VI Международной научно-технической конференции «Энергетика. Экология. Человек» 22-24 мая 2014 г., Киев. – К: НТУУ «КПИ», 2014. – С.12-18.

14. Рубан Н.Н. Оценка параметров динамических воздействий от транспортных источников в условиях г. Днепропетровска / Н.Н. Рубан // Перспективы развития строительных технологий: Материалы IX Междунар. научно-практической конф., 23-24 апреля 2015 г., Днепропетровск. – Д.: НГУ, 2015. – С. 86-95.

15. Рубан Н.Н. Обоснование параметров защитного экрана для охраны сооружений, подверженных динамическим нагрузкам / А.В. Солодянкин, Н.Н. Рубан // Перспективы развития строительных технологий: Материалы IX Междунар. научно-практической конф., 23-24 апреля 2015 г., Днепропетровск. – Д.: НГУ, 2015. – С. 255-263.

Особистий внесок здобувача у роботі, опубліковані в співавторстві:

[5, 6, 8] – відбирання і підготовка зразків ґрунту для досліджень, проведення статичних і вібродинамічних лабораторних випробувань для визначення характеристик міцності просідаючого лесового ґрунту; [3, 4] – виконання чисельних досліджень впливу динамічних навантажень на напружено-деформований стан основи будівлі, спорудженої на просідаючих ґрунтах; [2] – вирішення задач по визначенню форм і амплітуд вимушених коливань плитного фундаменту, обумовлених динамічними впливами; [1, 9, 10, 11, 13, 15] – розробка розрахункових схем, обґрунтування технологічних рішень для охорони існуючих будівель, схильних до додаткових статичних і динамічних навантажень.

АНОТАЦІЯ

Шепель Н.М. Закономірності деформування геотехнічної системи «споруда– лесовий масив» в зоні дії динамічних навантажень. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.15.09 – «Геотехнічна і гірничча механіка». Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет», Дніпропетровськ, 2016.

Дисертація присвячена визначенню закономірностей зміни характеристик міцності лесових ґрунтів, що складають основу будівель і споруд з урахуванням гідрогеологічних характеристик і тривалого впливу динамічних навантажень для подальшого врахування цих характеристик при проектуванні раціональних параметрів розташування і охорони об'єктів в зоні тривалої дії динамічних навантажень.

За допомогою віброметра VM 6360 виконані натурні вимірювання і отримані кількісні характеристики параметрів вібрації від наземного рейкового транспорту в умовах м. Дніпропетровськ. На основі лабораторних досліджень

отримані закономірності зміни характеристик міцності лесових просідаючих ґрунтів – зчеплення C і кута внутрішнього тертя φ від динамічних дій, що створюють вібрації в діапазоні прискорень $a=0...4,3\text{g м/с}^2$ при вологості ґрунту, що змінюється в межах $\omega=11...22\%$ для умовно-миттєвого і тривалого часу навантаження. Розроблена чисельна модель геотехнічної системи «споруда–неоднорідний ґрунтовий масив» для оцінки параметрів напружено-деформованого стану масиву лесового ґрунту, що є основою споруди. Обґрунтовані параметри віброзахисного екрану для об'єкта, що знаходиться під впливом динамічних навантажень. Розроблені методики та рекомендації впроваджені у проектних інститутах та будівельних фірмах Дніпропетровська.

Ключові слова: лесовий ґрунт, динамічні навантаження, вібрація, віброприскорення, опір на зсув, характеристики міцності, захисний екран, математичне моделювання.

АННОТАЦІЯ

Шепель Н.Н. Закономерности деформирования геотехнической системы «сооружение – лессовый массив» в зоне действия динамических нагрузок. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.15.09 – «Геотехническая и горная механика». Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет», Днепропетровск, 2016.

Диссертация посвящена определению закономерностей изменения прочностных характеристик лессовых ґрунтов, составляющих основу зданий и сооружений с учетом гидрогеологических условий и длительного воздействия динамических нагрузок для дальнейшего учета этих показателей при проектировании рациональных параметров расположения и охраны зданий и сооружений в зоне длительного действия динамических нагрузок.

С помощью виброметра VM 6360 выполнены натурные измерения и получены количественные характеристики параметров вибрации от наземного рельсового транспорта в условиях г. Днепропетровска для современного этапа влияния техногенных нагрузок. На основании измеренных данных установлено, что параметры вибрации от рельсового транспорта могут значительно превышать представленные ранее в литературе, а также выходить за пределы уровня санитарных норм.

С использованием данных, полученных при натурных измерениях, были проведены лабораторные исследования прочностных свойств лессового просадочного ґрунта. На основе лабораторных исследований получены закономерности изменения прочностных характеристик лессовых просадочных ґрунтов – сцепление C и угла внутреннего трения φ от динамических воздействий, создающих вибрации в диапазоне ускорений $a=0...4,3\text{g м/с}^2$ при влажности почвы, изменяющейся в пределах $\omega=11...22\%$ для условно-мгновенного и предельно длительного времени нагружения. Установлено, что при кратковременной нагрузке угол внутреннего трения ґрунта φ снижается в 1,5 раза по экспоненци-

льной зависимости при неизменной величине сцепления C , а при длительной нагрузке угол внутреннего трения и сцепление снижаются в 2 и 1,5 раза соответственно по экспоненциальной зависимости, что позволяет использовать полученные результаты для оценки устойчивости оснований инженерных объектов и грунтовых массивов.

Разработана численная модель геотехнической системы «сооружение–неоднородный грунтовый массив» для оценки параметров напряженно-деформированного состояния массива лессового грунта, который является основанием сооружения. В качестве расчетного комплекса принят программный продукт FLAC 2D.

Обоснованы параметры виброзащитного экрана для объекта, находящегося под влиянием динамических нагрузок. Установлено, что защита фундамента здания на лессовом основании от воздействия поверхностного источника динамической нагрузки обеспечивается сооружением виброзащитного экрана из материала с модулем деформации $E \geq 15\,000$ МПа, при этом деформации фундамента нелинейно снижаются при увеличении глубины экрана от 15 до 25 м, а при глубине экрана $H=20$ м происходит максимальное снижение осадок фундамента и крена здания, что позволяет выбрать рациональные параметры охраны объекта.

Результаты работы в виде методик определения параметров вибрации от техногенных источников и оценке их влияния на механические свойства грунтов, и рекомендаций по охране объектов, расположенных в зоне негативного влияния динамических воздействий внедрены в проектных институтах и строительных фирмах Днепропетровска, а также в учебный процесс Государственного ВУЗ «Национальный горный университет».

Ключевые слова: лессовый грунт, динамические нагрузки, вибрация, виброускорение, сопротивление сдвигу, прочностные характеристики, защитный экран, математическое моделирование.

ABSTRACT

Shepel N.M. The patterns of deformation of geotechnical system "structure – array of loess soil" in the zone of dynamic loads impact. – Manuscript.

The dissertation on obtaining of a scientific degree of a candidate of technical sciences on the specialty 05.05.09 – “Geotechnical and mining mechanics”. – State Higher Educational Institution “National Mining University”, Dnipropetrovs’k, 2016.

The dissertation is devoted to determining the patterns of changes the strength characteristics of loess soils, that form the basis of buildings and structures. The hydrogeological conditions and prolonged exposures of dynamic loads are taken into account for further consideration of these parameters in the design of rational parameters of arrangement and protection of buildings and structures in the area of long-acting dynamic loads.

The full-scale measurements with vibrometer VM 6360 were made and quantitative characteristics of ground vibration from rail transport in terms of Dnipropetrovs’k city were obtained. Laboratory investigation the soil of different humidity, that was var-

ied $\omega=11...22\%$ were studied under the action of short and long-term static and dynamic loads with different acceleration $a=0...4,3g \text{ m/s}^2$. The patterns of changing the strength characteristics of loess subsiding soil – cohesion C and internal friction angle φ , are received. The numerical model of geotechnical system "building – heterogeneous soil mass" to estimate the parameters of stress-strain state of loess soil array, that is the foundation of the building, was developed. The parameters of protective shield for impacted by dynamic loads facilities are justified.

The developed techniques and recommendations are implemented in design institutes and construction firms of Dnipropetrovs'k city.

Key words: loess soil, dynamic loads, vibration, acceleration, shear resistance, strength properties, protective shield, mathematical modeling.

ШЕПЕЛЬ Ніна Миколаївна

**ЗАКОНОМІРНОСТІ ДЕФОРМУВАННЯ ГЕОТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ
«СПОРУДА – ЛЕСОВИЙ МАСИВ» В ЗОНІ ДІЇ ДИНАМІЧНИХ
НАВАНТАЖЕНЬ
(Автореферат)**

Здано на складання 26.05.2016. Підписано до друку 26.05.2016. Формат 60×90/16.
Папір офсетний. Друк ризографічний. Гарнітура Times. Ум. друк. арк. 0,9.
Обл.-вид. арк. 0,9. Тираж 100 прим. Зам. № № 5151.

Видавництво «*Літограф*»
Ідентифікатор видавця у системі ISBN: 2267
Адреса видавництва та друкарні:
49000, Дніпропетровськ, вул. Паторжинського, 29/б
тел.: (066) 369-21-55, (056)713-57-25
E-mail: Litograf.dp@gmail.com