

ЗАЯВА

Я, Золоторог Роман Олександрович

(ПІБ повністю)

Студент групи ПМ2021

(шифр групи)

Освітньої програми Підйомно-транспортні, будівельні, дорожні, меліоративні машини та обладнання

(назва освітньої програми)

Освітнього ступеня підготовки магістр

(бакалавр, магістр)

Заявляю, що моя випускна кваліфікаційна робота на тему:

Дослідження ефективності роботи ґрунтового котка з комбінованою робочою поверхнею

виконана самостійно і в ній не міститься елементів плагіату. Всі запозичення з друкованих та електронних джерел мають відповідні посилання.

Прошу перевірити її на наявність академічного плагіату.

Я ознайомена з чинним «Порядком перевірки кваліфікаційних випускних робіт здобувачів вищої освіти на виявлення текстових та графічних запозичень засобами перевірки на плагіат», згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску випускної кваліфікаційної роботи до захисту.

Дата 12.12.2021

Підпис

Керівник

17.12.21

Підпис

Главацький К. Ц.

Міністерство освіти і науки України

Український державний університет науки і технологій

Кафедра «Прикладна механіка та матеріалознавство»

**ДОВІДКА**

За результатами перевірки випускної кваліфікаційної роботи здобувача

вищої освіти Золоторога Романа Олександровича  
(ПІБ здобувача)

на тему: Дослідження ефективності роботи  
грунтового котка з каменювальною  
роботою поверхнею

в роботі не виявлено порушень академічної доброчесності.

Керівник ВКР Мис | Казимир Гавельський

Виконавець ВКР З | Роман Золоторог

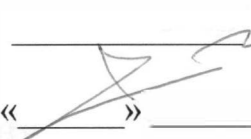

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Український державний університет науки і технологій

Кафедра Прикладна механіка та матеріалознавство

«ДО ЗАХИСТУ»

Завідувач кафедри

 /Сергій РАКША/  
«» \_\_\_\_\_ 2021 р.

**ДИПЛОМНА РОБОТА**

на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Галузь знань **13 Механічна інженерія**

Спеціальність **133 Галузеве машинобудування**

Освітньо-професійна програма **Підйомно-транспортні, будівельні, дорожні, меліоративні машини та обладнання**

Тема **Дослідження ефективності роботи ґрунтового котка з комбінованою робочою поверхнею**

Theme **Research of efficiency of work of a soil roller with the combined working surface**

ДІПТ.630000.302.МРПЗ

Керівник дипломної роботи      доцент      Казимир ГЛАВАЦЬКИЙ

Нормоконтролер      ст. викладач  Олександр ПОСМІТЮХА

Студент групи ПМ 2021      Роман ЗОЛОТОРОГ

Student      Zolotoroh Roman

Дніпро - 2021

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

Спеціальність 133 Галузеве машинобудування

«ЗАТВЕРДЖУЮ»  
Завідувач кафедри

7 / (підпис)

" \_\_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2021 р.

### ЗАВДАННЯ

до магістерської дипломної роботи на здобуття ОКР «магістр»

студента групи ПМ2021 Золоторога Романа Олександровича  
(номер групи) (прізвище, ім'я та по батькові)

1. Тема магістерської роботи «Дослідження ефективності роботи ґрунтового котка з комбінованою робочою поверхнею» Затверджена  
наказом по університету № 768 ст. від "11" грудня 2020 р.

2. Термін подання студентом закінченої роботи 16.12.2021 р.

3. Вихідні дані до магістерської роботи: тип ґрунтоущільнювальної машини - коток; тип робочого обладнання - самохідне; категорія ґрунтів - I, II, III, IV; геометричні розміри - лабораторні моделі в масштабі 1:10; середній питомий тиск на ґрунт - 0,1... 1 МПа.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань до розробки) Вступ. 1. Класифікація котків за кількістю, розташуванням і видами робочих органів. 2. Аналіз основних технічних характеристик котків і їх робочих органів. 3. Синтез елементів і робочих поверхонь робочих органів котків. 4. Модель взаємодії робочого органа блокуючої дії з ґрунтом. 5. Рекомендації щодо методики вибору робочих поверхонь котків блокуючої дії на ґрунт. 6. Напрямки змін в схемах конструкцій робочих органів ГУМ і їх робочих органів статичної і динамічної дії. 7. Результати експериментальних досліджень котків блокуючої дії на ґрунт. 8. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Загальні висновки та рекомендації. Бібліографічний список.

5. Перелік креслень (демонстраційного матеріалу) 1) Загальний вигляд стенда. 2) Математичні моделі. 3) Схеми фізичних моделей. 4) Схеми робочих органів котків. 5) Конструктивне рішення вимірювальної системи. 6) Патентний огляд відомих технічних рішень. 7) Результати експериментальних досліджень. 8). Формування перспективних технічних рішень котків. Презентація з включенням обов'язкового переліку.

## РЕФЕРАТ

Кількість томів: 1

В записці всього 111 сторішок

---

---

Найменування роботи: «Дослідження ефективності роботи ґрунтового котка з комбінованою робочою поверхнею».

Ілюстрації: схем 10, рисунків 38

графіків 8, фотографій 19

таблиць 10.

Ключові слова: каток блокуючої дії, сила тяги, технічна продуктивність, кількість проходів, контактний тиск.

Текст реферату:

Метою цієї дослідницької роботи є розробка робочого органу ґрунтоущільнюючої машини з поверхнею, яка має блокуючу дію на об'єкт ущільнення.

Доцільність впровадження розробленої моделі вальця доводиться побудованими на підставі експериментальних даних графіками. При цьому були побудовані та використовуються графіки залежності глибини взаємодії з ґрунтом та сили тяги від виду робочого органу, а також залежність контактного тиску  $R_k$  від різної поверхні робочого органу машини. Експерименти проводились для процесу ущільнення за допомогою статичного навантаження.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	6
1. КЛАСИФІКАЦІЯ МАШИН ДЛЯ УЩІЛЬНЕННЯ ГРУНТУ ЗА КІЛЬКІСТЮ, РОЗТАШУВАННЯМ ТА ВИДОМ РОБОЧИХ ОРГАНІВ .....	11
1.1. Одновальцеві дорожні котки .....	16
1.2. Двовальцеві дорожні котки .....	16
1.3. Тривальцеві дорожні котки .....	18
1.4. Вібраційні дорожні котки .....	22
1.5. Пневмоколісні дорожні котки .....	24
1.6. Комбіновані дорожні котки .....	26
1.7. Тандемні дорожні котки .....	28
1.8. Котки ущільнювачі .....	29
1.9. Висновки за розділом .....	31
2. АНАЛІЗ ОСНОВНИХ ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОТКІВ І ЇХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ .....	33
2.1. Технічні характеристики дорожніх котків .....	33
2.2. Вагова характеристика .....	35
2.3. Ширина ущільнювальної смуги .....	37
3. СИНТЕЗ ЕЛЕМЕНТІВ І РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ РОБОЧИХ ОРГАНІВ КОТКІВ .....	40
3.1. Гладенько барабанні ущільнюючі елементи .....	40
3.2. Кулачкові ущільнюючі елементи .....	40
3.3. Ущільнюючі елементи з решітчастими кол'єєами .....	41
3.4. Ущільнюючі елементи на пневмоколесах .....	42
3.5. Ущільнюючі елементи з плитками, шарнірно з'єднаними з ободом колеса .....	43
3.6. Дискові ущільнюючі елементи .....	44
3.7. Сегментні ущільнюючі елементи .....	44
3.8. Ущільнюючі компакторні вальці .....	45
3.9. Валець з набором багатокутних дисків .....	46
3.10. Висновки за розділом .....	46
4. МОДЕЛЬ ВЗАЄМОДІЇ РОБОЧОГО ОРГАНА БЛОКУЮЧОЇ ДІЇ З ГРУНТОМ .....	47

				<b>ДІП.630000.302.МРПЗ</b>	
Змн.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата	
		Золоторог	<i>[Підпис]</i>	19.12.2021	Літ. <b>I</b> Арк. <b>I</b> Аркушів <b>I</b>
Розроб.		Главацький	<i>[Підпис]</i>	17.12.21	Літ. <b>VI</b> Арк. <b>4</b> Аркушів <b>III</b>
Перевід.		"	<i>[Підпис]</i>		
Реценз.		"	<i>[Підпис]</i>		
Н. Контр.		Посвітюха	<i>[Підпис]</i>		
Затверд.		Ракша	<i>[Підпис]</i>		

Дослідження ефективності  
робот ґрунтового котка з  
комбінованою робочою  
поверхнею

**УДУНТ, ґр.ПМ2021**



## ВСТУП

Ущільнення ґрунту - ключовий процес при будівництві наземних споруд. Від якості проведених робіт залежить несуча здатність ґрунту, яка забезпечує стійкість споруди та її несучі характеристики. Більші ступені ущільнення ґрунту дають змогу будувати споруди з більшим питомим навантаженням на нього та забезпечують максимальну довговічність та стійкість споруди. З іншого боку вдосконалення в сфері будівництва, з огляду на зростаючу вартість людської праці та застосування швидких для монтажу матеріалів, спрямова і на пришвидшення всіх етапів будівництва, що вимагає високої мобільності від машин, що в ньому задіяні.

Низька продуктивність машин, що застосовуються для ущільнення матеріалів, які використовують для будівництва доріг, може сприяти більшому залученню людських ресурсів та удорожчання одиниці продукції, яка випускається при проведенні робіт. Поточний парк машин складається з різноманітних типів, що відрізняються між собою не тільки конструктивно, а і принципом взаємодії робочого органу з матеріалом, який ущільнюється.

Не дивлячись на поточне розмаїття типів машин завдання пошуку нових рішень для більш ефективного ущільнення будівельних матеріалів є та завжди буде актуальним, оскільки високопродуктивне, технологічне устаткування допомагає випускати більш якісну продукцію дешевше та отримувати з її випуску більше прибутку.

**Відомі технічні рішення поділяють:**

**За типом переміщення:** причіпні та самохідні.

**За кількістю осей:** одно- дво- і триосьові.

**За кількістю вальців:** одно- дво- і тривальцеві.

**За видом впливу на матеріал:** статичні та вібраційні.

**За видом вальців:** з гладенькими вальцями, кулачковими, сітчастими, пневмоколісними, комбінованими.

									ДІ ІТ.630000.302.МРПЗ	Арк.
										6
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дат						



Контейнер оснащений електромеханічним приводом, що дозволяє стендовому обладнанню виконувати поступальні рухи, подібні до рухів реальної машини. До складу приводу входять: електричний двигун, гвинтова передача на співвісному редукторі. У верхній частині рами встановлено допоміжну раму, на якій закріплена навіска робочого органу ГУМ і механізм балансування ваги його складових частин. Для реалізації динамічного режиму робочого органу ГУМ навіска включає рухому відносно своєї вертикальної осі штангу, до верхнього торця якої прикріплена платформа, на якій розміщений механізм створення вібрації, а до нижньої частини - платформа для приєднання змінного робочого органу.

Для фіксації величин параметрів, які досліджуються в процесі ущільнення фунту стенд обладнаний вимірювальною системою. Вимірювальна система складається з: вимірювальної станції з підключеним до неї комплектом датчиків, призначених для вимірювання зусиль, напружень, амплітуди та частоти коливань, швидкості переміщення робочого органу.

На стенді досліджуються спеціально виготовлені комплекти дискових фізичних моделей різного діаметра, ширини та профілю твірної поверхні, з яких можна на спільній осі скласти задану конфігурацію коткового робочого органу. В моделі передбачена можливість обертання окремих дискових елементів з різною кутовою швидкістю і неможливість потрапляння фунтової суміші між дисів.

Головна конструктивна ідея зразків, що досліджувалися - додавання до робочого органу з комбінованою поверхнею бокових обмежувачів, які будуть утримувати ще більше ґрунту в зоні ущільнення в порівнянні з подібними робочими органами без обмежувачів, з якими і порівнювалися зразки. Також випробовані різні комбінації дискових елементів різної ширини та профілю бічної поверхні, різна кількість виступаючих частин профілю. Порівняння обраних зразків можливе та обґрунтоване тим, що сумарна площа виступаючих елементів, при розгляді поперечного перетину обладнання, що

									ДІ П.630000.302.МРПЗ	Арк.
										8
Змн.І	Арк.	Недокум.	Підпис		І		Датс			

взаємодіють з матеріалом однакова для всіх зразків, а отже однакова і сумарна вага робочого обладнання, змінюється лише форма поверхні, що, в свою чергу, призводить до різного розподілення навантаження на ґрунт.

Для оцінки отриманих результатів виготовлені профілі, що відповідають поверхні ґрунту після проходу РО, для оцінки ступеня ущільнення. В процесі виміру отриманого ступеня ущільнення задіяний важільний механізм з датчиком для вимірювання зусилля та кріпленням для потрібного профілю.

Для найбільш точного дослідження обрана оптимальна ґрунтова суміш, що складається з глини, піску та води в пропорціях 21:75:4. Під час проведення експерименту контролюється вологість ґрунтової суміші, оскільки цей параметр змінний та суттєво впливає на характеристики процесу енергоефективного ущільнення ґрунту.

Для контролю за максимальним переміщенням рухомих частин устаткування встановлена система юнцевих вимикачів, під'єднаних до загальної системи керування стендом.

Безпечна експлуатація стенду забезпечена розробленим комплексом конструктивних заходів: кінцеві вимикачі, обмежувальні планки та бар'єри в робочих зонах, захист електрообладнання від перевантаження.

Отримані в роботі результати дозволять порівняти ефективність традиційних робочих органів котків та робочих органів з комбінованою поверхнею. На основі проведених досліджень зроблені висновки про доцільність подальшої розробки та встановлення котків з комбінованою робочою поверхнею на реальні машини.

Вірогідність установлених наукових положень забезпечується необхідним обсягом виконаних експериментів і збіжністю теоретичних і експериментальних досліджень.

На захист виносяться наступні положення:

- експериментально залежність зміни числа проходів для досягнення необхідного ступеня ущільнення від основних змінних параметрів

									ДІ ІТ.630000.302. МРПЗ	Арк.
										9
Змн.І	Арк.	Недокум.	Підпис	Дат.						

ущільнюючого устаткування з комбінованим впливом вальця (УО) на матеріал, що ущільнюється;

- залежності по визначенню кінематичних характеристик ущільнюючого устаткування;

- аналітичю залежності по визначенню силових і енергетичних характеристик процесу ущільнення в зонах контакту ущільнювального вальця з матеріалом;

- обґрунтування конструкції ущільнюючого устаткування з блокуючим впливом на ущільнювальний матеріал, що, що забезпечує високе ущільнення за мінімальне число проходів базової машини за рахунок створення ефективного напруженого стану в ущільнювальному матеріалі, і багаторазового впливу на матеріал на ділянці ущільнення; а також механізм впливу вальця ущільнюючого устаткування з ущільнювальним матеріалом;

- результати аналізу, проведених експериментальних досліджень по виявленню впливу параметрів і режимів роботи устаткування на ефективність ущільнення й методика розрахунку параметрів і режимів роботи ущільнюючого устаткування з комбінованим впливом вальця на ущільнювальний матеріал.

## 1. КЛАСИФІКАЦІЯ МАШИН ДЛЯ УЩІЛЬНЕННЯ ґРУНТУ ЗА КІЛЬКІСТЮ, РОЗТАШУВАННЯМ ТА ВИДОМ РОБОЧИХ ОРГАНІШ

Основною задачею даної роботи є удосконалення робочого органу ґрунтоущільнюючого котка шляхом зміни профілю його робочої поверхні з введенням елементів, ЯКІ мають блокуючий вплив на ґрунт, який ущільнюється.

Звісно, більшого ступеня ущільнення ґрунту можна досягти просто збільшенням маси машини, або її робочого обладнання, проте вага - один з ключових параметрів будь-якої будівельної техніки, оскільки для досягнення максимальної економічної ефективності машина часто має виконувати роботи на декількох будівельних майданчиках одночасно. При такому режимі роботи виникає потреба в простому та ефективному переміщенні машини між точками, в яких вона працює, а вагість та швидкість переміщення завжди визначається масою машини, яку переміщують. Таким чином головна задача полягає в модернізації робочого органу машини без суттєвого збільшення її маси, оскільки масивний коток потребує більших витрат на його перебазування, а збільшення маси котка без застосування засобів його блокування від вислизання з-під робочої поверхні вальця котка призведе до пластичної деформації ґрунту без його додаткового ущільнення.

Для вирішення задачі удосконалення існуючих ґрунтоущільнювальних котків та їх робочих органів дуже важливо мати чітке розуміння наявних зараз зразків техніки, за допомогою якої здійснюється ущільнення ґрунту. Таким чином перший розділ роботи присвячено опису та розбору моделей ґрунтоущільнюючих машин, які застосовуються в Україні та закордоном на даний час. Під час класифікації приведені характерні ознаки машин та їх робочого обладнання, а також розглянуті конкретні зразки. Отримані під час розгляду аналогів дані та знання допомогли краще зрозуміти проблематику поставленої задачі та знайти шляхи її вирішення.

Перша ознака, за якою класифікуються ґрунтоущільнюючі машини є безпосередньо метод, за допомогою якого машина виконує роботу з

									Арк
									11
Змн.І	Арж	Недокум.	Підпис	Дата	ДІТ.630000.302.МРПЗ				

уцільнення ґрунту (див. рис. 1.1). За принципом дії робочих органів уцільнюючих машин розрізняють наступні методи уцільнення: укочування (робочий орган - уцільнюючий коток переміщується по матеріалу, який уцільнюється) (див. рис. 1.2, а); трамбування - ударна дія (за допомогою періодичних ударів уцільнюючого елемента по матеріалу, який уцільнюється) (див. рис. 1.2, в); вібраційний вплив (матеріалу передають короткочасні, послідовні імпульси) (див. рис. 1.2, б). Існують також машини, засновані на комбінуванні вказаних принципів дії: вібраційні котки, віброударне обладнання, вібраційне трамбування та ін. Статичною дією є укочування; до динамічних методів впливу відносяться всі останні, [10, с. 256].

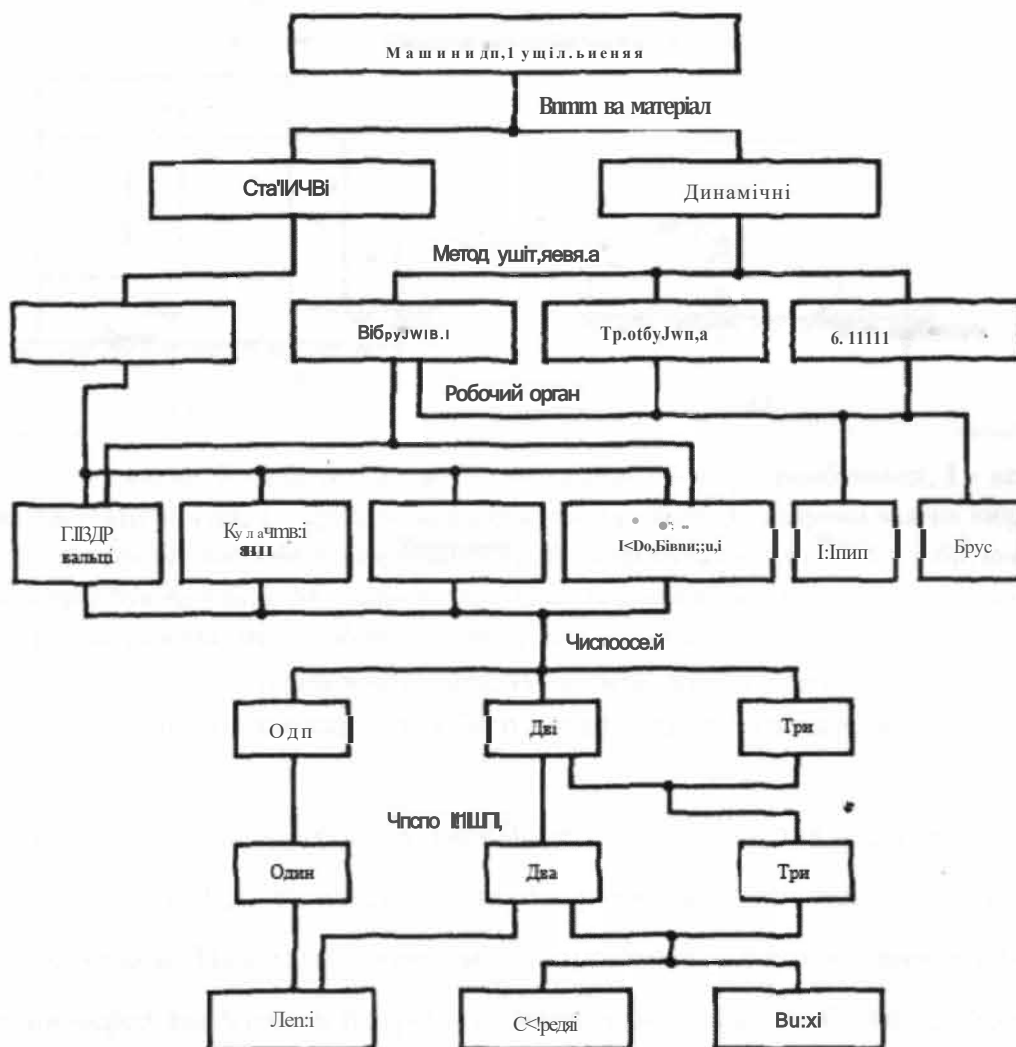
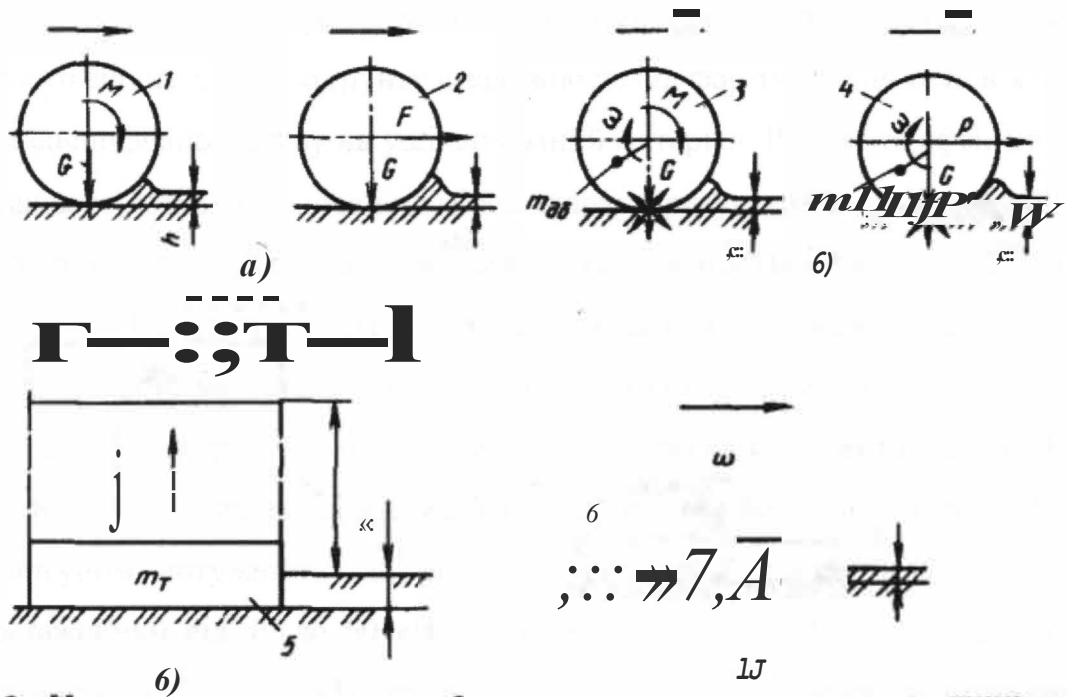


Рис. 1.1. Класифікація машин для уцільнення дорожньо-будівельних матеріалів та ґрунтів [10, с. 257]

На схемі вказані основні види робочих органів ґрунтоущільнюючих машин в залежності від типу їх дії та подальша класифікація таких робочих органів. Як бачимо, всі машини за кількістю осей бувають одно-, дво- та тривісні з одним, двома або трьома вальцями та класифікуються за масою машини на легю, середю та важю.



а - укочування; б - вібрування; в - трамбування; г - вібротрамбування; 1 - ведучий валець статичної дії; 2 - причіпний валець статичної дії; 3 - ведучий валець вібраційної дії; 4 - причіпний валець вібраційної дії; 5-трамбувальна плита; 6 - вібруюча або вібротрабуюча плита: М - момент; G - сила тяжіння котка; Б - деформація матеріалу; Р - тягове зусилля; м<sub>дБ</sub> - обертаюча маса дебалансу; ω - частота обертання; т<sub>т</sub> - маса трабуючої плити; Н - висота падіння плити;

Рис. 1.2. Методи ущільнення та робочі органи ущільнюючих машин, [10, с. 258]

В залежності від способу переміщення машини для ущільнення ґрунту бувають причіпні та самохідні, а також у вигляді навісного обладнання до базових машин. Найбільш зручними та простими у використанні є самохідні машини через відсутність потреби в постійному тягачі та більшу, порівняно з причіпними, ефективність. Причіпне обладнання здебільшого використовується при невеликих об'ємах робіт, за яких переміщення, оренда

або покупка спеціалізованої машини не є економічно виправданою або на Ділянках, до яких транспортування такої машини неможливе.

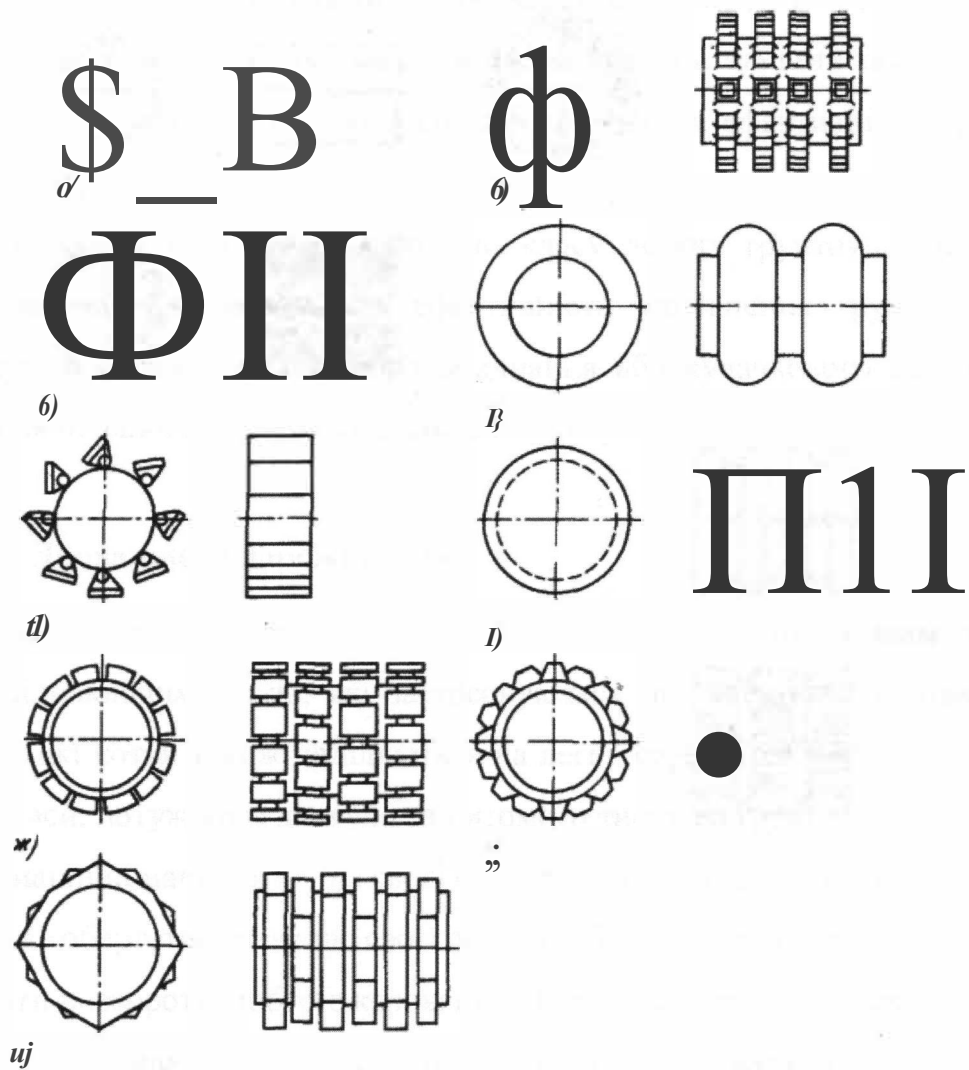
Дорожні котки є одним з найбільш простих та поширених видів машин для ущільнення ґрунту. В них ущільнення відбувається за допомогою циліндричних вальців під дією власної ваги машини або за допомогою вібраційного впливу. Дорожні котки можуть використовувати для ущільнення зв'язного або незв'язного ґрунту в залежності від форми вальця та пов'язаною з цим специфікою впливу на ущільнюваний матеріал. Робота та ефективність дорожнього котка може, певною мірою, характеризуватись кількістю робочих проходів по ділянці, яка ущільнюється, за яку досягається необхідний ступінь ущільнення. Основними параметрами дорожнього котка, які впливають на цей показник, є його маса, кількість робочих органів та вид робочих органів.

За масою дорожні котки поділяються на **легкі, середні та важкі**. **Легкі** - котки з розподіленням навантаженням меншим від 40 кН/м, масою до 5-ти т та двигуном потужністю до 20 кВт, **середні** - котки з розподіленням навантаженням від 40 до 60 кН/м, масою від 6-ти до 10-ти т, та двигуном потужністю від 20 до 30 кВт та **важкі** - котки з розподіленням навантаженням більше 60 кН/м, масою більше 10 т. [10, с.259]. **Легкі** дорожні котки переважно використовують при попередньому ущільненні основ та покриттів. При проміжному ущільненні основ та покриттів застосовують **середні** дорожні котки. Також середні котки можуть застосовувати при остаточному ущільненні покриттів полегшеного типу. Для остаточного ущільнення гравійних та щебених основ, а також асфальтобетонних покриттів застосовують **важкі** дорожні котки.

За кількістю та розташуванням вальців дорожні котки можуть бути: одновальцеві, з підтримуючими вальцями або колесами, двовальцеві з одним або декількома ведучими вальцями; тривальцеві двовісні; тривальцеві двовісні з додатковим вальцем малого діаметру; тривальцеві тривісні з одним або трьома ведучими вальцями.

						ДІ П.630000.302.МРПЗ	Арк.
							14
ЗМН.І	Арк.	Недокум.	Підпис	Дат			

За видами робочих органів розрізняють дорожю котки з: гладенько барабанными ущільнюючими елементами, кулачковими ущільнюючими елементами, ущільнюючими елементами з решічастими колесами, ущільнюючими елементами на пневмоколесах, з шарірно з'єднаними з ободом колеса плитками, дисковими ущільнюючими елементами, ущільнюючими елементами сегментного типу, компакторними вальцями, вальцями з набором багатокутних дисків. (див. рис. 1.3).



а - гладко барабанными ущільнюючими елементами, б - кулачковими ущільнюючими елементами, в - ущільнюючими елементами з решічастими колесами, г - ущільнюючими елементами на пневмоколесах, д - з шарірно з'єднаними з ободом колеса плитками, е - дисковими ущільнюючими елементами, ж - ущільнюючими елементами сегментного типу, з - компакторними вальцями, и - вальцями з набором багатокутних дисків;

Рис 1.3. Основні види ущільнюючих робочих органів

Далі в цьому розділі роботи більш детально розглянута класифікація дорожніх котків за кількістю та розташуванням робочих органів.

### **1.1. Одновальцеві дорожні котки**

Однією з найпоширеніших варіацій машин для ущільнення дорожньо-будівельних матеріалів є одновальцеві дорожні котки. Такі машини вдало поєднують мобільність та бажані зчіпні характеристики, які забезпечуються пневмоколесами на задній осі машини. Невелика вага машини також сприяє збільшенню її мобільності, проте сильно впливає на ефективність процесу ущільнення ґрунту.

Одновальцеві котки відносять до класу легких ґрунтоущільнюючих машин, найчастіше недостатню ефективність ущільнення ґрунту в них компенсують встановленням віброобладнання або кулачкового вальця для досягнення більшого ступеня ущільнення ґрунту.

### **1.2. Двовальцеві дорожні котки**

Двовальцеві дорожні котки є безумовно найпоширенішим типом ґрунтоущільнюючих котків, які застосовуються при дорожньо-будівельних роботах. Такі котки також поділяються на легкі, середні та важкі відповідно до своєї маси, потужності двигуна та питомого тиску на ґрунт.

Ці машини мають в основі своєї конструкції 2 вальці (див. рис. 1.4), один з яких може обертатись навколо своєї осі для забезпечення машині можливості виконувати розвороти, тобто є керованим. Вальці, в свою чергу, складаються з двох щільно прилягаючих одна до однієї секцій, які можуть під час повороту котка обертатись з різною кутовою швидкістю для зменшення зсуву матеріалу, який ущільнюється, під час розвороту та полегшення розвороту котка.

									Арк.
									16
Змн.І	Арк.	Недокум.	Підпис	Датс.	ДІТ.630000.302.МРПЗ				

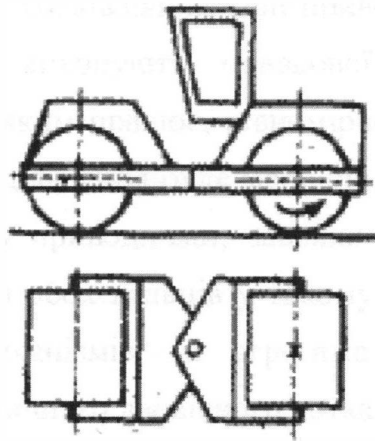
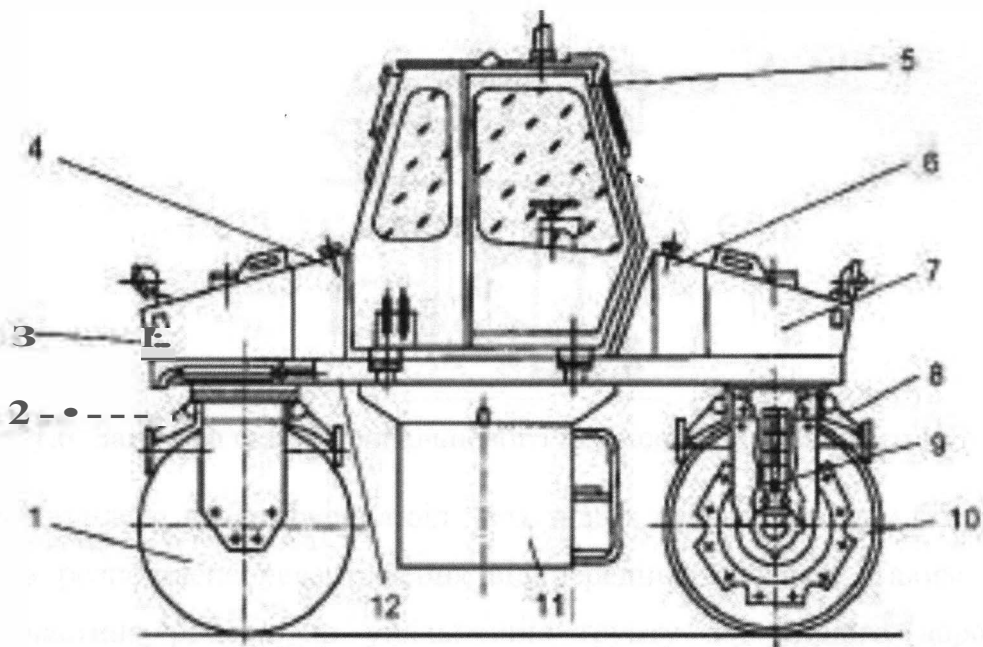


Рис 1.4. Загальна схема двовальцевого дорожнього котка

Ширина самого вальця обмежується 1300 мм, оскільки більша ширина вальця зробить повороти без утворення значної деформації матеріалу під вальцем неможливими. Для компенсації перекосу машини від наїздів переднім вальцем на перешкоди підвіска переднього керованого вальця забезпечує можливість поперечного перекосу вальця до  $30 \dots 35^\circ$  від робочої площини машини.



1,10- металеві вальці; 2,8 - шкребки; 3,7 - баки для води; 4 - паливний бак; 5 - кабіна;  
6 - гідробак; 9 - гідрообладання; 11 - силова установка; 12 - несуча рама;

Рис 1.5. Конструктивна схема статичного двовісного котка ДУ-63-01

Змн.І	Арк.	Недокум.	Підпис Дата

ДІТ.630000.302.МРПЗ

Арк.

17

Вальці двовальцевих котків найчастіше приводяться у рух за допомогою підру двигуна. Вальці виконують однакової ширини, щоб машина ущільнювала матеріал, з яким працює, рівномірною смугою, не залишаючи ділянок, в яких ступінь ущільнення буде меншою, ніж на інших. Найчастіше обидва вальці виконують приводними, завдяки цьому досягають більшої якості укочення. Діаметри обох вальців у такому випадку однакові. Типову схему розташування механізмів та агрегатів можна переглянути на конструктивній схемі статичного двовісного котка ДУ-63-01. (див. рис 1.5).

### 1.3. Тривальцеві дорожні котки

Тривальцеві двовісні дорожні котки виконують лише в середніх та важких типорозмірах. Передній валець є керованим та завдяки ньому здійснюється керування машиною. Задні вальці є ведучими, та їх діаметр приблизно в 1,3... 1,6 разів більший від діаметра переднього (див. рис 1.6). Через задні вальці передається  $2/3$  ваги машини.

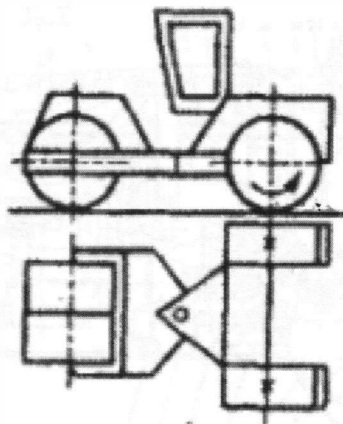
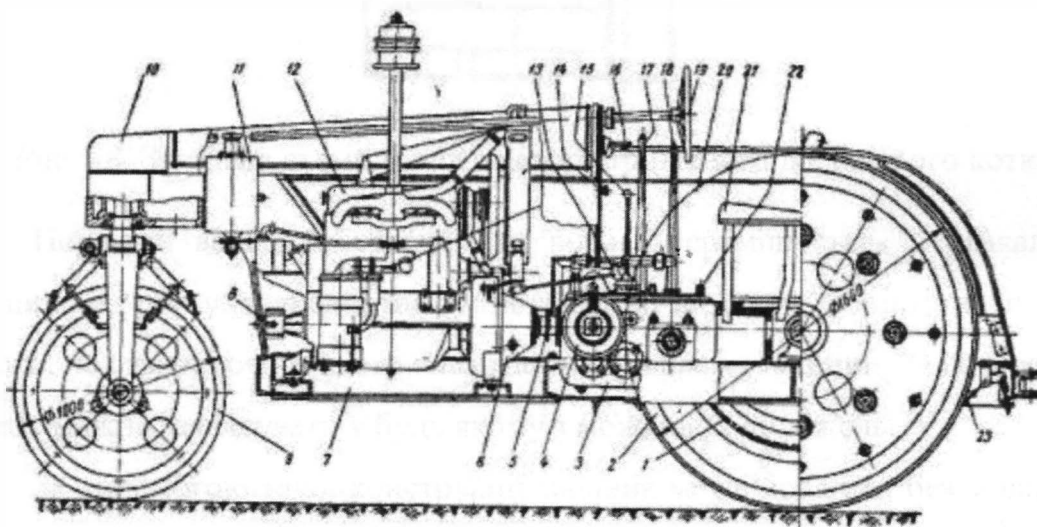


Рис 1.6. Загальна схема тривальцевого двовісного дорожнього котка

Розподілене навантаження від двох задніх вальців машини\_ більше в 2 рази, ніж розподілене навантаження від переднього вальця. Таким чином більша частина роботи по ущільненню ґрунту або іншого дорожньо-будівельного матеріалу, що ущільнюється, досягається завдяки заднім вальцям, а передній валець виконує функції керування машиною.

Для максимально плавного проходження кривих малого радіуса задні вальці обладнують диференціалом, також це допомагає зменшити пошкодження ушішнювального матеріалу під час проходження машиною кривих. У такій конфігурації робоча ширина передньої та задньої осі машини вже не однакові. Найчастіше є перекриття робочого «сліду» переднього вальця задніми на 100 мм з кожної сторони. За такого відносного розташування вальців компоновка внутрішніх агрегатів та механізмів є кращою, так доступ до них є більш зручний, що сприяє простішому та швидшому ремонту на місці роботи або під час планових чи аварійних технічних оглядів, [10].

За допомогою більшого діаметра ведучих вальців можна досягти більших ступенів укочування та тягових характеристик машини, що сприяє простішому подоланню нерівностей, що можуть зустрічатись під час руху машини робочою ділянкою. Для більшої наглядності приводимо конструктивну схему статичного двовісного тривальцевого котка ДУ-50 з його основними механізмами та агрегатами. (див. рис 1.7).



1 - бортова передача; 2 - ведучий валець; 3 - коробка швидкостей; 4 - реверс; 5 - поєднальна муфта; 6 - муфта зчеплення двигуна; 7 - рама; 8 - пусковий пристрій; 9 - ведений направляючий валець; 10 - капот; 11 - паливний бак; 12 - двигун; 13 - педаль зчеплення двигуна; 14 - кнопка керування повітряною засланкою двигуна; 15 - важіль коробки передач; 16 - керування регулятором двигуна; 17 - тормозний важіль; 18 - важіль реверсу; 19 - штурвал рульового керування; 20 - боковина; 21 - сидіння машиніста; 22 - важіль блокувального пристрою диференціалу; 23 - шкребок;

Рис. 1.7. Конструктивна схема статичного двовісного тривальцевого котка ДУ-50

Не дивлячись на всі переваги найчастіше для досягнення більшої однорідності ступеня ущільнення по всій площі робочої поверхні таким машинам потребується більша кількість проходів ніж коткам типу тандем.

**Тривальцеві тривісні дорожні котки** найчастіше виконують у важкому типорозмірі, та дуже рідко - у середньому. Вони мають вальці однакової ширини (див. рис 1.8). У найбільш досконалих моделей приводними є всі три вальці, що дозволяє отримувати від машини найкращі тягові характеристики.

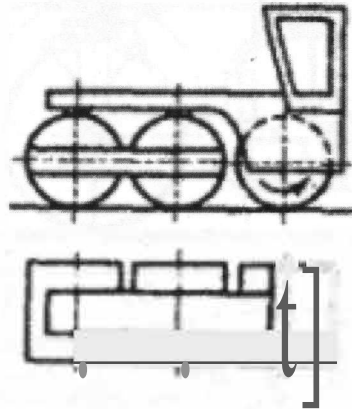
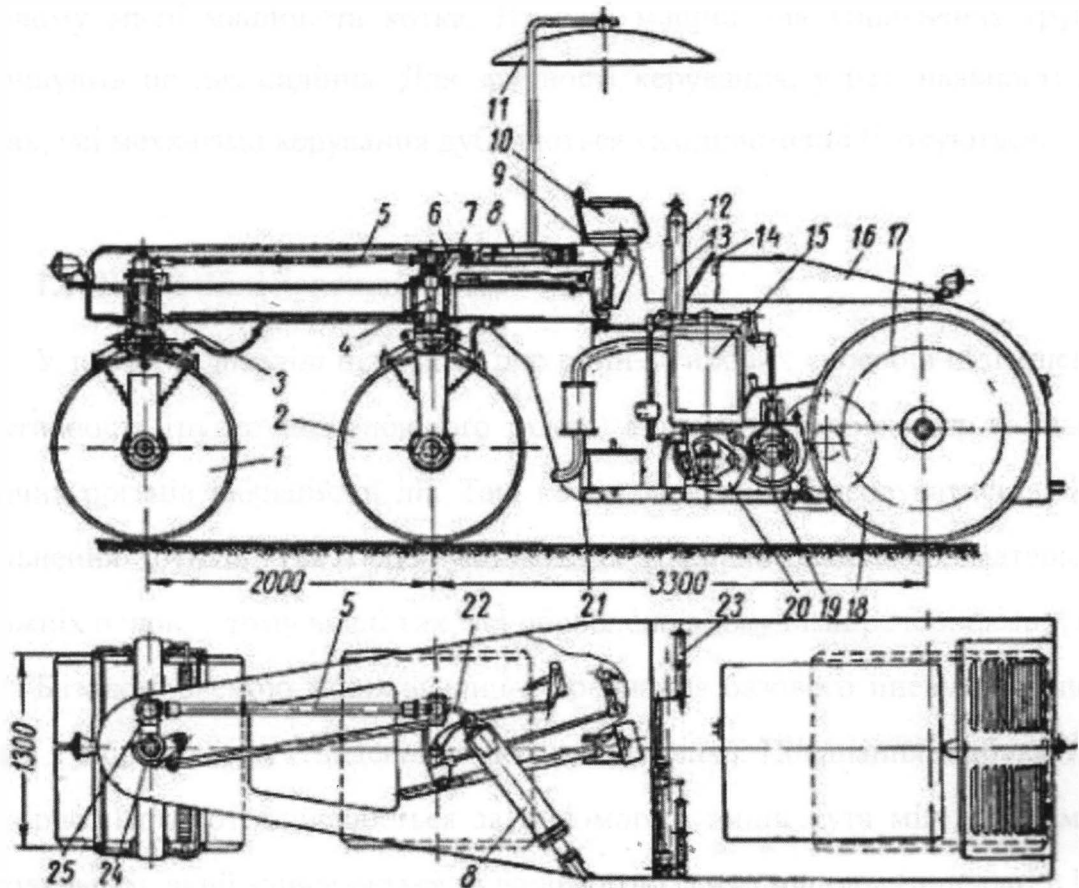


Рис 1.8. Загальна схема тривальцевого тривісного дорожнього котка

Передній валець є веденим та вільно обертається вертикальною площиною, що у транспортному положенні дозволяє копіювати профіль дороги, не створюючи зайвого навантаження на раму машини. За потреби цей валець можна зафіксувати у будь якому з можливих положень.

За допомогою такої конструкції машина може досягати безхвильового укочування поверхні та найбільш раціонального розподілу ваги між всіма вальцями машини. На опорах рами нерухомо закріплюють ведучий валець, а ведею вальці виконаю секційно, тобто складаються з двох щільно прилягаючих секцій та вільно обертаються один відносно одного на одній осі. Це дозволяє проходити повороти без пошкодження поверхні та з найменшим опором.

Центральний реверсивний механізм розташовано у трансмісії котка, та поєднано з муфтою зчеплення для забезпечення найбільш плавного перемикавання з переднього ходу на задній без вимог до швидкості руху. Ведені вальці повертаються гідроприводом, який поєднує їх з рамою, [10].



1 - крайній ведений напрямний валець; 2 - середній ведений напрямний валець; 3 та 4 - шворні; 5 - подовжня тяга механізму повороту; 6 - поворотний важіль середнього вальця; 7 - важіль керування розподільником гідросистеми; 8 - гідравлічний циліндр; 9 - редуктор ручного механізму повороту; 10 - сидіння; 11 - парасоля; 12 - права колонка керування; 13 - важіль коробки передач; 14 - важіль гальм; 15 - двигун; 16 - кожух баків; 17 - зубчасте колесо бортової передачі; 18 - ведучий валець; 19 - реверс; 20 - коробка швидкостей; 21 - рама; 22 - рукоятка замка крайнього веденого вальця; 23 - ліва колонка керування; 24 - замок; 25 - поворотний важіль;

Рис. 1.9. Тривальцевий тривісний моторний коток важкого типу Д-178Б

Подібні котки мають такі основні та допоміжні механізми на прикладі тривальцевого тривісного моторного котка важкого типу Д-178Б (див. рис 1.9):

Змн.І	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата

ДІ П. 630000 .302. МРПЗ

Арк.

21

пристрої для очищення та змочування вальці, тенти для машиніста котка для забезпечення захисту від сонця та атмосферних опадів, механізми керування (поворотом машини, механізмом реверсування, перемиканням передач, гальмами та агрегатами двигуна). Механізми керування розміщені на робочому місці машиніста котка. На ряді машин для ущільнення ґрунту розміщують по два сидіння. Для зручності керування, у разі наявності 2-х сидінь, усі механізми керування дублюються та однойменні блокуються.

#### 1.4. Вібраційні орожні котки

У цьому підрозділі піде мова про один з типових способів підвищення ефективності ґрунтоущільнюючого котка, а саме: встановлення на нього робочих органів вібраційної дії. Такі котки можуть застосовуватись як для ущільнення ґрунтів, так і для ущільнення гравійно-щебневих матеріалів дорожніх основ, у тому числі тих, які оброблено в'язкими речовинами, [16].

Базовою схемою таких машин є поєднання базового пневмоколісного тягача з вібровальцем (гладеньким або кулачковим). Поєднання відбувається шарнірно. Поворот здійснюється за допомогою зміни кута між тягачем та вібровальцем, який здійснюється за допомогою гідроциліндра (див. рис 1.10).

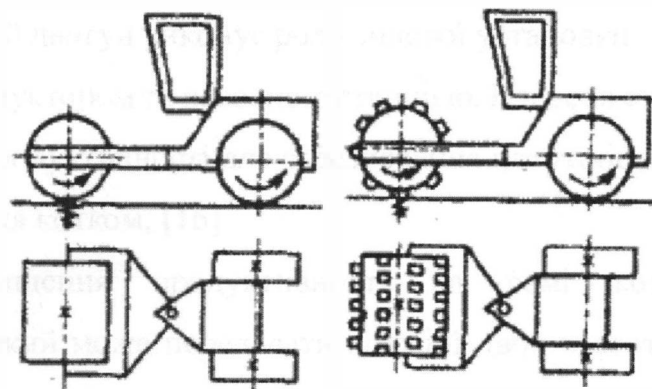


Рис. 1.10. Загальна схема вібраційних котків (гладеньковальцевий та кулачковий)

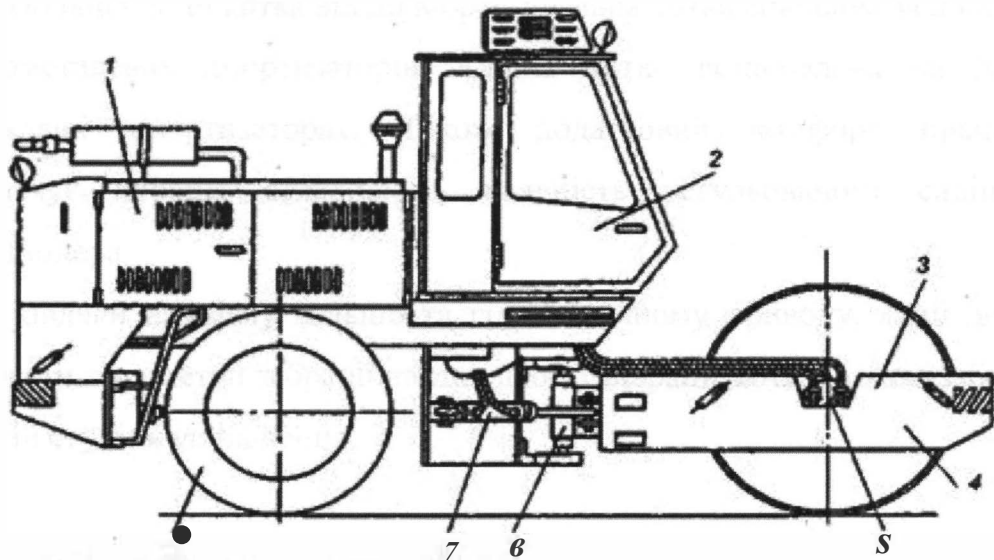
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата

ДІТ.630000.302.МРПЗ

Арк.

22

Для отримання базового розуміння схеми роботи та основних складових ґрунтоущільнюючих котків вібраційної дії розглянемо більш детально самохідний віброкоток ДУ-62 (див. рис 1.11).



1 - одновісний пневмоколісний тягач; 2 - кабіна; 3 - вібровалець; 4 - рама вібровальця; 5 - віброзбудувач; 6 - шарнірне поєднання напіврам тягача та вібровальця; 7 - гідروциліндр керування поворотом котка; 8 - пневмоколесо тягача;

Рис 1.11. Самохідний віброкоток ДУ-62

Машина складається з одновісного тягача з пневмоколесами та силовою установкою і кабіною, у якого шарнірно поєднано вібровалець з охоплюючою рамою. Дизельний двигун виконує роль силової установки, машина об'єднана роздавальним редуктором та насосною станцією. Насосна станція включає два насоси змінної продуктивності для забезпечення потужністю гідросистеми та системи керування котком, [16].

Для підвищення продуктивності на рамі котка встановлено віброзбудувач, який може передавати вібрації двох частот в залежності від потрібного режиму роботи: 0- 25 Гц для ущільнення ґрунтів та 0- 38 Гц при ущільненні матеріалів, які попередньо оброблено спеціалізованою в'язучою речовиною.

Змн./	Арк.	Недокум.	Підпис	Дат

ДІТ.630000.302.МРПЗ

Арк.

23

При встановленні будь-якого вібраційного обладнання на машини, з якими безпосередньо працюють люди, важливою частиною є віброізоляція робочого місця. До того ж вібрація негативно впливає не тільки на працівників, а і на чутливі до вібрації агрегати та механізми машини.

Ізоляція рами котка від дії вібрації вальця котка виконана за допомогою резинометалевих амортизаторів. Кабіна котка встановлена на рамі на додаткових амортизаторах. Також додатковий комфорт працівників забезпечує хороша оглядовість, наявність регульованого сидіння та кондиціонера.

Завдяки важкому вальцю та гідрооб'ємному приводу, який дозволяє змінювати параметри вібрації та швидкості вібрації котка, коток забезпечує високий ступінь ущільнення.

### **1.5. Пневмоколісні дорожні котки**

У випадках, коли у процесі ущільнення ґрунту потрібна максимальна делікатність, використовують пневмоколісні дорожні котки. Вони дозволяють змінювати ступінь ущільнення для різних матеріалів дуже гнучко не тільки за допомогою зміни ваги баласту котка, а і завдяки зміні тиску в шинах.

Такі котки за своєю базовою будовою можуть нічим не відрізнятись від інших типів, також мати шарнірне з'єднання між переднім вальцем та тягачем. Головною відмінністю цього типу котків є використання замість металевих вальців встановлених пневмоколіс на двох осях. Для рівномірного ущільнення поверхні пневмоколеса, які за своєю особливістю мають певні просвіти між двома покриттями встановлені так, щоб просвіт на передній осі співпадав з покриттям на задній осі. На рис. 1.12 проілюстровано схему котка та розташування пневмоколіс на осях, при якому кількість покриттів на задній осі менша ніж на передній на дві покриття, і покриття на кожній осі встановлені напроти просвітів на іншій осі, (див. рис 1.12).

									ДІП.630000.302.МРПЗ	Арк.
										24
Змн./	Арк.	Недокум.	Підпис	Дат.						

Для отримання більш ясного розуміння розглянемо типову схему роботи пневмоколісного дорожнього котка на прикладі моделі котка ДУ-100 (див. рис 1.13). Цей коток складається з рами та двох керованих пневмоколісних вальців. Через використання пневмоколісних вальців коток має невелику масу, порівняно з котками з металевими робочими органами, тому оснащений баластними ємностями спереду та ззаду машини.

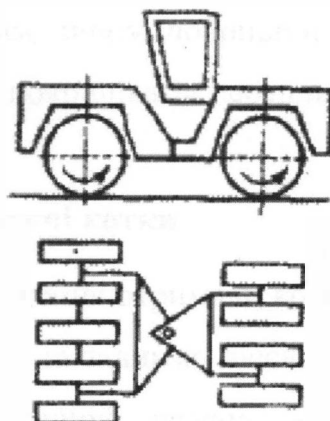
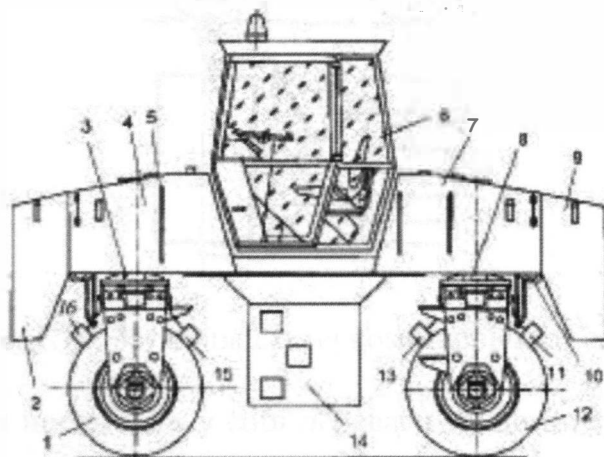


Рис. 1.12. Загальна схема пневмоколісного котка

Під час укочування за допомогою пневмоколіс важливу роль відіграє система індивідуального змочування покриттів для упередження руйнування матеріалу під час ущільнення.



- 1, 12 - пневмоколісні вальці; 2, 9-ємності для баласту; 3, 8 - шкворневі опори;  
4, 7 -баки для змочуючої рідини; 5 - трубка рівня змочуючої рідини; 6 - кабіна;  
10- рама; 11, 13, 15, 16- шкребки; 14- силова установка;

Рис 1.13. Конструктивна схема пневмоколісного двовісного котка ДУ - 100

Головною особливістю цієї моделі є те, що пневмоколеса на передній та задній осі знаходяться одне за одним. Рівномірність ущільнення у цьому випадку забезпечується роботою у режимі «собачого ходу», [18].

**Собачий хід** - режим роботи, коли під час робочого проходу автоматика ставить машину під кутом до напрямку руху таким чином, що центр передньої осі котка зміщується вліво від півні напрямку траєкторії, а центр задньої осі - вправо. Таким чином покриття задньої осі під час роботи перекривають просвіти між покриттями передньої осі.

### 1.6. Комбіновані дорожні котки

Найбільше розповсюдження отримали комбіновані котки з гладеньким переднім керованим вальцем та задньою віссю, обладнаною пневматичними колесами. Найчастіше передній валець виконують вібраційним для підвищення продуктивності роботи машини, (див. рис. 1.14).

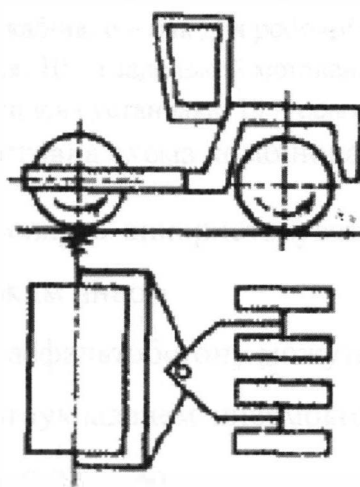
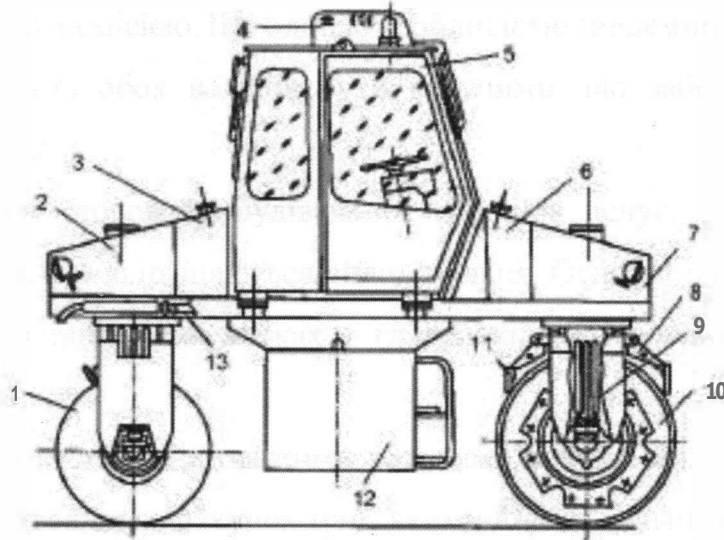


Рис. 1.14. Загальна схема комбінованого котка

Такі машини поєднують у собі переваги тандемних та пневмоколісних котків, оскільки вони забезпечують високий ступінь ущільнення ґрунту металевим вібраційним котком з делікатним вигладжуванням матеріалу безпротекторними шинами пневмоколісною віссю.

Комбіновані котки ДУ-64 можуть використовуватися для ущільнення жорстких цементобетонних сумішей дорожніх та аеродромних покриттів, вони поєднують у собі особливості вібраційних гладеньковальцевих та пневмошинних котків, (див. рис. 1.15).



- 1 - пневмоколісний валець; 2, 7 - баки для змащувальної рідини; 3 - паливний бак;
- 4 - кондиціонер; 5 - кабіна; 6 - бак для робочої рідини; 8, 11 - шкребки;
- 9 - гідрообладнання; 10 - гладенький металевий вібраційний валець;
- 12 - силова установка; 13 - основна рама;

Рис 1.15. Конструктивна схема комбінованого котка ДУ - 64

Комбіновані котки можуть використовуватися при ущільненні різних шарів дорожнього одягу таким чином:

- м'які та тонкі шари асфальтобетону можуть ущільнюватися найкраще, якщо коток йде за асфальтоукладачем пневмоколесами вперед, попередньо ущільнюючи суміш статичною вагою;

- жорсткі і напівжорсткі суміші, товсті підстиляючі шари і шар основи найкраще ущільнюються вібр. вальцем, тобто коток повинен йти за асфальтоукладачем вперед гладеньким сталевим вальцем.

Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис / Дата

ДІ ПТ.630000.302.МРПЗ

Арк.

27

## 1.7. Тандемні дорожні котки

Відмінною особливістю двовальцевих чи тандемних котків є наявність вальців у передній та задній частині дорожнього котка. Тандемні котки оснащені сучасною електричною системою керування підравшкою та гідростатичною трансмісією. Ще однією особливістю тандемних котків можна вважати можливість обох вальців бути ведучими, що забезпечує хорошу маневреність котка.

У сегменті дорожньо-будівельної техніки існує декілька видів тандемних котків, що відрізняються видом вальця. Основні види вальців, що застосовуються в тандемних котках - гладенькі, комбіновані, кулачкові та гратчасті вальці.

Тандемний коток з гратчастими вальцями значно збільшує щільність ґрунту. Відбувається це за рахунок грат, якими вкриті вальці. Під час роботи такого котка відбувається подрібнення великих частинок ґрунту на дрібніші.

Особливість роботи тандемного котка, що має гладенькі вальці у тому, що ущільнення покриття відбувається за рахунок стискання під впливом ваги котка та його тиску. Такі котки найчастіше використовують при укладанні асфальту.

Для ущільнення пухкого ґрунту використовують дорожні котки тандемю з кулачковими вальцями, що мають виступи, що ефективно утрамбовують ґрунт.

Гарним сучасним прикладом тандемного котка є коток ДУ - 98 (див. рис. 1.16). Цей коток має два керовані ведучі вібраційні вальці. Керованість обох вальців дозволяє збільшувати ширину робочої зони за рахунок руху «собачим ходом». Привод на обидва вальці допомагає при подоланні підйомів та вберігає матеріал від зрушення під час ущільнення. Також цей коток має механізм підрізання полоси асфальту та панорамну кабіну для зручної та ефективної роботи.

									ДІП.630000.302.МРПЗ	Арк.
Змн./	Арк.	Недокум.	Підпис	Дат.						28

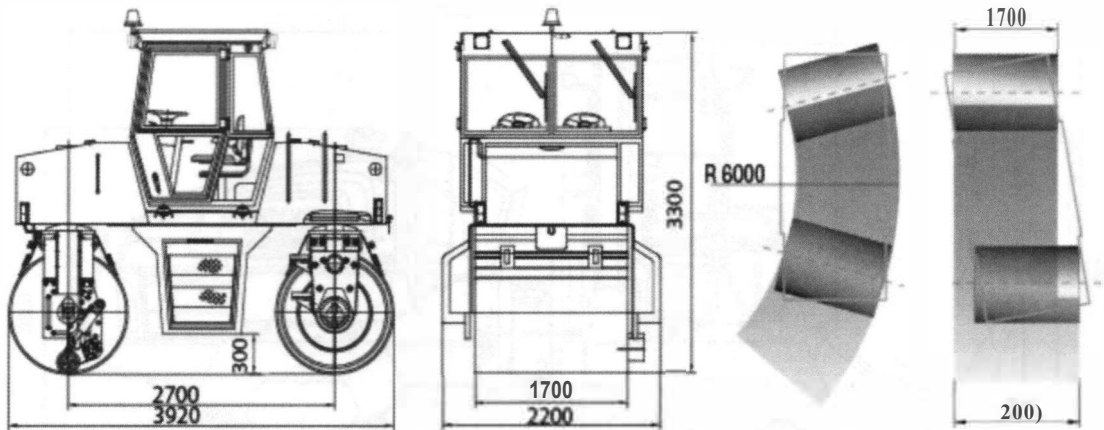


Рис. 1.16. Вібраційний тандемний коток ДУ - 98 та схема його роботи

### 1.8. Котки ущільнювачі

Котки ущільнювачі - це машини, обладнані відвалом, для переміщення ґрунту або інших матеріалів та ходовим обладнанням для його трамбування. Найбільше розповсюдження отримали для роботи на звалищах.

Обробка поверхні звалищ ущільнювачами важлива не лише з точки зору компактності відходів (використання подібних машин дозволяє розміщувати у 2.. 4 рази більше відходів на тій самій площі в порівнянні з використанням бульдозера на гусеничному ході), а і з точки зору безпеки руху по полігону і безпосередньо по звалищу сміттевозів, які підвозять сміття у місце його консервування, тому робоча площадка має постійно та якісно ущільнюватися для зменшення ризику поломки або застрягання машин.

Максимізація швидкості ущільнення та продовження терміну служби звалища при оптимальних експлуатаційних витратах - це головні завдання сучасних фахівців з поводження з відходами.

Розглянемо основні особливості та характеристики цих машин на прикладі характеристик котка ущільнювача TANA E450, (див. рис 1.17).

									Діп. 630000 .302. МРГЗ	Арк.
Змн.!	Арк.	Надокум.	Підпис	Дат						29

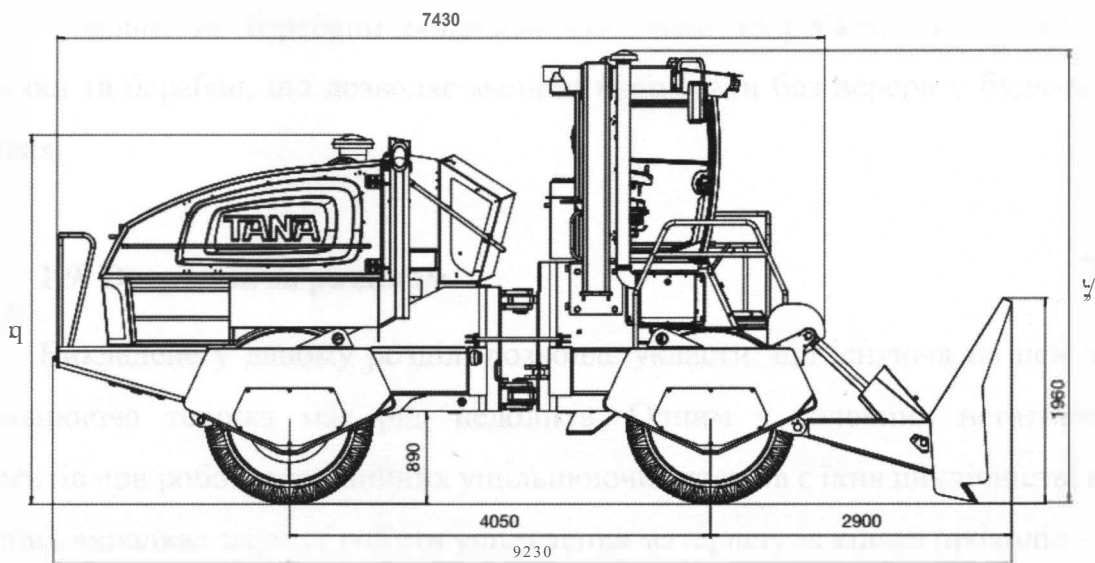


Рис. 1.17. Каток ущільнювач TANA E450

Особливості моделі, [19]:

- суцільні ущільнювальні вальці-барабани на всю ширину котка, в залежності від моделі від 2,66 до 3,8 м, дозволяють скоротити час роботи на 50%, оскільки потрібно менше прогонів на певну одиницю площі;

- велика вага машини від 26 т з міцними дробарними кулачками дозволяє досягнути високої щільності відходів:  $950 \dots 1200 \text{ кг/м}^3$ , швидкість ущільнення 80 т/год. або  $400 \text{ м}^3/\text{год.}$ ;

- сила подрібнення котка: від 127кН до 255 кН, тиск на ґрунт загальний в русі при першому проході від 49-68 кг/см, при третьому проході від 108-152 кг/см;

- широкий відвал від 3,5 до 5,0 м зі спеціальною, менш злігнутою конструкцією разом з потужним двигуном, дозволяють переміщати важю та високі купи сміття, розрівнюючи та дроблячи їх на мілкі фрагменти;

- жорстка рамна конструкція рівномірно розподіляє силу тиску по усій подрібнювальній поверхні вальців утримує машину від різких коливань та нахисів;

Змн.І	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДІП.630000.302.МРПЗ

Арк.

30

- вальці та барабани оснащені системою шкребків, які очищають кулачки та барабан, що дозволяє машині працювати без перерв у будь-яких умовах.

### 1.9. Висновки за розділом

Викладене у даному розділі дозволяє укласти, що існуюча на цей час ущільнююча техніка має ряд недоліків. Одним з головних негативних моментів при роботі традиційних ущільнюючих засобів є їхня циклічність, що в одних випадках змушує робити ущільнення матеріалу за кілька проходів - це стосується котків, і в інші - робити додаткове доведення поверхневого шару ґрунту через його розпушення у випадку застосування машин, робочим органом яких служить штамп, що скидається періодично із заданої висоти. Недоліком машин останнього типу також є наявність більших інерційних навантажень, що діють у трансмісії.

За допомогою огляду патентної документації встановлено актуальні шляхи розвитку ущільнюючої техніки, які зводяться до модифікації робочих органів для кращого пристосування до робочих умов і досягання необхідного результату при мінімальній кількості проходів шляхом використання на базовій машині робочого органу поступального руху циклічної дії, що має безперервне переміщення. Перспективним напрямком у розробці машин подібного типу є котки з кінематичним порушенням коливань вальця, які багаторазовим впливом на матеріал на ділянці кінцевої довжини створюють в ущільнювальному матеріалі складного напруженого стану, що сприяє найбільшою мірою відповідному ефективному ущільненню.

Існуючі методи визначення параметрів справедливі для розрахунку устаткування традиційного типу при статичному, ударному й вібраційному впливах на матеріал, як показує аналіз досліджень в області вивчення процесів статичного, вібраційного й комбінованого методів ущільнення дорожньо-

будівельних матеріалів. Для розрахунку параметрів машин з комбінованим впливом на середовище неможливо.

Актуальним завданням є розробка методики розрахунку параметрів машин комбінованого впливу на середовище ущільнення, для чого необхідно провести дослідження.

Через те, що базові методи себе вичерпали з точки зору збільшення їх продуктивності зараз для досягнення істотного покращення результатів продуктивності та отриманих параметрів ущільнювального матеріалу необхідно вдало поєднати найбільш ефективні традиційні методи ущільнення з методами, які дозволяють досягти максимального рівня інтенсифікації процесу ущільнення матеріалів, які використовують під час будівництва автодоріг.

					Діп. 630000 .302. МРГЗ	Арк.
						32
Змн.І	Арк.	Недокум.	Підпис	Датс		

## 2. АНАЛІЗ ОСНОВНИХ ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОТКІВ І ЇХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ

Для порівняння різних актуальних моделей ґрунтоущільнюючих машин обрано модельний ряд машин від німецького виробника будівельної техніки НАММ.

Брати Антон і Франц Хамм, які були зброярями, заснували компанію в 1878 році для виробництва сільськогосподарського обладнання. Компанія побудувала свій перший дорожній коток з дизельним двигуном у 1911 році за проектом другого покоління Хамма, Ганса Хамма. Це було у той час, коли більшість котків працювали на парі. У 1928 році компанія відмовилася від усіх інших ліній продукції, щоб зосередитися на дорожніх котках. Hammm виробила перший повнопривідний двовальцевий коток з рульовим управлінням на всій осі. У 1963 році компанія представила керований самохідний повнопривідний коток на пневмоколесах, а в 1989 році випустила свій осцилюючий вібраційний коток.

У 1999 році Wirtgen Group GmbH оголосила, що купує Hammm AG, і транзакція була завершена у березні 2000 року, [20].

### 2.1. Технічні характеристики дорожніх котків

Компанія НАММ пропонує по всьому світу величезний вибір техніки для дорожнього будівництва, садово-ландшафтних і земляних робіт: 200 моделей експлуатаційною масою від 1,5 до 25 т.

У модельному ряді ущільнюючих машин компанії можна знайти:

- ґрунтоущільнюючі котки масою від 5 до 25 т - 32 моделі;
- тандемні котки масою від 1,5 до 14 т - 48 моделей;
- пневмоколісні котки масою від 8 до 28 т - 2 моделі.

Порівняння основних характеристик машин компанії НАММ з машинами інших виробників наведено в таблиці 2.1, [21].

								<b>ДІП.630000.302.МРПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					33

Таблиця 2.1

## Технічні характеристики дорожніх котків

Віброкотки тандемні малогабаритні					
Модель	Маса експ., кг	Потужність двигуна, кВт/к.с	Амплітуда коливань вальця, мм	Частота коливань. Гц	Збуджуюча сила вібрації, кН
1	2	3	4	5	6
<b>Намм, ПДИОСW</b>	1575	15,7/21,4	0,5	62	26
XGMA, XG6011D	1280	14,9/20,3	0,5	60	13
Ammann, AV-12-2	1450	14,9/20,3	0,5	67	13/16
Sakai, CR271	1480	12/16,3	0,32	66,7	13,2
Volvo, DD 16	1619	11,9/16,2	0,4	66,7	17,8
Тандемні крупногабаритні вібр. котки					
<b>Намм, ПД70</b>	7265	60,0/81,6	0,62/0,35	48/58	76/62
Caterpillar, CB-434D	7380	62/84,4	0,69/0,62	53	79,4/ 38,2
Ammann, AV85-2	8630	63/ 85,7	0,66/0,26	42/50	65/45
Sakai, SW652-1	7100	30,6/41,6	0,3/0,1	50/67	62/69
Volvo, DD70	6803	60/81,6	0,27/0,54	55	40/80
грунтовідорожнікотки					
<b>Намм, 3412</b>	12200	98/133,2	1,91/0,9	30/40	256/215
XGMA, XG6122H	12100	97/131,9	1,7/0,85	30	256/155
Ammann, AV1 15-2	11500	82/111,5	1,85/1,15	42/50	277/206
Sakai CV620D	12610	83,3/113,3	2,08/1,02	28,3/33	255/172
Volvo, SD122D	12000	116/157,7	1,9/1,17	30,8/33,8	206/281

						ДІП.630000.302.МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№докум.	Підпис	Дат"			34

1	2	3	4	5	6
Комбіновані дорожні котки					
<b>Hamn, HD90K</b>	8585	88/119,6	0,65/0,36	42/50	63/62
Bomag, BW151AC- 4	8350	60/81,5	0,66/0,31	40/50	70/75
Дунарас, CA260PD	7300	60/81,6	0,7/0,2	50/63	84/38
"Розкат", ДУ-97	7600	54/73,4	0,54/0,3	40/50	57/44
Статичні дорожні котки					
Модель	Маса, кг	Кількість всіх вальців	Потужність двигуна кВт/л.з	Ширина й діаметр вальця, мм	Ширина ущільнення
<b>Hamn, HW90B/12</b>	16000	2	53,5/72,7	1250x1550	2020
ShanDong, RT1215	15000	2x3	77/104,7	600x 1600/ 1080x1600	2236
Sakai, R2H-2	14400	2x3	55,4/75,3	570x 1500/ 1060x1500	2100

## 2.2. Вагова характеристика

У випадку вібраційних котків на процес трамбування та укочування ґрунту впливають багато чинників, та оскільки метою роботи є знаходження найкращого варіанту виконання саме робочого органу для спрощення розрахунків та моделювання процесу буде взято за основу моделювання робочого процесу котка статичної дії. Очевидно, що робочий орган, що зможе показати найкращий результат під час статичного укочування ґрунту, буде показувати найкращі результати і під час використання разом з вібраційними системами. При використанні машин статичної дії найважливішими параметрами машини, які впливають на процес ущільнення ґрунту є тип робочого органу, який використовується на машині, та вага машини.

З цих двох ключових параметрів: один - масу, беремо за константу, а форму робочого органу змінюємо. Такий підхід обґрунтовано такими чинниками: збільшення маси машини призводить до труднощів при її транспортуванні та роботі з нею, а також збільшення вартості та працездатності її виробництва; зміна типу робочого органу без зміни параметрів всієї машини залишає можливість не тільки створення на основі дослідження нових машин, а і до переобладнання існуючих моделей новими робочими органами.

В реальному житті, коли масу машини все ж таки потрібно змінювати для роботи з різними матеріалами та при різних умовах, найкращий спосіб для цього - використання баласту. Дуже важливою характеристикою для будь-якої ущільнюючої машини з баластом є співвідношення її маси з баластом та без нього, тобто маси металоконструкції машини. По-перше, чим більше це відношення, тим у більших «режимах» може працювати машина, обираючи для кожної роботи оптимальну вагу - це збільшує перелік матеріалів, які машина може ущільнювати та ступенів ущільнення, які вона може досягати. По-друге, транспортування машини тим легше, чим менша її вага. По-третє, використання баласту на машині дозволяє зменшувати витрати металу на виробництво машини. Порівняння деяких машин за цим співвідношенням приведено у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2

Таблиця найбільшого значення відношення ( $\frac{G}{G_m}$ )

Форма	Модель	Потужність двигуна, кВт	Ваги котка в Т		Відношення $\frac{G}{G_m}$
			Без баласту $G_m$	З баластом G	
Грес	з	74,5	7,55	29,4	3,9
Бросс	54-3	37,5	2,70	10,0	3,7
Ингрем	912	46,5	5,30	11,0	3,6
Броунинг	18Т-7	98,5	9,10	31,8	3,5
Темпо	312	54,5	2,80	9,6	3,4

### 2.3. Ширина ущільнювальної смуги

Іншим важливим параметром машини є ширина ущільнювальної смуги. Цей параметр залежить від робочої ширини машини, у випадку тандемного котка напряду дорівнює ширині його вальців. З іншого боку ширина робочого органу машини впливає не тільки на ширину ущільнювальної смуги, а і на сам процес ущільнення оскільки разом зі збільшенням ширини робочого органу тиск на поверхню матеріалу, що ущільнюється, стає меншим через розподілення навантаження від ваги машини на більшу ділянку контакту між робочим органом машини та поверхнею матеріалу.

Таким чином, оскільки у підрозділі 2.2 було вирішено при дослідженні різних моделей робочих органів масу машини вважати однаковою, будемо брати ширину робочого органу однаковою також, щоб єдиним фактором, який буде змінюватись при проведенні досліджень, була саме форма поверхні робочого органу. Далі у підрозділі мова піде про вибір оптимальної ширини ущільнювальної смуги для вивчення способу визначення цього параметру та визначення його оптимального значення для подальшого моделювання. У методиці розрахунку використовують розрахунок на приклад пневмокошісних котків, що допустимо, оскільки визначається лише ширина смуги.

Існують автомобільні дороги п'яти категорій. Для цих категорій показник  $B_n$  (ширина покриття) може бути: 4,5; 6; 7; 7,5 м, а показник  $B_a$  (ширина земляного полотна) - 8; 10; 12; 15; 27,5 м та більше.

Щоб визначити зв'язок між шириною полотна та кількістю проходів, які необхідно зробити, використовують формулу (2.1); також цю залежність зображено на рисунку 2.1.

$$\begin{aligned} B_n &= B_y \cdot n - B \cdot (n - 1) \\ B_a &= B_y \cdot n - B \cdot (n - 1)' \end{aligned} \quad (2.1)$$

де,  $B_n$  - ширина покриття;

$B_a$  - ширина земляного полотна;

$B_y$  - ширина смуги, яка укочується;

$n$  - число проходів, яке необхідне для ущільнення смуги;

$B$  - ширина перекриття при укоченні суміжних смуг.

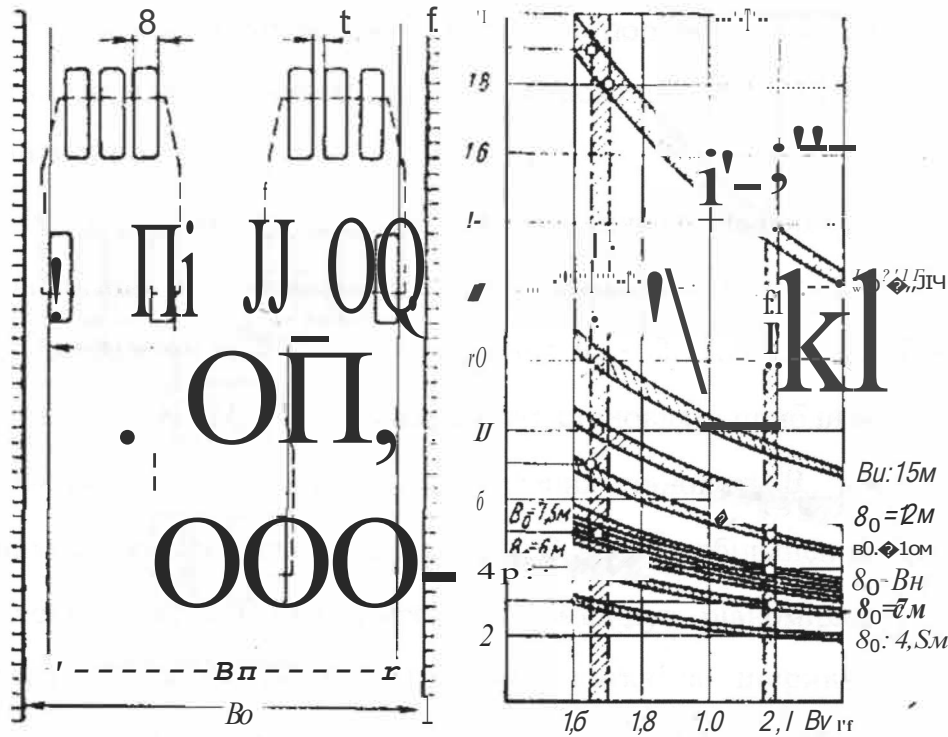


Рис. 2.1. Схема укочення покриття, та графік залежності числа смуг від ширини смуги укочення

Користуючись формулою, визначимо таку ширину ущільнювальної смуги, щоб при перекритті  $B = 0,15 \dots 0,25$  м було ціле число ущільнювальних смуг проїзної частини земляного полотна. Для цього побудований графік залежності числа смуг від ширини укочення смуги при значеннях ширини земляного полотна й покриття, що відповідають прийнятним категоріям доріг. На цьому графіку заштриховані області між кривими відповідають перекриттю  $B = 0,15 \dots 0,25$  м, причому нижні криві відповідають  $B = 0,15$  м, верхні  $B = 0,25$  м. Із графіка видно, що при ширині ущільнення смуги  $B_y = 1,65 \dots 1,7$  м число смуг для покриття 4,5; 6; 7,5 м відповідно дорівнює 3, 4 і 5.

Для  $B_{\text{п}} = 7$  м число смуг дорівнює 5, при цьому перекриття трохи більше 0,25 м. Напевно з формули (2.1) воно становить 0,31 м.

Із графіка видно, що котки із шириною  $B_y = 1,65 \dots 1,7$  м можуть застосовуватися й для укочення земляного полотна шириною  $B_0 = 10; 12; 15; 27,5$  м і при цьому число смуг відповідно дорівнює 7; 8; 10 і 18 - 19. Але, мабуть, що для земляного полотна економічно доцільні котки з більшою величиною  $B_y$ .

Із графіка видно, що найбільш прийнятне значення величини  $B_y$ , що відповідає ширині земляного полотна, становить 8; 10; 12 і 27,5 м.

При цілому числі смуг, є значення  $B_y = 2,17 \dots 2,2$  м. Для земляного полотна  $B_0 = 15$  м і  $B_y = 2,17$  м перекриття становлять приблизно 0,34 м.

Оптимальна ширина смуги укочення становить  $B_y = 1,65 \dots 1,7$  м при ширині земляного полотна  $B_y = 2,17 \dots 2,2$  м. Їх збільшення призводить до збільшення ширини перекриття, що зменшує рівномірність ущільнення матеріалу та до збільшення габаритів котка по ширині, що ускладнює транспортування, а до зменшення юлькості проходів не призводить.

Ці значення як оптимальні беремо для подальшого моделювання та розрахунків.

### 3. СИНТЕЗ ЕЛЕМЕНТІВ І РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ РОБОЧИХ ОРГАНІВ КОТКІВ

#### 3.1. Гладенько барабанні ущільнюючі елементи

Коток з гладенькими вальцями (див. рис. 3.1) характеризується тим, що обичайки вальців мають гладеньку робочу поверхню. Сам валець складається з двох секцій, така конструкція забезпечує менше деформування матеріалу під час повороту машини та полегшує сам поворот.

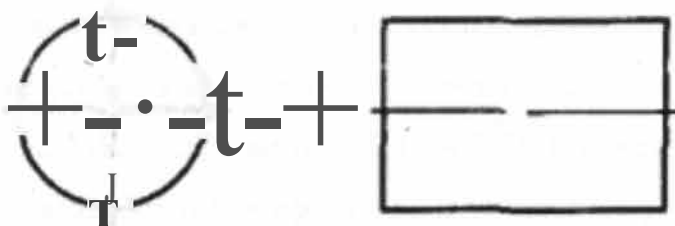


Рис. 3.1. Гладенько барабанні ущільнюючі елементи

Такі котки призначені, головним чином, для ущільнення асфальтобетонних покриттів, гравійно-щебених та інших матеріалів. При ущільненні ґрунтів їх найчастіше замінюють більш ефективними кулачковими, вібраційними та пневмошинними котками.

#### 3.2. Кулачкові ущільнюючі елементи

Кулачкові котки (див. рис. 3.2) використовуються у випадках, коли потрібно досягти більших контактних напружень з матеріалом, ніж при застосуванні гладенького котка, при цьому важливе максимальне трамбування матеріалу, а досягнення гладенької поверхні після укочування не потрібне. Ущільнюється ґрунт, що розташований нижче площини заглиблення кулачків, а верхня частина ґрунту при цьому розпушується. Також такі робочі органи ефективні лише на зв'язних ґрунтах, оскільки на незв'язних пересування матеріалу занадто активне.

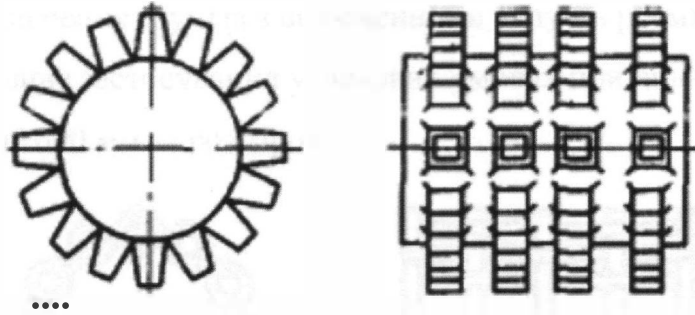


Рис. 3.2. Кулачковий ущільнюючий елемент

За конструкцією такі котки являють собою циліндричний барабан з приєднаними до нього виступаючими кулачками однакової форми. Кулачки поділяють на симетричні та асиметричні. По тиску кулачкові котки розділяють на легкі ( $p = 0,4 \dots 2$  МПа); середні ( $p = 2,4 \dots 4$  МПа); важкі ( $p = 4 \dots 10$  МПа). При більшому й меншому тиску ефект ущільнення знижується. Для ґрунтів оптимально вологості рекомендують наступні значення тиску: для легких і середніх суглинків (у тому числі й пілуватих)  $0,7 \dots 1,5$  МПа, для середніх і важких суглинків  $1,5 \dots 4$  МПа; для важких суглинків і глинистих ґрунтів (у тому числі пілуватих)  $4 \dots 6$  МПа.

Для досягнення гладенької поверхні ґрунту після роботи котка з кулачковим робочим органом виконують додаткове ущільнення котком з гладеньким вальцем або на пневмоколесах.

### 3.3. Ущільнюючі елементи з решітчастими колесами

Котки з решітчастими вальцями (див. рис. 3.3) мають опорну поверхню у вигляді решітки. У ролі самої решітки можуть виступати металеві прутки, профілі або окремі сегменти листової сталі.

Решітчаста будова у даному типі котка дозволяє досягати максимальних контактних навантажень, що призводить до подрібнення матеріалу у верхніх шарах. Найчастіше решітка котка має отвори розміром 150 або 200 мм. Максимальний шар ущільнення ґрунту - 400 мм. Особливо ефективними ці

котки є при ущільнення ґрунтів з включеннями валунів розміром до 400...500 мм. Також можливе застосування у зимових умовах при включеннях мерзлих часток не більше 600 мм за розміром.

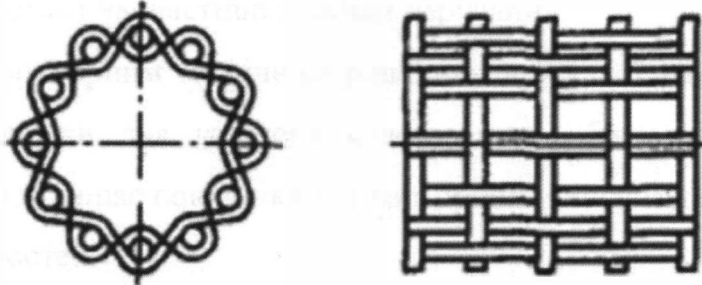


Рис. 3.3. Ущільнювальний елемент з решітчастими колесами

ґратчасті котки у середньому мають на 20...30 % вищу продуктивність ю́ж у пневматичних котю́в п'ї ж маси.

#### 3.4. Ущільнюючі елементи на пневмоколесах

Котки на пневматичних шинах (див. рис. 3.4) застосовують для найбільш кон\_р ольованого та делікатного проходження процесу ущільнення ґрунту. Такі котки являють собою розташовані рядами пневматичні колеса з гладенькою або профільною поверхнею.

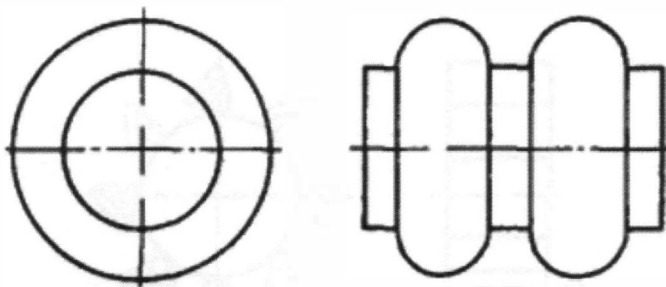


Рис. 3.4. Ущільнюючий елемент на пневмо колесах

Завдяки пластичним властивостям гумових покриттів досягається ефект максимального витиснення з матеріалу, який ущільнюється, рідини та пові\_р я. Також такий тип робочого органу дозволяє впливати на процес ущільнення



### 3.6. Дискові ущільнюючі елементи

Дисковий валець (див. рис. 3.6) складається з дисків різних діаметрів, що по чергово встановлено на одній осі таким чином, щоб кожен ширший диск чергувався з меншим, а на краях вальця знаходились ширші диски для попередження виходу матеріалу з робочої зони котка під час укочування.

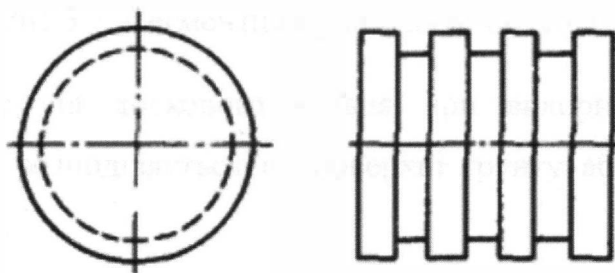


Рис. 3.6. Дисковий ущільнюючий елемент

Цей робочий орган має, можна сказати, двоступеневу дію. Спочатку на неуцільненому матеріалі валець провалюється у ґрунт до дисків меншого діаметру, що забезпечує максимальну глибину ущільнення. В процесі укочування зі збільшенням ступеня ущільнення ґрунту коток «виринає» на поверхню матеріалу та контакт з матеріалом залишається лише у дисків більшого діаметру, це допомагає збільшити контактний тиск, а отже отримати максимально міцний верхній шар матеріалу. • • •

### 3.7. Сегментні ущільнюючі елементи

Сегментні вальці (див. рис. 3.7) за своїм принципом дії схожі на дискові. На початку процесу укочення ґрунту валець занурюється в ґрунт по обід котка на якому розташовані ущільнюючі плити. Через певну кількість проходів коток під час руху починає виринати на поверхню ґрунту і ущільнення починає відбуватися лише за рахунок плит на поверхні вальця, від чого збільшується контактний тиск.

Змн.І	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата

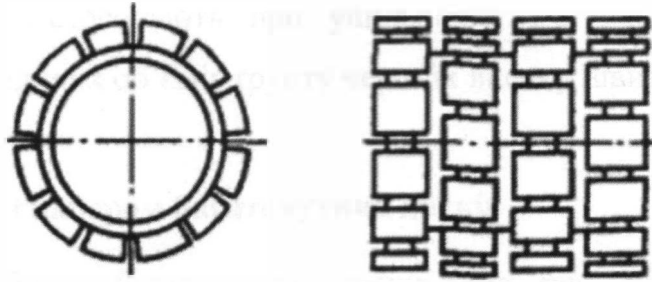


Рис 3.7. Сегментний ущільнюючий елемент

На відміну від дискового вальця при використанні сегментного контактний тиск розподіляється на поверхні ґрунту або іншого матеріалу більш рівномірно.

### 3.8. Ущільнюючі компакторні вальці

Компакторний валець (див. рис. 3.8) візуально схожий на кулачковий валець, проте, на відміну від нього, являє собою циліндричний барабан, до якого приварені в декілька рядів сталеві кулачки симетричної форми.

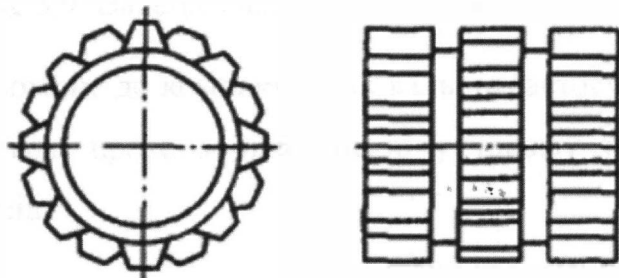


Рис.3.8. Ущільнюючий компакторний валець

У порівнянні з кулачковими котками, які схожі за своєю конструкцією, останні мають меншу ширину і менше рядів кулачків. Ущільнення відбувається під дією ваги котка, а також у результаті впливу кулачків. Крім того, через те, що останні на великій швидкості врізаються в ущільнювальний матеріал, відбувається динамічний вплив на матеріал (ударні навантаження). Завдяки цій особливості на таких котках використання віброзбурювачів не потрібне.

Такі котки застосовують при ущільнення матеріалу на попігонах сміттєзвалищ та великих об'ємів ґрунту через їх високу швидкість.

### 3.9. Валець з набором багатокутних дисків

Вальці з набором багатокутних дисків (див. рис. 3.9) складаються з розташованих на одній осі дисків з виступаючими кутами, для досягнення більшого ступеня ущільнення диски змі<sub>щу</sub>ють один відносно одного. Такі вальці здатні досягати високих результатів ущільнення при роботі на високих швидкостях (до 40 км/ од.).

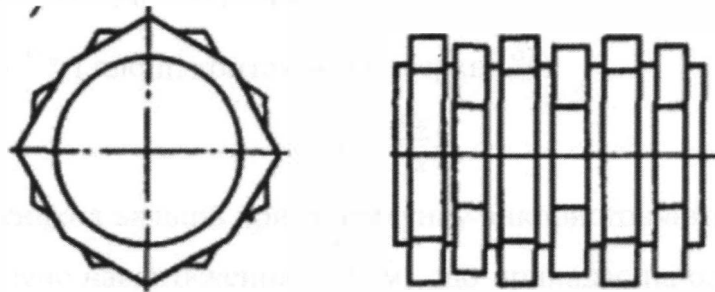


Рис.3.9. Валець з набором багатокутних дисків

Мають аналогічне до компакторних вальців застосування. Краї вальців швидко зношуються, проте заміна дисків у такому типі обладнання не викликає труднощів.

### 3.10. Висновки за розділом

На підставі проведеного аналізу різних типів робочих органів ґрунтоущільнюючого котка розроблена модель робочого органу блокуючої дії, що буде досліджуватись. В основу такого робочого органу входить дисковий валець. Доробкою у даному випадку є використання вальця із загостреними формами виступаючих елементів вальця, яка допоможе поєднати в собі блокуючу дію дискового вальця та значне збільшення контактного тиску на ґрунт при контакті кулачка загостреної форми кулачкового елемента.

## 4. МОДЕЛЬ ВЗАЄМОДІЇ РОБОЧОГО ОРГАНА БЛОКУЮЧОЇ ДІЇ З ГРУНТОМ

### 4.1. Розрахунок основних параметрів котків статичної дії

Істотними характеристиками процесу статичного укочення є контактний тиск вальців на ущільнювальний матеріал, напруження, що виникає у ґрунті а також робота ущільнення. Проведені широкі дослідження процесі ущільнення матеріалів колесами гладеньких вальців.

Контактний тиск  $P_k$  (МПа) між статично діючим вальцем і ущільнювальним матеріалом розраховують на підставі заданого навантаження на валець котка  $G$  і площі контактної поверхні  $S_k$

$$P_k = \frac{G}{S_k}; \quad (4.1)$$

Для гладеньких вальців при розрахунку використовують не контактний тиск, а розподілене навантаження  $q$  (Н/м), що припадає на одиницю ширини вальця  $B$ :

$$q = \frac{G}{B}; \quad (4.2)$$

Розподілене навантаження  $q$  не повинно перевищувати граничного значення, що залежить від властивостей матеріалу, що ущільнюється, швидкості й характеру руху вальців. Порушення цієї умови призведе до виникнення значних зсувних напружень у матеріалі, зниження його несучої здатності. Граничні значення контактних тисків залежать від типу вальців, що ущільнюють ґрунт.

Для визначення глибини впливу вальця ( $m$ ) рекомендують наступні співвідношення:

- для гладеньких вальців:

$$h_0 = (0,1 + 0,12) \cdot \left(\frac{G}{B}\right) \cdot \sqrt{Jq} \cdot R_s; \quad (4.3)$$

де 0,1 - коефіцієнт для зв'язних ґрунтів;

0,12 - для незв'язних ґрунтів;

$W$  - вологість;

$W_{opt}$  - оптимальна вологість, %;

$R_v$  - радіус вальця, м;

- для пневмо котюв:

$$h_0 = 2,4 \cdot \frac{W - W_{opt}}{W_{opt}} \cdot (1 - e^{-2,5 P_k / [P_k]}) \cdot \frac{A_y}{A_y} \quad (4.4)$$

де  $[P_k]$  - граничний контактний тиск, Па;

$P_k$  - максимальний контактний тиск, Па.

Робота

$A_y$  (Дж) при ущільненні статичним навантаженням при збільшенні контактного тиску від 0 до  $P_k$  залежить від характеру деформації ґрунту. Розрахунок ведуть для спрощеної лінійної характеристики при залишковій деформації  $h$ :

$$A_y = \frac{P_k V}{2} \quad (4.5)$$

де  $V$  - обсяг деформованого матеріалу, м<sup>3</sup>.

## 4.2. Тяговий розрахунок котка блокуючої дії

Тяговий розрахунок котків виконують для встановлення відповідності тягового зусилля, що розвивається у робочому й транспортному режимах, виникаючим опорам. При роботі котка виникають наступні опори рухові. Опір  $W_{1y}$  (Н) перекочуванню при ущільненні залежить від типу котка й властивостей матеріалу, що ущільнюється. Для гладеньких вальців без вібрації при ущільненні ґрунтів:

$$W_{1y} = \frac{1}{8} \sum_{i=1}^{z_B} k_i \cdot G_B \quad (4.6)$$

де,  $z_B$  - число вальців;

$k_i$  - коефіцієнт для ведучого вальця;

$k_i = 2$  для причіпного вальця  $k'_i = 1 \dots 2$ .

$G_8$  - сила ваги, що припадає на вісь котка з баластом;

$h_i$  - глибина занурення вальця (при проектуванню приймають

$h_i = 0,02 \dots 0,05 R_v$ , де  $R_v$  - радіус вальця, м).

### 4.3. Розрахунок котка з гладеньким вальцем через радіус

Технічна характеристика: маса котка:  $m = 25000$  кг = 245 кН; Кількість вісей: 2x2;  $B_v = 2400$  мм;  $D_{vv} = 1600$  мм.

Тяговий розрахунок котка з гладеньким вальцем:

$$W_{1v} = B \cdot 2 \cdot 2 \cdot 245 \cdot \frac{0,05}{12 \cdot 0,8} = 245 \text{ кН},$$

На один валець навантаження складає 122,5 кН;

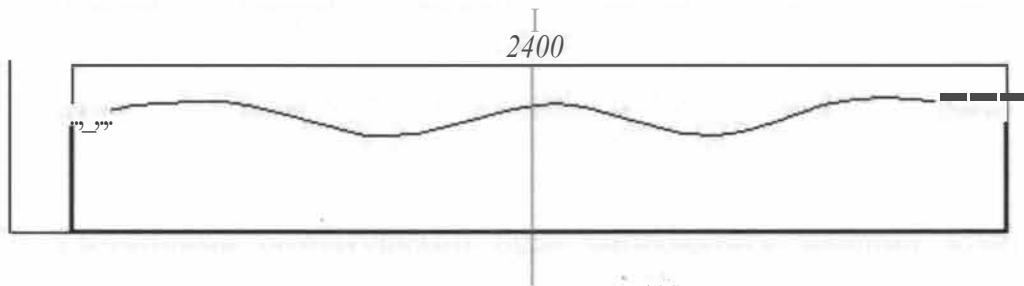


Рис. 4.1. Схема розрахунку гладенького вальця

### 4.4. Розрахунок котка з дисковим вальцем через радіус

Технічна характеристика: маса котка:  $m = 25000$  кг = 245 кН; кількість вісей: 2x2; кількість секцій 11 шт.;  $B_v = 2400$  мм;  $D_{vv} = 1600$  мм;  $D = 1400$  мм.

Тяговий розрахунок котка з дисковими вальцями

Розрахунок опору руху одного вальця котка за більшим зовнішнім діаметром:

									Арк.
									49
Змн.І	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДІП.630000.302.МРПЗ				

$$W_{1y1} = \frac{3}{8} \cdot 1 \cdot 2 \cdot 122,5 \cdot \sqrt{\frac{12 \cdot 0,15}{0,8}} = 56,3 \text{ кН},$$

Розрахунок опору руху вальця за меншим зовнішнім діаметром:

$$W_{1y2} = \frac{3}{8} \cdot 1 \cdot 2 \cdot 122,5 \cdot \sqrt{\frac{12 \cdot 0,05}{0,7}} = 34,7 \text{ кН},$$

Сума опору руху більшого та меншого зовнішніх діаметрів вальця становить:

$$W_{1y} = 56,3 + 34,7 = 91 \text{ кН},$$

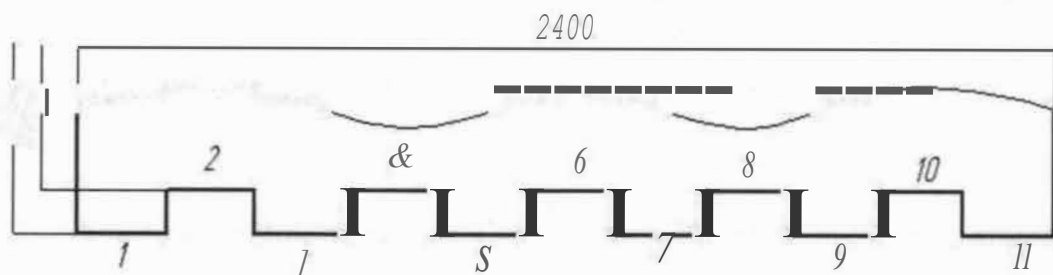


Рис. 4.2. Схема розрахунку котка з дисковими вальцями

За наступними розрахунками буде змінюватися менший зовнішній діаметр вальця.

Технічна характеристика: маса котка:  $m = 25000 \text{ кг} = 245 \text{ кН}$ ; кількість вісей:  $2 \times 2$ ; кількість секцій 11 шт.;  $B_v = 2400 \text{ мм}$ ;  $D_{vv} = 1600 \text{ мм}$ ;  $D = 1450 \text{ мм}$ ;

#### Тяговий розрахунок котка з дисковими вальцями

У такому разі якщо на один валець тягове зусилля припадає  $122,5 \text{ кН}$ , то на одну секцію воно становитиме  $11,13 \text{ кН}$ :

Розрахунок опору руху вальця за більшим зовнішнім діаметром:

$$W_{1y1} = \frac{3}{8} \cdot 1 \cdot 2 \cdot 122,5 \cdot \sqrt{\frac{12 \cdot 0,15}{0,8}} = 56,3 \text{ кН},$$

Розрахунок опору руху вальця за меншим зовнішнім діаметром:

$$W_{1y2} = \frac{3}{8} \cdot 1 \cdot 2 \cdot 122,5 \cdot \sqrt{\frac{12^{0,075}}{0,725}} = 41,8 \text{ кН},$$

Сумарне тягове зусилля котка за більшим та меншим зовнішніми діаметрами вальця:

$$W_{\text{т}} = 51,3 + 41,8 = 93,1 \text{ кН},$$

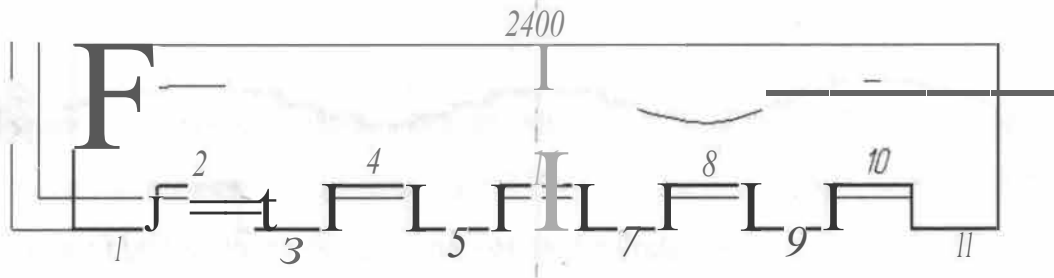


Рис. 4.3. Схема розрахунку котка з дисковими вальцями

Технічна характеристика: маса котка:  $m = 25000 \text{ кг} = 245 \text{ кН}$ ; кількість вісей: 2x2; Кількість секцій 11 шт.;  $B_{\text{в}} = 2400 \text{ мм}$ ;  $D_{\text{вв}} = 1600 \text{ мм}$ ;  $D = 1500 \text{ мм}$ .

Тяговий розрахунок котка з дисковими вальцями

Розрахунок опору руху вальця за більшим зовнішнім діаметром:

$$W_{1y1} = \frac{3}{8} \cdot 1 \cdot 2 \cdot 122,5 \cdot \sqrt{\frac{12^{0,1}}{0,8}} = 56,3 \text{ кН},$$

Розрахунок опору руху вальця за меншим зовнішнім діаметром:

$$W_{1y2} = \frac{3}{8} \cdot 1 \cdot 2 \cdot 122,5 \cdot \sqrt{\frac{12^{0,1}}{0,75}} = 47,4 \text{ кН},$$

Сумарне тягове зусилля котка за більшим та меншим зовнішніми діаметрами вальця:

$$W_{\text{т}} = 56,3 + 47,4 = 103,7 \text{ кН},$$

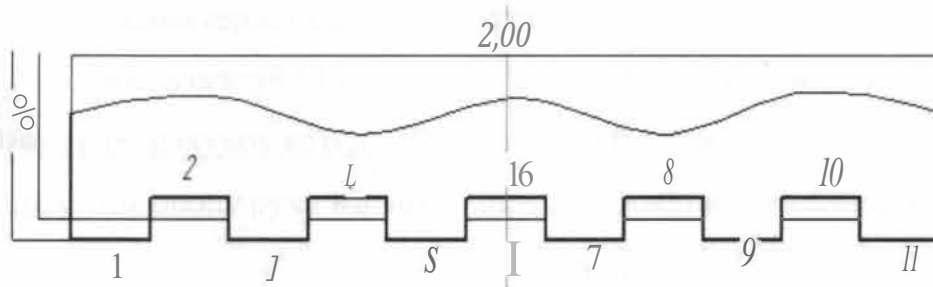


Рис. 4.4. Схема розрахунку котка з дисковими вальцями

Технічна характеристика: маса котка:  $m = 25000 \text{ кг} = 245 \text{ кН}$ ; кількість вісей:  $2 \times 2$ ; кількість секцій 11 шт.;  $V_B = 2400 \text{ мм}$ ;  $D_{BB} = 1600 \text{ мм}$ ;  $D = 1550 \text{ мм}$ .

Тяговий розрахунок котка з дисковими вальцями

Розрахунок опору руху вальця за більшим зовнішнім діаметром:

$$W_{1y1} = \frac{3}{8} \cdot 1 \cdot 2 \cdot 122'5 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 0,15}{0,8}} = 56,3 \text{ кН},$$

Розрахунок опору руху вальця за меншим зовнішнім діаметром:

$$W_{1y2} = \frac{3}{8} \cdot 1 \cdot 2 \cdot 122'5 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 0,125}{0,775}} = 52,2 \text{ кН},$$

Сумарне тягове зусилля котка більшим та меншим зовнішніми діаметрами вальця:

$$W_{1y} = 56,3 + 52,2 = 108,5 \text{ кН},$$

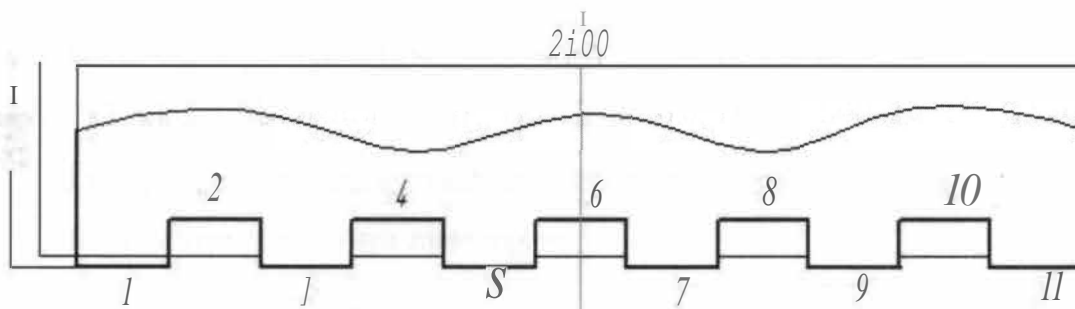


Рис. 4.5. Схема розрахунку котка з дисковими вальцями

Технічна характеристика: маса котка:  $m = 25000 \text{ кг} = 245 \text{ кН}$ ; кількість вісей:  $2 \times 2$ ; кількість секцій 11 шт.;  $B_B = 2400 \text{ мм}$ ;  $D_{BB} = 1600 \text{ мм}$ ;  $D = 1575 \text{ мм}$ .

Тяговий розрахунок котка з дисковими вальцями

Розрахунок опору руху вальця за більшим зовнішнім діаметром:

$$W_{1y1} = \frac{3}{8} \cdot 1 \cdot 2 \cdot 122,5 \cdot 12 \sqrt{\frac{0,15}{0,8}} = 56,3 \text{ кН},$$

Розрахунок опору руху вальця за більшим зовнішнім діаметром:

$$W_{1y2} = \frac{3}{8} \cdot 1 \cdot 2 \cdot 122,5 \cdot 12 \sqrt{\frac{0,15}{0,7875}} = 56,7 \text{ кН},$$

$C_{yM}$  арне тягове зусилля котка за більшими та меншими зовнішніми діаметрами вальця:

$$W_{1y} = 56,3 + 56,7 = 113 \text{ кН},$$

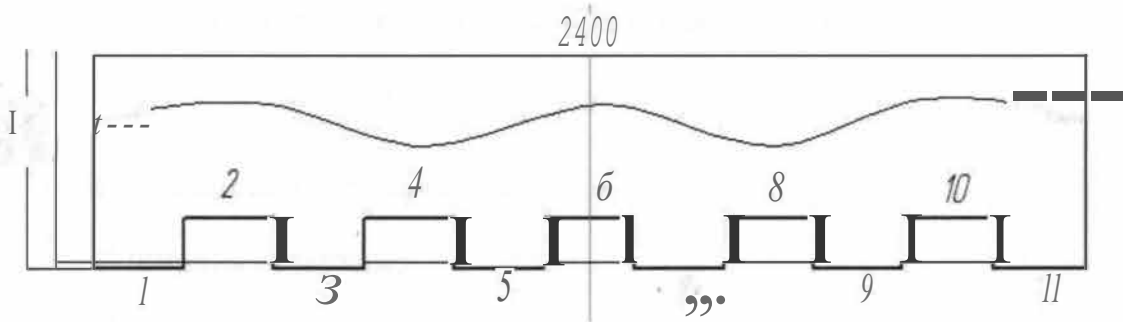


Рис. 4.6. Схема розрахунку котка з дисковими вальцями

Технічна характеристика: маса котка:  $m = 25000 \text{ кг} = 245 \text{ кН}$ ; кількість вісей:  $2 \times 2$ ; кількість секцій 19 шт.;  $B_B = 2400 \text{ мм}$ ;  $D_{BB} = 1600 \text{ мм}$ ;  $D = 1550 \text{ мм}$ .

Тяговий розрахунок котка з дисковими вальцями

За більшим зовнішнім діаметром:

$$W_{1y1} = \frac{3}{8} \cdot 1 \cdot 2 \cdot 122,5 \cdot 12 \sqrt{\frac{0,15}{0,8}} = 56,3 \text{ кН},$$

За меншим зовнішнім діаметром:

$$W_{ly2} = \frac{3}{8} \cdot 1 \cdot 2 \cdot 122,5 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 0,125}{0,775}} = 52,2 \text{ кН},$$

За більшим та меншим діаметрами вальця:

$$W_{ly} = 56,3 + 56,7 = 113 \text{ кН},$$

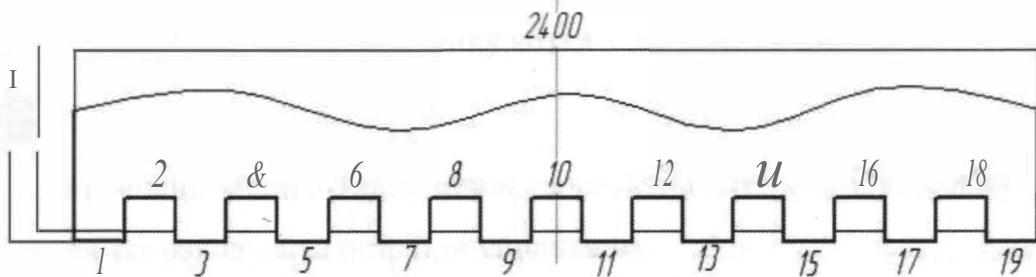


Рис. 4.7. Схема розрахунку котка з дисковими вальцями

#### 4.5. Розрахунок котка з дисковим вальцем через ширину

$$W_{ly} = \frac{h'}{8} \cdot 8_{B} \cdot \left(1 - \frac{q_{81}}{q_{82}}\right) \cdot (2 \cdot p_1 + p_2), \quad (4.7)$$

де,  $h'$  - товщина ущільнюючого шару, м;

$8_B$  - ширина вальця, м;

$q_{81}, q_{82}$  - щільність суміші на початку й наприкінці ущільнення, кг/м<sup>2</sup>;

$p_1, p_2$  - тиск на початку й наприкінці ущільнення, Па  $0,5 \cdot (p_1 + p_2) =$

$G_8 / (8_B \cdot l_s)$ ;

$l_s$  - проекція контактної шні на горизонтальну поверхню, м;

Дана експериментальна формула не підходить для розрахунку. Знаходження тягового зусилля через ширину вальця в даному випадку є найкращім варіантом.

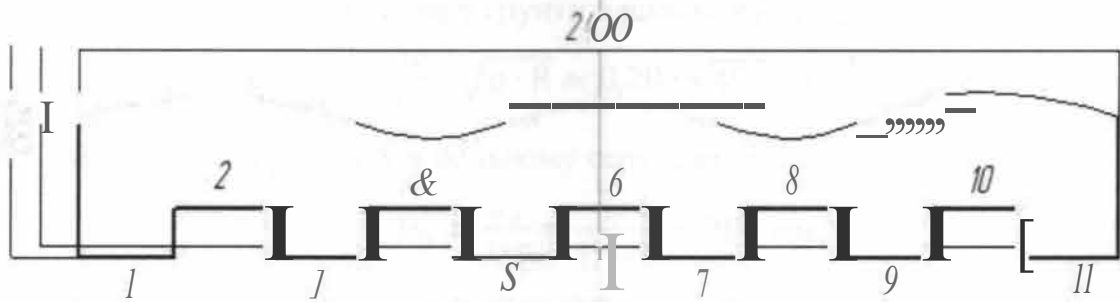


Рис. 4.8. Схема розрахунку котка з дисковими вальцями

Для вальців інших типів немає досить надійних співвідношень, що дозволяють розраховувати опір при ущільненню.

Опір  $W_2$  у від ухилу розраховують незалежно від форми вальців за формулою, наведеній вище.

Крім опорів, що виникають при ущільненні й від ухилу, виникають також опори повороту на криволінійних ділянках і опір сил інерції.

#### 4.6. Розрахунок кількості проходів котка блокуючої дії

При ущільненні зв'язних ґрунтів мінімальне число проходів котка повинно бути прийняте не менше трьох. У зв'язку з цим якщо у результаті розрахунку вийшло  $n < 3$ , для забезпечення надійного ефекту ущільнення все-таки потрібно прийняти  $n = 3$ .

Для визначення юлькості проходів ущільнюючого дискового котка рихлого в'язкого ґрунту ( $5 \frac{\sigma}{\sigma_{\text{макс}}} - 0,80$ ) оптимальної вологості.

- діаметр вальця котка  $D = 160071400$  мм;
- оптимальний лінійний тиск  $q = 45$  кг/см;
- оптимальна щільність ґрунту  $\delta_k = 0,95$ ,  $D_{\text{макс}}$ ,  $u = 0,95$ .

Необхідна відносна пластична деформація:

$$E = \left(1 - \frac{1}{u_{\text{бмакс}}}\right) = \left(1 - \frac{0,50}{0,95}\right) = 0,15. \quad (4.8)$$

Оптимальна товщина шару ґрунту в щільному середовищі становить:

$$H = 0,28 \cdot \frac{U!}{W_0} \cdot \sqrt[17]{45 \cdot 80} = 170 \text{ мм.} \quad (4.9)$$

Товщина шару ґрунту в щільному середовищі:

$$H_p = \frac{H \cdot \sigma}{1 - \epsilon} = \frac{170}{1 - 0,15} = 200 \text{ мм.} \quad (4.10)$$

Відносна пластична деформація першого проходу визначається, згідно табличних значень  $E_3 = 65 \text{ кг/см}^2$  і  $a = 0,75$ ;

$$\epsilon_1 = \frac{20 \cdot q \cdot a}{E_3 \cdot R_0 \cdot s \cdot H_p} = \frac{20 \cdot 45 \cdot 0,75}{65 \cdot 800 \cdot s \cdot 20} = 0,058. \quad (4.11)$$

Кількість проходів знаходимо за формулою згідно табличних значень:

$$TJ = 1,3;$$

$$n = \left( \frac{\epsilon - \epsilon_1}{\epsilon_1 \cdot TJ} \right)^3 = \left( \frac{0,15}{0,058 \cdot 1,3} \right)^3 = 8. \quad (4.12)$$

Припустимо, що коток працює на ущільненні зовсім рихлого ґрунту ( $\epsilon = 0,35$ ), тоді:

$$H_p = \frac{H^0}{1 - \epsilon} = \frac{170}{1 - 0,35} = 260 \text{ мм.} \quad (4.13)$$

Тоді відносна пластична деформація першого проходу, згідно табличних значень дорівнює  $E_3 = 30 \text{ кг/см}^2$  і  $a = 0,90$ ;

$$\epsilon_1 = \frac{20 \cdot q \cdot a}{E_3 \cdot R_0 \cdot s \cdot H_p} = \frac{20 \cdot 45 \cdot 0,9}{30 \cdot 800 \cdot s \cdot 260} = 0,16. \quad (4.14)$$

Так як  $TJ = 1,2$ , то число проходів в цьому випадку дорівнює:

$$n = \left( \frac{\epsilon - \epsilon_1}{\epsilon_1 \cdot TJ} \right)^3 = \left( \frac{0,35}{0,16 \cdot 1,2} \right)^3 = 16. \quad (4.15)$$

Розрахунок кількості проходів котка з гладеньким вальцем

Для визначення кількості проходів ущільнюючого гладенького котка

рихлого в'язкого ґрунту ( $0,80$ ) оптимальної вологості.

- діаметр вальця котка  $D = 1600 + 1400 \text{ мм}$ ;
- оптимальний лінійний тиск  $q = 27 \text{ кг/см}$ ;
- оптимальна щільність ґрунту  $B_k = 0,95$ ,  $D_{\text{макс}}$ ,  $u = 0,95$ .

Необхідна відносна пластична деформація:

$$E = (1 - u_{\text{Омакс}}) \cdot \frac{E_0}{0,95} = (1 - \frac{0,80}{0,95}) = 0,15. \quad (4.16)$$

Оптимальна товщина шару в щільному середовищі становить:

$$H_{\text{опт}} = 0,28 \cdot \frac{H_0}{W_0} \cdot \sqrt{R_0 \cdot 28} \cdot \sqrt{27 \cdot 80} = 130 \text{ мм.} \quad (4.17)$$

Товщина слою в щільному середовищі:

$$H_p = \frac{H_0}{1 - E} = \frac{130}{1 - 0,15} = 150 \text{ см.} \quad (4.18)$$

Відносна пластична деформація першого проходу визначається, згідно табличних значень  $E_3 = 65 \text{ кг/см}^2$  і  $a = 0,75$ ;

$$E_1 = \frac{20 \cdot q \cdot a}{E_3 \cdot R_0^{0,5} \cdot H_p} = \frac{20 \cdot 27 \cdot 0,75}{65 \cdot 80^{0,5} \cdot 15} = 0,046. \quad (4.19)$$

Кількість проходів знаходимо за формулою згідно табличних значень

$$n = \frac{\Pi}{(E_1)^3} = \frac{1,3}{(0,046 \cdot 1,3)^3} = 12. \quad (4.20)$$

Розрахунок кількості проходів котка з кулачковими вальцями

Для визначення кількості проходів ущільнюючого дискового котка рихлого в'язкого ґрунту ( $\frac{W_0}{W_{\text{макс}}} = 0,80$ ) оптимальної вологості.

- діаметр вальця котка  $D = 1600 + 1400 \text{ мм}$ ;
- оптимальний лінійний тиск  $q = 36 \text{ кг/см}$ ;
- оптимальна щільність ґрунту  $W_k = 0,95$ ,  $W_{\text{макс}}$ ,  $u = 0,95$ .

Необхідна відносна пластична деформація:

$$E = (1 - u_{\text{Омакс}}) \cdot \frac{E_0}{0,95} = (1 - \frac{0,80}{0,95}) = 0,15. \quad (4.21)$$

Оптимальна товщина шару в щільному середовищі становить:

$$H_{\text{опт}} = 0,28 \cdot \frac{H_0}{W_0} \cdot \sqrt{R_0 \cdot 28} \cdot \sqrt{36 \cdot 80} = 150 \text{ мм.} \quad (4.22)$$

Товщина шару в щільному середовищі:

$$H_p = \frac{H_0}{1 - E} = \frac{150}{1 - 0,15} = 180 \text{ мм.} \quad (4.23)$$

Відносна пластична деформація першого проходу визначається, згідно табличних значень  $E_3 = 65 \text{ кг/см}^2$  і  $a = 0,75$ ;

$$E_1 = \frac{2_0 \cdot q \cdot a}{E_3 \cdot R_0 \cdot s \cdot H_p} = \frac{2_0 \cdot 36 \cdot 0,75}{65 \cdot 80 \cdot 0,5 \cdot 1,8} = 0,051 \quad (4.24)$$

Кількість проходів знаходимо за формулою згідно табличних значень:

$$\begin{aligned} \eta &= 1,3 \\ n &= \left( \frac{\epsilon}{\epsilon_T} \right)^3 = \left( \frac{0,15}{0,051 \cdot 1,3} \right)^3 = 10. \end{aligned} \quad (4.25)$$

Розрахунок кількості проходів котка на пневмо шинах

Для визначення кількості проходів ущільнюючого пневмо котка

рихлого в'язкого ґрунту ( $s_{\text{макс}} = 0,80$ ) оптимальної вологості.

- діаметр вальця котка  $D = 1600 + 1400 \text{ мм}$ ;
- оптимальний лінійний тиск  $q = 58 \text{ кг/см}$ ;
- оптимальна щільність ґрунту  $B_k = 0,958_{\text{макс}}$ ,  $u = 0,95$ .

Необхідна відносна пластична деформація:

$$\epsilon = \left( 1 - \frac{B_0}{u \cdot B_{\text{макс}}} \right) = \left( 1 - \frac{0,80}{0,95} \right) = 0,15. \quad (4.26)$$

Оптимальна товщина шару в щільному середовищі становить:

$$H = 0,28 \cdot \frac{u \cdot B_0}{W_0} = 0,28 \cdot \frac{0,95 \cdot 0,80}{0,95} = 190 \text{ мм}. \quad (4.27)$$

Товщина шару в щільному середовищі:

$$H_p = \frac{H}{1 - \epsilon} = \frac{190}{1 - 0,15} = 220 \text{ мм} \quad (4.28)$$

Відносна пластична деформація першого проходу визначається, згідно табличних значень  $E_3 = 65 \text{ кг/см}^2$  і  $a = 0,75$ ;

$$E_1 = \frac{2_0 \cdot q \cdot a}{E_3 \cdot R_0 \cdot s \cdot H_p} = \frac{2_0 \cdot 58 \cdot 0,75}{65 \cdot 80 \cdot 0,5 \cdot 2,2} = 0,066. \quad (4.29)$$

Кількість проходів знаходимо за формулою згідно табличних значень:

$$\begin{aligned} \eta &= 1,3 \\ n &= \left( \frac{\epsilon}{\epsilon_T} \right)^3 = \left( \frac{0,15}{0,066 \cdot 1,3} \right)^3 = 6. \end{aligned} \quad (4.30)$$

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Датс

ДІП.630000.302.МРПЗ

Арк.

58

#### 4.7. Розрахунок технічної продуктивності

Технічну продуктивність  $\Pi_{\Gamma}$  по ущільненню визначають як за площею поверхні, що ущільнюється за одиницю часу, так і за обсягом матеріалу, що ущільнюється за одиницю часу:

$$\Pi_{\Gamma} = (B_{\text{в}} - a_{\text{в}}) \cdot V_{\text{к}} / z \text{ (м}^2\text{/год.)}; \quad (4.31)$$

$$\Pi_{\Gamma} = (B_{\text{в}} - a_{\text{в}}) \cdot V_{\text{к}} \cdot h' / z \text{ (м}^2\text{/год.)}; \quad (4.32)$$

де,  $B_{\text{в}}$  - ширина ущільнюючої смуги, рівна ширині вальця, м;

$a_{\text{в}}$  - розмір перекриття попереднього проходу,  $a_{\text{в}} = 0,05 + 0,1$ м;

$V_{\text{к}}$  - робоча швидкість, для котка із гладенькими вальцями  $V_{\text{к}} = 1,5 + 3$  км/год., для кулачкових котків  $V_{\text{к}} = 4 + 5$  км/год., для котків із пневматичними шинами  $V_{\text{к}} = 3 + 10$  км/год.;

$z$  - число проходів;

$h'$  - товщина ущільнювального шару ґрунту, м.

Розрахунок продуктивності для котків з гладенькими вальцями:

- ширина ущільнюючої смуги, рівна ширині вальця  $B_{\text{в}} = 2,4$  м;
- розмір перекриття попереднього проходу  $a_{\text{в}} = 0,05$  м;
- робоча швидкість, для котка із гладенькими вальцями  $V_{\text{к}} = 1,5 + 3$  км/год.;
- число проходів  $z = 12$ .

$$\Pi_{\Gamma} = (B_{\text{в}} - a_{\text{в}}) \cdot V_{\text{к}} / z = (2,4 - 0,05) \cdot 2 / 12 = 0,4 \text{ м}^2\text{/год} \quad (4.33)$$

Розрахунок продуктивності для кулачкових котків:

- ширина ущільнювальної смуги, рівна ширині вальця  $B_{\text{в}} = 2,4$  м;
- розмір перекриття попереднього проходу  $a_{\text{в}} = 0,05$  м;
- робоча швидкість, для котка із кулачковими вальцями  $V_{\text{к}} = 4 + 5$  км/год.;
- число проходів  $z = 10$ .

Розрахунок продуктивності для котків з гладенькими вальцями

$$Пг = (B_g - a_g) \cdot V_k / z = (2,4 - 0,05) \cdot 4 / 10 = 0,97 \text{ м}^2 / \text{Год} \quad (4.34)$$

Розрахунок продуктивності для котків з пневмо шинами

- ширина ущільнювальної смуги, рівна ширині вальця  $B_g = 2,4$  м;
- розмір перекриття попереднього проходу  $a_g = 0,05$  м;
- робоча швидкість, для котка із пневмо шинами  $V_k = 3 + 10$  км/год.;
- число проходів  $z = 6$ .

$$Пг = (B_g - a_g) \cdot v_k / z = (2,4 - 0,05) \cdot 7 / 6 = 2,75 \text{ м}^2 / \text{Год} \quad (4.35)$$

Розрахунок продуктивності для котків з дисковими вальцями

- ширина ущільнювальної смуги, рівна ширині вальця  $B_g = 2,4$  м;
- розмір перекриття попереднього проходу  $a_g = 0,05$  м;
- робоча швидкість для котка із дисковими вальцями  $V_k = 3 + 6$  км/год.;
- число проходів  $z = 8$ .

$$Пг = (B_g - a_g) \cdot v_k = (2,4 - 0,05) \cdot 9 = 1,47 \text{ м}^2 / \text{Год} \quad (4.36)$$

#### 4.8. Висновки за розділом

Зробимо висновки з аналізу розрахунків різних варіантів закордонних котків.

З метою порівняння ґрунтоущільнюючої техніки різних типорозмірних груп можна порівнювати різні моделі за їх питомими показниками.

Коток з робочою поверхнею блокуючої дії випереджає закордонні аналоги за питомою масою та питомою продуктивністю, але поступається їм за швидкістю пересування, технічною продуктивністю, масою та лінійним тиском.



## 5. РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО МЕТОДИКИ ВИБОРУ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ КОТКІВ БЛОКУЮЧОЇ ДІЇ НА ГРУНТ

З розрахунків бачимо, робоче обладнання з поверхнею блокуючого впливу на ущільнювальний матеріал, дозволяє ефективно підвищувати якість ущільнення машиною та є одним з найперспективніших напрямків у підвищенні продуктивності, та забезпечує можливість створювати в ущільнювальному матеріалі, складне напруження, шляхом додавання динамічних навантажень, які по чергово порушуються із протилежних сторін ущільнювача й діючих у подовжньому й поперечному напрямках смуги ущільнення. Застосовується прикладання динамічних навантажень у трьох напрямках - подовжньому, протилежно напрямку укладання, у поперечному - до середини ущільнювальної полоси, і вертикальному.

Результати теоретичних та практичних досліджень:

1. Встановлені параметри устаткування для ущільнення ґрунту з блокуючим впливом на матеріал, який ущільнюється, що визначають ефективність процесу ущільнення. Такими параметрами для обраного процесу з: підвищення лінійного тиску  $R_l$ , та підвищення швидкості пересування.

2. Для зазначених параметрів встановлено граничні значення. Зниження швидкості пересування нижче граничного значення може призвести до утворення призми ґрунту перед вальцем.

3. При збільшенні лінійного тиску  $R_l$  під час роботи органа з поверхнею блокуючої дії при пересуванні на швидкості вище граничної призводить до отримання коефіцієнта ущільнення  $K_y = 0,99 \dots 1,0$  при меншому числі проходів за рахунок збільшення долі статичного зусилля у силовому впливі вальця на матеріал, що ущільнюється. Для досягнення найбільшого зростання технічної продуктивності  $P_t$  потрібно збільшувати значення лінійного тиску  $R_l$ . Так, наприклад при підвищенні показнику  $R_l$  на 27% спостерігаємо зростання на 133% технічної продуктивності.

Змін.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата

ДІПТ.630000.302.МРПЗ

Арк.  
62



з блокуючим впливом котка на ущільнювальний матеріал на базі маніпуляційного обладнання для роботи в стиснених умовах, ущільнення схищів і траншей; оснащення асфальтоукладальників ущільнювальним обладнанням з блокуючим впливом котка на ущільнювальний матеріал.

10. Напрямки подальших досліджень, визначеню за допомогою проведених:

- вивчення впливу співвідношення ширини вальця, на ефективність процесу ущільнення;
- дослідження різних комбінацій робочих органів; виконання теоретичних й експериментальних досліджень.

11. Згідно з проведеними дослідями та розрахунками застосування ущільнюючого обладнання з блокуючим впливом на ущільнювальний матеріал є доцільним.

					ДІП.630000.302.МРПЗ	Арк.
Змн./	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		64

## 6. НАПРЯМКИ ЗМІН У СХЕМАХ КОНСТРУКЦІЙ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ГРУНТОУЩІЛЬНЮЮЧИХ МАШИН І ЇХ РОБОЧИХ ОРГАШВ СТАТИЧНОЇ І ДИНАМІЧНОЇ ДІЇ

### 6.1. Аналіз форм поверхонь РО ГУМ

Ущільнення є важливою частиною технологічного процесу при різноманітному будівництві (будівель і споруд, зведенні насипів, формуванні штабелів вугілля і інших матеріалів) і, зокрема, при будівництві залізниць та автошлях в.

Під ущільненням розуміється збільшення початкової щільності матеріалу, зокрема, ґрунту під дією зовнішніх сил.

Різнманітність у властивостях матеріалів, зокрема, ґрунтів, диктує необхідність вибору ущільнюючого устаткування з цілого ряду різних його типів. При цьому ефективність процесу ущільнення визначається рядом чинників (рис. 6.1), найважливішими з яких є тип матеріалу (ґрунту), вологість, метод ущільнення і прикладена енергія. Вплив цих чинників на процес ущільнення різний і залежить від стану ґрунту, способу прикладення енергії.

Технологічний процес ущільнення ґрунтів в загальному випадку включає декілька функціональних процесів: управління (У), переміщення маси (М), руйнування (А), ущільнення (З).

Між пристроями машин, що виконують функціональні процеси можна виділити зв'язки: технологічні (-), кінематичні (+) і конструктивні (•).

Під технологічним зв'язком розуміють логічну обов'язковість виконання функціональних процесів уособленими пристроями з неузгодженими режимами і силовими параметрами.

Кінематичний зв'язок більш сильний, ніж технологічний, оскільки він припускає узгодженість (по режимних і силових параметрах) функціональних пристроїв, які, зберігають здатність функціонування окремо один від одного.

									ДІТ.630000.302.МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						65



Так опустивши процес управління при ущільненні ґрунтів, маємо:

$$ТП = М-А-С. \quad (6.2)$$

При сильному конструктивному зв'язку між структурними елементами в машині процес описує формула:

$$ТП = М \cdot А \cdot З. \quad (6.3)$$

Вона відноситься до процесу ущільнення з використанням, наприклад, самохідного вібраційного катка з кулачковим вальцем. Для зручності аналізу конструкцій машин для ущільнення ґрунту, звичайно користуються класифікацією їх за ознаками, характерними для даної групи машин.

При побудові класифікаційної системи машин для ущільнення ґрунту слід враховувати, що їх кінематичні і динамічні властивості в першу чергу залежать від фізичних явищ, що відбуваються під час роботи по ущільненню ґрунту, а ці явища визначаються складом або структурою машини.

Мається на увазі функціональна характеристика основних елементів і способів їх поєднання. Таким чином, стає доцільною класифікація машин для ущільнення ґрунту за функціональними структурними ознаками. Ця класифікація може бути проведена априорно на підставі переліку всіх можливих комбінацій, незалежно від того, чи здійснені ці комбінації, чи ні, що дозволяє провести систематизацію всіх, як існуючих, так і можливих типів машин для ущільнення ґрунту.

Будь-яка ущільнююча машина включає п'ять основних функціональних структурних елементів: 1 - управління (У); 2 - рама машини (Р), що здійснює дуже часто конструктивний зв'язок між іншими елементами; 3 - рушій (Д); 4 - робочий орган (Про); 5 - двигун приводу (П).

Між функціональними структурними елементами транспортної машини існує два види зв'язку: кінематичний (+) у вигляді з'єднання структурних елементів; конструктивний (•) у вигляді поєднання структурних елементів.

Прикладом машини з кінематичним зв'язком може служити самохідний вібраційний каток, у якого кожний з елементів У, Р, Д, Про, П виконує тільки



Показники	Зчленування елементів із звиродістю елементів						$\begin{matrix} a: \Gamma, \Pi, \\ O \\ \circ, \circ, \\ - \& \end{matrix}$	Поєднання елементів з:						
	двох			одного				зчленуванням			звиродістю			
Структурні формули	$\circ \dots$	$\text{ч}$	$\text{O} \dots$	$\circ$	$\circ + \text{O}$	$\text{ч} + \text{O}$	$\circ + \text{ч} + \text{O}$	$\text{O} + \text{ч}$ р.	$\text{ч} + \text{O} \dots$	$\text{O} + \text{ч} + \text{O}$	$\text{ч} \text{O} \dots$	$\text{O} \dots$	$\text{ч} \text{O}$	$\text{ч} \text{O}$ р.
Номер формул	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Групи формул	1			2				3			4			
Особливості структури машин	з обособленими елементами			з кінематичними елементами				з оструктивним і юнематичним зв'язком			з конструктивним зв'язком			

Систематизація структурних формул ГУМ

Таблиця 6.2

Показники	Зв'язки стовктивних елементів													
	рами машини і рушя					робочого органу і рушя				рами машини і робочого органу				
	Структурні формули	$\text{ч}$	$\text{с} \dots$	$\text{O} \dots$	$\text{O}$	$\text{ч}$	$\text{O}$	$\text{O} + \text{ч}$ $\text{O} \dots$	$\text{ч} \text{O}$	$\text{O} \dots$	$\text{с}$	$\text{O} + \text{ч}$	$\text{O} \dots$	$\text{O} \dots$
Номер формул	2	4	7	10	8	11	6	9	13	14	1	5	12	3
Групи ГУМ	з рушієм									без рушя				

Наведене структуро<sub>уТ</sub>ворення дозволяє апріорно отримати всі можливі структурю формули ГУМ. Проте структуро<sub>уТ</sub>ворення не призводить до групування структурних формул ГУМ за способом ущільнення ґрунту. Для такого групування ГУМ перепишемо структурні формули, наведені в таблиці 6.1, за видом зв'язку функціональних елементів послідовно: рами машини і рушія, РО і рушія, рами машини і РО (табл. 6.2).

З наведеної (табл. 6.2) систематизації структурних формул по безпосередньому зв'язку функціональних елементів видно, що всі ГУМ поділені на дві групи: машини з рушієм і машини без рушія. Наприклад, до першої групи відносяться самохідні катки для ущільнення ґрунту, до цієї групи входять всі ГУМ, рушія яких не має конструктивного зв'язку з РО (структурні формули 2, 4, 7, 10, 8, 11, 6, 9, 13, 14). Перша група найбільш поширена, вона об'єднує структурні формули всіх ущільнюючих самохідних машин статичної, вібраційної дії, незалежно від їх конструктивного виконання.

Друга група структурних формул також відноситься до ГУМ без рушія, ущільнення здійснюється без переміщення рами машини ВІДНОСНО ущільнювального ґрунту (структурні формули 1,5,12, 3). До цієї групи машин відносяться трамбівки ударної і вібраційної дії. Таким чином, в двох специфічних групах структурних формул, що виділилися, чітко розділені всі існуючі ГУМ за способом ущільнення. Отже, структура транспортної машини за складом структурних елементів і видом зв'язків між ними зумовлює спосіб ущільнення цієї машиною, що обумовлює до певної міри її кінематику і динаміку.

Наступний етап розвитку структури ГУМ визначається способом поєднання приводного органу як структурного елемента П із структурними елементами основних структурних формул. Приводний орган, як структурний елемент, може б<sub>уТ</sub> и суміщений з іншими структурними елементами основних

структурних формул або зчленований, тобто може мати тільки кінематичний зв'язок з іншими елементами.

Вище розглян<sub>уТ</sub> і структурні формули ГУМ безвідносно до того, що є структурними елементами. Тим часом, структурні елементи ГУМ відрізняються великою різноманітністю: управління (У) може б<sub>уТ</sub> и ручне (р) і автоматичне (а); у ролі рушія (Д) застосовується крокуючий пристрій (ш), гусеничний (г), колісний (до); рама (Р) машини може б<sub>уТ</sub> и цільна (ц) і модульна (м); РО (о): для ущільнення ґрунту буває у вигляді вальця (в), плити (п). ) и колеса (к); нарешті, тип двигуна приводу (я) може б<sub>уТ</sub> и електричний (е), гідравлічний (г), мускульний (м) и внутрішнього згорання (с).

Для додання визначеності структурним формулам необхідно символ кожного структурного елемента забезпечувати індексом, відповідним прийнятій конструкції структурного елемента, а при необхідності можна позначити цифрою кількість елементів. Так, наприклад, з урахуванням позначень в табл. 1, структурна формула катка статичної дії з цільною рамою і закріпленим на ній вальцем матиме вигляд:

$$ДК+РЦ+О. \quad (6.4)$$

Структурні формули роблять більш зручним аналіз ТП ущільнення ґрунтів і конструкцій ГУМ і пристроїв.

У ролі матеріалу, що ущільнюється РО ГУМ, використовують будівельні матеріали і відходи різних виробництв. При цьому розрізняють дрібнозернисті ґрунти, до яких відносяться пилуваті ґрунти, глина, крейда. До грубозернистих ґрунтів відносяться гравій, пісок. Особливою групою для ущільнення є валуни і відходи підприємств вугільної і металургійної промисловості. Останні в умовах Донбасу представляють особливий інтерес, оскільки їх вживання знижує вартість споруд, створює передумови для поліпшення екологічної обстановки в регіоні. С<sub>туп</sub> інь ущільнення ґрунту і його якість значною мірою визначається його вогкістю. При низькій вогкості сили в<sub>н<sub>уТ</sub></sub> р ішнього тертя і зчеплення МЖ частинками протидіють ущільненню.

									ДІТ.630000.302.МРПЗ	Арк.
Змн.І	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						71



- силами стиснення і зсуву, створюваними в ґрунті вібраційним ущільнюючим устаткуванням. Напруги стиснення і зсуву мають статичну складову, обумовлену вагою вібратора, і динамічну - у формі хвиль стиснення, обумовлену вібрацією.

Енергія, затрачувана при ущільненні матеріалу, є одним з найважливіших параметрів. Для отримання заданого ступеня щільності потрібна певна витрата енергії на одиницю об'єму матеріалу. Встановлено, що при ущільненні незв'язних матеріалів вібраційним устаткуванням витрачається набагато менше енергії, ніж при їх статичному укочуванні. Ущільнення зв'язних ґрунтів як вібраційними, так і статичними катками супроводжується збільшеною витратою енергії.

Проведений аналіз структурної побудови ГУМ, ущільнюючих еластичними, металевими, пневматичними шинами. За визначенням ГОСТ 21994-76 катки розрізняються видом РО, яким можуть бути колеса, валець, плита. Широке поширення набули машини з поєднанням коліс і кулачковим, гратчастим і гладким вальцем. У свою чергу колеса можуть бути суцільними або порожнистими. Ударний спосіб є більш ефективним, оскільки РО впливає на середовище динамічною силою. Силова ~~хвиля~~ стиснення розповсюджується від поверхні углиб, створюючи також значні зусилля на великих глибинах. Останніми роками застосовується метод ущільнення крупно уламкових поріст на велику глибину до 10-20 м ударом важких падаючих вантажів.

РО є спонукачем ущільнення і його дія на матеріал може мати різний характер: статичний, вібраційний, ударний або комбінований. Він розміщується на жорсткій рамі, яка може бути цільною або є причіпною до тягача. Принципи ущільнення матеріалів за способом силової дії можна спрощено представити, як статичний тиск, удар і вібрація.

									Арк.
									73
Змн.І	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата	ДІТ.630000.302.МРПЗ				

Класифікаційні ознаки	Варіанти реалізації
Принцип ущільнення	Статичний тиск, удар, <b>вібрація</b> ;
Вид РО	<b>Валець</b> , плита, колесо,
Форма поверхні РО	Гладка, гратчаста, <b>кулачкова</b> ;
Кількість РО	<b>Моно</b> , тандем, поші;
Матеріал поверхні РО	<b>Метал</b> , гума, пластмаса;
Вид управління	Р <sub>уч</sub> не автоматичне, <b>напівавтоматичне</b> ;
Тип рушія	<b>Колісний</b> , відсутній, гусеничний, крокуючий пристрій;
Тип двигуна приводу	<b>Внутрішнього згорання</b> , електричний, гідравлічний, мускульний, пневматичний;
Рама	Цільна, <b>модульна</b> ;
Вид сили переміщення	Зовнішня підйомна і (або) тягова <b>внутрішня (самохід)</b> ;
Функції РО	ущільнення ґрунту, <b>ущільнення ґрунту і переміщення машини.</b>

Збільшення вартості процесу ущільнення обумовлене **швидким** зростанням ціни на паливо.

Аналіз робіт з даного питання дозволяє зробити такі висновки: при ущільненні матеріалу **відходів** металургії і вугільної промисловості, кам'яного накидання і зернистих ґрунтів вібраційними катками витрата енергії з розрахунку на 1м<sup>3</sup> ущільнювального насипу складає від 0,08 до 0,14 кВт год./м<sup>3</sup>. При цьому причіпні катки витрачають на 20-30% енергії більше (сумісно трактор і каток), ніж самохідні. На зернистих ґрунтах у статичних катків витрата енергії удвічі вище, ніж у самохідних вібраційних катків. Глину ущільнюють тонкими шарами (0,2...0,3 м.), і витрата енергії тут вище, причому **низько** значення **відносяться** до самохідних вібраційних і статичних катків. Ущільнення асфальтобетону ведеться тонкими шарами (0,1...0,2 м.), при цьому витрата енергії досить висока - 1 кВт.год./м<sup>3</sup> і вище. Більшість машин для ущільнення матеріалів має **швидкохідні** дизельні двигуни.

Потужність двигунів машин, що серійно випускаються, знаходиться в діапазоні 42,5 ... 170,5 кВт, швидкість вихідного валу 1800...2000 хв<sup>-1</sup>. Найбільш поширені машини для ущільнення, які мають вбудовані механічні коробки передач в поєднанні з клина-пасовою передачею. Коробки передач, як правило, планетарні з силовим перемикачем під навантаженням. Всі іноземні машини даного типу мають трансмісію з гідронасосів і працюючі від них гідравлічні мотори, що забезпечують роботу машини в тягово-швидкісному оптимальному діапазоні.

Статичний тиск на ґрунт здійснюється катками з одним або декількома гладенькими вальцями або катками з колесами, або плитами. В момент прикладення статичного тиску ґрунт знаходиться в розпушеному стані, він досить легко піддається стисненню і пластична деформація не супроводжується значною реакцією. У міру зростання ступеня ущільнення ґрунт стає все більш щільним і пружним. Електрична трансмісія в машинах для ущільнення матеріалів застосовується рідко. Вона складається з дизель-генератора електричного струму, і двигуна постійного струму. Застосування такого виду трансмісії дозволяє змінювати швидкості пересування катка і обертання віброгенератора в широкому діапазоні. В окремих випадках має місце комбінований вид трансмісії, наприклад, механічний і гідравлічний і ін.

Визначимо характеристики найефективнішої машини при попередньому аналізі. Різноманітність фізико-механічних властивостей ущільнювальних ґрунтів, їх вологість вимагають наукового обґрунтування у виборі ГУМ. Одним з головних критеріїв при цьому виборі слід рахувати витрату енергії і режимів для здійснення процесу ущільнення в конкретних умовах. Для умов Донбасу при будівництві споруд перспективним є використання відходів виробництва зокрема, горіших порід шахтних териконів. Доцільність вживання таких відходів визначається їх достатнім об'ємом в наявності і повсемісністю розповсюдження, низькою вартістю, природоохоронним ефектом при утилізації.

									Арк.
									75
Змн. і Арк.	Недокум.	Підпис і Дат.							

ДІТ.630000.302.МРПЗ

Широкий діапазон фракційного складу горілих поріц при порішняно невеликому вмісті пиловатих частинок (5... 15%), обумовлює можливість їх ущільнення і використання для влаштування штучного фундаменту при будівництві споруд самого різного призначення.

Ступінь ущільнення ґрунту - основний параметр, що визначає якість будівельних робіт, міцність і довговічність зведеної споруди. Цільність  $p_0$ , яку необхідно забезпечити, визначається виразом:

$$P_0 = K_u P_{max}; \quad (6.5)$$

де  $K_u$  - коефіцієнт ущільнення;

$P_{max}$  - ЩІЛЬНІСТЬ, що максимально досягається.

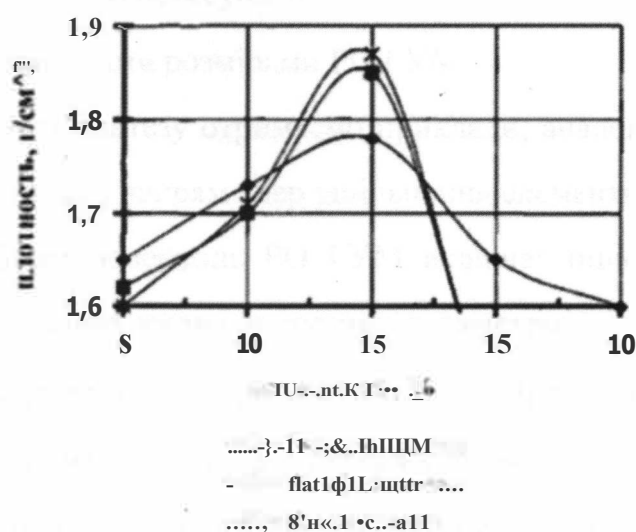
В даний час немає достатньо обґрунтованих норм щільності, а значення коефіцієнта ущільнення встановлюється експериментальним шляхом. Досвід експлуатації земляних споруд (зокрема залізниць і автомобільних доріг), а також сучасний рівень досліджень свідчить про те, що є необхідність забезпечення і створення відповідних засобів механізації.

На основі лабораторних експериментальних досліджень ущільнюваності горілих поріц шахтних териконів залежно від їх вогкості  $W_0$  і фракційного складу, де за досліджуваний м.; .с.ц були використані горілі породи з практично однаковою ЩІЛЬНІСТЮ в цілику, шахтних териконів, гранулометричні характеристики яких наведені в таблиці 6.4.

Ущільнення здійснювалося в приладі стандартного ущільнення, при цьому значення досягнутої щільності  $p$  визначалося через інтервали ЩІЛЬНОСТІ 5%, результати досліджень (рис. 6.3). Як видно з графіка, максимальна ЩІЛЬНІСТЬ досліджуваних поріц може бути досягнута при вогкості 12... 15%. Отримані результати свідчать про те, що зниження відсотка вмісту крупних фракцій сприяє підвищенню значення щільності матеріалу, що максимально досягається, а отже, підвищенню якості ущільнення.

									Арк.
									76
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Датс	ДІП.630000.302.МРПЗ				

Шахти	Вміст % по масі фракцій розміру, мм								
	>70	40...70	20...40	10...20	5-10	2,5...5	1,25...2,5	0,63...1,25	<0,63
№1	21,7	8,5	23,6	15,3	9,5	9,7	2,8	2,6	6,3
№2	16,3	6,4	21,5	14,2	7,8	13,0	4,5	3,5	6,8
№3	10,2	7,8	16,7	16,2	18,3	15,8	3,4	2,0	9,6

Рис. 6.2. Вплив вологості на щільність порід  $P_c$ 

## 6.2. Схеми розташування елементів РО залежно від спрямованості ущільнення

У цьому підрозділі розглянуті наступні задачі:

1) створення необхідного профілю по бажаному ядру ущільнення і за допомогою структурної формули. При цьому, замінивши в профілі елементи математичними моделями, отримаємо загальну математичну модель.

2) отримання профілю РО ГУМ, виходячи із заданих енерговитрат, та склавши необхідну математичну модель.

При знаходженні оптимального рішення даних задач повинні враховуватися наступні критерії:

- максимальна продуктивність;
- оптимальна витрата енергоматеріалів на тягу;
- мінімум вартості енергоматеріалів при тарифах оплати, що диференціюються.

При обмеженнях:

- за потужністю двигуна;
- за швидкістю пересування на заданій ділянці ущільнення;
- за габаритними розмірами РО ГУМ.

В результаті синтезу отримуємо приклади, аналоги, варіанти з'єднань, структурну формулу і напрям ядер ущільнення елементів РО ГУМ.

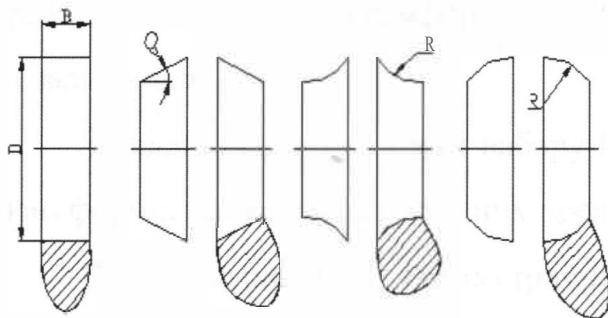
Аналіз форм поверхонь РО ГУМ включає опис форм їх елементів, виходячи з початкових умов і наступних параметрів:

- геометричні параметри усієї ГУМ і її окремих елементів;
- загальна маса ГУМ -  $M_i$  окремих елементів -  $t_i$ ;
- симетричність і багаторівневе розташування елементів ГУМ;
- геометричні форми РО ГУМ (конусність, криволінійність, опуклість і т. ін.).

Для ефективного виконання процесу ущільнення ґрунту необхідно, щоб РО (каток, плита) "приспосовувався" (адаптувався) до необхідних умов робіт, а саме оперативно змінював свою масу, розміри, профіль поверхні для того, щоб глибина ущільнення ґрунту за один прохід РО наближалася (в ідеальному випадку була рівна) до максимально можливої глибини ущільнювального ґрунту в даному його стані. Таким чином, конструкцію катка з гладкою поверхнею можна узяти за основу для порівняння і на цій основі розчленувати її на складові у вигляді, наприклад, набірною катка з дисків, що мають різний

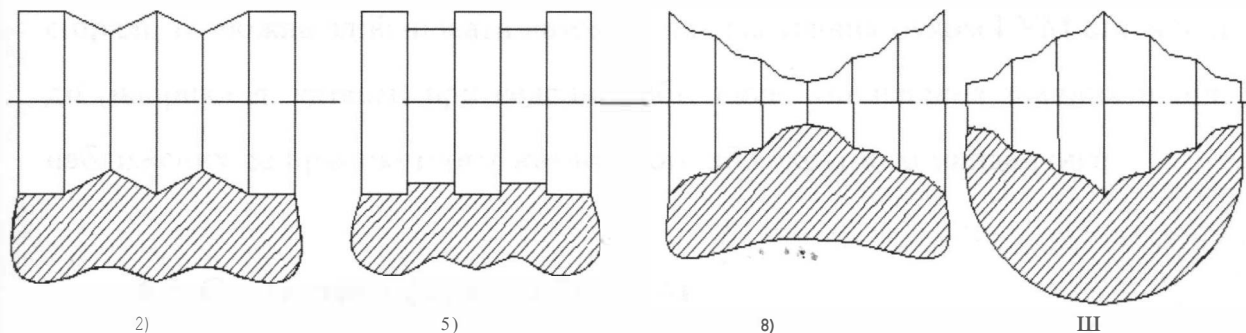
									Арк.
									78
Змн.І	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата	ДІ ІТ.630000.302.МРПЗ				

профіль, а також закласти в конструкцію РО можливість зміни внутрішнього тиску в кожному елементі (диску) або його жорсткості. Залежно від ширини диска відносно ширини ущільнювальної смуги їх можна використовувати як самостійні РО, так і об'єднавши декілька дисків у один РО. Схеми варіантів виконання таких РО показані на рис. 6.3.



Составны е ПШОЮПуплоТІКТельш рабочих органов

1)



2)

5)

8)

III

$D, d_1, d_2, B, a, R^+, R^-$  - відповідно, діаметри, ширина куг нахилу та кривизна твірної секції котка;  
Рис. 6.3. Схеми елементів РО та їх розташування залежно від спрямованості ущільнення (зона ЯУ заштрихована)

Надалі планується складання комп'ютерної програми, що дозволяє за заданих ґрунтових умов і вимог споживача вибрати потрібний варіант набору елементів РО ГУМ.

Змн./	Арк.	Надокум.	Підпис /	Дата
-------	------	----------	----------	------

Однією з головних задач для будь-якого будівництва доріг є відсутність деформацій "грунтової подушки", на яку укладається робоча поверхня дороги. Цього можна досягти використанням більш щільних матеріалів, або зміною форми і розмірів ЯУ ущільненого ґрунту у ґрунтовому масиві і площі зовнішнього контакту ґрунту з РО ГУМ. З цього повинні виходити рекомендації на осьове навантаження РО ГУМ. Зменшення деформації призведе до підвищення комфортності, більш плавного руху, що дуже важливе на залізничній колії.

Залежно від типу катка і набору його елементів, ЯУ ґрунту матимуть різні форми, приклади деяких з них представлені на рисунку 6.3.

При використанні несиметричних катків можна використовувати радіальну складову сили руху на управління катком. Наприклад, якщо узяти конусоподібний РО катка, зробити його самохідним і рух спрямувати по спіралі, то можна здійснювати автоматичне керування рухом ГУМ статичної дії (наприклад, катком) при веденні робіт щодо ущільнення значних площ, наближених до прямокутного, квадратного або округлого майданчика.

### 6.3. Структурна формула РО ГУМ

Структурна формула РО представлена у вигляді таблиці 6.5.

Структурна формула РО ГУМ

Таблиця 6.5

Тип	Елементи РО										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
D1											
D2											
B											
R											

Перше поле таблиці - "тип" є складовими профілями робочих органів (рис. 6.4) ущільнювачів, подальші поля - геометричні розміри кожного елемента РО.

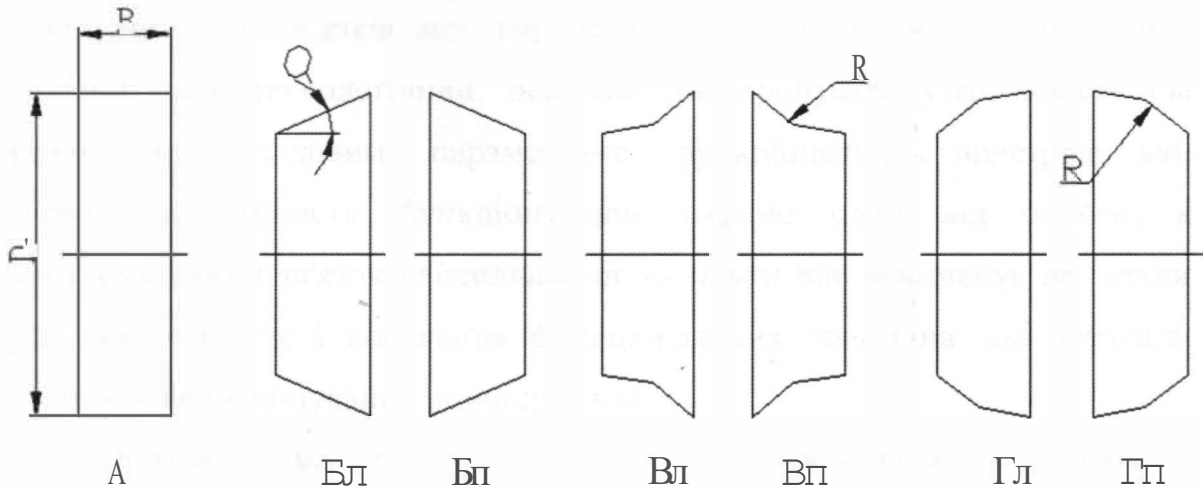


Рис. 6.4. Складові профілі РО ГУМ

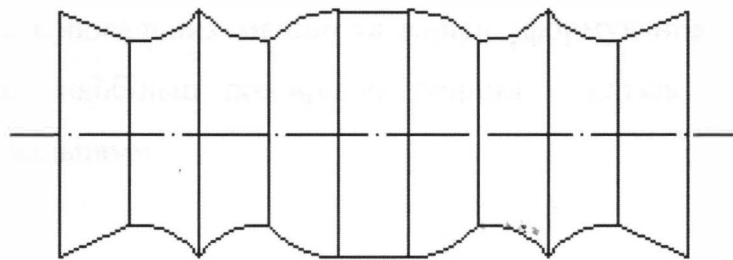


Рис. 6.5. Приклад набірного профілю РО ГУМ статичної дії (котка)

Приклад структурної формули РО ГУМ

Таблиця 6.6

Тип	Бп	Вл	Вп	Гп	А	Гл	Вл	Вп	Бл
D1	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200
D2	900	900	900	900	900	900	900	900	900
В	300	300	300	300	300	300	300	300	300
R	-	500	400	600	-	600	400	500	-

#### 6.4. Висновки за розділом

Запропоновані конструктивні зміни у схемах РО машин для ущільнення ґрунту, які розроблені з врахуванням їх технологічних, кінематичних та конструктивних зв'язків між параметрами. Кінематичний зв'язок більш сильний, ніж технологічний, оскільки він припускає узгодженість (за режимними і силовими параметрами) функціональних пристроїв, яю, зберігають здатність функціонування окремо один від одного, а конструктивний зв'язок найсильніший, оскільки він забезпечує не тільки узгодженість, але і поєднання функціональних пристроїв, яю втратили здатність функціонування індивідуально.

Проаналізовані структурні формули, що роблять більш зручним аналіз ТП ущільнення ґрунтів і конструкцій ГУМ і пристроїв з врахуванням впливу вологості на щільність ґрунту. Наведені схеми адаптерних варіантів робочих органів ґрунтоущільнювальних машин та варіант формування їх структурної формули на базі найбільш поширених машин - катюв з жорсткими і пневматичними вальцями.

## 7. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ КОТКІВ БЛОКУЮЧОЇ ДІЇ НА ГРУНТ

### 7.1. Лабораторне обладнання



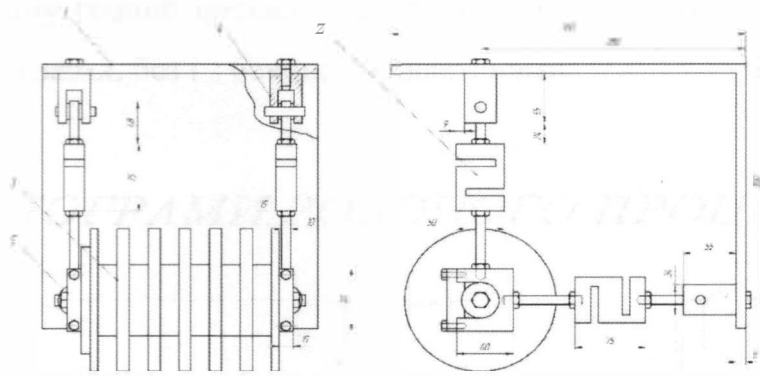
Рис. 7.1. Лабораторний стенд

Лабораторний стенд застосовується для дослідження процесу ущільнення ґрунту.

Даний стенд складається з рами на якій закріплений привід який зв'язаний з контейнером для ґрунту. РО коткового типу жорстко закріплений до рами за допомогою паралелограмного пристрою, який дозволяє утримувати РО та вимірювальні датчики в горизонтальному та вертикальному положеннях. Горизонтальні датчики вимірюють опір коченню, а вертикальні вертикальну складову опору ґрунту.

									ДІТ.630000.302.МРГЗ	Арк.
										83
Змн./	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат						

ГРІНТОУЩІЛНЮЮЧИЙ МОДУЛЬ



1 Платформа 2 S - осязний датчик 3 Рокоткочовий коток  
4 Шарики S [тулія]

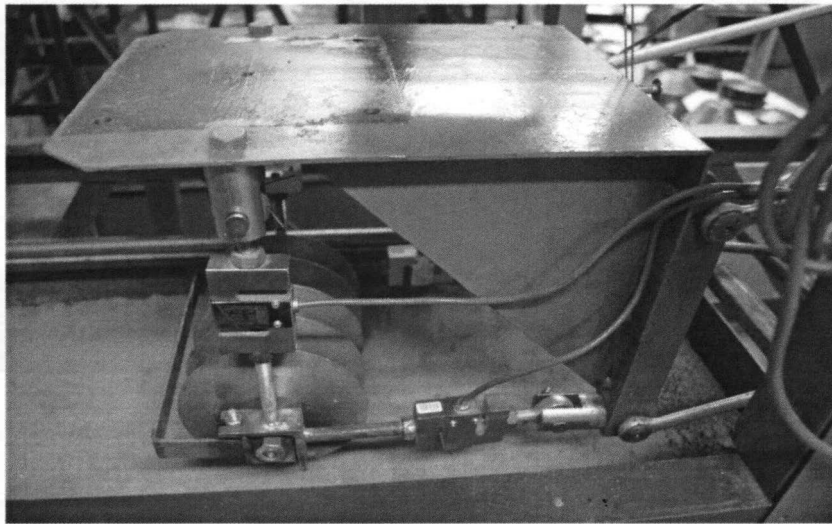


Рис. 7.2. Грунтоущільнюючий модуль

Сигнали від «S» образних датчиків надходять до цифрових контролерів які фіксують показники і передають їх на комп'ютер з обчислювальною програмою. Також на рамі змонтоване обладнання для вимірювання несучої здатності на поверхні ґрунту. Також передбачений гладкий коток для попередньої ущільнення рихлого ґрунту. На даному стенді передбачені запобіжні вимикачі які зупиняють короб в прямому та зворотному напрямку.

Змн.І	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат
-------	------	----------	--------	-----

## 7.2. Фізичні моделі для досліджень

В даному розділі приведені фотографії робочого процесу ущільнення конічними котками, без і з боковими пластинами.

### ФОТОГРАМИ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ

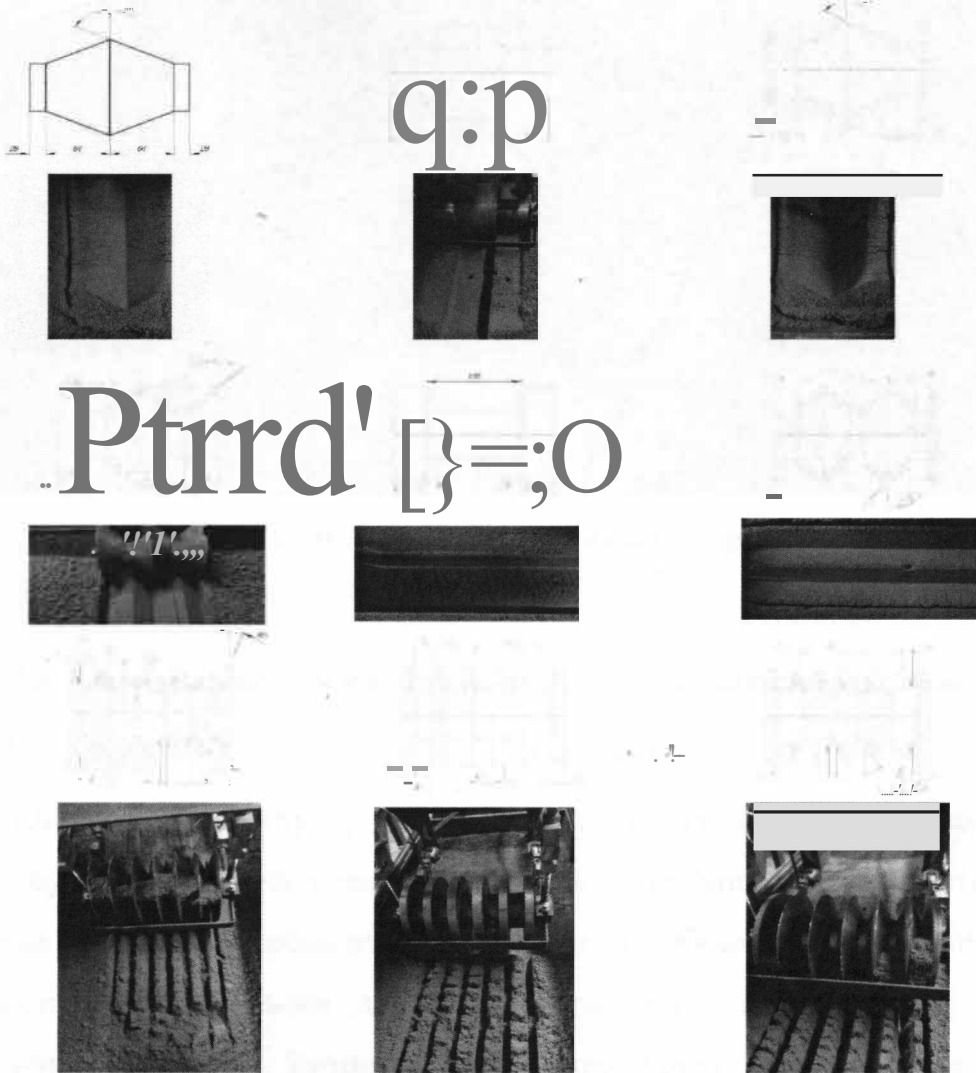


Рис. 7.3. Фотограма робочого процесу



Рис. 7.4. Фотограма ущільнення конічним котком

### 7.3. Обладнання для вимірювання несучої здатності на поверхні ґрунту

Так як поверхня ґрунту ребриста на відміну від гладкого вальця в даній роботі була застосована нова схема для вимірювання несучої здатності на поверхні ґрунту. Саме обладнання представляє собою важіль на шарнірному з'єднанні з «S» образним датчиком і пластиною яка повторює профіль ущільненого ґрунту. Вимірювання проводились таким чином, після прокачування котка утворюється ребристий профіль ґрунту. Під кожен профіль ґрунту була виготовлена матриця очерту ґрунту. До важелю приєднуємо «S» образний датчик, а до датчику приєднується матриця даного очерту ґрунту. Матрицю за допомогою важеля занурюємо у ґрунт на однакову

									Арк.
									86
Змн.І	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДІТ.630000.302.МРПЗ				

глибину при кожному вимірюванні, та фіксуємо показники вимірювань на контролері.

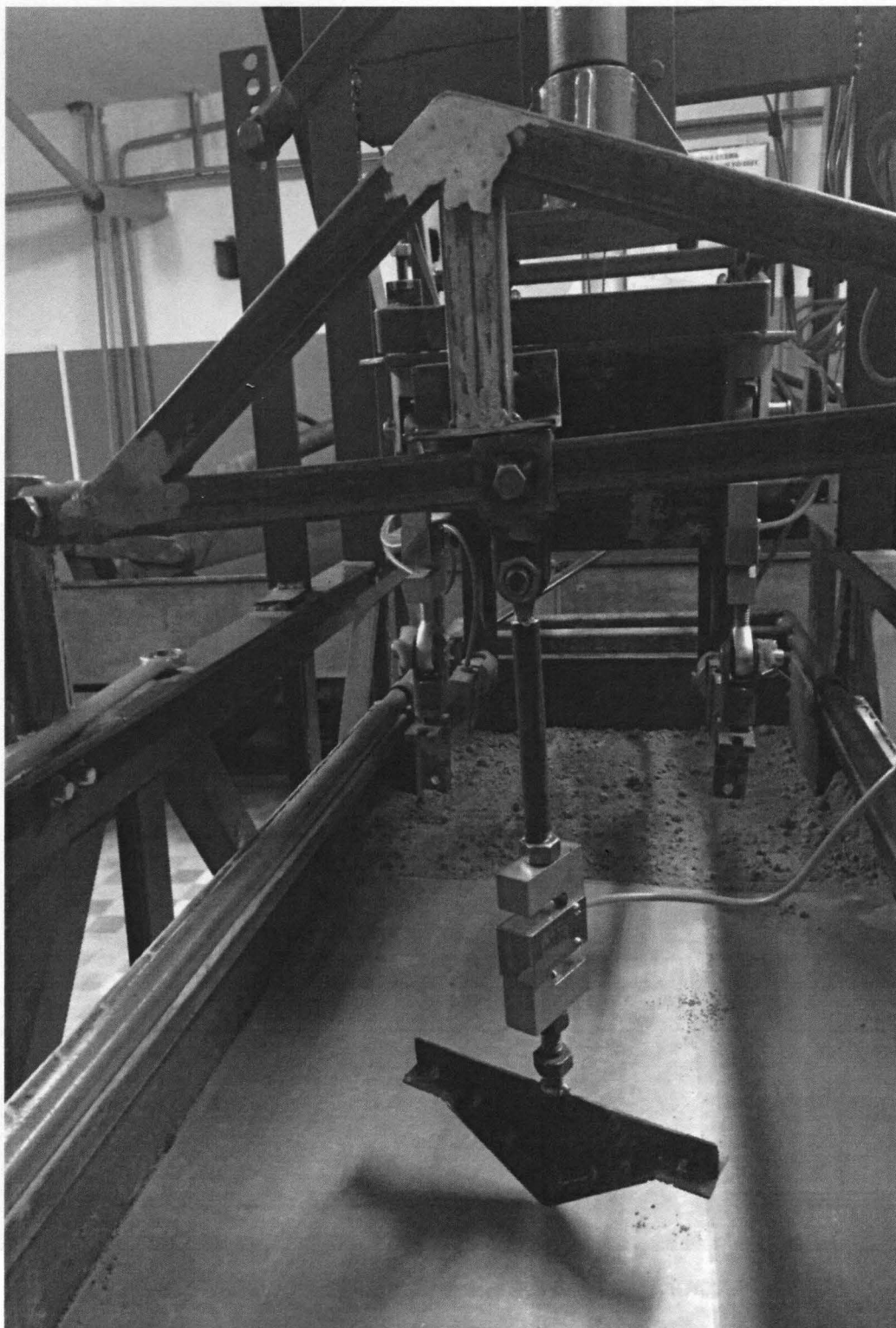


Рис. 7.5. Пристрій для вимірювання несучої здатності

Змн.!	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

ДІТ.630000.302.МРПЗ

Арк.

87

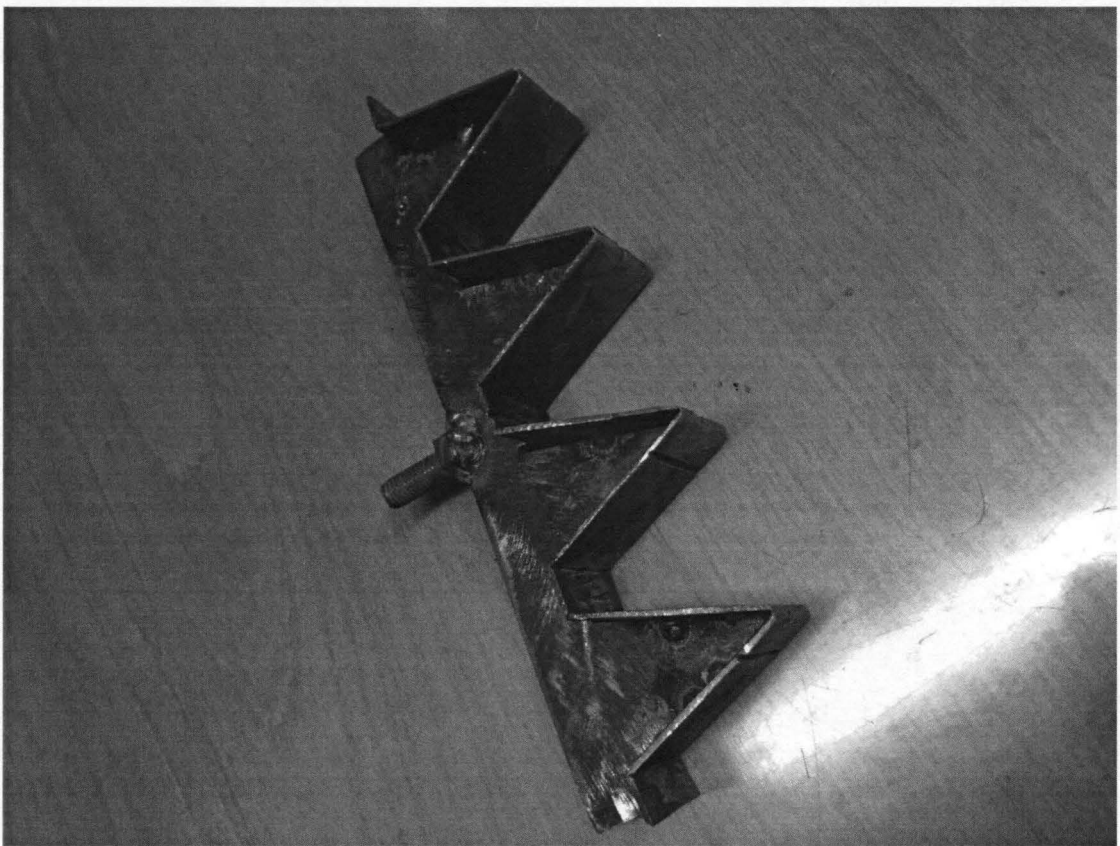


Рис. 7.6. Матриці для вимірювання несучої здатності на ґрунті

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

ДІТ.630000.302.МРПЗ

Арк.  
88

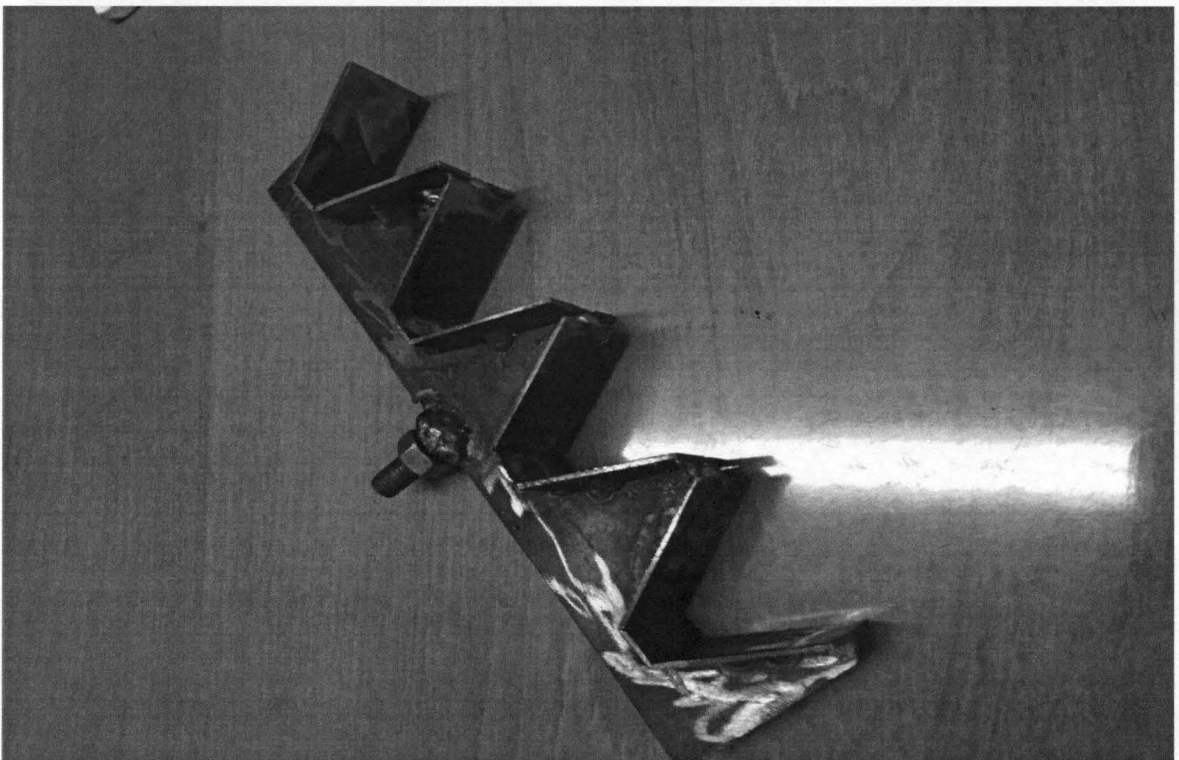


Рис. 7.7. Матриці для вимірювання несучої здатності на ґрунті

Змн.І	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

ДІТ.630000.302.МРПЗ

Арк.

89

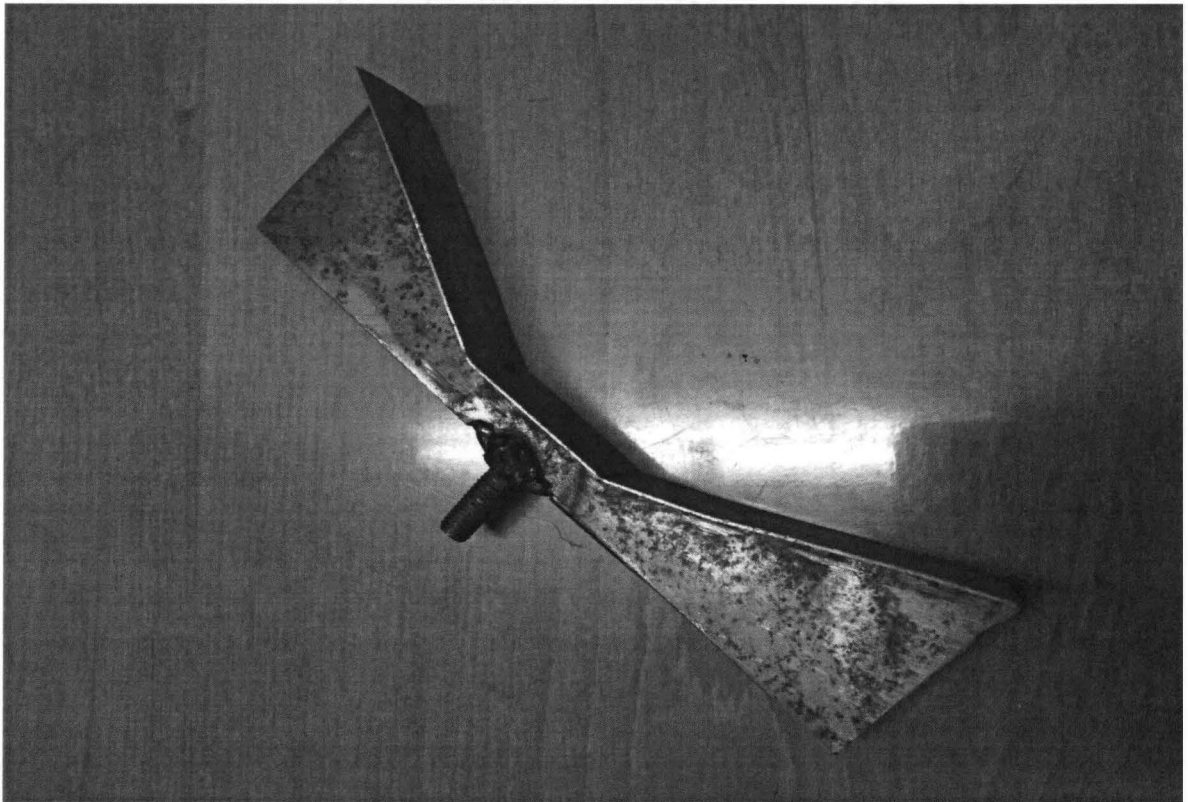
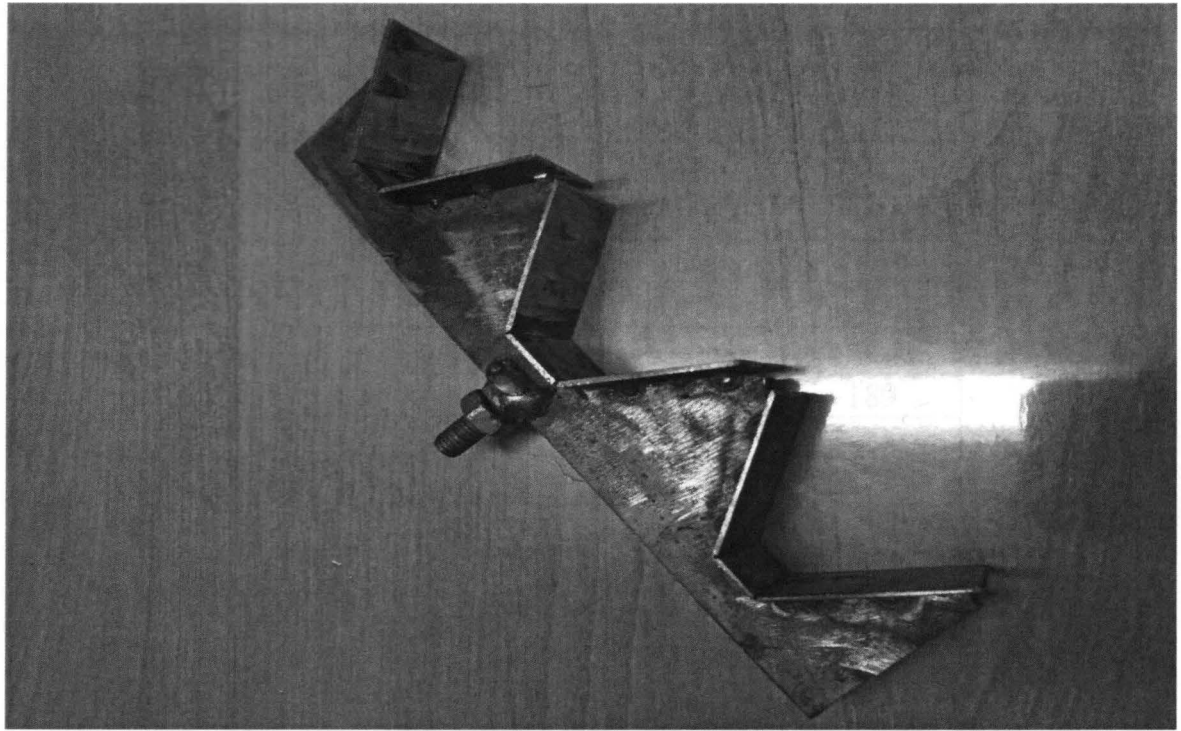


Рис. 7.8. Матриці для вимірювання несучої здатності на ґрунті

Знаючи площу та силу занурення матриці можемо визначити несучу здатність профілю ґрунту.

								Арк.
								90
Змн.І	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	ДІТ.630000.302.МРПЗ			

### 7.4. Результати досліджень котків 1-ї групи без бокових пластин

п	а	Р верт.	Р гор.
1	33502	204	163
2	59596	154	59
3	77104	148	49
1	39306	214	189
2	52639	157	70
3	80556	149	53
1	10741	228	218
2	34938	156	69
3	63951	141	40
1	10174	233	228
2	13469	159	75
3	21609	149	55



Рис. 7.9. Об'єднаний графік залежності (а) від (п) для 1-ї групи без бічних пластин



Рис. 7.10. Об'єднаний графік залежності (Рверт.) від (n) для 1-ї групи без бічних пластин

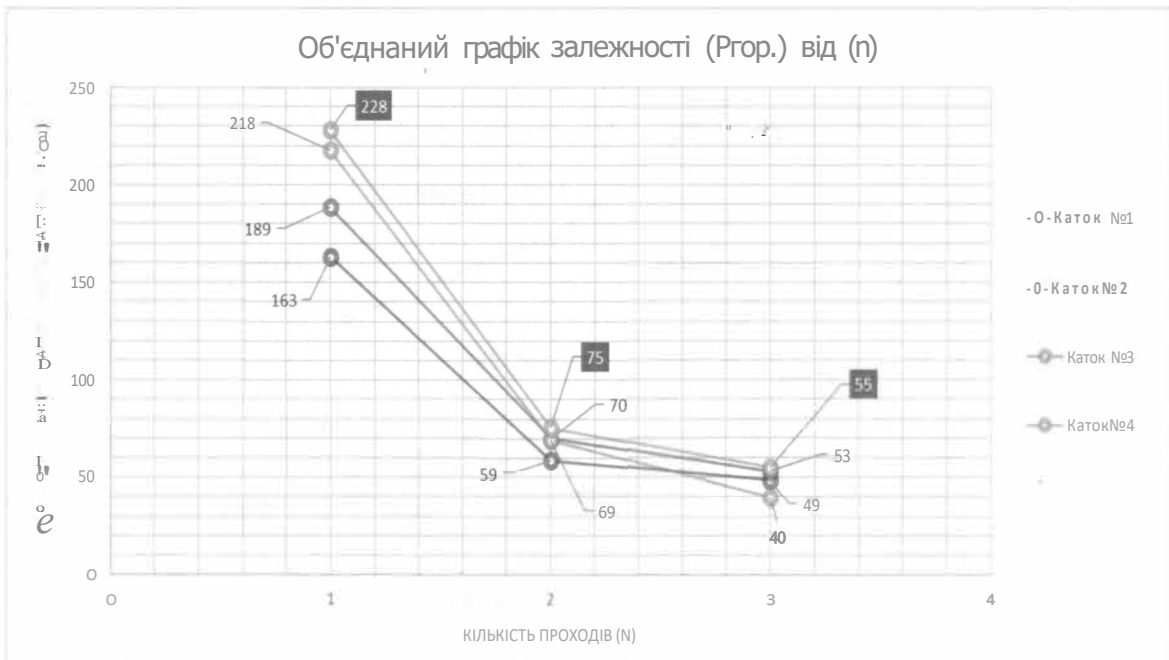


Рис. 7.11. Об'єднаний графік залежності (Ргор.) від (n) для 1-ї групи без бічних пластин

### 7.5. Результати досліджень котків 2-ї групи з боковими пластинами

n	a	P верт.	P гор.
1	119142	381	193
2	164686	335	97
3	251980	322	74
1	31586	378	167
2	66129	341	116
3	121024	334	81
1	19207	368	153
2	47764	347	112
3	59146	332	98
1	24619	368	132
2	44162	342	96
3	63875	331	61

Об'єднаний графік залежності (a) від (n) для 2-ї групи з бічними пластинами

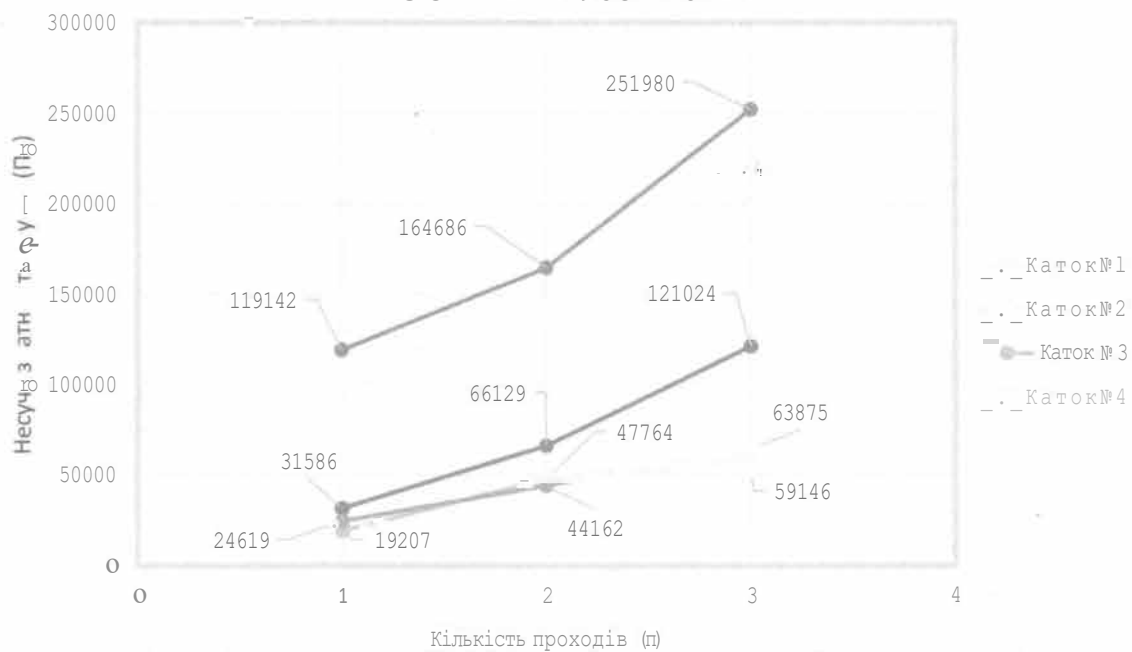


Рис. 7.12. Об'єднаний графік залежності (a) від (n) для 2-ї групи з бічними пластинами

Об'єднаний графік залежності (Рверт.) від (n) для 2-ї групи з бічними пластинами

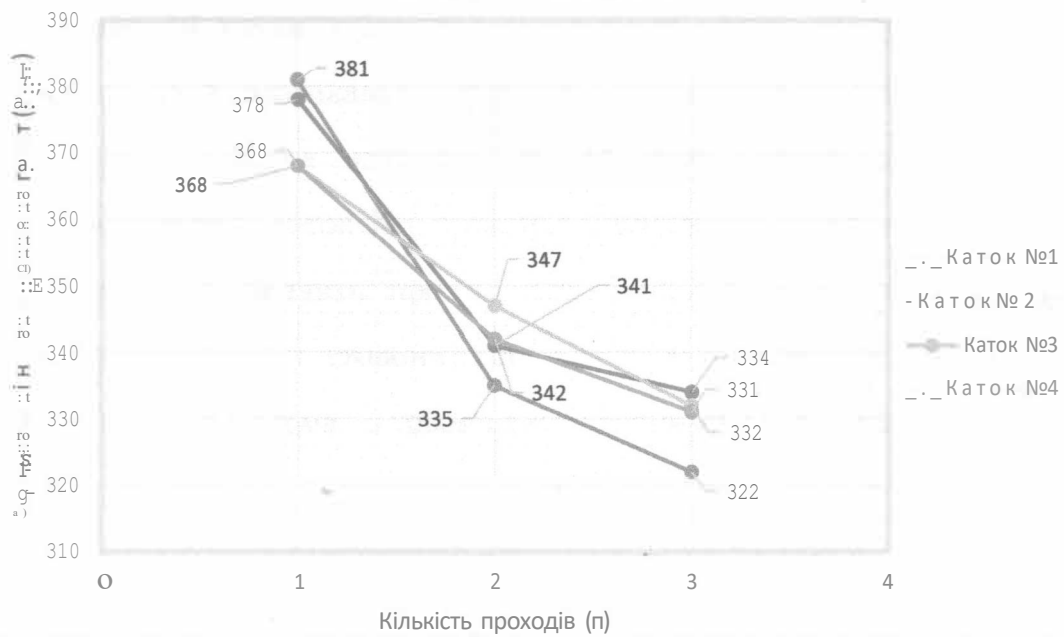


Рис. 7.13. Об'єднаний графік залежності (Рверт.) від (n) для 2-ї групи з боковими пластинами

Об'єднаний графік залежності (Ргор.) від (n) для 2-ї групи з бічними пластинами

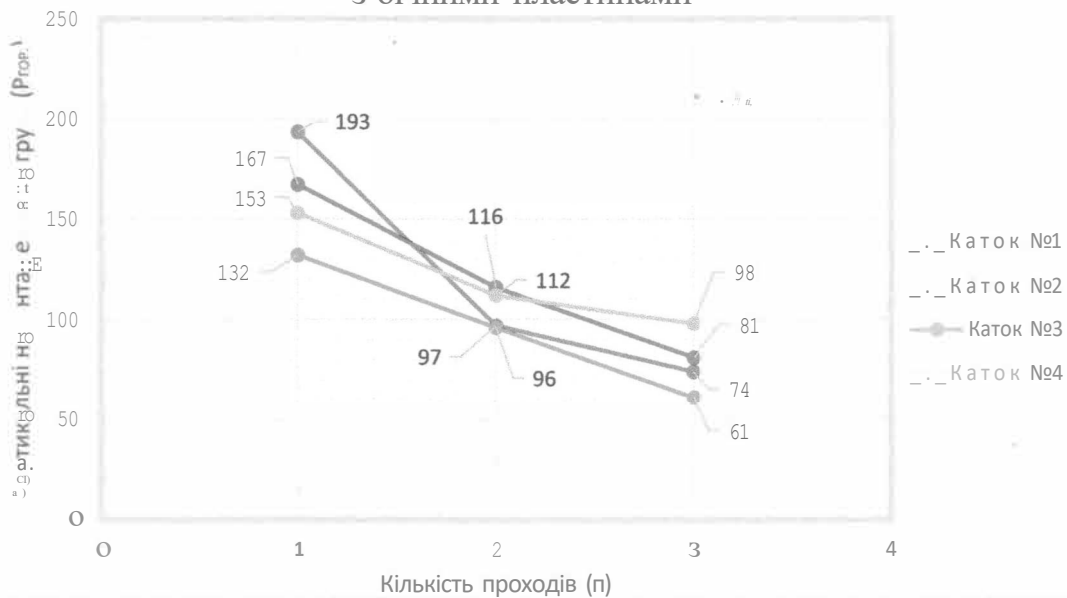


Рис. 7.14. Об'єднаний графік залежності (Ргор.) від (n) для 2-ї групи з бічними пластинами

## 7.6. Висновок за розділом

Котки 2-ї групи з бічними пластинами мають найкращі показники. Горизонтальна і вертикальна складова, залежно від кінської проходів, знижується, а несуча здатність ґрунту збільшується. Для цієї групи найраціональніший коток №1 з однією виступаючою частиною та бічними пластинами. Це свідчить про те, що бічні пластини не дають ґрунту розсовуватися у бічні сторони. Для котків 1-ї групи без бічних пластин найраціональніша форма - з трьома виступаючими частинами.

					ДІП.630000.302.МРПЗ	Арк.
						95
Змн./	Арк.	Недокум.	Підпис	Дат.		

## 8. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

В даній магістерській роботі розглядається дослідження раціональної форми і технологічних схем роботи профільних котків. Робота виконується з метою поліпшення групи коткових ґрунтоущільнювальних машин при роботі з насипними ґрунтами.

Котки призначені для ущільнення основ і покриттів з асфальтобетонних сумішей, а також для пошарового ущільнення ґрунтів, гравійно-щебених і стабілізованих матеріалів.

### 8.1. Загальні положення

Державними будівельними нормами НША.ОП 45.2-7.02-12 Система стандартів безпеки праці Охорона праці і промислова безпека у будівництві (ДБН А.3.2-2 Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві) регламентуються вимоги щодо безпеки праці, виробничого середовища у сфері будівництва, охорони довкілля при виконанні будівельних робіт.

При зведенні будівельних об'єктів повинні бути вжиті заходи для запобігання впливу на працівників небезпечних і шкідливих факторів. За виробничих умов і можливості впливу таких факторів безпека праці має забезпечуватись реалізацією комплексу рішень, які за своїм складом і змістом повинні відповідати вимогам норм ДБН А.3.2-2, ДБН А.3.1-5, інших нормативно-правових документів і входити до організаційно-технологічної документації (проектів організації будівництва - ПОБ, проектів виконання робіт - ПВР та ін.).

Організація і виконання робіт у будівельному виробництві мають здійснюватися при додержанні законодавства України про безпеку праці, природоохоронного законодавства (далі - законодавства), нормативно-правових актів, що містять нормативні вимоги з охорони праці:

									ДІТ.630000.302.МРПЗ	Арк.
Змн.І	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						96

- державні стандарти системи стандартів безпеки праці (ССБП);
- державні будівельні норми (ДБН);
- правила безпечного зведення та безпечної експлуатації будинків і споруд;
- галузеві правила і типові інструкції з охорони праці, що затверджено в установленому порядку;
- державні санітарно-епідеміологічні правила і нормативи, гігієнічні нормативи, санітарні правила і норми, затверджені Міністерством охорони здоров'я України.

При виконанні будівельних робіт в умовах впливу шкідливих і небезпечних факторів, застосування технологій (методів) будівельних робіт, технологічного оснащення, устаткування і транспортних засобів, по яких вимоги безпечного виконання робіт не передбачені даними нормами, слід застосовувати технічні рішення і правила безпеки праці, що представлені в інших нормативних документах, правилах, інструкціях, затверджених в установленому порядку.

На підприємствах з кількістю працюючих 50 і більше осіб, незалежно від форм власності та видів господарської діяльності може бути створена комісія з питань охорони праці (відповідно до ст. 16 Закону та НПАОП 0.00-4.09-07).

Перед початком робіт в умовах дії виробничого ризику необхідно визначити небезпечні для людей зони, в яких постійно діють або можуть діяти небезпечні фактори, що пов'язані або не пов'язані з характером робіт, що виконуються.

До зон постійно діючих небезпечних виробничих факторів відносяться:

- місця поблизу незольованих струмопровідних частин електроустановок;
- місця поблизу неогороджених перепадів по висоті 1,3 м і більше;

- місяця, де можливе перевищення гранично допустимих концентрацій шкідливих речовин у повіт<sub>тp</sub> і робочої зони.

До зон потенційно діючих небезпечних виробничих факторів слід відносити:

- ділянки території поблизу будівлі чи споруди, що зводиться;

- поверхи (яруси) будинків, споруд в одній будівельній ділянці, де виконуються роботи, над якими здійснюється монтаж (демонтаж) конструкцій або устаткування;

- зони переміщення котків;

До робіт з підвищеною безпекою, пов'язаною з характером роботи, відповідно до законодавства висуваються додаткові вимоги безпеки. Перелік таких видів робіт повинний б<sub>ут</sub> и затверджений в організації згідно з І-ПАОП 0.00-8.24.

До виконання робіт з підвищеною безпекою, до яких висуваються додаткові вимоги щодо безпеки праці, допускаються особи, що не мають медичних протипоказань, пройшли медичні огляди і визнані придатними до виконання даних робіт, пройшли спеціальне навчання безпечним методам і прийомам праці, інструктаж з безпеки праці, стажування на робочому місці, перевірку знань з питань охорони праці. Особи, що виконують зазначені види робіт повинні носити сигнальні жилети.

Відповідно до вимог ДБН А.3.2-2 допуск на будівельний майданчик сторонніх осіб або працівників, що не зайняті на роботах на даній території, а також осіб, що знаходяться у стані алкогольного, токсичного або наркотичного сп'яніння, забороняється.

Особи, що перебувають на території будівельного майданчика, у виробничих та санітарно-поб<sub>ут</sub> ових приміщеннях, а також на робочих місцях і ділянках робіт зобов'язані виконувати правила вн<sub>ут</sub> р'шнього т<sub>р</sub> удового розпорядку, що прийняті в даній організації.

Змн.І	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата

ДІ ІТ.630000.302.МРПЗ

Усі особи, що знаходяться на будівельному майданчику, зобов'язані носити захисю каски. Працівники і інженерно-технічні робітники без захисних касок та інших необхідних засобів ідивідуального захисту до виконання робіт не допускаються.

## **8.2. Забезпечення безпеки праці під час експлуатації профільного котка**

Експлуатація котків має здійснюватися за параметрами, що визначаю технічним паспортом та ішими регламентованими вимогами до застосування ґрунтоущільнюючого обладнання.

До початку виконання робіт з застосуванням котків керівник робіт повинен визначити робочу зону машини і межі небезпечних зон, що створюються ПД час її роботи. При цьому повинна забезпечуватись оглядовість робочої зони з робочого місця машиніста. У випадку недостатності поля огляду машиністу повинен бути виділений сигнальник; між сигнальником і машиюстом повинен бути встановлений надійний двосторонній зв'язок (включаючи телефонний чи радіозв'язок). Використання проміжних сигнальників для передачі сигналів машиністу не допускається.

Зі значенням сигналів, що подаються у процесі роботи і пересування котка, повинні бути ознайомлені всі особи, що пов'язані з її роботою.

Небезпечні зони, що виникають при експлуатації котка, повинні бути визначені при розробці будгенплану об'єкту та позначені на території будівельного майданчика знаками безпеки та попереджувальними написами.

При розміщенні і експлуатації котків повинні бути вжиті заходи, що попереджають їхнє перекидання чи самовільне пересування ПД ДСЮ втру, при ухилі місцевості чи осіданні ґрунту.

									Арк.
									99
Змн.І	Арк.	Недокум.	Підпис	Дат.					

ДІП.630000.302.МРПЗ



При тривалих перервах у роботі (6 год і більше) котки необхідно очистити, встановити в один ряд і загальмувати.

З обох сторін колони котків слід ставити огороження з червоними сигналами: вдень - прапорці, вночі - шіхтарі.

### 8.3. Підвищений рівень шуму та вібрації на робочому місці

**Шум** - один з більш розповсюджених несприятливих фізичних причин навколишнього середовища, які купують принципове соціально-гігієнічне значення, у зв'язку з урбанізацією, також механізацією і автоматизацією технологічних дій, майбутнім розвитком дизелебудування, реактивної авіації, транспорту. людей, складає 45 ... 60 дБ.

Для гігієнічної оцінки шум згідно з ДСН 3.3.6.037-99 підрозділяють:

- за характером діапазону - на широкосмуговий з безперервним діапазоном шириною найбільш однієї октави і тональний, у діапазоні якого є дискретні тони;

- за спектральним складом - на низькочастотний (максимум звукової енергії припадає на частоти нижче 400 Гц), середньочастотний (максимум звукової енергії на частотах від 400 до 1000 Гц) і частотний (максимум звукової енергії на частотах вище 1000 Гц);

- за тимчасовими - на незмінний (рівень звуку змінюється в часі але більш ніж на 5 дБ - за шкалою А) і непостійний (мінливі, переривчасті та імпульсні).

Реакція людини на шум різна. Деякі люди терпимі до шуму, у інших він викликає роздратування, прагнення піти від джерела шуму. Психологічна оцінка шуму в основному базується на понятті сприйняття, причому велике значення має вплив налаштування до джерела шуму. Вона визначає, чи буде шум сприйматися як заважає. Часто шум, відтворений самою людиною,

									Арк.
									101
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата	ДІ П. 630000 .302. МРПЗ				

не турбує його, в той час як невеликий шум, викликаний сусідами або яким-небудь іншим джерелом, надає сильний подразнюючий ефект.

Санітарні норми допустимого шуму, вказані в ДСН 3.3.6.037-99. обумовлюють необхідність розробки технічних, архітектурно-планувальних та адміністративних заходів, спрямованих на створення відповідних вимогам шумового режиму, як в міській забудові, так і в будівлях різного призначення, дозволяють зберегти здоров'я та працездатність населення.

Технічні засоби захисту від шуму: звукопоглинання, звукоізоляція, екранування, кошти демпфування і глушники шуму. Засоби індивідуального захисту.

Заходи боротьби з шумом:

- заміна гучних процесів безшумними або менш гучними;
- поліпшення якості виготовлення і монтажу обладнання;
- укриття джерел шуму;
- вилучення працюючих людей зі сфери шуму;
- застосування індивідуальних захисних засобів.

**Вібрація** - механічні коливання механізмів і машин. Її класифікують наступним чином.

За способом передачі на людину вібрацію поділяють на загальну, що передається через опору поверхню на тіло сидить або стоїть людини, та локальну, що передається через руки людини.

Норми вібраційного впливу, який може діяти на людину під час роботи описано в нормативному документі ДСН 3.3.6.039-99. Необхідність виконання вищезазначених норм обумовлює введення засобів віброізоляції в конструкцію ґрунтоуціплюючих котлів.

Віброізоляція полягає у зменшенні передачі коливань від джерела до захищається за допомогою пристроїв, які розміщують між ними. Для віброізоляції найчастіше застосовують віброізолюючі опори типу пружних прокладок, пружин або їх поєднання. Ефективність віброізоляторів оцінюють

									Арк.
									102
Змн.І	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата	ДІ ПТ.630000.302.МРПЗ				

коефіцієнтом передачі КП, рівним відношенню амплітуди вібропереміщення, віброшвидкості, віброприскорення, що захищається, або діє на нього сили до відповідного параметру джерело вібрації. Віброізоляція тільки в тому випадку знижує вібрацію, коли  $KП < 1$ . Чим менше КП, тим ефективніше віброізоляція.

У ролі вібропоглинаючих покриттів зазвичай використовують мастики № 579, 580, типу БД-17 і найпростіші конструкції проклеєні бі<sub>ТУМ</sub>ом або синтетичним клеєм. Якщо методи колективного захисту не дають результату або їх нерационально застосовувати, то використовують засоби індивідуального захисту. Як засоби захисту від вібрації при роботі з механізованим інструментом застосовують антивібраційні рукавиці і спеціальне взуття. Антивібраційні чоботи мають багат шарову гумову підошву.

Лікувально-профілактичні та організаційно-технічні заходи щодо обмеження несприятливого впливу виробничої вібрації на працюючих згідно з ДЕН 3.3.6.039-99.

Повинен проводитися контроль вібрації котків:

- безперервний - при введенні в експлуатацію і подальший - раз на рік;
- вибірковий;
- після кожного ремонту та при внесенні змін в конструкцію.

Тривалість роботи поряд з джерелом вібрації не повинна перевищувати 2 / 3 робочої зміни. Операції розподіляють між працівниками так, щоб тривалість безперервної дії вібрації, включаючи мікро паузи, не перевищувала 15 ... 20 хв. Рекомендується робити перерви на 20 хв через 1 ... 2 год після початку зміни і на 30 хв через 2 години після обіду.

Під час перерв слід виконувати спеціальний комплекс гімнастичних вправ і гідро процедури - ванночки при температурі води 38° С, а також самомасаж юнцішок.

Якщо вібрація котка перевищує припустиме значення, то час контакту працюючого з цією машиною обмежують.

									Арк.
									103
Змн.І	Арк.	№докум.	Підпис	Датс	ДІТ.630000.302.МРПЗ				





ураженю електричним струмом та блискавкою Наказ МОЗ України від 16.06.2014 № 398 [26]:

- 1) переконатися у відсутності небезпеки;
- 2) якщо постраждалий перебуває під дією електричного струму, при можливості припинити його дію: вимкнути джерело струму, відкинути електричний провід за допомогою сухої дерев'яної палиці чи іншого електронепровідного засобу;
- 3) провести огляд постраждалого, визначити наявність свідомості, дихання;
- 4) викликати бригаду екстреної (швидкої) медичної допомоги;
- 5) якщо у постраждалого відсутнє дихання, розпочати проведення серцево-легеневої реанімації;
- 6) якщо постраждалий без свідомості, але дихання збережене, надати постраждалому стабільного положення;
- 7) накласти на місця опіку чисті, стерильні пов'язки;
- 8) забезпечити постійний нагляд за постраждалим до приїзду бригади екстреної (швидкої) медичної допомоги;
- 9) при погіршенні стану постраждалого до приїзду бригади екстреної (швидкої) медичної допомоги повторно зателефонувати диспетчеру екстреної медичної допомоги.

При знаходженні дроту на землі треба пам'ятати про напругу кроку. Переміщуйтесь в цій зоні з особливою обережністю, використовуючи засоби для ізолювання від землі (діелектричні калоші, боти, килими, ізолюючі підставки) або речі, що погано проводять електричний струм (сухі дошки, колоди тощо). Без засобів захисту в такій зоні переміщуйтесь тільки, пересуваючи ступню юг по землі і не віщриваючи їх одна від одно.

					ДІТ.630000.302.МРПЗ	Арк.
						106
Змн./	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		



## ВИСНОВКИ

Під час виконання роботи було проведено дослідження впливу робочого органу з поверхнею блокуючої дії на процес ущільнення ґрунту.

Основна частина пояснювальної записки містить загальні відомості про різні типи існуючих на сьогодні котків. Їх загальну класифікацію, описання базових принципів роботи та особливостей різних типів робочих органів. Можливі варіанти кількості та розташування робочих органів ґрунтоущільнюючої машини. Аналіз існуючих рішень допоміг визначити напрямок можливого вдосконалення, якому і присвячена робота, а саме розробку та подальший експериментальний аналіз робочого органу з поверхнею блокуючої дії.

Також основна частина роботи містить теоретичні розрахунки запропонованих моделей на необхідну силу тяги, технічну продуктивність та необхідну кількість проходів для різних варіацій робочого органу, та їх практичне підтвердження, яке було отримано експериментально під час проведення дослідів в лабораторії.

Для з'ясування доцільності застосування розробленої моделі на основі отриманих даних були побудовані графіки залежностей: роботи при ущільненні статичним навантаженням; сили тяги від виду робочого органу; контактного тиску в щільності поверхні робочого органу; глибини взаємодії вальця з ґрунтом.

Отримані під час виконання роботи дані дозволяють зробити висновки про раціональність використання запропонованої моделі вальця та доцільність її впровадження.

									Арк.
									108
Змн.!	Арк.	Недокум.	Підпис	Дат;	ДІТ.630000.302.МРПЗ				



11. Холодав А. М. Проектирование машин для земляных работ. - Х.: Вища шк. Изд-во при Харьк. ун-т, 1986. - 272 с.

12. Блохін В.Г. Сучасний експеримент: підготовка, проведення, аналіз результатів/ Блохін В.Г., Глубкін О.П., Гуоров А.І., Ханін М.А. - М.: Радіо та зв'язок, 1997 - 231 с.

13. Коленко Е.А. Технология лабораторного эксперимента. - СПб: Политехника 1994. - 751 с..

14. Хархута Н. Я. Дорожные машины I [Хархута Н. Я. и др.]. - М.: Машиностроение, 1968. - 416 с.

15. Баловнев В. И. Интенсификация разработки грунтов в дорожном строительстве / Баловнев В. И., Хмара Л. А. - М.: Транспорт, 1993. - 383 с.

16. Белецкий Б. Ф. Строительные машины и оборудование: справочное пособие для производителей-механизаторов, инженерно-технических работников строительных организаций, а также студентов строительных вузов, факультетов и техникумов / Белецкий Б. Ф., Булгакова И. Г. - Ростов н/Д: Феникс, 2005. - 608 с.

17. Золоторог Р.О. Дослідження ефективності процесу ущільнення ґрунту котком з комбінованою робочою поверхнею / Золоторог Р.О., Главацький К.Ц. / Секція «Механіка» [електронний ресурс]: збірник тез доповідей секції 81 Всеукраїнської науково-технічної конференції молодих учених, магістрантів та студентів «Наука і сталий розвиток транспорту» 28 жовтня 2021 р. - Дніпро: Дніпровський нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2021. - 80 с. - URL: [http://ndch.diit.edu.ua/upload/%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D1%84%D0%B5%80%D0%B5%D0%BD%D1%86%D0%B8/2021/81\\_All\\_UA\\_ST\\_Conference\\_of\\_YSMS\\_SS\\_D\\_of\\_Transport/Mechanics\\_2021.pdf](http://ndch.diit.edu.ua/upload/%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D1%84%D0%B5%80%D0%B5%D0%BD%D1%86%D0%B8/2021/81_All_UA_ST_Conference_of_YSMS_SS_D_of_Transport/Mechanics_2021.pdf). С. 6-9.

18. Каток РАСКАТ ДУ-100 - технические характеристики, фото, отзывы, объявления [Электронный ресурс]: - Режим доступа:

[https://www.mecbanization.ru/equipment/compactors/raskat\\_du\\_100/](https://www.mecbanization.ru/equipment/compactors/raskat_du_100/) - Технічні характеристики.

19. Будівельна і сільськогосподарська техніка JCB І СМЛ офіційний дилер JCB в Україні [Електронний ресурс]: - Режим доступу: <https://cml.ua/product/pererobka/katky-ushchilniuvachi-seriia-e/e450/> - Катки ущільнювачі. Серія Е / Е450

20. Вікіпедія [Електронний ресурс]: - Режим доступу: [https://en.wikipedia.org/wiki/Hamm\\_AG](https://en.wikipedia.org/wiki/Hamm_AG) - Hamm AG - Wikipedia

21. Каталог справочник Кто есть кто на рынке спецтехники СДМинфо.ру [Електронний ресурс]: - Режим доступу: <http://www.cdminfo.ru> - Катки комбинированные вибрационные дорожные И купить, фото, характеристики, производители, цена - СДМинфо.ру

22. ДБН А.3.1-5:2016. Організація будівельного виробництва

23. ДБН А.3.2-2-2009. Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека в будівництві. Основні положення

24. НПАОП 0.00-4.12-2005. Перелік робіт з підвищеною небезпекою

24. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку

25. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні, бюрми виробничої загальної та локальної вібрації

26. ПОРЯДОК надання домедичної допомоги постраждалим при ураженні електричним струмом та блискавкою: Наказ МОЗ України від 16.06.2014 № 398. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0750-14#Text>

Змн./	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДІТ.630000.302.МРПЗ