

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Дніпропетровський національний університет
залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

Кафедра „Прикладна механіка та матеріалознавство”

«ДО ЗАХИСТУ»
Завідувач кафедри

(підпис) Ракша С.В.
(ПІБ)

20 ____ р. ____ « ____ »

ДИПЛОМНА МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА
на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Галузь знань ____ 13 ____ «Механічна інженерія»
(шифр) (назва)

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

Тема: «Дослідження параметрів вібраційних систем ґрунтоутіснюючої техніки з динамічним впливом на ґрунт.»

Theme « Investigation of parameters of vibration systems of soil compaction equipment with dynamic impact on soil.»

ДПТ. 630000. 301. МРПЗ

Керівник дипломного проекту	<u>доцент</u> (посада)	_____ (підпис)	<u>Куруп'ятник О.С.</u> (ПІБ)
-----------------------------	---------------------------	-------------------	----------------------------------

Керівник розділу з БЖД	<u>професор</u> (посада)	_____ (підпис)	<u>Саблін О.І.</u> (ПІБ)
------------------------	-----------------------------	-------------------	-----------------------------

Нормоконтролер	<u>ст.викл.</u> (посада)	_____ (підпис)	<u>Посмітюха О. П.</u> (ПІБ)
----------------	-----------------------------	-------------------	---------------------------------

Виконавець, студент групи	<u>ПМ1826</u> (посада)	_____ (підпис)	<u>Андрієвський Л.В.</u> (ПІБ)
---------------------------	---------------------------	-------------------	-----------------------------------

Student	<u>Andriyevsky Leonid</u> (Family, name)		
---------	---	--	--

Дніпро
2020

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна
Факультет транспортна інженерія кафедра: «Прикладна механіка та матеріалознавство»

Спеціальність 133 Галузеве машинобудування

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Завідувач кафедри

(підпис)

” ____ ” _____ 2020 р.

ЗАВДАННЯ

до магістерської дипломної роботи на здобуття ОКР «магістр»

студента групи ПМ1826 Андрієвського Леоніда Віталійовича
(номер групи) (прізвище, ім'я та по батькові)

1. Тема магістерської роботи «Дослідження параметрів вібраційних систем ґрунтоутіщільнюючої техніки з динамічним впливом на ґрунт.»

Затверджена наказом по університету № 820 ст від ” 10 ” _____ жовтня _____ 2019 р.
2. Термін подання студентом закінченої роботи 10.12.2020 р.

3. Вихідні дані до магістерської роботи: Категорія ґрунту - I–IV. Вид навантаження – статичне, динамічне, ударне. Тип ґрунтоутіщільнювальної техніки – коток з прямолінійною поверхнею, коток пневмоколісний, коток з криволінійною поверхнею

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань до розробки) Вступ. Аналіз методів утіщлення ґрунту. Параметри вібраційних систем віброкотка. Віброкотки з криволінійною поверхнею робочих органів. Аналіз сучасних методів вимірювання параметрів вібраційних систем котків та якості утіщлення ґрунту. Аналіз впливу фізико-механічних властивостей ґрунтів на інтенсивність процесу утіщлення. Математичне моделювання та оптимізація параметрів вібраційних котків. Технологічні рекомендації по утіщленню ґрунтів вібраційними котками. Охорона праці та безпека у надзвичайних Ситуаціях. Загальні висновки. Бібліографічний список

5. Перелік креслень (демонстраційного матеріалу)

1. Методи утіщлення ґрунту 2. Типи ГУМ 3. Віброкотки з кулачковими вальцями

4. Технології вимірювання утіщлення ґрунту 5. Дослідження впливу параметрів віброкотків на вимірювання якості утіщлення ґрунту 6. Методика визначення оптимальних параметрів вібраційних котків 7. Технологічна схема утіщлення 8. Висновки

6. Розділи та консультанти

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	професор Саблін О.І.		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва розділів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання розділів проекту (роботи)	Примітка
	Вступ.		
1	Аналіз методів ущільнення ґрунту.		
2	Параметри вібраційних систем віброкотка.		
3	Віброкотки з криволінійною поверхнею робочих органів.	12-18.10.20120	виконано
4	Аналіз сучасних методів вимірювання параметрів вібраційних систем котків та якості ущільнення ґрунту.		
5	Аналіз впливу фізико-механічних властивостей ґрунтів на інтенсивність процесу ущільнення.	09-15.11.2020	виконано
6	Математичне моделювання та оптимізація параметрів вібраційних котків.		
	Технологічні рекомендації по ущільненню ґрунтів вібраційними котками.		
7	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.		
	Загальні висновки та рекомендації.		
	Бібліографічний список.	30.11-06.12.2020	виконано

7. Дата видачі завдання 01 листопада 2019 року

Керівник завдання _____
(підпис)

Завдання прийняв до виконання _____
(підпис)

РЕФЕРАТ

Кількість томів: 1

В пояснювальній записці всього 82 сторінок

Найменування роботи: «Дослідження параметрів вібраційних систем ґрунтоущільнюючої техніки з динамічним впливом на ґрунт»

Ілюстрації: схем 8, рисунків 9

графіків 13, фотографій 8

таблиць 13.

Ключові слова: ущільнення, ґрунт, вібрація, частота, амплітуда, вид коливань, збурююча сила, ядро ущільнення, схема, робочий орган, машина, параметри, контакт, взаємодія, дослідження, методика, моделювання, технологія.

Текст реферату: Основною проблемою для будь-яких дорожніх котків є те, що повинно адаптувати свої параметри для різних типів ґрунту та забезпечувати контактні напруги для ущільнення ґрунтових шарів від свежевідсипаного стану до нормативної щільності. Нормативні документи та практика будівництва рекомендують проводити ущільнення ґрунтових шарів, як мінімум, двома різними (по масі) котками. Це збільшує енергоємність і собівартість будівництва, знижує загальний темп робіт.

Завдання створення ущільнювальної техніки, що забезпечує ущільнення ґрунтів до необхідної щільності однією машиною, до сих пір не вирішена і це є значною науковою проблемою.

Ущільнення визначається як процес збільшення щільності матеріалу шляхом прикладання зовнішніх сил, які можуть бути статичними, або динамічними. Це потрібно в багатьох областях будівельної індустрії. Найбільш поширеними областями є автомобільні дороги, вулиці та магістралі, аеродроми, земляні дамби, насипи залізниць і фундаменти будівель, складські площадки, спортивні майданчики, промислові та житлові площі, будівництво портів, резервуарів і каналів.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 АНАЛІЗ МЕТОДІВ УЩІЛЬНЕННЯ ҐРУНТУ	9
1.1 Статичний метод ущільнення ґрунту	9
1.2 Маніпуляційний метод ущільнення ґрунту	11
1.3 Ударний метод ущільнення ґрунту	13
1.4 Вібраційний метод ущільнення ґрунту	14
2 ПАРАМЕТРИ ВІБРАЦІЙНИХ СИСТЕМ ВІБРОКОТКА	16
3 ВІБРОКОТКИ З КРИВОЛІНІЙНОЮ ПОВЕРХНЕЮ РОБОЧИХ ОРґАНІВ	24
3.1 Віброкотки з кулачковими вальцями типу «педфут»	25
3.2 Віброкотки з кулачковими вальцями типу «тампінгфут»	26
3.3 Віброкотки з кулачковими вальцями типу «шіпфут»	28
4 АНАЛІЗ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ВІБРАЦІЙНИХ СИСТЕМ КОТКІВ ТА ЯКОСТІ УЩІЛЬНЕННЯ ҐРУНТУ	30
4.1 Технологія Compaction Meter Value (CMV)	30
4.2 Технологія вимірювання за допомогою акселерометрів методом сили-зміщення	33
4.3 Технологія Machine Drive Power (MDP)	34
4.4 Дослідження впливу параметрів віброкотків на вимірювання якості ущільнення ґрунту	37
5 АНАЛІЗ ВПЛИВУ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ҐРУНТІВ НА ІНТЕНСИВНІСТЬ ПРОЦЕСУ УЩІЛЬНЕННЯ	40
6 МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ВІБРАЦІЙНИХ КОТКІВ	40

					ДІПТ. 630000. 301. МРПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат				
Розроб.		Андрієвський			Дослідження параметрів вібраційних систем ґрунтоущільнюючої техніки з динамічним впливом на ґрунт.	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевірів		Куруп'ятник					4	82
						ДНУЗТ, гр. ПМ1826		
Н. контр.		Посмітюха						
Затв.		Ракша						

7 ТЕХНОЛОГІЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ПО УЩІЛЬНЕННЮ ГРУНТІВ ВІБРАЦІЙНИМИ КОТКАМИ	54
8 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	61
8.1 Дослідження впливу вібрації на людину та захист від вібрації	61
8.2 Захист оператора віброкотка в аварійній ситуаціях	69
8.3 Дії персоналу при загрозі або виникненні надзвичайних ситуацій	71
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	76
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК	79

					<i>ДІІТ. 630000. 301. МРПЗ</i>	Арк.
						5
Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Необхідність створення високопродуктивної дорожньої техніки, в тому числі дорожніх котків, які є основним засобом для ущільнення і зміцнення дорожньо-будівельних матеріалів, обумовлюється гострою необхідністю розвитку транспортної інфраструктури.

Особливу увагу при будівництві необхідно приділяти виконанню робіт по ущільненню ґрунтів земляного полотна, саме внаслідок цієї операції забезпечується необхідна довговічність і працездатність дорожнього полотна.

Недоущільнення будь-якого технологічного шару земляного полотна знижує показники міцності і довговічності всієї дороги, а це в свою чергу призводить до величезних збитків.

Найбільш розповсюджені ґрунтоущільнюючі машини (ГУМ) земляного полотна - це дорожні вібраційні котки та вібраційні плити різних типів.

Основною проблемою для будь-яких дорожніх котків [4] є те, що повинно адаптувати свої параметри для різних типів ґрунту та забезпечувати контактні напруги для ущільнення ґрунтових шарів від свіжевідсипаного стану до нормативної щільності. Нормативні документи та практика будівництва рекомендують проводити ущільнення ґрунтових шарів, як мінімум, двома різними (по масі) котками. Це збільшує енергоємність і собівартість будівництва, знижує загальний темп робіт.

Завдання створення ущільнювальної техніки, що забезпечує ущільнення ґрунтів до необхідної щільності однією машиною, до сих пір не вирішена і це є значною науковою проблемою.

Ущільнення визначається [12] як процес збільшення щільності матеріалу шляхом прикладання зовнішніх сил, які можуть бути статичними, або

					ДІП. 630000. 301. МРПЗ	Арк.
						6
Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

динамічними. Це потрібно в багатьох областях будівельної індустрії. Найбільш поширеними областями є автомобільні дороги, вулиці та магістралі, аеродроми, земляні дамби, насипи залізниць і фундаменти будівель, складські площадки, спортивні майданчики, промислові та житлові площі, будівництво портів, резервуарів і каналів.

В області будівництва [5] несуча здатність і стійкість кам'яних матеріалів, ґрунтів, асфальтобетону і цементобетону, їх непроникність і здатність протистояти навантаженням завжди пов'язана зі ступенем ущільнення матеріалів; так, наприклад, збільшення ступеня ущільнення на 1% зазвичай відповідає збільшенню міцності на 10-15%.

Хоча вартість ущільнення може становити лише 3-5% від загальної вартості будівництва, роль ущільнення в якості і довговічності закінченого об'єкта набагато значніше. Якщо воно виконано недостатньо або неправильно, то з'являться опади або інші руйнування, результатом яких буде висока вартість утримання.

За силовим впливом на середу розрізняють наступні способи: статичний (укочення), вібраційний (динамічний), трамбування і комбінований (поєднує різні способи).

Робочі органи ущільнюючих машин виконуються у вигляді [18]: плити плоского і криволінійного профілю; гладких, кулачкових, ребристих, пластинчастих, решітчастих вальців; пневматичних коліс.

Ущільнення матеріалу різними способами називають комбінованим.

Створення в ущільнюваному середовищі напружено-деформованого стану (НДС), що призводить до необоротної деформації, визначається контактними напруженнями, швидкістю прикладення зовнішньої сили, структурою, станом

					ДІІТ. 630000. 301. МРПЗ	Арк.
						7
Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

самого матеріалу і т.д. Для кожного матеріалу необхідно використовувати найбільш ефективні параметри процесу ущільнення.

Одним із способів підвищення інтенсивності процесу ущільнення є використання вібрації, особливо яскраво це проявляється при ущільненні незв'язаних матеріалів. При вібрації в них різко зменшується внутрішній опір тертя (сухий дрібнозернистий пісок має коефіцієнт внутрішнього тертя до вібрації - 0,5, під час вібрації - 0,07, а після вібрації - 0,85), знижується опір деформації, процес ущільнення протікає більш інтенсивно.

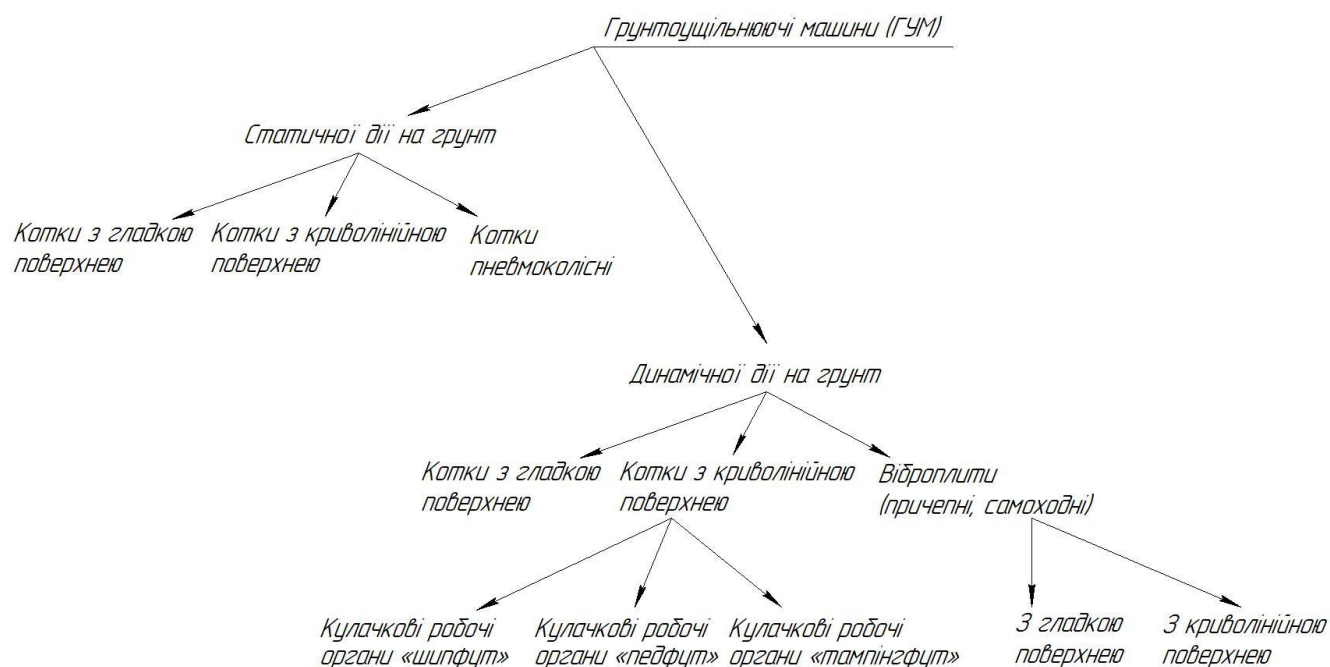


Рис. 1.1 Типи ґрунтоущільнюючих машин

1 АНАЛІЗ МЕТОДІВ УЩІЛЬНЕННЯ ҐРУНТУ

Ущільнення - це процес стиснення матеріалу, має певний обсяг, до меншого обсягу. Це здійснюється шляхом застосування сили і руху по площі контакту, що викликає розрив природних зв'язків між частинками всередині матеріалу і зближення цих частинок. За рахунок комбінованого впливу сили і руху порожнечі, що існують між частинками (заповнені повітрям, водою або тим і іншим), видавлюються [23].

Для ущільнення ґрунту використовують чотири види сил: статичний тиск, маніпуляція, удар, вібрація.

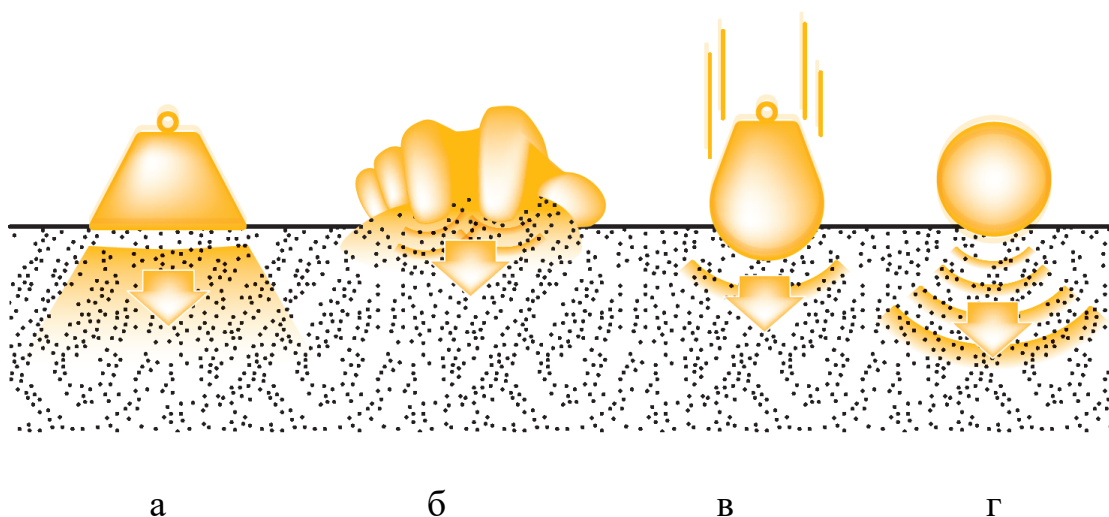


Рис.1.2 Методи ущільнення ґрунту

а – статичний; б – маніпуляційний; в – ударний; г - вібраційний

1.1 Статичний метод ущільнення ґрунту

При статичному ущільненні тиск, що створюється вагою котка, породжує в ґрунті напруги зсуву, призводять до зміщення частинок відносно один одного. Ущільнення відбувається, коли під дією прикладеної сили окремі

частинки втрачають свої природні зв'язку з іншими частинками і переміщуються в більш стійке положення. Така сила ущільнення надає більш виражений вплив на ґрунт на поверхні і невеликій глибині. Її вплив на ґрунти глибокого залягання мінімально.

Статична лінійне навантаження є промислово використовуваним показником для порівняння ефективності ущільнення статичних гладковальцевих котків.

Сила спрямована вертикально вниз по всій ширині вальця і створює напруги зсуву, що викликають ущільнення ґрунту. Вона обчислюється шляхом ділення ваги вальця (навантаження на вісь) на ширину вальця.

Статичне лінійне навантаження виражається в кілограмах на лінійний сантиметр (кг/см) або фунтах на лінійний дюйм (фунт/дюйм) (рис.1.3, таблиця 1.1)

Котки з більш високим лінійним навантаженням мають більш високу ефективність ущільнення і глибину ущільнення [23].



Рис.1.3 Статичне лінійне навантаження

					ДІП. 630000. 301. МРПЗ	Арк.
						10
Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.1 Статичне лінійне навантаження яке відповідає масі котків

Маса котка	Статичне лінійне навантаження
5-8 т	16...22 кг/см (90–120 фунт/дюйм)
8–12 т	20–30 кг/см (100–200 фунт/дюйм)
12–15 т	30–45 кг/см (180–250 фунт/дюйм)
>15 т	45 кг/см + (250 фунт/дюйм +)
Пневмоколісні котки	1000–3200 кг/колесо (2200–7000 фунт/колесо)

1.2 Маніпуляційний метод ущільнення ґрунту

Маніпуляційний метод це ущільнення, що забезпечує переміщення частинок в більш щільну масу за рахунок перемішування. Процес перемішування особливо активно відбувається поблизу поверхні шару матеріалу.

Вплив перемішуванням в поздовжньому і поперечному напрямках дуже важливо для ущільнення ґрунтів, розташованих у вигляді пластів, таких як глинисті ґрунти.

Кулачкові котки і пневмокотки, передні і задні колеса яких зміщені відносно один одного, спеціально призначені для надання такого ущільнюючого впливу.

Маніпуляція, створювана пневмоколісним котком, є наслідком двох чинників: контактного тиску і колісного навантаження.

Регулювання будь-якого з цих чинників призведе до зміни експлуатаційної ефективності котка.

Ущільнення маніпуляцією доцільно застосовувати для отримання гідроізований поверхні, що допомагає матеріалу чинити опір дії води і погодних умов [23].



Рис.1.4 Приклад пневмоколісного котка з маніпуляційним робочим органом

Контактний тиск вимірюється в $\text{кг}/\text{см}^2$ і розраховується за формулою 1.1

$$P = \frac{G}{S}, \quad (1.1)$$

де G – навантаження на колесо, кг ;

S – площа контакту шини, см^2 .

Навантаження на колесо

$$G = \frac{G_k}{n}, \quad (1.2)$$

де G_k – маса котка, кг ;

n – кількість колес.

					ДІІТ. 630000. 301. МРПЗ	Арк.
						12
Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3 Ударний метод ущільнення ґрунту

Ударний метод полягає в тому, що удар передає на ущільнювальний ґрунт зусилля, більше, ніж статичне зусилля під дією сили тяжіння. Це пов'язано з тим, що вантаж в русі має швидкість, яка перетворюється в енергію в момент удару. Удар створює хвилю тиску, яка проникає в ґрунт з поверхні.

Удари зазвичай наносяться серіями. Удари, що наносяться з частотою 50-600 разів на хвилину, вважаються низькочастотними і характерні для гідромолотів і ручних трамбовок.

Нанесення ударів з високою частотою 1400-3000 раз в хвилину використовується для віброкотків та віброплит [23].



Рис. 1.5 Приклад ударного методу ущільнення трамбовкою

					ДІІТ. 630000. 301. МРПЗ	Арк.
						13
Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.4 Вібраційний метод ущільнення ґрунту

Вібраційний метод ущільнення – це найбільш складне і економічно ефективне ущільнення ґрунту. Більш 90% котків, що продаються в даний час, є вібраційними. Це пов'язано з тим, що віброкаторок здатний забезпечити таку ж продуктивність, як статичний каток, але прикладається в три рази більша маса. Енергія вібрацій робить віброкаторок більш ефективним, ніж статичний каток с такими ж розмірами.

Вібраційні котки створюють під час роботи швидку послідовність хвиль тиску, які поширюються у всіх напрямках. Вібраційні хвилі тиску долають опір зрушенню між частинками ущільнювального матеріалу. Під дією тиску частинки ґрунту змінюють своє становище, переходячи в більш щільний стан.

Динамічні параметри віброущільнення: амплітуда, частота, статичне лінійне навантаження, відношення віброуючої маси до підвішеної маси.

При роботі котка обсяг ґрунту під котком ущільнюється в напрямку зверху вниз нерівномірно. Коток певної маси здатний ущільнювати ґрунт на певну глибину, але ступінь ущільнення ґрунту на відстань від поверхні до максимальної глибини буде змінюватися. Зазвичай прилеглий до поверхні ґрунт ущільнюється в меншій мірі, середній ґрунт має максимальну ступінь ущільнення, а ґрунт, що залягає нижче, також ущільнюється менше.

Шляхом зміни робочих параметрів можна змінювати глибину зон ущільнення і глибину зони максимального ущільнення, але це все одно не скасовує того факту, що ґрунт ущільнюється нерівномірно в напрямку зверху вниз. Це явище називається градієнтом ущільнення, і ці дані допомагають виявити придатність котка певного розміру або робочих параметрів налаштування котка до конкретних умовами застосування [14].

					ДІП. 630000. 301. МРПЗ	Арк.
						14
Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

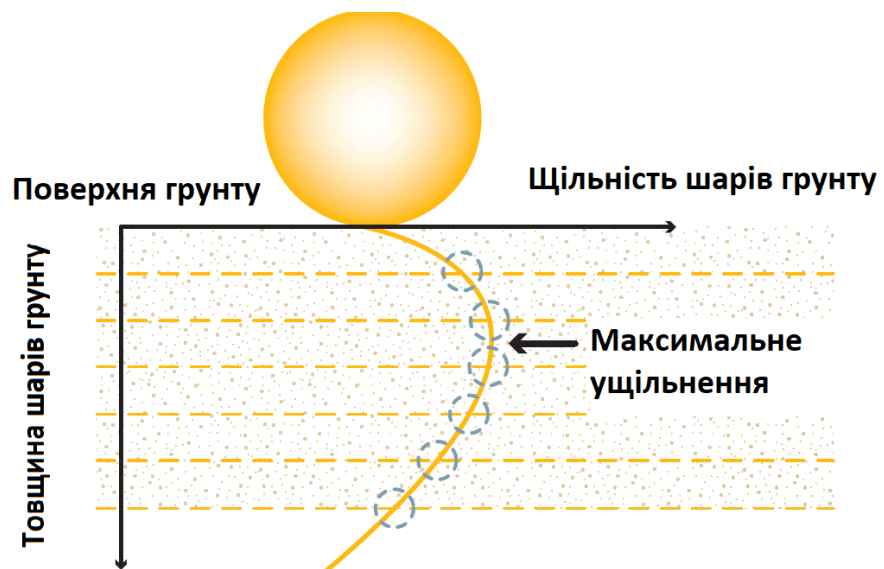


Рис. 1.6 Градієнт ущільнення ґрунту

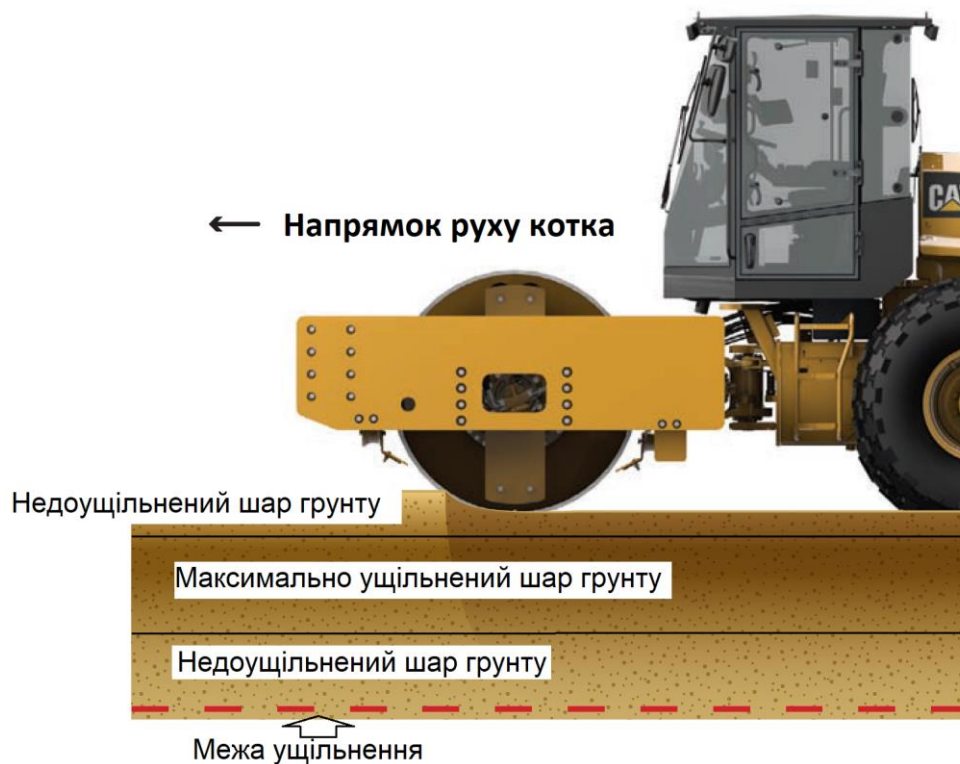


Рис. 1.7 Вібраційний метод ущільнення ґрунту віброкотком

Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДІП. 630000. 301. МРПЗ

Арк.

15

Висновки. Проведений аналіз методів ущільнення ґрунту. Розглянутий вібраційний, статичний, маніпуляційний та ударний методи ущільнення. Показані схеми ущільнення, визначене поняття градієнту ущільнення та його вплив на якість ущільнення.

					ДІІТ. 630000. 301. МРПЗ	Арк.
						16
Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ПАРАМЕТРИ ВІБРАЦІЙНИХ СИСТЕМ ВІБРОКОТКА

Амплітуда - максимальне вертикальне зміщення вібраційного вальця від середнього положення його осі. Виробники заявляють в технічних характеристиках номінальне значення амплітуди, яке вимірюється на підвішеному вальці. Однак реальна робоча амплітуда є добудком номінальної амплітуди і коефіцієнта посилення. Коефіцієнт посилення представляє собою відношення переданої частоти до резонансної частоти машини та ущільнювального ґрунту.

Правильніше мати на увазі під амплітудою відстань, на яке валець заклиблюється в ґрунт, витісняючи і ущільнюючи його.

Змінюючи амплітуду вібрації A_2 (рис.2.1), оператор може змінювати силу і рух (прискорення) вальця на ґрунт.

При наближенні щільності ґрунту до максимуму настає момент, коли ґрунт більш не може поглинати енергію ущільнення, передану віброкотком. У цей момент валець може відскочити від поверхні, і вібраційний цикл може статися під час перебування вальця в повітрі. Це явище називається подвійним стрибком і супроводжується явними і нехарактерно сильними вібраціями, охоплюючи всю машину. Подвійний стрибок може пошкодити машину і отримати небажані результати на ущільнюваному ґрунті, наприклад до розущільнення [17].

					ДІІТ. 630000. 301. МРПЗ	Арк.
						17
Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

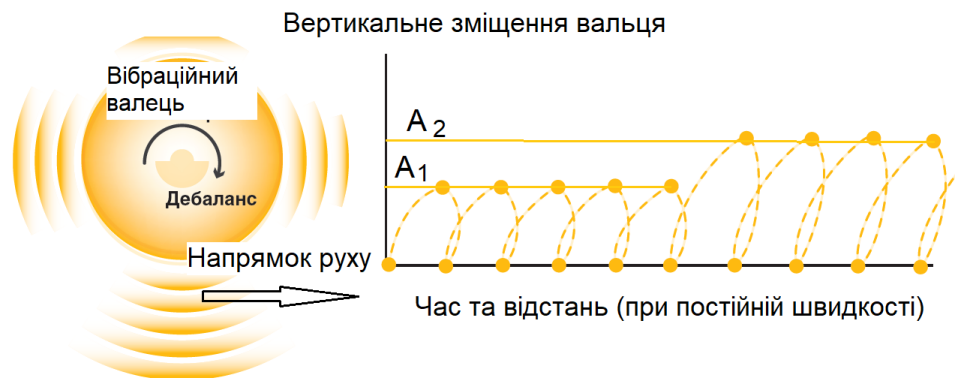


Рис.2.1 Амплітуда вібраційного вальця

Для того щоб припинити подвійний стрибок, оператор повинен знизити кількість енергії, переданої машиною на ґрунт, шляхом зменшення амплітуди з A_2 до A_1 (рис.2.1), що дозволить знизити ущільнюючий вплив на ґрунт або перевід машини в статичний режим.

Частота і швидкість: частота - це кількість повних циклів вібрації (оборотів дебалансов навколо осі обертання) за одиницю часу.

Частота виражається в герцах (Гц) або коливаннях в хвилину (кол/хв). Як правило, використовуються частоти в діапазоні 23-35 Гц (1380-2100 кол/хв) в залежності від виду ґрунту і встановленої амплітуди.

Співвідношення між частотою вібрації барабана і робочою швидкістю котка можливо вивести до емпіричного правила, згідно з яким **частота вібрацій і робоча швидкість котка повинні бути відрегульовані таким чином, щоб один удар припадав на 25...30 мм (1...1,2 дюйма) шляху.**

Занадто висока робоча швидкість може привести до ефекту «пральної дошки» (крок нанесення ударів занадто великий), а надто низька робоча швидкість може негативно позначитися на продуктивності машини. Для кожних конкретних умов ущільнення існує своя оптимальна швидкість руху і частота, але правило «1 удар на 25мм (1дюйм)» має дотримуватися. Збереження рівномірності

ущільнення вкрай важливо, і використання систем автоматичного регулювання швидкості для забезпечення балансу між швидкістю і частотою може допомогти в досягненні такої рівномірності [17].

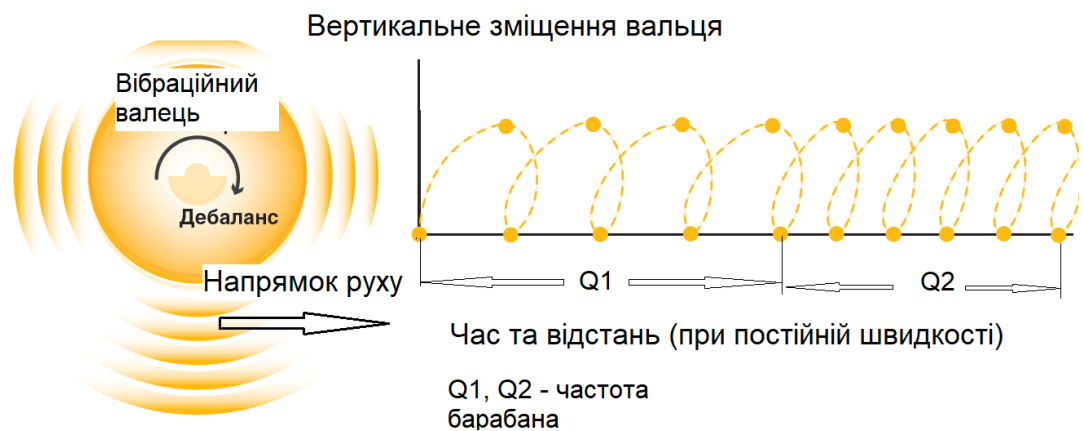


Рис.2.2 Частота вібраційного барабана

Відношення віброуючою маси до підвішеної маси: можна припустити, що якщо віброкоток з певною масою і амплітудою може ущільнювати певний ґрунт з певним ступенем ефективності, то простого збільшення маса і амплітуди досить, щоб підвищити ефективність роботи котка на даному ґрунті, але це не завжди так.

На віброкотках вібує маса (валець) ізольована від підвішеної маси (Задньої рами), і співвідношення між цими двома масами є важливим фактором визначення можливої маси і амплітуди катка. Це співвідношення ретельно балансується для того, щоб оптимізувати кількість енергії, яку машина може безпечно передавати в ґрунт [17].



Повна робоча вага



Підвішена (невібруюча) вага



Вібруюча вага

Рис. 2.3 Розподілення мас віброкотка

Резонанс виникає коли частота вібрацій, що предається об'єкту, дорівнює частоті власних коливань об'єкта, об'єкт починає вібрувати в режимі резонансу.

Для вібраційного ущільнення резонанс дуже важливий. Взаємодія між ущільнюючим матеріалом і вібраційною машиною призводить матеріал і машину в стан вібрації. Дебаланси, що обертаються всередині вальца, підтримують цю вібрацію на частоті, рівній частоті обертання валу дебалансов. При певних умовах на даній частоті машина і матеріал входять в резонанс. Умови, які викликають

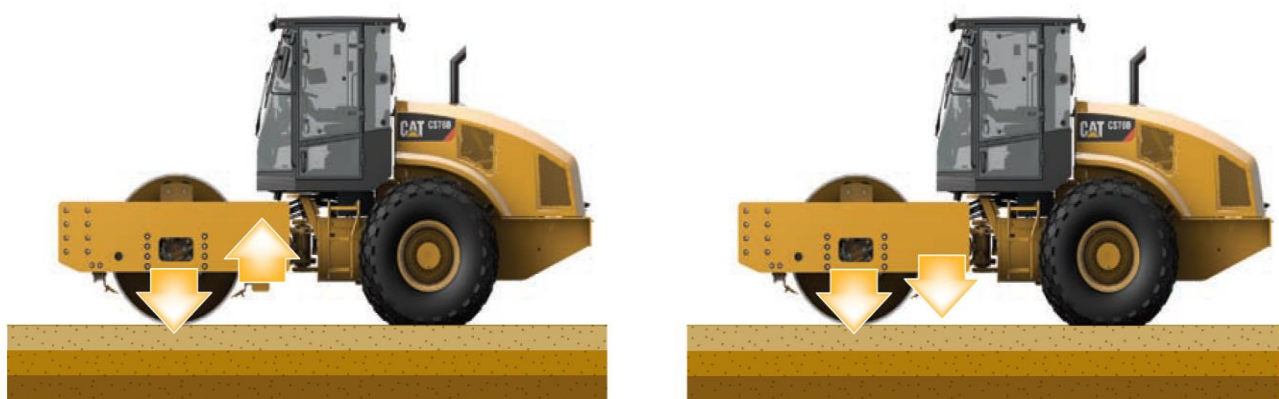
Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДІІТ. 630000. 301. МРПЗ

Арк.

20

резонанс, залежать не тільки від характеристик машини, але також від природи ущільнюючого матеріалу і досягнутого ступеня його ущільнення. **Ідеальною частотою, яка забезпечує найбільш ефективну передачу енергії ущільнення, є частота, на 15% перевищуючу резонансну частоту [17].**



а

б

Рис. 2.4 Дія резонансу при роботі віброкотка

а – резонанс, який зменшує ефект ущільнення;

б – резонанс, який діє в гармонічній взаємодії з ущільнюючим впливом

Відцентрова сила. Вібраційні котки створюють відцентрову силу за допомогою дебаланса або дебалансів, що обертаються всередині вальца.

На величину відцентрової сили впливає маса вантажу, віддаленість осі обертання вантажу від центру тяжкості, а також швидкість обертання вантажу.

Відцентрова сила є теоретичним обчислювальним параметром, який часто використовується для оцінки продуктивності віброкотків. Але теоретична відцентрова сила не може забезпечити точну оцінку можливостей машини.

Справжня вібраційна сила залежить від взаємодії ущільнювального ґрунту і машини в цілому.

Відцентрова сила на дебалансі розраховується, як

$$F_B = m \times r \times \omega^2, \quad (2.1)$$

де m – маса дебаланса;

r – відстань між точкою прикладення маси та віссю обертання дебалансу;

ω – кутова швидкість обертання дебалансу.

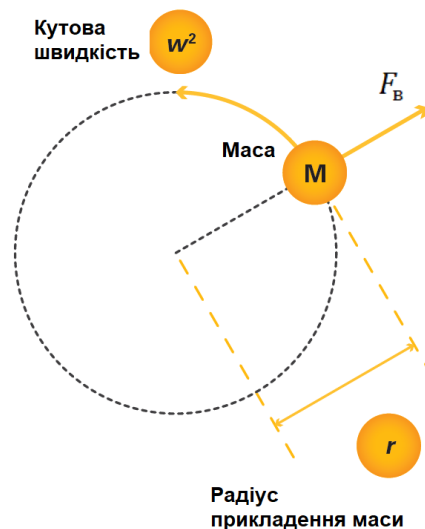


Рис. 2.5 Схема прикладення відцентрової сили на дебалансі

На рисунку 2.6 зображений графік який показує, як збільшується теоретична відцентрова сила з підвищенням частоти. Однак ущільнююче зусилля, яке передається на ґрунт, з підвищенням частоти змінюється нерівномірно.

Ущільнююче зусилля має кілька «піків» і «западин». Перший пік, який відповідає максимальному ущільнюючому зусиллю спочатку швидко падає, а потім змінюється другим піком. Як правило, ущільнююче зусилля, відповідне другому піку, вище і цей пік відповідає оптимальній роботі машини [17].

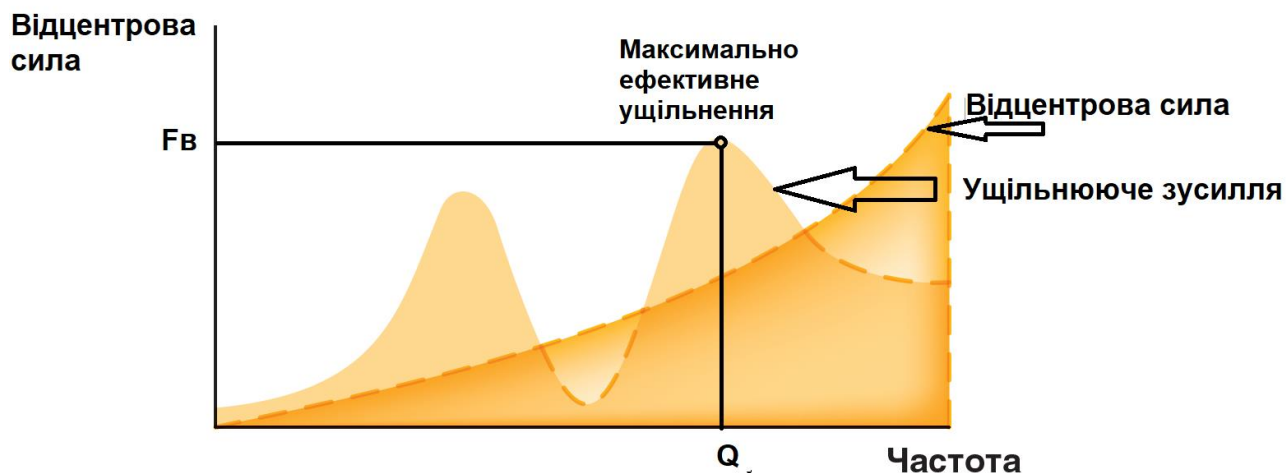


Рис. 2.6 Графік залежності відцентрової сили та частоти обертання дебалансу

Повна прикладена сила визначається максимальною кількістю вібраційної енергії, яке коток може передати на ґрунт. Вона обчислюється за формулою 2.2, шляхом додавання маси котка і відцентрової сили.

$$F = F_B + F_c, \quad (2.2)$$

де $F_B = 1100 m r \left(\frac{n}{1000} \right)^2$;

$F_c = m_B g$ - статичне навантаження від вальця;

m_B – маса вальця.

Висновки. Описані параметри вібраційних систем віброкотка, такі як: амплітуда коливання, повна прикладена сила, відцентрова сила, відношення вібруючої маси до підвішеної маси. Описане явище резонансу та як воно впливає на якість ущільнення при різних умовах роботи віброкотка. В результаті аналізу визначені загальні залежності, при яких відбувається або не відбувається ущільнення ґрунту.

3 ВІБРОКОТКИ З КРИВОЛІНІЙНОЮ ПОВЕРХНЕЮ РОБОЧИХ ОРГАНІВ

3.1 Віброкоти з кулачковими вальцями типу «педфут»

Гладковальцьові віброкоти надають три ущільнюючі дії: статичний тиск, удар і вібрацію. Машини з кулачковими валиками типу «педфут» надають, крім цих видів впливу, також вплив маніпуляцією. Віброкоти забезпечують рівномірне ущільнення всього шару ґрунту (рис. 3.1) [31].

Щільність набирається за рахунок сил, що виникають при ударі вібраційного вальця об ґрунт. Результатом ущільнення є функція частоти і амплітуди коливань, а також сили ударів і періоду часу, протягом якого наносяться удари.



Рис. 3.1 Віброкоток з кулачковим вальцем типу «педфут»

Взаємозв'язок між частотою і часом пояснює знижені робочі швидкості віброкатків. Робоча швидкість має важливе значення, оскільки визначає, як довго буде ущільнюватися данна ділянка. **У разі віброкатків найкращі результати досягаються при швидкості 1...2,5 км/год - для каменів і глини, 2...5 км/год - для гравію і піску.**

					ДІП. 630000. 301. МРПЗ	Арк.
						24
Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кулачкові катки з кулачками «педфут» придатні для ущільнення широкого діапазону матеріалів, включаючи ґрунти, що містять більш 50% зв'язного матеріалу і мають більш високий вміст дрібних фракцій.

Коли кулачок проникає в верхню частину шару ґрунту, він розриває природні зв'язки між частинками зв'язного ґрунту і забезпечує кращі результати ущільнення ніж гладковальцевий коток. Кулачки розташовані по спіралі, щоб при виході з ґрунту, не розпушувати його, і мають конусну форму, щоб залишатися чистими. Типова товщина шару зв'язного ґрунту для котків з кулачковими вальцями «педфут» становить 150-460 мм.

Існують котки «педфут» з кулачками двох видів: з квадратним поперечним перерізом і овальними.

Котки, кулачки яких мають квадратний перетин, добре ущільнюють полув'язні ґрунти і тонкі шари ґрунту товщиною менше 150 мм. **Кулачки квадратного перетину добре гідроізольовують поверхню.**

Кулачки овального перетину мають меншу площу поверхні, ніж кулачки квадратного перетину, і тому передають на ґрунт більш високий тиск, ніж квадратні кулачки.

Такі кулачки проникають глибше в ущільнювальний шар ґрунту. Котки, кулачки яких мають овальний перетин, добре ущільнюють зв'язні ґрунти і більш товсті шари товщиною 150-460 мм. **Кулачки овального перетину НЕ гідроізольовують поверхню так само добре, як це роблять кулачки квадратного перетину.**

					ДІП. 630000. 301. МРПЗ	Арк.
						25
Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



а



б

Рис 3.2 Кулачкові вальці типу «педфут»

а – з овальним поперечним перетином; б – з квадратним поперечним перетином;

3.2 Віброкотки з кулачковими вальцями типу «тампінг фут»

Кулачкові котки з кулачками типу «тампінг фут» - високошвидкісні, самохідні катки динамічної дії на ґрунт. Ці котки зазвичай мають чотири сталевих кулачкових колеса і оснащені бульдозерним відвалом. Кінцівки зубів конусні, з прямокутними торцевими площадками. Котки «тампінг фут» ущільнюють шар ґрунту знизу до гори. Оскільки кулачки мають конусну форму, вони можуть виходити з ґрунту, НЕ розпушуючи його. Тому верхня частина шару також ущільнюється, і поверхня стає порівняно рівною і гідроізолюваною. Котки «тампінг фут» здатні розвивати швидкість 16-32 км/год, але зазвичай працюють в діапазоні швидкостей 10-15 км/год [31].



Рис. 3.3 Віброкоток з кулачковими вальцями типу «тампінг фут»

					ДІП. 630000. 301. МРПЗ	Арк.
						26
Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Як правило, для досягнення необхідної щільності шарів товщиною 200-300 мм потрібно 2-3 циклу ущільнення (4-6 проходів), хоча в разі пластичної глини поганого гранулометричного складу або дуже тонкодисперсної глини може знадобитися 4 циклу. Котки «тампінг фут» ефективно працюють на всіх ґрунтах, крім чистого піску, вони залишають за собою досить рівну, гідроізолювану поверхню, що дозволяє вантажно-доставочним машинам підтримувати високу швидкість при русі по насипу. Крім того, оскільки оснащені бульдозерним відвалом катки «Тампінг фут» виконують як розрівнювання, так і ущільнення.

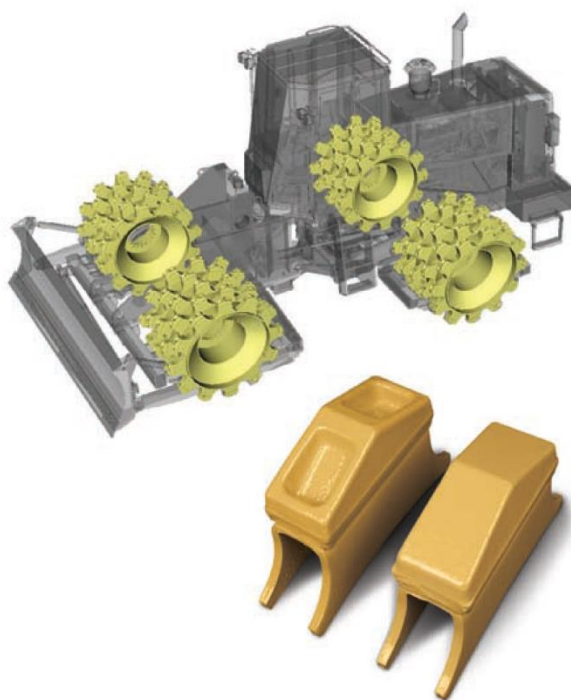


Рис. 3.4 Кулачки «тампінг фут»

Котки «тампінг фут» найбільше підходять для великих об'єктів. Їм потрібні тривалі, безперервні проходи для набору швидкості і забезпечення високої

продуктивності. На шарах ґрунту товщиною понад 300 мм продуктивність котків «тампінг фут» в 2-3 рази вище продуктивності одновальцових віброкотків.

3.3 Віброкотки з кулачковими вальцями типу «шіпфут»

Кулачок «шіпфут» має форму циліндра довжиною зазвичай 200 мм (8 дюймів). Кулачок має округлий перетин, діапазон діаметрів якого становить 76-127 мм проникають в ґрунт і ущільнюють нижній шар ґрунту. При виході кулачка з ґрунту він відкидає вгору або розпушує матеріал [31].

В результаті на поверхні утворюється пухкий шар матеріалу. При відсипанні ще одного шару верхній шар буде розпушений, а попередній шар ущільнений. Оскільки верхній шар ґрунту завжди розпушується, цей процес допомагає аерувати і осушувати вологі глини і пилюваті ґрунти.

Однак у котків «шіпфут» також є численні недоліки, пухкий верхній шар може діяти як губка під час дощів і сповільнювати процес ущільнення.

Пухкий матеріал також уповільнює рух техніки, яка підвозить матеріал для відсипання, і тому тривалість робочого циклу транспортування матеріалу зростає.

Крім того, катки «шіпфут» можуть працювати тільки на швидкостях починаючи з 6-10 км/год, що виключає всі переваги від ударного і вібраційного впливу. Тиск і маніпуляція є єдиними ущільнювальними впливами на ґрунт. На шарах товщиною 200 мм для досягнення необхідної щільності ґрунту необхідно 6-10 циклів (12-20 проходів). Котки «шіпфут» не знаходять широкого застосування в будівництві [31].

					ДІП. 630000. 301. МРПЗ	Арк.
						28
Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис. 3.5 Віброкоток з кулачковими вальцями типу «шіпфут»

Висновки. Проведений аналіз існуючих віброкотків з криволінійними поверхнями робочих органів різних типів: «шіпфут», «тампінг фут», «педфут».

Розглянуті умови найбільш раціонального застосування кожного типу. Визначені позитивні та негативні параметри при використанні віброкотків з різним типом робочої поверхні, які впливають на якість ущільнення ґрунтів з різними фізико-механічними властивостями.

					ДІІТ. 630000. 301. МРПЗ	Арк.
						29
Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 АНАЛІЗ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ВІБРАЦІЙНИХ СИСТЕМ КОТКІВ ТА ЯКОСТІ УЩІЛЬНЕННЯ ҐРУНТУ

4.1 Технологія Compaction Meter Value (CMV)

Метод Compaction Meter Value (CMV) винайдений шведською фірмою Geodynamik в 1970 р., в даний час взято на озброєння багатьма компаніями-виробниками котків [41].

Встановлений на вальці акселерометр вимірює віддачу відповідно певній частоті вібрацій, а також вимірює вібрацію на частоті, яка удвічі перевищує частоту вібрацій вальця (ця частота також називається першою гармонікою).

Співставивши обидва вимірних значення, програмний алгоритм розраховує величину ущільнення, яка є показником жорсткості ґрунту, що має назву Compaction Meter Value (CMV).

Інакше кажучи, основний принцип вимірювання зводиться до зміни динамічної реакції катка в міру збільшення жорсткості ґрунту під ним. Система на основі акселерометра вимірює відскок вальця катка від ґрунту.

Для неущільненого ґрунту характерно поглинання енергії вібрацій, але зі збільшенням числа проходів підвищується жорсткість ґрунту під котком та енергія починає відбиватися від поверхні, а валець відскакує більш швидко при впливі вібрацій. Результати вимірювання цього посиленого відскоку можуть бути інтерпретовані як показник ущільнення.

У міру підвищення жорсткості ґрунту відскок стає більш явно вираженим. Коли резонансна частота ґрунту стає рівною частоті вібрацій машини, ґрунт досягає максимальної жорсткості і втрачає здатність поглинати енергію ущільнення катка. У цей момент починається подвійний стрибок машини. Незалежно від застосовуваного методу вимірювання, системи на основі

					ДІП. 630000. 301. МРПЗ	Арк.
						30
Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

акселерометрів відстежують, наскільки близько машина наближається до режиму подвійного стрибка. Така вимірювана величина називається резонансним показником (RMV) і використовується в якості критерію достовірності результату вимірювання жорсткості: чим ближче машина до режиму подвійного стрибка, тим менше достовірний результат виміру [41].

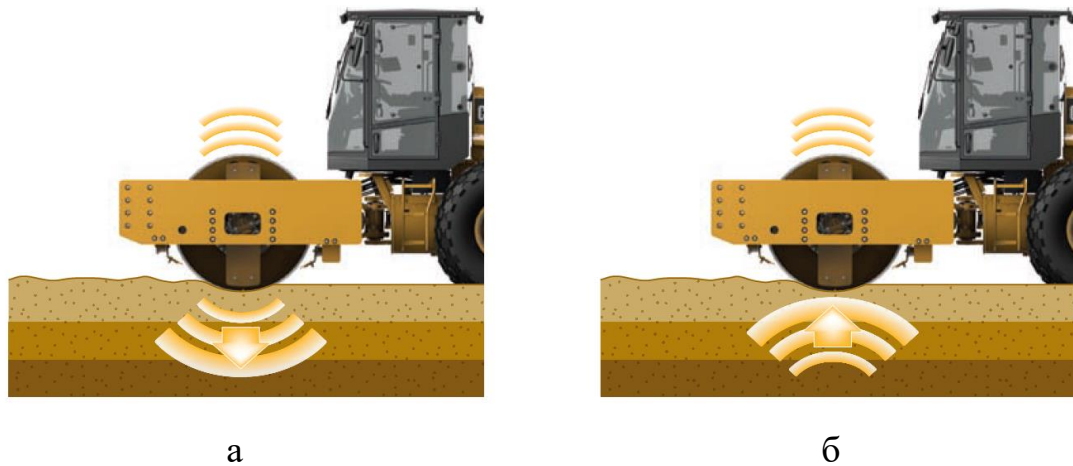


Рис. 4.1 Принцип дії технології CMV
а) передавання вібраційної енергії на ґрунт;
б) сприймання вбрацій ущільненого ґрунту датчиками котка.

Системи на основі акселерометрів вимірюють обсяг ґрунту на велику глибину, що становить близько 1-1,2 м в залежності від складу ґрунту і характеристик катка. Такі свідчення усереднюються, не можна отримати точні результати вимірювання жорсткості для якоїсь конкретної глибини. Але велика глибина вимірів дозволяє знаходити приховані під землею об'єкти (наприклад, в нижньому шарі ґрунту), які можуть негативно вплинути на якість ущільнення і довговічність споруди [41].

Одним з недоліків систем на основі акселерометрів є те, що для виконання вимірювань валец повинен вібрувати. Це робить системи на основі акселерометрів непридатними до застосування в умовах зв'язного і напівзв'язного

грунту через демпфуючий ефект цих ґрунтів. Системи на основі акселерометрів неефективні при застосуванні на котках «педфут» або в умовах, коли вимагається тільки статичне ущільнення, оскільки при відсутності вібрацій вимірювання неможливі [41].

Іншим недоліком систем на основі акселерометрів є глибина вимірювання. Як зазначалося вище, в залежності від типу і жорсткості ґрунту, глибина вимірювання може досягати 1,2 м і явно перевищує товщину будь-якого шару, що ущільнюється котком [41].

Таким чином, отримані результати відображають усереднену жорсткість декількох шарів або жорсткість ґрунту, включаючи нижній шар підстави.

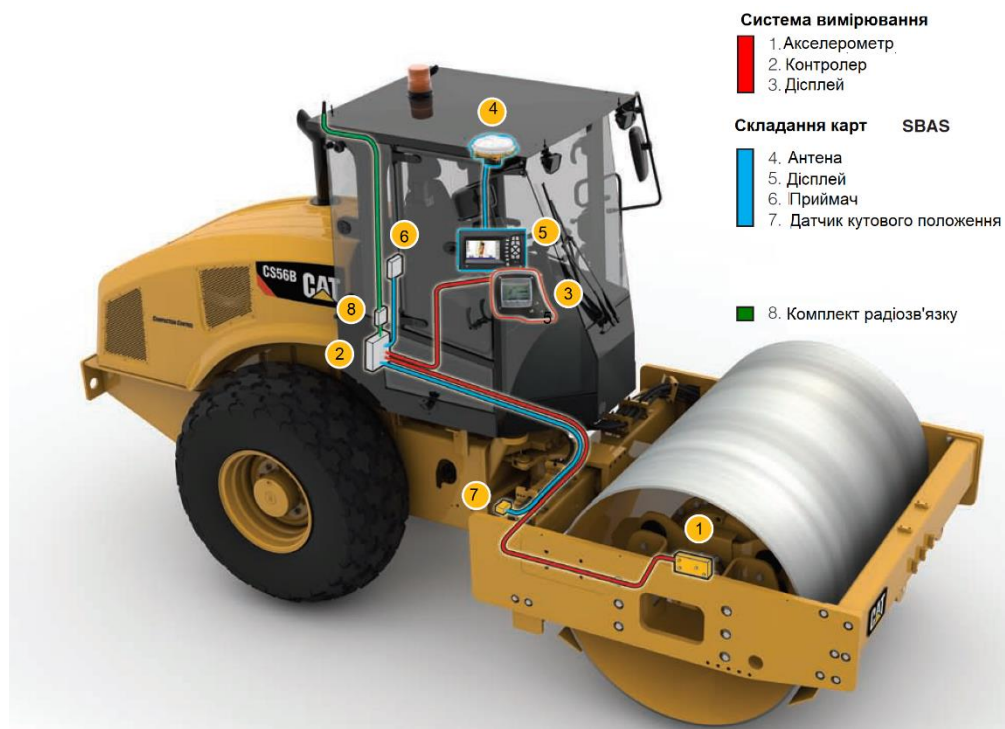


Рис. 4.2 Схема розташування обладнання для використання технології CMV

4.2 Технологія вимірювання за допомогою акселерометрів методом сили-зміщення

В даному методі акселерометр, встановлений на осі вальца, використовується для вимірювання величини зміщення вальца.

Вимірюючи прискорення вальца і знаючи параметри вальца, віброзбудника, загальну масу котка і розподіл маси між переднім і заднім мостом, можна обчислити силу, яку необхідно прикласти до вальців, щоб сталося його зміщення на необхідну відстань. Чим більшою жорсткістю володіє ґрунт, тим більше зусилля потрібно для занурення вальца в ґрунт на певну глибину. Або можна сказати, що при постійному зусиллі впровадження вальца в ґрунт буде знижуватися в міру підвищення жорсткості ґрунту. Так як площа контакту вальца з ґрунтом зростає в міру занурення вальца в ґрунт, даний метод вимірювання є приблизними і не може дати точних значень [41].



Рис. 4.3 Розташування акселерометра

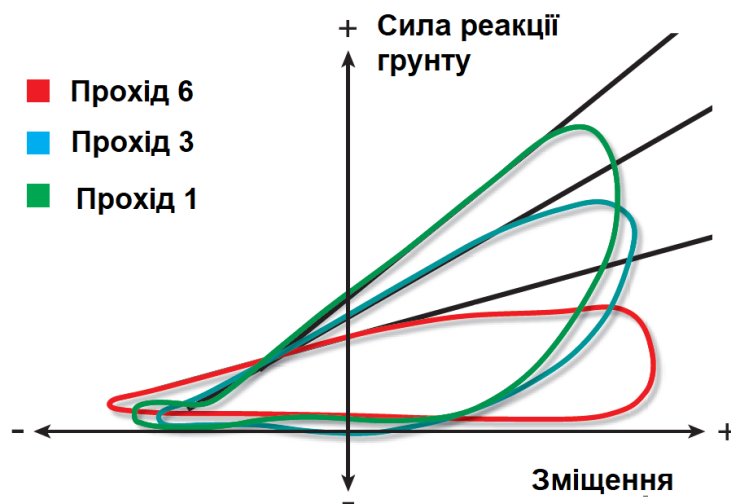


Рис. 4.4 Графік залежності сили реакції ґрунту від зміщення вальця

Згідно графіку на рисунку 4.4, зі збільшенням кількості проходів катка, збільшується жорсткість ґрунту і графік приймає більш горизонтальний вигляд.

4.3 Технологія Machine Drive Power (MDP)

Технологія вимірювання ущільнення на основі вимірювання енергії MDP, система вимірює опір коченню, яке припадає долати ґрунтовому катку під час укочування ґрунту [41].

Принцип технології зводиться до того, що для подолання опору коченню на пухкому ґрунті потрібно більше енергії, ніж на щільному ґрунті. Зі збільшенням числа проходів ґрунт ущільнюється, його жорсткість і несуча здатність ростуть. По мірі того як опір, який чиниться матеріалом, поступово знижується, каток витрачає менше енергії на рух по ущільненій території. Таким чином, опір коченню і кількість енергії, необхідне для подолання цього опору, можна зв'язати з жорсткістю матеріалу.

Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДІІТ. 630000. 301. МРПЗ

Арк.

34

Вимірювання ущільнення на основі вимірювання енергії має багато переваг. Технологія Machine Drive Power схожа на пробне укатування: чим менше колесо занурюється в ґрунт, тим менше енергії витрачається на переміщення колеса по ґрунту. З цієї причини між результатами вимірювання системи MDP і глибиною колії при пробному укатуванні існує тісна кореляція.

Існує також тісна кореляція між результатами вимірювання системи MDP і жорсткістю ґрунту, але, можливо, головною перевагою вимірювання енергії є то, що воно забезпечує більш надійне і пряме обчислення здатності ґрунту витримувати навантаження.

Якщо ґрунт має достатню твердість, щоб мінімізувати передачу енергії від ущільнювальної машини, тоді його міцність досить висока, щоб відповідати вимогам до ущільнення ґрунту.

Цей взаємозв'язок, який дозволяє вимірювати в разі використання як вібраційних, так і статичних котків, лежить в основі ущільнення ґрунтів [41].

Оскільки, заснований на вимірюванні енергії, метод оцінки ущільнення не вимагає вимірювання вібраційної енергії для обчислення жорсткості ґрунту, він застосовується до всіх типів ґрунтів, включаючи зв'язні і незв'язні ґрунти.

Метод MDP може з таким же успіхом застосовуватися як на кулачкових віброкатках «педфут», як і на гладковальцевих котках. Він працює як при включеній, так і при вимкненій вібраційній системі. Тому системи на основі вимірювання енергії набагато більш універсальні та їх область застосування ширше, ніж у систем на основі акселерометрів [41].

					ДІП. 630000. 301. МРПЗ	Арк.
						35
Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

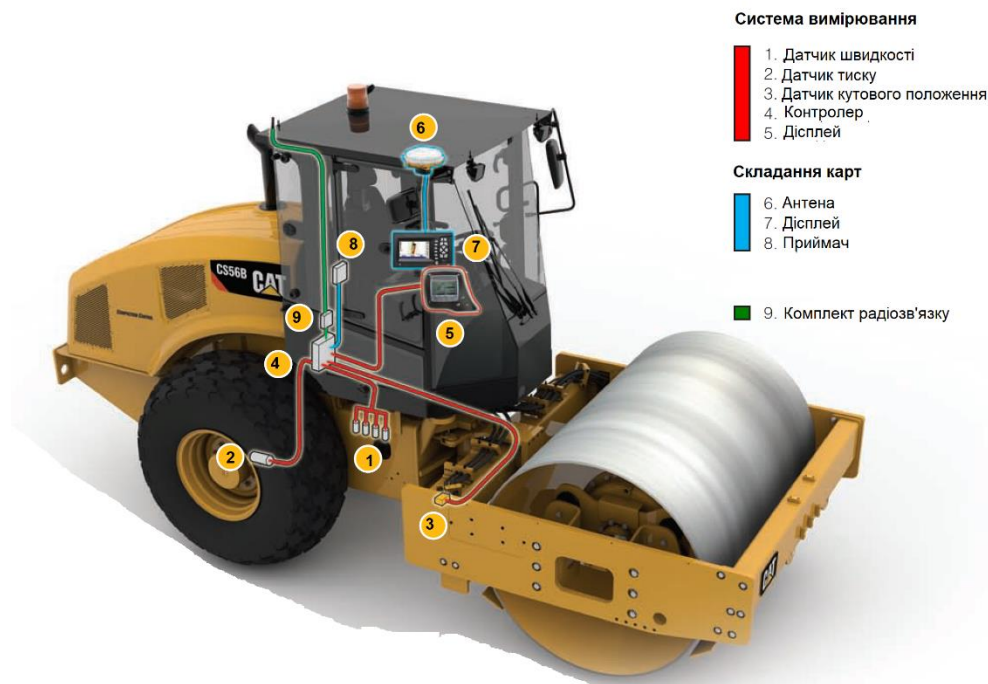


Рис. 4.5 Схема розташування обладнання для використання технології MDP

Системи на основі вимірювання енергії мають меншу глибину вимірювання, ніж системи на основі акселерометрів. Вона становить близько 30-60 см (12-24 дюймів) в залежності від складу ґрунту і характеристик катка. Така глибина ближче до товщини типового шару, і тому результат вимірювання в основному характеризує той ґрунт, ущільнення якого здійснюється в даний момент, а не являє собою середнє значення для декількох шарів.

Системам на основі вимірювання енергії притаманні деякі недоліки. У зв'язку з тим, що їх глибина вимірювання не дуже велика, вони не завжди здатні виявляти приховані об'єкти під землею або недостатньо ущільнені зони нижнього шару основи з такою ж ефективністю, як системи на основі акселерометрів. Ще одним недоліком є те, що в разі використання систем на основі вимірювання енергії при включеній вібраційної системі оператор не може отримувати дані, що попереджають про наближення машини до режиму подвійного стрибка.

Частота. Система контролю ущільнення визначає показник ступеня ущільнення CMV по співвідношенню амплітуди на частоті вібрації вальця і вимірюваної амплітуди відповідної реакції ґрунту на подвоєній частоті вібрації вальця. Зміна налаштування частоти вібрації ґрунтового катка призводить до зміни результатів вимірювання, навіть якщо жорсткість ґрунту залишається незмінною.

На ґрунті певної жорсткості показники вимірювання CMV будуть вище при вимірі в умовах низької частоти вібрації і трохи нижче при вимірі в умовах високої частоти вібрації. Причини цього явища носять складний характер і пов'язані зі відношенням власної частоти вібрації ґрунту до частоти вібрації вальця.

На графіку (рис. 4.7) показано, як зміна частоти впливає на показники CMV. Якщо змінюється тільки частота вібрації, а всі інші параметри катка і ґрунту залишаються незмінними (наприклад, робоча швидкість, амплітуда, тип ґрунту і т.д.), то значення показника CMV для кожної нової частоти буде істотно відрізнятися.

Обрана частота вібрації впливає на показник CMV, ця закономірність не залежить від жорсткості ґрунту [41].

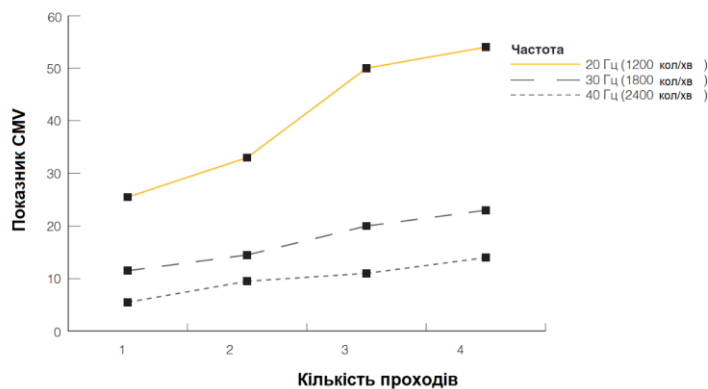


Рис. 4.7 Графік залежності частоти коливань дебалансу від показника CMV

Висновки. Розглянутий вплив параметрів віброкотків на вимірювання якості ущільнення ґрунту. Проведений аналіз системи вимірювання на основі акселерометрів, технології MDP, технології CMV. Виділені позитивні та негативні чинники параметрів вібраційної систем, які впливають на якість вимірювання в різних умовах та на різних ґрунтах.

					ДІІТ. 630000. 301. МРПЗ	Арк.
						39
Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 АНАЛІЗ ВПЛИВУ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ГРУНТІВ НА ІНТЕНСИВНІСТЬ ПРОЦЕСУ УЩІЛЬНЕННЯ

Фізико-механічні властивості ґрунтів як ущільнюваної середовища (таблиці 2.1-2.4) є найбільш важливими показниками, з точки зору прогнозування поведінки ґрунтового середовища при прикладенні до неї зовнішніх впливів. Знаючи ці властивості і тенденції їх зміни, в процесі ущільнення можна вибирати ГУМ і раціональні режими ущільнення ґрунта [2].

Таблиця 2.1 Модуль пружності ґрунту, МПа

Ґрунт	Розрахункові значення модуля пружності E_y при різному коефіцієнті ущільнення, K_y									
	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95
Супісок легкий	70	60	56	53	49	45	43	42	41	40
Пісок пиловатий	96	90	84	78	72	60	66	54	48	43
Суглинок легкий і важкий, глина	108	90	72	50	41	34	29	25	24	23
Супісок пиловатий, суглинок легкий пиловатий	108	90	72	54	46	38	32	27	26	25

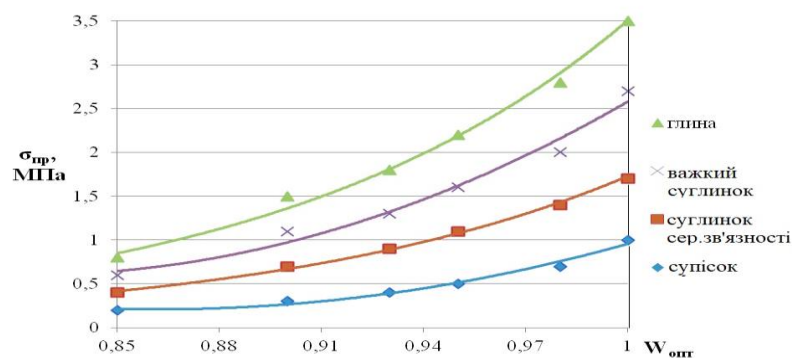


Рис. 5.1 Залежність динамічної межі міцності ґрунтів від вологості (в частках від оптимальної)

Основними фізико-механічними показниками ґрунтів, з точки зору їх деформативності, є: межа міцності $\zeta_{\text{пр}}$, щільність ρ , об'ємну вагу $\gamma_{\text{г}}$, кут внутрішнього тертя ґрунту θ , зчеплення C , в залежності від коефіцієнта ущільнення k_y , модулі деформації і пружності ґрунту E , E_y , реологічні показники та ін [2].

Таблиця 2.2 Межі міцності ґрунтів оптимальної вологості при ущільненні пневмоколісними віброкатками, МПа

Ґрунт	Межі міцності ґрунтів при коефіцієнті ущільнення k_y	
	0,95	1
Малозв'язаний (піщаний, супіщаний пилуватий)	0,3 – 0,4	0,39 – 0,52
Середній зв'язності (суглинистий)	0,4 – 0,6	0,64 – 0,96
Високої зв'язності (важкосуглинистий)	0,6 – 0,8	0,96 – 1,28
Вельми зв'язаний (глинистий)	0,8 – 1,0	1,28 – 1,60

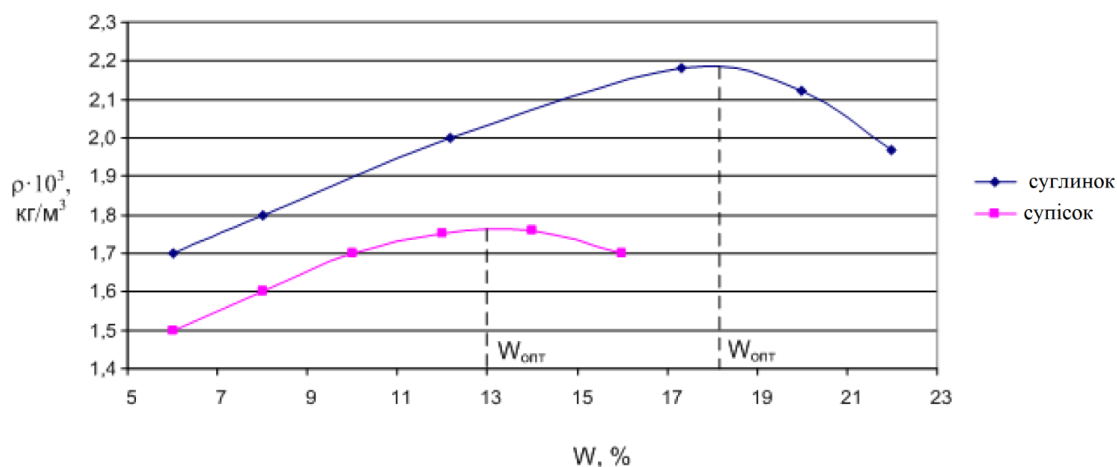


Рис 5.2 Залежність щільності ρ від вологості ґрунту W (динамічний вплив)

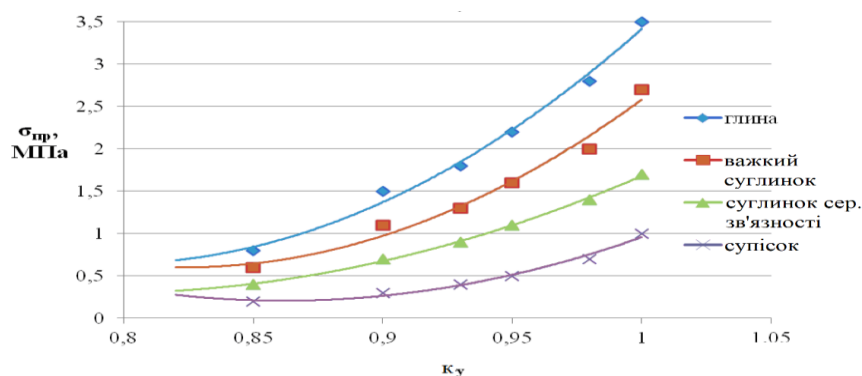


Рис 5.3 Залежність межі міцності ґрунтів від коефіцієнта ущільнення

Таблиця 5.3 Середнє значення коефіцієнта Пуассона і модуля деформації

Грунт	ν	E, МПа
Пісок та супісок	0,3	21-23
Суглинок	0,35	9-10
Глина	0,42	13

Фактор вологості надає особливий вплив на межу міцності ґрунту, і особливо в разі зв'язних ґрунтів, де зі зниженням вологості межа міцності прогресивно зростає [2].

У таблиці 2.4 представлені деякі фізико-механічні властивості різних типів ґрунтів при їх різній консистенції. Тут можна відзначити, що консистенція ґрунту в значній мірі залежить від вологості [26, 147] і, згідно з дослідженнями проф. В.Пермякова [87], процес ущільнення повинен здійснюватися в межах від межі текучості до межі міцності матеріалу, що відповідає діапазону від полутв'єрдой до текучепластичної консистенції ґрунту. Необхідно враховувати зміну стану ґрунтів на різних стадіях ущільнення, що дозволить підвищити інтенсивність накопичення залишкових деформацій в ущільнюваному ґрунтовому шарі.

Таблиця 5.4 Розподіл щільності по глибині шару суглинку (рис. 5.4), кг/м³

№ лінії	Маса котка, т	F _{ст} , кН	p _w , МПа
1	20	22,2	0,56
2	45	50	0,63
3	45	50	0,98
4	45	100	0,63
5	45	100	0,98

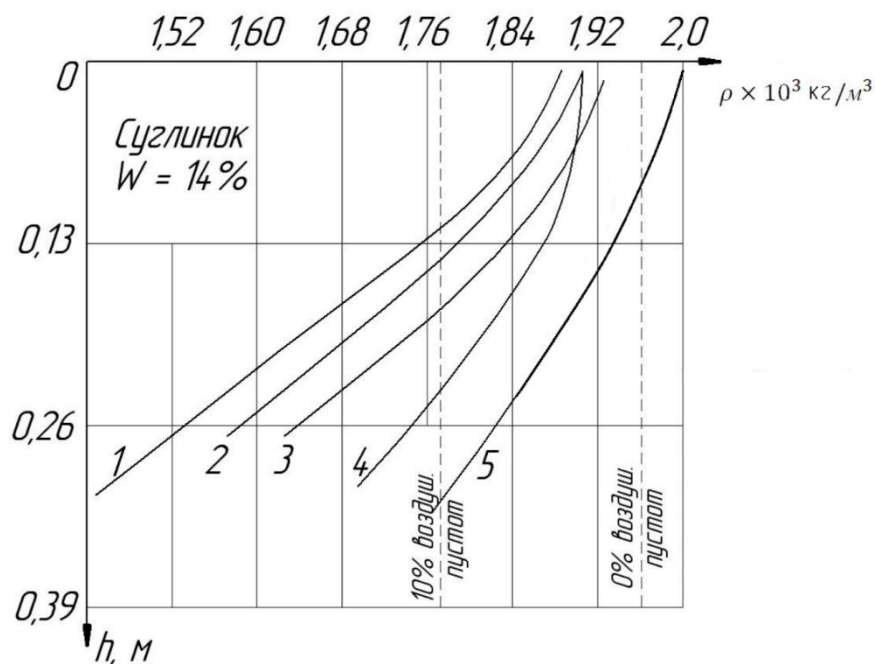


Рис. 5.4 Розподіл щільності по глибині ущільнювального шару суглинка

Таблиця 5.6 Характеристики ґрунтів в залежності від їх консистенції

Консистенція ґрунту	Показник текучості	Глина			Суглинок			Супісок		
		ρ , т/м ³	ϕ , град	C , Н/м ²	ρ , т/м ³	ϕ , град	C , Н/м ²	ρ , т/м ³	ϕ , град	C , Н/м ²
Тверда	$I_L < 0$	2.15	22	0.001	2.15	25	0.006	2.05	28	0.002
Напівтверда	$0 \leq I_L \leq 0.25$	2.10	20	0.006	2.10	23	0.004	2.00	26	0.0015
Тугопластична	$0.25 \leq I_L \leq 0.50$	2.05	18	0.004	2.00	21	0.0025	1.95	24	0.001
М'якопластична	$0.50 < I_L \leq 0.75$	1.95	14	0.002	1.90	17	0.0015	1.90	20	0.0005
Текучепластична	$0.75 < I_L \leq 1$	1.90	8	0.001	1.85	13	0.001	1.85	18	0.0002
Текуча	$I_L > 1$	1.80	6	0.0005	1.80	10	0.0005	1.80	14	0.00001

У процесі ущільнення ґрунтових шарів необхідно враховувати фактори, впливають на розподіл щільності по товщині шару. рівномірний розподіляється щільності дозволяє отримати більш стійку і довговічну структуру ґрунтовій насипу. На малюнках 2.5, 2.6 і в таблицях 2.5, 2.6 представлені зави симости

впливу вологості, сили тяжіння катка і внутрішнього тиску в шинах на розподіл щільності по товщині шару, що ущільнюється суглинистого ґрунту [1].

Аналіз залежностей показує, що найбільш рівномірний розподіл щільності (з урахуванням стадії процесу ущільнення) спостерігається при максимальній зовнішній силі і при максимальних представлених тисках, що відповідає максимальних значень контактних напружень під РО котка.

При динамічному (вібраційному) впливі на ґрунт його поведінку дещо відрізняється від поведінки при статичному ущільненні (укоченні). Вітчизняними і зарубіжними авторами було доведено, що опір зрушенню деяких матеріалів в момент їх вібрації може знижуватися на 80-98%, це пояснюється тим, що частинки середовища наводяться в коливальні рухи, сили внутрішнього тертя між ними знижуються, а значить, істотно знижується опір деформації. Це говорить про тому, що при вібраційної обробки значно підвищується інтенсивність процесу ущільнення.

Для вирішення практичних завдань по ущільненню ґрунтів необхідно також знати значення показників жорсткості і в'язкості ґрунтів. Ці показники досліджувалися рядом авторів: Н. А. Азюковим Д. Д. Варканом, С. В. Вяловим, П. Ф. Овчинниковим, В. Н. Сорокіним, Б. І. Філіпповим і ін., найбільш суттєві з них жорсткість і коефіцієнт в'язкого тертя, які залежать не тільки від фізико-механічних властивостей, але і від стану ґрунту, який деформується в процесі ущільнення.

Жорсткість ґрунту, який деформується, Н/м

$$c = \frac{ES}{h_0}, \quad (5.1)$$

де E – динамічний модуль деформації, Па;

S – площа контакту, м²;

h_0 – товщина шару, що деформується, м.

					ДІП. 630000. 301. МРПЗ	Арк.
						44
Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Коефіцієнт в'язкого тертя ґрунту, який деформується, Нс/м

$$b = \frac{\eta S}{h_0}, \quad (5.2)$$

де η – в'язкість ґрунту, який деформується, Нс/м².

Одним з критеріїв енергоефективності протікання процесу вібраційного ущільнення ґрунтів, можуть служити значення амплітуд віброприскорень частинок оброблюваного ґрунту.

Професор Д. Д. Баркан довів, що ефективність віброущільнення в найбільшій мірі залежить від величини прискорення частинок ґрунту. Збільшення значень віброприскорень призводить до зниження дисипації енергії і інтенсифікації процесу ущільнення.

Експериментальні дослідження тенденцій зміни віброприскорень в ґрунтах при вібраційному силовому впливі проводилися С. А. Варганова, С. В. Жірковичем, Л. Форсбладом, М. П. Костельовим та ін. На малюнку 2.8 показані дві криві загасання нормальних прискорень коливань частинок ґрунту, при його ущільненні причіпним віброкотком на двох робочих швидкостях. Критичне прискорення всередині ґрунтового масиву становило (0,4-0,5)g, (близько 4-5 м/с²). З отриманих графіків випливає, що товщина ущільнювального шару легким віброкотком згідно з дослідженнями М.П. Костельова, становить 35-45 см (рис. 5.5).

На підставі досліджень були побудовані дві криві – зміни критичних прискорень і їх загасання, що діють від віброплити або вібровальця, прискорень ґрунтових частинок з віддаленням від поверхні, де розташовується джерело коливань. **Точка перетину цих кривих дає глибину ефективного ущільнення для піску або гравію.**

					ДІП. 630000. 301. МРПЗ	Арк.
						45
Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Аналіз віброприскорень від дотичних динамічних навантажень при вібраційному ущільненні показав, що віброприскорення від дотичних сил значно нижче, ніж від нормальних.

Фізико-механічні властивості ґрунтів роблять значний вплив на ущільнення, оскільки зумовлюють їх опірність деформації.

Для інтенсифікації процесу ущільнення ґрунтів необхідно прагнути до зниження всіх складових опору деформації. Цього можна досягти, застосовуючи вібрацію (знижуються сили тертя і зчеплення), збільшуючи час впливу на ґрунт за один цикл програми навантаження (знижується в'язка сила опору).

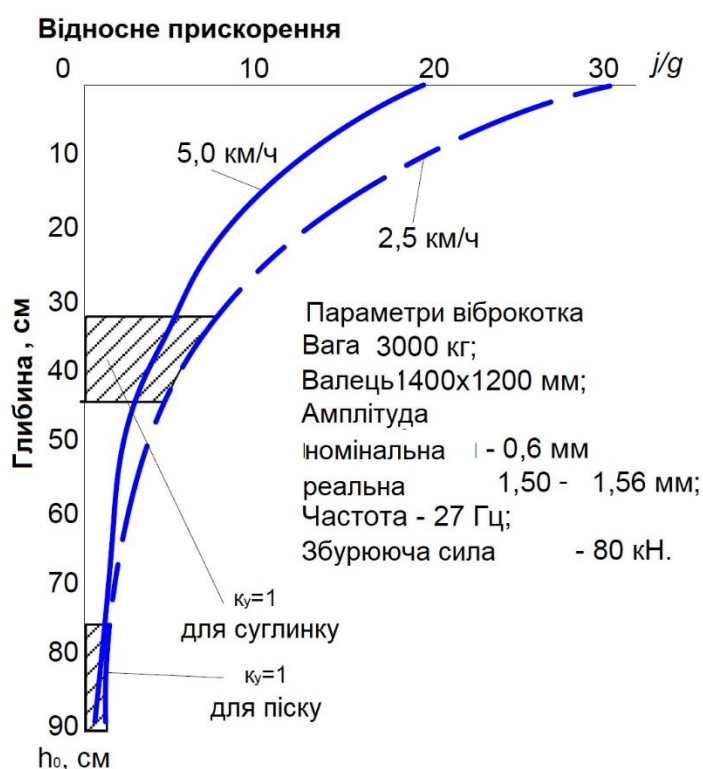


Рис. 5.5 Криві згасання прискорення коливань часток ґрунту при ущільненні віброкотком

Одним з показників, що характеризують інтенсивність протікання процесу ущільнення, є значення віброприскорень в ущільнюваному ґрунті від нормальних

сил, як показав проведений аналіз, віброприскорення від дотичних сил мають не настільки вирішальне значення [2].

Стан і властивості ґрунтів необхідно враховувати на кожній стадії процесу ущільнення і, виходячи з цього, вибирати режим обробки, що дозволяє домогтися мінімального опору ґрунтів деформації, інтенсифікуючи тим самим процес ущільнення.

Висновок. На основі аналізу процесу ущільнення віброкатками були отримані залежності розподілу щільності по глибині ущільнювальних ґрунтів, а також залежності між щільністю і вологістю на різних стадіях процесу ущільнення (Рис 5.2 - 5.4). Визначилась межа міцності, залежність від поточної щільності (стадії ущільнення) та вологості ґрунту.

					ДІП. 630000. 301. МРПЗ	Арк.
						47
Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6 МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ВІБРАЦІЙНИХ КОТКІВ

Результати математичного моделювання ущільнення ґрунтового середовища вібраційним котком дозволили встановити функціональні залежності параметрів робочого органу катка від властивостей ґрунта на різних етапах процесу ущільнення [30].

Отримані рішення дозволяють визначити раціональний діапазон значень параметрів робочого органу в залежності від зміни властивостей ущільнювального ґрунту. В силу складності даного процесу і безлічі чинників, які впливають на інтенсивність його протікання, необхідно синтезувати такі значення даних параметрів, при яких процес ущільнення буде проходити максимальною інтенсивно при мінімальних енерговитратах.

Завдання оптимізації процесу ущільнення може бути вирішена методами математичного опису даного фізичного процесу функцією декількох змінних, при накладенні на них певних обмежень. В якості цільової функції в нашому випадку доцільно прийняти коефіцієнт ущільнення K_y , який є критерієм ефективності ущільнення ґрунтових середовищ.

Коефіцієнт ущільнення в нашому випадку є функцією від деяких змінних, які в свою чергу залежать від фізико-механічних властивостей ґрунту і технологічних факторів [30].

$$K_y = f(X, \Omega), \quad (6.1)$$

де X – вектор-стобчик змінних задачі;

$$X = (F_0, f, n);$$

F_0 - амплітуда збурюючої сили, кН;

f - частота, Гц;

n – кількість циклів ущільнення;

Ω - вектор-стобчик вихідних параметрів, які характеризують властивості ґрунту та технологічні фактори;

$$\Omega = (E_2, h_0, L, R, \rho_0),$$

де E_2 – початковий модуль деформації, МПа;

h_0 – глибина ущільнення;

L – ширина робочого органу, м;

R – радіус вальця, м;

ρ_0 – початкова щільність, кг/м³;

Задача математичного моделювання процесу ущільнення ґрунту в загальному вигляді.

$$G(X) = (0,85 - K_y) \rightarrow \min. \quad (6.2)$$

Функція $G(X)$ є функцією, у якій необхідно знайти екстремум. Екстремум цієї функції буде відповідати максимальним значенням K_y , які повинні досягатися за мінімальну кількість циклів n (періодів коливання PO) з врахуванням інших змінних, що входять в вектор-стобчик X [30].

Завдання лінійного програмування записується у вигляді:

$$G(X) = (a_1 F_0 + a_2 f + a_3 n) \rightarrow \min.$$

Екстремум запропонованої функції необхідно визначити в раціональній області значень змінних при безумовному протіканні процесу ущільнення до $K_y=1$, який характеризується кінцевим насиченням залишкових деформацій Δx , за мінімальну кількість циклів n .

Значення коефіцієнтів для лінійного функціоналу визначилися в результаті імітаційного моделювання [30].

$$\begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{bmatrix}; \quad \text{для суглинку} - \begin{bmatrix} 0,4 \\ -0,73 \\ 0,5 \end{bmatrix}; \quad \text{для супіску} - \begin{bmatrix} -0,002 \\ 0,025 \\ -0,5 \end{bmatrix}.$$

Система лінійних обмежень

$$\left\{ \begin{array}{l} 50000 \leq F_0 \leq 100000; \\ 30 \leq f \leq 40; \\ 8 \leq n \leq 36. \end{array} \right\}$$

Розглянемо рішення багатовимірної задачі оптимізації для функції $G(X)$ від трьох змінних з використанням симплекс-методу лінійної оптимізації.

Як інструмент, що реалізує даний метод оптимізації, використаний пакет оптимізації програмного середовища Maple 11 - Optimization Assistant. Оптимізація параметрів проводилася на прикладі ущільнення зв'язного ґрунту оптимальної вологості на трьох стадіях процесу ущільнення:

1. Початкова стадія $0,85 \leq K_y \leq 0,9$;
2. Середня стадія $0,90 \leq K_y \leq 0,95$;
3. Заключна стадія $0,95 \leq K_y \leq 1,0$.

Методика визначення оптимальних параметрів представлена на рисунку 6.1.

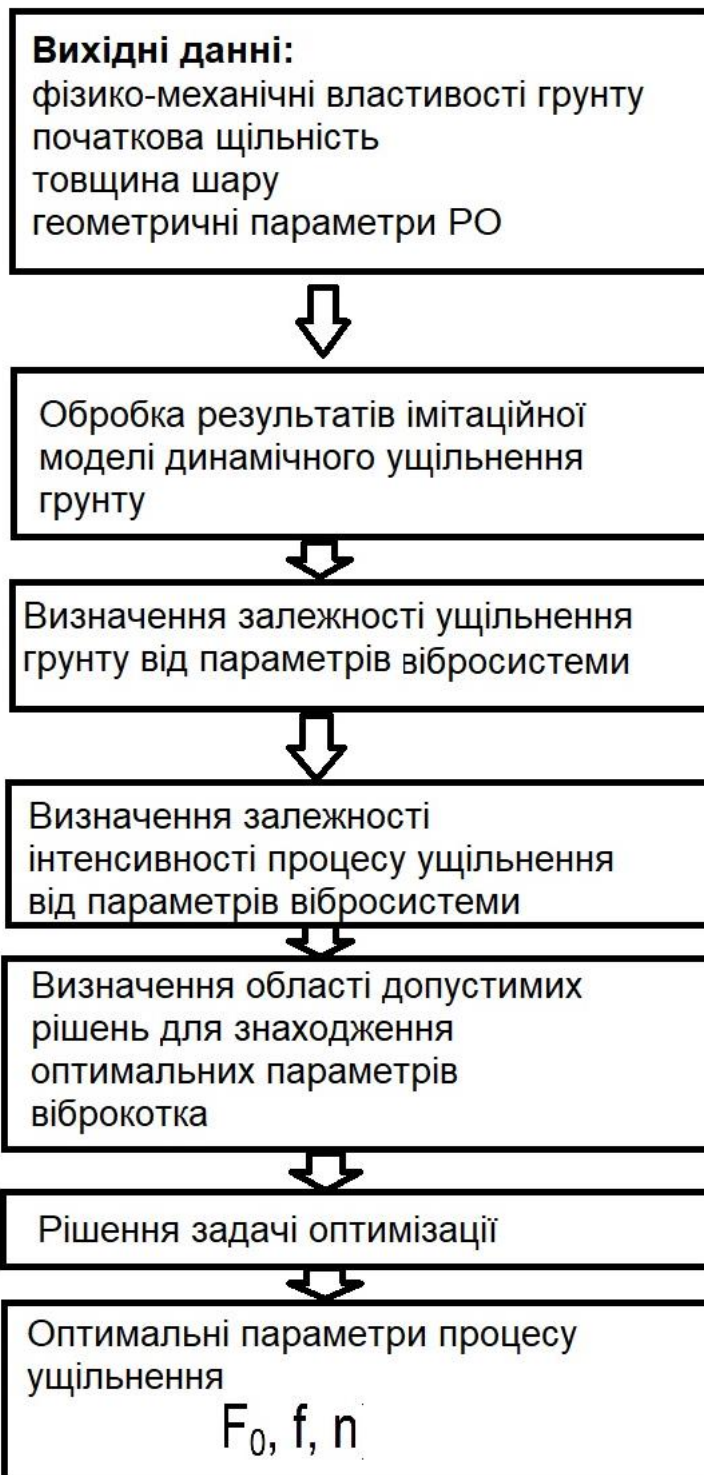


Рис. 6.1. Методика визначення оптимальних параметрів вібраційних котків

Таблиця 6.1. Рекомендовані параметри вібраційного котка при ущільненні суглинку оптимальної вологості

Стадії процесу ущільнення	Амплітуда збурюючих коливань, кН	Частота, Гц
початкова $0,85 \leq K_y \leq 0,9$	48,4	0
середня $0,90 \leq K_y \leq 0,95$	74,9	30
заключна $0,95 \leq K_y \leq 1,0$	100	40

Оптимізація параметрів вібраційного котка при ущільненні супіщаного ґрунту проведена відповідно до розробленої методики (Рис. 6.1). Результати оптимізації представлені в таблиці 6.2. [30].

Таблиця 6.2. Рекомендовані параметри вібраційного котка при ущільненні супіщаного ґрунту оптимальної вологості

Стадії процесу ущільнення	Амплітуда збурюючих коливань, кН	Частота, Гц
початкова $0,85 \leq K_y \leq 0,9$	24,8	0
середня $0,90 \leq K_y \leq 0,95$	35	33
заклучна $0,95 \leq K_y \leq 1,0$	49,7	42

Для ущільнення суглинистого ґрунту оптимальної вологості з числом пластичності 7 при середньому швидкісному режимі 4 км/год і кількості проходів по одному сліду 10. Значення допустимої сили віброзбудника в цьому випадку повинні бути досить високими: 80 - 100 кН.

Ущільнення ґрунту дозволяє збільшити час прикладання навантаження на 30%, але в цьому випадку спостерігається значна дисипація вібрації в робочому органі.

Зона неефективного ущільнення, що виражено в низьких значеннях віброприскорень, як наслідок, недостатній НДС ґрунту.

Для ущільнення супіщаного ґрунту оптимальної вологості процес інтенсивного деформування в реальних умовах повинен здійснюватися за декілька циклів (проходів катка по одному сліду). Середня рекомендована швидкість складе близько 5 км/год за 6 проходів.

Значення величини збурюючої сили можуть бути трохи нижче, ніж при ущільненні зв'язних ґрунтів - близько 50 кН.

Висновок. В результаті досліджень були виявлені закономірності зміни напруженодеформованого стану ґрунтів при їх ущільненні вібраційними котками, залежність зміни швидкості від стану ґрунту і етапу ущільнення, визначено необхідну кількість проходів. Визначені рекомендовані параметри вібраційного котка при ущільненні суглинку оптимальної вологості та параметри вібраційного котка при ущільненні супіщаного ґрунту оптимальної вологості.

					ДІІТ. 630000. 301. МРПЗ	Арк.
						53
Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7 ТЕХНОЛОГІЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ПО УЩІЛЬНЕННЮ ҐРУНТІВ ВІБРАЦІЙНИМИ КОТКАМИ

Земляне полотно є конструкцією, яка споруджується в кілька шарів і працює в складних експлуатаційних умовах. Якість ущільнення земляного полотна впливає не тільки на стійкість ґрунтової насипу, а й на довговічність і працездатність. В даний час будівельні нормативні документи рекомендують ущільнення ґрунтових шарів, як мінімум двома типорозмірами дорожніх котків, це ускладнює технологію ущільнення і збільшує тривалість технологічних операцій [22].

З використанням результатів дисертаційних досліджень були розроблені рекомендації по уточненню стандартних технологій ущільнення ґрунтів вірокотками.

Щільність ґрунту в свіжовідсипаному стані багато в чому обумовлена раніш виконаними операціями з розробки і відсипання ґрунтових шарів. В таблиці 7.1 наведені орієнтовні значення коефіцієнта ущільнення при зведенні насипів різними будівельними машинами. Згідно з представленими даними, найбільш переважно споруджувати земляне полотно скреперами або автосамосвалами, в цьому випадку спостерігається найбільша початкова щільність свіжовідсипаного ґрунту, а значить, знизяться витрати на операцію ущільнення [22].

Вихідна вологість ґрунтів при ущільненні має великий вплив не тільки на величину досягається щільності, а й на міцність, довговічність і водостійкість всієї майбутньої дороги. При замерзанні і відтаванні ґрунтів, уплотнених при вологості менше оптимальної, їх деформації будуть більше, ніж у однаково ущільнених ґрунтів, але при вологості, близькій до оптимальної.

Орієнтовні значення оптимальної вологості для основних категорій ґрунтів становлять: піщаних - 8-12%; супіщаних - 9-15%; важких суглинків - 15-22%; пилуватих суглинків - 17-23%; глинистих - 18-25%.

Рекомендована початкова вологість повинна бути трохи нижче оптимальної (на 5% - 10%), хоча це і ускладнить процес ущільнення, але тоді в щільному тілі насипу природне видалення води (висихання) НЕ призведе до зниження міцності ґрунтової споруди.

При вологості ґрунту вище рекомендованого значення, необхідно прийняти заходи до його підсушування, при низьких значеннях вологості, його необхідно зволожувати [22].

Таблиця 7.1 Характеристики ґрунтів від виду техніки

Машини, які застосовують для зведення насипу	Стан ґрунту	Відносна щільність ґрунту	Модуль деформації ґрунту, МПа
Грейдер-елеватор	Дуже пухкий та пухкий	0,75...0,8	1...2
Бульдозер	Недоущільнений	0,8...0,85	2...8
Автосамосвал	Недоущільнений та майже щільний	0,85...0,9	4...10
Скрепер	Майже щільний	0,9...0,92	10...12

Потрібна кількість води для додаткового зволоження 1 м² укладеного шару ґрунту орієнтовно визначається за формулою

$$V_B = \rho \cdot h_0 \cdot \frac{W_0 - W}{110}, \quad 7.1$$

де ρ – щільність ґрунту, т/м³;

h_0 – товщина відсипаного шару, м;

W_0, W – оптимальна та поточна вологість ґрунту, %.

Для віброкотків масою від 9 т, розглядається технологічна схема ущільнення матеріалу від свіжовідсипаного стану до нормативної щільності, що відповідає коефіцієнту ущільнення 1,0 на незв'язаних ґрунтах і 0,99 - на зв'язних.

Орієнтовно значення товщини шару, що ущільнюється в пухкому стані і число проходів ущільнюючих машин по одному сліду рекомендується призначати по таблиці 7.2.

Таблиця 7.2 Товщина шару і кількість проходів для віброкотків

Ущільнюючі засоби	Товщина шару, см		Кількість проходів	
	Зв'язні ґрунти	Незв'язні ґрунти	Зв'язні ґрунти	Незв'язні ґрунти
Прицепний, 3т ($F_0=50\ldots85$ кН, $f=30\ldots40$ Гц)	30...40	50...60	3...4	4...6
Самохідний, 9т ($F_0=50\ldots100$ кН, $f=30\ldots40$ Гц)	40...50	50...70	9...11	5...7

Ущільнення ґрунтів слід проводити при раціональному швидкісному режимі роботи котків. Котки, які здатні регулювати час прикладення навантаження від проходу до проходу, змінюючи параметри контакту. Для таких котків може існувати два технологічних підхода: зі зміною швидкості руху котка від проходу до проходу і з постійною швидкістю на всіх проходах. Раціональна швидкість віброкотків з повинна бути ув'язана з параметрами вібрації і призначається для відповідної стадії процесу ущільнення (таблиця 7.3-7.5) [22].

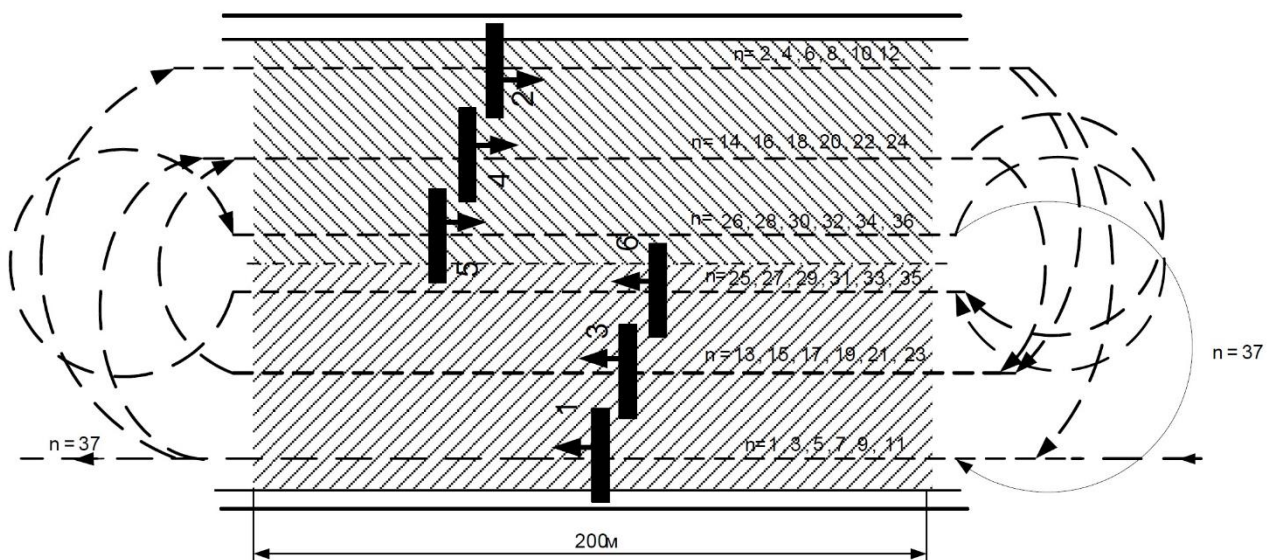


Рис. 7.1 Технологічна схема ущільнення шару насипу (кільцева)

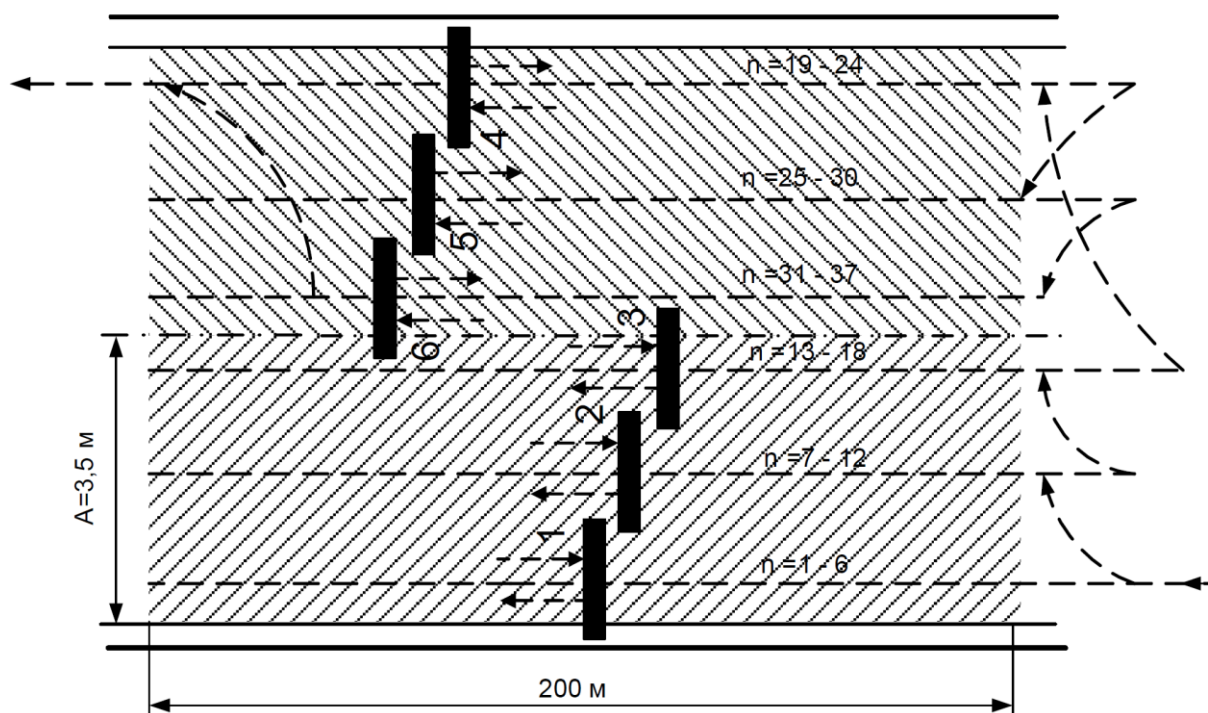


Рис. 7.2 Технологічна схема ущільнення шару насипу (пряма)

Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДІПТ. 630000. 301. МРПЗ

Арк.

57

Для отримання високого коефіцієнта ущільнення економічно доцільно зменшувати товщину шару ущільнення. При зменшенні товщини шару на 5...10% кількість проходів котка зменшується в 1,5...2,0 рази, данна рекомендація в повній мірі відноситься і до ущільнення віброкотками.

Ущільнення проводиться проходами ущільнюючих машин уздовж насипу і зміщенням від бровок до її середини, щоб уникнути зсувів ґрунту до країв насипу.

Кожен наступний прохід повинен перекривати слід від попереднього проходу на 0,15...0,20 м. Найменша відстань проходження ущільнюючих машин від бровки насипу має становити 0,5 м, довжина проходу 200...250 м.

Відповідно до розробленої методики обґрунтування параметрів вібраційних котків, проведений розрахунок для ущільнення супіщаного ґрунту.

Прийнята товщина шару незв'язаного супіщаного ґрунту - 0,5 м, необхідний $K_y = 1,0$, рекомендована маса катка - 9 т, кількість проходів по одному сліду - 6, довжина проходу - 200 м.

Пропонується використовувати два технологічних підхода до ущільнення ґрунтових шарів: з рухом котка по прямій і кільцева схема з розворотом на насипу. Перша схема внаслідок своєї простоти та економії часу на розворот котка має низку переваг, ефективна при використанні самохідних котків [22].

Другу схему, внаслідок своєї складності, доцільно застосовувати в особливих випадках: наприклад, при ущільненні насипу причіпними катками.

Таблиця 7.3 Технологічна схема при постійній швидкості руху котка (човникова)

Порядковий номер прохода	v , км/год	f , Гц
1,2,7,8,13,14,19,20, 25,26,31,32	4	0
3,4,9,10,15,16,21,22,27,28,33,34	4	30
5,6,11,12,17,18,23,24,29,30,35,36	4	40

Таблиця 7.4 Технологічна схема при перемінній швидкості руху котка
(човникова)

Порядковий номер прохода	v , км/год	f , Гц
1,2,7,8,13,14,19,20, 25,26,31,32	7	0
3,4,9,10,15,16,21,22,27,28,33,34	4	30
5,6,11,12,17,18,23,24,29,30,35,36	4	40

Аналіз схеми руху котка дозволяє зробити висновок, що друга технологічної схема укатки ґрунтового шару зі зворотно-поступальним рухом котка по прямій (таблиця 7.5), при інших рівних умовах, дозволяє вести процес ущільнення з більш високою середньою швидкістю катка і є більш кращою, з точки зору підвищення продуктивності робіт [22].

Таблиця 7.5 Технологічна схема при постійній швидкості руху котка
(кільцева)

Порядковий номер прохода	v , км/год	f , Гц
1,2,7,8,13,14,19,20, 25,26,31,32	4	0
3,4,9,10,15,16,21,22,27,28,33,34	4	30
5,6,11,12,17,18,23,24,29,30,35,36	4	40

Таблиця 7.6 Технологічна схема при перемінній швидкості руху котка
(кільцева)

Порядковий номер прохода	v , км/год	f , Гц
1,2,7,8,13,14,19,20, 25,26,31,32	7	0
3,4,9,10,15,16,21,22,27,28,33,34	4	30
5,6,11,12,17,18,23,24,29,30,35,36	4	40

Аналіз кільцевої схеми руху котка, характеризується наявністю значної кількості «холостих» відрізків руху котка на розвороті, що негативно позначається на продуктивності робіт.

Данна технологічна схема руху може бути виправдана тільки при використанні причіпного катка, оскільки в цьому випадку зворотно-поступальний рух ускладнений.

Рекомендованої технологічною схемою ущільнення насипів віброкотками є схема з зворотно-поступальним рухом котка по прямій (човникова) при змінному швидкісному режимі. Особливою перевагою тут є, що щільність ґрунту від початкового до необхідного значення досягається одним котком.

Висновки. Розроблено рекомендації щодо уточнення стандартних технологій ущільнення зв'язаних і незв'язаних ґрунтів віброкотками.

Ущільнення не зв'язаного супіщаного ґрунту оптимальної вологості до нормативної щільності - $K_y = 1$, здійснюється одним котком за 6 проходів по одному сліду.

Запропоновано уточнення технологічної схеми виконання робіт, проведений аналіз доцільності їх застосування, рекомендується пряма (човникова) схема руху котка.

					ДІІТ. 630000. 301. МРПЗ	Арк.
						60
Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

8.1 Дослідження впливу вібрації на людину та захист від вібрації

В розділі охорони праці розглянуте питання джерела негативної вібрації у віброкотках. Джерелами вібрації у віброкотках зазвичай є двигуни, різні агрегати (гідронасоси, випробувальні стенди, пресове устаткування тощо), дебалансні збуджувачі [14].

Неправильне розташування таких агрегатів може призвести до того, що шум і вібрації від них можуть проникати не тільки до кабіни, але й до віддалених точок знаходження робітників. Причиною цього явища є "розтікання" вібрацій у вигляді хвиль по всій машині, де вони і проявляються у вигляді шуму.

Вібрація – механічні коливання, що виникають у пружних тілах та передаються на тіло людини.

Для ізоляції цього явища використовують різні матеріали вібро-шумо-ізолятори.

Вібрація у залежності від її параметрів (частота, амплітуда) може як позитивно, так і негативно впливати на окремі тканини та організм у цілому. Локальна вібрація малої інтенсивності сприятливо впливає на організм людини, відновлює трофічні зміни, покращує кровообіг у тканинах і функціональний стан ЦНС, пришвидшує загоєння ран тощо. При збільшенні інтенсивності коливань і тривалості дії виникають патологічні зміни [14].

Тривала дія вібрації в комплексі з іншими виробничими чинниками може призвести до виникнення вібраційної хвороби.

Людина може відчувати вібрацію у діапазоні частот від частки герца до 8000 Гц. Вібрація зі ще вищою частотою сприймається як теплове відчуття. При підвищенні частоти коливань до 16 Гц вібрація супроводжується появою шуму.

					ДІП. 630000. 301. МРПЗ	Арк.
Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

Вібрацію класифікують за такими ознаками:

- за способом впливу на людину – загальна і локальна;
- за джерелом виникнення – транспортна (при русі машин), транспортно-технологічна (при поєднанні руху з технологічним процесом, наприклад при косовиці або обмолоті самохідним комбайном, риття траншей екскаватором і т.п.) і технологічна (при роботі стаціонарного вібростенда);
- за частотою коливань – низькочастотна (менше 22,6 Гц), середньочастотна (22,6 ... 90 Гц) і високочастотна (більше 90 Гц);
- за характером спектра – вузько- і широкопasmовога;
- за часом дії – постійна і непостійна;
- останню, в свою чергу, ділять на коливну в часі, переривчасту та імпульсну.

Основними характеристиками гігієнічної оцінки вібрації є середньгеометричні частоти f_{cp} , Гц, у третинооктавних та октавних смугах і відповідні їм середньоквадратичні значення віброприскорення a , m/s^2 , або віброшвидкості V , m/s , а також їх логарифмічні рівні:

$$a^2 = \frac{1}{T} \int_0^T a^2(t) dt; \quad (8.1)$$

$$V^2 = \frac{1}{T} \int_0^T V^2(t) dt; \quad (8.2)$$

Логарифмічні рівні віброприскорення L_a , дБ, і віброшвидкості L_v , дБ, визначають за такими формулами:

$$L_a = 20 \lg \frac{a}{a_0} \quad (8.3)$$

де a – середньоквадратичне значення віброприскорення, m/s^2 ;

a_0 – опорне значення віброприскорення, $a_0 = 10^{-6} m/s^2$.

$$L_v = 20 \lg \frac{V}{V_0} \quad (8.4)$$

де V – середньоквадратичне значення віброшвидкості, м/с;

V_0 – опорне значення віброшвидкості, $V_0=(5\ldots 10)^{-8}$ м/с.

При оцінюванні вібраційного навантаження на оператора кращим параметром є віброприскорення.

Шкідливі наслідки вібрації зростають зі збільшенням швидкохідності машин та механізмів, оскільки енергія коливального процесу зростає пропорційно квадрату частоти коливань [38].

За способом передавання на людину відрізняють загальну та локальну вібрації.

Загальна вібрація передається через опорні поверхні (ступні ніг або сидниці) на тіло людини, яка сидить або стоїть.

Локальна вібрація передається через кінцівки людини.

Організм людини є особливо чутливим до вертикальних струсів, коли людина стоїть і коливання поширюються від ніг до голови.

За напрямком дії вібрація поділяється відповідно до напрямків осей ортогональної системи координат (рис. 8.1).

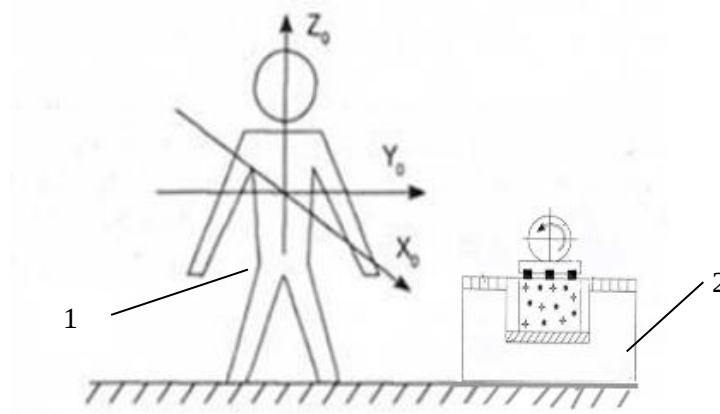


Рис. 8.1. Напрямки координатних осей загальної вібрації

1 – оператор віброкотка; 2 – вібросистема котка

Залежно від тривалості, інтенсивності дії, частоти, а також умов праці вібрація спричиняє стійкі патологічні зміни в нервовій системі (порушення процесів збудження та гальмування), опорно-руховому апараті (деформація суглобів, втрата сили м'язів) та кровоносній системі (звуження або розширення периферійних судин).

Особливо небезпечними для людини є коливання з частотою 4...8 Гц, що збігаються з власною частотою коливань ряду внутрішніх органів, які пружно закріплені на скелеті (серце, печінка, нирки та ін.), і близько 30 Гц (частота власних коливань тіла людини).

Найбільш шкідливим для людини є одночасний вплив вібрації, шуму та низької температури, а оскільки у виробничих умовах шум та вібрація є супутниками, то їхній спільний вплив може призвести до професійного захворювання – віброшумової хвороби. Ця хвороба тяжко піддається лікуванню і може стати причиною інвалідності. Особливо небезпечною ця хвороба є для жінок через ризик втрати репродуктивної функції. Гігієнічне нормування вібрації проводять згідно з ДСН 3.3.6.039-99. «Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації» окремо для загальної та локальної вібрацій [39] .

Нормований діапазон частот встановлюється:

- для локальної вібрації у вигляді октавних смуг із середньгеометричними частотами 1; 2; 4; 8; 16; 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000 Гц;
- для загальної вібрації – октавних та 1/3-октавних смуг із середньгеометричними частотами 0,8; 1,0; 1,25; 1,6; 2,0; ...; 50; 63; 80 Гц.

Нормованими параметрами вібраційного навантаження на оператора на робочих місцях у процесі праці є: а) одночислові параметри:

- коректоване за частотою значення контрольованого параметра (0) або його логарифмічний рівень:

					ДІІТ. 630000. 301. МРПЗ	Арк.
						64
Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\tilde{U} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (U_i \cdot k_i)^2}; \quad (8.5)$$

$$L_0 = 101 \lg \sum 10^{0,1(L_{U_i} + L_{k_i})}, \quad (8.6)$$

де U_i та L_{U_i} – середньоквадратичне значення контрольованого параметра вібрації (віброшвидкість або віброприскорення) та його логарифмічний рівень в i -й частотній смузі;

k_i та L_{k_i} – вагові коефіцієнти для i -ї частотної смуги для середньоквадратичного значення контрольованого параметра або його логарифмічного рівня.

- доза вібрації

$$D = \int_0^T \tilde{U}^m(t) dt \quad (8.7)$$

де $\tilde{U}(t)$ – коректоване за частотою значення контрольованого параметра у момент часу м/с² або м/с;

T – час дії вібрації, с;

m – показник еквівалентності фізіологічного впливу вібрації.

- еквівалентне коректоване значення:

$$U_{\text{е.к.з}} = \sqrt[m]{\frac{D}{T}} \quad (8.8)$$

Норма вібраційного навантаження на оператора встановлюється для кожного напрямку дії вібрації тривалістю 8 годин згідно з ДСН 3.3.6.039-99.

Для забезпечення вібраційної безпеки праці запроваджені наступні критерії оцінки несприятливого впливу вібрації:

– критерій "безпека", який забезпечує непорушність здоров'я оператора, а також виключає можливість виникнення травмонебезпечних або аварійних ситуацій унаслідок впливу вібрації. Застосовується для транспортної вібрації;

– критерій "зниження" продуктивності праці", що забезпечує підтримку нормативної продуктивності праці оператора, яка не зменшується внаслідок

					ДІП. 630000. 301. МРПЗ	Арк.
						65
Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розвитку втоми під впливом вібрації. Застосовується для транспортно-технологічної та технологічної вібрації;

– критерій "комфорт", який забезпечує оператору відчуття комфортності умов праці при повній відсутності впливу вібрації, який заважає. Застосовується для вібрації на робочих місцях працівників розумової праці та персоналу, що не займається фізичною працею.

Засоби захисту від вібрації поділяються на колективні та індивідуальні. Засоби колективного захисту, у свою чергу, бувають:

- ті, що впливають на джерело збудження;
- засоби захисту від вібрації на шляхах її поширення.

До першої групи належать такі засоби захисту: динамічне зрівноважування; антифазна синхронізація, змінювання характеру збуджуючих впливів; зміна конструктивних елементів джерела збудження; зміна частоти коливань. Вони використовуються, як правило, на етапі проектування або виготовлення машини.

Засоби захисту від вібрації на шляхах її поширення можуть бути закладені у проекти машин та виробничих ділянок, а можуть бути застосовані на етапі їх експлуатації.

Вібродемпферування. Це процес зменшення вібрацій захищуваного об'єкта шляхом перетворення енергії механічних коливань якоїсь коливальної системи на теплову енергію.

Збільшення втрат енергії у системі може бути пов'язане з:

- використанням конструктивних матеріалів із великим внутрішнім тертям;
- нанесенням на вібруючі поверхні шару пружно-в'язких матеріалів, що мають великі втрати на внутрішнє тертя;
- застосуванням поверхневого тертя (при коливаннях згину двох пластин, які скріплені та щільно прилягають одна до одної);

					ДІІТ. 630000. 301. МРПЗ	Арк.
						66
Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- переведенням механічної коливальної енергії в енергію струмів Фуко або електромагнітного поля.



Рис. 8.2. Класифікація методів та засобів захисту від вібрації

Віброізоляція. Цей спосіб захисту можна застосовувати для даного стенду і полягає у зменшенні передачі коливань від джерела збудження захищуваного об'єкта за допомогою пристроїв, що розташовуються між ними. Віброізоляція здійснюється введенням до коливальної системи додаткового пружного зв'язку, який перешкоджає передаванню вібрацій від машини – джерела коливань – до основи або суміжних елементів конструкції; цей пружний зв'язок може також використовуватися для послаблення передавання вібрації від основи на людину або на захищуваний агрегат. Ефективність віброізоляції визначають коефіцієнтом передачі K_p , який має фізичний зміст відношення амплітуди вібропереміщення, віброшвидкості, віброприскорення захищуваного об'єкта або діючої на нього сили до такої самої амплітуди джерела збудження при гармонічній вібрації, наприклад:

$$K_{\Pi} = \frac{F_k}{F_m} \quad (8.9)$$

де F_k – змушуюча сила;

F_m - збурююча сила.

Динамічне віброгасіння найчастіше проводиться шляхом установа агрегатів на фундаменти або обладнанням динамічних віброгасителів.

Масу фундаменту підбирають таким чином, щоб амплітуда коливань підосви фундаменту в будь-якому разі не перевищувала 0,1-0,2 мм, а щодо особливо важливих споруд – 0,005 мм.

Серед динамічних віброгасників найбільшого поширення у машинобудуванні набули ті, що зменшують рівень вібрації захищаного об'єкта за рахунок дії на нього реакції віброгасника. Динамічні віброгасники – це додаткова коливальна система, власна частота якої настроєна на основну частоту коливань агрегата.

Віброгасник жорстко закріплюється на агрегаті, що вібрує, тому в ньому будь-якої миті збуджуються коливання, які перебувають у протифазі з коливаннями агрегату (рис. 8.4).

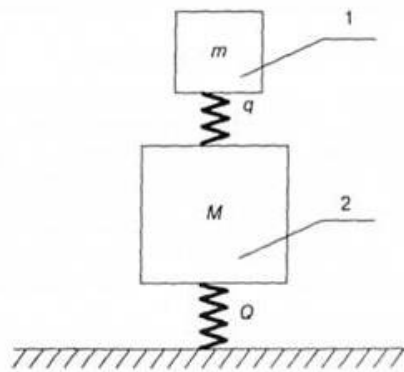


Рис. 8.4. Схема динамічного віброгасника:

1 – динамічний віброгасник масою m та жорсткістю q ;

2 – агрегат масою M та жорсткістю Q .

До засобів індивідуального захисту від вібрації належать засоби захисту рук: рукавиці, рукавички, а також віброзахисні прокладки або пластини, які кріпляться до рук. При роботі в умовах загальної вібрації використовується спецвзуття на товстій підшві.

Із метою профілактики віброшумового захворювання для працівників з обладнанням, що вібрує, рекомендується спеціальний режим праці (обмеження часу контакту з віброінструментом, додаткові перерви тощо).

8.2 Захист оператора в аварійній ситуації.

1) Загальні вимоги охорони праці

Згідно НПАОП 0.00–4.12.05. «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці»

- До роботи на вібростенді допускаються особи не молодше 18 років, навчені безпечним методам і прийомам виконання робіт, які мають відповідне посвідчення, групу з електробезпеки (при роботі з електрообладнанням з напругою до 1000 В-не нижче III, пройшли перевірку знань в атестаційній комісії, медичний огляд і не мають протипоказань за станом здоров'я.

- Працівники зобов'язані щоквартально проходити повторний інструктаж з охорони праці з професії та видів виконуваної роботи.

- Працівники забезпечуються спецодягом, відповідно з діючими нормами (халат бавовняний).

- Працівники зобов'язані дотримуватися Правил внутрішнього трудового розпорядку і заходи пожежної безпеки.

- При роботі на вібростенді можливий вплив наступних небезпечних і шкідливих факторів:

					ДІІТ. 630000. 301. МРПЗ	Арк.
						69
Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- падіння інструменту;
- знижена освітленість на робочому місці;
- ураження електричним струмом.
- пожежонебезпека;

- Працівники повинні дотримуватися норми підймання і переміщення вантажу вручну. Разова норма маси підйимального і переміщуваного вантажу вручну до двох разів на годину при чергуванні з іншою роботою становить (згідно Закону про охорону праці № 2694-XII 14.10.1992 редакція з 20.01.2018):

- для чоловіків – до 30 кг;
- для жінок – до 7 кг;

- Працівникам слід виконувати тільки ту роботу, яка доручена керівником робіт. Не допускається передоручати свою роботу іншим працівникам і допускати на робоче місце сторонніх осіб.

- Працівники повинні дотримуватися правил особистої гігієни, забороняється приймати їжу на робочому місці, а також зберігати особисті речі.

- При нещасному випадку негайно надати першу допомогу потерпілому і при необхідності доставку його в лікувальну установу, зберегти обстановку, якою вона була на момент події до початку розслідування нещасного випадку, якщо це не загрожує життю і здоров'ю оточуючих працівників і не створює аварійної ситуації.

- Порушення вимог цієї інструкції та інших інструкцій з охорони праці, тягне за собою застосування заходів дисциплінарного впливу (згідно Закону про охорону праці № 2694-XII 14.10.1992 редакція з 20.01.2018). При порушеннях, що тягнуть нещасний випадки з людьми або інші тяжкі наслідки, порушники можуть бути притягнуті до адміністративної, матеріальної або кримінальної відповідальності згідно з законодавством .

					ДІІТ. 630000. 301. МРПЗ	Арк.
						70
Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8.3 Дії персоналу при загрозі або виникненні надзвичайних ситуацій

Типову інструкцію розроблено Українським НДІ цивільного захисту відповідно до ст. 130 Кодексу цивільного захисту України.

Залежно від існуючої або прогнозованої обстановки з питань цивільного захисту та надзвичайних ситуацій на підприємстві, в установі, організації, закладі (далі — підприємство) може бути встановлено один з трьох режимів функціонування об'єктової ланки функціональної або територіальної підсистеми єдиної державної системи цивільного захисту:

- режим повсякденного функціонування;
- режим підвищеної готовності;
- режим надзвичайної ситуації.

Режими встановлюються органами виконавчої влади, а у окремих випадках на території підприємства — його керівником.

Усі працівники підприємства, незалежно від займаних посад, повинні знати та суворо виконувати вимоги Типової інструкції щодо дій персоналу підприємства при загрозі або виникненні надзвичайних ситуацій. За невиконання вимог Інструкції персонал підприємства може бути притягнутий до адміністративної відповідальності.

Характеристика можливої обстановки в районі підприємства при виникненні надзвичайної ситуації.

Перелічуються можливі джерела потенційної небезпеки на території самого підприємства або поблизу нього, додається характеристика можливої обстановки при виникненні надзвичайних ситуацій, пов'язаної з руйнуванням або іншим негативним впливом.

					ДІІТ. 630000. 301. МРПЗ	Арк.
						71
Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Відомості про джерела небезпеки та характер їхнього впливу на підприємство надають районні державні адміністрації, виконавчі органи міських рад.

Порядок оповіщення адміністрації та персоналу про загрозу виникнення надзвичайних ситуацій.

Оповіщення адміністрації, робітників та службовців підприємства щодо надзвичайних ситуацій проводиться за заздалегідь розробленою схемою.

Адміністрація у неробочий час оповіщається телефоном (вказується відповідальний виконавець). Залежно від обстановки оповіщається й решта персоналу.

У робочий час персонал підприємств оповіщається про надзвичайну ситуацію (вказується яким способом).

При отриманні інформації про надзвичайну подію вмикають сирени, виробничі гудки, що буде означати подання попереджувального сигналу «Увага всім», після чого негайно приводяться у готовність радіо- та телеприймачі для прийняття повідомлення.

Кожний працівник підприємства повинен знати сигнали оповіщення цивільного захисту та вміти правильно діяти в умовах загрози та виникнення надзвичайних ситуацій.

Порядок укриття персоналу в захисних спорудах цивільного захисту.

На випадок виникнення надзвичайної ситуації, пов'язаної із загрозою або початком забруднення повітря хімічно небезпечною чи радіоактивною речовиною всі працівники підприємства підлягають укриттю в захисній споруді цивільного захисту (вказується адреса та приналежність споруди).

					ДІІТ. 630000. 301. МРПЗ	Арк.
						72
Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для термінового укриття працівників у разі забруднення хімічно небезпечною речовиною використовуються загерметизовані приміщення (вказується адреса).

При отриманні інформації про радіоактивну небезпеку працівники укриваються в приміщенні (вказується приміщення, адреса), яке забезпечує захист осіб, що переховуються від ураження іонізуючим випромінюванням при радіоактивному зараженні.

Порядок видачі персоналу засобів індивідуального захисту

Засоби індивідуального захисту (вказується які) видаються після отримання відповідного розпорядження або за рішенням керівника підприємства (вказується місце видачі).

Працівники, які отримали такі засоби, повинні перевірити їх стан, провести підбір та мати постійно при собі або на робочому місці.

Протигази переводяться у бойовий стан за командою або самостійно, при наявності небезпеки забруднення повітря.

Порядок виділення автотранспорту для проведення евакуації

При проведенні термінової евакуації персоналу та відвідувачів з небезпечних зон залучається весь наявний службовий, а також особистий транспорт працівників підприємства, які повинні надавати його в розпорядження адміністрації.

Додержання протиепідемічних заходів при загрозі розповсюдження небезпечних інфекційних захворювань

Якщо на території підприємства або поблизу нього виникла небезпека розповсюдження особливо небезпечних інфекційних захворювань, усі працівники повинні суворо виконувати вимоги санітарно-епідеміологічної служби щодо проведення термінової профілактики та імунізації, ізоляції та лікування

					ДІІТ. 630000. 301. МРПЗ	Арк.
						73
Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

виявлених хворих, дотримуватися режиму із запобігання розповсюдженню інфекції.

При необхідності працівники, які прибули на роботу, повинні проходити санітарну обробку (вказується місце її проведення), дезінфекцію або міняти одяг, а водії транспортних засобів — здійснювати спеціальну обробку автотранспорту (вказується місце її проведення), а також виконувати інші вимоги та заходи, які перешкоджають розповсюдженню особливо небезпечних інфекційних захворювань.

Збереження матеріальних цінностей у період загрози та виникнення надзвичайних ситуацій.

Усі працівники підприємства повинні вжити необхідних заходів щодо зберігання матеріальних цінностей при загрозі або виникненні надзвичайних ситуацій.

Заходи із захисту від надзвичайних ситуацій або з ліквідації їхніх наслідків повинні враховувати необхідність попередження або зменшення можливих збитків підприємству.

Відповідальність за організацію охорони майна підприємства під час захисту від надзвичайних ситуацій або ліквідації їхніх наслідків покладається на (вказується посада, прізвище).

Особливості дій працівників при деяких надзвичайних ситуаціях.

При загрозі хімічного ураження оповіщаються всі працівники та відвідувачі, які знаходяться на території підприємства.

Вентиляційні установки та кондиціонери терміново виключаються, закриваються вікна, двері, кватирки, приміщення герметизуються. Вихід із будівлі й вхід до неї припиняється до особливого розпорядження адміністрації.

					ДІІТ. 630000. 301. МРПЗ	Арк.
						74
Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Працівникам видаються засоби індивідуального захисту, одночасно вживаються заходи із забезпечення відвідувачів ватно-марлевими пов'язками.

При виявленні у приміщенні, де укриваються працівники, хімічно небезпечної речовини працівники повинні вийти або з дозволу адміністрації залишити зону забруднення. Виходити із зони необхідно тільки у засобах індивідуального захисту та рухатися в напрямку, перпендикулярному напрямку вітру.

При виникненні пожежі на підприємстві всі працівники зобов'язані суворо виконувати вимоги Інструкції з пожежної безпеки, евакуацію проводити згідно з Планом евакуації.

При радіоактивному забрудненні території підприємства або при загрозі забруднення всі працівники повинні уважно слідкувати за мовним повідомленням управління з питань надзвичайних ситуацій, яке передається по радіо та телебаченню після попереджувального сигналу «Увага всім», за інформацією інших засобів масової інформації про обстановку в місті та суворо виконувати рекомендації із захисту від радіоактивного зараження.

Якщо з'явилися постраждалі, їм надається перша медична допомога із залученням санітарних дружин або постів підприємства, вживаються заходи з госпіталізації постраждалих до медичних закладів.

При надходженні анонімної інформації про загрозу на території підприємства або поблизу нього терористичного акту працівник, який прийняв її, повинен терміново доповісти керівнику підприємства та до правоохоронних органів і діяти згідно з розпорядженнями та рекомендаціями [39].

					ДІІТ. 630000. 301. МРПЗ	Арк.
						75
Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Проведений аналіз методів ущільнення ґрунту. Розглянутий вібраційний, статичний, маніпуляційний та ударний методи ущільнення. Показані схеми ущільнення, визначене поняття градієнту ущільнення та його вплив на якість ущільнення.

Описані параметри вібраційних систем віброкотка, такі як: амплітуда коливання, повна прикладена сила, відцентрова сила, відношення віброуючої маси до підвішеної маси. Описане явище резонансу та як воно впливає на якість ущільнення при різних умовах роботи віброкотка.

Співвідношення між частотою вібрації барабана і робочою швидкістю котка можливо вивести до емпіричного правила, згідно з яким частота вібрацій і робоча швидкість котка повинні бути відрегульовані таким чином, щоб один удар припадав на 25...30 мм (1...1,2 дюйма) шляху.

Умови, які викликають резонанс, залежать не тільки від характеристик машини, але також від природи ущільнюючого матеріалу і досягнутого ступеня його ущільнення. Ідеальною частотою, яка забезпечує найбільш ефективну передачу енергії ущільнення, є частота, на 15% перевищуючу резонансну частоту.

В результаті аналізу визначені загальні залежності, при яких відбувається або не відбувається ущільнення ґрунту.

Проведений аналіз існуючих віброкотків з криволінійними поверхнями робочих органів різних типів: «шіпфут», «тампінг фут», «педфут».

Розглянуті умови найбільш раціонального застосування кожного типу. Визначені позитивні та негативні параметри при використанні віброкотків з різним типом робочої поверхні, які впливають на якість ущільнення ґрунтів з різними фізико-механічними властивостями.

					ДІП. 630000. 301. МРПЗ	Арк.
						76
Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Проведений аналіз сучасних систем вимірювання ущільнення на основі акселерометрів, технології MDP, технології CMV. Розглянутий вплив параметрів віброкотків на вимірювання якості ущільнення ґрунту. Виділені позитивні та негативні чинники параметрів вібраційної систем, які впливають на якість вимірювання в різних умовах та на різних ґрунтах.

Найбільш рівномірний розподіл щільності (з урахуванням стадії процесу ущільнення) спостерігається при максимальній зовнішній силі і при максимальних представлених тисках, що відповідає максимальних значень контактних напружень під РО котка.

Стан і властивості ґрунтів необхідно враховувати на кожній стадії процесу ущільнення і, виходячи з цього, вибирати режим обробки, що дозволяє домогтися мінімального опору ґрунтів деформації, інтенсифікуючи тим самим процес ущільнення.

В результаті досліджень були виявлені закономірності зміни напруженодеформованого стану ґрунтів при їх ущільненні вібраційними котками, залежність зміни швидкості від стану ґрунту і етапу ущільнення, визначено необхідну кількість проходів. Визначені рекомендовані параметри вібраційного котка при ущільненні суглинку оптимальної вологості та параметри вібраційного котка при ущільненні супіщаного ґрунту оптимальної вологості.

Аналіз кільцевої схеми руху котка, характеризується наявністю значної кількості «холостих» відрізків руху котка на розвороті, що негативно позначається на продуктивності робіт.

Данна технологічна схема руху може бути виправдана тільки при використанні причіпного катка, оскільки в цьому випадку зворотньо-поступальний рух ускладнений.

					ДІП. 630000. 301. МРПЗ	Арк.
						77
Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рекомендованої технологічною схемою ущільнення насипів віброкатками є схема з зворотно-поступальним рухом катка по прямій (човникова) при змінному швидкісному режимі. Особливою перевагою тут є, що щільність ґрунту від початкового до необхідного значення досягається одним катком.

Розроблено рекомендації щодо уточнення стандартних технологій ущільнення зв'язаних і незв'язаних ґрунтів віброкатками.

Ущільнення не зв'язаного супіщаного ґрунту оптимальної вологості до нормативної щільності - $K_y = 1$, здійснюється одним катком за 6 проходів по одному сліду.

Запропоновано уточнення технологічної схеми виконання робіт, проведений аналіз доцільності їх застосування, рекомендується пряма (човникова) схема руху катка.

В розділі охорони праці розглянуте питання джерела негативної вібрації у віброкатках. Джерелами вібрації у віброкатках зазвичай є двигуни, різні агрегати (гідронасоси, випробувальні стенди, пресове устаткування тощо), дебалансні збуджувачі

Неправильне розташування таких агрегатів може призвести до того, що шум і вібрації від них можуть проникати не тільки до кабіни, але й до віддалених точок знаходження робітників. Причиною цього явища є "розтікання" вібрацій у вигляді хвиль по всій машині, де вони і проявляються у вигляді шуму.

					ДІІТ. 630000. 301. МРПЗ	Арк.
						78
Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Сергеев В.П., Строительные машины и оборудование: Учеб. для вузов по спец. «Строит. машины и оборудование». – М.: Высш. шк., 1987. – 376 с.
2. Бауман В.А., Быховский И.И. Вибрационные машины и процессы в строительстве. Учебное пособие для студентов строительных и автомобильно-дорожных вузов. М., «Высш. школа», 1977.
3. Бородачев И.П., Справочник конструктора дорожных машин. Справочник для инженерно-технических работников, конструкторских бюро, проектных организаций, заводов. М., 1965.
4. Соломонов С.А. Путевые машины: Учебник для вузов ж.-д. транспорта/ М. В. Нопош, Б. Н. Стефанов, П. М. Цигельный, Д. М. Яковлев; Под ред. канд. техн. наук С. А. Соломонова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1985. – 375 с.
5. А. с. 510371, СССР, В28В 1/08, Виброплощадка, 1976, БИ №14.
6. Назаренко І.І. Машины для виробництва будівельних матеріалів: підручник/І.І. Назаренко. – К.: КНУБА, 1999. –344 с.
7. Машины и механизмы. Каталог-справочник, под ред. Буланова А.А., М, 1977 г.
8. Причіпний вібраційний коток з гідроприводом. Патент України № 50241, мпк. E01C 19/28 від 15.10.2002, Бюл. №10.
9. Хархута Н.Я. Прочность, устойчивость и уплотнение грунтов земляного полотна автомобильных дорог. – М.: Транспорт, 1975.
10. а.с. СССР № 1577961, В28В 1/08, 1990
11. кл. СССР № 280337, E02D 7/18, 1967
12. кл. № 1731906, E02D 7/18, 1990

					ДІІТ. 630000. 301. МРПЗ	Арк.
						79
Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

13. Дунаев П.Ф., Леликов О.П. Детали машин. Курсовое проектирование: Учеб. пособие для машиностроит. спец. техникумов. – М.: Высш. шк., 1984.–336с.
14. Державні будівельні норми України ДБН В.1.2-42006. Інженерно-технічні заходи цивільного захисту.
15. Онлайн-журнал «Охорона праці та пожежна безпека», <http://oppb.com.ua>
16. Добров Е. М. Механіка ґрунтів: підручник для студ. вузів / Е. М. Добров. - М .: Академія, 2008. - 272 с.
17. Онлайн бібліотека <http://ukrbukva.net/page,16,101894-Mehanizaciya-stroitel-no-montazhnyh-i-pogruzочно-razgruzочноy-rabot.html>
18. Абраменков Е. А. Удосконалення технологій ущільнення на базі аналітичних досліджень напружень в ґрунтових середовищах / Е. А. Абраменков, 20. Кодекс цивільного захисту України (зі змінами), -К., 2014.
21. Азюков Н. А. Обґрунтування параметрів віброплити з гідрооб'ємним вібробудувачем для ущільнення асфальтобетонної суміші: дис канд. техн. наук / Н. А. Азюков; СибАДИ. - Омськ, 1986. - 177 с.
22. Алексєєва Т. В. Дорожні машини: підручник: У 2 ч. Ч. 1. Машини для земляних робіт / Т. В. Алексєєва, К. А. Артем'єв, А. А. Бромберг і ін. - Изд. 3-е, перераб. і доп. - М .: Машинобудування, 1972. - 504 с.
23. Анфимов В. А. Дослідження комплексного ущільнення ґрунтів машинами на пневматичних шинах: дис ... канд. техн. наук / В.А. Анфимов; ХАДІ. - Харків, 1970. - 189 с.
24. Закон України «Про загальнообов'язкове ссціальне страхування».
25. Бабков В. Ф. Опір коченню колеса по ґрунтовій деформуючі поверхні / В. Ф. Бабков // Праці / МАДИ. - М., 1955. - Вип. 16. - С. 79 - 107.

					ДІІТ. 630000. 301. МРПЗ	Арк.
						80
Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

26. Бабков В. Ф. Опір ґрунтів деформування з різними швидкостям / В. Ф. Бабков // Праці / МАДИ. - М., 1957. - Вип. 16.- С. 107-120.
27. Бабков В. Ф. Основи ґрунтознавства та механіки ґрунтів: навч. посібник / В. Ф. Бабков, В. М. Безрук. - М.: Вища школа, 1976. - 328 с.: іл.
28. Баловнев В. І. Моделювання процесів взаємодії з середовищем робочих органів дорожньо-будівельних машин: навч. посібник для студентів / В. І. Баловнев. - М.: Вища школа, 1981. - 335 с.: іл.
29. Баркан Д. Д. Експериментальні дослідження вібров'язкості ґрунту / Д. Д. Баркан // ЖТФ. - 1948. - Т. 8. - Вип. 5.- С.701 - 706.
30. Баркан Д. Д. Динаміка основ і фундаментів / Д. Д. Баркан. - М.: Стройвоенморіздат, 1948. - 411 с.
31. Баркан Д. Д. Пристрій підстав споруд із застосуванням вібрації / Д. Д. Баркан. - М.: Изд-во Мінбуду підприємств машинобудування, 1949. - 123 с.
32. Баркан, Д. Д. Теорія поверхневого ущільнення ґрунтів / Д. Д. Баркан, О. Я. Шехтер // Застосування вібрації в будівництві. - М., 1962. - С. 5-26.
33. Батраков О. Т. Ущільнення ґрунтових підстав катками/ О. Т. Батраков // Праці / ХАДІ.- Харків, 1954. - Вип. 17. - С. 55-59.
34. Батраков О. Т. Розподіл контактних тисків по сліду пневматичного колеса / О. Т. Батраков. - М.: Автотрансиздат, 1956. -199 с.
35. Батраков О. Т. Ущільнення ґрунтів і дорожніх покриттів катками на пневматиках: науч. повідомлення №5 / О. Т. Батраков; ХАДІ. - Харків: Вид-во Харк. держ. ун-ту, 1958. - 75 с.
36. Батраков О. Т. Механічні властивості пневматичних шин низького тиску / О.Т. Батраков // Праці / ХАДІ. - Харків, 1958. - Вип. 21. - С. 25-29.

					ДІІТ. 630000. 301. МРПЗ	Арк.
						81
Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

37. Батраков О. Т. Опір ґрунтів при ущільненні / О. Т. Батраков // Матеріали наради по закріпленню і ущільненню ґрунтів. - Київ: Вид-во Акад. буд. і архіт., 1962. - С. 12-15.

38. Будстандарт, сервіс документів <http://online.budstandart.com.ua>

39. ДСН 3.3.6.039-99. «Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації»

					ДІІТ. 630000. 301. МРПЗ	Арк.
						82
Зміна	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		