

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
ПРИДНІПРОВСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ
БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ**

На правах рукопису

СПІЛЬНИК МИХАЙЛО АНАТОЛІЙОВИЧ

УДК 621.878.6

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СКРЕПЕРА ОСНАЩЕННЯМ КОВША
НАПІВКРУГЛИМ ДНИЩЕМ ТА ЗАДНЬОЮ СТІНКОЮ
МАЯТНИКОВОГО ТИПУ**

05.05.04 – Машини для земляних, дорожніх і лісотехнічних робіт

ДИСЕРТАЦІЯ

на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Науковий керівник

Хмара Леонід Андрійович,

доктор технічних наук,

професор

Дніпропетровськ 2015

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

РО	Робочий орган
ТР	Технічне рішення
КС	Ківш скрепера
НПД	Напівкругле днище
ЗС	Задня стінка
ЗТМ	Землерийно-транспортні машини
ПК	Персональний комп'ютер
АЦП	Аналогово-цифровий перетворювач
$P_{\text{коп}}$	Зусилля копання
$P_{\text{роз}}$	Зусилля розвантаження
$P_{\text{коп 2ст}}$	Зусилля копання за двохстадійною схемою
$P_{\text{роз 2ст}}$	Зусилля розвантаження за двохстадійною схемою

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	2
ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ І КОНСТРУКЦІЙ КОВШІВ СКРЕПЕРІВ	11
1.1. Основні напрями розвитку та шляхи підвищення ефективності робочих процесів скреперів.....	11
1.2. Аналіз робіт по взаємодії ковша скрепера з ґрунтом	19
1.3. Аналіз науково-технічних рішень по розвантаженню ковшів скреперів.....	28
1.4. Висновки по розділу.....	29
РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ КОПАННЯ І РОЗВАНТАЖЕННЯ КОВШІВ СКРЕПЕРІВ ТРАДИЦІЙНОГО ТИПУ І З НАПІВКРУГЛИМ ДНИЩЕМ	31
2.1. Математична модель процесу копання ґрунту ковшем скрепера з напівкруглим днищем	31
2.2. Математична модель процесу розвантаження ґрунту із ковша скрепера традиційного виконання.....	37
2.3. Математична модель процесу розвантаження ґрунту із ковша скрепера з напівкруглим днищем	42
2.4. Висновки по розділу.....	48
РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ КОПАННЯ І РОЗВАНТАЖЕННЯ СКРЕПЕРА ТРАДИЦІЙНОГО ТИПУ І З НАПІВКРУГЛИМ ДНИЩЕМ	50
3.1. Стенд, лабораторне обладнання, апаратура для вимірювання та дослідження робочих процесів ковшів скреперів.....	50
3.1.1. Стенд для експериментального дослідження напружено- деформованого стану задніх стінок ковша скрепера.....	62
3.2. Фізичні моделі ковшів скреперів.....	66
3.3. Методика проведення експериментальних досліджень.....	69

3.4. Фізичне моделювання робочого процесу ковшів скреперів	77
3.4.1. Фізичне моделювання поляризаційно-оптичним методом.....	79
3.5. Висновки по розділу	80
РОЗДІЛ 4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ РОБОЧИХ ПРОЦЕСІВ КОВША СКРЕПЕРА, ОБЛАДНАНОГО НАПІВКРУГЛИМ ДНИЩЕМ	82
4.1. Багатофакторні експерименти по копанню ґрунту ковшем скрепера і результати його досліджень.....	82
4.1.1. Багатофакторні експерименти по копанню ґрунту за двохстадійною схемою заповнення ковша скрепера з напівкруглим днищем.....	89
4.2. Результати експериментальних досліджень процесу розвантаження ґрунту з ковша скрепера обладнаного напівкруглим днищем	91
4.3. Результат експериментального дослідження напружено- деформованого стану задньої стінки ковша скрепера.....	104
4.4. Порівняльний аналіз результатів теоретичних і експериментальних досліджень.....	108
4.5. Вибір і призначення раціональних параметрів ковша скрепера з напівкруглим днищем	109
4.6. Техніко – економічний аналіз ефективності впровадження ковша скрепера з напівкруглим днищем	111
4.7. Конструктивні пропозиції автора по створенню скрепера з напівкруглим днищем	118
4.8. Висновки по розділу.....	122
ВИСНОВКИ.....	124
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	126
ДОДАТКИ.....	139

ВСТУП

Актуальність теми. Згідно з державною програмою стратегії розвитку України «Україна 2020: Стратегія національної модернізації», запропоновано напрямки розвитку машинобудування за рахунок впровадження політики імпортозаміщення. Саме тому, відповідно до програми економічних реформ сформовано принципи та етапи довгострокового економічного зростання. Одним з основних організаційно-економічних заходів проведення цих реформ повинна стати модернізація та технологічне оновлення машинобудівельної галузі України [1,2].

Особливу актуальність набуває розробка високоефективних, надійних та конкурентоспроможних машин, зокрема скреперів. Аналізуючи конструкційні особливості вдосконалення КС, слід відзначити тенденцію, спрямовану на підвищення ефективності заповнення ковша [3].

У процесі роботи скрепера найбільша частина енергії затрачується на заповнення ковша ґрунтом, особливо на кінцевій стадії. Необхідність у реалізації високого тягового зусилля для подолання опору ґрунту копанню є суттєвим недоліком скреперів традиційної конструкції (традиційна конструкція КС містить прямолінійне днище та задню стінку з двома вигинами для створення відвальної форми, яка розташована перпендикулярно днищу). Тому традиційна конструкція та технологія заповнення ковша потребує удосконалення.

Базуючись на викладеному можна зробити висновок, що дослідження та визначення раціональних параметрів КС з НПД та маятниковим розвантаженням в умовах реалізації двохстадійного заповнення, які сприяють зменшенню енергоємності процесу копання та розвантаження, відповідає пріоритетним завданням сучасного машинобудування.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконана у відповідності до тем науково-дослідницької роботи кафедри «Будівельні і дорожні машини» Державного вищого навчального закладу

«Придніпровська державна академія будівництва та архітектури» в рамках програми: «Розробка енергозберігаючих робочих органів та інтенсифікація робочих процесів підйомно-транспортних, будівельних, дорожніх машин і обладнання», держреєстрація № 0111U006476 (2011–2015 рр.).

Метою дисертаційної роботи є підвищення ефективності робочого процесу скрепера за рахунок збільшення ґрунту, який набирається у ківш, шляхом вдосконалення конструкції ковша, двохстадійного заповнення і конструкції ЗС для розвантаження в умовах обґрунтування раціональних і технологічних параметрів.

Для досягнення поставленої мети в ході виконання дисертаційної роботи необхідно вирішити наступні **задачі дослідження**:

- провести огляд та аналіз науково-технічних досліджень та патентних рішень конструкцій КС;
- розробити математичні моделі процесу копання та розвантаження ґрунту КС традиційного виконання та з НПД;
- розробити фізичні моделі КС традиційного виконання та з НПД;
- розробити методику експериментальних досліджень процесу копання ґрунту КС традиційного виконання та з НПД в умовах двохстадійного заповнення;
- провести експериментальні дослідження на фізичних моделях по встановленню раціональної конструкції КС з НПД і технологічних параметрів заповнення та розвантаження ковша;
- провести багатофакторні експерименти та встановити раціональні геометричні параметри КС з НПД;
- розробити методику експериментальних досліджень поляризаційно-оптичним методом процесу розвантаження ґрунту з КС традиційного виконання та з НПД;
- розробити фізичні моделі КС традиційного виконання та з НПД для досліджень поляризаційно-оптичним методом процесу розвантаження ґрунту з КС;

- провести порівняльну оцінку теоретичних та експериментальних показників та оцінку техніко-економічної ефективності використання КС з НПД при двохстадійній схемі заповнення.

Об'єкт дослідження: копання та розвантаження КС, який обладнано НПД.

Предмет дослідження: раціональні параметри КС, обладнаного НПД та формування методики розрахунку.

Гіпотеза дослідження - підвищення ефективності робочого процесу скрепера базується на використанні комбінованих методів інтенсифікації, а саме: криволінійне днище, криволінійна ЗС, двохстадійне заповнення ковша та маятниковий спосіб розвантаження ґрунту.

Методи дослідження: у роботі застосовані аналітичні та експериментальні методи досліджень. Аналітичні методи застосовувались при побудові математичних моделей взаємодії елементів КС з ґрунтом. Експериментальна частина роботи містить наближене фізичне моделювання робочого процесу КС на стенді для дослідження робочих процесів ЗТМ, а також дослідження напружень та деформацій за допомогою поляризаційно-оптичного методу та сучасних систем САПР. Для обробки експериментальних даних використовувався метод статистичної обробки вимірювань.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у наступному:

- вперше розроблені математичні моделі, які описують опір ґрунту копанню та розвантаженню, енергоємність процесу розвантаження і враховують геометричні параметри КС з НПД та фізико-механічні властивості ґрунтів;

- вперше проведені теоретичні дослідження зміни силових та енергетичних параметрів у процесі копання та розвантаження ґрунту КС з НПД та ЗС маятникового типу: опір копанню зменшується на 15...20%, опір розвантаженню зменшується на 30...40%;

- розроблено багатofакторні експериментальні регресійні моделі процесу копання КС в яких враховано: геометричні параметри КС з НПД, висота стружки, міцність ґрунту (кількість ударів щільноміра ДорНДІ);

- вперше проведені експериментальні дослідження поляризаційно-оптичним методом процесу розвантаження ґрунту з КС та встановлено закономірності зміни розподілу напружень на ЗС від місця прикладання штока гідроциліндра ЗС відносно днища, зміни напруження (30... 40%);

- отримано результати експериментальних досліджень КС з НПД, які дозволили встановити механізм взаємодії КС обладнаного НПД з ґрунтом: опір копанню зменшується 10...15%, опір розвантаженню зменшується 30...40% за рахунок меншої щільності ґрунту у ковші та іншому розподілу ущільнення ґрунту при розвантаженні;

- отримано результати експериментальних досліджень двохстадійного завантаження КС з НПД, які дозволили встановити механізм взаємодії КС обладнаного НПД з ґрунтом: кількість набраного ґрунту у КС збільшується до 9 %, опір копанню зменшується до 15%, опір розвантаженню зменшується до 40%

- визначено раціональні параметри КС з НПД: $B_{\text{нпд}} = B_{\text{тр}}$ - (ширина ковша); $L_{\text{дн нпд}} = L_{\text{дн тр}}$ - (довжина днища ковша); $R_1 = 0,4 \cdot L_{\text{дн нпд}}$ - (радіус днища КС); $R_2 = (0,8...0,9) H_{\text{зс}}$ - (радіус ЗС КС); $H_{\text{нпд}} = H_{\text{тр}}$ - (висота ковша); $H_{\text{гц}} = 0,5 H_{\text{зс}}$ - (висота підвісу гідроциліндра ЗС); $\alpha_p = \alpha_{p \text{ тр}}$ - (кут різання).

Практичне значення результатів визначається розробленою методикою визначення раціональних конструктивних параметрів кривизни днища та кривизни ЗС скрепера, конструкції ковша і технологічних параметрів процесу заповнення у дві стадії, використовується у ДВНЗ ПДАБА при проведенні науково-дослідних робіт, в учбових дисциплінах «Машини для земляних робіт», «Дорожні машини», а також у дипломному проектуванні по спеціальності 7.050503 «Підйомно-транспортні, будівельні та дорожні машини і обладнання»; отримано патенти України на корисну модель КС з НПД; впровадження в експлуатацію скрепера з НПД і маятниковим розвантаженням в діяльність ТОВ «Шляхо-будівельне управління № 8» м. Дніпропетровськ забезпечило річний економічний ефект у розмірі 281197 грн.

Особистий внесок здобувача. Автором дисертації визначено мету та завдання досліджень, здійснено пошук їх рішень [4,5,6,7], проведено теоретичні та експериментальні дослідження [8,9]. Головні результати теоретичних та практичних досліджень, які викладено в дисертаційній роботі, опубліковано у наукових працях. Особистий внесок полягає у наступному:

- розроблено розрахункові схеми, які дозволяють створити математичні моделі процесу копання та розвантаження ґрунту КС з НПД за традиційною та двохстадійною схемою [9,10,11,12,13];

- результати експериментальних досліджень по копанню та розвантаженню ґрунту з КС з НПД [13,14];

- результати досліджень по встановленню схеми прикладання зусилля гідроциліндра по висоті ЗС [15];

- результати експериментальних досліджень процесу розвантаження ґрунту з КС за допомогою САПР та поляризаційно-оптичним методом [7,8];

- вибір і розрахунок раціональних та технологічних параметрів КС (днище ковша, ЗС), процес копання і розвантаження ґрунту [11];

- визначення економічної ефективності від впровадження у використання скрепера з НПД [16].

Апробація результатів дисертації: основні результати досліджень доповідалися, обговорювалися та отримали позитивну оцінку на III міжвузівській науково-практичній конференції молодих вчених «Наука та техніка: перспективи XXI століття» м. Дніпропетровськ, 2010 р.; Міжнародній науково-практичній конференції «Нові досягнення в галузі проектування і експлуатації підйомно-транспортних, будівельних і дорожніх машин», присвяченій 60-річчю механічного факультету Харківського національного автомобільно-дорожнього університету, 19-21 вересня 2012 р., м. Харків; Всеукраїнській науково-технічній конференції молодих вчених та студентів «Створення, експлуатація і ремонт машин та обладнання для виробництва будівельних матеріалів і конструкцій», 20-21 листопада 2012 р., в Полтавському національному технічному університеті імені Юрія Кондратюка;

на засіданні науково-методичної ради зі спеціальності «Підйомно-транспортні, будівельні, дорожні, меліоративні машини і обладнання», за напрямом підготовки «Машинобудування» у Запорізькому національному технічному університеті, 22-23 квітня 2013 р., м. Запоріжжя; Міжнародній науково-технічній конференції «Енергоощадні машини і технології» у Київському національному університеті будівництва та архітектури, 29-30 травня 2013 р., м. Київ; на засіданні кафедри «Будівельних і дорожніх машин» ДВНЗ ПДАБА м. Дніпропетровськ, 2013 р.

Публікації. Основні наукові положення дисертаційної роботи опубліковано у 21 працях, 12 з яких опубліковано у фахових виданнях України, 4 – у закордонних фахових виданнях, 4 – патенти України на корисну модель.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ І КОНСТРУКЦІЙ КОВШІВ СКРЕПЕРІВ

1.1. Основні напрями розвитку та шляхи підвищення ефективності робочих процесів скреперів

Аналіз досягнень машинобудування дозволяє виділити ряд основних напрямків розвитку скреперів (рис. 1.1):

- автоматизація процесу управління машиною;
- підвищення надійності та конкурентоспроможності;
- вдосконалення приводу і гідравлічних систем управління РО;
- підвищення функціональних властивостей скреперів і вдосконалення РО на базі досягнень техніки і фундаментальних наук (рис. 1.2);
- використання засобів і методів автоматизованого проектування;
- організація раціональних режимів ведення робіт і технологічних схем взаємодії з середовищем, яке розробляється.

Перший напрямок характеризується створенням автоматизованих пристроїв для управління скрепером. Для скреперів це пристрої автоматичної стабілізації кутового положення ковша при планувальних роботах, пристрої для автоматичного управління передньою заслінкою при опусканні або підніманні ковша та ін.

У запропонованому канд. техн. наук М.Я. Яскевичем пристрої для управління РО скрепера [17] вимір коефіцієнта буксування рушіїв тягача здійснюється шляхом установки датчиків частоти обертання на приводному і веденому колесах. Установка електронного пристрою дозволяє автоматично, за допомогою електромагнітного золотникового пристрою підтримувати оптимальну товщину стружки по мірі заповнення ковша і в кінцевому підсумку виключити повне буксування рушіїв і підвищити надійність скреперного агрегату.

Другий напрямок полягає у вдосконаленні скрепера шляхом поліпшення їх експлуатаційних властивостей, ремонтпридатності, технічного обслуговування, вирішенні ергономічних питань. Перспективним є модульне, агрегатно-вузлове конструювання скреперів, що забезпечує легкий доступ до вузлів, груповий сервіс шляхом зосередження устаткування і систем, які вимагають частого обслуговування в одному легкодоступному місці [18].

В області модульного проектування відомі роботи О.Л. Васильєва, І.П. Ксеновича, Г.М. Кутикова, цей напрям отримав розвиток у роботах І.Г. Кириченка [19].

Удосконалення приводу і гідравлічних систем управління полягає в створенні високоефективних двигунів, впровадженні гідроприводу і гідромеханічних трансмісій.

Найбільша група питань стосується вдосконалення конструкцій РО на базі традиційних методів впливу на середовище [18].

Встановлення раціональних параметрів РО або технологічної схеми взаємодії РО з ґрунтом дозволяє підвищити продуктивність скрепера, знизити опір копанню, а в результаті зменшується енергоємність і витрата палива. Реалізація цього напрямку дає можливість підвищити ефективність скрепера, які вже знаходяться в експлуатації і не виробили свій ресурс при порівняно малих витратах.

Організація раціональних режимів ведення робіт і технологічних схем взаємодії з середовищем полягає у встановленні раціональних технологічних схем різання, швидкості, товщини стружки, агрегування скреперів у скреперний поїзд.

Питанням оптимального агрегування колісних скреперів присвячені роботи П.І. Ревзіна, В.О. Борисенкова, В.О. Нілова, Л.А. Хмари [18, 20, 21, 22]. Встановлено, що об'єднання скреперів під час набору ґрунту в скреперний поїзд покращує їх тягові характеристики і виключає необхідність застосування трактора-штовхача.

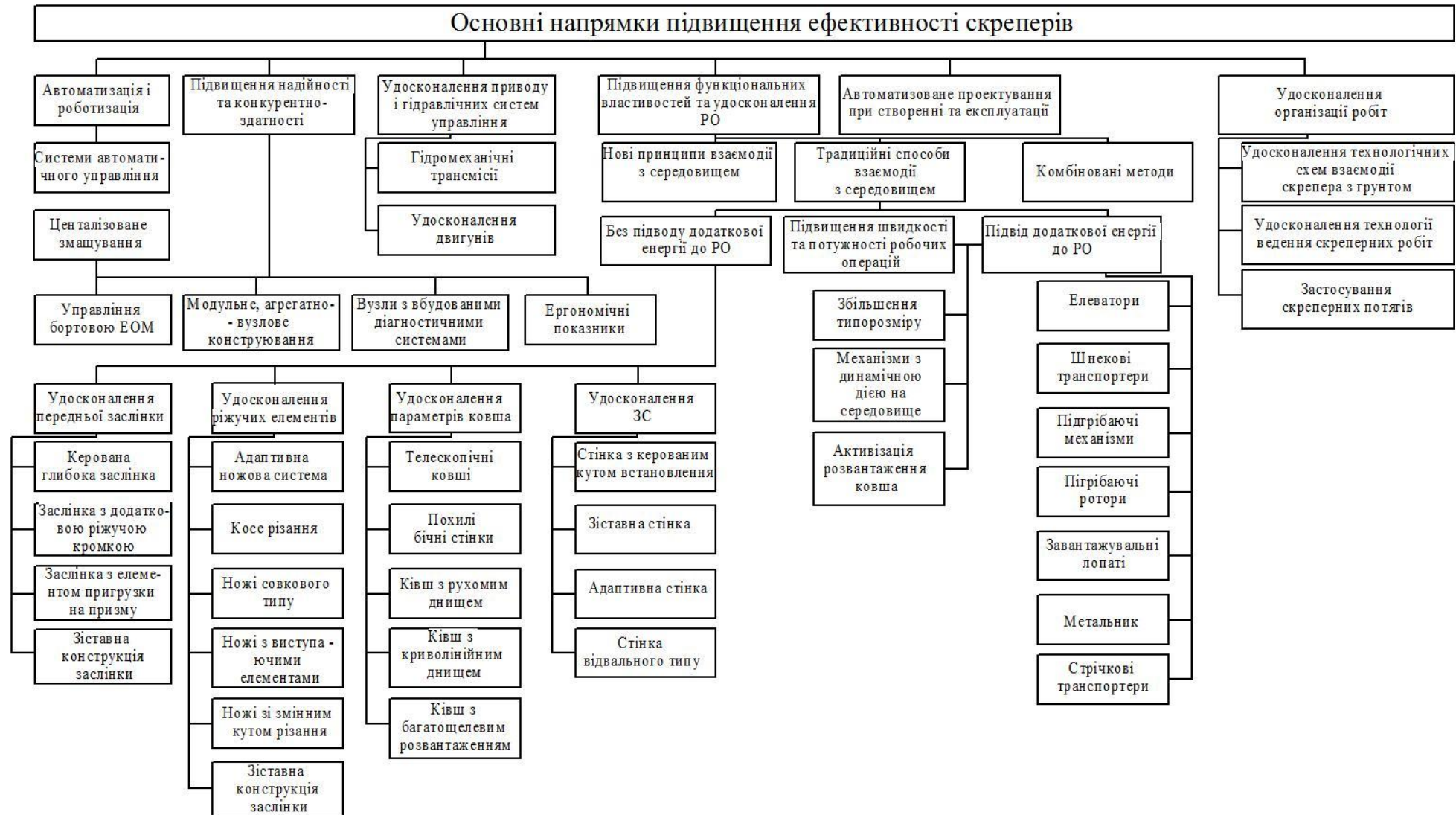


Рис.1.1. Основні напрями підвищення ефективності скреперів

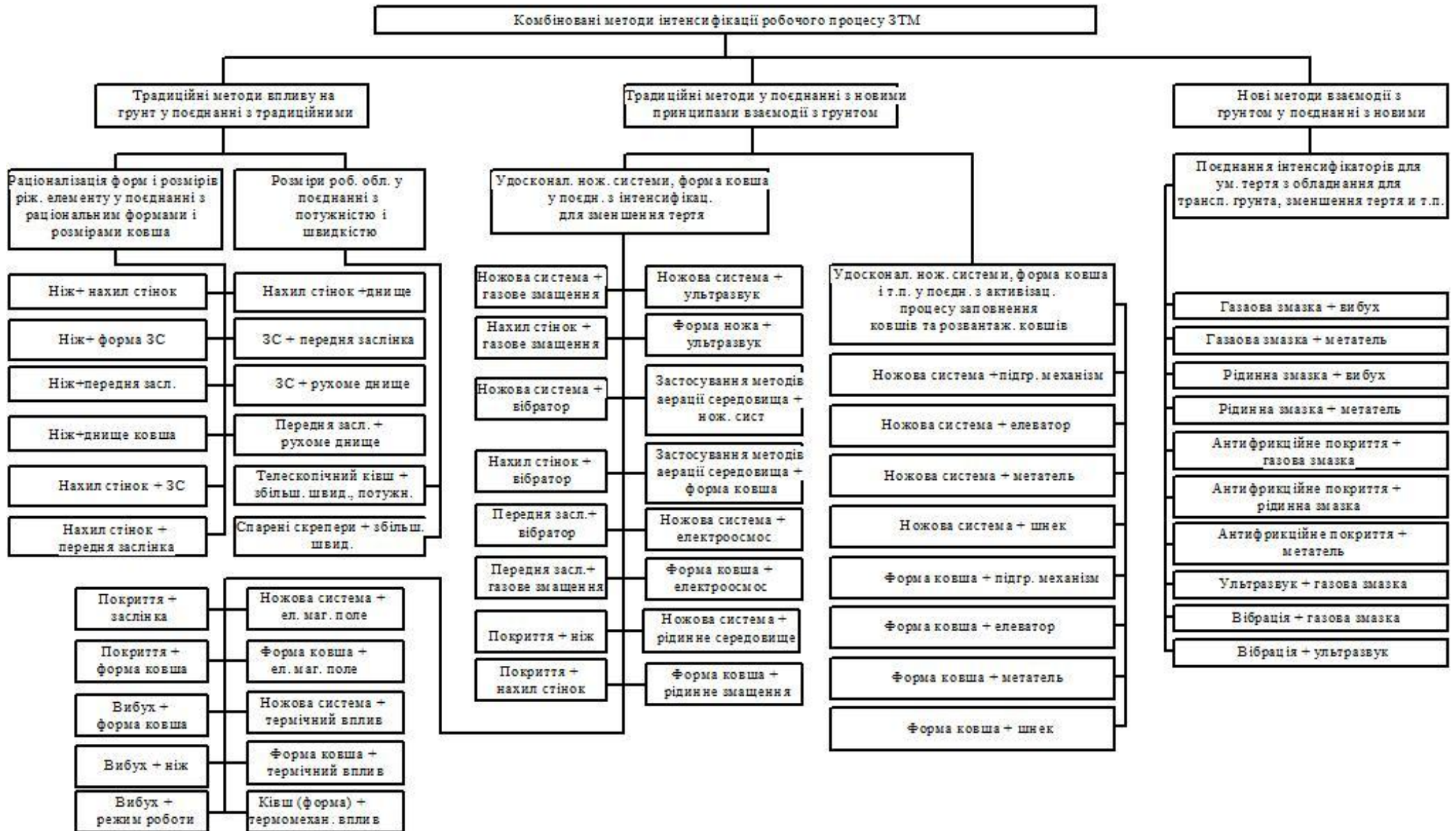


Рис.1.2. Комбіновані методи інтенсифікації робочого процесу ЗТМ

Теоретичний аналіз процесу заповнення КС, що полягає у визначенні опору копанню і енергоємності робочого процесу у функції шляху переміщення РО, є дуже складним і трудомістким зважаючи на велику кількість факторів, які впливають на процес. Розроблені дослідниками теоретичні моделі робочого процесу скрепера характеризують процес заповнення ковша на заключному, найбільш енергоємному етапі копання.

Широке поширення отримав метод визначення опорів копанню, запропонований Е.Р. Петерсом [23], в основу розрахункової схеми якої покладено припущення, що стружка ґрунту є жорстким тілом і в порожнині ковша переміщується вертикально вгору не змінюючи своєї товщини. Дослідженнями В. А. Шнейдера [24] встановлено вплив зміни траєкторії руху ґрунтової стружки на опір копанню. Розрахункові схеми О.Є. Ринськова [25] і В.Г. Ясинецького [26] враховують такі складові опору копанню, як сили тертя і зчеплення по бічних стінках ковша і по поверхнях зсуву ґрунту. Відомі також методи визначення опору копанню О.І. Анохіна, І.Є. Фрейнкмана, І.Я. Русинова, А.М. Зеленіна [27, 28], Ю.Б. Дейнего та ін. У всіх перерахованих вище методах помилка у визначенні опору копанню компенсується введенням емпіричного коефіцієнта опору різанню, характер якого наприкінці заповнення буде зовсім іншим, ніж на початку набору ґрунту, а також невиправдано завищеним обсягом призми волочіння. У підсумку результати підсумовування дають опір копанню близький до дійсного тільки для тих умов, в яких відбувалося апробування методу. В інших випадках, якщо враховувати фактичні ґрунтові умови, дійсний режим копання і конструкцію ножової системи, виходять результати, далекі від дійсних.

Методи визначення опору наповненню більшості авторів [29,30,31,32,33,34] базуються в основному на теорії граничного стану ґрунтових мас, основні положення якої викладені в роботах І.П. Прокоф'єва, С.С. Голушкевіча, В. В. Соколовського [35], Ю.О. Ветрова [36] та ін. Метод, заснований на умові граничного напруженого стану ґрунту перед діючою похилою площиною найбільш повно відповідає характеру відділення

грунтової стружки при різанні. Це наближення умов методу до умов різання ґрунтів стало підставою для вибору його в якості основного об'єкта аналізу з метою встановлення можливостей аналітичного визначення опору ґрунту різанню [36].

Розрахункова схема визначення опору заповненню за методом К.О. Артем'єва [29] побудована із застосуванням теорії граничної рівноваги ґрунтових мас графічним способом. Процес заповнення є результатом взаємодії ножа скрепера, стружки, яка вирізається з ґрунту у ковші. При цьому у ґрунтовому масиві, який розробляється, в певній послідовності відбуваються сколи стружки, які чинять тиск на ґрунт в ковші подібно підпірній стінці, яка насувається, в результаті чого ґрунт починає переміщатися всередині ковша, ковзаючи по відповідним поверхням зсуву.

Найбільш теоретично обґрунтованими і досить точними методами визначення опору заповненню є методи, розроблені Ю.О. Ветровим [37] і В.І. Баловнєвим [38]. Ці методи базуються на закономірностях статички сипучого середовища, дозволяють теоретично розраховувати опір заповненню ковша залежно від фізико-механічних властивостей ґрунту, основних параметрів ковша і конструкції ножової системи. При цьому поверхня ножа розглядається як полого підпірна стінка. Кінцевий етап надходження ґрунту у ківш - у вигляді потоку між двома зонами нерухомого ґрунту. Потік ґрунту рухається у напрямку найменшого опору, який змінюється на кожному етапі заповнення і залежить як від параметрів ковша і характеру його заповнення, так і від параметрів стружки і фізико-механічних властивостей розроблюваного ґрунту.

Н.І. Кізряков [39] основну увагу приділив дослідженню роботи елеваторного пристрою і визначив його раціональні параметри і режими роботи залежно від умов експлуатації. О.І. Сівковою [40] досліджена робота скрепера з підгортаючим пристроєм і показано що застосування підгортаючого пристрою дозволяє збільшувати довжину ковша і здійснювати його ефективне заповнення при незмінній силі тяги реалізованої в традиційному скрепері. Дослідженню телескопічного КС присвячені роботи М.А. Бармаша [41] і М.В. Барінова [42],

на підставі яких можна зробити висновок про зниження енергоємності заповнення у 2,0-2,5 рази і досить високої ефективності, яку можна очікувати при розробці ґрунтів скреперами такого типу. Робота О.В. Матвєєва [43] присвячена дослідженню ґрунтопереміщуючого пристрою скрепера у вигляді рухомого днища, застосування якого сприяє зменшенню на 15-25% питомої сили тяги у порівнянні з традиційним ковшем при однаковій їх ємності. Робота І.Г. Кириченка присвячена процесу копання ґрунту скрепером з ковшем активної дії [44].

Виконано ряд досліджень впливу на енергоємність процесу копання параметрів ковша: форми бічних стінок, конструкції заслінки, ЗС, ґрунтонапрвляючого пристрою. До них відносяться роботи, виконані А.І. Демиденко [32], В.Г. Белокриловим [31], Г.Н. Карасьовим, О.В. Лещінським [45], О.А Єрмаковою [46] та ін.

Дослідженнями К.О. Артем'єва [29] встановлено більш ефективне застосування ножів ступінчатої форми з середньою виступаючою ріжучою кромкою, яка виключає різання ґрунту бічними елементами ножа, ніж розробка ґрунту всім периметром ступінчатого ножа. Н.Д. Пулькіс на підставі експериментальних досліджень [34], щодо зниження питомого опору різання, рекомендований ступінчатий ніж з бічними виступаючими ріжучими кромками. Така геометрична форма ножа забезпечує хороше заглиблення ковша у ґрунт, зниження питомого опору різанню, однак, як показали подальші дослідження автора, на заключному етапі копання, заповнення ковша протікає менш ефективно в порівнянні із заповненням, коли ножова система ковша оснащена виступаючим ножем по середині. Це пояснюється зниженням стійкості ґрунтової стружки, руйнуванню при надходженні її у ківш за рахунок розділення на два потоки, які формуються боковими ріжучими кромками.

Рядом авторів [47,48] досліджувався також ефект косоного різання ґрунту. При цьому було встановлено, що застосування V- подібної форми ріжучого ножа скрепера зменшує енергоємність розробки ґрунту до 30% в порівнянні з лобовим різанням.

Одним із способів підвищення тягового зусилля є підведення приводу до всіх коліс. Скрепери з усіма приводними колесами призначені головним чином для роботи у важких ґрунтових умовах і горбистій місцевості, на дорогах з великими ухилами, в районах з підвищеною вологістю і частими опадами. Висока прохідність таких скреперів забезпечується використанням усієї маси машини в якості активної зчіпної маси. Слід зазначити, що при самозавантаженні відбувається інтенсивний знос дорожніх шин і трансмісії, тому скрепер без штовхача може експлуатуватися тільки в крайніх випадках. Незважаючи на цілий ряд переваг, широке впровадження скреперів з усіма приводними осями стримується їх високою вартістю і подорожчанням експлуатації.

Обґрунтування необхідності обладнання скрепера усіма приводними колесами базується на методиці тягового розрахунку, визначають потрібну силу тяги, як суму опорів, які діють у горизонтальній площині. Виключення з методики тягового розрахунку значних за величиною вертикальних зусиль говорить про її недосконалість.

На відміну від розглянутих вище способів підвищення ефективності роботи КС, шляхом застосування додаткового трактора-штовхача і приводу на всі колеса, більш раціональним є зміна конструкції самого ковша, що є джерелом всіх виникаючих навантажень.

Г.К. Михайлиним [49] проводилися дослідження роботи причіпного скрепера з елеваторним завантаженням. Наголошується, що при застосуванні на тракторно-скреперних агрегатах активного РО на його привод витрачається 30...40% потужності двигуна трактора.

Результати досліджень процесу примусового завантаження ґрунту у КС, обладнаного газодинамічним інтенсифікатором [50], показали можливість зниження зусиль копання на 25-50% за рахунок зменшення коефіцієнта внутрішнього і зовнішнього тертя при аерації безперервним потоком стисненого повітря.

Значна частина проведених досліджень присвячена вивченню роботи

скрепера з пасивним РО. До їх числа відносяться роботи К.О. Артем'єва [45], Д.І. Плешкова [51], А.М. Зелєніна [28], Е.Р. Петерса [52], В.А. Шнейдера [24], В.Г. Ясинецького [26] та інших дослідників.

Д.І. Федоровим [53,54,55,56] на підставі досліджень впливу форми РО і різальних кромок на енергоємність процесу копання розроблено РО з криволінійною різучою кромкою. Дослідження натурних скреперів з криволінійною різучою кромкою і днищем, показали високу ефективність робочого процесу цих скреперів. Тягові зусилля в процесі заповнення ковша знизилися на 15% при збільшенні ємності ковша в 1,4 рази [55,56]. Переваги скрепера з криволінійними ножами і днищем стають особливо помітними по мірі погіршення ґрунтових умов. Енергетичні витрати на завантаження у ківш 1 м³ ґрунту знижуються на 24-44% при одночасному збільшенні продуктивності до 12% [54]. Питання підвищення ефективності копання ґрунту скреперами на основі вдосконалення форм елементів ковша вимагає подальшого пошуку раціональної її конструкції і всебічного дослідження.

1.2. Аналіз робіт по взаємодії ковша скрепера з ґрунтом

Перші роботи по взаємодії РО з ґрунтом, який розробляється відносяться до досліджень по різанню ґрунту плугами. Найбільш відомі роботи академіка В.П. Горячкіна, які потім використовувалися і для землерийних машин. Першою важливою роботою в науці про різання ґрунтів є робота В.П. Горячкіна про раціональну формулу сили тяги плуга [57]:

$$P=fG+kbh+\varepsilon bhv^2, \quad (1.1)$$

де f - коефіцієнт тертя плуга по ґрунту; G - маса плуга; k - коефіцієнт опору ґрунту різанню; b , h - ширина і глибина стружки; v - швидкість руху плуга; ε - коефіцієнт, який враховує геометричні та вагові характеристики тертя, які впливають на зміну живої сили маси ґрунту, яка зрізується.

Перша складова визначає силу тертя між плугом і ґрунтом, друга - силу деформування і руйнування пласта, третя - силу відкидання цього пласта. На

основі запропонованої "раціональної формули" були розроблені моделі визначення опорів копанню ґрунту РО землерийних і ЗТМ.

У цих дослідженнях встановлювалися закономірності процесів різання і копання ґрунту як на основі експериментальних даних, так і на базі положень механіки ґрунтів, статички сипучого середовища. Експериментальні методи дають більшу точність визначення опорів різанню для умов експерименту, однак аналітичні методи мають перевагу у зв'язку з можливістю розрахунку опорів різанню і копанню на основі використання загальноприйнятих фізико-механічних характеристик ґрунту. Це важливо для аналізу протікання процесів різання і копання, зниження енергоємності, підвищення продуктивності.

Залежність В. П. Горячкіна, мала фізичний зміст складових, досить коректно описувала процес різання, ця методика не враховувала особливостей механіки руйнування ґрунту та вимагала удосконалення. М.Г. Домбровський [58] в результаті досліджень прийшов до висновку про можливість спрощення залежності (1.2), обмежившись одним другим членом, в якому k тепер враховував всі опори і називався коефіцієнтом опору копанню. k - експериментальна величина і вимагає визначення для кожного поєднання ґрунт-РО, ця методика отримала досить широке поширення.

Експериментальні роботи, які розвивають методи визначення опорів різанню і копанню ґрунту, є у М.Г. Домбровського [58].

$$P = kbh = kFP_e = \gamma P_z, \quad (1.2)$$

де k – питомий опір копанню РО; b – ширина копання; h – глибина копання; F – площа різання; γ – коефіцієнт, який залежить від швидкості та кута різання, і відображає ступінь затуплення кромки ріжучого ножа ($\gamma = 0,1 \dots 0,45$).

А.М. Зеленін [59] провів дослідження фізичних особливостей процесу взаємодії РО з ґрунтом, закономірностей зміни опору різанню залежно від геометричних характеристик процесу. За цією методикою сила різання пропорційна числу ударів ударника ДорНДІ, глибині різання в ступені, більше одиниці (показник ступеня дорівнює 1,35) (1.3):

а) сила різання, виникає при копанні елементарними профілями:

$$P = ch^{1,35} (1 + 0,1S) \left(1 - \frac{90^\circ - \alpha}{180^\circ}\right) \beta_0; \quad (1.3)$$

б) сила різання, виникає при копанні ріжучими профілями без зубців:

$$P = ch^{1,35} (1 + 2,6L) (1 + 0,0075\alpha) (1 + 0,035) \beta_0 \mu; \quad (1.3.1)$$

в) сила різання, виникає при копанні РО, які укомплектовано зубцями:

$$P = ch^{1,35} (1 + 2,6b) (1 + 0,0075\alpha z \mu), \quad (1.3.2)$$

де c – коефіцієнт щільності конкретного ґрунту, який визначають ударником ДорНДІ; h , b – відповідно товщина та ширина зрізу; α – кут різання; s – товщина профілю; L – довжина горизонтальної кромки; β_0 – коефіцієнт, який залежить від кута загострення; z – коефіцієнт, який характеризує вплив зубців на середньому ножі ріжучого периметра; μ – коефіцієнт, який характеризує вплив блокованих сторін зрізу.

Відповідно до отриманих залежностей передбачається, що раціональним є процес різання тонкими стружками, який не відповідає результатам експериментальних досліджень інших авторів.

Д.І. Федоров [53] представив опір ґрунту різанню P_p у вигляді суми наступних складових: опір стиснення ґрунту лобовою частиною різальної кромки P_{cm} ; опір, який враховує вагу ґрунту на ножі і тертя ґрунту по ножу G_z ; опір, обумовлений зносом ріжучої кромки P_{zn} ; опір відриву шару ґрунту від масиву $P_{від}$; опір зрушенню по бічних поверхнях P_{zc} ; опір вигину стружки, яка вирізається при переміщенні на передню грань ножа P_{ze} .

$$P_p = P_{cm} + G_z (\mu \cos \alpha + \sin \alpha) \cos \alpha + P_{zn} + P_{zc} + P_{від} + P_{ze}, \quad (1.4)$$

де α - кут різання; μ - коефіцієнт тертя ґрунту по сталі.

Результати досліджень Д. І. Федорова дозволили визначити раціональні параметри РО машин для земляних робіт, забезпечити зниження енергоємності розробки ґрунтів із застосуванням криволінійних різальних кромки. Б.О. Бондаровичем і Д.І. Федоровим були визначені статистичні характеристики процесів різання ґрунту.

Наступним кроком у розвитку теорії різання і копання ґрунту стало створення розрахункових методів, які базуються на статистиці сипучого

середовища (роботи К.О. Артем'єва [29], В.І. Баловнєва [60], Ю.О. Вєтрова [61], Л.А. Хмари [62]). Ці роботи дозволили здійснити комплексний підхід до вирішення завдань визначення опорів, оптимізації процесів копання, вдосконалення РО. В.І. Баловнєв [63] побудував залежності для визначення опорів різанню плоским ножом на основі теорії граничного стану сипучого середовища зі зчепленням (1.5). Складові опору пропорційні нормальними напруженням на передній грані і поверхні затуплення. У розроблених залежностях враховано вплив крайового ефекту еквівалентною умовою, рівною опору різанню ножом з шириною рівною подвоєною глибині різання.

$$P_p = A(1 + ctg\alpha tg\delta)bh\left(\frac{\gamma h}{2} + hctg\rho + q_{nl}\right), \quad (1.5)$$

де A – коефіцієнт, який визначається аналітично; δ – кут зовнішнього тертя; ρ – кут внутрішнього тертя; q_{nl} – об'єм пласта, який зрізується; b , h – ширина та висота.

Л. А. Хмара запропонував визначати опір різанню:

$$P_p = P_{p.нож} + P_{зам} + P_{б.н.} + P_{зр} + P_{від} + P_{пр.зр}, \quad (1.6)$$

де $P_{p.нож}$ – відповідно опір на лобовій поверхні ножа з урахуванням пригрузки стружки ґрунту, яка вирізається; $P_{зам}$ – опір, який виникає на площадці затуплення леза; $P_{б.н.}$ – опір, який виникає за рахунок сил тертя бокових граней ножа по ґрунту; $P_{зр}$ – опір тертя ґрунту по ґрунту при накопиченні та переміщенні призми волочіння; $P_{від}$ – опір переміщенню стружки ґрунту по відвалу; $P_{пр.зр}$ – опір сили тертя ґрунту при переміщенні призми волочіння.

На основі статички сипучого середовища побудовані також залежності для визначення опорів різанню, розроблені Ю.О. Вєтровим. Їх структура аналогічна структурі залежностей [60]. Головний внесок у розвиток науки про різання, зроблений Ю.О. Вєтровим, полягає у встановленні та описі просторовості взаємодії ріжучих органів з ґрунтом, визначення періодичності і варіацій сил різання, дослідженню впливу на процес різання геометричних і кінематичних умов процесу, зносу ножів. Ним встановлена критична глибина різання, після досягнення якої характер процесу змінюється.

Для різання ґрунту простим ножом Ю.О. Ветров запропонував формулу, яка визначає середньомаксимальну силу різання у вигляді:

$$P = \varphi m_{св} b h + k m_{\sigma} h^2 + k m_{\sigma_{ср}} h + P_{зн} b, \quad (1.7)$$

де φ - коефіцієнт, який враховує кут різання; $m_{св}$ - питома сила різання ґрунту перед лобовою гранню ножа при куті різання 45° ; m_{σ} , $m_{\sigma_{ср}}$ - коефіцієнти, які характеризують питому силу руйнування ґрунту у бічних розширеннях прорізу і опору ґрунту зрізу бічними ребрами ножа; b і h - ширина і глибина різання; $P_{зн}$ - питома сила для подолання опорів ґрунту площадки зносу на одиницю довжини ножа; k - число блокованих сторін зрізу.

К.О. Артем'єв побудував математичні моделі процесу руйнування ґрунту на основі статички сипучого середовища, її графоаналітичних методів С.С. Голушкевіча. Недоліком цього методу є необхідність графічних побудов і, як наслідок, практично неможливість введення результатів у більш складні моделі копання. Аналіз проведених досліджень процесу різання ґрунту показує, що єдиний, загальноприйнятий метод визначення сил різання все ще відсутній. Більшість досліджень більшою чи меншою мірою використовують при визначенні опорів різанню емпіричні коефіцієнти. Зі збільшенням числа врахованих емпіричними коефіцієнтами факторів, які впливають на процес різання, математичні моделі втрачають точність.

Аналітичний метод визначення опорів копанню ґрунту, базується на встановленні граничної рівноваги елемента ґрунту, який відокремлюється від масиву, розроблений А.М. Холодовим [64] і розвинений далі в дослідженнях В.В. Нічке [65, 66] і В.К. Руднева [67]. У цих роботах розглянуті не тільки опори на кінцевих стадіях заповнення РО, а й максимальні і мінімальні значення зусиль різання (амплітуда коливань зусиль різання). У роботах В.В. Нічке визначені також частоти відділення елементів стружки від масиву.

У роботах В.К. Руднева, Л.А. Хмари отримали розвиток питання інтенсифікації робочих процесів ЗТМ, розпочаті в дослідженнях В. І. Баловнева. РО з газовим змащенням, багатокомпонентні РО, запропоновані авторами досліджень, дозволили істотно підвищити ефективність ЗТМ.

Питанням підвищення ефективності, її оцінки присвячені праці І.А. Недорезова [68, 69]. Ним введено поняття виробничого потенціалу машин для земляних робіт, із застосуванням якого стало можливим прогнозувати ефективність землерийних і ЗТМ.

Питання розробки міцних ґрунтів, створення теорії і методів руйнування ґрунтів отримали розвиток в дослідженнях В.Л. Баладінського [70], що дозволило створити нові високоефективні способи розробки ґрунта.

У роботах Дресса [71] є висновки про можливість кількісної оцінки сил опору різанню виходячи з аналізу сил, які виникають у площині сколу, на ножі та діючих на масу ґрунту, яка витісняється. Подальша розробка цього метода проведена А.М. Холодовим [64]. Отримані ним вирази для визначення сил, які діють на ніж у момент скола та безпосередньо після скола. Він відмічає, що після подолання зчеплення по площадці скола відбувається зменшення сили опору різанню.

Закордоном експериментальний метод розрахунку запропонував Кюн [72].

Роботи Е.Р. Петерса [23], В.А. Шнейдера [24], А.М. Зеленіна [28], В.Г. Ясинецького [26], В.О. Нілова [22] та інших дослідників визначають силу опору, як суму трьох сил:

$$W_k = W_p + W_n + W_{np} \quad , \quad (1.8)$$

де W_p - опір ґрунту різанню; W_n - опір заповненню; W_{np} - опір призми волочіння.

Методи, які базуються на сумі сил, не є достатньо обґрунтованими, що відмічається К.О. Артем'євим [73], В.І. Баловнєвим [74].

Питанням вдосконалення параметрів ковша (форма днища, конструкція передньої заслінки, установка бічних стінок, конструкція ЗС) присвячені роботи А.І. Демиденко [32], В.Г. Бєлокрилова [31], Г.М. Карасьова, О.В. Лещінського, В.І. Уткіна та ін. У НПО «ВНИИстройдормаш» розроблена конструкція одноцелевого КС із завантаженням напірним способом та примусовим розвантаженням [45,75,76]. Дослідження ковша з криволінійним (напівкруглим) днищем дозволяє заповнювати ківш на 70-115% в залежності

від типу ґрунту, включаючи ґрунти з кам'янистими включеннями, перезволожені суглинки, сухий пісок.

На рис. 1.3 представлені основні конструктивні рішення і патентні пропозиції інтенсифікаторів процесу заповнення КС ґрунтом. Аналіз існуючих ТР конструкцій, які інтенсифікують процес заповнення ґрунтом КС показали, що ускладнення конструкції ковша шляхом установки якого-небудь пристрою, негативно впливає на показники надійності, металоємності, собівартості і трудомісткості обслуговування.

Аналіз зазначених ТР, які дозволяють в різній мірі вирішити поставлене завдання, показує, що в рамках даного напрямку існує головна тенденція - усі ТР реалізують ефект зниження поточного значення висоти підйому пласта ґрунту в ковші. Це дозволяє знизити силові, енергетичні, а в результаті - підвищити техніко-економічні показники процесу.

На рис.1.3 приведені основні конструктивні рішення по інтенсифікації процесу заповнення КС. Найбільш відомим і широко застосовуваним в закордонних машинах є елеваторний пристрій [77,78,79] (рис. 1.3. а, б). При зниженні опору заповнення і збільшенні ґрунту, який набирається у КС з елеваторним завантаженням має низку недоліків. Його значне ускладнення передньої частини ковша, днища і механізму розвантаження; неможливість роботи на перезволожених ґрунтах з кам'янистими включеннями.

Як показує досвід скреперобудування, пристрої, такі як: елеватори переднього і заднього розташування (рис. 1.3, а, б), роторні, лопатеві металники з нижнім і верхнім викидом (рис. 1.3, в, г, д), шнеки, ротори (рис. 1.3, е, с), завантажувальні лопаті, лотки, ґрутонаправляючі пристрої (рис. 1.3, є, ж, з, й, р), вібраційні і газодинамічні активізатори (рис. 1.3, к, л, н, ф, х), та ін., знайшли застосування на машинах середньої та великої місткості.

Скрепери з розвантаженням ґрунту **вільним** способом можуть розвантажуватися вперед або назад. Для цього ківш повертається навколо точки, лежачої поблизу центру ваги ковша з ґрунтом. Цей спосіб придатний для роботи на сипучих ґрунтах. Він забезпечує достатньо точне регулювання

товщини шару ґрунту, який розвантажується. У такий спосіб можна здійснювати розвантаження під укіс (при одноосному виконанні скрепера). Ковші з вільним розвантаженням застосовуються для скреперів дуже малої місткості для допоміжних робіт (рис. 1.3, и, і, ї, у).

Телескопічні ковші (рис. 1.3, м) досліджувалися в роботах М.А. Бармаша і М.В. Барінова [41, 42]. Встановлено, що енергоємність заповнення в порівнянні з традиційним нижче в 2-2,5 рази. Близьким ТР є ківш з рухомим днищем, дослідженню якого присвячена робота О.В. Матвєєва [43].

Підвищення ефективності скреперів малої місткості відбувається головним чином у напрямі вдосконалення РО (форма ковша, передньої заслінки, ножа; підгортаючих пристроїв; рухомого днища та ін.) В даний час вдосконалення конструкції того чи іншого елемента РО скрепера має незначні резерви підвищення ефективності. Тому доцільним напрямком подальшого розвитку РО скреперів може бути комплексне вдосконалення конструкції і технологічних особливостей заповнення ковша.

При проектуванні КС малої і середньої місткості інтерес представляють ТР з гребковим захоплювачем (рис. 1.3, т), ковші з бічними похилими стінками [20, 80], з двохщільстним завантаженням (рис. 1.3, п, о), [20, 81], криволінійним днищем [54], передньою заслінкою збільшеної місткості [82].

Одним з можливих напрямків підвищення ефективності робочого процесу скрепера є ківш з двохщільстним завантаженням. Його дослідженням займалися Б. Пондер, Г. Тиро, а згодом Л.А. Хмара, В.В. Мелашич [20, 81]. Згідно з результатами експериментальних досліджень робочого процесу скрепера з двохщільстним завантаженням, опір заповненню при рівності заповнюваних обсягів знижується до 60%. Недоліки КС з двохщільстним завантаженням: ускладнення конструкції; механізму управління ковшем.

Всі перераховані ТР як з підведенням додаткової енергії до РО, так і в разі заповнення ковша тільки за рахунок тягового зусилля тягача (нахил бічних стінок, двохщільстне завантаження, телескопічний ківш), спрямовані на вирішення однієї, загальної задачі - зниження опору заповнення ковша.

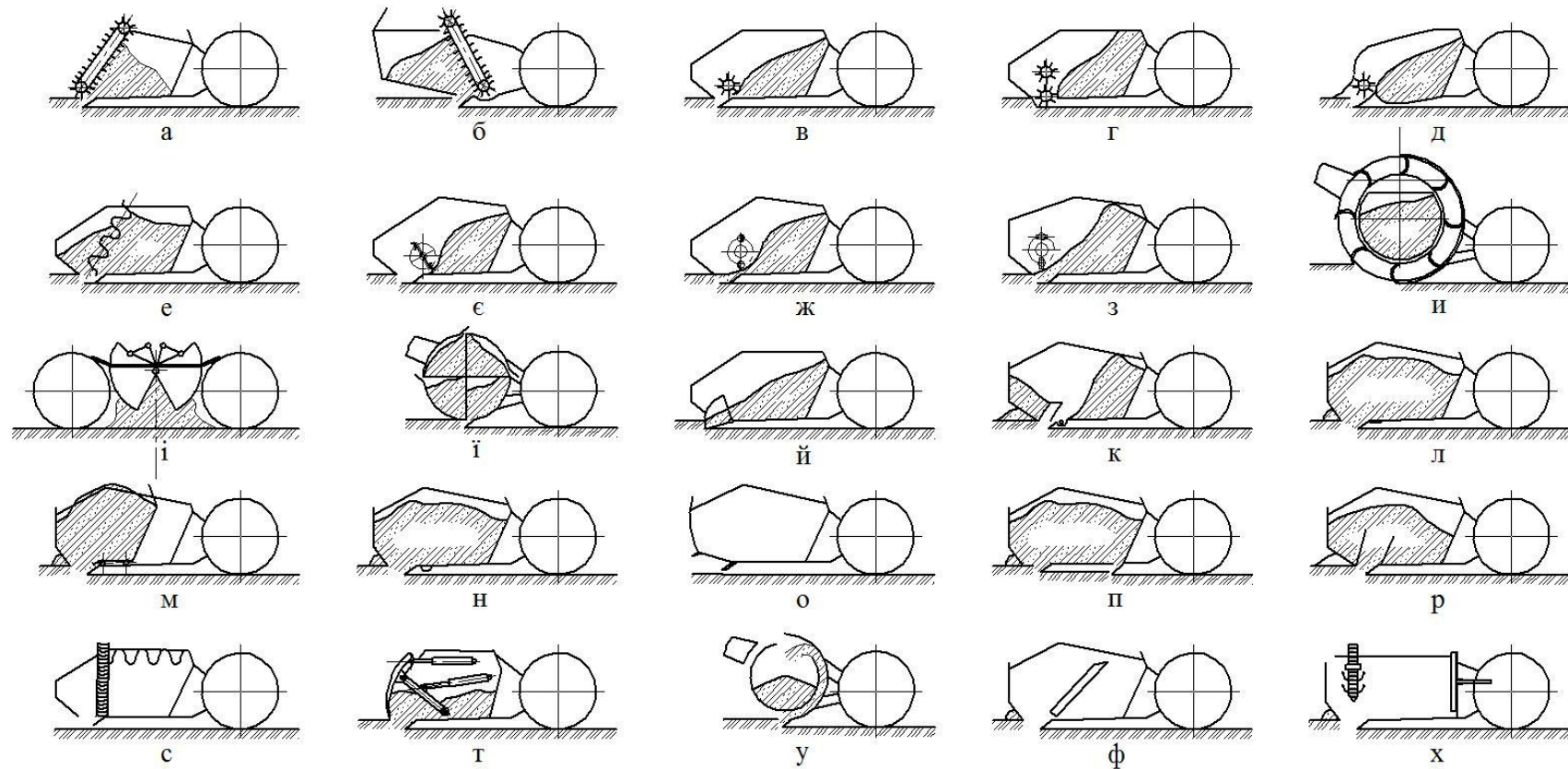


Рис.1.3. Конструктивні рішення по заповненню КС ґрунтом:

а,б – інтенсифікатори у вигляді елеваторів переднього та заднього розташування; в,г,д – роторний та лопатевий метателі; е – шнекове завантаження; є,ж,з – завантажувальні лопаті; и – підгрібальний ротор; і – грейферний ківш; ї – секційний барабан; й – завантажувальний лоток; к,л – газодинамічний завантажувач; м – телескопічний ківш; н – вібраційний активізатор; о – додатковий ніж; п – кіш із двощелевим завантаженням; р – ґрутонаправляючий пристрій; с - шнеко-роторне завантаження; т - скребковий захват; у - барабан; ф - віброконвеєр; х – газове змащення

1.3. Аналіз науково-технічних рішень по розвантаженню ковшів скреперів

Сучасні скрепери по типу розвантажувального механізму розділяються:

- скрепери із вільним розвантаженням (розвантаження перекиданням ковша вперед або назад);
- із щелевим розвантаженням;
- з напівпримусовим розвантаженням (перекиданням ЗС і днища ковша);
- з примусовим розвантаженням (прямолінійним рухом ЗС ковша вперед або назад).

Примусовий спосіб пов'язаний з подоланням значних опорів при розвантаженні ґрунту, і тому його застосування вимагає більш потужних механізмів і більшої витрати енергії на розвантаження в порівнянні з іншими способами. Ускладнюється установка над задньою віссю скрепера другого двигуна для самохідних машин. Примусова схема розвантаження вимагає застосування довгоходових, а для скреперів великої ємності, двох і триступінчатих телескопічних гідроциліндрів, що ускладнює уніфікацію приводів для керування роботою ковша і збільшує вартість машин.

Однак примусовий спосіб розвантаження забезпечує найкраще очищення ковша, зберігаючи його корисний об'єм. Скорочується час на повне розвантаження ковша в порівнянні з іншими способами, збільшується можливість для водія проводити відсіпку ґрунту рівномірним шаром. Всі ці переваги даного способу, в кінцевому рахунку, повністю виправдовують його застосування і ведуть до підвищення продуктивності машини та зниження собівартості розробки ґрунту.

Існуючі методики розрахунку опорів, які виникають при примусовому способі розвантаження ґрунту з КС, не відображають справжньої картини процесу, яка відбувається при розвантаженні і вимагають значного доопрацювання.

Дослідження з вибору оптимальної швидкості руху ЗС з ґрунтом при

примусовому розвантаженні та вплив фізико-механічних властивостей ґрунту і режимів заповнення ковша на процес розвантаження описані у роботах О.В. Лещінського та В.І. Уткіна [45,75,76].

Застосування штовхачів і тягачів обумовлює використання довгих КС. У зв'язку з цим з'являється необхідність у дослідженні впливу різних співвідношень між шириною, довжиною і висотою ковша на зусилля розвантаження.

Аналіз вітчизняних і закордонних матеріалів показав, що пропонуються як вертикальні, так і похилі, під невеликим кутом до вертикалі, ЗС. У літературі відсутні рекомендації по вибору таких стінок.

Відсутня математична модель (методики розрахунку), яка дозволяє описати процес примусового розвантаження як для традиційного КС так і для КС обладнаного НПД. Відсутні дослідження впливу форми донної частини та форми ЗС на зусилля розвантаження КС при різних фізико-механічних властивостях ґрунту.

Проведений огляд свідчить про те, що питання дослідження процесу розвантаження ґрунту з КС недостатньо вивчені.

1.4. Висновки по розділу

Аналіз ТР по вдосконаленню скреперного обладнання показує, що шляхи розвитку доцільно проводити у вигляді комбінування окремих напрямків, які підвищують ефективність робочого процесу скрепера. Вдосконалення конструкції, яка дозволяє зменшити зусилля копання і зусилля розвантаження, зменшити втрати ґрунту у призмі волочіння та бокових валиках.

Метою дисертаційної роботи є підвищення ефективності робочого процесу скрепера за рахунок збільшення ґрунту, який набирається у ківш, шляхом вдосконалення конструкції ковша, двохстадійного заповнення і конструкції ЗС для розвантаження в умовах обґрунтування раціональних і технологічних параметрів.

Для досягнення поставленої мети в ході виконання дисертаційної роботи необхідно вирішити наступні **задачі дослідження**:

- провести огляд та аналіз науково-технічних досліджень та патентних рішень конструкцій КС;

- розробити математичні моделі процесу копання та розвантаження ґрунту КС традиційного виконання та з НПД;

- розробити фізичні моделі КС традиційного виконання та з НПД;

- розробити методику експериментальних досліджень процесу копання ґрунту КС традиційного виконання та з НПД в умовах двохстадійного заповнення;

- провести експериментальні дослідження на фізичних моделях по встановленню раціональної конструкції КС з НПД і технологічних параметрів заповнення та розвантаження ковша;

- провести багатофакторні експерименти та встановити раціональні геометричні параметри КС з НПД;

- розробити методику експериментальних досліджень поляризаційно-оптичним методом процесу розвантаження ґрунту з КС традиційного виконання та з НПД;

- розробити фізичні моделі КС традиційного виконання та з НПД для досліджень поляризаційно-оптичним методом процесу розвантаження ґрунту з КС;

- провести порівняльну оцінку теоретичних та експериментальних показників та оцінку техніко-економічної ефективності використання КС з НПД при двохстадійній схемі заповнення.

Об'єкт дослідження: копання та розвантаження КС, який обладнано НПД.

Предмет дослідження: раціональні параметри КС, обладнаного НПД та формування методики розрахунку.

По результатам дослідження, автором опубліковані наукові видання [83-97].

РОЗДІЛ 2

ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ КОПАННЯ І РОЗВАНТАЖЕННЯ КОВШІВ СКРЕПЕРІВ ТРАДИЦІЙНОГО ТИПУ І З НАПІВКРУГЛИМ ДНИЩЕМ

2.1 Математична модель процесу копання ґрунту ковшем скрепера з напівкруглим днищем

На кінцевому етапі копання скрепер долає опори: різанню та заповненню ковша з урахуванням опорів бокових підрізаючих ножів, опір затуплення ріжучих ножів, призми волочінню, опір пересуванню самого скрепера під навантаженням [97]:

$$P_k = P_p + P_{zn} + P_{zm} + P_{np} + P_{nep}, \quad (2.1)$$

де P_p – опір різанню; P_{zn} – опір заповненню; P_{zm} – опір від затуплення ріжучих ножів; P_{np} – опір переміщенню призми волочіння; P_{nep} – опір від переміщення скрепера.

Розрахункова схема відображає найбільш енергоємну кінцеву стадію заповнення ковша (рис. 2.1).

Опір різанню визначається за формулою [30]:

$$P_p = (1 + ctg\alpha_{p\ tr}tg\delta)A_l B_{tr} h_{kop} \left[\frac{\gamma h_{kop}}{2} + c_\omega ctg\rho \left(1 - \frac{1}{A_1} \right) + p_{nl} \right], \quad (2.2)$$

де $\alpha_{p\ tr}$ – кут різання, град; δ – кут зовнішнього тертя, град; A_l – коефіцієнт кута нахилу площини, яка контактує з ґрунтом; B_{tr} – ширина різання, м; h_{kop} – глибина різання, м; γ – об'ємна маса ґрунту з непорушеною структурою, т/м³; c_ω – зчеплення ґрунту з непорушеною структурою, т/м²; ρ – кут внутрішнього тертя розроблюваного ґрунту, град; p_{nl} – питомий опір руху пласта у ковші т/м².

Питомий опір руху пласта ґрунту у КС:

$$p_{nl} = \frac{P_{пл}}{B_{tr}a}, \quad (2.3)$$

де $P_{пл}$ – опір підйому пласту від сил тертя по поверхням ковзання та ваги пласту, т.

$$a = k_{\psi} \cdot h_{\text{коп}}, \quad (2.4)$$

де a – ширина основи пласта, який витісняється; k_{ψ} – коефіцієнт кута зсуву.

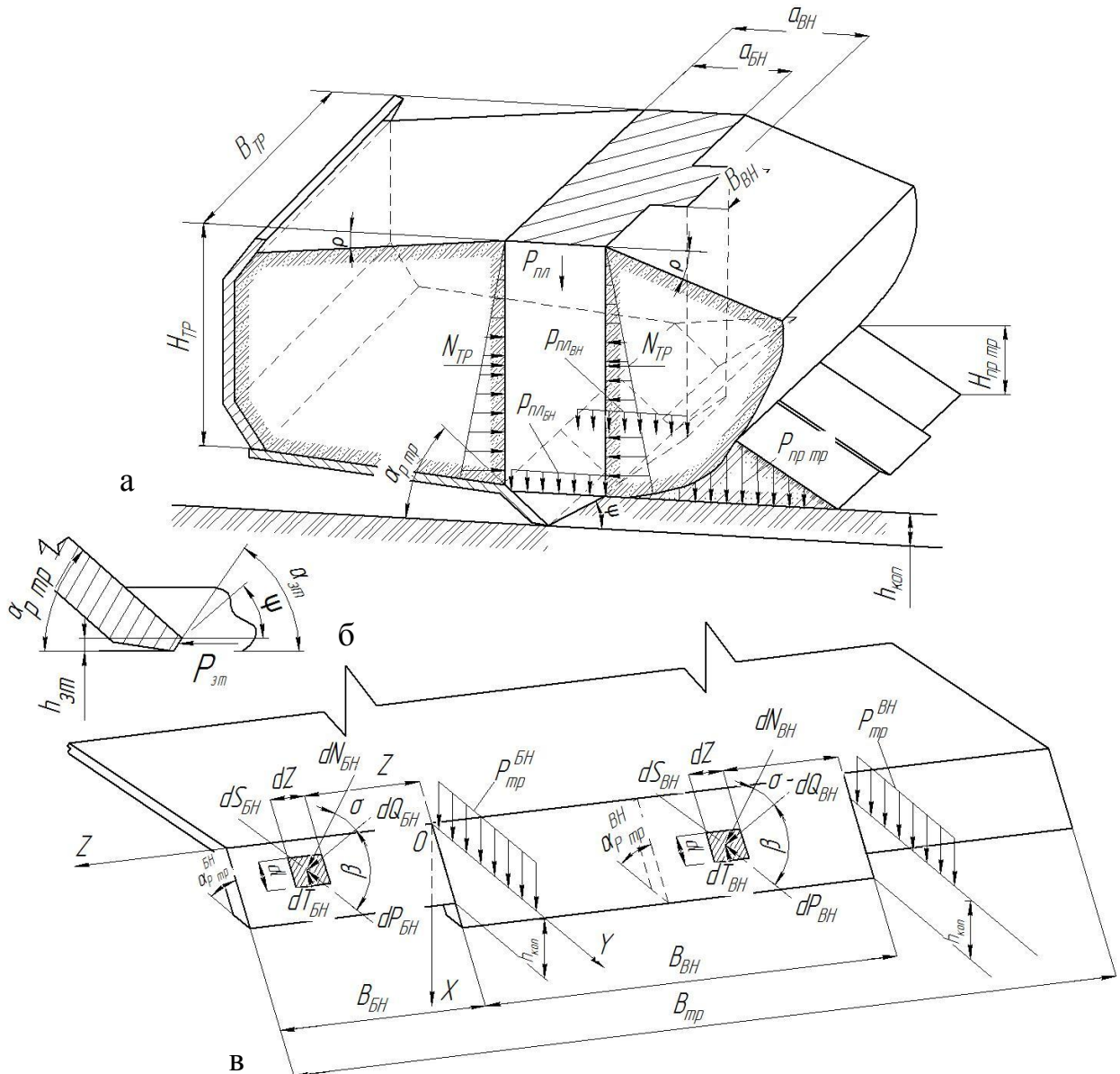


Рис.2.1. Розрахункова схема для визначення опору копанню ґрунту традиційним КС:

а - КС; б - область затуплення ріжучого ножа; в - схема різання ґрунту

плоским ножем

$$k_{\psi} = \frac{\operatorname{tg} \alpha_{\text{р гр}} + \operatorname{tg} \psi}{\operatorname{tg} \alpha_{\text{р гр}} \cdot \operatorname{tg} \psi}, \quad (2.5)$$

де ψ – кут зсуву (напрям сколу стружки), град.

Опір заповненню визначається за формулою [38]:

$$P_{zn} = 2A_3 t h_{\text{коп}} \left[\frac{\gamma h_{\text{коп}}}{2} + c_{\omega} ctg\rho \left(1 - \frac{1}{A_3} \right) \right], \quad (2.6)$$

де t – ширина бічного ножа, м; A_3 – коефіцієнт, який визначає нормальні напруження у замкнутій формі для невагомго середовища.

$$A_3 = \frac{\cos\delta(\cos\delta + \sqrt{\sin^2\rho - \sin^2\delta})}{1 - \sin\rho} \exp\left(\delta + \arcsin\frac{\sin\delta}{\sin\rho}\right) tg\rho. \quad (2.7)$$

Опір руху ґрунту, який витісняється з нижньої частини призми у верхню:

$$P_{nl} = k_{mp} \cdot \gamma_p \cdot \cos^2\rho \cdot tg\rho \frac{H_{\text{тр}}^2}{k_{\psi} h_{\text{коп}}} + \gamma_p H_{\text{тр}}; \quad (2.8)$$

$$k_{mp} = 1 + k_{\psi} \frac{h_{\text{коп}}}{B_{\text{тр}}}, \quad (2.9)$$

де k_{mp} – коефіцієнт, який враховує вплив опору на бокових поверхнях пласта (тертя по бокових стінках); γ_p – об'ємна маса ґрунту з порушеною структурою, т/м³.

A_1 – коефіцієнт кута нахилу площини, яка контактує з ґрунтом визначається відповідно за формулою:

$$A_1 = \frac{1 - \sin\rho \cdot \cos 2\alpha_p}{1 - \sin\rho}. \quad (2.10)$$

Опір від затуплення ріжучих ножів визначається за формулою:

$$P_{zm} = (1 + ctg\alpha_{\text{зт}} tg\delta_2) A_2 B_{\text{тр}} h_{\text{зт}} \left[\frac{\gamma h_{\text{зт}}}{2} + c_{\omega} ctg\rho \left(1 - \frac{1}{A_1} \right) + p_{nl} \right], \quad (2.11)$$

де $\alpha_{\text{зт}}$ – кут затуплення ножа, град; A_2 – величина коефіцієнта, яка визначається аналітично в залежності від кута затуплення $\alpha_{\text{зт}}$; $h_{\text{зт}}$ – висота затуплення ножа, м.

$$A_2 = \frac{\cos\delta(\cos\delta + \sqrt{\sin^2\rho - \sin^2\delta})}{1 - \sin\rho} \exp\left(\pi - 2\alpha_{\text{зт}} + \delta + \arcsin\frac{\sin\delta}{\sin\rho}\right) tg\rho. \quad (2.12)$$

Опір переміщенню призми волочіння визначається за формулою:

$$P_{np} = \gamma_p \cos^2\rho \frac{B_{\text{тр}} H_{\text{пр тр}}^2}{2}; \quad (2.13)$$

$$H_{\text{пр тр}} = 0,615 \cdot H_{\text{тр}}, \quad (2.14)$$

де $H_{\text{пр тр}}$ – висота призми волочіння КС традиційного виконання, м; $H_{\text{тр}}$ – висота КС.

Опір від переміщення скрепера на кінцевому етапі:

$$P_{пер} = (G_{zp} + G_{ск}) \cdot (f + i), \quad (2.15)$$

де G_{gp} – маса ґрунту у КС, т; $G_{ск}$ – маса скрепера, т; f – коефіцієнт опору руху ходового обладнання; i – нахил шляху, град.

Професором В.І. Баловнєвим розроблена математична модель опору заповненню КС традиційного типу [74].

У розгорнутому вигляді математична модель опору заповненню КС традиційного типу:

$$P_{кон} = (1 + ctg\alpha_p tg\delta) A_1 B_{тр} h_{кон} \left[\frac{\gamma h_{кон}}{2} + c_{\omega} ctg\rho \left(1 - \frac{1}{A_1} \right) + p_{пл} \right] + 2A_3 t h_{кон} \left[\frac{\gamma h_{кон}}{2} + c_{\omega} ctg\rho \left(1 - \frac{1}{A_3} \right) \right] + (1 + ctg\alpha_{зт} tg\delta_2) A_2 B_{тр} h_{зт} \left[\frac{\gamma h_{зт}}{2} + c_{\omega} ctg\rho \left(1 - \frac{1}{A_1} \right) + p_{пл} \right] + \gamma_p \cos^2 \rho \frac{B_{тр} H_{пр}^2}{2} + (G_{gp} + G_{ск}) \cdot (f + i) \quad (2.16)$$

Розрахунок процесу заповнення КС з НПД і ЗС маятникового типу проводиться аналогічно до традиційного розрахунку, але з деякими уточненнями: ущільнення ґрунту у ковші з НПД є меншим, за рахунок напівкруглої форми донної частини та ЗС.

Розрахункова схема процесу копання ґрунту КС з НПД та маятковою ЗС зображена на рисунку 2.2.

Опір різанню визначається за формулою [30]:

$$P_p = (1 + ctg\alpha_p tg\delta) A_1 B_{нпд} h_{кон} \left[\frac{K_{\gamma} \gamma h_{кон}}{2} + c_{\omega} ctg\rho \left(1 - \frac{1}{A_1} \right) + p_{пл} K_{\gamma} \right] \quad (2.17)$$

$$K_{\gamma} = \frac{\gamma_p}{\gamma} \quad (2.18)$$

де α_p – кут різання, град; $B_{нпд}$ – ширина різання, м. K_{γ} – коефіцієнт, який враховує зміну щільності ґрунту у ковші скрепера з НПД в порівнянні з традиційним ковшем і визначається експериментально.

Значення питомого руху пласта ґрунту у КС з НПД та ЗС маятникового типу потрібно приймати меншими, оскільки форма донної частини та ЗС сприяє меншому ущільненню ґрунту в середині ковша.

$$p_{пл} = \frac{P_{пл}}{B_{нпд} a}. \quad (2.19)$$

Опір від затуплення ріжучих ножів визначається аналогічно до традиційного з урахуванням значення питомого опору руху пласта ґрунту:

$$P_{зм} = (1 + ctg\alpha_{3Т} tg\delta_2) A_2 B_{нпд} h_{3Т} \left[\frac{\gamma h_{3Т}}{2} + c_{\omega} ctg\rho \left(1 - \frac{1}{A_1} \right) + p_{нл} \right]. \quad (2.20)$$

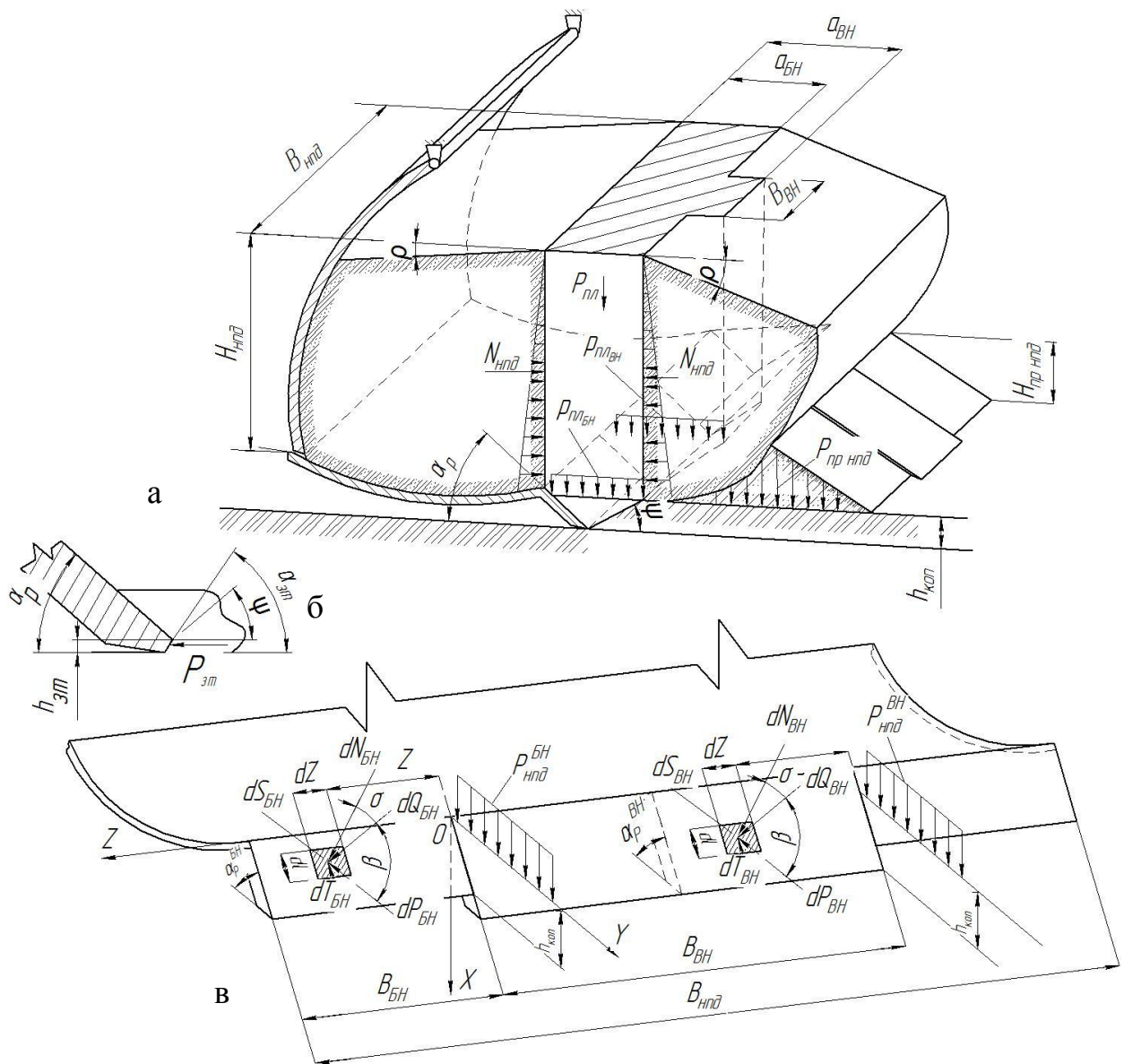


Рис. 2.2. Розрахункова схема для визначення опору копанню ґрунту скрепером з НПД та ЗС маятникового типу: а - КС; б - область затуплення ріжучого ножа; в - схема різання ґрунту плоским ножем

Опір переміщенню призми волочіння визначається за формулою:

$$P_{пр} = \gamma_p \cos^2 \rho \frac{B_{нпд} H_{пр нпд}^2}{2}; \quad (2.21)$$

$$H_{пр нпд} = 0,315 \cdot H_{нпд}, \quad (2.22)$$

де $H_{нпд}$ – висота КС, м; $H_{пр нпд}$ – висота призми волочіння КС з НПД, м; $B_{нпд}$ – ширина різання, м.

Значення коефіцієнту для визначення висоти призми волочіння приймаємо меншим, оскільки значення питомого опору руху пласта ґрунту менше, відповідно більша кількість ґрунту потрапляє у ківш, а не накопичується у призмі.

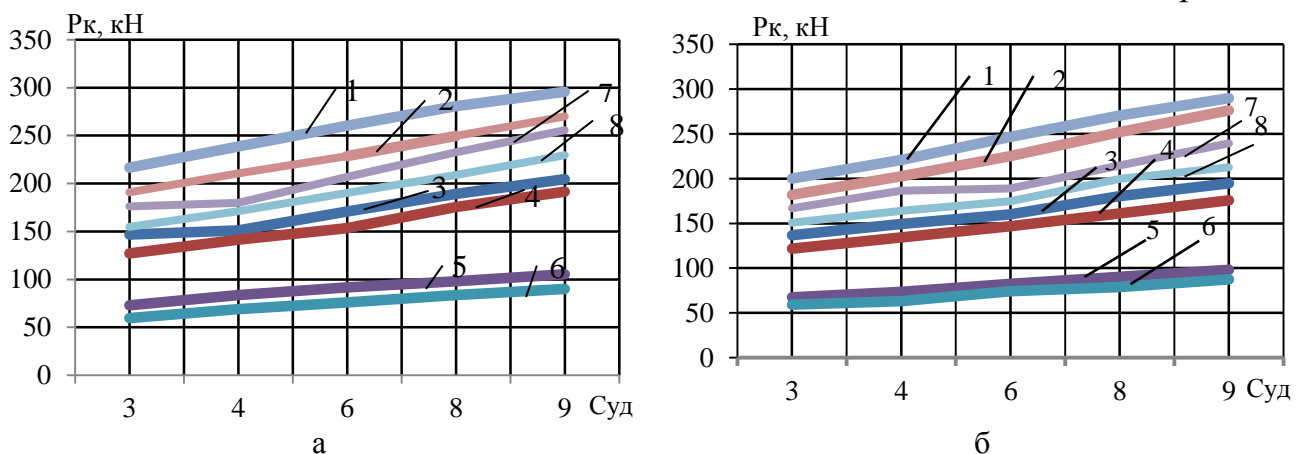
У розгорнутому вигляді математична модель опору заповнення КС з НПД:

$$P_{\text{коп}} = (1 + ctg\alpha_p tg\delta) A_1 B_{\text{нпд}} h_{\text{коп}} \left[\frac{K_\gamma \gamma h_{\text{коп}}}{2} + c_\omega ctg\rho \left(1 - \frac{1}{A_1} \right) + p_{\text{нл}} K_\gamma \right] + 2A_3 t h_{\text{коп}} \left[\frac{\gamma h_{\text{коп}}}{2} + c_\omega ctg\rho \left(1 - \frac{1}{A_3} \right) \right] + (1 + ctg\alpha_{3\text{т}} tg\delta_2) A_2 B_{\text{нпд}} h_{3\text{т}} \left[\frac{\gamma h_{3\text{т}}}{2} + c_\omega ctg\rho \left(1 - \frac{1}{A_1} \right) + p_{\text{нл}} K_\gamma \right] + \gamma_p \cos^2 \rho \frac{B_{\text{нпд}} H_{\text{пр нпд}}^2}{2} + (G_{2p} + G_{ск}) \cdot (f+i). \quad (2.23)$$

Аналіз математичної моделі опору заповнення КС показує, що на кінцевому етапі заповнення ковша максимальне значення опору ґрунту копанню $P_{\text{коп}}$ є функцією геометричних параметрів ковша, фізико-механічних властивостей ґрунту [98-101] та режиму копання, що визначається товщиною стружки $h_{\text{коп}}$ і кутом різання α_p .

Чисельний аналіз залежностей опору ґрунту копанню $P_{\text{коп}}$ від типу ґрунту показаний на графіках рис.2.3. Розглядався процес заповнення КС ДЗ-87-1, Д-357, Д-523 Товщина стружки $h_{\text{коп}}$ змінювалась в інтервалі 80...280 мм.

Початок рис. 2.3



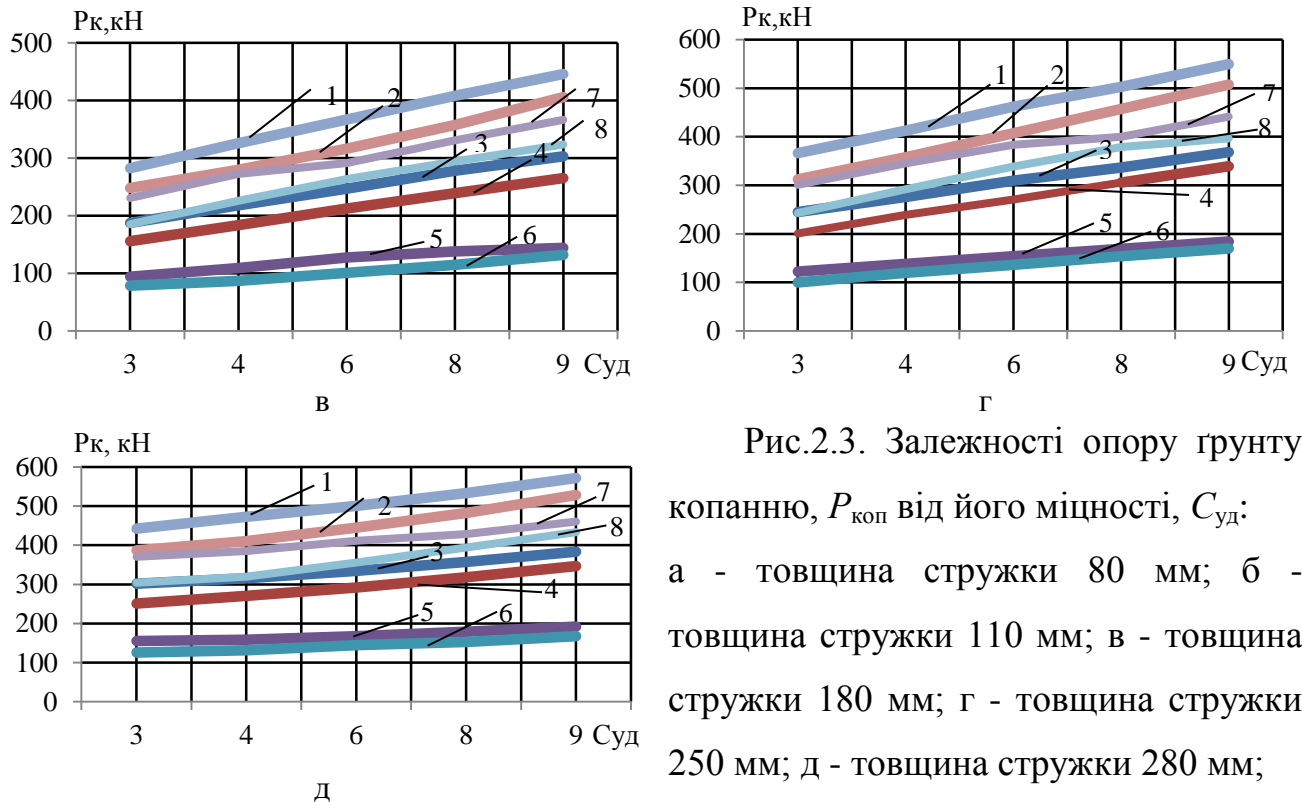


Рис.2.3. Залежності опору ґрунту копанню, $P_{коп}$ від його міцності, $C_{уд}$:
а - товщина стружки 80 мм; б - товщина стружки 110 мм; в - товщина стружки 180 мм; г - товщина стружки 250 мм; д - товщина стружки 280 мм;

1 - ківш традиційного виконання, $q=12\text{м}^3$; 2 - ківш з НПД та розвантаженням маятникового типу, $q=12\text{м}^3$; 3 - ківш традиційного виконання, $q=8\text{м}^3$; 4 - ківш з НПД та розвантаженням маятникового типу, $q=8\text{м}^3$; 5 - ківш традиційного виконання, $q=4\text{м}^3$; 6 - ківш з НПД та розвантаженням маятникового типу, $q=4\text{м}^3$; 7 – дані отримані експериментальним шляхом, ківш традиційного виконання, $q=8\text{м}^3$; 8 - дані отримані експериментальним шляхом, ківш з НПД та розвантаженням маятникового типу, $q=8\text{м}^3$

2.2. Математична модель процесу розвантаження ґрунту з ковша скрепера традиційного виконання

Робочий процес скрепера включає в себе набір ґрунту, транспортування його до місця відсипки та розвантаження. Процес розвантаження починається з підйому передньої заслінки. Після осипання ґрунту з передньої заслінки вмикається привід ЗС та відбувається розвантаження ґрунту з КС. Традиційні способи розрахунку сил, які діють при розвантаженні ковша не дають можливості описати процес повністю, а лише дозволяють розрахувати

максимальне зусилля, яке потрібне при розвантаженні [51,102]. Тому зусилля, які виникають в процесі розвантаження невідомі.

Одним із напрямів вирішення означеної проблеми є створення теоретичного розрахунку, який враховує кількість залишкового ґрунту у ковші протягом усього періоду розвантаження.

Для теоретичного розрахунку сил, які виникають при розвантаженні ковша, за основу був взятий скрепер Д-357 з примусовою системою розвантаження (рис. 2.4) [45,92,103].

Сила, необхідна для розвантаження ґрунту з КС (рис. 2.5), визначається за формулою:

$$F = F_{\delta} + F_{\sigma} + F_{\kappa} + F_j, \quad (2.24)$$

де F_{δ} - сила тертя ґрунту по днищу ковша; F_{σ} - сила тертя ґрунту по бічних стінках ковша; F_{κ} - сила опору коченню роликів ЗС; F_j - сила інерції поступального руху маси ґрунту і ЗС при ввімкненні механізму розвантаження ґрунту з КС.

Сила тертя ґрунту по днищу ковша:

$$F_{\delta} = \mu_1 G_{zp} = \mu_1 \frac{q \gamma_{\Gamma} k_3}{k_p}, \quad (2.25)$$

де μ_1 – коефіцієнт тертя ґрунту по сталі; q - геометрична місткість ковша в м³; γ_{Γ} - об'ємна вага ґрунту в природному заляганні в кг/м³; k_3 – коефіцієнт заповнення ковша ґрунтом; k_p – коефіцієнт розпушення ґрунту.

За розрахункове положення приймається початок пересування ЗС при повному завантаженні ковша ґрунтом і відкритій передній заслінці.

Для розрахунку маси ґрунту, яка залишилася у КС потрібно зробити ряд допущень: після відкриття передньої заслінки, у передній частині ковша ґрунт приймає форму природнього відкосу; частина ґрунту, яка залишилася у ковші, у верхній частині заповнює ківш повністю без відкосів від середньої частини; ЗС має форму відвала бульдозера.

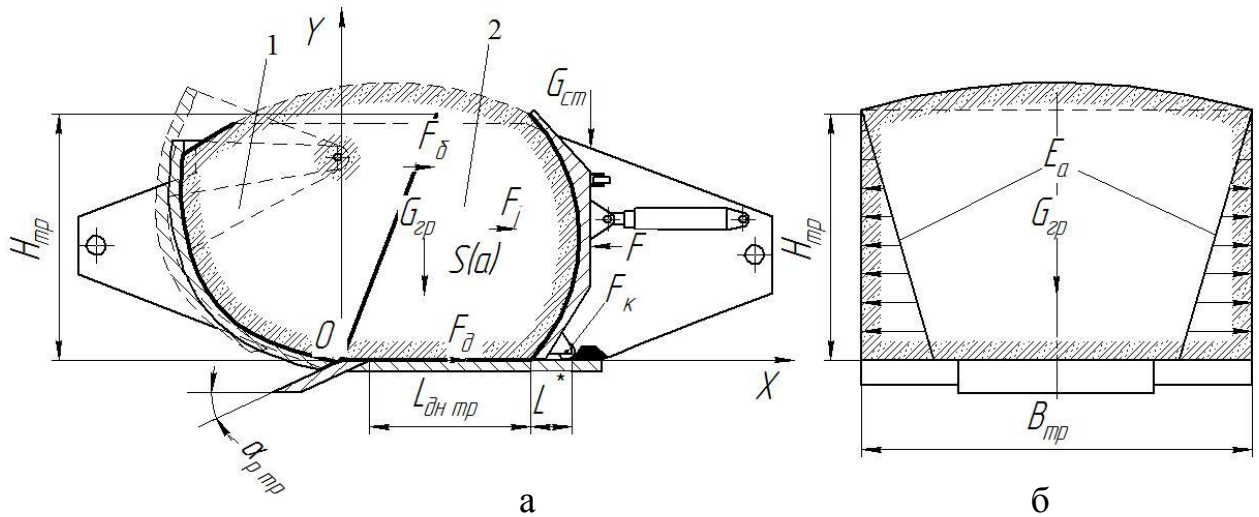


Рис. 2.4. Схема зусиль, які діють при розвантаженні ґрунту з КС традиційного типу: 1 - ківш у заповненому стані; 2 - об'єм ґрунту у ківші при відкритій передній заслінці; а – вид збоку; б – вид спереду

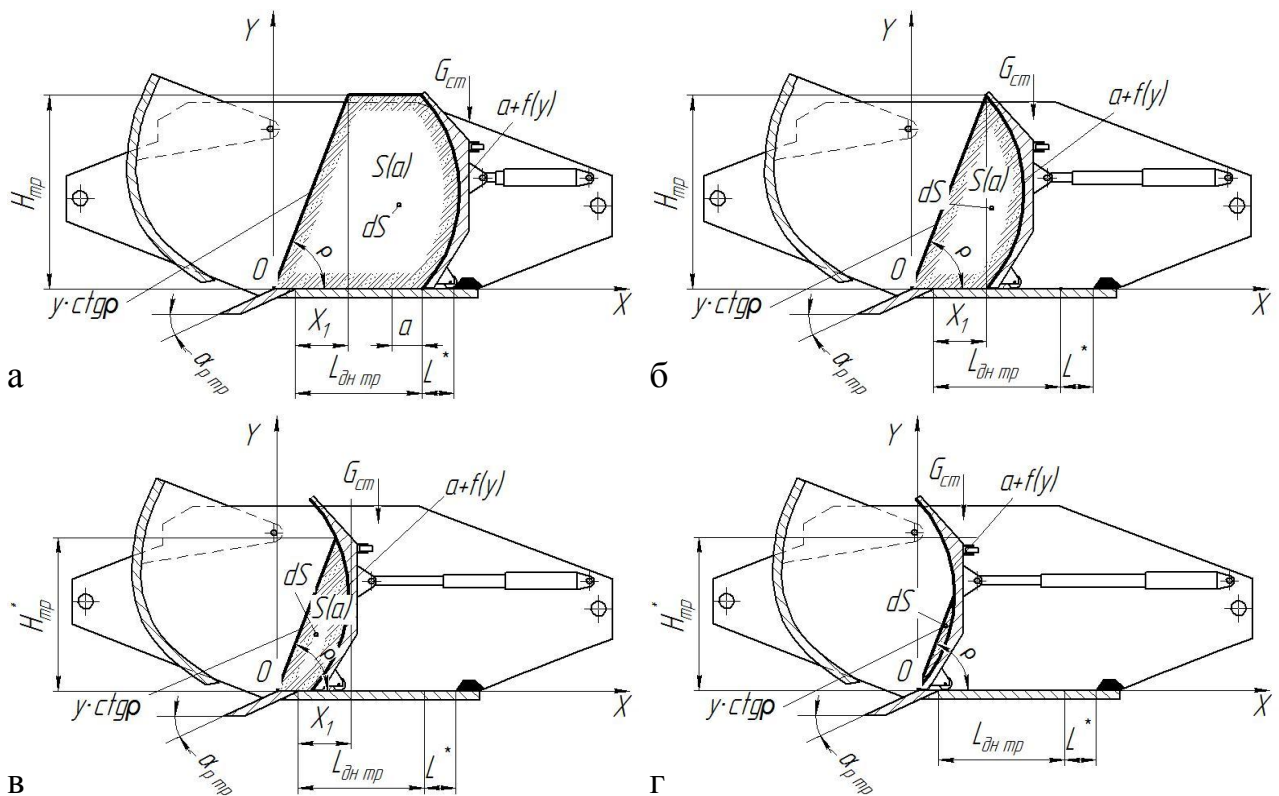


Рис. 2.5. Схема для розрахунку площі повздовжнього перерізу КС традиційного типу, яку займає ґрунт: а – початок розвантаження; б – початок зменшення висоти рівня ґрунту у ківші; в – зменшення висоти рівня ґрунту у ківші; г – кінцева стадія розвантаження

Обчислювання виконувались за допомогою програми Mathcad 15.

Повздовжній переріз КС дає можливість визначити площу $S(a)$, яку займає ґрунт у ковші (рис.2.5):

$$S(a) = \begin{cases} \iint S(H_{\text{тр}}) dS = \int_0^{H_{\text{тр}}^*} dy \int_{y \text{ ctg} \rho}^{a+f(y)} \gamma dx, \text{ якщо } a + f(H_{\text{тр}}) > H_{\text{тр}} \text{ ctg} \rho; \\ \iint S(H_{\text{тр}}^*) dS = \int_0^{H_{\text{тр}}^*} dy \int_{y \text{ ctg} \rho}^{a+f(y)} \gamma dx, \text{ якщо } a + f(H_{\text{тр}}^*) \leq H_{\text{тр}}^* \text{ ctg} \rho, \end{cases}$$

де a – умовний крок руху ЗС.

Сила тертя ґрунту об бічні стінки ковша:

$$F_{\bar{o}} = 2 \mu_1 E_a, \quad (2.26)$$

де E_a - активний тиск ґрунту на бічну стінку ковша.

$$E_a = \gamma_e \frac{H_{\text{тр}}^2}{2} L_{\text{дн тр}} \text{tg}^2(45^\circ - \frac{\varphi_2}{2}), \quad (2.27)$$

де $L_{\text{дн тр}}$ – довжина днища ковша; $H_{\text{тр}}$ – висота заповнення ковша ґрунтом;
 φ – кут внутрішнього тертя.

Сила опору коченню роликів ЗС по днищу ковша:

$$F_k = f \cdot G_{cm}, \quad (2.28)$$

де G_{cm} - вага ЗС (вага ЗС скрепера Д-357 = 590 кг); f - коефіцієнт опору коченню роликів, $f = 0,10 \sim 0,15$.

Сила інерції руху ґрунту і ЗС:

$$F_j = \left(\frac{q\gamma_{\Gamma} k_3}{k_p} + G_{cm} \right) \frac{v_c}{9,81t}, \quad (2.29)$$

де v_c - швидкість руху ЗС (0,2 м/с); t - час розгону (2с).

Математична модель зусилля розвантаження:

$$F = \mu_1 \frac{q\gamma_{\Gamma} k_3}{k_p} + 2 \mu_1 E_a + f G_{cm} + \left(\frac{q\gamma_{\Gamma} k_3}{k_p} + G_{cm} \right) \frac{v_c}{9,81t}. \quad (2.30)$$

Для розрахунків процесу розвантаження застосовувалася програма Microsoft Excel.

В результаті розрахунків отримані залежності зміни маси ґрунту у КС в процесі його розвантаження (рис. 2.6). Дані залежності дозволяють визначити кількість ґрунту у КС при будь-якому положенні ЗС.

Алгоритм розрахунку зусилля розвантаження ґрунту з КС представлено на рис. 2.7.

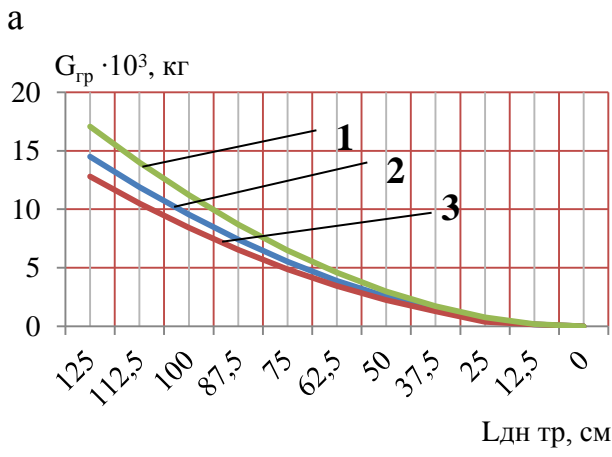
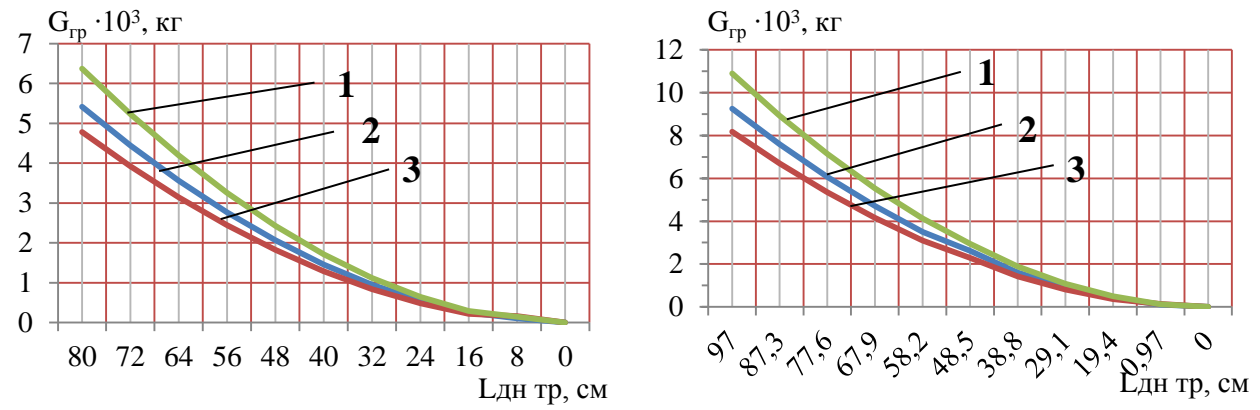


Рис. 2.6. Залежність зміни маси ґрунту від положення ЗС відносно довжини днища скрепера: а – скрепер ДЗ-87-1($q=4\text{м}^3$); б - скрепер Д-357($q=8\text{м}^3$); в – скрепер Д-523($q=12\text{м}^3$); 1 – ґрунт щільністю 1800 кг/м^3 ; 2 – ґрунт щільністю 1700 кг/м^3 ; 3 – ґрунт щільністю 1600 кг/м^3

в

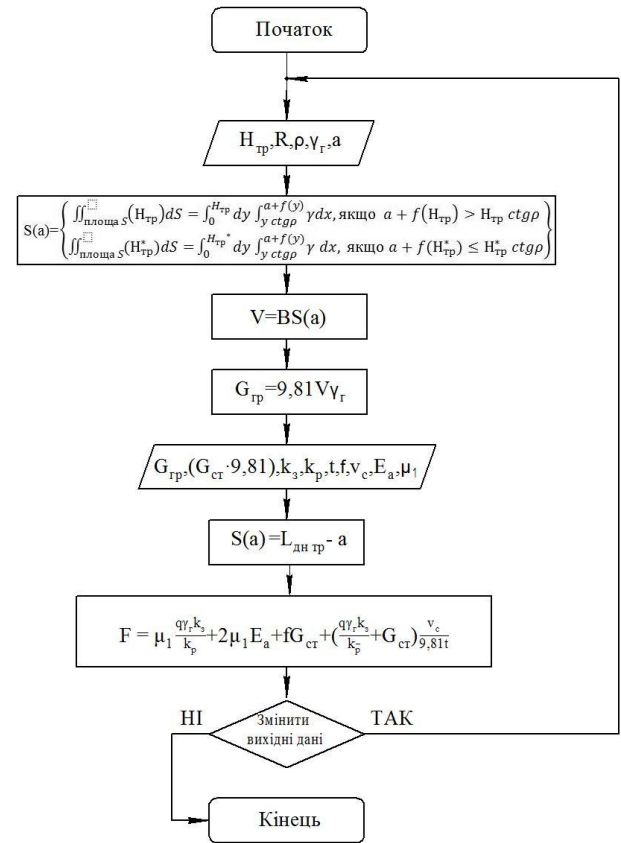
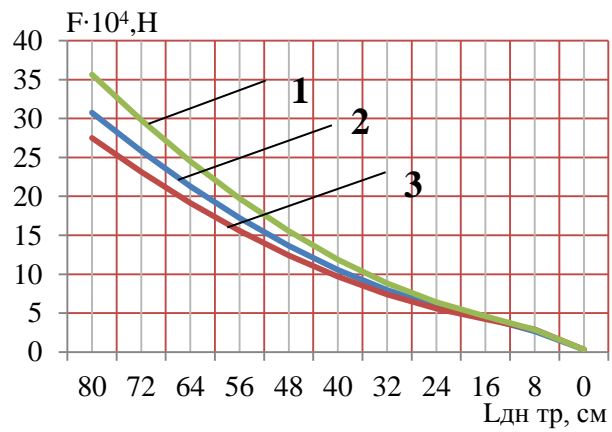
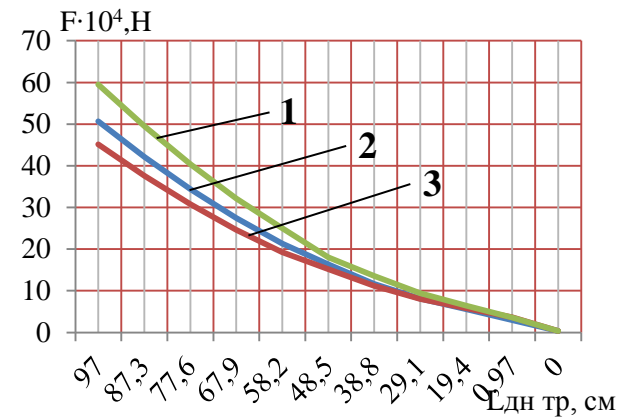


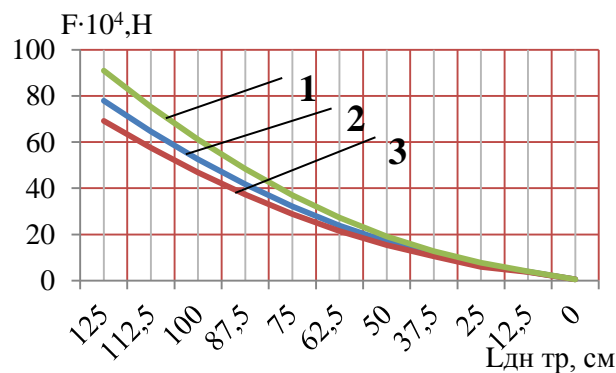
Рис. 2.7. Алгоритм розрахунку зусилля розвантаження ґрунту з КС



а



б



в

Рис. 2.8. Залежність зміни зусилля розвантаження від положення ЗС відносно довжини днища скрепера:
 а – скрепер ДЗ-87-1($q=4\text{м}^3$); б - скрепер Д-357($q=8\text{м}^3$); в – скрепер Д-523($q=12\text{м}^3$); 1 – ґрунт щільністю 1800 кг/м^3 ; 2 – ґрунт щільністю 1700 кг/м^3 ; 3 – ґрунт щільністю 1600 кг/м^3

Залежність зміни зусилля розвантаження від положення ЗС відносно довжини днища скрепера отримано на рисунку 2.8. На відміну від традиційного розрахунку, теоретичні значення зусилля, які виникають в період розвантаження, можна розрахувати для проміжного положення ЗС відносно днища КС.

2.3. Математична модель процесу розвантаження ґрунту із ковша скрепера обладнаного напівкруглим днищем

Для теоретичного розрахунку сил, які виникають при розвантаженні КС з НПД, за основу був взятий скрепер Д - 357 з примусовою системою розвантаження [45,92,103].

Сила, яка необхідна для розвантаження ґрунту з КС, обладнаного НПД, визначається за формулою (рис. 2.9):

$$F = F_{\delta} + F_{\delta} + F_{cm} + F_j, \quad (2.31)$$

де F_{δ} – сила тертя ґрунту по днищу КС; F_{δ} – сила тертя ґрунту по бічних стінках ковша; F_{cm} – сила опору руху ЗС; F_j – сила інерції поступального руху маси ґрунту при ввімкненні механізму розвантаження ґрунту з КС.

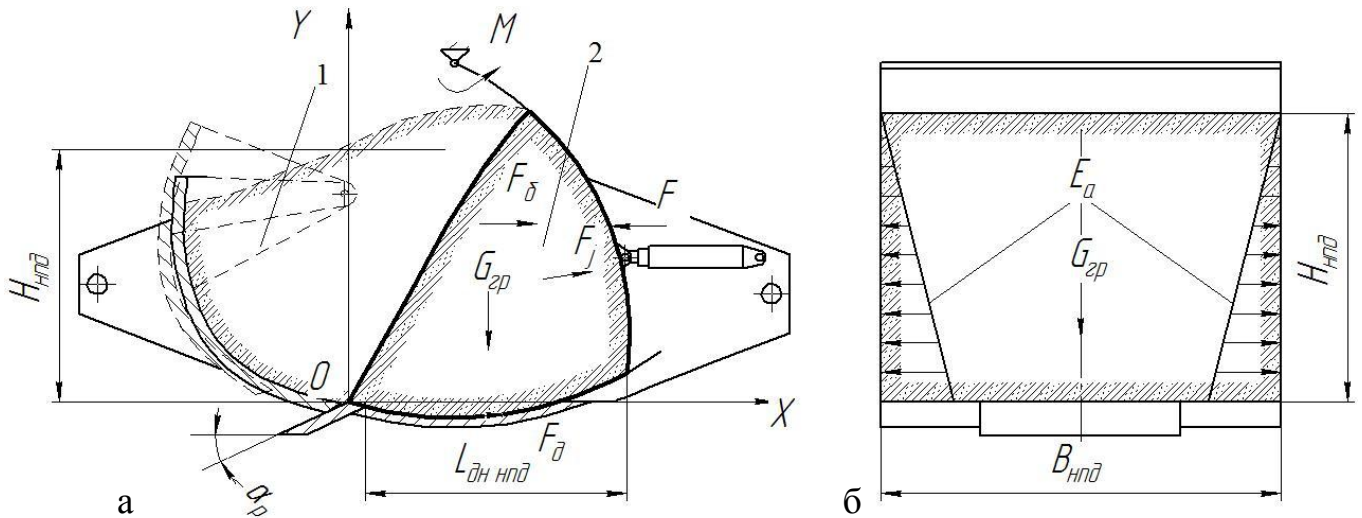


Рис. 2.9. Схема зусиль, які діють при розвантаженні ґрунту з КС, обладнаного НПД: а – вид збоку; б – вид спереду; 1 – ківш у заповненому стані; 2 – об'єм ґрунту у ковші при відкритій передній заслінці

Сила тертя ґрунту по днищу ковша:

$$F_{\delta} = \mu_1 G_{zp} = \mu_1 \frac{q\gamma_{\Gamma}k_3}{k_p}. \quad (2.32)$$

За розрахункове положення приймається початок пересування ЗС при повному завантаженні ковша ґрунтом і відкритій передній заслінці.

Для розрахунку маси ґрунту, яка залишилася у КС потрібно зробити ряд допущень таких же як і для КС традиційного типу.

Поперечний переріз КС дає можливість визначити площу $S(ad)$, яку займає ґрунт у ковші (рис. 2.10). Для розрахунку потрібні початкові дані: $H_{нпд}$ – висота КС; h – відстань від вісі підвісу ЗС до рівня ґрунту у ковші; R – радіус донної частини КС; r – радіус, який описує точка Е розташована на середині ЗС; ρ – щільність ґрунту; γ_{gp} – кут природнього відкосу ґрунту; α_a , α_c – кути, які задаються в залежності від параметрів КС та вказують на початкове та крайнє положення ЗС; Q – початковий об'єм ґрунту; $S'(ad)$ – об'єм розвантаженого ґрунту; A – точка крайнього положення ЗС; B , B_l – точки, які визначають рівень

грунту у КС; C – точка початкового положення ЗС; D – деяке положення ЗС, при якому змінюється рівень ґрунту у ковші (збільшується значення h); S_1 – площа верхнього сектору; S_2 – площа нижнього сектору.

Підрахунки даної площі виконувались за допомогою програми Mathcad15.

Сила тертя ґрунту об бічні стінки ковша:

$$F_{\delta} = 2 \mu_1 E_a; \quad (2.33)$$

$$E_a = \gamma_2 \frac{H_{\text{нпд}}^2}{2} L_{\text{дн нпд}} \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi_2}{2} \right), \quad (2.34)$$

де $L_{\text{дн нпд}}$ – довжина днища ковша; $H_{\text{нпд}}$ – висота наповнення ковша ґрунтом.

Сила опору руху ЗС [104,105,106]:

$$F_{cm} = \frac{M}{h}, \quad (2.35)$$

де M – модуль моменту ЗС; h – плече сили F_{cm} .

Сила інерції ґрунту:

$$F_j = \frac{q\gamma_{\Gamma}k_3}{k_p} \frac{v_c}{9,81t}, \quad (2.36)$$

де v_c – швидкість руху ЗС (0,2 м/с); t – час розгону (2 с).

Після підстановки складових величин остаточно отримаємо математичну модель для визначення зусилля розвантаження:

$$F = \mu_1 \frac{q\gamma_{\Gamma}k_3}{k_p} + 2 \mu_1 E_a + M/h + \frac{q\gamma_{\Gamma}k_3}{k_p} \frac{v_c}{9,81t}. \quad (2.37)$$

Алгоритм розрахунку зусилля розвантаження ґрунту з КС обладнаного НПД представлено на рисунку 2.11.

У результаті розрахунків отримані залежності зміни маси ґрунту в КС у процесі його розвантаження (рис. 2.12). Дані залежності дозволяють визначити кількість ґрунту у КС при різному положенні ЗС.

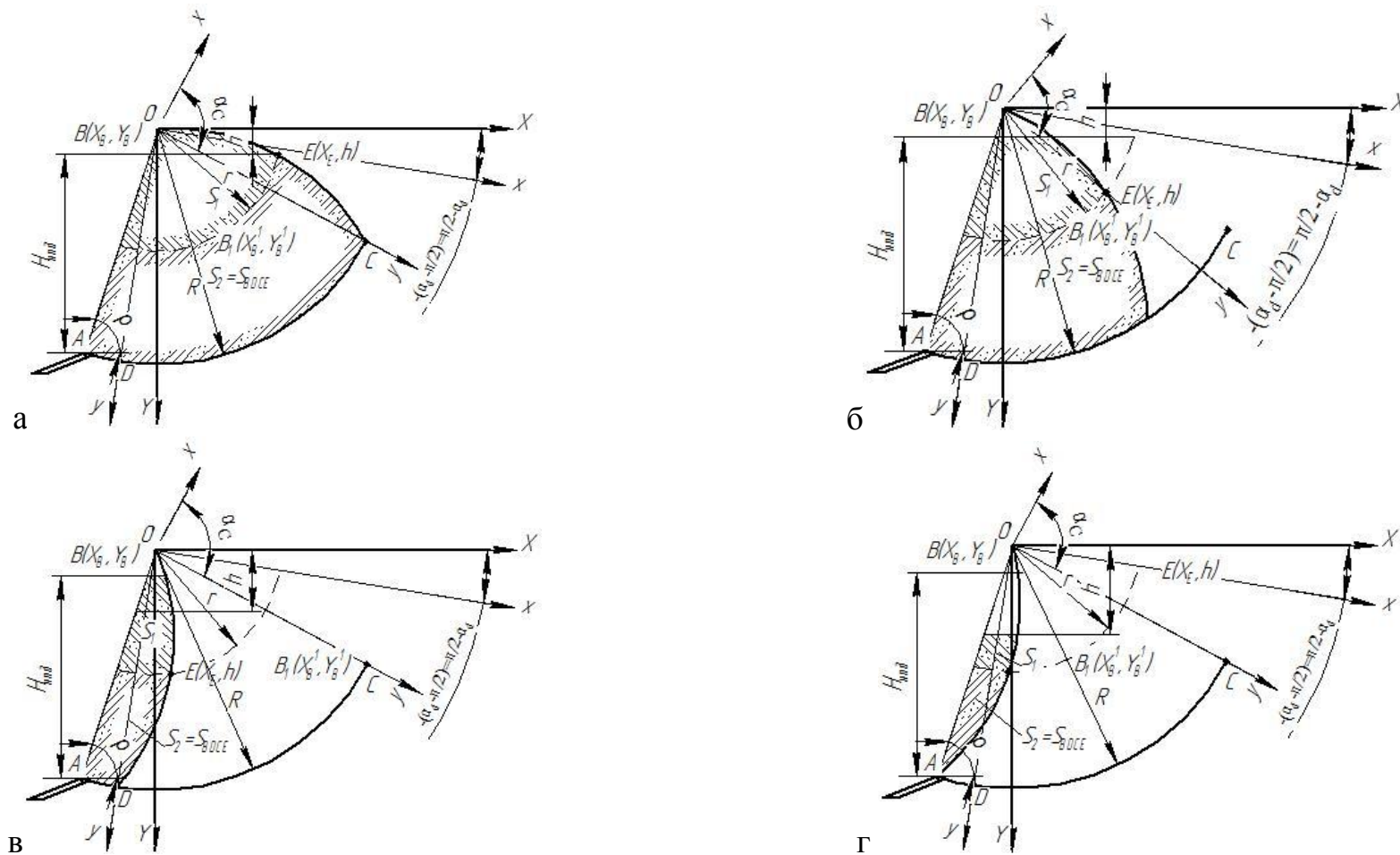


Рис. 2.10. Схема для розрахунку площі повздовжнього перерізу КС з НПД, яку займає ґрунт: а – початок розвантаження; б – початок зменшення висоти рівня ґрунту у ковші; в – зменшення висоти рівня ґрунту у ковші; г – кінцева стадія розвантаження

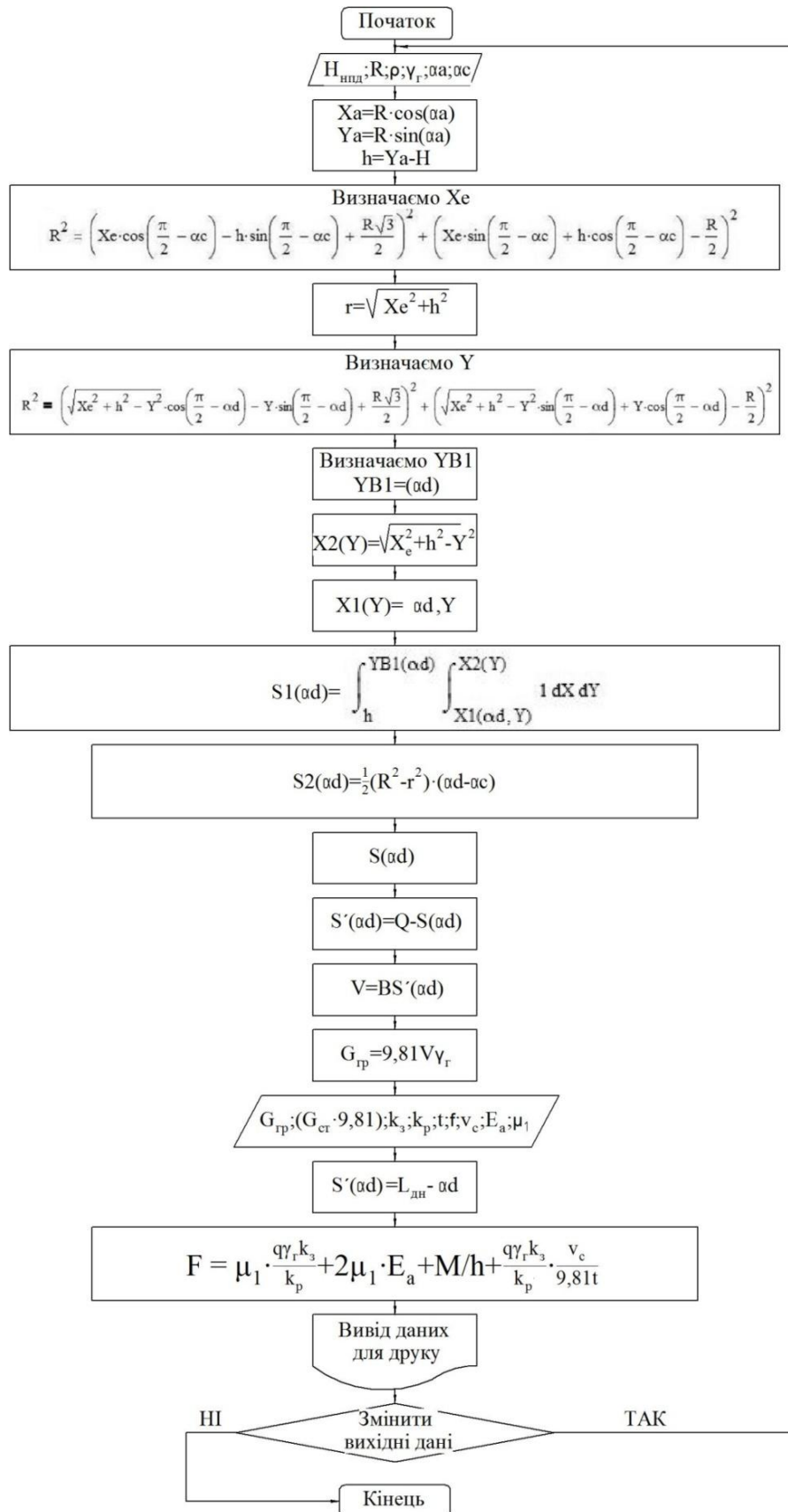


Рис. 2.11. Алгоритм розрахунку зусилля розвантаження ґрунту з КС, обладнаного НПД

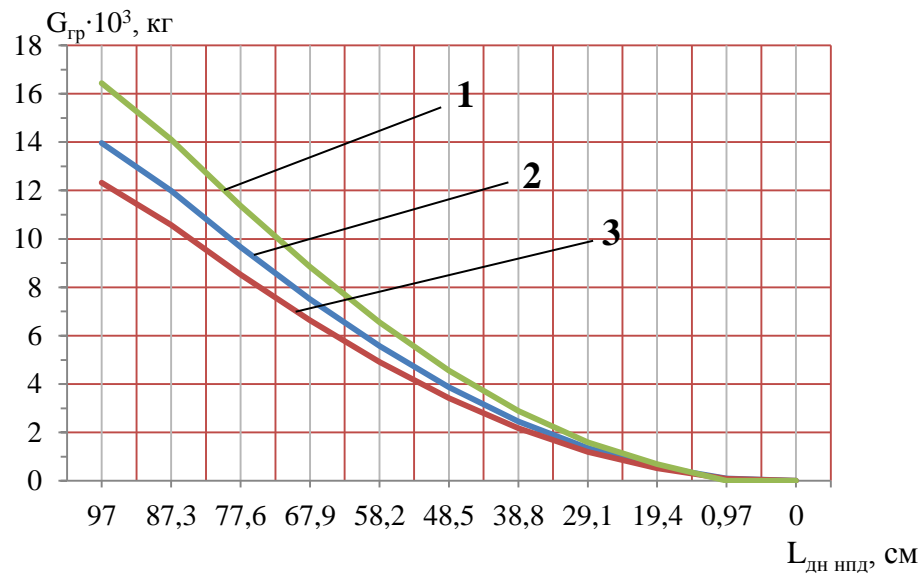


Рис. 2.12. Залежність зміни маси ґрунту $G_{гр}$ від положення ЗС відносно довжини днища $L_{дн нпд}$ скрепера Д-357($q=8м^3$):

1 – ґрунт щільністю 1800 кг/м^3 ; 2 – ґрунт щільністю 1700 кг/м^3 ; 3 – ґрунт щільністю 1600 кг/м^3

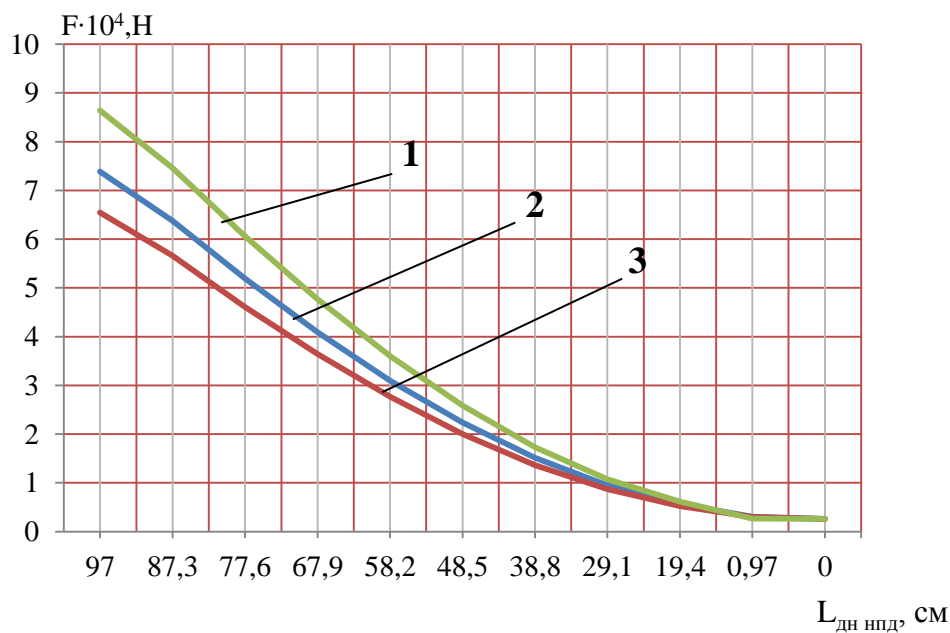


Рис. 2.13. Залежність зміни зусилля розвантаження F від положення ЗС відносно довжини днища $L_{дн нпд}$ скрепера Д-357($q=8м^3$):

1 – ґрунт щільністю 1800 кг/м^3 ; 2 – ґрунт щільністю 1700 кг/м^3 ; 3 – ґрунт щільністю 1600 кг/м^3

Залежність зміни зусилля розвантаження від положення ЗС відносно довжини днища скрепера отримано на рисунку 2.13. На відміну від традиційного розрахунку, теоретичні значення зусилля, які виникають в період розвантаження, можна розрахувати для проміжного положення ЗС відносно днища КС.

2.4. Висновки по розділу

1. Розроблені математичні моделі опору копання з урахуванням особливостей конструкції КС з НПД та розвантаженням маятникового типу із ЗС відвальної форми, в яких враховано вплив опору різанню, опору від переміщення призми волочіння;

2. Теоретичний розрахунок показує ефективність конструкції КС з НПД та ЗС маятникового типу на різних типах ґрунтів;

3. Розрахункові значення зусилля копання $P_{\text{коп}}$ зменшуються на 10...15% в порівнянні з КС традиційного виконання за рахунок зменшення значення опору питомого руху пласта ґрунту у КС, зменшення значень опору переміщення призми волочіння.

4. Для розглянутих КС розроблені математичні моделі процесу розвантаження КС, які враховують довжину днища, висоту ковша, щільність набраного ґрунту, кут природнього осипання ґрунту і дозволяють розраховувати залежність зміни маси ґрунту від положення ЗС відносно довжини днища скрепера, а також зусилля, які необхідні для його розвантаження.

5. Теоретичний розрахунок дозволяє визначати опір розвантаженню для обраного КС традиційного виконання з примусовою системою розвантаження.

6. Для розглянутих КС розроблені математичні моделі процесу розвантаження, які враховують: силу тертя ґрунту по днищу ковша; силу тертя ґрунту по бічних стінках ковша; силу опору коченню роликів підвісу ЗС; силу інерції поступального руху маси ґрунту і ЗС при ввімкненні механізму

розвантаження ґрунту з КС; довжину днища; висоту ковша; щільність набраного ґрунту; кут природнього осипання ґрунту і дозволяють розраховувати залежність зміни маси ґрунту від положення ЗС відносно довжини днища скрепера, а також зусилля, які необхідні для його розвантаження;

7. Теоретичний розрахунок дозволяє визначати: опір розвантаження для КС з НПД; зміну маси ґрунту у ковші від положення ЗС відносно довжини днища скрепера для щільності ґрунту 1600-1800 кг/м³.

8. Розроблений алгоритм для розглянутих КС дозволяє розраховувати силу опору розвантаженню.

РОЗДІЛ 3

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ КОПАННЯ І РОЗВАНТАЖЕННЯ СКРЕПЕРА ТРАДИЦІЙНОГО ТИПУ І З НАПІВКРУГЛИМ ДНИЩЕМ

3.1. Стенд, лабораторне обладнання, апаратура для вимірювання та дослідження робочих процесів ковшів скреперів

Для проведення експериментальних досліджень використовувалось наступне обладнання та вимірювальні прилади: фізичні моделі КС в масштабі, $K_1=10$; стенд для фізичного моделювання робочих процесів ЗТМ; комплект тензометричних приладів; модель щільноміра, $K_1=10$; лінійка металева; пристрій для тарювання вимірювальної системи; тарировочні гирі; ґрунтообробне знаряддя.

Головним обладнанням для проведення експериментальних досліджень є лабораторний стенд [107], схема якого показана на рис.3.1.

Стенд складається з рами 7, ґрунтового контейнера 9, тензометричного візка 14, електродвигуна 4, центрального пульта управління 1. Переміщення моделей досліджуваних КС 12 забезпечується тензометричним візком 14. Тензометричний візок 14 за допомогою опорних і направляючих роликів рухається по напрямним балкам 8 рами 7. Його рух забезпечується приводом, який складається із електродвигуна постійного струму 4, 3-х ступінчатої коробки передач, 2-х ступінчатого редуктора 5, клиноремінної передачі, приводного валу 6, веденого валу 19 та приводного канату 18. Досліджувані моделі 12 монтуються на Г-подібному кронштейні 13, який жорстко закріплений на робочій панелі паралелограмного механізму 17. Паралелограмний механізм за допомогою гвинтового пристрою 16 забезпечує підйом та опускання досліджуваних моделей КС без зміни

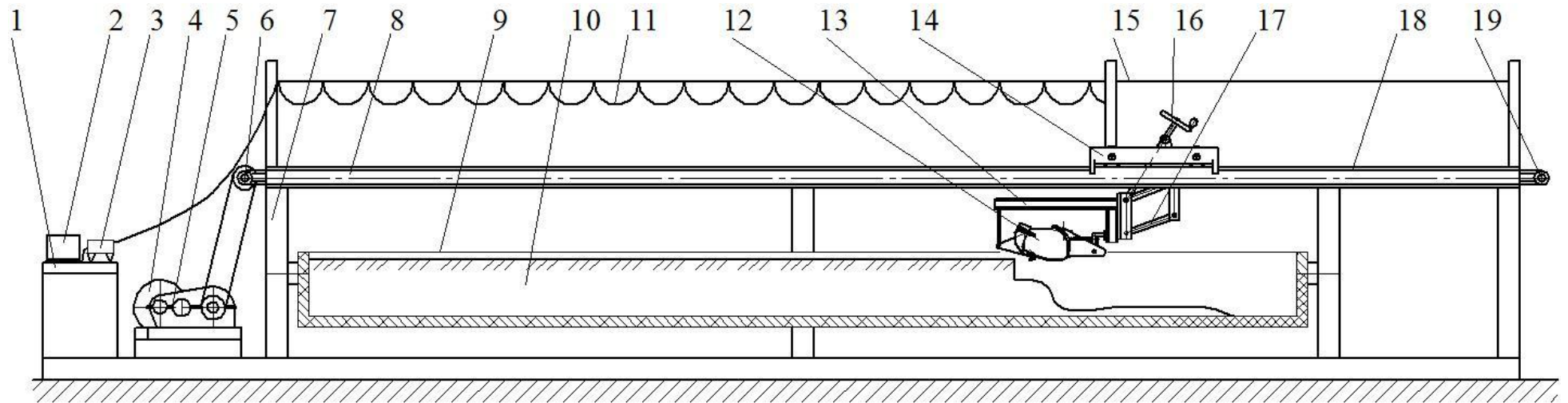


Рис.3.1. Стенд для фізичного моделювання робочих процесів ЗТМ:

- 1 - пульт управління; 2 -ПК; 3 - тензометричний блок АЦП; 4 – електродвигун; 5 – редуктор; 6 - приводний вал; 7 - рама;
 8 - напрямні балки; 9 - ґрунтовий контейнер; 10 - ґрунт; 11 - екрановані кабелі для з'єднання тензометрів з АЦП; 12 -
 модель КС; 13 - Г-подібний кронштейн; 14 – тензометричний візок; 15 – струна; 16 – управління паралелограмним
 механізмом; 17 - паралелограмний механізм; 18 – приводний канат;
 19 - ведений вал

кута в поздовжньо вертикальній площині. Технічна характеристика стенда для фізичного моделювання робочих процесів ЗТМ представлена в Таблиці.3.1.

Таблиця 3.1

Технічна характеристика стенда для фізичного моделювання робочих процесів ЗТМ

№ п/п	Найменування параметру	Розмірність	Числові значення
1	Габаритні розміри стенда	м	9,5×1,5×1,7
2	Геометричні розміри ґрунтового контейнера	м	6,0×0,6×0,35
3	Об'єм ґрунту у контейнері	м ³	1,2
4	Межі зміни швидкості тензометричного візка	м/с	0,04-1,2
5	Потужність двигуна привода тензометричного візка	кВт	4,0
6	Маса стенда	кг	2500

Ґрунтовий контейнер 9 заповнено легким супіском 10, який дозволяє моделювати різні ґрунтові характеристики.

З'єднання АЦП 3 з тензорезисторами тензометричного візка забезпечується екранованим кабелем 11, який рухається по струні 15. З'єднання з ПК 2 відбувається через кабель USB.

Загальний вигляд стенда і пульта керування показано на фото рис.3.2; 3.3 відповідно. Фізична модель КС, яку встановлено на стенд показано на фото рис.3.4, привод стенда на рис.3.5.

Вимірювальна система стенда, блок-схема якої показана на рис.3.6, складається з трьох тензометричних ланок, одного АЦП, одного ПК з програмою для розшифровки сигналу. Тензометричні ланки для вимірювання опору копанню (рис.3.7, а) являють собою колінчаті кронштейни, на яких наклеєні тензорезистори $R_1, R_2, R_3, R_4, R_5, R_6, R_7, R_8$. Тензорезистори R_9, R_{10} слугують для вимірювання опору розвантаженню (рис.3.7, б). Конструкція тензорезисторів та система з'єднання датчиків дозволяють проводити незалежне вимірювання діючих на досліджуваний РО зусиль в

горизонтальному і вертикальному напрямках. Загальний вигляд АЦП і ПК показано на фото рис.3.8; 3,9.

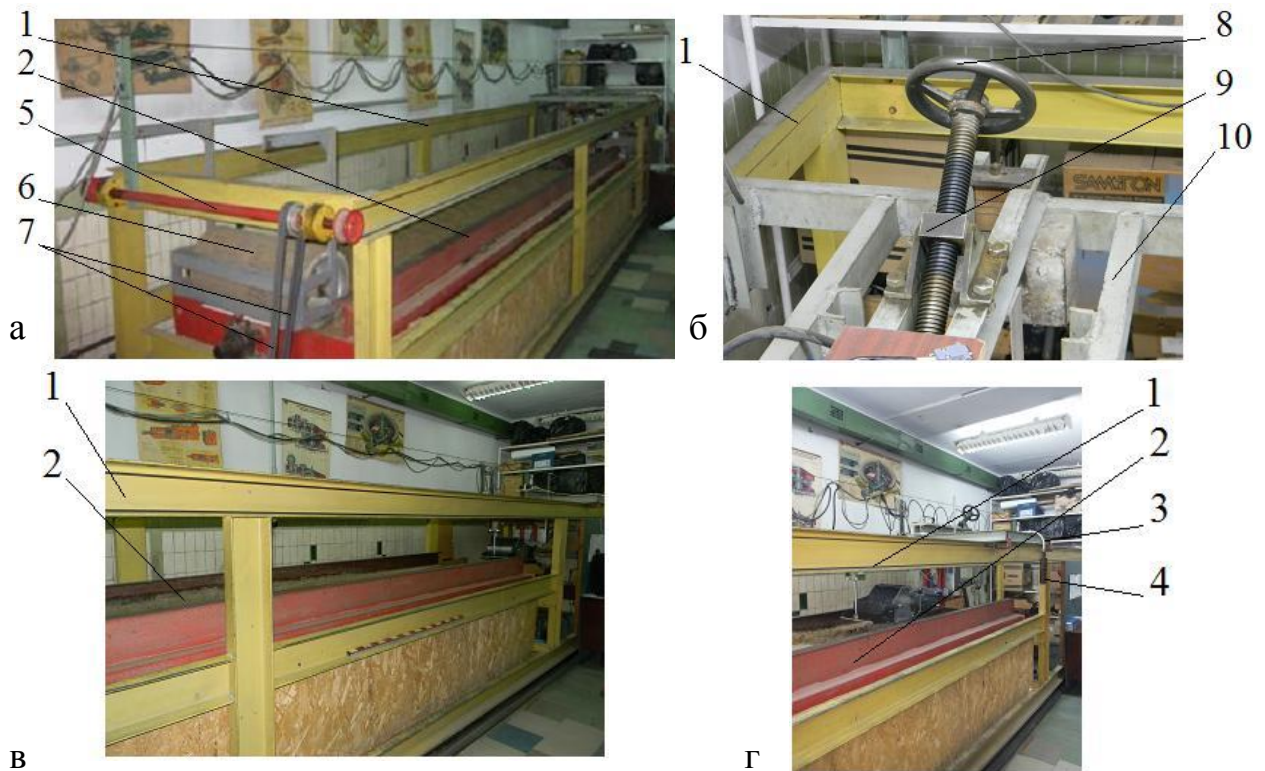


Рис.3.2. Стенд для фізичного моделювання робочих процесів ЗТМ:

а – вид передньої частини стенда; б – гвинт паралелограмного механізма; в – вид середньої частини стенда; г – вид задньої частини стенда; 1 – рама; 2 – ґрунтовий контейнер; 3 – модель; 4 – пульт; 5 - приводний вал; 6 - коток для ущільнення ґрунту; 7 – клиновидні ремені; 8 - управління паралелограмним механізмом; 9 - гайка; 10 - тензометричний візок



Рис.3.3. Пульт стенда для фізичного моделювання робочих процесів ЗТМ:

1 – реостати; 2 – керування рухом тензометричного візка

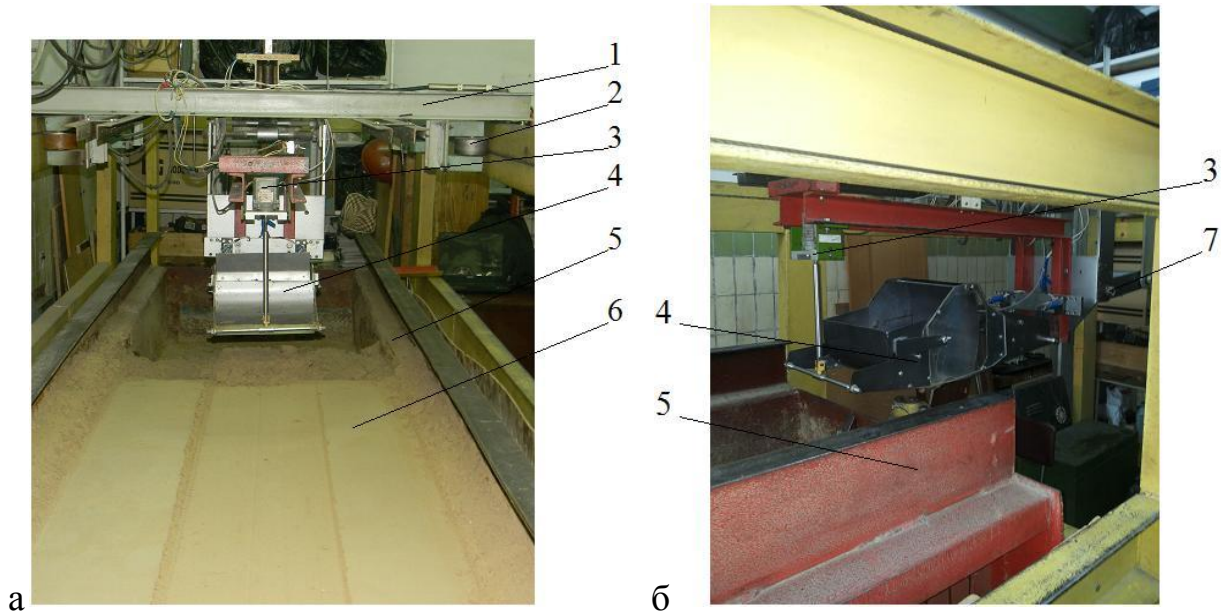


Рис.3.4. Фізична модель КС на стенді для фізичного моделювання робочих процесів ЗТМ:

1 – тензOMETричний візок; 2 – опорні ролики; 3 – механізм підймання та опускання ковша; 4 - ківш; 5 – ґрунтовий канал; 6 – ґрунт; 7 - паралелограмний механізм



Рис.3.5. Привод стенда для фізичного моделювання робочих процесів ЗТМ:

1 - електродвигун; 2 – приводний вал; 3 - клиновидні ремені; 4 – електрогідравлічні гальма; 5 – коробка передач; 6 - редуктор

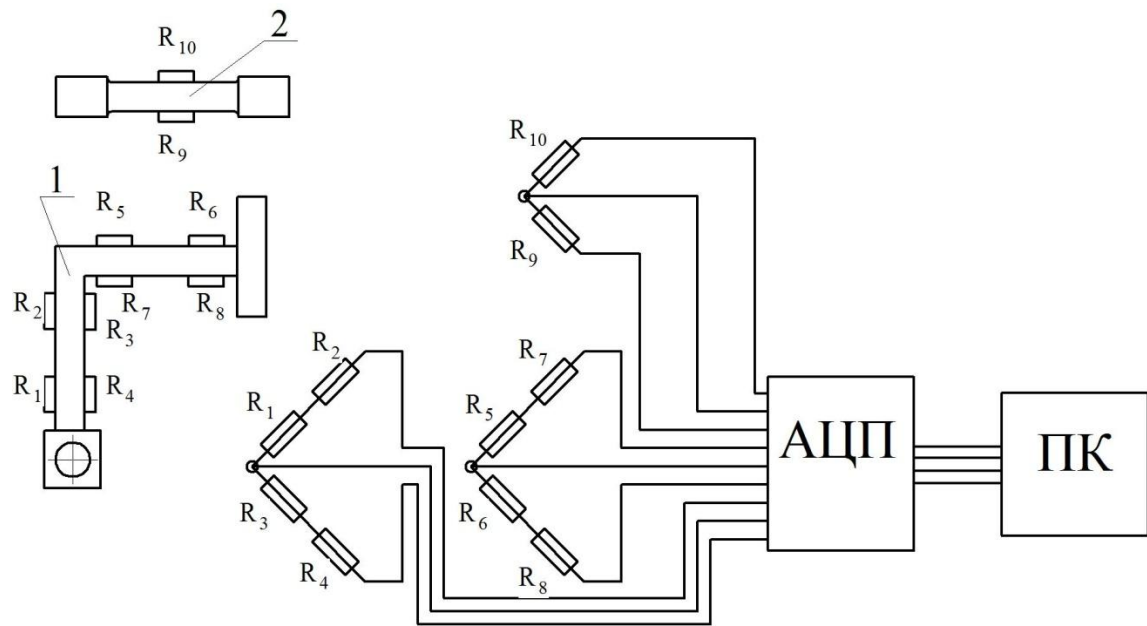


Рис.3.6. Блок-схема вимірювальної системи стенда:

1 - Г-подібний кронштейн з тензорезисторами для вимірювання опору копанню; 2 – елемент механізму розвантаження з тензорезисторами приводу ЗС; R₁, R₂, R₃, R₄ - тензорезистори лівого колінчатого кронштейну; R₅, R₆, R₇, R₈ - тензорезистори правого колінчатого кронштейну; R₉, R₁₀ – тензорезистори механізму розвантаження

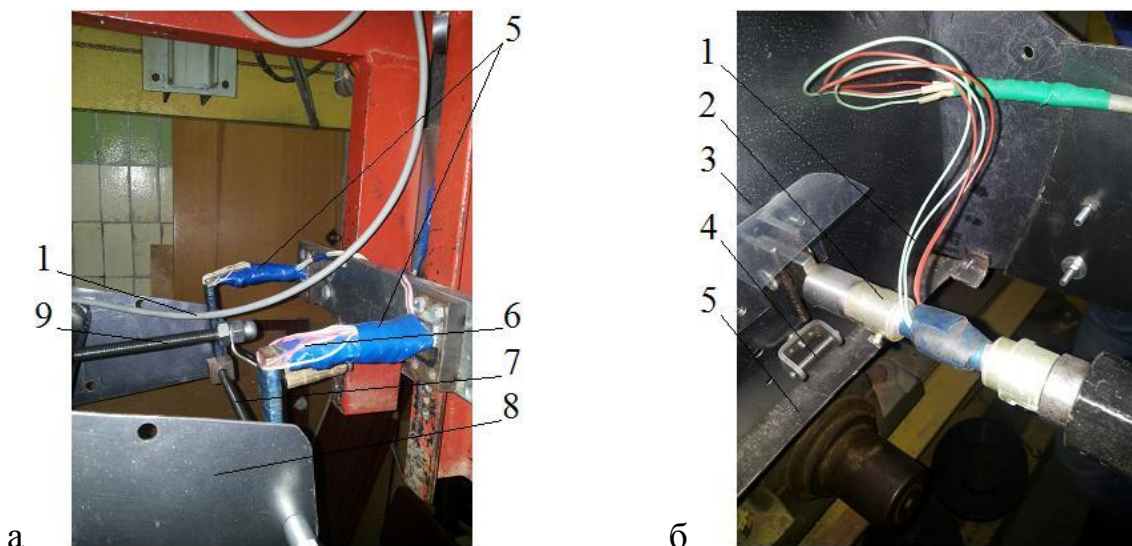


Рис.3.7. Загальний вигляд тензорезисторів:

а - тензорезистори ковша; б - тензорезистори приводу ЗС; 1 – провід тензорезисторів ; 2 – тяга приводу; 3 – ЗС; 4 – кріплення для механізму тарирування зусиль, які виникають на штоку приводу ЗС; 5 – днище ковша; 6 – Г-подібний кронштейн; 7 – задня вісь підвісу КС; 8 – бокова стінка КС



Рис.3.8. Загальний вигляд приладу для вимірювання (АЦП):

1 – блок ; 2 – індикатор робочого стану АЦП; 3 – кабель USB для з'єднання з ПК; 4 – порти DB9 для з'єднання з тензорезисторами; 5 – роз'єм DB9; 6 – кабель для з'єднання з тензорезисторами; 7 – тензометричний візок

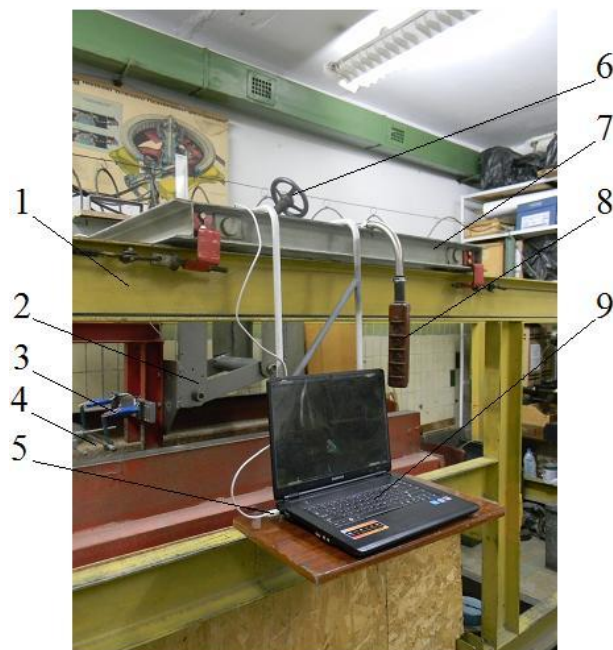


Рис.3.9. Установка вимірювальної системи стенда для фізичного моделювання робочих процесів ЗТМ:

1 – рама стенда; 2 – паралелограмний механізм; 3 – Г-подібний кронштейн; 4 – бокова стінка ковша скрепера; 5 – кабель USB для з'єднання з ПК; 6 – управління паралелограмним механізмом; 7 – тензометричний візок; 8 – пульт; 9 – ПК

Перед проведенням кожної серії дослідів вимірювальна система підлягала тарируванню (рис.3.10; рис.3.11) з метою визначення відповідності величини відхилення приладу від нульового положення в залежності від заданої величини діючого на РО в заданому напрямі тарируючого зусилля. Для проведення тарирування вимірювальної системи в конструкції навіски досліджуваного обладнання передбачено спеціальний блок 6, який показаний на рисунку 3.10. Навантаження досліджуваного органу визначеним зусиллям досягається канатом 8, один кінець якого під'єднується за допомогою спеціального гачка до леза ножа, а до іншого, який огинає блок, підвішується гакова підвіска з каліброваними гирями. Дана схема використовується для тарирування вимірювальної системи на сприйняття РО горизонтальних зусиль.

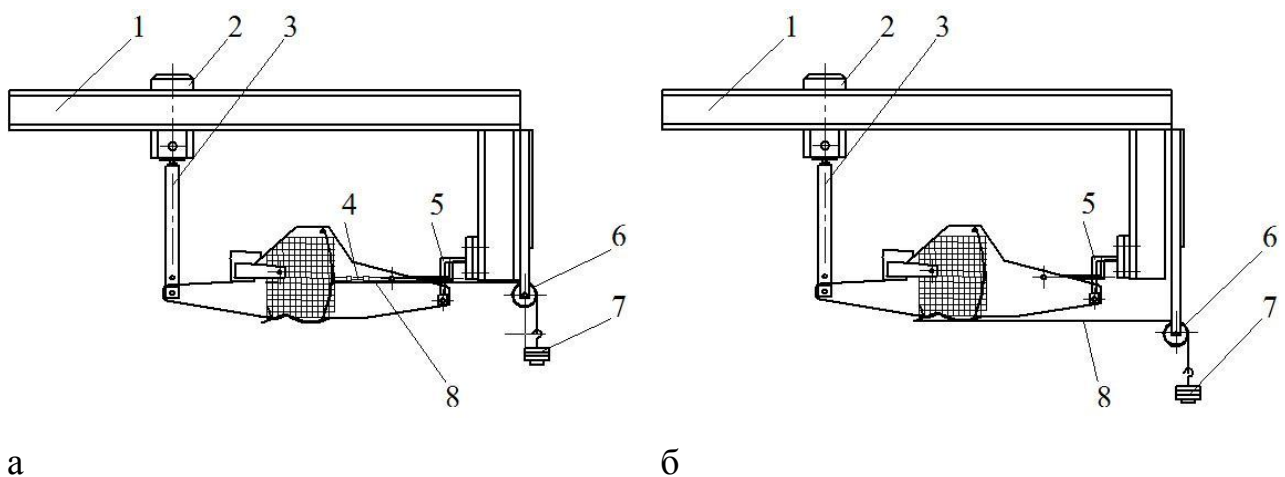


Рис.3.10. Схема тарирування вимірювальної системи:

а - тарирування тензорезисторів механізму розвантаження ЗС; б - тарирування тензорезисторів для визначення зусилля копання; 1 – рама; 2 – привод для опускання ковша; 3 – передня підвіска ковша; 4 – тензорезистори приводу ЗС; 5 – тензорезистори для визначення зусилля копання; 6 – блок гакової підвіски; 7 - тарирувальні гири; 8 - канат

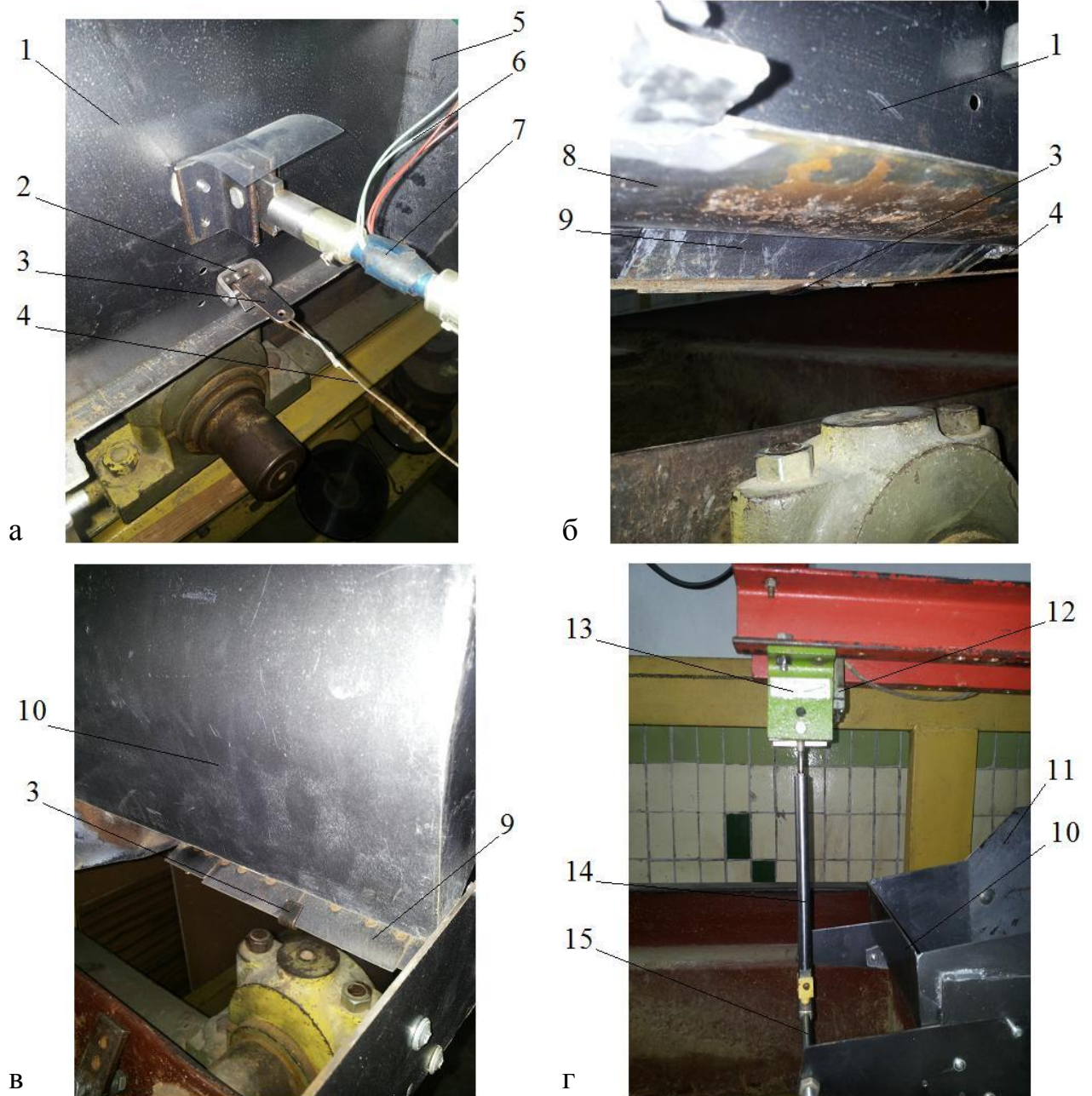
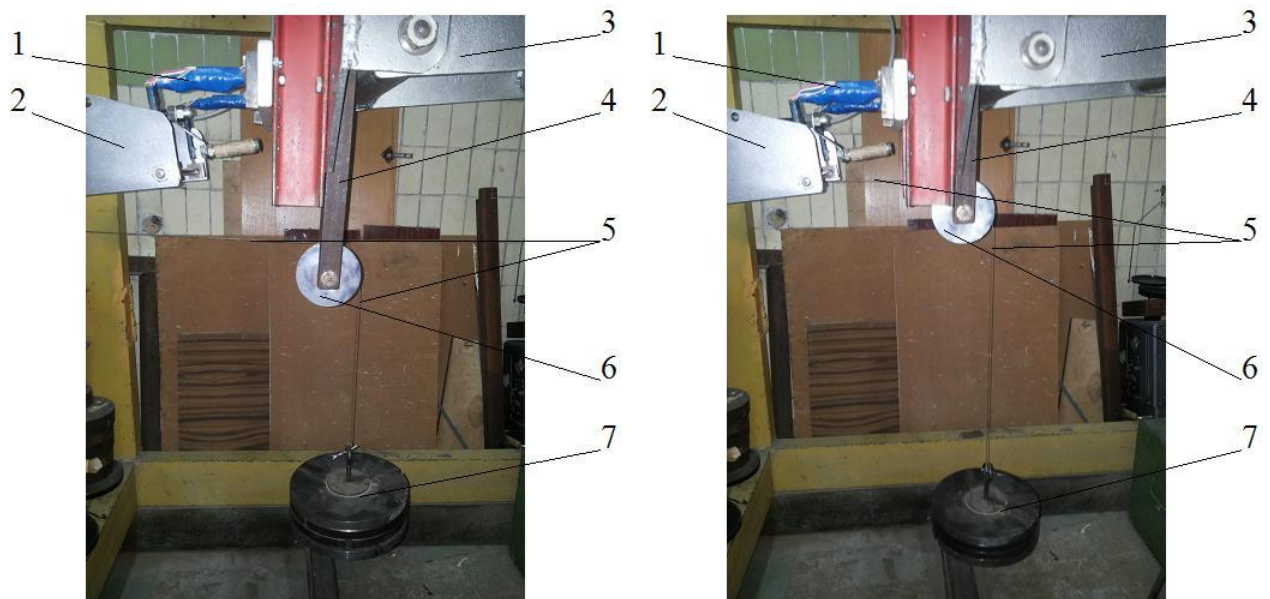


Рис.3.11. Тарировка тензорезисторів :

а – кріплення каната до ЗС; б - кріплення каната до леза ножа скрепера (вид знизу); в - кріплення каната до леза ножа скрепера (вид зверху); г – передній підвіс КС на стенді; 1 – ЗС; 2 - кріплення для механізму тарирування зусиль, які виникають на штоку приводу ЗС; 3 – крюк для кріплення канату; 4 - канат; 5,11 – бокова стінка; 6 – провід тензометра; 7 – тензометр; 8 – днище ковша; 9 - ніж; 10 – передня заслінка; 12 – електродвигун для регулювання висоти підйому ковша; 13 – кронштейн підвісу передньої частини ковша; 14 – штанга переднього підвісу; 15 – передня вісь підвісу



а

б

Рис.3.12. Фотограми тарировки вимірювальної системи стенда:
 а - тарирування тензорезисторів механізму розвантаження ЗС; б -
 тарирування тензорезисторів для визначення зусилля копання; 1 –кронштейн;
 2 – бокова стінка КС; 3 – паралелограмний механізм; 4 – штанга кріплення
 блока; 5 - канат; 6 – блок гакової підвіски; 7 - тарировочні гирі

Тарировка вимірювальної системи (рис 3.12) здійснювалась наступним чином: 1 – при розвантаженій гаковій підвісці виконувалось балансування напівмостів тензорезисторів; 2 – записувалось нульове положення програмою на ПК; 3 - під'єднувався до леза ножа КС тарировочний канат, послідовно навантажуючи гакову підвіску каліброваними гирями заданої ваги (4 – 5 шт.). При кожному навантаженні змінювались значення, які показує програма; 4 – після установки останньої тарировочної гирі послідовно розвантажувалась гакова підвіска. Процес тарировки фіксувала програма. Після закінчення розвантаження зберігаємо файл дослідження програми. Відкриваємо його для аналізу.

В результаті виконаних дій отримуємо тарировочну осцилограму, загальний вигляд якої показано на рисунку 3.13, а. Використовуючи тарировочну осцилограму, визначаємо відповідність величини відхилення

значень l_i від нульового положення в залежності від навантаження відповідних тензорезисторів G_i (рис. 3.13, б, в).

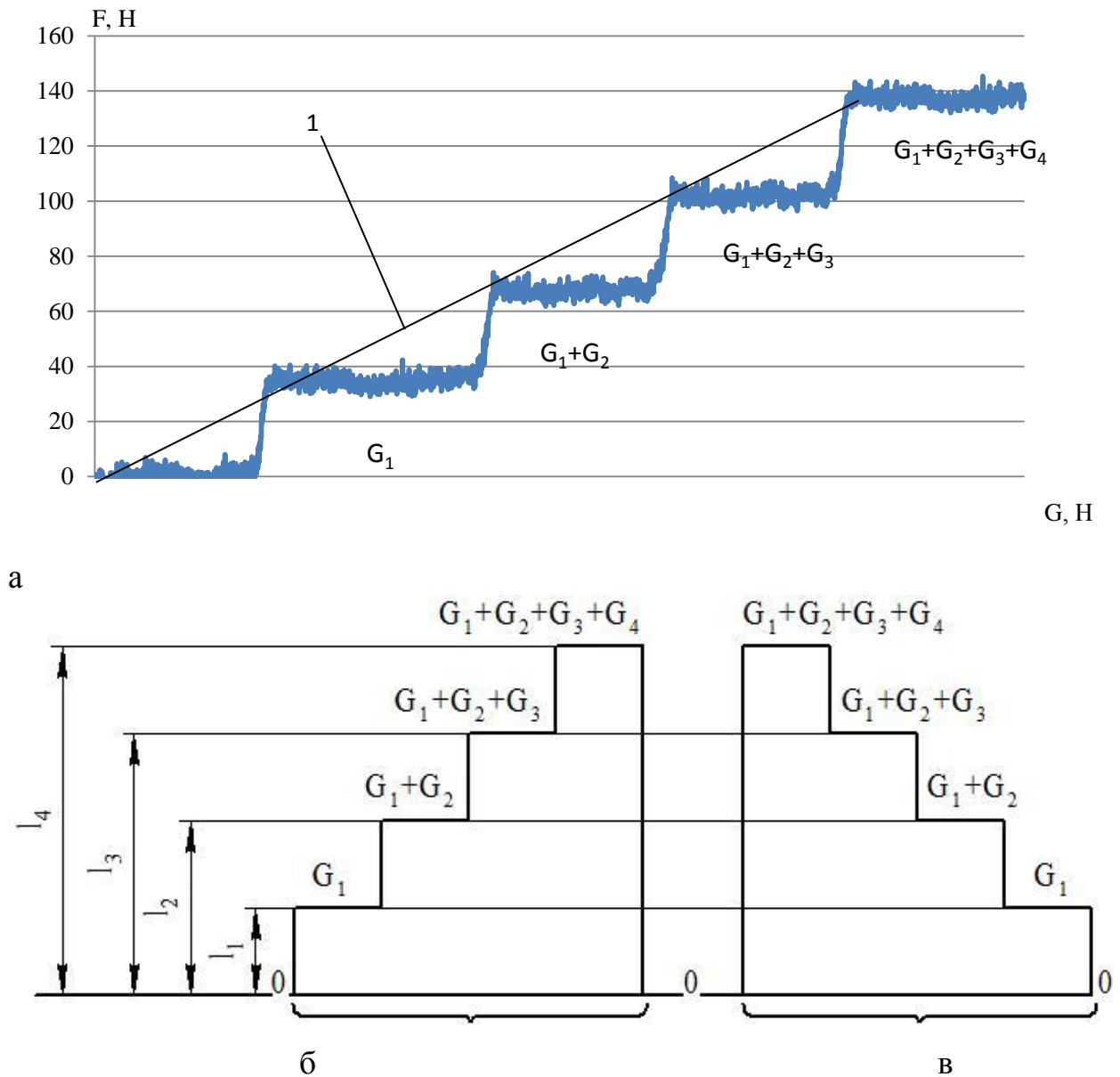


Рис.3.13 Схема тарировочної осцилограми та графіка:

а - результати отриманих значень; б - процес навантаження; в - процес розвантаження; 1 – відрізок, який вказує на лінійність роботи тензорезисторів; G_1, G_2, G_3, G_4 , - маса каліброваних гирь; l_1, l_2, l_3, l_4 - відхилення показників від нульового положення під час навантаження

Для розшифровки робочих осцилограм визначаємо тарировочний коефіцієнт K_T .

Тарировочний коефіцієнт визначаємо по залежності:

$$K_T = G_1 / l_1 = (G_1 + G_2) / l_2 = (G_1 + G_2 + G_3) / l_3 = (G_1 + G_2 + G_3 + G_4) / l_4. \quad (3.1)$$

У випадку розходження результатів обчислень K_T визначаємо його середнє значення по формулі:

$$K_T = [(G_1/l_1) + (G_1+G_2)/l_2 + (G_1+G_2+G_3)/l_3 + (G_1+G_2+G_3+G_4)/l_4] / 4. \quad (3.2)$$

Для визначення дотичної складової опору ґрунту копанню КС $P_{\text{коп}}$, дії якої записана на осцилограмі, використовують наступну залежність:

$$P_{\text{коп}} = K_T l_i, \quad (3.3)$$

де l_i – відхилення показників від нульового положення під час навантаження.

Експериментальні дослідження дотичної складової опору ґрунту копанню $P_{\text{коп}}$ скрепером пропонованої конструкції відбувалися при змінних параметрах товщини шару ґрунту, який вирізається із масиву $h_{\text{коп}}$, щільності ґрунту $C_{\text{уд}}$. При цьому сталими прийняті величини ширини ковша $B_{\text{тр}}$, $B_{\text{нпд}}$, швидкості різання v_p .

Фізико – механічні властивості ґрунту оцінювались показником $C_{\text{уд}}$ – числом ударів моделі динамічного щільноміра ДорНДІ.

Критерієм оцінки процесу різання є дотична складова опору ґрунту копанню $P_{\text{коп}}$, а впливовими факторами – товщина шару ґрунту, яка вирізається із масиву $h_{\text{коп}}$, щільність ґрунту $C_{\text{уд}}$.

Проведення кожного експерименту передбачало виконання ряду послідовних дій:

1 – провести підготовку експериментального поля. Для цього розпушити зволожений в каналі ґрунт, спланувати його поверхню і ущільнити до потрібного значення;

2 – перевірити приладом ґрунт для визначення його вологості та щільності по стандартній методиці;

3 – виконати тарировку вимірювальної системи каналу, навантажуючи РО в горизонтальному напрямі і фіксуючи результати на реєструючому приладі. Після тарировки тарировочні пристрої демонтувати;

4 – підготувати уступ експериментального поля та встановити фізичну модель у вихідне положення за 150...200 мм до виступу;

5 – виставити необхідну глибину різання (товщина шару ґрунту, яка вирізається із масиву) $h_{\text{коп}}$, користуючись механізмом підйому тензометричного візка;

6 – мірною лінійкою на поверхні забою відмітити необхідну довжину ділянки різання;

7 - ввімкнути реєструючий прилад і хід тензометричного візка. В ході експерименту уважно спостерігати за процесом різання ґрунту фізичною моделлю ковша, і реєстрацією діючих зусиль;

8 – при досягненні фізичною моделлю ковша кінцевої відмітки на експериментальному полі вимкнути привод тензометричного візка та реєструючий прилад;

9 – зворотнім рухом тензометричного візка відвести фізичну модель ковша у початкове положення;

10 – підготувати експериментальне поле до наступного експерименту;

11 – провести наступний експеримент відповідно пунктам 5 – 11. При цьому, кожен експеримент необхідно повторити 3...5 разів. Кількість повторень визначається по окремій методиці [108, 109], яка передбачає проведення попередньо спеціальної серії однотипних експериментів у кількості, достатній для статистичного аналізу.

3.1.1. Стенд для експериментального дослідження напружено-деформованого стану задніх стінок ковша скрепера

Для моделювання процесу розвантаження поляризаційно - оптичним методом використовують прозорі низькомодульні оптично чутливі матеріали: епоксидні смоли, оргскло, ОНБ та ін. У даній роботі використовували в якості матеріалу для моделі ЗС затверділу епоксидну смолу марки ЕД -16 (рис.3.14.).

Оптично чутливий матеріал для моделювання ґрунтового середовища - еластомірна композиція, яка складається з двох компонентів: олігомірного ізопренового каучуку з кінцевими гідрозидними групами марки СКІ -ГО з

концентрацією гідрозидних груп 4,0 % і молекулярною масою 2000 а.о.м. (рис. 3.15.). В якості структуруючого реагенту використаний кристалічний

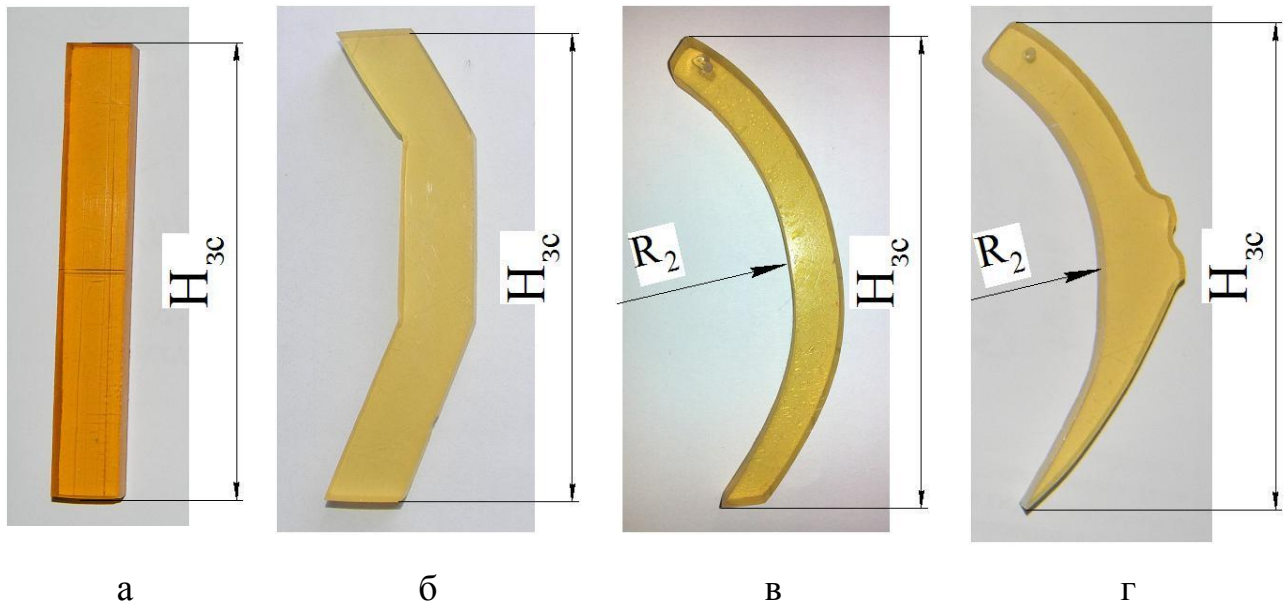


Рис.3.14. Загальний вигляд моделей ЗС КС для дослідження напружено-деформованого стану:

а – модель ЗС скрепера традиційного виконання (прямолінійна); б – модель ЗС скрепера традиційного виконання; в – модель ЗС маятнікового типу; г – модель ЗС маятнікового типу зі змінним перетином

метафеніленбісмалеїнімід (МФБМ), температура плавлення якого дорівнює 201 °С. Матеріал характеризується незначною усадкою в процесі синтезу, володіє високою оптичною чутливістю, проте відрізняється деякою нелінійністю оптичної постійної подвійного променевого заломлення.

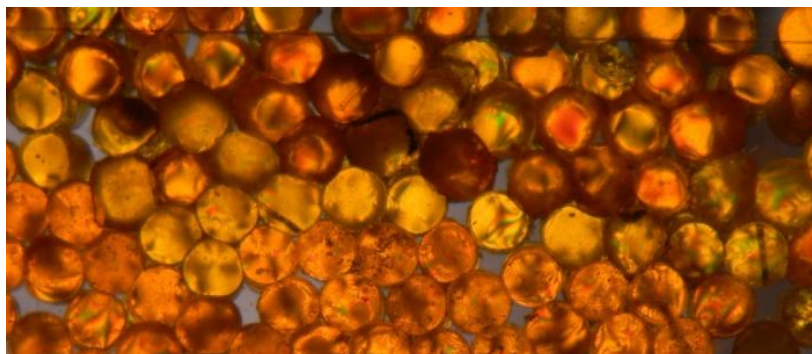


Рис.3.15. Матеріал для моделювання ґрунтового середовища
Схема, показана на рис. 3.16, реалізована за допомогою спеціального «прозорого» контейнера, наведеного на рис. 3.17. Він складається з двох

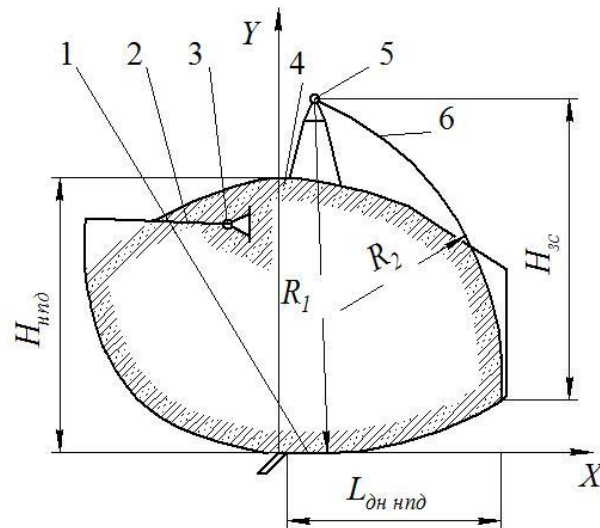


Рис.3.16. Схема плоскої моделі КС з НПД:

1-днище ковша; 2 - передня заслінка; 3 - шарнір кріплення передньої заслінки; 4 - ґрунтове середовище; 5 - шарнір кріплення ЗС; 6 - ЗС; R_1 — радіус кривизни донної частини; R_2 - радіус кривизни ЗС; $H_{нпд}$ – висота КС; $H_{зс}$ – висота ЗС

зовнішніх металевих рам, скріплених калібруючими болтами. Рами в зборі мають вигляд вікна для реєстрації картин інтерференції в прохідному світлі

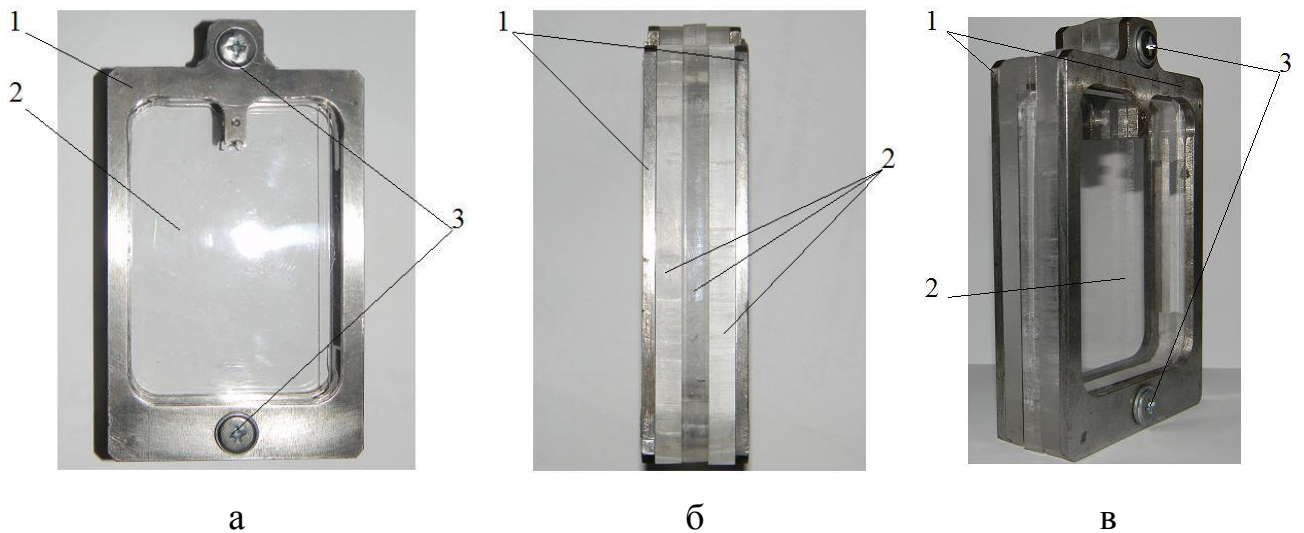


Рис.3.17. «Прозорий» контейнер в зборі:

а – вид спереду; б – вид збоку; в – аксонометрична проекція;

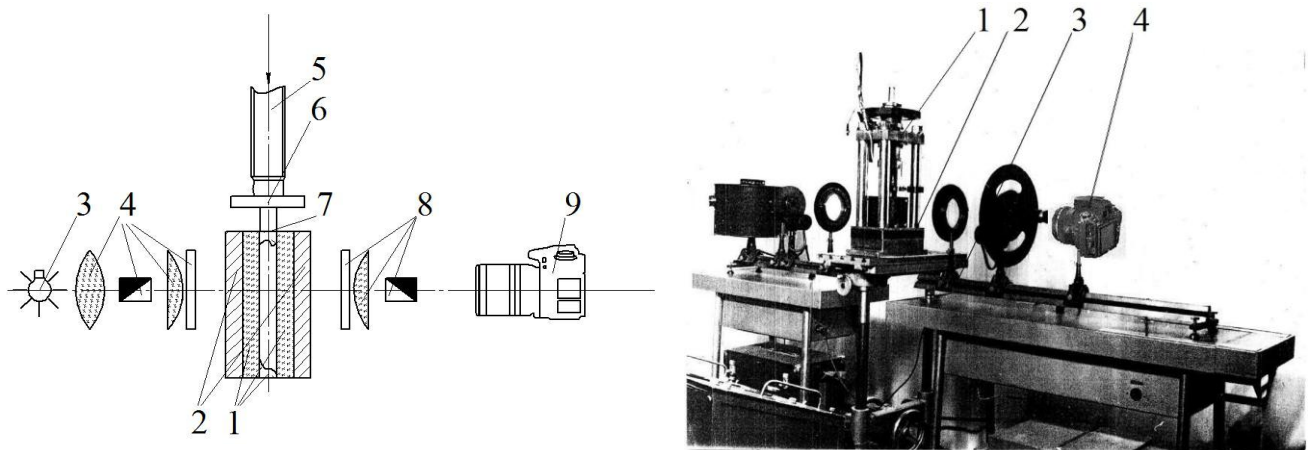
1 – сталеві пластини; 2 - оргскло; 3 – болти кріплення

(перерозподіл інтенсивності світла в результаті накладення декількох світлових хвиль, супроводжується чергуванням у просторі максимумів і мінімумів інтенсивності).

Плоска модель ЗС КС розташовувалася між скляними пластинами і обмежувалася вставкою з вікном для заповнення модельної ґрунтової маси (гумою) і монтажу навантажувального пристрою. Шарнір ЗС і сама модель також кріпилися між скляними пластинами (рис. 3.17.).

Контейнер в зборі встановлювався на навантажувальному пресі УП-8, а навантаження проводилось за допомогою реверсора, який входить в комплект пресу. Схема станда для дослідження напружень поляризаційно-оптичним методом показана на рисунку 3.18, а.

Загальний вигляд станда з реєструючою відео та фотоапаратурою, з високою роздільною здатністю, показаний рисунку 3.18, б.



а

б

Рис.3.18 Стенд для дослідження напружень поляризаційно-оптичним методом ЗС КС: а - схема станда для дослідження напружень поляризаційно-оптичним методом на ЗС КС: 1 – скляні блоки; 2 – контейнер; 3 – лампа; 4, 8 – вузли поляризатора й аналізатора ППУ-7; 5 - гвинт преса; 6 – прижимна частина преса; 7 – насадка; 9 – фотоапарат; б - загальний вигляд станда для дослідження напружень поляризаційно-оптичним методом на ЗС КС: 1 – лабораторний прес; 2 – стіл ПС-1; 3 – поляризаційно-проекційна установка ППУ-7; 4 – фотокамера Nikon

Прес вводився в поле поляризаційно-проекційної установки ППУ-ДМетІ [110] за допомогою підйомного столу ПС-1 конструкції ЛДУ (Ленінградського Державного Університету).

Ізохром реєструвалися в монохроматичному світлі довжиною хвилі 546,1 мкм в темному (цілі порядки смуг) і білому полі (половинні порядки смуг).

Отримана інформація заносилась у комп'ютер і аналізувалась при максимально можливому збільшенні на моніторі. Збільшене зображення дозволило провести ізолінії $\sigma_1 - \sigma_2 = \text{const}$ (ізохром) (Додаток В) через точки найбільш розвиненого оптичного ефекту. Порядок ізохром встановлювали безпосереднім підрахунком зростаючого порядку ізохром при зростанні навантаження від нуля до величини, яка забезпечує максимально розвинутий ефект інтерференції [111].

Розшифровка картин інтерференції проводилась по точках вільного контуру [111,112].

3.2. Фізичні моделі ковшів скреперів

Для проведення досліджень процесів копання та розвантаження за основу була взята фізична модель самохідного скрепера Д - 357, виконана у масштабі 1:10 ($K_1=10$). Були виготовлені моделі ковшів: ківш традиційного типу з плоским днищем та ЗС; ківш з НПД та ЗС маятникового типу (рис.3.19). Одним із етапів дослідження було проведення дослідів по двохстадійному заповненню КС. ЗС КС виконані рухомими, що дозволяє проводити експеримент по двохстадійній технології заповнення ковша. Для реалізації цього досліду ЗС встановлювали у крайнє переднє положення для заповнення передньої частини ковша – передньої заслінки (рис.3.20). Конструкцією передньої заслінки передбачено кріплення, які необхідні для встановлення її на моделі. Бокова стінка моделі ковша має отвори для кріплення передньої заслінки у необхідне положення.

Одна з бічних стінок моделі КС виконана прозорою, що забезпечує можливість візуально спостерігати за процесом взаємодії РО (ЗС КС) із середовищем, фотографувати процес. Прийнятий масштаб $K_1=10$ дозволяє знехтувати коефіцієнтом тертя по органічному склу [74].

Спосіб розвантаження скрепера Д-357 примусовий, тому для дослідження процесу розвантаження були обрані чотири ЗС КС: - одна традиційного виконання (рис.3.21. а); - три стінки змінної кривизни для НПД (рис.3.21. б, в, г). Кривизна ЗС обрана: $R_{2,1} = 0$ мм, $R_{2,2} = (0,8 \dots 0,9) H_{ЗС}$ мм, $R_{2,3} = 0,7 H_{ЗС}$ мм;

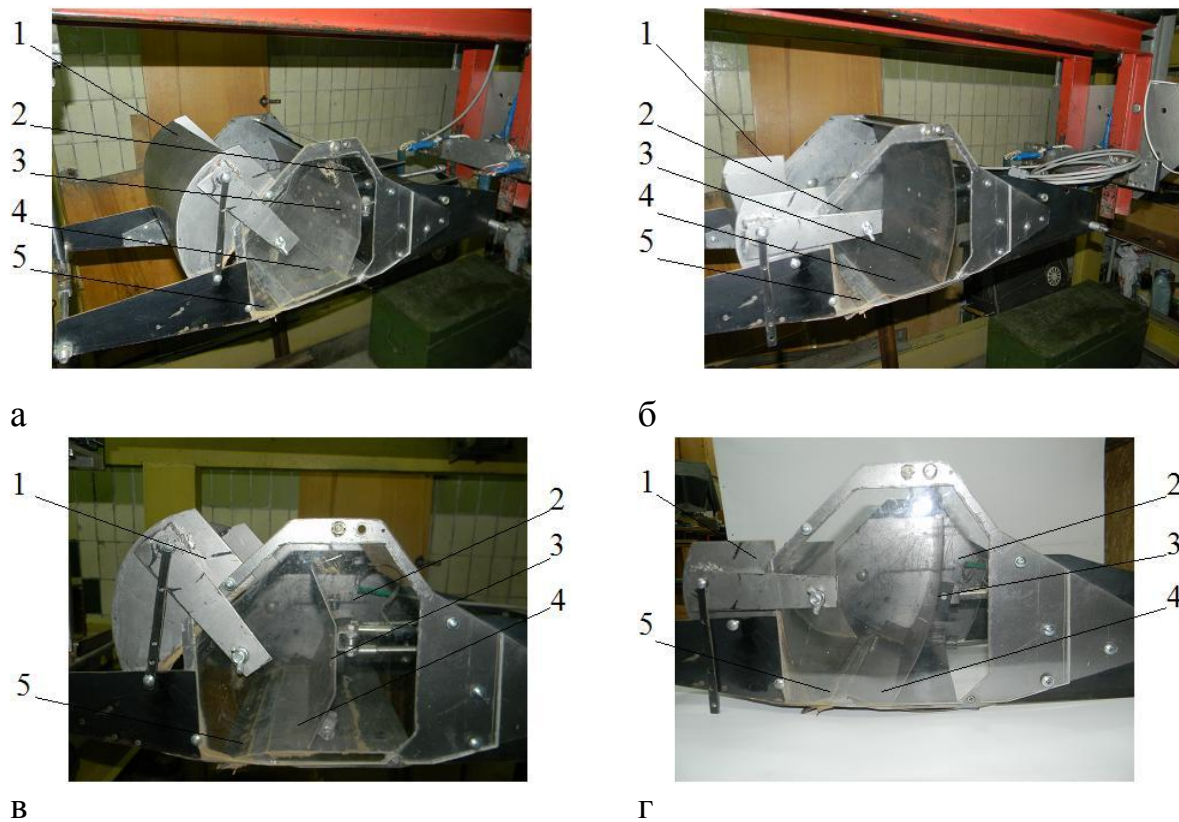


Рис.3.19. Загальний вигляд КС, встановлених на стенді для фізичного моделювання робочих процесів ЗТМ:

а - ківш традиційного виконання; б - ківш з НПД; в - ківш традиційного виконання з висунутою стінкою; г - ківш з НПД з висунутою ЗС; 1 – передня заслінка; 2 – «прозора» бокова стінка для дослідження руху ґрунту у КС

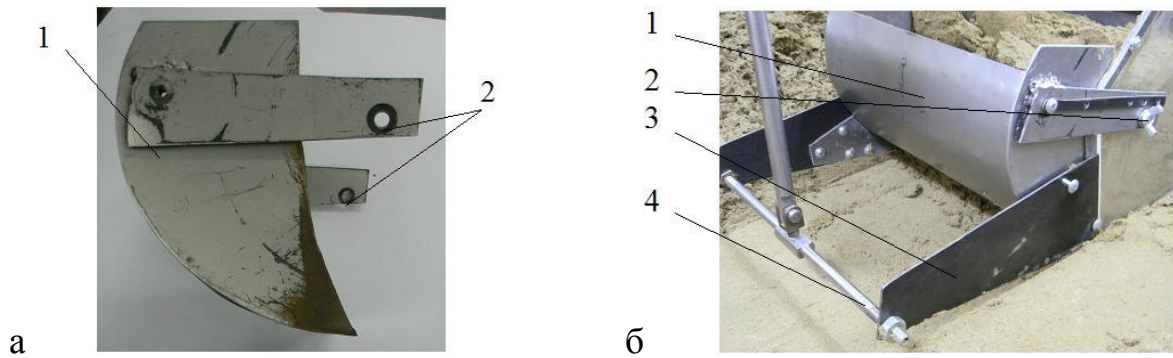


Рис.3.20. Передня заслінка КС:

1 – передня заслінка; 2 – отвори для кріплення передньої заслінки до КС; 3 – рама ковша; 4 – штанга переднього підвісу ковша

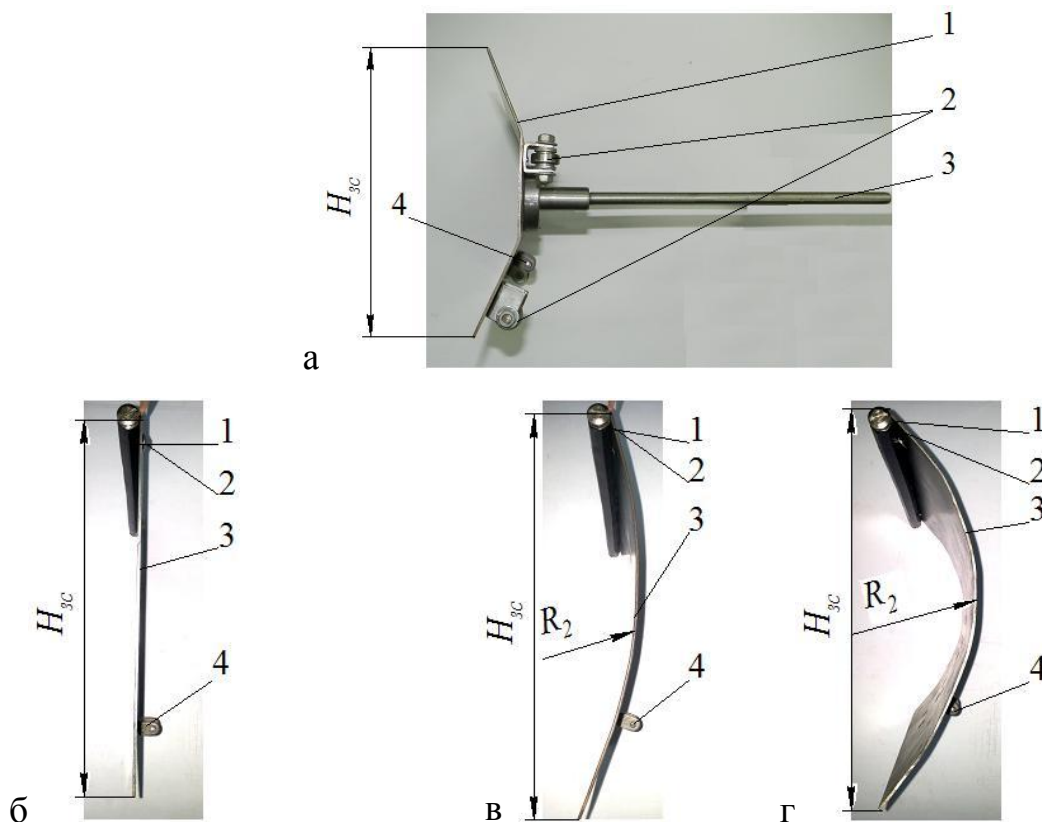


Рис.3.21. ЗС КС:

а - ЗС традиційного виконання: 1 – робоча поверхня ЗС; 2 – опорні ролики; 3 – направляюча; 4 – кріплення для тарирування тензорезисторів механізму розвантаження; б, в - ЗС маятникового типу з змінними значеннями кривизни $R_{2,1} = 0$ мм, $R_{2,2} = (0,8 \dots 0,9) H_{зс}$ мм; г - ЗС маятникового типу з змінними значеннями кривизни $R_{2,3} = 0,7 H_{зс}$ мм: 1 – вісь кріплення ЗС; 2 – кріплення ЗС до вісі; 3 - робоча поверхня ЗС; 4 – кріплення для тарирування тензорезисторів механізму розвантаження

На рисунку 3.22. представлені днища досліджуваних ковшів. Днища змінних радіусів були використані для проведення експериментальних досліджень по встановленню раціонального технологічного параметру процесу копання (кривизна донної частини).

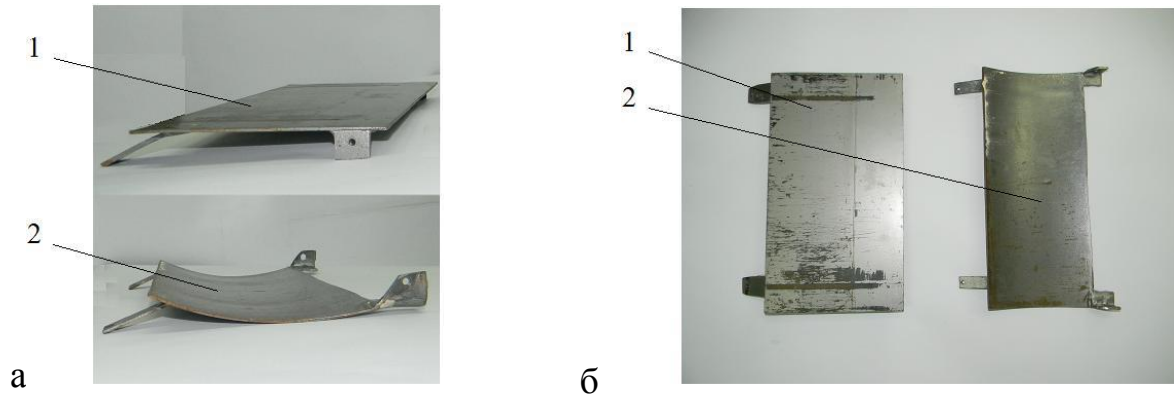


Рис.3.22. Днища КС:

а – вид збоку; б – вид зверху; 1 – днище традиційного виконання; 2 – НПД

3.3. Методика проведення експериментальних досліджень

Дослідження проводилися на моделях ґрунтів I - III категорій, фізико – механічні характеристики яких приведено у табл.3.2.

Таблиця 3.2

Фізико-механічні характеристики моделей ґрунтів

Ґрунт	Щільність, кг/м ³	Число ударів моделі* щільноміра ДорНДІ	Вологість, ω, %
Пісок (I категорія)	1600-1700	1-4	3-6
Супісь (II категорія)	1700-1800	5-8	10-12
Суглинок (III категорія)	1800-2000	9-12	13-15

* модель щільноміра ДорНДІ виконана у масштабі 1:7

Проведенню кожного досліду передувала підготовка відповідного типу ґрунту, яка полягає в наступному: зволоження (за необхідністю); рівномірне розпушення ґрунту на глибину 250-300 мм і попереднє планування ручним інструментом; установка планувального відвалу і ущільнюючого котка на тензOMETричний візок з подальшим плануванням і ущільненням; контроль щільності ґрунту моделлю динамічного щільноміра ДорНДІ; заключне

планування ділянки і виконання на початку експериментального поля прямокутного уступу.

Процес ущільнення ґрунту (котком) представлено на рисунку 3.23, а.

Загальний вигляд ґрунту у каналі після проведення досліду представлено на рисунку 3.23, б.

Вимірювання вологості ґрунту проводилось приладом «ТФА», вставленим у підготовлений масив. Для досягнення ідентичності умови проведення експериментальних досліджень основні характеристики ґрунту доводились до заданих постійних значень. При підготовці до виконання експериментальних досліджень тензометричний візок встановлювався на початку експериментального поля, над прямиком, і здійснювалось налаштування фізичної моделі, яке полягає в установці необхідного кута різання, відкриванні передньої заслінки.

Встановлювалась необхідна глибина копання, довжина шляху копання і швидкість тензометричного візка. Необхідна швидкість пересування тензометричного візка встановлювалась за допомогою реостатів (рис.3.3), включених в ланцюг обмотки збудження тягового електродвигуна приводної станції стенда. Швидкість руху моделі ковша при копанні встановлювалась з урахуванням дотримання критерію подібності Фруда [74,113]

$$\Pi = V^2/gl, \quad (3.4)$$

де V - швидкість руху об'єкта; g - прискорення вільного падіння; l - визначальний лінійний розмір.

Після перевірки і тарирування апаратури вмикалася лебідка приводу тензометричного візка і виконувалось копання ґрунту з одночасним записом вимірювальної горизонтальної складової опору ґрунту копанню на попередньо встановлену програму на ПК.

При проведенні досліджень з визначення раціональної конструкції КС з НПД в якості постійних факторів були прийняті геометричні розміри ковша, швидкість переміщення тензометричного візка, кут встановлення моделі

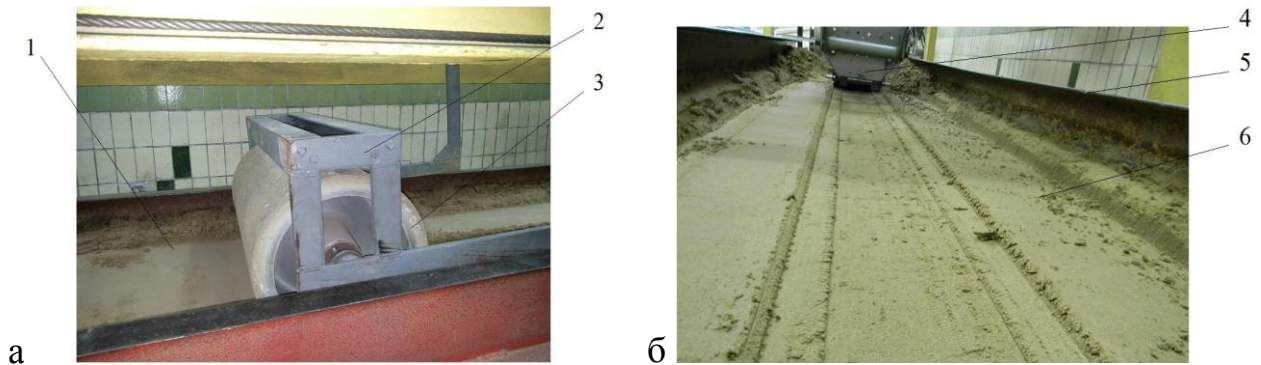


Рис.3.23. Ущільнення ґрунту (котком):

а - коток для ущільнення ґрунту; б - експериментальне поле після проведення експерименту; 1,6 – ущільнений ґрунт; 2 – рама ущільнюючого катка; 3 – ущільнюючий каток; 4 - панель паралелограмного механізму; 5 - рама ґрунтового контейнера

ковша відносно поверхні ґрунту. Для відповідних серій експериментів (при фіксованій товщині стружки і типу ґрунту) постійними фактором також була площа стружки, яка вирізається. Факторами, які змінювались були: глибина копання, фізико - механічні характеристики ґрунту.

По закінченню кожного експерименту виконувалось зважування набраного у ківш ґрунту, призми волочіння, втрат у бічні валики.

Паралельно з проведенням експериментальних досліджень проводилося спостереження за процесом взаємодії РО з ґрунтовим середовищем, велось фотографування процесу заповнення та форми призми волочіння, бічних валиків. Попередня оцінка вдосконалення конструкції КС здійснювалася за величиною питомого опору копанню ґрунту.

$$R_{\text{пит}} = \frac{P_{\text{коп}}}{G_{\text{гр}}} \quad (3.5)$$

Результати експериментальних досліджень по встановленню опору заповнення КС та опору розвантаження представлені у Розділі 4.

Методикою експериментальних досліджень з визначення раціональної технології заповнення і розвантаження КС з НПД передбачалось вирішення наступних завдань:

- експериментальне встановлення раціонального радіусу НПД КС R_1 ;

- встановлення раціональних геометричних параметрів ЗС R_2 і визначення раціонального положення гідроциліндрів приводу ЗС в умовах зміни місця докладання зусиль гідроциліндра по її висоті $H_{ци}$;

- визначення раціональних технологічних параметрів процесу заповнення КС у дві стадії;

- перевірка результатів теоретичних досліджень;

Експериментальне встановлення раціонального радіусу НПД КС здійснювалось виходячи з геометричних і технічних параметрів ковша. Раціональні параметри НПД визначались з умов найменшого зусилля, яке виникає при розвантаженні ґрунту з КС. Виходячи з геометричних розмірів моделі обрані: три напівкруглі днища, які відповідали технологічним параметрам скрепера: $R_{1.1} = 0,3 \cdot L_{\text{дн НПД}}$, мм; $R_{1.2} = 0,4 \cdot L_{\text{дн НПД}}$, мм; $R_{1.3} = L_{\text{дн НПД}}/2$, мм (рис.3.24).

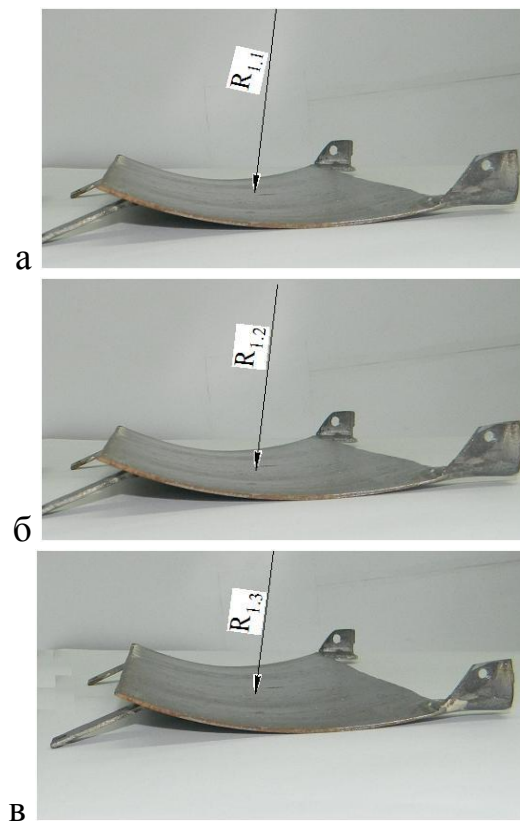


Рис.3.24. НПД КС:

а - днище КС $R_{1.1} = 0,3 \cdot L_{\text{дн НПД}}$, мм; б - днище КС $R_{1.2} = 0,4 \cdot L_{\text{дн НПД}}$, мм; в - днище КС $R_{1.3} = L_{\text{дн НПД}}/2$, мм

При копанні КС глибина копання $h_{\text{коп}}$, довжина копання $L_{\text{коп}}$, вологість ґрунту ω , швидкість руху ковша V і температура навколишнього середовища t залишалися постійними.

Процес заповнення КС супроводжується втратами ґрунту в призму волочіння і в бічні валики.

У ході експериментальних досліджень по встановленню раціональних геометричних параметрів ЗС були розглянуті три ЗС маятникового типу із заданим кроком зміни кривизни (рис.3.25). Для визначення раціонального положення гідроциліндрів приводу ЗС в умовах зміни місця прикладання зусиль гідроциліндра по її висоті вимірювався опір розвантаженню ґрунту $\frac{H_1}{H_{3c}} =$

$0,06$; $\frac{H_2}{H_{3c}} = 0,2$; $\frac{H_3}{H_{3c}} = 0,35$; $\frac{H_4}{H_{3c}} = 0,5$ (рис.3.26).

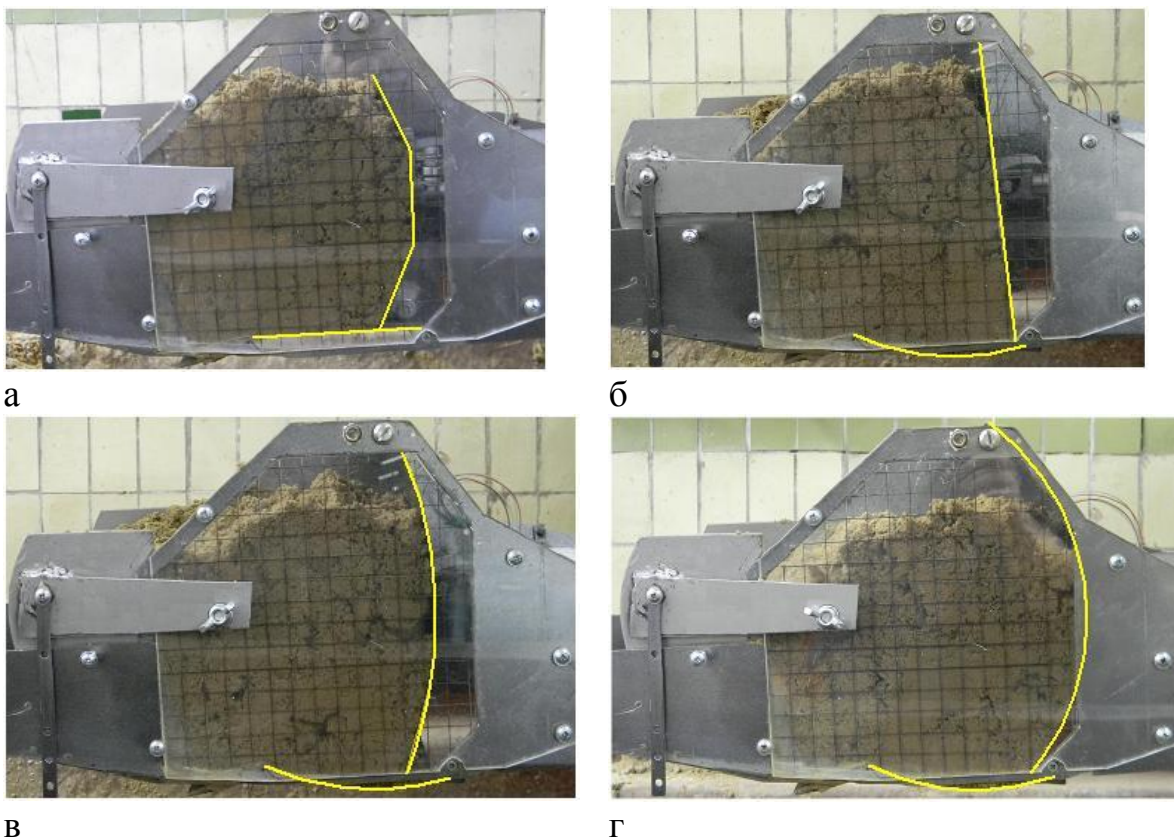


Рис.3.25. Досліджувані моделі конструкцій ЗС експериментальних КС

а - ківш традиційного типу; б, в, г - ківші з НПД і ЗС маятникового типу $R_{2,1} =$

$$0 \text{ мм}, R_{2,2} = (0,8 \dots 0,9) H_{3c} \text{ мм}, R_{2,3} = 0,7 H_{3c} \text{ мм}$$

Також досліджувались залежності зміни довжини ходу гідроциліндра (L) від місця прикладання зусиль гідроциліндра по висоті ЗС (рис.3.26).

Експериментальне встановлення раціональних геометричних параметрів процесу заповнення КС у дві стадії здійснювалося при ЗС, виконаній у вигляді бульдозерного відвалу ($R_{2.2} = (0,8 \dots 0,9) H_{3c}$ мм), Після аналогічної, вище описаної підготовки ґрунту та експериментального поля, перевірки та тарировки проводилось копання.

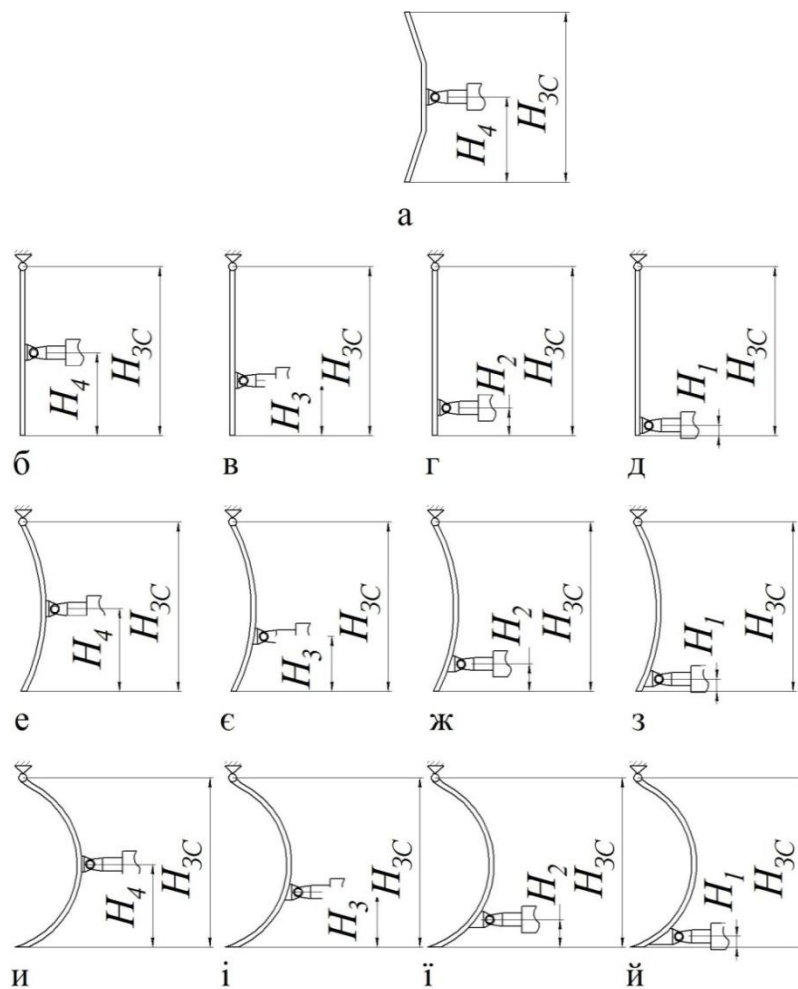


Рис.3.26. Досліджувані моделі ЗС КС:

а - традиційна ЗС; б, в, г, д - ЗС маятникового типу при $R_{2.1} = 0$ мм; е, ж, з, і - ЗС маятникового типу при $R_{2.2} = (0,8 \dots 0,9) H_{3c}$ мм; й, к, л, м - ЗС маятникового типу при $R_{2.3} = 0,7 H_{3c}$ мм

Спостереження за зростанням величини опору ґрунту копанню здійснювалось візуально, за величиною показників програми на ПК. По досягненню величини опору, рівній номінальному тяговому зусиллю тягача,

проводилась зупинка тензометричного візка і здійснювалось відведення ЗС. Потім процес копання поновлювався.

При проведенні експериментальних досліджень по встановленню ефективності двухстадійної технології заповнення КС використовувались дослідження [114] за визначенням оптимального значення кута по установці ЗС на першій стадії заповнення.

Загальний вигляд одержаної у результаті експериментальних досліджень осцилограми копання КС представлений на рисунку 3.27. Осцилограма розвантаження КС представлена на рисунку 3.28.

Проводилось вимірювання довжини копання, маси набраного у ківш ґрунту, маси призми волочіння, маси бічних валиків, здійснювалося спостереження за формою відкладення ґрунту у ковші, конфігурацією набраного в ківш ґрунту.

Метою експериментальних досліджень є поглиблене вивчення фізичної суті взаємодії КС з ґрунтом в період копання та розвантаження в умовах

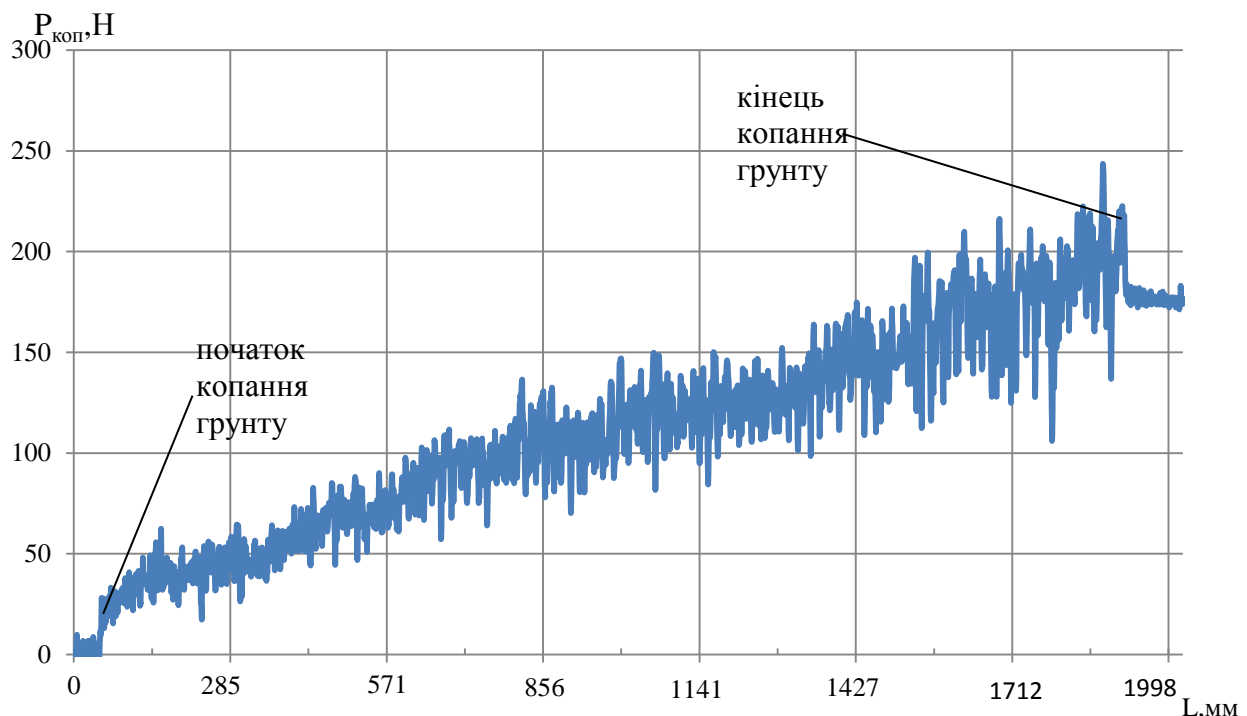


Рис.3.27. Осцилограма процесу копання ґрунту КС з НПД:

$P_{\text{коп}}$ – зусилля копання; L , мм – довжина копання

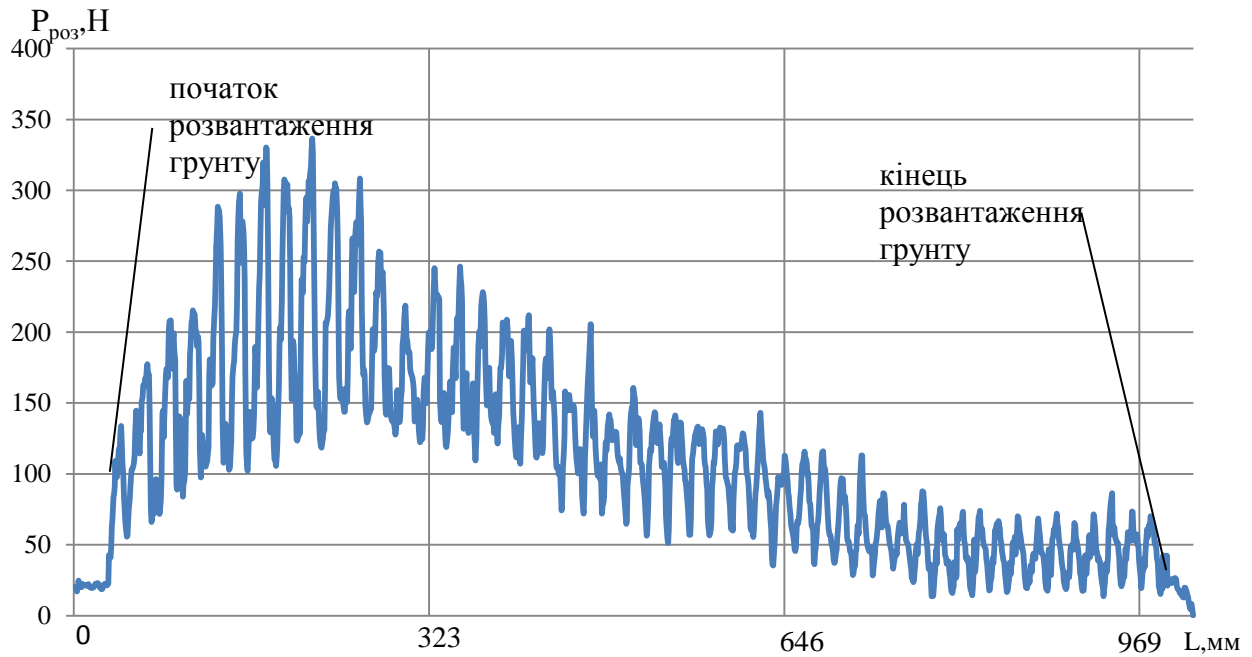


Рис.3.28. Осцилограма процесу розвантаження ґрунту із КС з НПД

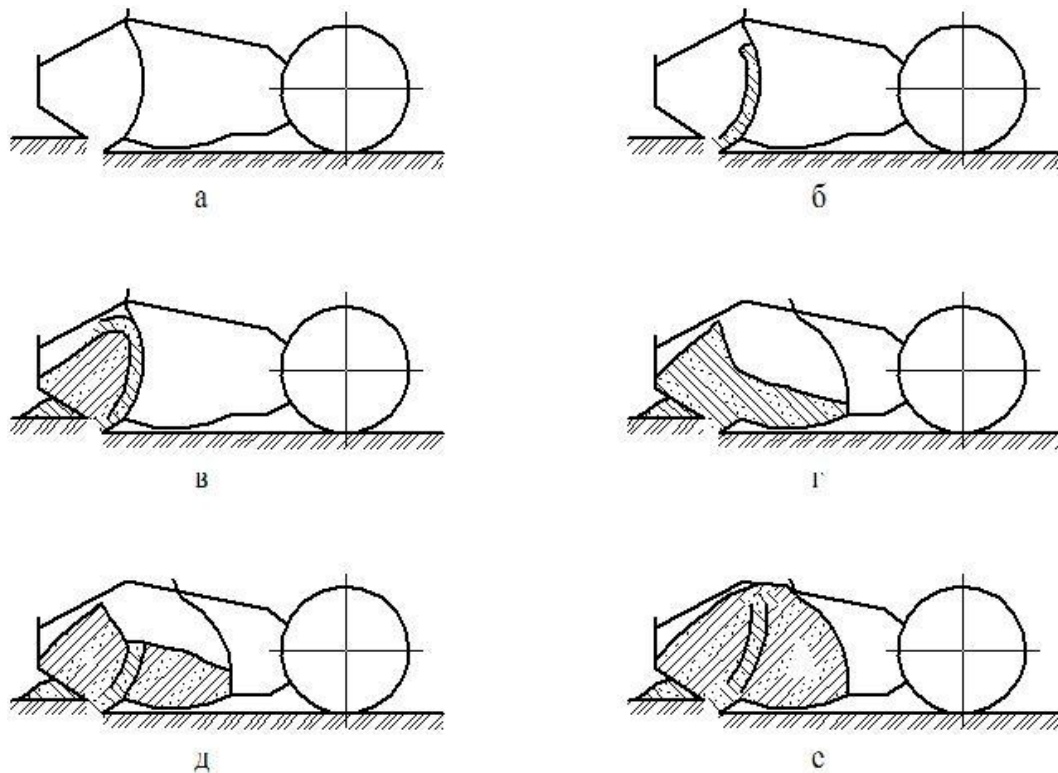


Рис.3.29. Схема двохстадійного заповнення КС з НПД:

а - підведення ЗС до переднього краю днища; б - початок заповнення передньої заслінки; в - кінець заповнення передньої заслінки; г - відведення ЗС у крайнє заднє положення; д - початок заповнення ковша; е - кінець заповнення ковша

використання передньої заслінки при реалізації двохстадійного заповнення ковша (рис.3.29).

Експериментальні дослідження залежності зміни горизонтальної складової опору ґрунту від товщини шару ґрунту, який вирізається із масиву $h_{\text{коп}}$, щільності ґрунту $C_{\text{уд}}$, при заповненні передньої частини ковша, коли ЗС займає крайнє переднє положення.

Кожний дослід проводився в три етапи: 1 – заповнення передньої частини ковша; 2 – відведення ЗС із крайнього переднього положення в крайнє заднє; 3 – заповнення задньої і середньої частини ковша.

Загальний вигляд осцилограми процесу заповнення КС з НПД та ЗС маятникового типу у дві стадії приведено на рисунку 3.30.

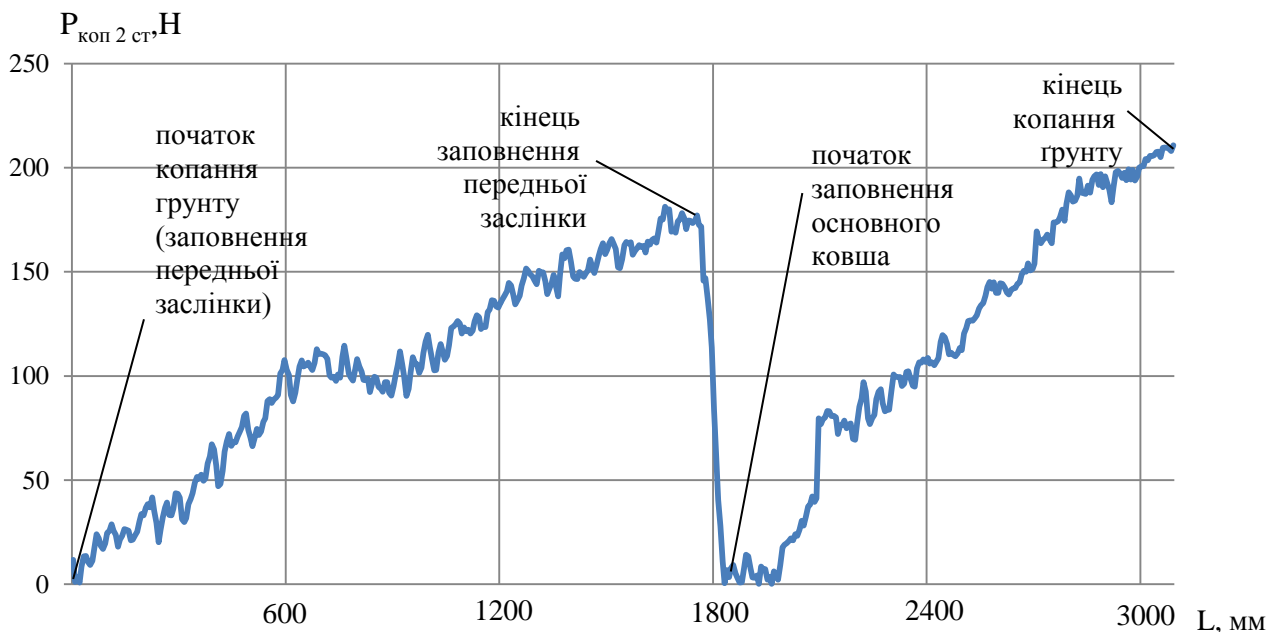


Рис.3.30. Осцилограма процесу заповнення КС з НПД та ЗС маятникового типу у дві стадії

3.4. Фізичне моделювання робочого процесу ковшів скреперів

Для достовірного фізичного моделювання встановлені умови протікання робочого процесу, які заключаються у наступному: - забезпечення рівності критеріїв подібності фізики процесу копання ґрунту моделі та оригінала,

належність до одного класу моделі та оригінала, забезпечення геометричної подібності РО моделі і оригінала.

Розрахунок геометричних параметрів моделей здійснювався на основі положень теорії подібності і основ фізичного моделювання з використанням критеріїв геометричної подібності фізичної моделі [8,18,38,74,113,115].

Умови наближеного фізичного моделювання різання, копання та розривлення на основі отриманих критеріїв подібності:

$$\left(\frac{\tau}{\gamma_r l}\right)_m = \left(\frac{\tau}{\gamma_r l}\right)_n; \left(\frac{v^2}{gl}\right)_m = \left(\frac{v^2}{gl}\right)_n; \rho_m = \rho_n; \delta_m = \delta_n; \left(\frac{d}{l}\right)_m = \left(\frac{d}{l}\right)_n; \alpha_{im} = \alpha_{in}; \left(\frac{l_i}{l}\right)_m = \left(\frac{l_i}{l}\right)_n, \quad (3.6)$$

де τ – опір ґрунту зсуву, МПа; l – визначальний лінійний розмір обладнання, м; g – прискорення вільного падіння, м/с²; d – лінійний розмір кусків та окремих включень, які знаходяться у ґрунті, м; l_i – деякий лінійний параметр обладнання, м.

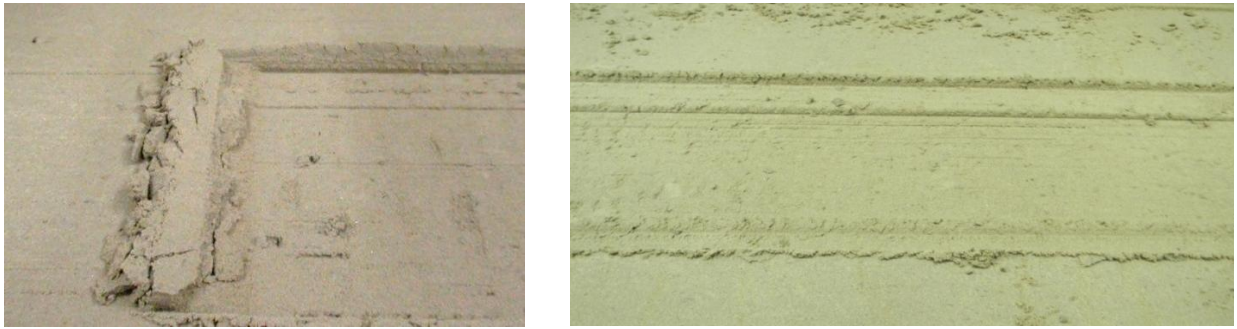
Критерії подібності процесу взаємодії КС з ґрунтом мають вигляд [38]:

$$\begin{aligned} P_{01} &= \frac{\tau}{\gamma_r l}; P_{02} = \frac{\sigma}{\gamma_r l}; P_{03} = \frac{\eta v}{\gamma_r l^2}; P_{04} = \frac{v^2}{gl}; P_{05} = \frac{E}{\sigma}; P_{06} = \frac{C\omega^1}{\sigma}; P_{07} = \frac{C\omega^2}{\tau}; P_{08} = \frac{\sigma}{\tau}; \\ P_{09} &= \frac{\sigma_{cm}}{\tau}; P_{10} = \rho; P_{11} = \delta; P_{12} = \alpha; P_{13} = \frac{P}{\gamma_r l^3}; P_{14} = \omega; P_{15} = \frac{\gamma_{pr} l}{\sigma}; P_{16} = \frac{c_{pw}}{\sigma}; P_{17} = \frac{B}{l}; \\ P_{18} &= \frac{H}{l}; P_{19} = \frac{R}{l}; P_{20} = \frac{L_{дн}}{l}; P_{21} = \frac{h}{l}; P_{22} = \frac{d}{l}, \end{aligned} \quad (3.7)$$

де σ – напруження, Па; η – динамічна в'язкість, Па·с; E – модуль лінійної деформації ґрунту, Па; ρ – щільність середовища, кг/м³; ω – вологість ґрунту, %; R – радіус кривизни поверхні ковзання, м.

Моделювання ґрунту здійснюється піщано-глинистою сумішшю, яка складається з кварцового піску на 85% і лісовидного суглинку на 15%. При експериментах застосовувалось не повне моделювання фізико - механічних властивостей розроблюваного середовища, а приналежність ґрунту до категорій визначалась за показником $C_{уд}$. Здійснювались вимірювання і підтримувалась постійна вологість для даної категорії ґрунту .

Процес заповнення КС супроводжується втратами ґрунту в призму волочіння і в бічні валики (рис.3.31).



а б
Рис.3.31. Втрати ґрунту в процесі заповнення КС:

а - призма волочиння; б - бічні валики

3.4.1. Фізичне моделювання поляризаційно-оптичним методом

Без помітних похибок моделювання процесу роботи конструкції КС можна виконати в плоскому варіанті, приймаючи, що по ширині ківш заповнюється однаково.

Розглянута модель являє собою поздовжній головний перетин КС, в якому днище має циліндричну форму, ЗС виконана у вигляді маятника, з шарнірним верхнім кріпленням, передня заслінка з боковим шарнірним кріпленням .

На рис.3.16 наведена принципова схема скрепера із ЗС 6, радіусом вигину донної частини R_1 , з шарнірним кріпленням в точці 5 ЗС R_2 .

Для визначення критеріїв моделювання випишемо параметри, які характеризують процес з поділом їх по розмірностям на підсистеми .

Геометричні параметри: $R_1, R_2, H_{зс}, H_{нпд}$,
де R_1 – радіус кривизни днища ковша; R_2 – радіус кривизни ЗС; $H_{зс}$ – висота ЗС, $H_{нпд}$ – висота КС.

Параметри, які характеризують пружні властивості матеріалу ЗС і ґрунтового середовища: $E_{зс}$ – модуль пружності матеріалу ЗС; $E_{гп}$ - модуль пружності ґрунту.

Таким чином, процес можна охарактеризувати наступним списком первинних незалежних параметрів: $R_1, R_2, H_{зс}, E_{зс}, E_{гп}$.

Застосувавши пі теорему [111], з урахуванням вибору в якості геометричного масштабу R_2 , і реологічного - E_{zp} , отримуємо таку систему критеріїв подібності:

$$\Pi_1 = \frac{R_1}{R_2} = \text{idem}; \Pi_2 = \frac{H_{zc}}{R_2} = \text{idem}; \Pi_3 = \frac{H_{нпд}}{R_2} = \text{idem}; \Pi_4 = \frac{E_{zc}}{E_{zp}} = \text{idem}. \quad (3.8)$$

Критерії геометричної подоби $\Pi_1 - \Pi_3$, як правило, забезпечуються точно. Однак, поряд з дотриманням геометричної подібності має виконуватися і рівність відносних пружних характеристик матеріалів, які моделюють ЗС і середовище ґрунту. Тобто, повинна виконуватися умова:

$$\Pi_4 = \frac{E_{zc}}{E_{zp}} = \text{idem} \text{ *тобто } \frac{E_{zc.н}}{E_{zp.н}} = \frac{E_{zc.м}}{E_{zp.м}}. \quad (3.9)$$

Визначення критерію Π_4 при використанні в якості матеріалу ЗС конструкційної сталі, з модулем пружності $E = 2 \cdot 10^5$ МПа, і модулем пружності ґрунту $E = 10^8$ МПа [28], отримуємо:

$$\Pi_4 = 2 \cdot 10^5 / 10^8 \approx 1852.$$

Модуль пружності затверділої епоксидної смоли марки ЕД - 16 $E = 3 \cdot 10^3$ МПа. Тоді, використовуючи рівняння (3.9), у вигляді

$$\left[\frac{E_{zc}}{E_{zp}} \right]_{м*} = \left[\frac{E_{zc}}{E_{zp}} \right]_{н*}$$

* м – модель; н – натура.

Знаходимо модуль пружності матеріалу моделі ґрунтового середовища:

$$[E_{zp}]_{м} = [E_{zc}]_{м} \frac{[E_{zp}]_{н}}{[E_{ст}]_{н}} = 3 \cdot 10^3 \cdot 10^8 / 2 \cdot 10^5 = 1.62 \text{ МПа.}$$

Аналіз літературних джерел показує, що такі значення можуть відповідати різним маркам гуми ($E_{pez} = 1 \dots 10$ МПа) [116,117].

3.5. Висновки по розділу

1. Для проведення експериментальних досліджень, на базі критеріїв подібності, розроблено та виготовлено фізичні моделі КС.

2. Для досліджень поляризаційно–оптичним методом виготовлені моделі ЗС КС на базі критеріїв подібності.

3. З метою об'єктивного відображення робочого процесу при експериментальних дослідженнях розроблена методика проведення експериментів, визначені фактори, які впливають на фізичну суть робочого процесу: визначення раціонального радіусу днища КС R_1 ; визначення раціонального радіусу кривизни ЗС КС R_2 ; товщина шару ґрунту, який вирізається із масиву $h_{\text{коп}}$; щільність ґрунту $C_{\text{уд}}$.

РОЗДІЛ 4

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ РОБОЧИХ ПРОЦЕСІВ КОВША СКРЕПЕРА, ОБЛАДНАНОГО НАПІВКРУГЛИМ ДНИЩЕМ

4.1. Багатофакторні експерименти по копанню ґрунту ковшем скрепера і результати його досліджень

В якості визначаючих геометричних параметрів для КС прийняті: $H_{\text{тр}}, H_{\text{нпд}}$ – висота ковша; $B_{\text{тр}}, B_{\text{нпд}}$ – ширина ковша; $L_{\text{дн тр}}, L_{\text{дн нпд}}$ – довжина днища ковша. Інші розміри визначаються у відповідності до теорії подібності [113]:

$$l_{i\text{м}} = \frac{l_{i\text{н}}}{K_l}, \quad (4.1)$$

де K_l – масштабний коефіцієнт.

Перед проведенням дослідження процесу фізичної взаємодії КС з ґрунтовим середовищем були проведені попередні досліди по визначенню раціональної конфігурації КС з НПД. Визначалися: радіус днища ковша – R_1 ; радіус кривизни ЗС – R_2 ; місце розташування гідроциліндра $H_{\text{гц}}$.

Рівні факторів та інтервали варіювання приведені у таблиці 4.1.

Для дослідження процесу фізичної взаємодії КС з ґрунтовим середовищем був використаний рототабельний центральний композиційний план другого порядку для 2-х факторів з довірчою ймовірністю 0,95, який складається з 13 точок – N: чотирьох точок ядра; чотири «зіркових» точок та п'яти точок в центрі плану (табл.4.2.).

Цей план найбільш повно описує процес взаємодії КС з ґрунтом при копанні та розвантаженні.

У таблиці 4.2. подана матриця планування двохфакторного рототабельного центрального композиційного плану для 2-х факторів.

На ефективність процесу взаємодії КС з ґрунтом встановлений вплив наступних факторів:

X_1 – товщина стружки, $h_{\text{коп}}$; X_2 – міцність ґрунту, $C_{\text{уд}}$.

Таблиця 4.1

Рівні факторів та інтервали варіювання при дослідженні процесу копання

КС

Найменування та визначення факторів	Рівні варіювання факторів					Інтервал варіювання
	-1,414	-1	0	+1	+1,414	
$h_{\text{коп}}$ - товщина стружки, мм	8	11	18	25	28	7
$C_{\text{уд}}$ – міцність ґрунту, удари	3	4	6	8	9	2

Таблиця 4.2

Матриця планування 2-х факторного рототабельного центрального композиційного плану експерименту

№ досліджу	Матриця планування		Робоча матриця	
	X_1	X_2	$C_{\text{уд, удари}}$	$h_{\text{коп, мм}}$
1	+	+	8	25
2	-	+	4	25
3	+	-	8	11
4	-	-	4	11
5	-1,414	0	3	18
6	+1,414	0	9	18
7	0	-1,414	6	8
8	0	+1,414	6	28
9	0	0	6	18
10	0	0	6	18
11	0	0	6	18
12	0	0	6	18
13	0	0	6	18

Виготовлені моделі ковшів: ківш традиційного типу з плоским днищем і ЗС; ковші з НПД (3 кривизни зі змінним радіусом) (рис.4.1).

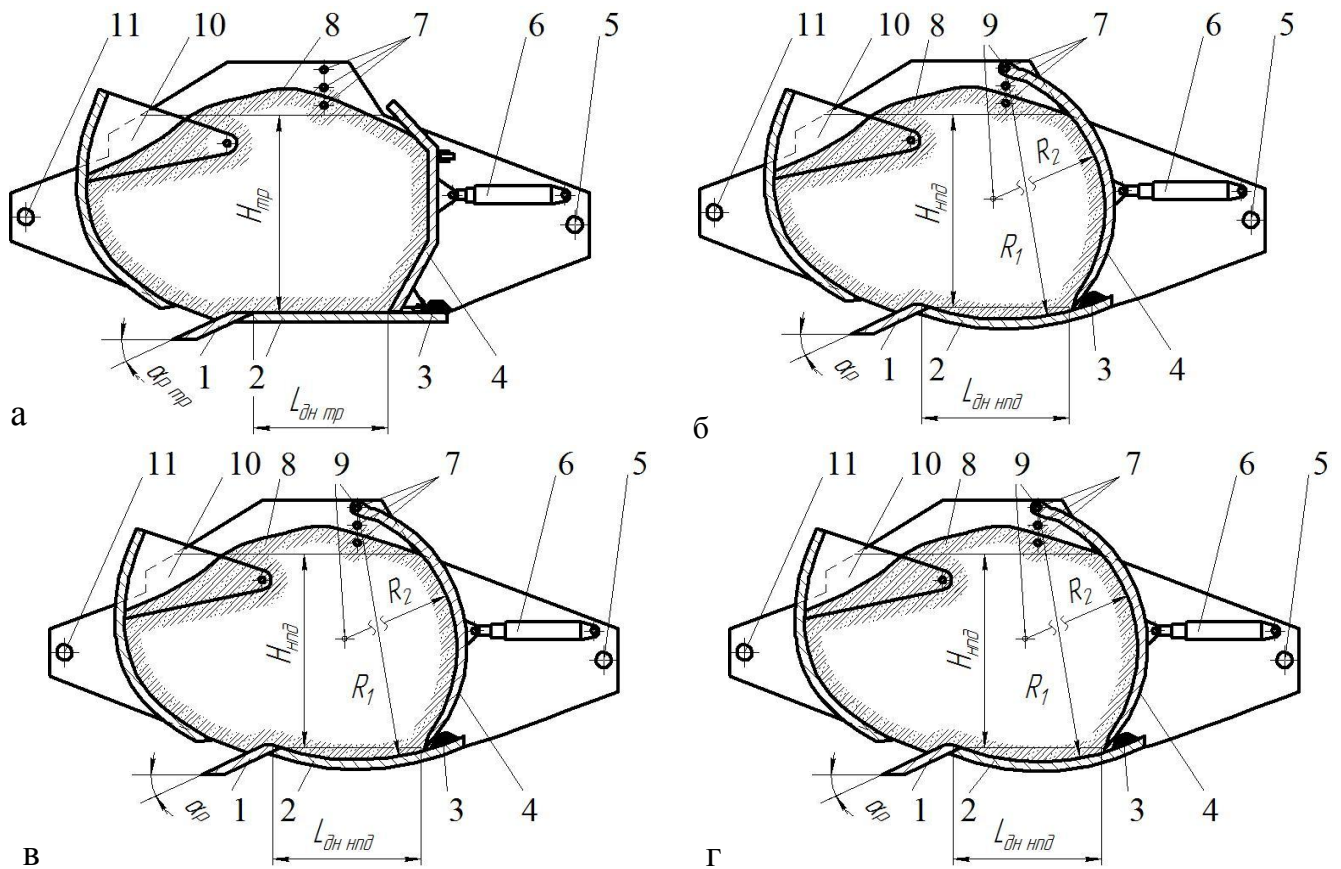


Рис.4.1. Фізичні моделі досліджуваних типів КС

(поздовжній переріз КС):

а - традиційний ківш; б - КС з НПД при $R_{1,3} = L_{\text{дн нпд}}/2$, мм; в - КС з НПД при $R_{1,2} = 0,4 \cdot L_{\text{дн нпд}}$, мм; г - КС з НПД при $R_{1,1} = 0,3 \cdot L_{\text{дн нпд}}$, мм; 1 - ніж; 2 - днище ковша; 3 - упор ЗС; 4 - ЗС; 5 - кріплення задньої частини ковша; 6 - гідроциліндр приводу ЗС; 7 - отвори кріплення вісі підвісу ЗС; 8 - ґрунтове середовище; 9 - центри радіусів; 10 - передня заслінка; 11 - кріплення передньої частини ковша; R_1 - радіус кривизни днища; R_2 - радіус кривизни ЗС

З отриманих графіків (рис.4.2), в яких площа являє виконану роботу, побудовані гістограми (рис.4.3), де взято показники роботи копання.

На рис.4.4. показані гістограми маси ґрунту, яка набирається у КС традиційного типу і з напівкруглими типами днищ.

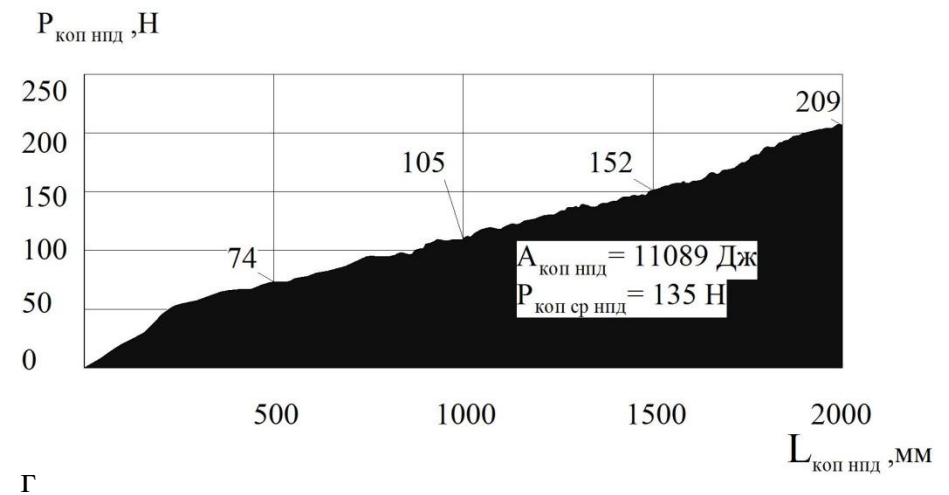
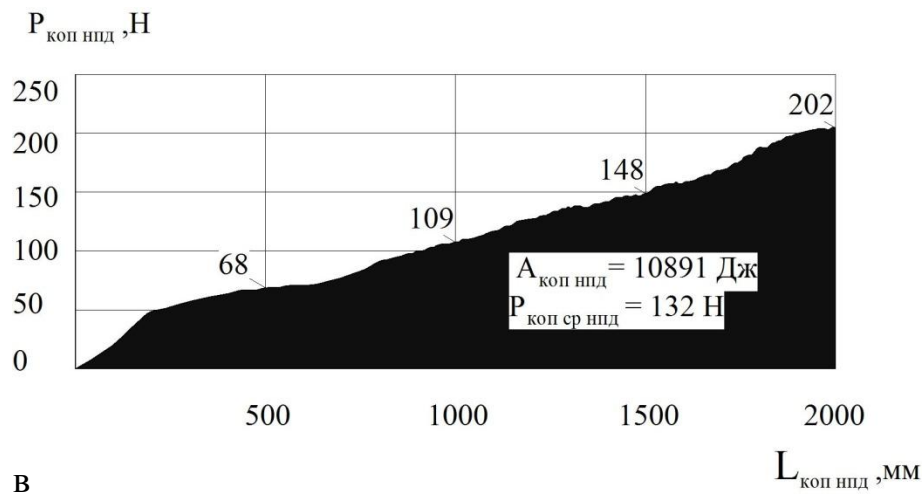
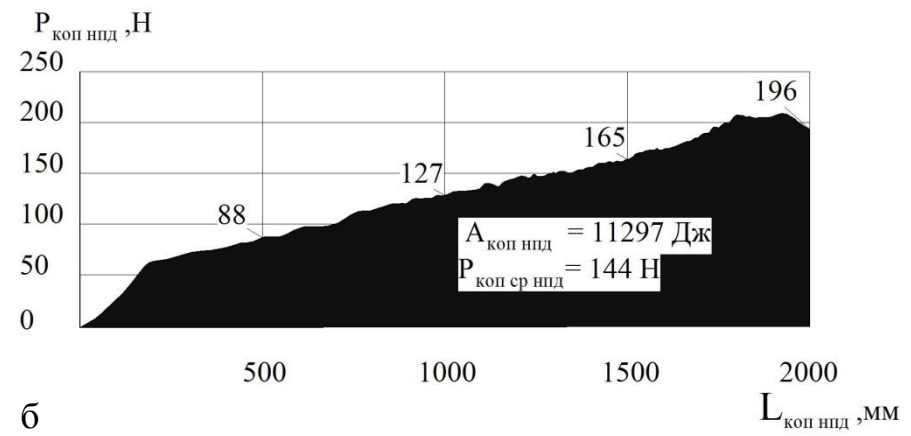
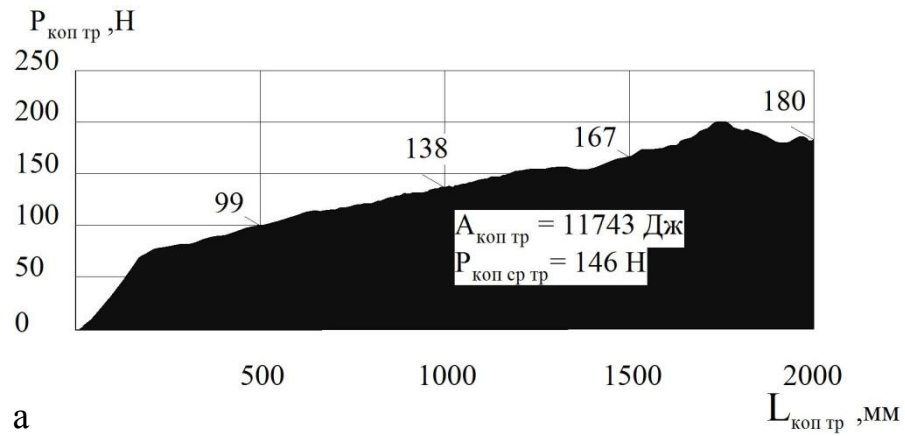


Рис.4.2. Графік зміни зусилля копання P_{kop} , по шляху копання L_{kop} :

а - традиційний ківш; б - ківш з НПД при $R_{l.3} = L_{дн нпд}/2$, мм; в - ківш з НПД при $R_{l.2} = 0,4 \cdot L_{дн нпд}$, мм; г - ківш з НПД при $R_{l.1} = 0,3 \cdot L_{дн нпд}$, мм

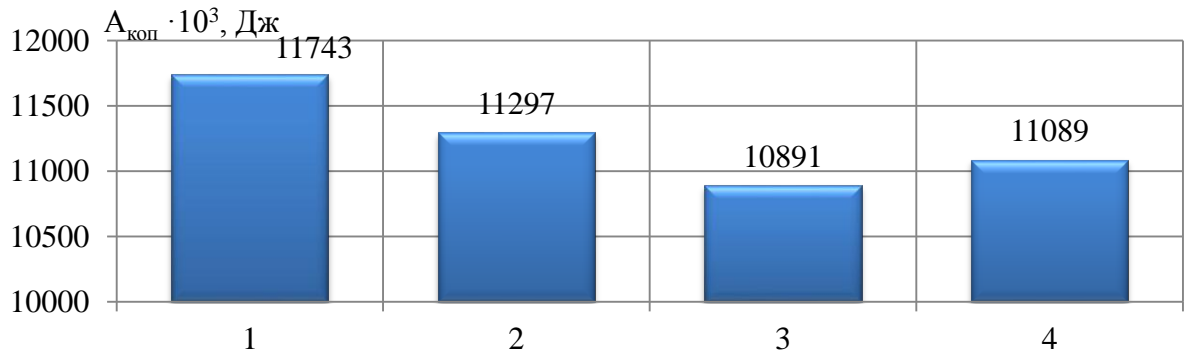


Рис.4.3. Гістограми роботи скреперів:

1 - традиційний ківш; 2 - ківш з НПД при $R_{l,3} = L_{\text{дн нпд}}/2$, мм; 3 - ківш з НПД при $R_{l,2} = 0,4 \cdot L_{\text{дн нпд}}$, мм; 4 - ківш з НПД при $R_{l,1} = 0,3 \cdot L_{\text{дн нпд}}$, мм

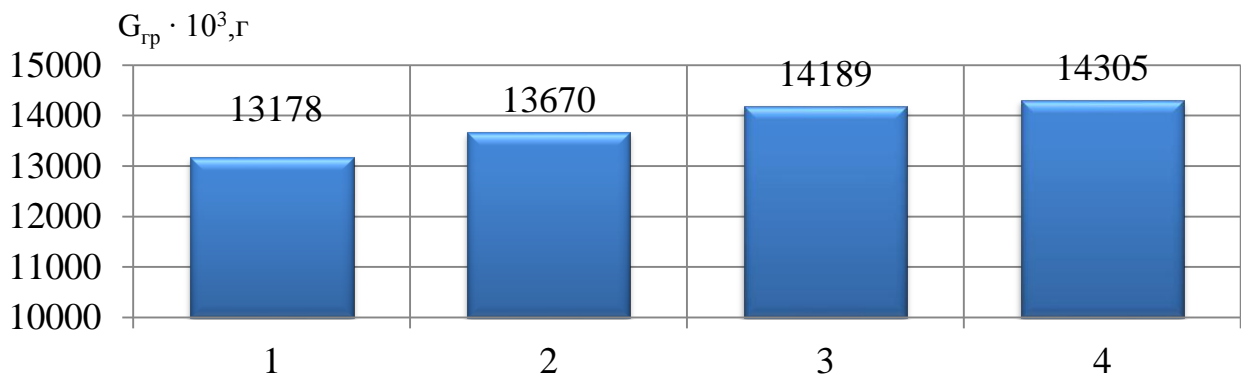


Рис.4.4. Гістограми маси ґрунту у ковші:

1 - маса ґрунту в традиційному ковші, $G_{\text{гр}}$; 2 - маса ґрунту у ковші з НПД, $G_{\text{гр}}$ при $R_{l,3} = L_{\text{дн нпд}}/2$, мм; 3 - маса ґрунту в ковші з НПД, $G_{\text{гр}}$ при $R_{l,2} = 0,4 \cdot L_{\text{дн нпд}}$, мм; 4 - маса ґрунту в ковші з НПД, $G_{\text{гр}}$ при $R_{l,1} = 0,3 \cdot L_{\text{дн нпд}}$, мм

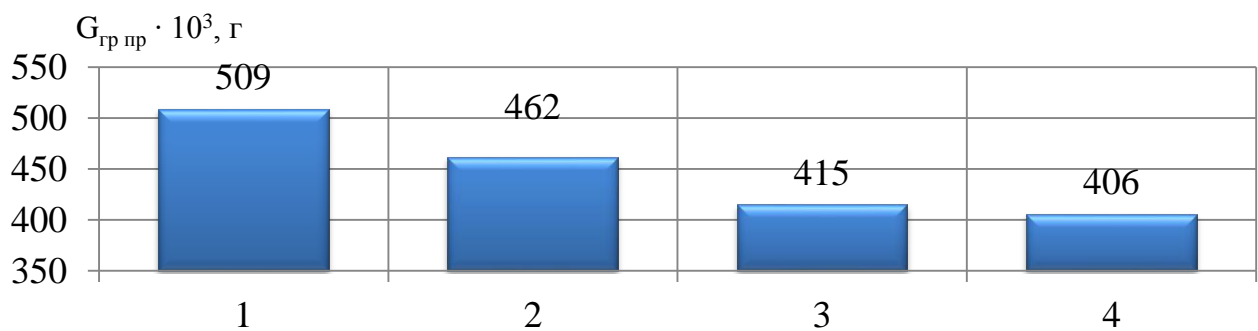


Рис.4.5. Гістограми маси ґрунту у призмі волочіння:

1 - маса ґрунту у призмі волочіння при копанні традиційним ковшем, $G_{\text{гр пр}}$; 2 - маса ґрунту у призмі волочіння при копанні ковшем з НПД, $G_{\text{гр пр}}$ при $R_{l,3} = L_{\text{дн нпд}}/2$, мм; 3 - маса ґрунту у призмі волочіння при копанні ковшем з НПД, $G_{\text{гр пр}}$ при $R_{l,2} = 0,4 \cdot L_{\text{дн нпд}}$, мм; 4 - маса ґрунту у призмі волочіння при копанні ковшем з НПД, $G_{\text{гр пр}}$ при $R_{l,1} = 0,3 \cdot L_{\text{дн нпд}}$, мм

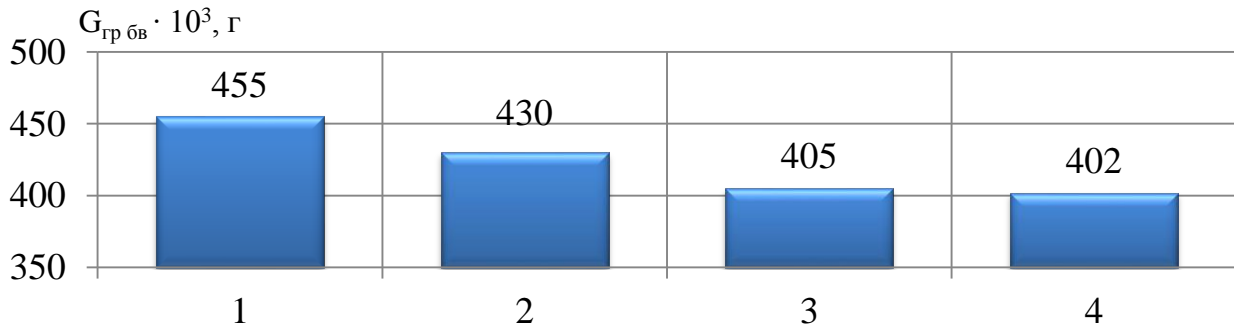


Рис.4.6. Гістограми маси втрати ґрунту у бокових валках:

1 - маса ґрунту у бокових валках при копанні традиційним ковшем, $G_{гр\ бв}$; 2 - маса ґрунту у бокових валках при копанні ковшем з НПД, $G_{гр\ бв}$ при $R_{l.3} = L_{дн\ нпд}/2$, мм; 3 - маса ґрунту у бокових валках при копанні ковшем з НПД, $G_{гр\ бв}$ при $R_{l.2} = 0,4 \cdot L_{дн\ нпд}$, мм; 4 - маса ґрунту у бокових валках при копанні ковшем з НПД, $G_{гр\ бв}$ при $R_{l.1} = 0,3 \cdot L_{дн\ нпд}$, мм

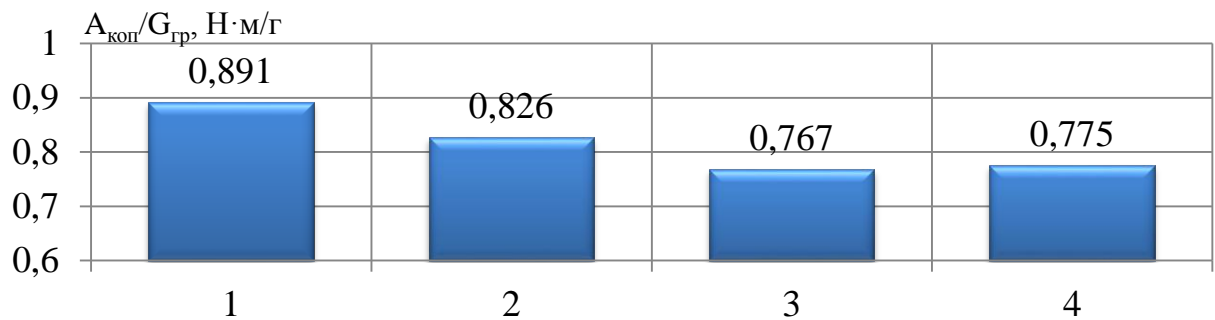


Рис.4.7. Гістограми питомих показників - відношення роботи до маси ґрунту у ковші:

1 - традиційний ківш; 2 - ківш з НПД при $R_{l.3} = L_{дн\ нпд}/2$, мм; 3 - ківш з НПД при $R_{l.2} = 0,4 \cdot L_{дн}$, мм; 4 - ківш з НПД при $R_{l.1} = 0,3 \cdot L_{дн\ нпд}$, мм

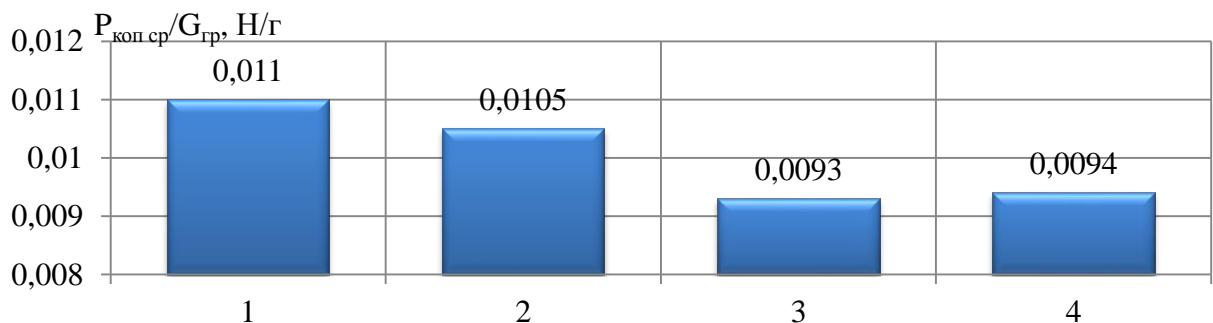


Рис.4.8. Гістограми питомих показників - відношення середнього зусилля копання до маси ґрунту у ковші:

1 - традиційний ківш; 2 - ківш з НПД при $R_{l.3} = L_{дн\ нпд}/2$, мм; 3 - ківш з НПД при $R_{l.2} = 0,4 \cdot L_{дн}$, мм; 4 - ківш з НПД при $R_{l.1} = 0,3 \cdot L_{дн\ нпд}$, мм

Аналіз гістограм за масою набраного ґрунту у ковші (рис.4.4) показує збільшення маси ґрунту у ковші з НПД на 4...9%.

Процес заповнення КС супроводжується втратами ґрунту в призму волочіння і у бічні валики (рис.4.5;4.6). Кількісні втрати ґрунту в призмі волочіння в порівнянні з ковшем традиційного типу, знижуються на 9...20%, в бічних валиках на 5...12%.

Порівняння питомих показників традиційного ковша з ковшами обладнаними НПД - відношення роботи до маси ґрунту у ковші (рис.4.7):

$A_{\text{коп } R_1} / G_{\text{Гр}} - 7...14\%$ - при копанні ґрунту ковшем з НПД;

$P_{\text{коп ср } R_1} / G_{\text{Гр}} - 5...15\%$ - при копанні ґрунту ковшем з НПД;

Максимальне зниження середнього зусилля опору копанню і виконаної роботи відбувається при використанні днища $R_{1.2} = 0,4 \cdot L_{\text{дн НПД}}$, мм.

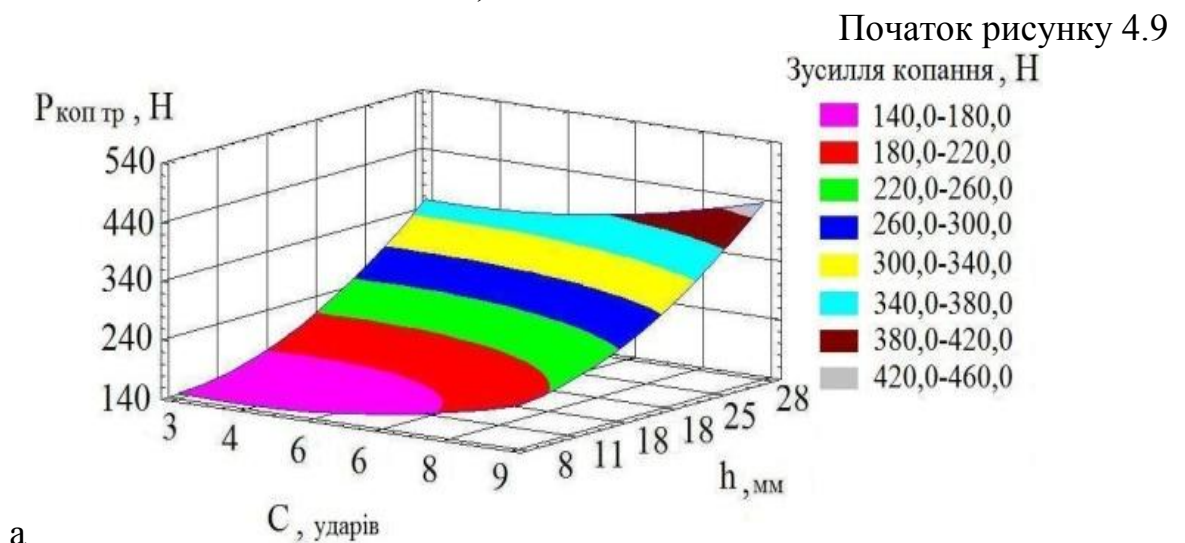
Гістограми питомих показників - відношення середнього зусилля копання до маси ґрунту у ковші представлена на рисунку 4.8.

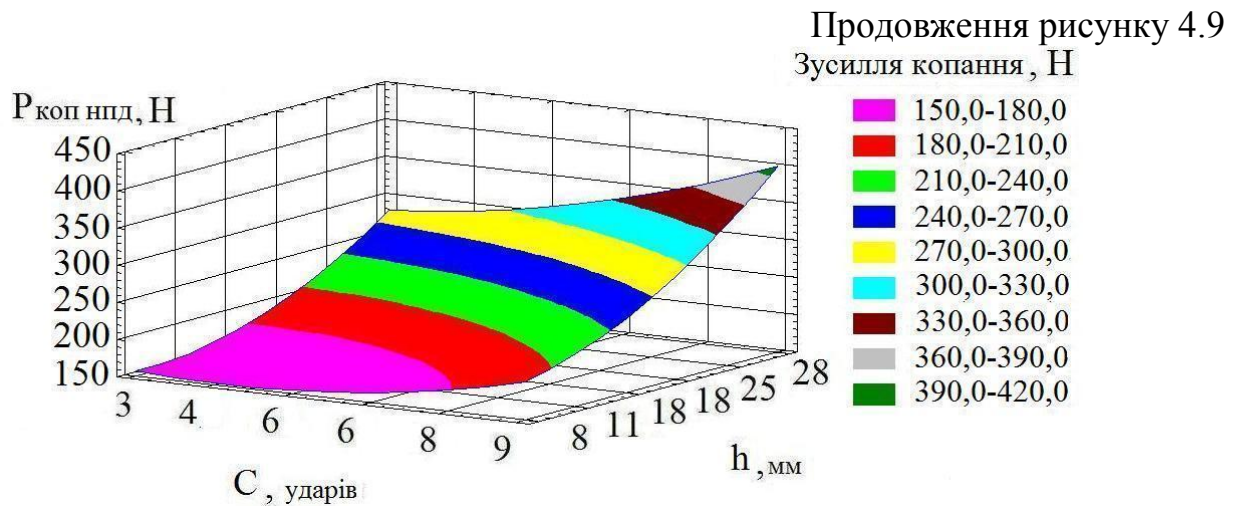
Після обробки осцилограм, отриманих на основі плану експерименту, сформовано числовий масив даних для функцій відгуку $P_{\text{коп}}$, (рис.4.9).

Математична обробка результатів дозволила отримати регресійні залежності моделі:

$$P_{\text{коп тр}} = 219,5 + 36,0076 \cdot C + 109,771 \cdot h - 23,3125 \cdot C^2 + 4,25 \cdot C \cdot h + 47,8126 \cdot h^2;$$

$$P_{\text{коп НПД}} = 207,5 + 41,0454 \cdot C + 81,2785 \cdot h - 20,6251 \cdot C^2 + 18,75 \cdot C \cdot h + 31,8751 \cdot h^2.$$





а - копання КС традиційного типу; б – копання КС з НПД

4.1.1. Багатофакторні експерименти по копанню ґрунту за двохстадійною схемою заповнення ковша скрепера з напівкруглим днищем

Експериментальні дослідження процесу двохстадійного заповнення КС з НПД - залежності зміни горизонтальної складової опору ґрунту від товщини шару ґрунту, який вирізається із масиву $h_{\text{коп}}$, щільності ґрунту $C_{\text{уд}}$, при заповненні передньої частини ковша, коли ЗС займає крайнє переднє положення. Схема фізичних моделей КС представлена на рисунку 4.10.

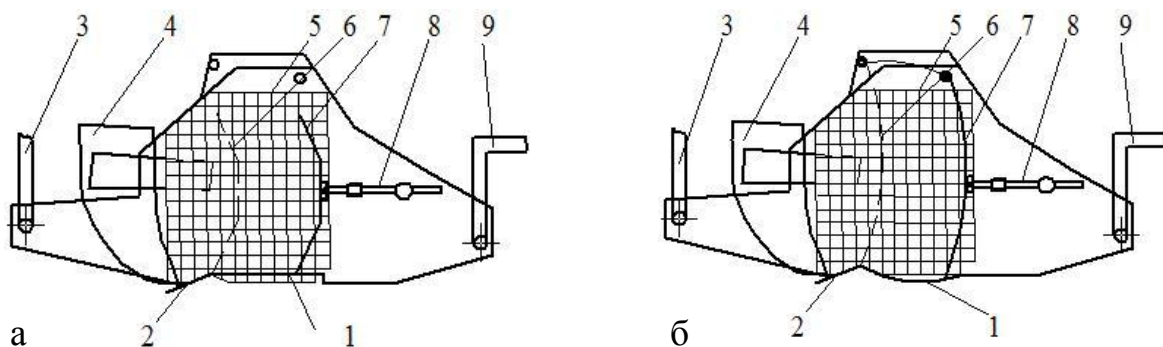


Рис. 4.10. Схема фізичних моделей КС:

а – КС традиційного типу; б – КС з НПД; 1 - днище; 2 - ніж; 3 - передній кронштейн; 4 - передня заслінка; 5 - прозора стінка; 6 – положення ЗС для заповнення у дві стадії; 7 - ЗС; 8 - привод ЗС; 9 - Г-подібний кронштейн

Для скорочення кількості дослідів при дослідженні процесу заповнення передньої частини ковша був застосований метод математичного планування експерименту. Був застосований 2-х факторний, центральний, композиційний рототабельний план другого порядку (план Бокса).

У відповідності до умов 2-х факторного рототабельного планування враховані фактори варіювалися на 5-ти рівнях, які представлені в табл.4.1.

Рівняння регресії поверхні відгуку прийнятого критерію $P_{\text{коп тр 2 ст}}$, $P_{\text{коп ннд 2 ст}}$ описувалося поліноміальною залежністю 2-го порядку:

$$P_{\text{коп тр 2 ст}} = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_{12} x_1 x_2 + b_{11} x_1^2 + b_{22} x_2^2;$$

$$P_{\text{коп ннд 2 ст}} = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_{12} x_1 x_2 + b_{11} x_1^2 + b_{22} x_2^2,$$

де $b_{0,1,2,11,12}$ – коефіцієнти рівняння регресії; $x_{1,2}$ – кодовані значення факторів ($x_1 - h_{\text{коп}}$, $x_2 - C_{\text{уд}}$).

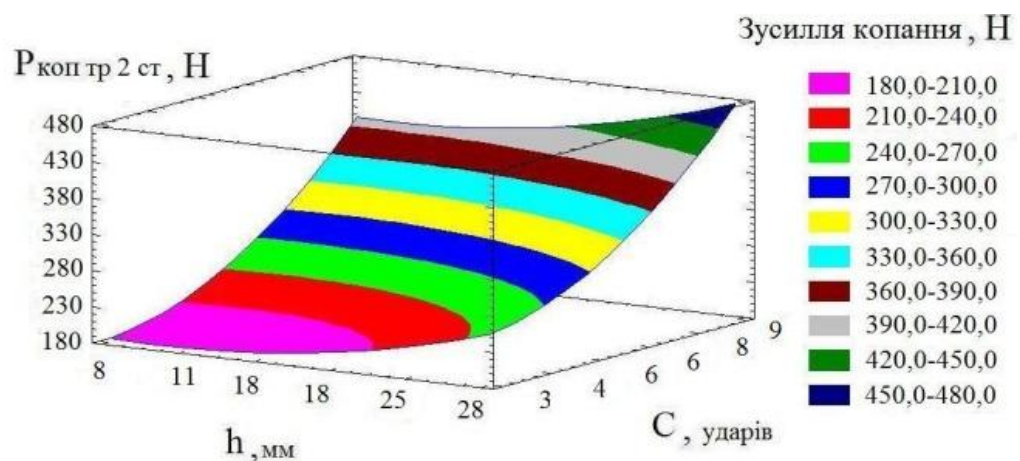
Реалізація плану експерименту дозволила отримати пакет осцилограм, після розшифрування яких був сформований числовий масив значень, прийнятого критерію оптимізації $P_{\text{коп тр 2 ст}}$, $P_{\text{коп ннд 2 ст}}$ - зусилля копання.

Статистична обробка отриманих даних дозволила отримати регресійні залежності критеріїв оптимізації $P_{\text{коп тр 2 ст}}$, $P_{\text{коп ннд 2 ст}}$ від прийнятих факторів ($x_1 - h_{\text{коп}}$, $x_2 - C_{\text{уд}}$). Поверхні відгуку зображені на рис.4.11.

$$P_{\text{коп тр 2 ст}} = 260,0 + 35,7273 * h + 110,405 * C + 23,5625 * h^2 + 3,75 * h * C + 45,0626 * C^2;$$

$$P_{\text{коп ннд 2 ст}} = 225,0 + 39,9115 * h + 82,0589 * C + 20,1251 * h^2 + 16,75 * h * C + 31,8751 * C^2.$$

Початок рисунку 4.11.



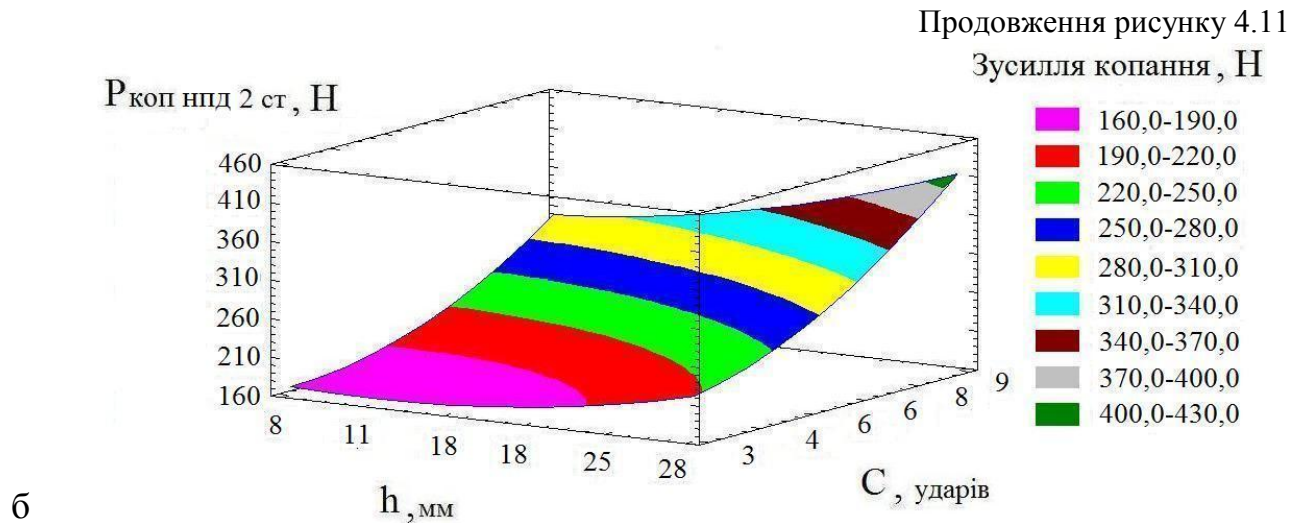


Рис.4.11. Графіки залежності зусилля копання за двохстадійною схемою:

а - КС традиційного типу; б - КС з НПД

4.2. Результати експериментальних досліджень процесу розвантаження ґрунту з ковша скрепера обладнаного напівкруглим днищем

При розвантаженні КС з традиційним днищем і днищами з $R_{1,3} = L_{\text{дн нпд}}/2$, мм, $R_{1,2} = 0,4 \cdot L_{\text{дн нпд}}$, мм, $R_{1,1} = 0,3 \cdot L_{\text{дн нпд}}$, мм, вивчався характер опору розвантаження $P_{\text{роз}}$ і маса ґрунту $G_{\text{гр}}$, набраного у ківш. Дослідження характеру опору розвантаження $P_{\text{роз}}$, $P_{\text{роз 2 ст}}$ по довжині днища $L_{\text{дн гр}}$, $L_{\text{дн нпд}}$ показує зниження зусиль у ковшах з НПД на 7...20%. Зменшується не тільки виконана робота, а й максимальні значення зусиль, які діють при розвантаженні. Найбільше зниження зусилля розвантаження і виконаної роботи відбувається при використанні днища $R_{1,2} = 0,4 \cdot L_{\text{дн нпд}}$, мм (рис.4.12).

З отриманих графіків рисунку 4.13, в яких площа являє виконану роботу, побудовані гістограми (рис.4.12), де взято показники роботи розвантаження та загальні показники (копання та розвантаження).

Порівняння питомих показників традиційного ковша з ковшами обладнаними НПД - відношення роботи до маси ґрунту у ківші показані на рисунку 4.14: $A_{\text{роз нпд}}/G_{\text{гр}} = 15...33\%$ - при розвантаженні ґрунту ковшами з

НПД; $A_{\text{заг НПД}}/G_{\text{гр}} - 11...23\%$ - сумарний показник копання і розвантаження ковша з НПД.

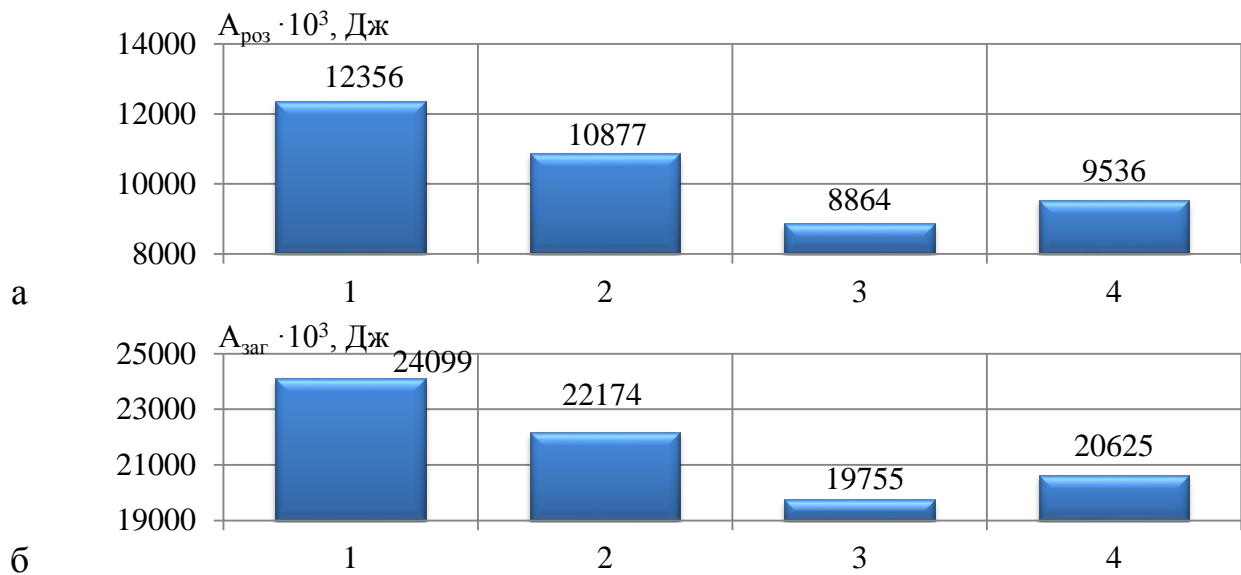


Рис.4.12. Гістограми роботи розвантаження:

а - гістограми розвантаження; б - гістограми копання і розвантаження;
 1 – традиційний ківш, $L_{\text{дн гр}}$; 2 – ківш з НПД, $L_{\text{дн НПД}}$ при $R_{1,3} = L_{\text{дн НПД}}/2$, мм; 3 –
 ківш з НПД, $L_{\text{дн НПД}}$ при $R_{1,2} = 0,4 \cdot L_{\text{дн НПД}}$, мм; 4 – ківш з НПД, $L_{\text{дн НПД}}$ при $R_{1,1} =$
 $0,3 \cdot L_{\text{дн НПД}}$, мм

При порівнянні відношення середнього зусилля розвантаження до маси ґрунту у традиційному ковші з ковшами обладнаними НПД отримані наступні результати (рис. 4.15): $P_{\text{роз ср НПД}}/G_{\text{гр}} - 10...26\%$ - при розвантаженні ґрунту ковшем з НПД і ЗС маятникового типу; $P_{\text{заг ср НПД}}/G_{\text{гр}} - 7...20\%$ - загальний показник копання і розвантаження ковша з НПД.

У ході експериментальних досліджень вимірювався опір розвантаженню ґрунту ($P_{\text{роз гр}}$, $P_{\text{роз НПД}}$) в умовах зміни місця докладання зусиль гідроциліндра по висоті ЗС ($H_1 - H_4$) (рис.4.16). Також досліджувалися залежності зміни довжини висування гідроциліндра (L) (рис.4.17) від місця прикладання зусиль гідроциліндра по висоті ЗС і роботи ($A_{\text{роз}}$) (рис.4.18).

Дослідження показали, що ЗС з радіусом рівним $R_{2,2} = (0,8...0,9) H_{\text{ЗС}}$ є найбільш раціональною при розвантаженні ґрунту з КС. Зміна місця кріплення гідроциліндра від H_1 до H_4 знижує показники максимального зусилля $P_{\text{роз}}$ та роботи $A_{\text{роз}}$, але збільшує хід штока гідроциліндра L .

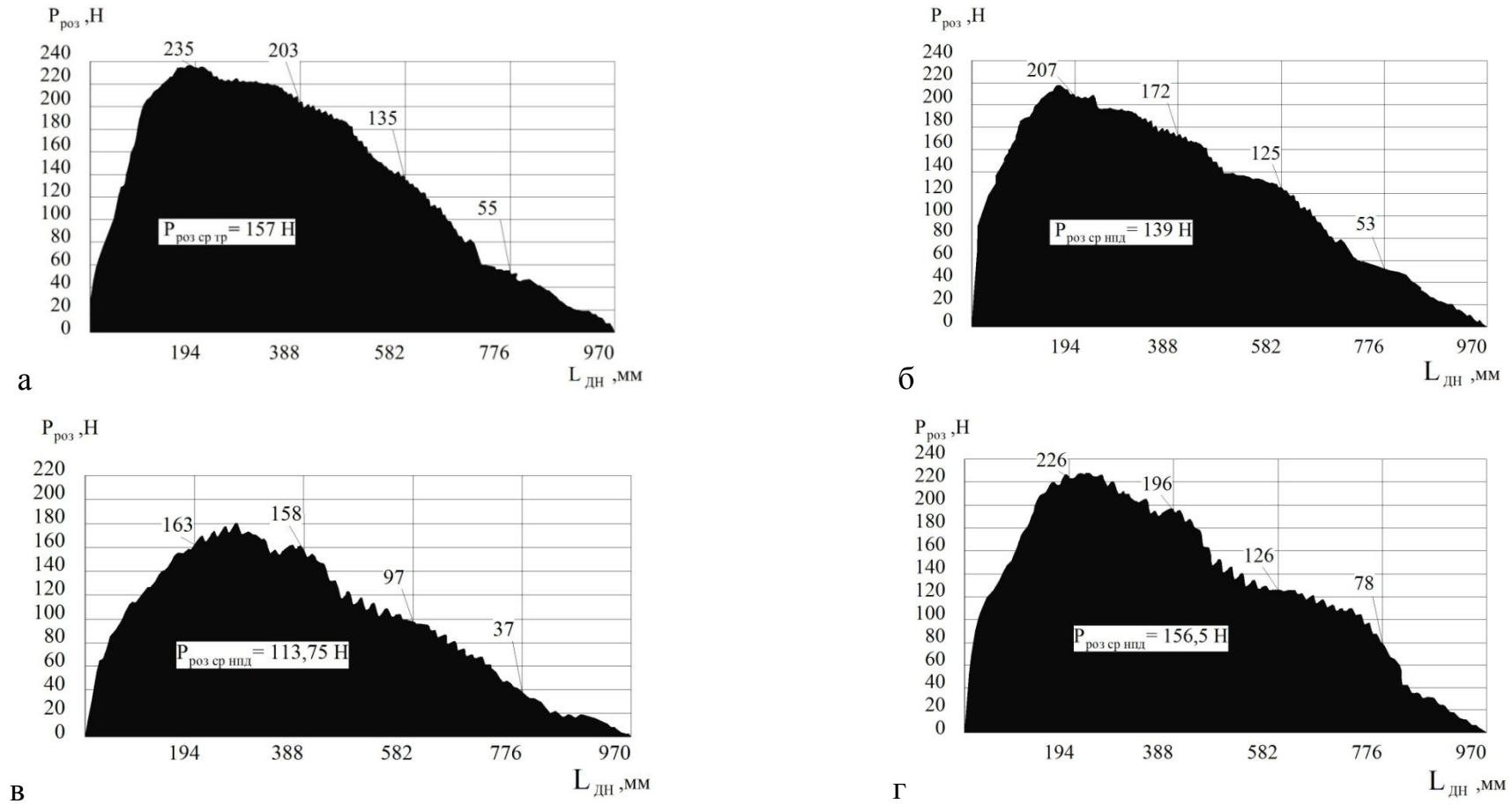


Рис.4.13. Графік зміни зусилля розвантаження ґрунту, $P_{роз}$ від довжини днища скрепера, $L_{дн}$:

а - традиційний ківш; б - ківш з НПД, $L_{дн}$ при $R_{1.3} = L_{дн\ нпд}/2$, мм; в - ківш з НПД, $L_{дн}$ при $R_{1.2} = 0,4 \cdot L_{дн\ нпд}$, мм; г - ківш з НПД, $L_{дн}$ при $R_{1.1} = 0,3 \cdot L_{дн\ нпд}$, мм

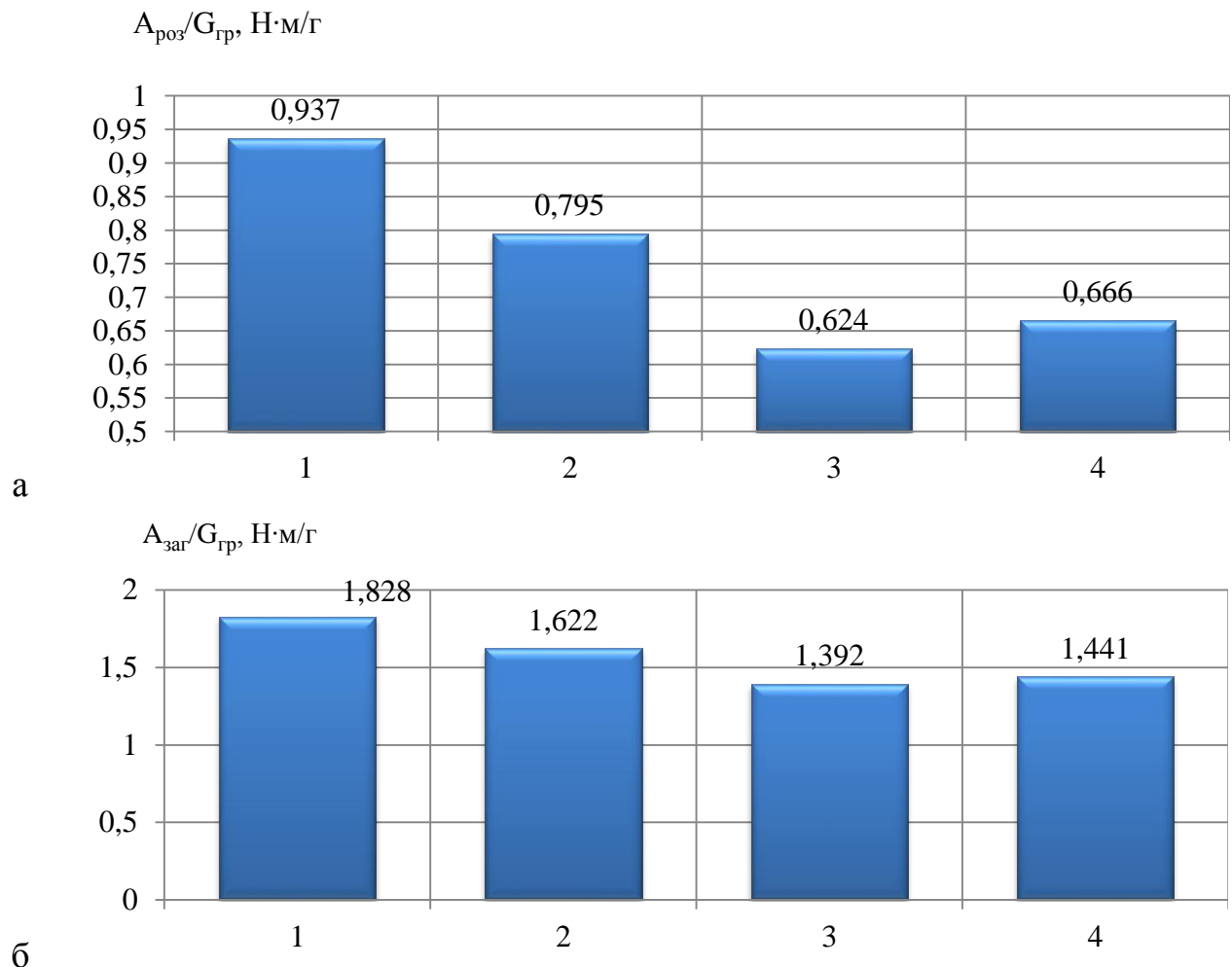


Рис.4.14. Гістограми питомих показників - відношення роботи до маси ґрунту у ковші:

а - гістограми питомих показників розвантаження; б - гістограми питомих показників копання і розвантаження; 1 - традиційний ківш, $L_{\text{дн гр}}$; 2 - ківш з НПД, $L_{\text{дн нпд}}$ при $R_{1,3} = L_{\text{дн нпд}}/2$, мм; 3 - ківш з НПД, $L_{\text{дн нпд}}$ при $R_{1,2} = 0,4 \cdot L_{\text{дн нпд}}$, мм; 4 - ківш з НПД, $L_{\text{дн нпд}}$ при $R_{1,1} = 0,3 \cdot L_{\text{дн нпд}}$, мм

Проведені дослідження показали, що використання КС з НПД і ЗС з радіусом рівним $R_{2,2} = (0,8...0,9) H_{\text{зс}}$ найбільш ефективно, а розташування гідроциліндра найбільш доцільно при $H_4 / H_{\text{зс}} = 0,5$.

Дана конфігурація елементів КС забезпечує зниження зусилля копання (8%), суттєве зниження зусилля розвантаження (40%), зниження роботи розвантаження (45%), зниження ходу штока гідроциліндра (56%), внаслідок чого скорочується час однієї з основних операцій скрепера - розвантаження ґрунту з ковша.

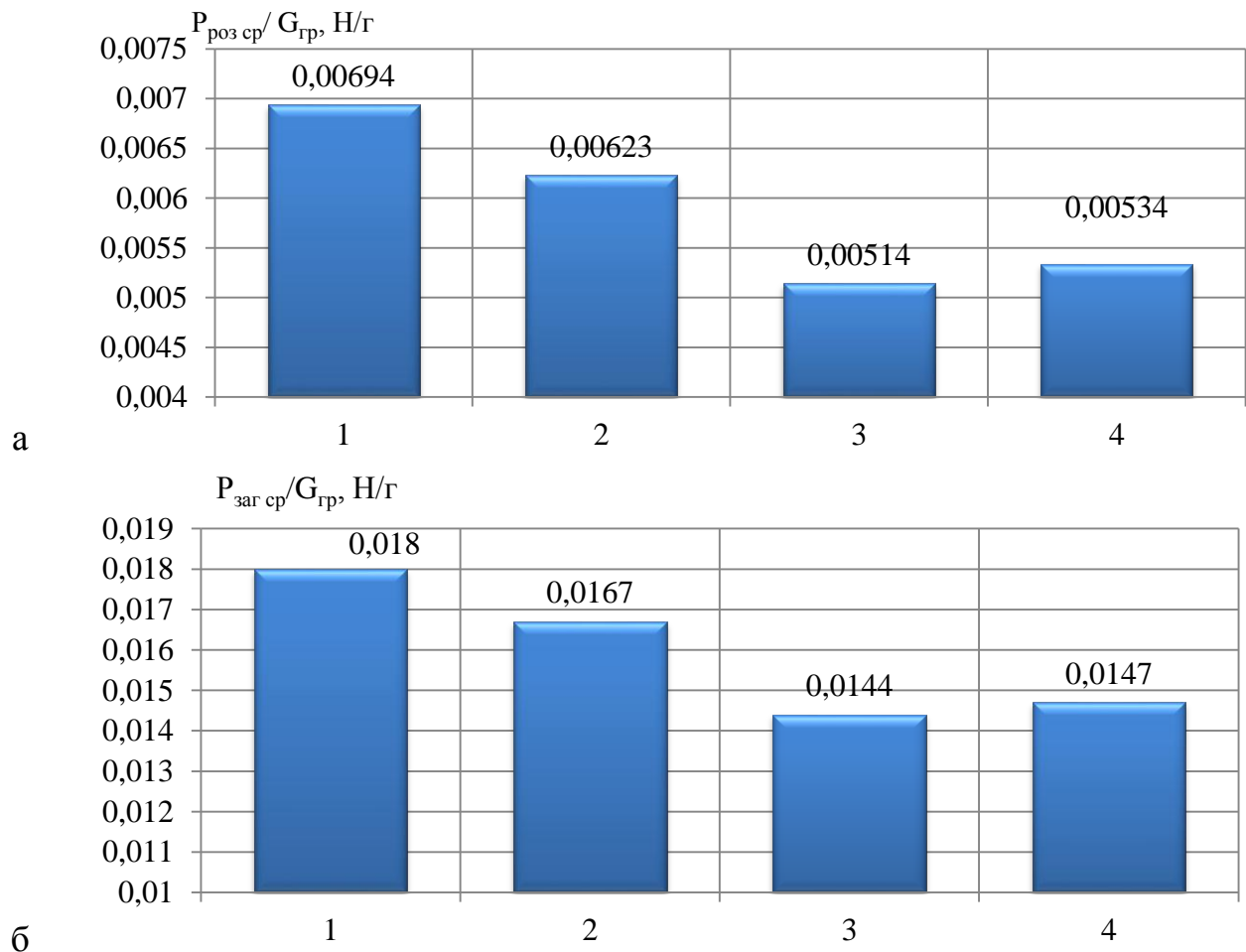


Рис.4.15. Гістограми питомих показників - відношення середнього зусилля копання до маси ґрунту у ковші:

а - гістограми середніх питомих показників копання; б - гістограми середніх питомих показників роботи по копанню і розвантаженню; 1 - традиційний ківш, $L_{\text{дн тр}}$; 2 - ківш з НПД, $L_{\text{дн нпд}}$ при $R_{1.3} = L_{\text{дн нпд}}/2$, мм; 3 - ківш з НПД, $L_{\text{дн нпд}}$ при $R_{1.2} = 0,4 \cdot L_{\text{дн нпд}}$, мм; 4 - ківш з НПД, $L_{\text{дн нпд}}$ при $R_{1.1} = 0,3 \cdot L_{\text{дн нпд}}$, мм

Одним з етапів досліджень, на даній моделі, було встановлення якісної картини процесу взаємодії ЗС КС з ґрунтом. Для цього всередину моделі КС поміщають пошарово піщано-глинисту суміш і товчену крейду. Це дозволило створити ґрунт з пошарово-пофарбованою структурою (додаток Б) [93]. Взаємодія ЗС КС з пошарово-пофарбованим ґрунтом забезпечує можливість спостереження зон ущільнення ґрунту, характер руху ґрунту у ковші і область поширення напруженого стану ґрунту в залежності від переміщення стінки при розвантаженні.

Дослідження на даній моделі здійснювалися таким чином (рис. 4.19). Передня заслінка ковша 4 закрита, ківш знаходиться у транспортному положенні.

Контролюється чергування і кількість шарів, щільність і вологість набраного у ківш ґрунту. Далі передня заслінка ковша 4 відкривається і за допомогою приводу 9 проводиться розвантаження ґрунту. Рівномірність процесу розвантаження контролюється за допомогою сітки, яка нанесена на прозору стінку 6 КС.

В результаті досліджень отримані фотограми процесу розвантаження КС пошарово пофарбованого ґрунту як традиційного виконання так і з НПД. Дослідження показали відмінності в характері руху ґрунту при розвантаженні в порожнині ковша, а також розподіл зон ущільнення по висоті ЗС.

Для ковша традиційного типу встановлено, що по мірі висування ЗС КС напруження, яке виникає у ґрунті, розподіляється рівномірно по всій висоті, про що свідчать не викривлені кольорові смуги, а також відсутність пустот у ґрунті в

порожнині ковша. Також встановлено, що обсяг ґрунту який розвантажується з ковша має форму призми, що створює додаткові енерговитрати при розвантаженні.

Характер розвантаження ґрунту з КС з НПД відрізняється від традиційного [94]. При відкритті передньої заслінки частина ґрунту осипається, створюючи порожнечу між ґрунтом і ЗС. По мірі висування ЗС КС, напруження ґрунту розподіляється нерівномірно по висоті стінки. Найбільше ущільнення ґрунту відбувається у нижній частині. У верхній створюється порожнеча, яка займає 2/3 висоти стінки і збільшується в залежності від переміщення стінки при розвантаженні. На підставі отриманих фотограм побудовані циклограми процесу розвантаження КС (додаток Б). Зроблено кількісний аналіз процесу розвантаженню ґрунту і побудовані відповідні графіки (рис.4.20).

При розвантаженні ґрунту з КС традиційного типу і з НПД, вивчався характер опору розвантаженню $P_{роз}$ по довжині днища $L_{дн}$ (рис.4.21).

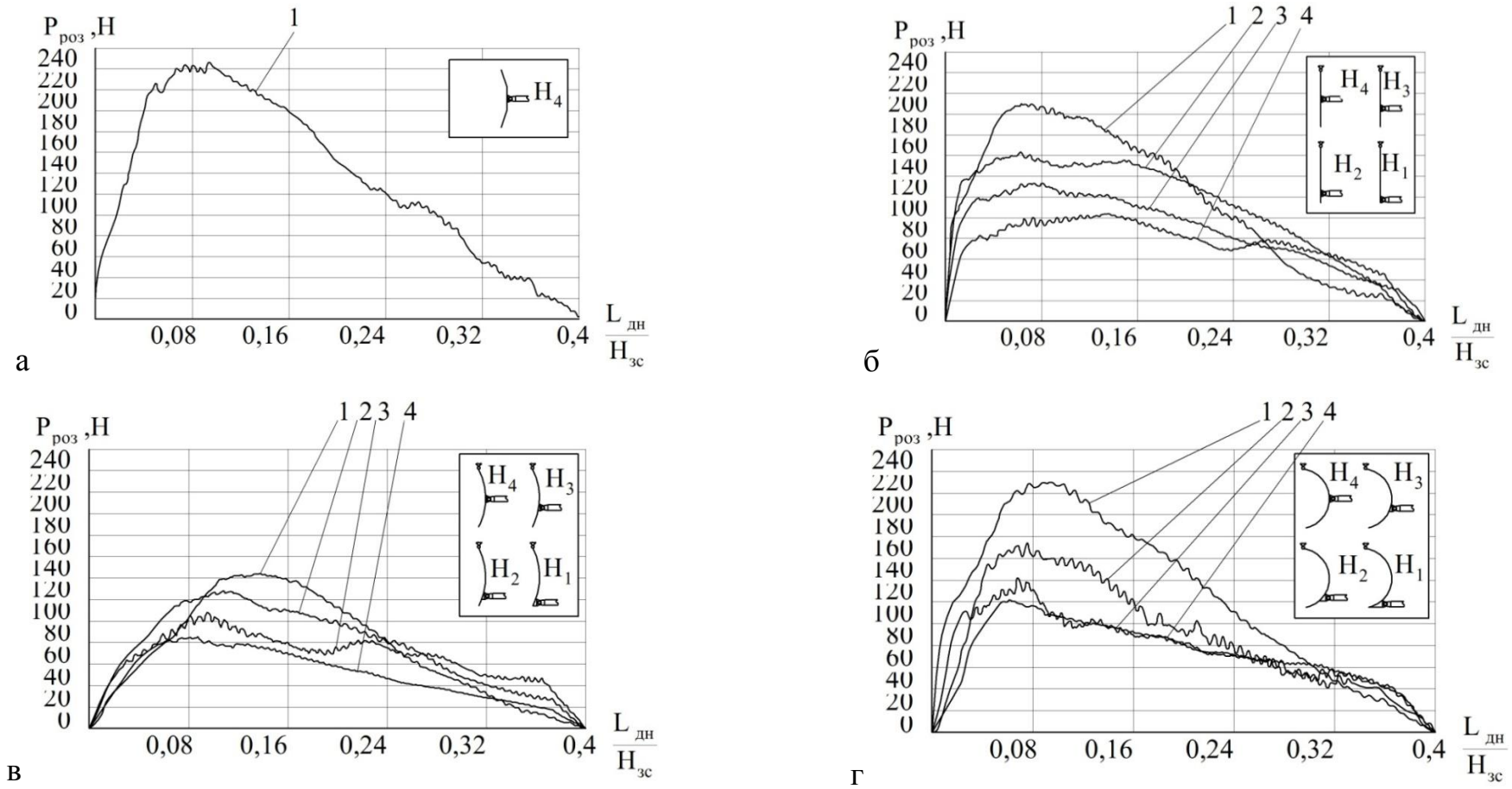


Рис.4.16. Осцилограми зміни зусилля розвантаження, $P_{роз}$ від відношення довжини днища скрепера, $L_{дн}$ до висоти ЗС, $H_{зс}$:

а - традиційний ківш; б, в, г - ковші з НПД і ЗС маятникового типу $R_{2,1} = 0$ мм, $R_{2,2} = (0,8 \dots 0,9) H_{зс}$ мм, $R_{2,3} = 0,7 H_{зс}$ мм.

Розташування гідроциліндра на ЗС КС: 1 - $\frac{H_4}{H_{зс}} = 0,5$; 2 - $\frac{H_3}{H_{зс}} = 0,35$; 3 - $\frac{H_2}{H_{зс}} = 0,2$; 4 - $\frac{H_1}{H_{зс}} = 0,06$

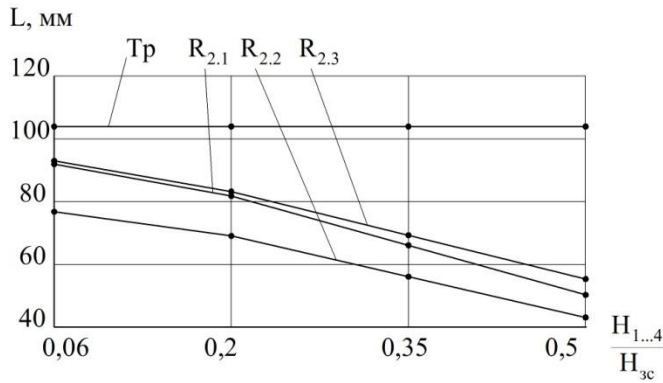


Рис.4.17. Графік залежності зміни довжини висування гідроциліндра, L від висоти кріплення гідроциліндра на ЗС КС, $H_{1...4}$:

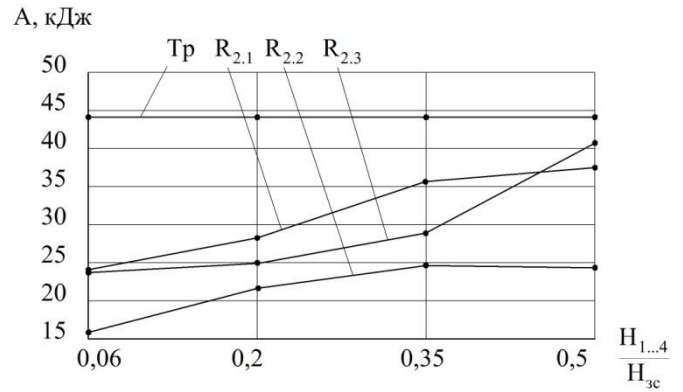


Рис.4.18. Графік залежності зміни виконаної роботи розвантаження, A від висоти кріплення гідроциліндра на ЗС КС, $H_{1...4}$:

Tr - традиційний ківш; $R_{2.1}$, $R_{2.2}$, $R_{2.3}$ - ковші з НПД при $R_{2.1} = 0$ мм, $R_{2.2} = (0,8 \dots 0,9) H_{3c}$ мм, $R_{2.3} = 0,7 H_{3c}$ мм

Tr - традиційний ківш; $R_{2.1}$, $R_{2.2}$, $R_{2.3}$ - ковші з НПД при $R_{2.1} = 0$ мм, $R_{2.2} = (0,8 \dots 0,9) H_{3c}$ мм, $R_{2.3} = 0,7 H_{3c}$ мм

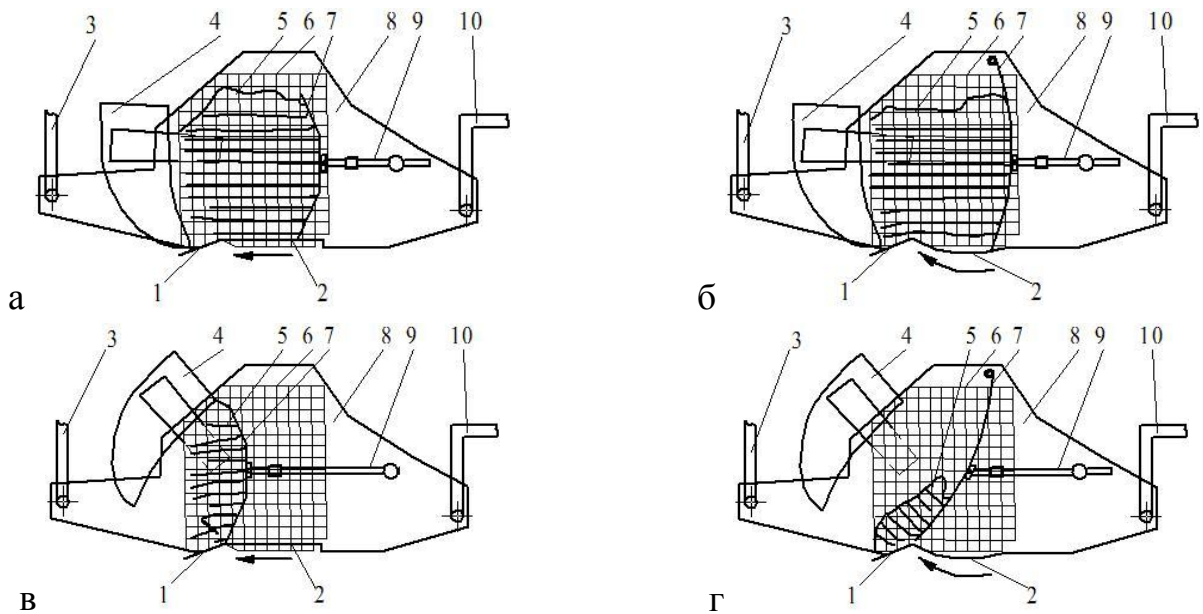


Рис.4.19. Схема моделі КС:

а - транспортне положення ковша традиційного типу; б - транспортне положення ковша з НПД і ЗС маятникового типу; в - заключний етап розвантаження ґрунту з ковша традиційного типу; г - заключний етап розвантаження ґрунту з ковша обладнаного НПД; 1 - ніж; 2 - днище; 3 - передній кронштейн; 4 - передня заслінка; 5 - ґрунт; 6 - прозора стінка; 7 - ЗС; 8 - бокова стінка; 9 - привод; 10 - Г-подібний кронштейн

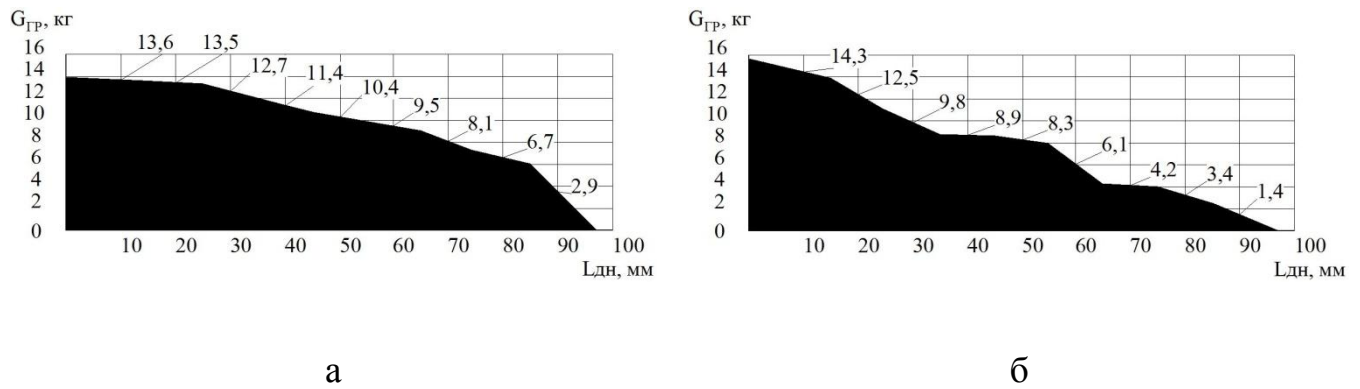


Рис.4.20. Графіки зміни маси ґрунту у процесі розвантаження ковша від пересування ЗС вздовж днища:

а - ківш традиційного типу; б - ківш з НПД і ЗС маятникового типу

Дослідження характеру опору розвантаженню $P_{роз\ тр}$, $P_{роз\ нпд}$ по довжині днища $L_{дн\ тр}$, $L_{дн\ нпд}$ показує зниження зусиль у ковшах з НПД на 7...20% у порівнянні з ковшами традиційного типу. Зменшується не тільки виконана робота (20...28%), а й максимальні значення зусиль (15...20%), які діють при розвантаженні.

Досліджувалася інтенсивність розвантаження КС, яка представлена відношенням ґрунту ($G_{гр\ кі}$), який залишився в ковші до початкової кількості ґрунту $G_{гр\ к}$ у ковші уздовж днища $L_{дн}$. З графіків видно, що розвантаження ґрунту з ковша обладнаного НПД відбувається інтенсивніше на 20...25%, ніж із ковша традиційного типу (рис.4.22).

Так само досліджувалась зміна відношення зусилля розвантаженню ґрунту до довжини днища $P_{роз}/L_{дн}$ від відповідності $L_{дн\ і}/L_{дн}$, де $L_{дн\ і}$ - проміжне значення положення ЗС, $L_{дн}$ - загальна довжина днища скрепера (рис.4.23). Графіки показують зниження, як пікових значень, так і загальних протягом процесу розвантаження.

Відношення зусилля розвантаження $P_{роз}$ до маси ґрунту $G_{гр}$ у ковші (рис.4.24), яке показало, що у КС з НПД максимальне зусилля менше при більшій кількості ґрунту, набраного у ківш.

Для скорочення кількості дослідів при дослідженні процесу розвантаження був застосований метод математичного планування експерименту. Був застосований

2-х факторний, центральний, композиційний рототабельний план другого порядку (план Бокса).

У відповідності до умов 2-х факторного рототабельного планування враховані фактори варіювалися на 5-ти рівнях, які представлені в табл.4.1.

Рівняння регресії поверхні відгуку прийнятого критерію $P_{\text{роз тр}}$, $P_{\text{роз нпд}}$, $P_{\text{роз тр 2 ст}}$, $P_{\text{роз нпд 2 ст}}$:

$$P_{\text{роз тр}} = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_{12} x_1 x_2 + b_{11} x_1^2 + b_{22} x_2^2;$$

$$P_{\text{роз нпд}} = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_{12} x_1 x_2 + b_{11} x_1^2 + b_{22} x_2^2;$$

$$P_{\text{роз тр 2 ст}} = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_{12} x_1 x_2 + b_{11} x_1^2 + b_{22} x_2^2;$$

$$P_{\text{роз нпд 2 ст}} = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_{12} x_1 x_2 + b_{11} x_1^2 + b_{22} x_2^2,$$

де $b_{0,1,2,11,12}$ – коефіцієнти рівняння регресії; $x_{1,2}$ – кодовані значення факторів ($x_1 - h_{\text{коп}}$, $x_2 - C_{\text{уд}}$).

Реалізація плану експерименту дозволила отримати пакет осцилограм, після розшифрування яких був сформований числовий масив значень, прийнятого критерію оптимізації: $P_{\text{роз тр}}$, $P_{\text{роз нпд}}$ – зусилля розвантаження; $P_{\text{роз тр 2 ст}}$, $P_{\text{роз нпд 2 ст}}$ – зусилля розвантаження (при копанні за двохстадійною схемою).

Математична обробка результатів дозволила отримати регресійні залежності моделі:

$$P_{\text{роз тр}} = 277,0 + 18,1051 \cdot C + 41,7044 \cdot h - 7,06254 \cdot C^2 + 3,75 \cdot C \cdot h + 12,0626 \cdot h^2;$$

$$P_{\text{роз нпд}} = 204,0 + 19,6014 \cdot C + 14,3692 \cdot h - 9,0 \cdot C^2 - 0,01 \cdot C \cdot h - 11,5 \cdot h^2;$$

$$P_{\text{роз тр 2 ст}} = 283,5 + 18,2301 \cdot h + 41,4758 \cdot C - 6,62503 \cdot h^2 + 4,5 \cdot h \cdot C - 11,6251 \cdot C^2;$$

$$P_{\text{роз нпд 2 ст}} = 210,5 + 20,4853 \cdot h + 14,8263 \cdot C - 9,06251 \cdot h^2 + 0,5 \cdot h \cdot C - 11,8125 \cdot C^2.$$

Статистична обробка отриманих даних дозволила отримати регресійні залежності критеріїв оптимізації $P_{\text{роз тр}}$, $P_{\text{роз нпд}}$, $P_{\text{роз тр 2 ст}}$, $P_{\text{роз нпд 2 ст}}$.

Поверхні відгуку залежності зусилля розвантаження зображені на рис.4.25.

Поверхні відгуку залежності зусилля розвантаження (при копанні за двохстадійною схемою) зображені на рис.4.26.

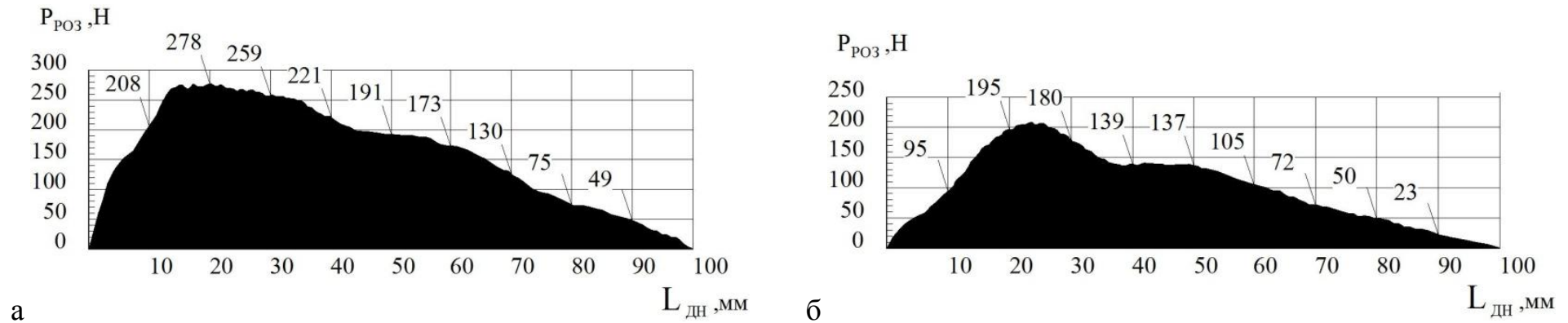


Рис.4.21. Графіки зміни зусилля розвантаження, $P_{роз}$ від довжини днища скрепера, $L_{дн}$:

а - традиційний ківш; б - ківш з НПД

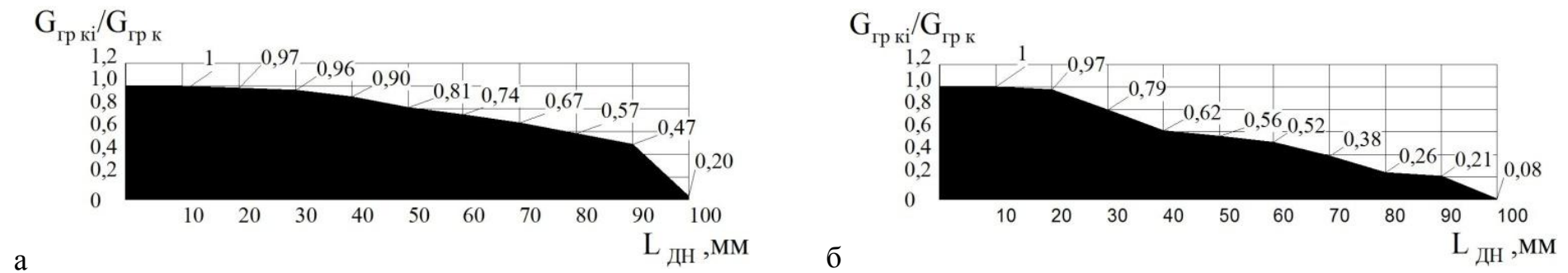
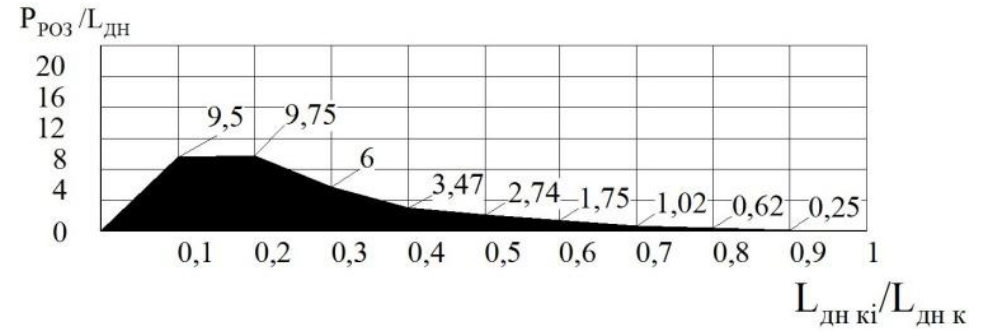
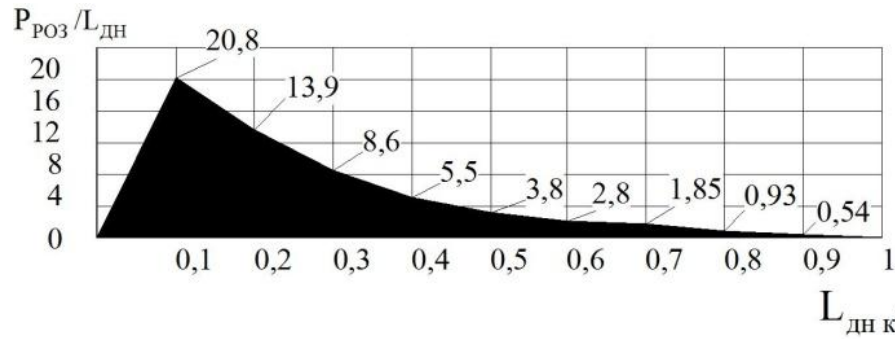


Рис.4.22. Графіки відношення ґрунту, який залишився $G_{гр\ кі}$ у ковші до початкової кількості ґрунту $G_{гр\ к}$ у ковші уздовж днища $L_{дн}$:

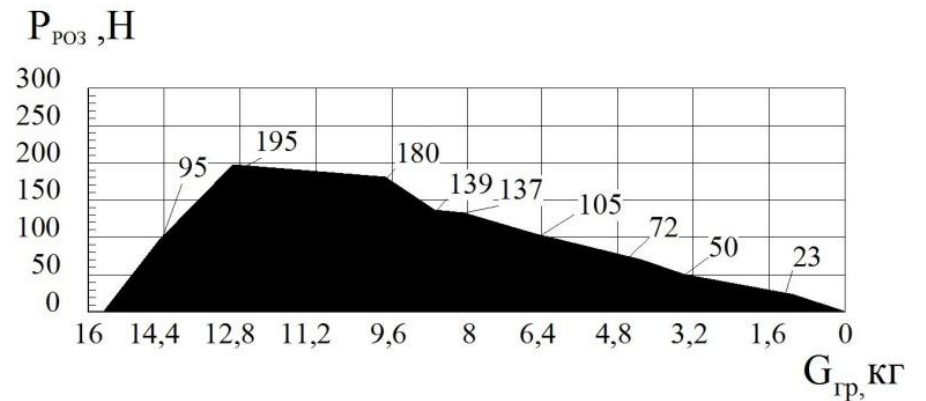
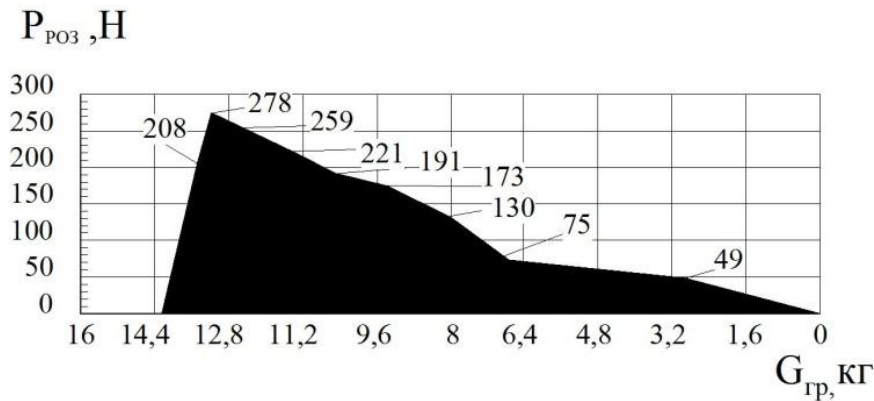
а - ківш традиційного типу; б - ківш з НПД



а

б

Рис.4.23. Графіки зміни відношення зусилля розвантаження ґрунту $P_{роз}$ до довжини днища $L_{дн}$: а - ківш традиційного типу; б - ківш з НПД



а

б

Рис.4.24. Графіки зміни відношення зусилля розвантаження ґрунту $P_{роз}$ до маси ґрунту $G_{гр}$:

а - ківш традиційного типу; б - ківш з НПД

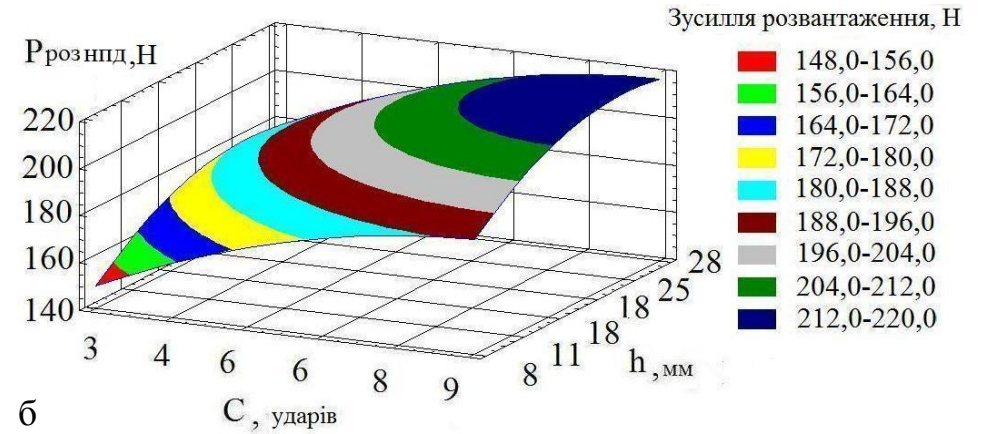
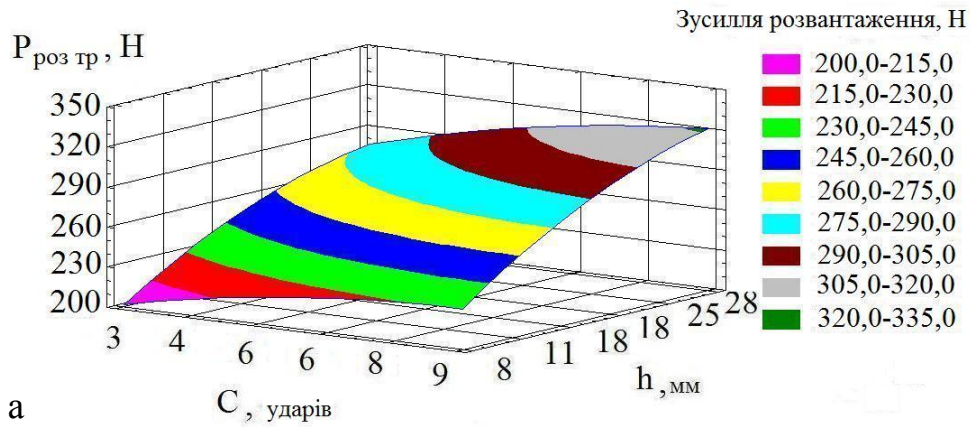


Рис.4.25. Графіки залежності зусилля розвантаження ґрунту КС:

а - розвантаження ґрунту з ковша традиційного типу; б - розвантаження ґрунту з ковша обладнаного НПД

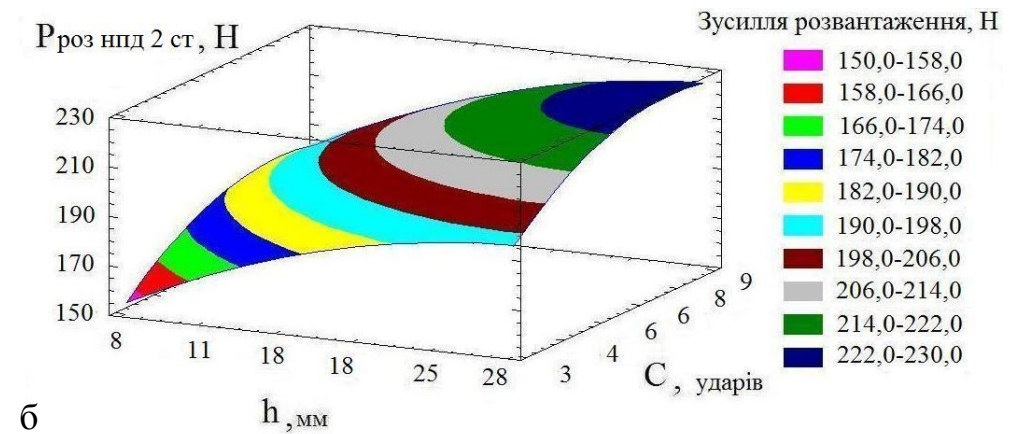
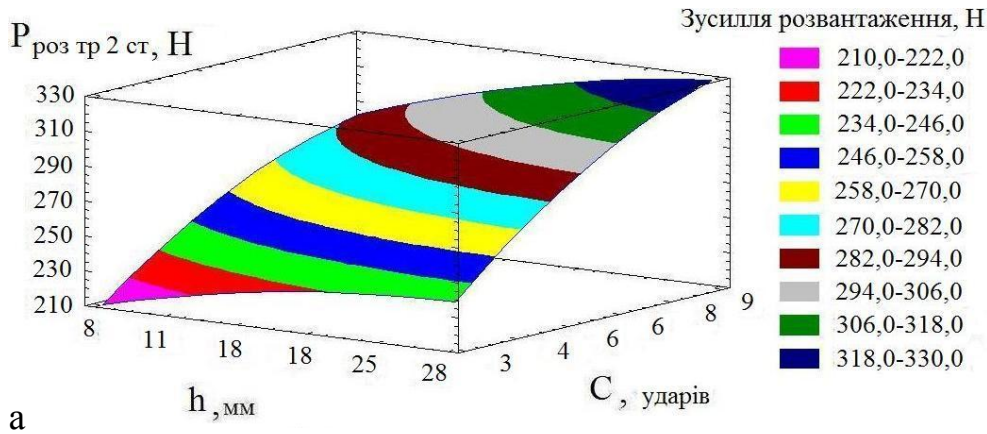


Рис.4.26. Залежність зусилля розвантаження ґрунту КС за двохстадійною схемою:

а - розвантаження ґрунту з ковша традиційного типу; б - розвантаження ґрунту з ковша обладнаного НПД

4.3. Результат експериментального дослідження напружено-деформованого стану задньої стінки ковша скрепера

Для визначення напружень, які виникають на ЗС КС в процесі розвантаження, в умовах зміни висоти кріплення приводу гідроциліндра, розроблені моделі та проведені експериментальні дослідження по навантаженню моделей ЗС КС в умовах зміни висоти кріплення приводу гідроциліндра та визначені раціональні параметри ЗС КС.

Кріплення приводу ЗС КС змінювалось по її висоті ($\frac{H_1}{H_{3c}} = 0,06$; $\frac{H_2}{H_{3c}} = 0,2$; $\frac{H_3}{H_{3c}} = 0,35$; $\frac{H_4}{H_{3c}} = 0,5$) (рис.4.27), де H_1, H_2, H_3, H_4 – висота кріплення гідроциліндра до ЗС; H_{3c} – висота ЗС.

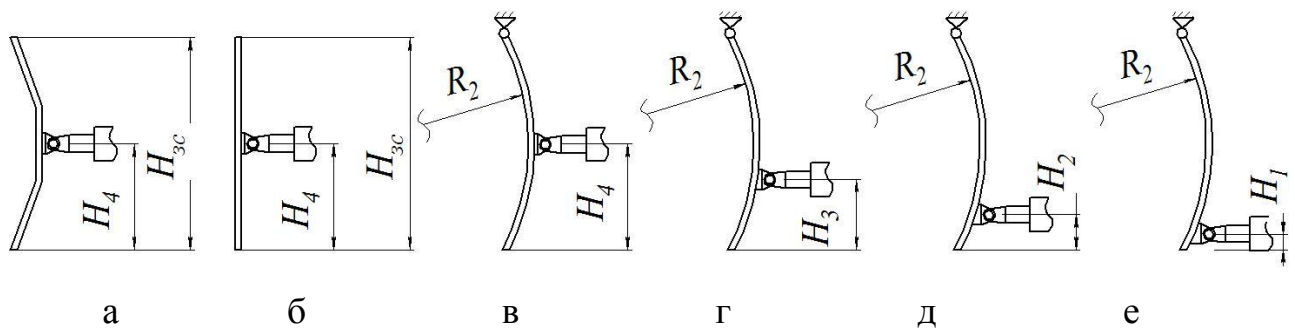


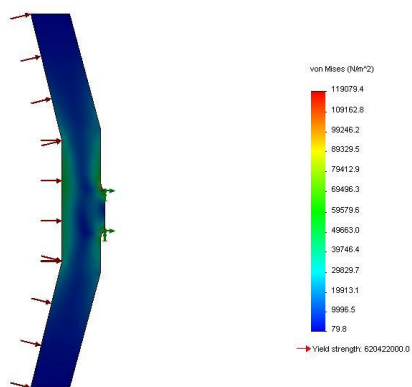
Рис.4.27. Моделі ЗС КС:

а,б – традиційна ЗС; в,г,д,е – ЗС КС з НПД

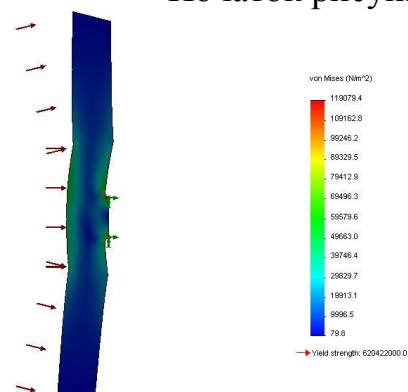
Визначення раціональних геометричних форм металоконструкції робочого обладнання будівельних і дорожніх машин на основі показників міцності із застосуванням програмного забезпечення CAD Solid Works Simulation є актуальним у даний час. Для проведення досліджень на міцність у системі CAD Solid Works Simulation були задані початкові умови:

- розміри ЗС – $H_{3c} = 90$ мм (висота стінки);
- $B = 9$ мм (ширина стінки);
- $R = 61$ мм (радіус ЗС маятникового типу);
- матеріал – легована сталь.

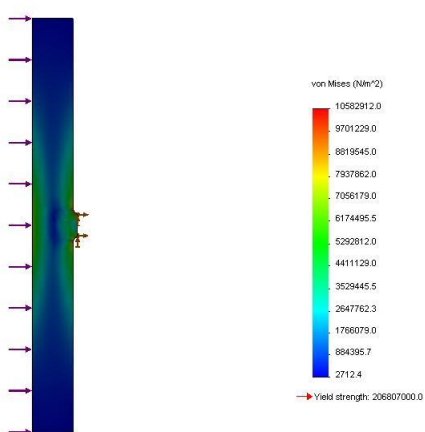
Початок рисунку 4.28



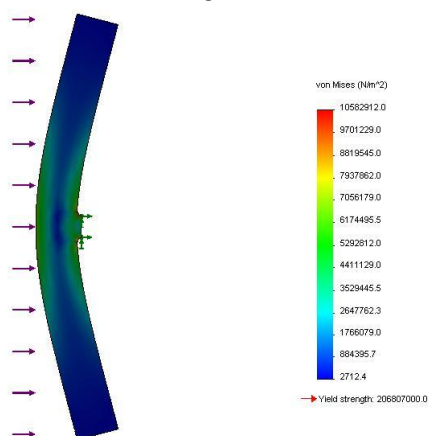
а



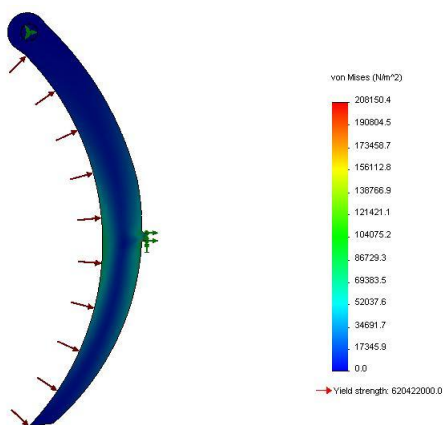
б



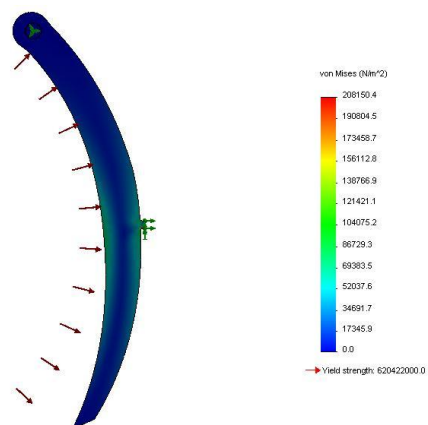
в



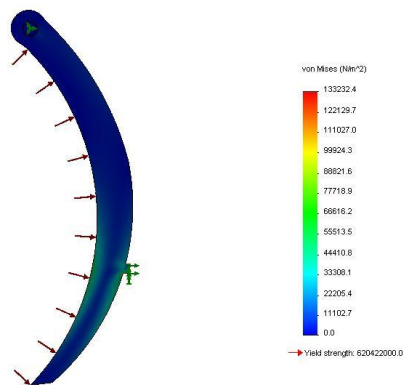
г



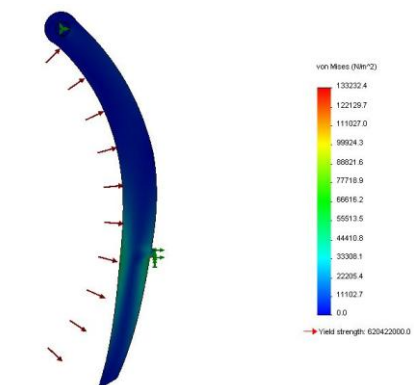
д



е



е



ж

Продовження рисунку 4.28

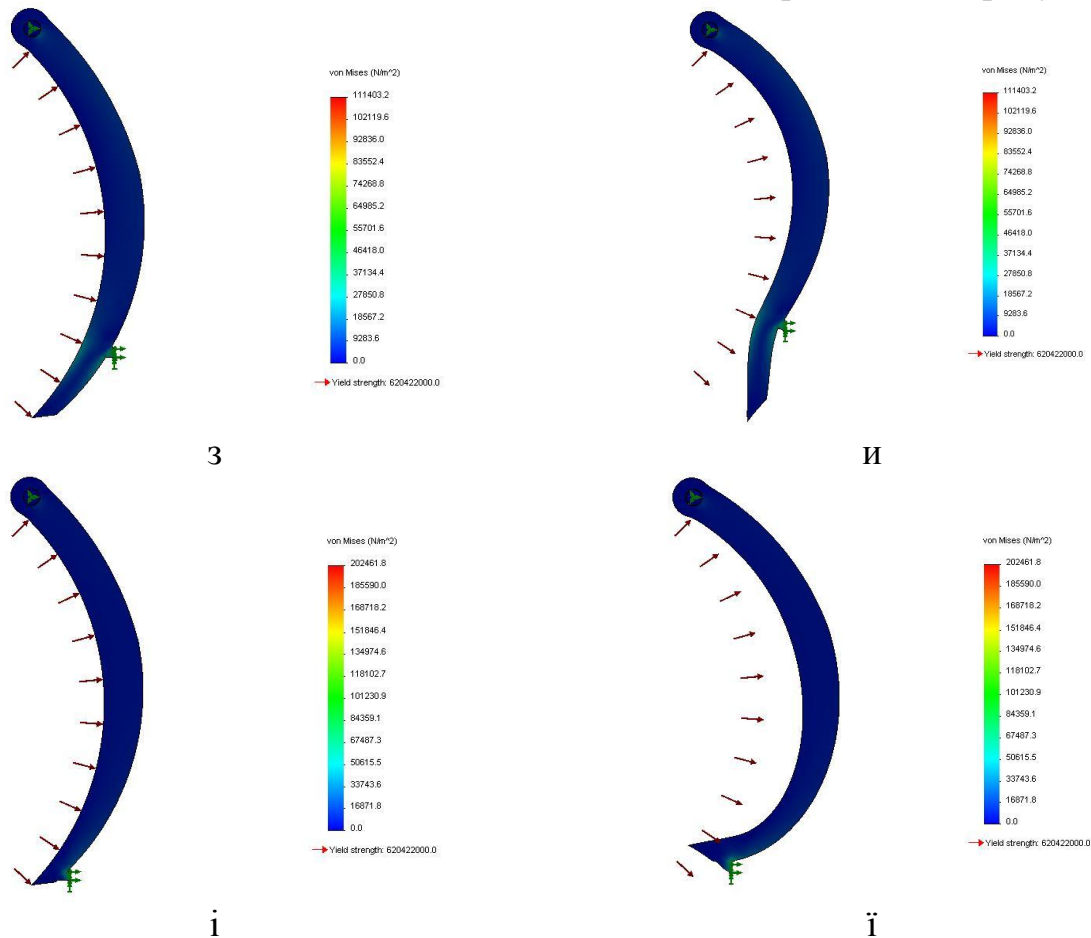


Рис.4.28. Епюри напружень і деформацій, які виникають на ЗС КС:

а,в,д,є,з,і - епюри напружень; б,г,е,ж,и,ї - деформації ЗС під дією навантаження;

$$а,б,в,г - \frac{H_4}{H_{3c}}; д,е - \frac{H_4}{H_{3c}}; є,ж - \frac{H_3}{H_{3c}}; з,и - \frac{H_2}{H_{3c}}; і,ї - \frac{H_1}{H_{3c}}$$

В системі CAD Solid Works Simulation використовується метод кінцевих елементів – чисельний метод вирішення задач прикладної фізики. На підставі проведеного аналізу отримані епюри напруження (рис.4.28, а, в, д, є, з, і) і епюри деформації досліджуваних елементів (рис.4.28, б, г, е, ж, и, ї).

Отримані епюри показують, що найменше напруження виникає на ЗС $R_{2,2}$ із розташуванням гідроциліндра $H_{гц} = \frac{H_4}{H_{3c}} = 0,5$ (192886 Н/м^2) (рис.4.28,д). Однак, аналізуючи епюри деформації досліджуваних елементів (рис.4.28, е, ж, и, ї) ЗС в умовах зміни місця прикладання зусиль гідроциліндра встановлено, що найменші деформації виникають при розташуванні гідроциліндра $\frac{H_4}{H_{3c}} = 0,5$ (табл.4.3).

Таблиця 4.3

Результати статистичного дослідження у CAD Solid Works Simulation

№ п/п	Тип задньої стінки	Напруження, Н/м ²		Деформація, мм	
		min	max	min	max
1	2	3	4	5	6
1	Трад	24.4757	94758.4	0	4.00042
2	$\frac{H_1}{H_{3c}} = 0,06$	0	202462	0	5.14015
3	$\frac{H_2}{H_{3c}} = 0,2;$	0	111403	0	9.42388
4	$\frac{H_3}{H_{3c}} = 0,35$	0	133232	0	5.37323
5	$\frac{H_4}{H_{3c}} = 0,5$	0	192886	0	1.28361

Оскільки розробники системи CAD Solid Works Simulation рекомендують перевірити результати розрахунків іншим методом, ЗС КС перевірені поляризаційно-оптичним методом.

Експериментальні дослідження по навантаженню моделей ЗС КС проводились з використанням методу наближеного фізичного моделювання робочих процесів [20,38].

Схеми, які показані на рисунку 4.27, реалізовані за допомогою спеціального «прозорого» контейнера, приведеного на рисунку 3.17.

Епюра напруженого стану традиційної конструкції ЗС (додаток В, а) показує, що з боку дії навантаження від гідроциліндра ЗС отримує стиснення. Максимальні напруження стиснення спостерігаються поблизу центру прикладання навантаження. Сторона, яка сприймає тиск ґрунту, схильна до розтягування. Максимум знаходиться в центрі, проте величина їх менше в порівнянні зі стискаючими. Стискаючі досягають 10 порядку, а розтягуючі тільки 7 порядку. Такий неврівноважений стан пояснюється деякою компенсацією розтягуючих напружень за рахунок тиску ґрунту на ЗС.

Фотограми процесу напружень, які виникають на ЗС КС показані у додатку Г.

Епюри напруженого стану ЗС маятникового типу в умовах зміни місця прикладання зусиль гідроциліндра (додаток В, в, г, д, е) показують відмінну картину. Стискаючі та розтягуючі напруження діють як з тильного боку стінки (з боку гідроциліндра), так і з фронтального, але величина їх значно менша, вони не перевищують 4 смуги. Це вигідно відрізняє нову конструкцію від традиційного рішення. Слід відзначити також, що максимуми напружень стиснення і розтягування зростають зі зниженням точки прикладання зусилля гідроциліндра відносно висоти ЗС. Отже, найменші напруження виникають у стінці при розташуванні гідроциліндра у співвідношенні $\frac{H_4}{H_{ЗС}} = 0,5$ (додаток В, в).

4.4. Порівняльний аналіз результатів теоретичних і експериментальних досліджень

Порівняння результатів теоретичних та експериментальних досліджень представлено на прикладі залежностей: опору ґрунту копання ($P_{\text{коп}}$), опору ґрунту розвантаженню ($P_{\text{роз}}$), маси ґрунту, яка набирається у ківші ($G_{\text{гр}}$), маса ґрунту, яка набирається у призмі волочіння ($G_{\text{пр}}$), питомого показника енергоємності копання ($P_{\text{коп}}/G_{\text{гр}}$), питомого показника енергоємності розвантаження ($P_{\text{роз}}/G_{\text{гр}}$).

Розбіжність отриманих результатів між теоретичними та експериментальними даними опору ґрунту копанню $P_{\text{коп}} \approx 10...15\%$; опору ґрунту розвантаженню $P_{\text{роз}} \approx 15...20\%$. Різниця між масою набраного ґрунту у КС традиційного типу та з НПД становить $G_{\text{гр}} \approx 5...7\%$, маса призми волочіння $G_{\text{пр}} \approx 15...40\%$. Гістограми порівняльних показників приведено у додатку Д.

4.5. Вибір і призначення раціональних параметрів ковша скрепера з напівкруглим днищем

При виборі раціональних параметрів ковша ставиться завдання забезпечення високої продуктивності при мінімальній енергоємності та собівартості робіт. Для КС обладнаного НПД і ЗС маятникового типу головним параметром є ємність ковша, а основними параметрами, похідними від ємності ковша: - його довжина, ширина, висота, геометричні параметри ЗС.

Визначення раціональних конструктивних параметрів РО КС обладнаного НПД базується на результатах виконаних теоретичних та експериментальних досліджень [87-97].

Залежно від типу ґрунту і конструкції ковша, у скреперах з НПД і ЗС маятникового типу досягається: - зниження сил опору ґрунту копанню на 10...15%; - зниження зусилля опору розвантаженню на 30...40%.

На підставі запропонованих залежностей були визначені раціональні параметри КС з НПД: донна частина ковша, кривизна ЗС, кріплення приводу ЗС КС по її висоті. Конструктивна схема ковша із зазначенням основних розмірів наведена на рис. 4.29.

Для визначення раціональних параметрів приймаємо рівні з традиційною конструкцією (скрепер Д-357) геометричні показники ковша:

- $\alpha_{р\ тр} = \alpha_{р}$ – кут різання $\alpha_{р} = 38^{\circ} \dots 42^{\circ}$;
- $H_{к\ тр} = H_{к\ нпд}$ – висота ковша $H_{к} = 1200$ мм;
- $L_{дн\ тр} = L_{дн\ нпд}$ – довжина днища $L_{дн} = 970$ мм;
- $B_{тр} = B_{нпд}$ – ширина ковша $B = 2720$ мм.

Важливим обмеженням при створенні КС розглянутого типу є розмір радіуса донної частини ковша R_I . Розмір може бути визначений експериментально з урахуванням кута повороту ковша (висоти стружки, яка вирізається).

Розрахунок радіуса кривизни днища може бути визначений по залежності:

$$R_I = 0,4 L_{дн\ нпд} . \quad (4.2)$$

Виконання цієї умови є обов'язковим, тому призначення розміру радіуса донної частини R_1 більше зазначеного може призвести до ковзання днища по ґрунту, що не дозволить набирати ґрунт у ківш.

Визначення висоти підвісу ЗС КС з НПД відбувається за допомогою центра радіуса R_1 . Нижня кромка ЗС повинна описувати кривизну лінії днища з технологічним проміжком для проходження її на деякій відстані від донної частини.

$$H_{3c} = 1,2 \dots 1,3 H_{\text{нпд}}, \quad (4.3)$$

де H_{3c} – висота ЗС КС з НПД.

Експериментальні дослідження показали, що процес розвантаження ґрунту з КС з меншими енергетичними витратами відбувається за кривизни ЗС у співвідношенні:

$$R_2 = (0,8 \dots 0,9) H_{3c}. \quad (4.4)$$

Місце кріплення гідроциліндра раціональне при розташуванні:

$$H_{\text{гц}} = \frac{H_4}{H_{3c}} = 0,5. \quad (4.5)$$

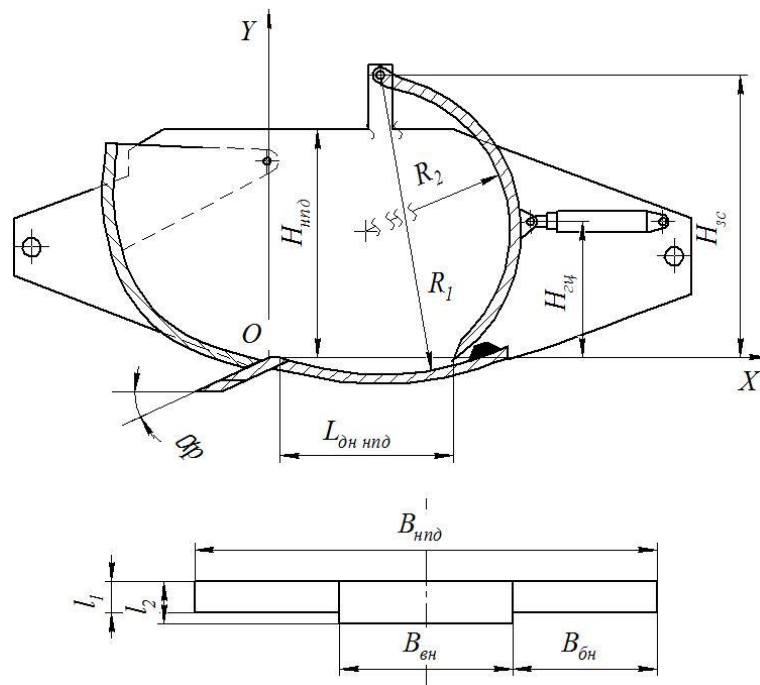


Рис. 4.29. Схема для визначення раціональних параметрів КС, обладнаного НПД

Таке розташування дозволяє скоротити час однієї з основних операцій

скрепера - розвантаження ґрунту з КС.

Формули для визначення параметрів КС з НПД днищем та ЗС маятникового типу через відповідні параметри стандартного ковша наведені у таблиці 4.4. Рекомендовані параметри забезпечують отримання максимального ефекту у ґрунтах середньої категорії.

Таблиця 4.4.

Формули для визначення основних параметрів ковша скрепера з напівкруглим днищем та задньою стінкою маятникового типу

Параметри	Позначення	Од. вимір.	Параметри ковша скрепера з напівкруглим днищем
Висота ковша	$H_{к\text{ НПД}}$	м	$H_{к\text{ НПД}} = H_{к\text{ тр}}$
Висота задньої стінки	$H_{зс}$	м	$H_{зс} = 1,2-1,3H_{к\text{ НПД}}$
Висота підвісу гідроциліндра	$H_{гц}$	м	$H_{гц} = \frac{H_4}{H_{зс}} = 0,5;$
Довжина днища ковша	$L_{дн\text{ НПД}}$	м	$L_{дн\text{ НПД}} = L_{дн\text{ тр}}$
Ширина ковша	$B_{нпд}$	м	$B_{нпд} = B_{тр}$
Кут різання	α_p	град.	$38^\circ-42^\circ$
Радіус кривизни днища	R_1	м	$R_1 = 0,4 L_{дн}$
Радіус кривизни задньої стінки	R_2	м	$R_2 = (0,8 \dots 0,9) H_{зс}$
Довжина бокових ножів	l_1	м	$l_1 = l_{тр}$
Довжина середнього ножа	l_2	м	$l_2 = l_{тр}$
Ширина бокового ножа	$B_{бн}$	м	$B_{бн} = B_{бн\text{ тр}}$
Ширина виступаючого ножа	$B_{вн}$	м	$B_{вн} = B_{вн\text{ тр}}$

4.6. Техніко – економічний аналіз ефективності впровадження ковша скрепера з напівкруглим днищем

У розрахунку економічної ефективності використовуються наступні основні показники: об'єм капітальних вкладень; річний фонд часу роботи техніки; річна експлуатаційна продуктивність техніки; річні поточні витрати. Розрахунок очікуваного річного економічного ефекту виконано для випадку виготовлення натурної машини з НПД, ЗС маятникового типу. Також надані

розрахунки, які виконані за допомогою комп'ютерної програми «Effect M» (додаток Е).

Порівняння проводилось з машиною традиційної конструкції при традиційній технології заповнення.

Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності нової машини представлені у табл.4.5.

Визначення капітальних вкладень.

Капітальні вкладення K включають як розрахунково-балансову вартість $Ц_б$ машини, так і коефіцієнт капітальних вкладень, необхідних для її експлуатації $K_з$,

$$K = Ц_б K_з, \text{ грн.};$$

$$K^б = K^{нов} = 560000 \cdot 1,08 = 604800, \text{ грн.}.$$

Розрахунково-балансова вартість машини визначається додаванням до її відпускної ціни $Ц_б$ транспортних витрат по її доставці:

$$Ц_б^к = Ц_б \cdot k, \text{ грн.};$$

$$Ц_б^{нов} = 500000 \cdot 1,12 = 560000, \text{ грн.}; Ц_б^к = 480000 \cdot 1,12 = 537000, \text{ грн.}$$

де k - перехідний коефіцієнт від оптової ціни до розрахунково-балансової вартості; $Ц_б$ - оптова ціна техніки.

Фонд часу роботи техніки.

Річний фонд робочого часу машини визначається за формулою:

$$\Phi_г = (365 - Д_в - Д_{нб} - Д_м) \cdot 8,2 P (1 - \alpha / 100) \text{ год.};$$

$$\Phi_г = (365 - 114 - 5 - 12) \cdot 8,2 \cdot 1 (1 - 12 / 100) = 1688 \text{ год.}$$

Експлуатаційна продуктивність.

Річна експлуатаційна продуктивність:

$$П_m = П_{гг} \cdot k_г \cdot \Phi_г, \text{ м}^3/\text{г};$$

$$П_m^б = 105,9 \cdot 0,8 \cdot 1688 = 143007,3 \text{ м}^3/\text{г}; П_m^{нов} = 131,1 \cdot 0,8 \cdot 1688 = 177037,4 \text{ м}^3/\text{г},$$

де $k_г$ - коефіцієнт переходу від годинної експлуатаційної продуктивності до середньогодинної.

Таблиця 4.5

Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності скрепера Д-357,
обладнаного НПД та ЗС маятникового типу

Найменування вихідних даних	Позн.	Величини по варіантам	
		Базова	Нова
1	2	3	4
Оптова ціна, тис. грн.	C_o	480	500
Коефіцієнт переходу від оптової ціни до розрахунково-балансової вартості	k	1,12	1,12
Коефіцієнт, який враховує експлуатаційні витрати	K_z	1,08	1,08
Число вихідних та святкових днів (за рік), дн.	D_v	112	112
Загальне число днів перебазування техніки (за рік), дн.	D_{nb}	5	5
Простій техніки за метеоумов, дн.	D_m	12	12
Змінність роботи техніки	P	1	1
Простій техніки у ремонті, %	α	5	5
Годинна експлуатаційна продуктивність, м ³ /год.	P_{eg}	105,9	131,1
Коефіцієнт переходу від тарифного фонду до загального фонду зарплати	λ	1,25	1,25
Міжремонтний цикл у мотогодинах	$\Phi_{\text{ц}}$	6000	6000
Річна норма амортизаційних відрахувань на капітальний ремонт, %	K_{ap}	15	15
Ціна 1 кг пального, грн.	C_n	20,61	20,61
Годинне споживання пального, кг/год.	$P_{\text{ч год}}$	18,5	18,5
Вартість шини скреперного агрегату 14.00x20, грн.	$C_{\text{ш}}$	18,5	18,5

Продовження Таблиці 4.5.

Строк служби шин, год.	$T_{сл.ш}$	5000	5000
Строк служби машини, рік.	$T_{сл}$	7	7
Коефіцієнт переходу від вартості пального до вартості змащувальних матеріалів		0,25	0,25
Вартість машинозміни, грн.	$C_{м-зм}$	1610	
Витрати на матеріали, грн.	C_m	141593,9	141593,9
Нормативний коефіцієнт економічної ефективності	E_n	0,15	-
Число робітників, які зайняті керуванням машини	n	1	1
Годинна тарифна ставка машиніста 5-го розряду, грн.	C_{mi}	14,05	14,05
Число різновидів ремонту	n_p	4	4
Трудомісткість кожного виду ремонту, чол. год.:			
-ТО-1	r_i	5	5
-ТО-2		12	12
-СО		40	40
-ПР		320	320
-КР		700	700
Кількість ТО та ТР за міжремонтний період:			
-ТО-1	a_i	72	72
-ТО-2		18	18
-СО		2	2
-ПР		5	5
-КР		1	1
Годинна тарифна ставка ремонтного робітника, грн.	C_p	16,18	16,18

Поточні витрати.

Поточні витрати по експлуатації техніки включають виражені у грошовій формі витрати по підготовці машин до роботи на даній площадці, утриманню її у робочому стані та по її експлуатації у продовж даного проміжку часу, рік.

Експлуатаційні витрати включають: - витрати на сировину та матеріали, які використовуються в продовж усієї експлуатації протягом року, C_m ;

- заробітну плату виробничих робочих, які виконують технологічний процес C_{zn} ;

- витрати на утримання та експлуатацію техніки C_e ;

- амортизаційні відрахування на реновацію техніки C_{ap} .

Поточні витрати розраховуються на визначений (рік) об'єм роботи техніки:

$$C = C_m + C_{zn} + C_e + C_{ap}, \text{ грн.};$$

$$C = 40228,9 + 895307,4 + 10086,9 + 152918,5 = 1098541,7 \text{ грн.}$$

Витрати на сировину та матеріали (C_m) визначаються за прейскурантом оптових цін з урахуванням транспортних та заготівельних-складських витрат.

Заробітна плата виробничих робочих враховує оплату машиністів, які керують технікою та робочих, які приймають участь у технологічному процесі. Розрахунок загального фонду заробітної плати з нарахуваннями для усереднених умов використання техніки визначається за формулою:

$$C_{zn} = \lambda \Phi_{\Gamma} \sum_{i=1}^n C_{mi} k_H, \text{ грн.};$$

$$C_{zn} = 1,25 \cdot 1688 \cdot 14,05 \cdot 1,375 = 40228,9 \text{ грн.},$$

де λ - коефіцієнт переходу від тарифного фонду до загального фонду заробітної плати, n - число робочих у бригаді; C_{mi} - годинна тарифна ставка робітника машиніста 5-го розряду, який входить у склад бригади, грн.

Витрати на утримання та експлуатацію техніки C_e включають: - витрати на технічне обслуговування та поточний ремонт C_{ap} ;

- витрати на пальне C_n ;

- витрати на масла, змащувальні та допоміжні матеріали C_m ;

- витрати на перебазування $C_{nб}$;

- витрати на шини $C_{ш}$.

$$C_e = C_{ap} + C_n + C_m + C_{nб} + C_{ш}, \text{ грн.};$$

$$C_e = 10086,9 + 643609 + 10465 + 78228 + 152918,5 = 895307,4 \text{ грн.}$$

Витрати на технічне обслуговування (ТО) та поточні ремонти (ПР) розраховуються по формулі:

$$C_{ap} = C_{eap}(\Phi_z/\Phi_u), \text{ грн.};$$

$$C_{ap} = 35854 (1688/6000) = 10086,9 \text{ грн.},$$

де Φ_u - тривалість міжремонтного циклу техніки, рік; C_{eap} - сумарні витрати на ТО та ПР за міжремонтний цикл, грн., та розраховується за формулою:

$$C_{eap} = \sum_{r=1}^m a_i r_i C_{pi}, \text{ грн.};$$

$$C_{eap} = (72 \cdot 5 + 12 \cdot 18 + 2 \cdot 40 + 320 \cdot 5) \cdot 16,18 = 35854,8 \text{ грн.},$$

де a_i - число ТО та ПР за міжремонтний період; r_i - трудомісткість окремого ТО и ПР, в чол-год.

Витрати на паливо розраховуються за формулою:

$$C_n = C_m P_{год} \Phi_z, \text{ грн.};$$

$$C_n = 20,61 \cdot 18,5 \cdot 1688 = 643609 \text{ грн.},$$

де C_n - ціна виду пального, грн.; $P_{г-}$ - годинний розхід пального.

Витрати на паливно-мастильні та допоміжні матеріали для машин з дизельним двигуном приймають у розмірі 15-25% від вартості пального.

Витрати на перебазування машин всередині об'єкта визначаються:

$$C_{n\bar{o}} = D_{n\bar{o}} \cdot C_{m-zm} \cdot 1,3, \text{ грн.};$$

$$C_{n\bar{o}} = 5 \cdot 1610 \cdot 1,3 = 10465 \text{ грн.},$$

де 1,3- коефіцієнт пропорційності транспортних витрат.

Витрати на шини можуть бути визначені:

$$C_{ш} = \frac{C_{ш} n_{ш} (\Phi_r T_{сп} - T_{сп.ш})}{T_{сп} T_{сп.ш}}, \text{ грн.};$$

$$C_{ш} = \frac{18500 \cdot 4 (6000 \cdot 7 - 5000)}{7 \cdot 5000} = 78228,5 \text{ грн.},$$

де $n_{ш}$ - кількість шин без запасної.

Амортизаційні відрахування на реновацію техніки визначається за нормою амортизаційних відрахувань:

$$C_{ap} = C_{\bar{o}} K_{ap}, \text{ грн.};$$

$$C_{ap}^{нов} = 560000 \cdot 0,15 = 84000 \text{ грн.}; C_{ap}^{\bar{o}} = 537600 \cdot 0,15 = 80640 \text{ грн.},$$

де K_{ap} - норма амортизаційних відрахувань.

Розрахунок економічної ефективності.

Економічна ефективність визначається згідно СН 509-78 "Инструкция по определению экономической эффективности использования в строительстве новой техники":

$$E_2 = (Z_y^6 - Z_y^{\text{нов}}) P_p^{\text{нов}}, \text{ грн.};$$

$$E_2 = (8,31 - 6,71) \cdot 177037,44 = 283259,9 \text{ грн.},$$

де Z_y^6 та $Z_y^{\text{нов}}$ - приведені витрати на одиницю роботи, відповідно для старої та нової техніки, грн. рік/м³; $P_p^{\text{нов}}$ - річна продуктивність нової техніки, м³/рік.

Розрахунок питомих приведених витрат, на одиницю виконаних робіт, визначається за формулою:

$$Z_y = (C + E_n \cdot K) / P_p, \text{ грн. г/м}^3;$$

$$Z_y^6 = (1098541,7 + 0,15 \cdot 604800) / 143007,3 = 8,31, \text{ грн.г/м}^3;$$

$$Z_y^{\text{нов}} = (1098541,7 + 0,15 \cdot 604800) / 177037,44 = 6,71, \text{ грн.г/м}^3,$$

де C - річні поточні витрати, грн.; $E_n = 0,15$ - нормативний коефіцієнт економічної ефективності.

Таблиця 4.6.

Техніко-економічні показники

Показники	Величина для машини	
	Базова	Нова
Порівняльна характеристика		
Початкова вартість скрепера, тис. грн.	480	500
Капітальні вкладення, тис. грн.	579,96	604,8
Режим роботи машини, год.	1688	1688
Експлуатаційна продуктивність, м ³ /год.	105,9	131,1
Поточні витрати:		
- заробітна плата робочих, грн.;	40228,9	40228,9
- витрати на утримання та експлуатацію техніки, грн.;	895307,4	895307,4
- амортизаційні відрахування на реновацію, грн.	10086,9	10086,9
Економічна ефективність		
Очікуваний економічний ефект, грн./рік	-	283259,9

Порівняння розрахункових та проектних показників проводиться на

основі співставлення довідкових та фактичних даних технікою, яка замінюється.

4.7. Конструктивні пропозиції автора по створенню скрепера з напівкруглим днищем

За конструктивними пропозиціями автора отримані патенти на корисну модель КС та подана заявка на винахід. Опис до патентів надано у додатку Є

1. Патент № 46182 на корисну модель «Ківш скрепера»

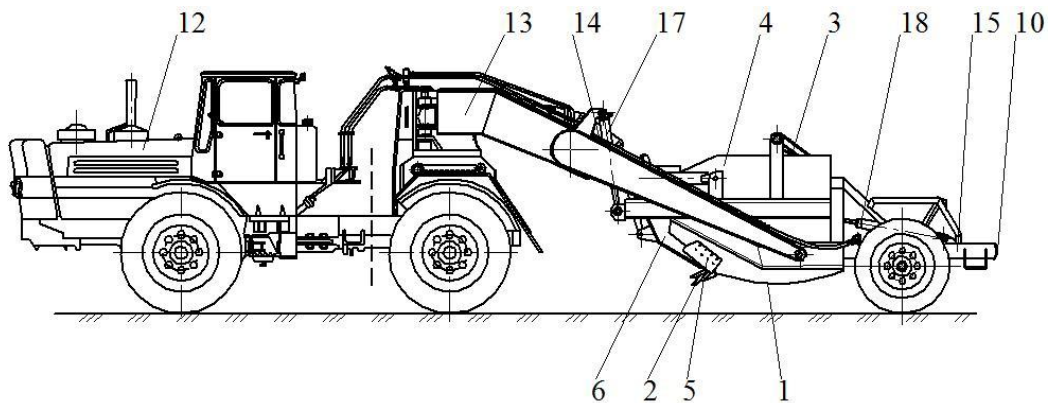


Рис.4.30. Конструктивна пропозиція, патент № 46182 на корисну модель

1 – днище; 2 - ріжучі ножі; 3 - задня стінка; 4 - бокові стінки; 5 - підрізаючі ножі; 6 - передня заслінка; 10 – буфер; 12 - базовий трактор-тягач; 13 – хобот; 14 - тягову раму; 17 - важільний механізм керування заслінкою.

2. Патент № 48872 на корисну модель «Скреперний ківш»

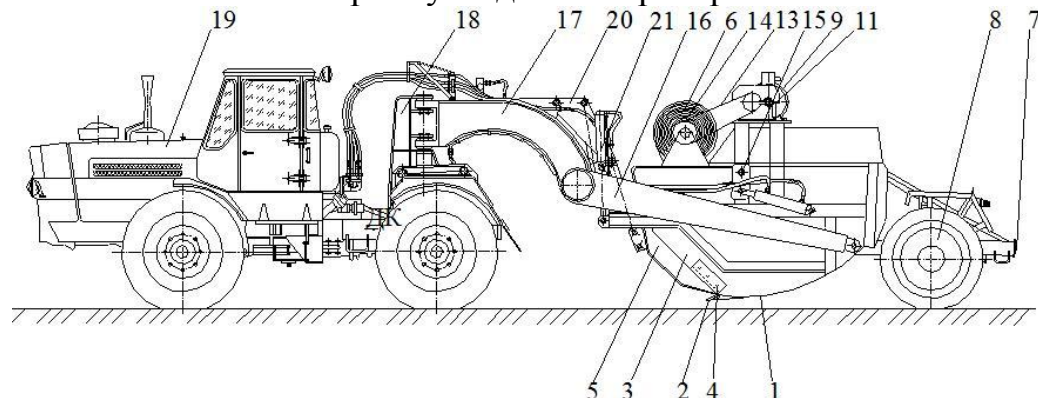


Рис.4.31. Конструктивна пропозиція, патент № 48872 на корисну модель

1 – днище циліндричної форми; 2 - ріжучі ножі; 3 - бокові стінки; 4 – підрізаючі ножі; 5 - передня заслінка; 6 - гумово – тканинне полотно; 7 - металоконструкція буфера; 8 - задні колеса; 9 – електродвигун; 11 – редуктор;

13 - ланцюгова передача; 14 - привідний барабан; 15 – шарнір; 16 – тягова рама; 17 – хобот; 18 - седельно – зчпний пристрій; 19 - базовий тягач; 20 - важільний механізм; 21 – гідроциліндр підйому та опускання ковша.

3. Патент № 48873 на корисну модель «Ківш скрепера»

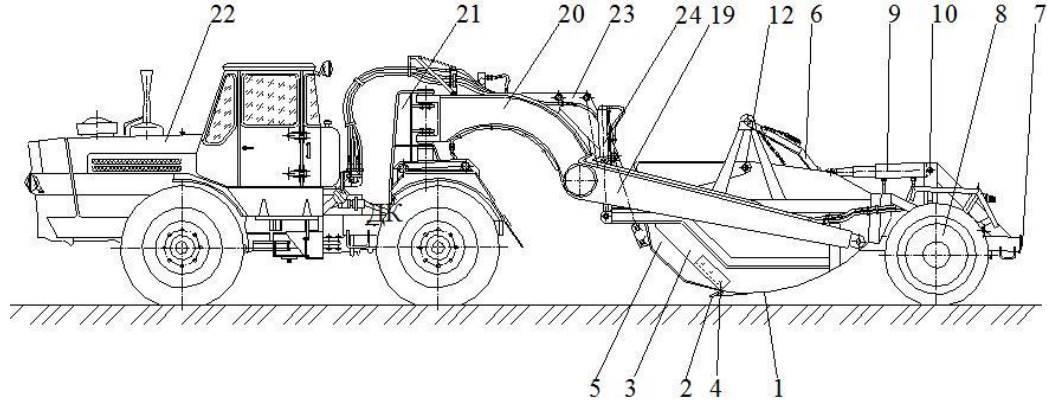


Рис.4.32. Конструктивна пропозиція, патент № 48873 на корисну модель

1 - днище циліндричної форми; 2 - ріжучі ножі; 3 - бокові стінки; 4 - підрізаючі ножі, 5 - передня заслінка; 6 - задня стінка; 7 - металоконструкція буфера; 8 - задні колеса; 9 – гідроциліндри; 10 - кронштейн; 12 – шарніри; 19 - тягова рама; 20 – хобот; 21 - седельно – зчпний пристрій; 22 - базовий тягач; 23 - важільний механізм; 24 - гідроциліндр підйому та опускання ковша.

4. Патент № 67771 на корисну модель «Ківш скрепера»

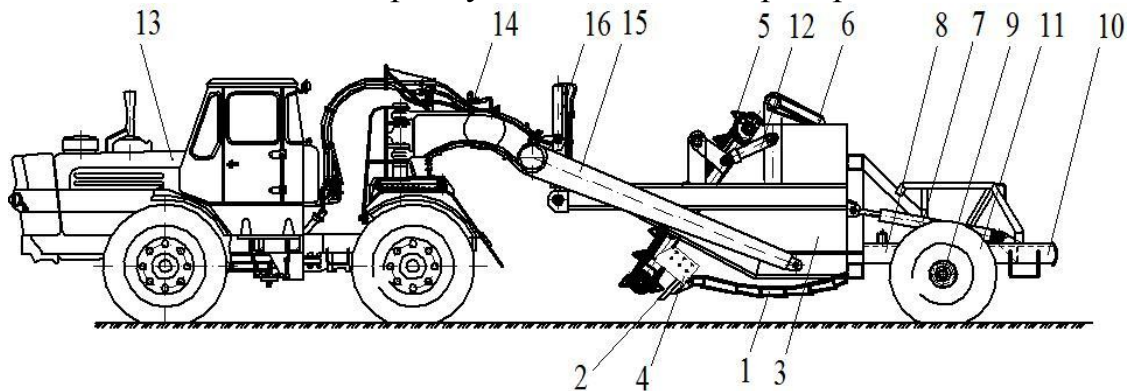


Рис.4.33. Конструктивна пропозиція, патент № 67771 на корисну модель

1 - днище циліндричної форми; 2 - ріжучі ножі; 3 - бокові стінки; 4 - підрізаючі ножі, 5 - елеватор переднього розташування; 6 - задня стінку маятникового типу; 7 – гідроциліндр; 8 – металоконструкція; 9 - вісь; 10 – буфер; 11 – пневмоколеса; 12 - гідроцилінри підйому елеватора; 13 - базовий трактор-тягач; 14 – хобот; 15 - тягова рама; 16 - гідроциліндр піднімання та опускання ковша.

5. Заявка на винахід

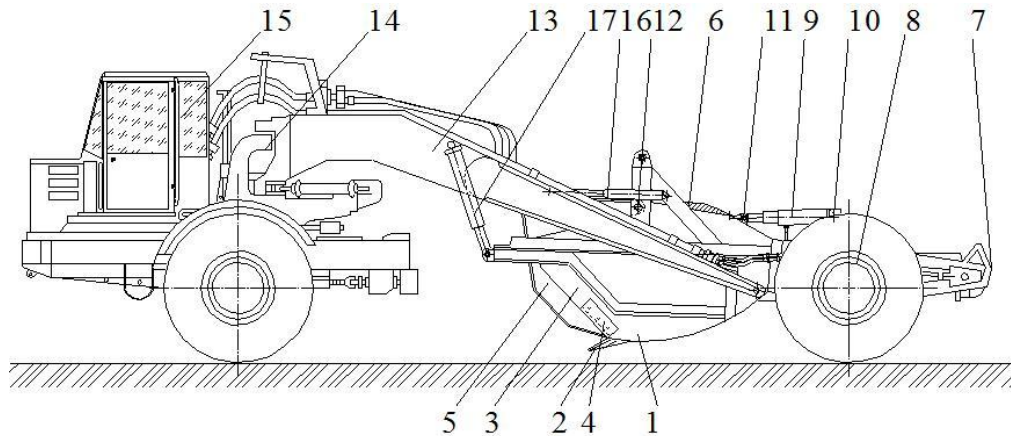


Рис.4.34. Конструктивна пропозиція, патент на винахід

1 - днище циліндричної форми; 2 - ріжучі ножі; 3 - бокові стінки; 4 - підрізаючі ножі, 5 - передня заслінка; 6 - задня стінка; 7 - металоконструкція буфера; 8 - задні колеса; 9 – гідроциліндри; 10 - кронштейн; 11 – проушини; 12 – шарніри; 13 - тягова рама; 14 - седельно – зчпний пристрій; 15 - базовий тягач; 16 - важільний механізм; 17 – гідроциліндр підйому та опускання ковша.

Задача винаходу полягає в удосконаленні ковша скрепера, в якому за рахунок особливостей конструкції виконання задньої стінки забезпечується зменшення зусилля розвантаження, яке підвищує продуктивність роботи скрепера.

Означена задача вирішується тим, що у ковші скрепера, який містить днище циліндричної форми з різнорівневими ріжучими ножами, бокові стінки з підрізаючими ножами, передню заслінку та задню стінку, відповідно до винаходу, задня стінка ковша (рис. 4.35) відповідає наступним співвідношенням $R_1=2X_{O_1}$; $Y_{O_1}=(0,85 - 0,9) H_{ст}$; $R_2=1,5X_{O_2}/\sin 45^\circ$; $R_2=Y_{O_2}/\cos 45^\circ$; $H_1=(0.3 - 0.2) H_{ст}$; $H_2=(0.7 - 0.8) H_{ст}$, де $H_{ст}$ – висота задньої стінки; R_1 – радіус кривизни верхньої частини задньої стінки; X_{O_1} – відстань від вісі підвісу задньої стінки до центру кривизни у верхній частині по вісі X; Y_{O_1} – відстань від початку координат до центру кривизни у верхній частині по вісі Y; R_2 – радіус кривизни нижньої частини задньої стінки; X_{O_2} – відстань від вісі підвісу задньої стінки до центру кривизни у нижній частині по вісі X; Y_{O_2} – відстань від початку координат до центру кривизни у нижній частині по вісі Y;

H_1 – висота верхньої частини задньої стінки; H_2 - висота нижньої частини задньої стінки; Наведені співвідношення кривизни задньої стінки забезпечують умови мінімальної енергоємності процесу копання ґрунту.

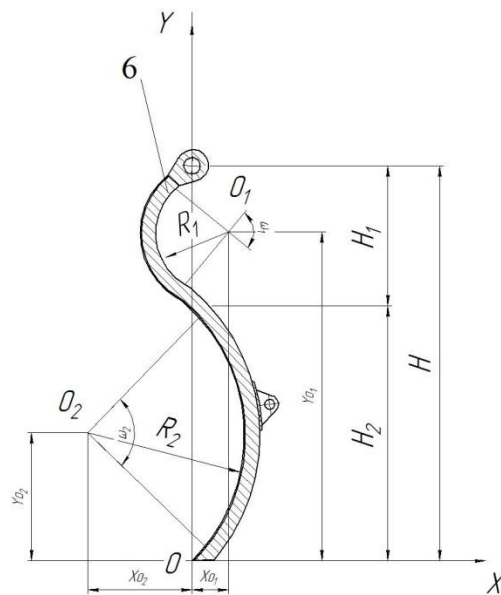


Рис.4.35. Задня стінка КС

Принцип дії пропонованого ковша реалізується наступним чином. Для завантаження ковша при поступальному русі скрепера ківш опускається вниз і ріжучі ножі 2 занурюються в ґрунт, відокремлюючи від забою ґрунтову стружку, яка під дією тягового зусилля тягача 15 просувається по днищу 1 в напрямі задньої стінки 6 (рис. 4.35). По мірі накопичення в ковші, ґрунт просувається до задньої стінки 6.

Після завантаження ковша ґрунтом він переводиться в транспортне положення шляхом опускання передньої заслінки 5 при одночасному підйомі ковша. Процес розвантаження ковша на місці відсипки ґрунту відбувається за рахунок підйому передньої заслінки 5, внаслідок чого частина ґрунту, що знаходиться в зоні її дії, висипається на поверхню відсипки і при поступальному русі скрепера розрівнюється ріжучими ножами 2. Залишки ґрунту в задній частині ковша виштовхуються поворотом задньої стінки 6.

Таким чином, конструктивні особливості виконання задньої стінки забезпечують зменшення зусиль розвантаження, за рахунок чого збільшується продуктивність скрепера.

4.8. Висновки по розділу

1. На основі критеріїв подібності розроблено РО КС з НПД і ЗС маятникового типу.

2. Експериментальні дослідження КС з НПД і маяткової вивантаженням показали ефективність рішення із застосуванням днища $R_{2,2} = (0,8 \dots 0,9) H_{3c}$, мм.

3. За отриманими результатами: - використання в конструкціях напівкруглої форми днища дозволяє збільшити їх геометричну місткість до 9%.

- завдяки зниженню втрат ґрунту в бічні валики і призму волочіння обсяг набирається в ківш з НПД і ЗС маятникового типу в порівнянні з традиційною конструкцією збільшується на 3,7 ... 8,6%, що є резервом підвищення продуктивності скреперних агрегатів.

- використання криволінійної форми даної частини скреперних ковшів поліпшуються умови надходження ґрунту в їх порожнину, в результаті покращуються силові та енергетичні показники процесу копання ґрунту. Відношення роботи процесу заповнення КС до маси набраного ґрунту зменшується до 14%.

- використання на ковшах напівкруглої форми днища спрощує механізм розвантаження, дозволяючи використовувати ЗС маятникового типу. розвантаження ковшів з напівкруглою формою днища ЗС маятникового типу дозволяють до 20% знизити пікові навантаження на механізм їх приводу, а також знизити енергоємність розвантаження частини, що залишилася ґрунту до 28%.

4. Аналіз кількісних показників опору двохстадійного заповнення та розвантаження КС показавши, що використання ЗС у формі бульдозерного відвалу та НПД є більш раціональним ніж ківш традиційного типу.

5. Експериментальні дослідження ЗС КС по розвантаженню показали відмінність в характері руху ґрунту в порожнині ковша:

- у традиційному ковші - напруження ґрунту розподіляється рівномірно по всій висоті ЗС, обсяг розвантаженого ґрунту з ковша має форму призми, що створює додаткові енерговитрати при розвантаженні;

- у ковші з НПД і ЗС маятникового типу - найбільше ущільнення ґрунту відбувається в нижній частині ЗС. У верхній створюється порожнеча, що займає 2/3 висоти, яка збільшується в залежності від переміщення стінки при вивантаженні. Обсяг розвантаженого ґрунту з ковша має форму сектора, що дозволяє знизити енерговитрати при розвантаженні;

6. Виконана робота з розвантаження ґрунту зменшується на 20...28%. Розвантаження ґрунту з ковша обладнаного НПД і ЗС маятникового типу відбувається інтенсивніше (20...25%), ніж з ковша традиційного типу. Напівкругла форма ЗС КС знижує зусилля розвантаження на 7...20%, а також максимальні їх значення (15...20%).

7. КС з НПД і ЗС маятникового типу слід вважати більш ефективним, ніж традиційний.

8. Аналіз епюр напружень у CAD Solid Works Simulation і поляризаційно-оптичним методом показав, що традиційна конструкція ЗС скрепера вимагає удосконалення, з точки зору оптимальної конфігурації і міцності.

9. Запропонована нова конструкція ЗС скрепера відрізняється більш рівномірним розподілом напружень, знижує загальне напруження на 30...40 % при розташування гідроциліндра у співвідношенні $\frac{H_4}{H_{ЗС}} = 0,5$.

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ВИСНОВКИ

1. Аналіз науково-технічних та патентних рішень конструкцій КС виявив, що основний напрям по удосконаленню КС спрямований на зменшення зусилля копання та збільшення ґрунту, який надходить у ківш, недостатня увага приділяється процесу розвантаження КС, який теж потребує енерговитрат.

2. Вперше отримано математичні моделі, які описують процес копання КС з урахуванням кривизни донної частини, кривизни ЗС, в яких враховано вплив опору різання та опір від переміщення призми волочіння в умовах заповнення ковша у дві стадії.

3. Вперше отримано математичні моделі, які описують процес розвантаження ґрунту із КС для традиційного та обладнаного НПД, які враховують: силу тертя ґрунту по днищу ковша; силу тертя ґрунту по бічних стінках ковша; силу опору коченню роликів підвісу ЗС; силу інерції поступального руху маси ґрунту і ЗС при ввімкненні механізму розвантаження ґрунту з КС; довжину днища; висоту ковша; щільність набраного ґрунту; кут природнього осипання ґрунту, отримані моделі дозволяють розраховувати залежність зміни маси ґрунту від положення ЗС відносно довжини днища скрепера та зусилля, які необхідні для його розвантаження.

4. Експериментально отримані 2-х факторні регресійні рівняння залежності зусилля копання $P_{\text{коп}}$, зусилля копання при заповненні у дві стадії $P_{\text{коп } 2 \text{ ст}}$ та розвантаження $P_{\text{роз}}$, $P_{\text{роз } 2 \text{ ст}}$ з урахуванням факторів, в яких розбіжність між теоретичними та експериментальними значеннями зусилля копання не перевищує 10...15%, при розвантаженні – 15...20%.

5. Проведено аналіз процесу розвантаження КС з НПД, який обладнано $R_{1,2} = 0,4 \cdot L_{\text{дн нпд}}$, м, $R_{2,2} = (0,8...0,9) H_{\text{зс}}$, м, і відповідною системою привода, результати якого дозволяють розрахувати залежність зміни маси ґрунту від положення ЗС ковша щодо довжини днища скрепера, а також значення зусиль, необхідних для його розвантаження, які зменшуються у порівнянні з традиційною конструкцією на 30...40%.

6. Проведені дослідження поляризаційно-оптичним методом показують зменшення напружень, які виникають на ЗС КС маятникового типу на 40% в процесі розвантаження завдяки рівномірному розподілу напружень у ЗС.

7. На основі отриманих математичних моделей визначено інтервали раціональних значень за умови мінімальної енергоємності робочого процесу: радіус кривизни донної частини $R_{1,2} = 0,4 \cdot L_{\text{дн нпд}}, \text{ м}$; радіус кривизни ЗС $R_{2,2} = (0,8 \dots 0,9) H_{\text{ЗС}}, \text{ м}$; місце розташування гідроциліндра розвантаження у співвідношенні $\frac{H_4}{H_{\text{ЗС}}} = 0,5$.

8. На основі порівняльного аналізу техніко-економічної ефективності скрепера Д-357, обладнаного НПД встановлено, що форма КС дозволяє збільшити місткість ковша до 9 %; зниження втрат ґрунту в бічні валики і призму волочіння збільшує обсяг ґрунту у ковші до 9 %; криволінійне днище дозволяє покращити силові та енергетичні показники процесу копання ґрунту на 10...15%; відношення роботи процесу заповнення КС до маси набраного ґрунту зменшується на 14 %, розвантаження ґрунту дозволяє на 15...20 % знизити навантаження на механізм приводу і знизити енергоємність розвантаження ґрунту на 30...40 %; встановлено можливість отримання річного економічного ефекту при порівнянні з КС традиційного виконання у розмірі 281197 грн.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Про Стратегію сталого розвитку "Україна - 2020". [Електронний ресурс] // Офіційний веб-портал «Верховна Рада України». Режим доступу:
<http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/5/2015#n10>
2. Чукурна О. П. Стратегічні напрямки розвитку машинобудування в контексті економічних реформ в Україні [Електронний ресурс] / О. П. Чукурна // Економіка: реалії часу. Науковий журнал. – 2013. – № 3 (8). – С. 36-42. – Режим доступу до журн.:
<http://economics.opu.ua/files/archive/2013/n3.html>
3. Современные тенденции в создании строительных машин // Строительные и Дорожные Машины. - 2005. - №7. - с.10-13.
4. Хмара Л. А. Аналіз способів заповнення та розвантаження ковшів скреперів / Хмара Л. А., Дерев'янчук М. І., Спільник М. А. // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – № 6-7. – Д. : ПДАБА, 2009. – С. 58–63.
5. Хмара Л. А. Нова конструкція напівпричіпного скрепера / Хмара Л. А. , Дерев'янчук М. І., Спільник М. А. // Строительство. Материаловедение. Машиностроение. – Д. : ПГАСА, 2010. – Вып. 57. – С. 86–90.
6. Патент України на корисну модель № 48872 МПК E02F 3/64, Ківш скрепера / Хмара Л. А., Дерев'янчук М. І., Спільник М. А.; заявник та патентовласник Хмара Л. А., Дерев'янчук М. І., Спільник М. А.;ДВНЗ ПДАБА. - № u200909762 заявл. 24.09.2009; опубл. 12.04.2010, Бюл №7.
7. Хмара Л. А. Дослідження напружень в конструкції задньої стінки скрепера / Хмара Л. А., Спільник М. А. // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – № 2. – Д. : ПДАБА, 2014. – С. 4–12.
8. Спільник А. Я. Исследование конструкции задней стенки скрепера поляризационно - оптическим методом / Спільник А. Я., Спільник М. А., Шломчак Г. Г. // Строительство. Материаловедение. Машиностроение. – Д. : ПГАСА, 2011. – Вып. 63.– С. 135–141.

9. Хмара Л. А. Експериментальні дослідження двохстадійного процесу заповнення ковша скрепера з напівкруглим днищем та задньою стінкою маятникового типу / Хмара Л. А., Спільник М. А. // Зб. статей і тез міжнар. наук.–прак. конф. «Проблеми розвитку дорожньо-транспортного і будівельного комплексів», 03-05 жовтня 2013 р. – Кіровоград, ПП «Ексклюзив Систем», 2013. – С. 141–144.

10. Хмара Л. А. Исследование процесса выгрузки грунта из ковша скрепера задней стенкой маятникового типа / Хмара Л. А., Спильник М. А. // Строительство. Материаловедение. Машиностроение. – Д. : ПГАСА, 2012. – Вып. 66.– С. 61–67.

11. Хмара Л. А. Экспериментальные исследования процесса копания грунта скрепером с полукруглым днищем и задней стенкой маятникового типа / Хмара Л. А., Деревьянчук М. И., Спильник М. А. // Материалы Международной научно-практической конференции, 2-4 октября 2012 г. – Россия, Ижевск: ИжГТУ, 2012. – С. 161–166.

12. Хмара Л. А. Математична модель процесу розвантаження ґрунту з традиційного ковша скрепера / Хмара Л. А., Спільник М. А. // Строительство. Материаловедение. Машиностроение. – Д. : ПГАСА, 2013. – Вып. 72. – С. 101–108.

13. Хмара Л. А. Исследование рабочего процесса ковша скрепера (копание и выгрузка грунта). / Хмара Л. А., Спильник М. А. // Науковий вісник будівництва. – Х. : ХНУБА, 2013. – Вып. 73. – С. 296–306.

14. Хмара Л. А. Математична модель процесу розвантаження ґрунту з ковша скрепера з напівкруглим днищем / Хмара Л. А., Баєв С. В., Спільник М. А. // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – № 1. – Д. : ПДАБА, 2014. – С. 8–13.

15. Хмара Л. А. Повышение эффективности рабочего процесса ковша скрепера (копание и выгрузка грунта) / Хмара Л. А., Спильник М. А. // Транспорт. Транспортные и технологические машины. – Омск : Вестник СибАДИ, 2013 – Вып. 5 (33). - С. 30-39.

16. Хмара Л. А. Порівняльний аналіз ефективності використання напівкруглого днища у ковшах скреперів / Хмара Л. А., Спільник М. А., Тимошпольский А. Ю. // Строительство. Материаловедение. Машиностроение. – Д. : ПГАСА, 2014. – Вып. 79. – С. 71–79.

17. Яскевич М. Я. Устройство для управления рабочим органом скрепера / М. Я. Яскевич // Строительные и дорожные машины. – 1997. – №11. – С. 13-14.

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

19. Кириченко И. Г. Долговечность стыковочного модуля трактора Т-150К / Кириченко И. Г., Щербак О. В., Кухтов В. Г. // Строительные и дорожные машины – 1998. - №8 – С.30–33.

20. Баловнев В. И. Интенсификация земляных работ в дорожном строительстве./ В. И. Баловнев, Л. А. Хмара // М.: Транспорт, 1983. – 183 с.

21. Борисенков В. А. Исследование тяговых качеств самоходного скрепера и гусеничного толкача при работе в одном агрегате : автореф. дис. на здобуття наук. ступення канд. техн. наук : спец. 05.05.04 / В. А. Борисенков. – Воронеж, 1969. - 22 с.

22. Нилов В. А. Исследование скреперного поїзда : автореф. дис. канд. на здобуття наук. ступення канд. техн. наук : спец. 05.05.04 / В. А. Нилов – Воронеж, 1975. – 18 с.

23. Петерс Е. Р. Исследование вопросов энергетики землеройных машин. – Дис. ... доктора ... наук : / Е. Р. Петерс. – М., 1946. – С.86

24. Шнейдер В. А. Рациональные формы и объем ковша колесного скрепера. – Дис. ... доктора ... наук : / В. А. Шнейдер. –М., 1954. – 286 с.

25. Рынсков О. Е. Исследование процесса наполнения скреперных ковшей грейферного типа : автореф. дис. канд. на здобуття наук. ступення канд. техн. наук : спец. 05.05.04 / О. Е. Рынсков. – Москва, 1951. – 8 с.

26. Ясинецького В. Г. Определение сопротивления наполнению ковшом прицепных скреперов / В. Г. Ясинецького // Строительное и дорожное машиностроение. - 1957, – №11. – С. 23–26.

27. Зеленин А. Н. Основы разрушения грунтов механическими способами / А. Н. Зеленин – М: Машиностроение, 1968. – 375 с.

28. Зеленин А. Н. Лабораторный практикум по резанию грунтов. Учеб. пособ. для студ. инж.-строит. и автомобильно-дорожных вузов / А. Н. Зеленин и др. – М. : Высш. Школа, 1969. – 310 с.

29. Артемьев К. А. Основы теории копания грунта скреперами / К. А. Артемьев – М: Машгиз, 1963. – 128 с.

30. Баловнев В. И. Новые методы расчета сопротивления резанию грунтов / В. И. Баловнев. – Росвузиздат, 1963. – 94с.

31. Белокрылов В. Г. Влияние формы ножа на составляющие сопротивления резанию / В. Г. Белокрылов – М. : Строительство и архитектура, 1967. – №6.

32. Демиденко А. И. Исследование влияния наклонных боковых стенок ковша на процесс копания грунта скрепером с прямым ножом : автореф. дис. канд. на здобуття наук. ступення канд. техн. наук : спец. 05.05.04 / А. И. Демиденко. – Омск, 1971. – 148 с.

33. Кацин В. А. Исследование рабочего процесса скрепера с совковым режущим органом : автореф. дис. канд. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.05.04 / В. А. Кацин. – Омск, 1973. – 21 с.

34. Пулькис Н. Д. Исследование влияния формы ножа на процесс резания и копания грунта / Н. Д. Пулькис – Омск, 1978. – 188 с.

35. Соколовский В. В. Статика сыпучей среды / В. В. Соколовский. – М. : Гостехтеориздат, 1954. – 275 с.

36. Ветров Ю. А. Резание грунтов землеройными машинами / Ю. А. Ветров – М. : Машиностроение, 1971. – 357 с.

37. Ветров Ю. А. Расчёты сил резания и копания грунтов / Ю. А. Ветров – К. : Издт. Киевского университета, 1965. – 167 с.

38. Баловнев В. И. Моделирование процессов взаимодействия со средой рабочих органов дорожно-строительных машин: Учеб. пособ. для студ. высш.

учеб. завед. – 2-е изд., перераб. / В. И. Баловнев – М. : Машиностроение, 1994. – 432 с.: ил.

39. Кизряков Н. И. Исследование работы скреперов с элеваторной загрузкой ковша : дис. ... канд. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.05.04 / Н. И. Кизряков. – Москва, 1972. – 172 с.

40. Сивкова О. И. Исследование основных параметров активного рабочего органа скрепера : автореф. дис. канд. на здобуття наук. ступення канд. техн. наук : спец. 05.05.04 / О. И. Сивкова. – Омск, 1974. – 20 с.

41. Бармаш М. А. Исследование и определение параметров процесса взаимодействия рабочего оборудования ковша скрепера с грунтом : автореф. дис. канд. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.05.04 / М. А. Бармаш. – Москва, 1970. – 23 с.

42. Баринов Н. В. Исследование путей повышения эффективности применения скреперов : автореф. дис. канд. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.05.04 / Н. В. Баринов – Москва, 1975. – 28 с.

43. Матвеев А. В. Исследование влияния подвижного днища на процесс копания грунта скрепером : дис. ... кандидата техн. наук : 05.05.04 / А. В. Матвеев – В., 1977. – 190 с.

44. Кириченко И. Г. Исследование процесса копания грунтов скрепером с ковшом активного действия : дис. ... кандидата техн. наук : 05.05.04 - дорожные и строительные машины / И. Г. Кириченко – Харьков, 1979. – 198 с.

45. Лещинский А. В. Исследование принудительного способа разгрузки ковшей скреперов : дис. ... канд. техн. наук: 05.05.04 / Лещинский А. В. – Омск: СибАДИ, 1972. – 143 с.

46. Ермакова Е. А. Совершенствование процесса наполнения ковша скрепера применением грунтонаправляющего аппарата : дис. ... канд. техн. наук: 05.05.04 - машины для земляных и дорожных работ / Е. А. Ермакова. – Харьков, 1996. – 190 с.

47. Дворкова В. Я. Косое резание и копание грунта / В. Я. Дворкова, А. Н. Зеленин, Л. В. Красильников // Строительные и дорожные машины. М., 1967. – №4.
48. Красильников Л. В. Исследование лобового и косоугольного резания грунтов при различной высоте рабочего органа : автореф. дис. канд. на здобуття наук. ступення канд. техн. наук : спец. 05.05.04 – дорожные и строительные машины / Л. В. Красильников. – Харьков, 1967. – 20 с.
49. Михайлин Г. К. Повышение эффективности работы тракторов с машинами циклического действия (на примере скрепера с активным органом) дис. ... канд. техн. наук:- Челябинск, 1970. - 183 с.
50. Ермилов А. Б. Исследование рабочего процесса скрепера с газодинамическим интенсификатором : дис. ... канд. техн. наук: 05.05.04 – дорожные и строительные машины / А. Б. Ермилов. – Москва, 1976. – 205 с.
51. Плешков Д. И. Самоходные пневмоколесные скреперы и землевозы / [Плешков Д. И., Маршак С. Ф., Ронинсон Э. Г. и др.] – М. : Машиностроение, 1971. – 267 с.: ил.
52. Петерс Е. Р. Типы и параметры скреперов / Е. Р. Петерс // Механизация строительства, 1968. – №5. – С. 14–16.
53. Федоров Д. И. Рабочие органы землеройных машин / Д. И. Федоров. – М: Машиностроение, 1977. – 288 с.
54. Федоров Д. И. Скрепер Д-542 с криволинейными ножами и днищем / Д. И. Федоров, И. А. Недорезов, Н. В. Гулиа // Механизация строительства 1965. – №2. – С. 12–14.
55. Федоров Д. И. Сравнительные испытания новых прицепных скреперов / Д. И. Федоров, И. А. Недорезов и др. // Строительные и дорожные машины, 1961. – №6.
56. Федоров Д. И. Результаты испытаний скреперных ковшей новой формы / Д. И. Федоров, Д. И. Плешков, И. А. Недорезов // Строительные и дорожные машины, 1960. – №3. – С. 37–41.

57. Горячкин В. П. Собрание сочинений: в 3-х томах / В. П. Горячкин – М. : Колос, 1968. – Т.2. – 455 с.
58. Домбровский Н. Г. Оптимальное агрегатирование базовых машин / Н. Г. Домбровский, Е. М. Кудрявцев, Р. А. Янсон // «Известия ВУЗов. Машиностроение», 1973. – №2.
59. Зеленин А. Н. Машины для земляных работ / А. Н. Зеленин, В. И. Баловнев, И. П. Керов – М. : Машиностроение, 1975. – 422 с.
60. Баловнев В. И. Дорожно-строительные машины с рабочими органами интенсифицирующего действия / В. И. Баловнев – М. : Машиностроение, 1981. – 223 с.
61. Ветров Ю. А. Машины для земляных работ / Ю. А. Ветров и др. – К. : Вища школа, 1981. – 384 с.
62. Хмара Л. А. Интенсификация рабочих процессов машин для земляных работ / Л. А. Хмара – Д. : ДИСИ, 1989. – 329 с.
63. Баловнев В. И. Метод определения сопротивлений наполнению и основных параметров ковша скрепера / В. И. Баловнев – Журнал «СДМ», 1958. – №10.
64. Холодов А. М. Теоретическое выражение сопротивления грунта лобовому резанию широким плоским ножом / А. М. Холодов // Горные, строительные и дорожные машины, 1965. – №1. – С. 5–13.
65. Ничке В. В. Влияние затупления ножа на процесс резания / В. В. Ничке // «ГСДМ» – Техника, 1966. – Вып. 3. – С. 109–118.
66. Ничке В. В. Исследование процесса копания связных грунтов землеройно-транспортными машинами / В. В. Ничке // «ГСДМ» – Техника, 1969. – Вып. 3. – С. 43–49.
67. Руднев В. К. Копание грунтов землеройно-транспортными машинами активного действия / В. К. Руднев – Х. : Вища школа, 1974. – 144 с.
68. Недорезов И. А. Интенсификация рабочих процессов землеройно-транспортных машин и совершенствование их рабочих органов. – Сб. научн.

труд. ВНИИ транспортного строительства / И. А. Недорезов – М. : Транспорт, 1984. – С. 5–11.

69. Недорезов И. А. Распределение грунтов по трудности разработки землеройными машинами / И. А. Недорезов // Строительные и дорожные машины. – 1973. – №7. – С. 5–6.

70. Баладинский В. Л. Динамическое разрушение грунтов / В. Л. Баладинский – К.: Изд-во Киевского университета, 1971. – 282 с.

71. Garbotz G. Untersuchungen über das Kraftspiel an Flachbagger-Schneidwerkzungen in Mittelsand und schwach bindigen, sandigem Schluff unter besonderer Berücksichtigung der Planierschilde und ebenen Schrüfkubelschneiden / Garbotz G., Dress G., – In Buch: Forschung – sberichte des Wirtschafts – und Verkehrsministeri – ums Nordrhein – Westfalen Nr 430, Köln und Opladen, 1958.

72. Kühn G. Der gleislose Endban / G. Kühn – Berlin Göttingen – Heidelberg, Springer-Vorlag, 1956 – 375 p.

73. Артемьев К. А. Резание и копание грунта / К. А. Артемьев // Труды СибАДИ. – Омск, 1975. – Вып 55. – сб. 7 – С. 3–5.

74. Баловнев В. И. Моделирование процессов взаимодействия со средой рабочих органов дорожно-строительных машин / В. И. Баловнев – М. : Высшая школа, 1981. – 335 с.

75. Бакулин А. В. Особенности процесса копания грунта скреперным ковшом с криволинейным днищем / А. В. Бакулин, Б. И. Харкун, В. И. Уткин // Строительные и дорожные машины, 1991. – №11. – С. 6–9.

76. Бакулин А. В. Результаты экспериментального изучения скреперного ковша с криволинейным днищем / А. В. Бакулин, Б. И. Харкун, В. И. Уткин // Строительные и дорожные машины, 1993. – №7. – С. 4–7.

77. Волков Д. П. Машины для земляных работ: Учеб. для студ. вузов / Д. П. Волков, В. Я. Крикун, П. Е. Тотолин – М.: Машиностроение, 1992. – 448 с.

78. Дорожно-строительные машины и комплексы / [Баловнев В. И., Ермилов А. Б, Новиков А. Н. И др.] – М. : Машиностроение, 1988. – 384 с.

79. Ронинсон Э. Г. Новый самоходный скрепер с механизированной загрузкой ковша / Э. Г. Ронинсон, Н. И. Фарафонов // Строительные и дорожные машины, 1999. – № 10. – С. 18–20.

80. Залко А. Н. Современные скреперы / А. Н. Залко, Э. Г. Ронинсон – М. : ЦНИИТЭСтроймаш, 1983. – 51 с.

81. Мелашич В. В. Исследование и определение параметров двухножевой системы самоходных скреперов : дис. ... канд. техн. наук: 05.05.04 / В. В. Мелашич. – Москва, 1980. – 235 с.

82. Щемелев А. М. Исследования влияния параметров передней заслонки на процесс работы скрепера (На примере скрепера с ковшом емкостью 8-10м³) : дис. ... канд. техн. наук: 05.05.04 / А. М. Щемелев. – Омск, 1971. – 155 с.

83. Хмара Л. А. Нова конструкція напівпричіпного скрепера / Л. А. Хмара, О. О. Дахно, М. А. Спільник // Строительство. Материаловедение. Машиностроение. – Д. : ПГАСА, 2010. – Вып. 57, – С. 86–90.

84. Патент України на корисну модель № 46182, МПК E02F 3/64. Ківш скрепера / Хмара Л. А., Дерев'янчук М. І., Спільник М. А. та ін.; заявник та патентовласник Хмара Л. А., Дерев'янчук М. І., Спільник М. А. та ін.; ДВНЗ ПДАБА. - № u200906478 заявл. 22.06.2009; опубл. 10.12.2009, Бюл. № 23.

85. Патент України на корисну модель № 67771, МПК E02F 3/64. Ківш скрепера / Хмара Л. А., Спільник М. А., Шпак М. В. ; Хмара Л. А., Спільник М. А., Шпак М. В.; ДВНЗ ПДАБА. - № u 2011 08133. заявл. 29.06.2011 ; опубл. 12.03.2012, Бюл. № 6.

86. Патент України на корисну модель № 48873 МПК E02F 3/64. Скреперний ківш / Хмара Л. А., Дерев'янчук М. І., Спільник М. А. ; Хмара Л. А., Дерев'янчук М. І., Спільник М. А. ДВНЗ ПДАБА. - № u200909763 заявл. 24.09.2010; опубл. 12.04.2010, Бюл. № 7.

87. Хмара Л. А. Экспериментальные исследования процесса копания грунта скрепером с полукруглым днищем и задней стенкой маятникового типа / Л. А. Хмара, М. И. Деревьянчук, М. А. Спильник // Материалы Международ.

науч.-практич. конф., 2-4 октября 2012 г., Россия, Ижевск : ИжГТУ, 2012 – С. 161–166.

88. Хмара Л. А. Исследование рабочего процесса ковша скрепера (копание и выгрузка грунта). / Л. А. Хмара, М. А. Спильник // Науковий вісник будівництва. – Х. : ХНУБА, 2013. – Вып. 73. – С. 296–306.

89. Хмара Л. А. Дослідження напружень в конструкції задньої стінки скрепера / Л. А. Хмара, М. А. Спільник // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури – Д. : ПДАБА, 2014. – № 2. – С. 4–12.

90. Хмара Л. А. Повышение эффективности рабочего процесса ковша скрепера (копание и выгрузка грунта) / Л. А. Хмара, М. А. Спильник // Транспорт Транспортные и технологические машины. – О. : Вестник СибАДИ, 2013. – Вып. 5 (33), – С. 30–39.

91. Хмара Л. А. Експериментальні дослідження двохстадійного процесу заповнення ковша скрепера з напівкруглим днищем та задньою стінкою маятникового типу / Л. А. Хмара, М. А. Спільник // Зб. статей і тез між ар. наук.–прак. конф., 03-05 жовтня 2013 р. «Проблеми розвитку дорожньо-транспортного і будівельного комплексів» – К. : ПП «Ексклюзив Систем», 2013. – С. 141–144.

92. Хмара Л. А. Процесс выгрузки грунта из ковша скрепера / Л. А. Хмара, М. А. Спильник // Сб. материалов Междунар. науч.-техн. конф. «Интерстроймех – 2013». – С. 204–206.

93. Хмара Л. А. Исследование процесса выгрузки грунта из ковша скрепера задней стенкой маятникового типа / Л. А. Хмара, М. А. Спильник // Строительство. Материаловедение. Машиностроение. – Д. : ПГАСА, 2012. – Вып. 66.– С. 61–67.

94. Хмара Л. А. Математична модель процесу розвантаження ґрунта з традиційного ковша скрепера / Л. А. Хмара, М. А. Спільник // Строительство. Материаловедение. Машиностроение. – Д. : ПГАСА, 2013. – Вып. 72. – С. 101–108.

95. Хмара Л. А. Математична модель процесу розвантаження ґрунту з ковша скрепера з напівкруглим днищем / Л. А. Хмара, С. В. Баєв, М. А. Спільник // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури – Д. : ПДАБА, 2014. – № 1. – С. 8–13.

96. Хмара Л. А. Порівняльний аналіз ефективності використання напівкруглого днища у ковшах скреперів / Л. А. Хмара, М. А. Спільник, А. Ю. Тимошпольский // Строительство. Материаловедение. Машиностроение. – Д. : ПГАСА, 2014. – Вып. 79. – С. 71–79.

97. Теоретичний аналіз процесу заповнення глибокої передньої заслінки ковша скрепера / Л. А. Хмара, М. І. Дерев'янчук, Ю. С. Пікуш, М. А. Спільник // Сб. науч. тр.: Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Серия: Подъемно-транспортные, строительные и дорожные машины и оборудование – Д. : ПГАСА, 2010. – Вып. 57. – С. 76–80.

98. ГОСТ 5181-78. Грунты. Метод лабораторного определения удельного веса. – Переиздат. Январь, 1979.

99. ГОСТ 12248-78. Грунты. Метод лабораторного определения срезу.

100. ГОСТ 5179-78. Грунты. Метод лабораторного определения влажности.

101. Голубченко А. И. Определение рациональных параметров быстрозахватываемого отвального рабочего органа к челюстному ковшу гидравлического экскаватора: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.04 / А. И. Голубченко. – Д., 1990. – 317 с.

102. Дорожные машины / [Алексеева Т. В., Артемьев К. А., Бромберг А. А. и др.] – Ч. I. Машины для земляных работ. – изд. 3-е перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1972. – 504 с.

103. Хмара Л. А. Конструктивные резервы повышения эффективности скреперов / Л. А. Хмара, С. А. Карпушин // Интенсификация рабочих процессов строительных машин – Д. : ПГАСиА, 1998. – С. 51–58.

104. Бондаренко Л. М. Деформаційні опори в машинах / Л. М. Бондаренко, М. П. Довбня, В. С. Ловейкин ; за ред. В. С. Ловейкина. – Д. : РВА «Дніпро – VAL», 2002. – 200 с.
105. Тарг С. М. Краткий курс теретической механики : [учеб. для втузов] / С. М. Тарг– 11-е изд., испр. – М.: Высш. шк., 1995. – 416 с. ил.
106. Кудрявцев Е. М. Детали машин : [учеб. для студентов машиностроительных вузов] / Е. М. Кудрявцев. – Л.: Машиностроение, 1980. – 464 с., ил.
107. Деревьянчук М. И. Стенд для исследования физических моделей рабочего оборудования землеройных и землеройно-транспортных машин / М. И. Деревьянчук, Л. А. Хмара, О. Е. Рынсков // Строительные и дорожные машины, 1977. – №6. – С. 24–25.
108. Тихомиров В. Б. Планирование и анализ эксперимента (при проведении эксперимента в легкой и текстильной промышленности). / В. Б. Тихомиров. – М. : «Легкая индустрия», 1974. – 262 с.: ил.
109. Адлер Ю. П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю. П. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский – М. : «Наука», 1976. – 280 с.
110. А. с. 844999 СССР, МКИ G 01 В 11/18 Поляризационно-оптическое устройство для определения напряжений / Г. Г. Шломчак, В. П. Полухин (СССР). – № 2808301/25-28 ; заявл. 06.08.79 ; опубл. 07.07.81, Бюл. № 25.
111. Шломчак Г. Г. Основи наукових досліджень. Теорія експерименту в обробці металів тиском: Навч. посіб. / Г. Г. Шломчак – Д. : «Пороги», 2005. – 159 с.
112. Дзюра Е. А. Реокинетические исследования синтеза и свойства эластомеров из олигодиендигидридазидов и имидов ненасыщенных дикарбоновых кислот / [Е. А. Дзюра, Л. М. Волченко, А. Д. Лейкин та ін.] – ВМСА, 1987. – Т. 29. – №6. – С. 1219–1223.
113. Баловнев В. И. Физическое моделирование резания грунтов / В. И. Баловнев – М. : Высшая школа, 1969. – 159 с.

114. Карпушин С. А. Интенсификация разработки грунта скрепером путем усовершенствования рабочего органа и технологии заполнения : дис. ... канд. техн. наук: 05.05.04 / С. А. Карпушин. – Д., 2001. – 219 с.
115. Хмара Л. А. Определение параметров рабочих органов дорожно-строительных машин повышенной эффективности / Л. А. Хмара. – М., 1982. – 178 с. – Деп. (монография). ЦИНИС Госстроя СССР, 1982, №3238
116. Энциклопедия полимеров: в 3 т. / Москва, 1977.
Т. 3. – 1977. – С. 313-325.
117. Оптически активный материал на основе эпоксидной смолы ЭД-6, отверждаемый метилтетрагидрофталевым ангидридом / Б. Б. Портнов, Н. В. Ткаченко // Тр. V Всесоюзной конференции – Л. : Изд-во ЛГУ, 1966. – С. 134-138.

ДОДАТКИ

Додаток А	Фотограми процесу копання і призми волочіння КС обладнаного НПД.....	140
Додаток Б	Фотограми, циклограми процесу розвантаження КС традиційного виконання та обладнаного НПД.....	142
Додаток В	Епюри напружено-деформованого стану досліджуваних ЗС КС.....	148
Додаток Г	Фотограми процесу напружень на ЗС КС.....	149
Додаток Д	Порівняння результатів.....	151
Додаток Е	Опис програми “ Effect M ”.....	157
Додаток Є	Конструктивні пропозиції автора по створенню скрепера з НПД на які отримано патенти на корисну модель.....	162
Додаток Ж	Довідки про впровадження.....	180



Рис.1.1. Фотограми процесу копання КС з НПД при $h_{\text{коп}} = 8$ мм:
1-5 - фотограми набору ґрунту у КС з НПД



Рис.1.2. Фотограми процесу копання КС з НПД при $h_{\text{коп}} = 11$ мм:
1-5 - фотограми набору ґрунту у КС з НПД



Рис.1.3. Фотограми процесу копання КС з НПД при $h_{\text{коп}} = 18$ мм:
1-5 - фотограми набору ґрунту у КС з НПД

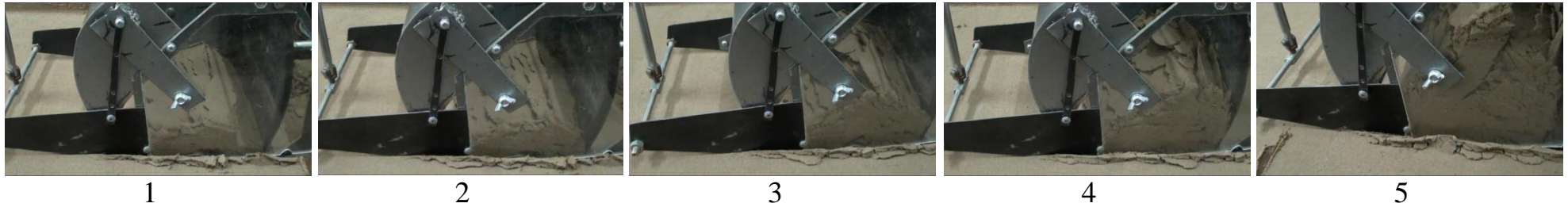


Рис.1.4. Фотограми процесу копання КС з НПД при $h_{\text{коп}} = 25$ мм
1-5 - фотограми набору ґрунту у КС з НПД



Рис.1.5. Фотограми процесу копання КС з НПД при $h_{\text{коп}} = 28$ мм
1-5 - фотограми набору ґрунту у КС з НПД

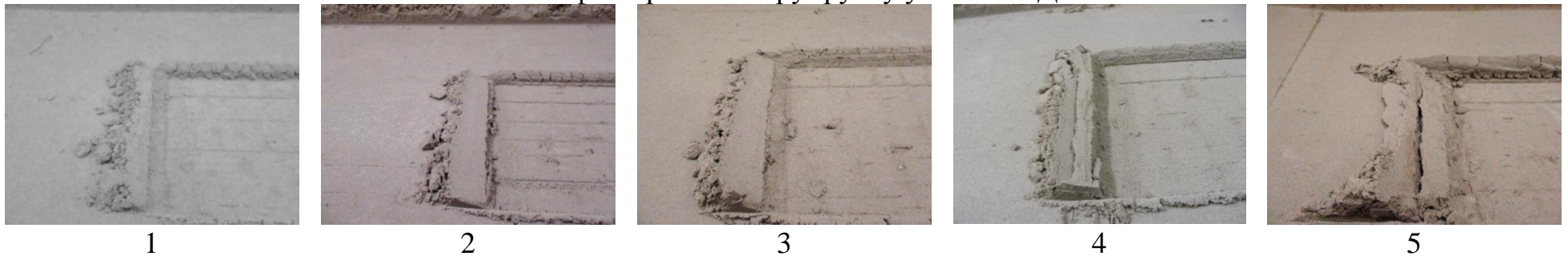
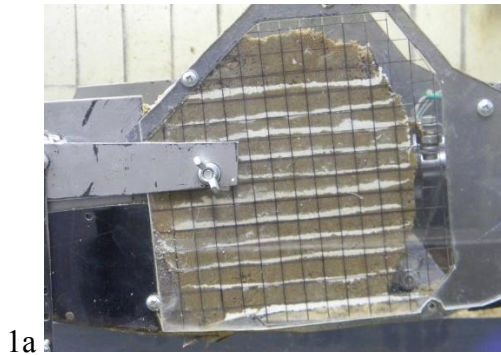
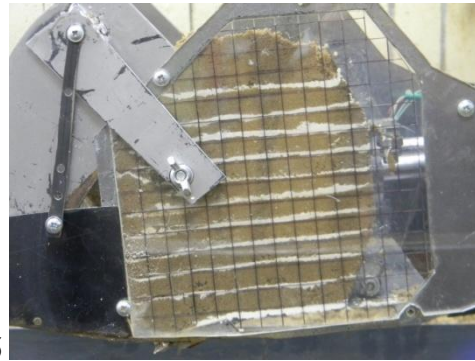


Рис.1.6. Фото призми волочіння КС з НПД:
1 - при $h_{\text{коп}} = 8$ мм; 2 - при $h_{\text{коп}} = 11$ мм; 3 - при $h_{\text{коп}} = 18$ мм; 4 - при $h_{\text{коп}} = 25$ мм; 5 - при $h_{\text{коп}} = 28$ мм

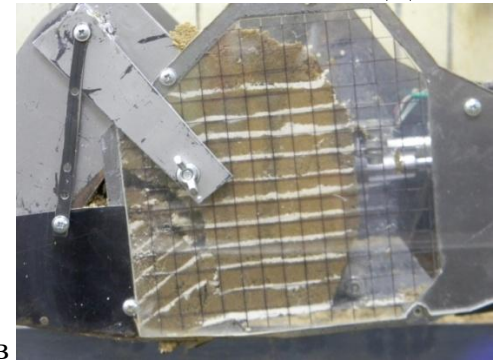
Додаток Б



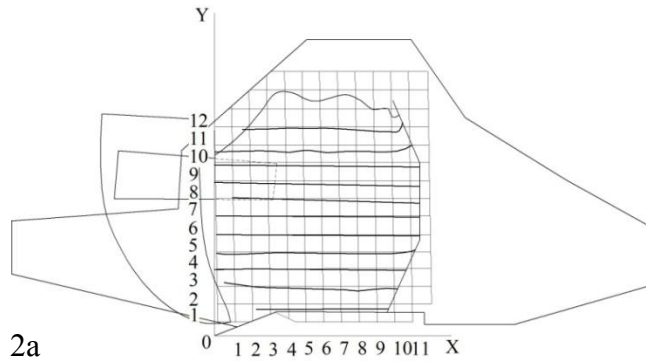
1a



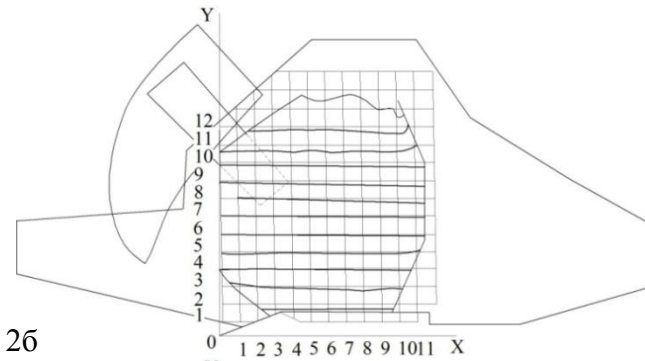
1б



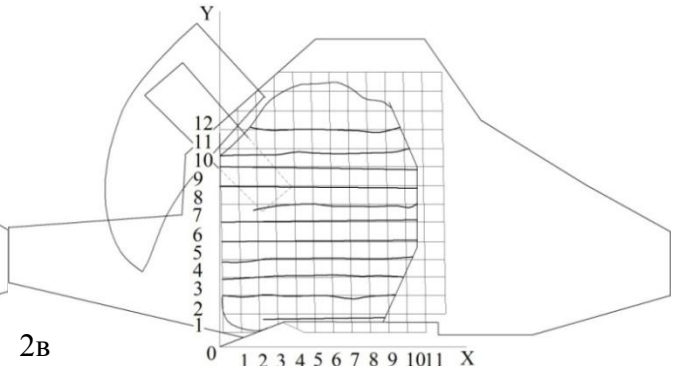
1в



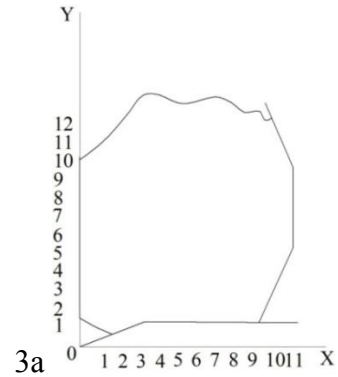
2a



2б

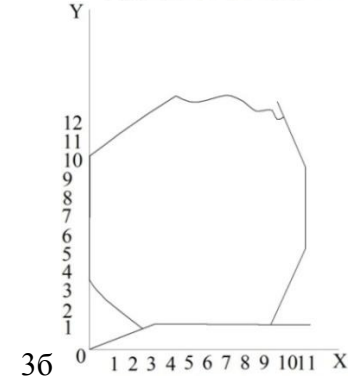


2в



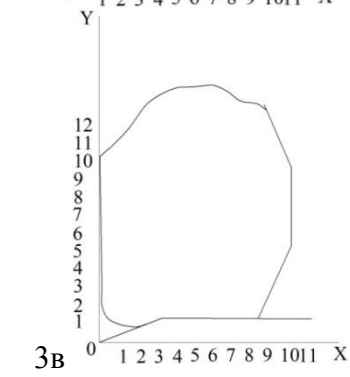
3a

$S1 = 309434,127245 \text{ mm}^2$



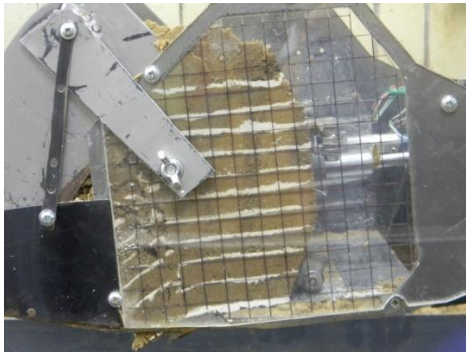
3б

$S1 = 297610,177786 \text{ mm}^2$

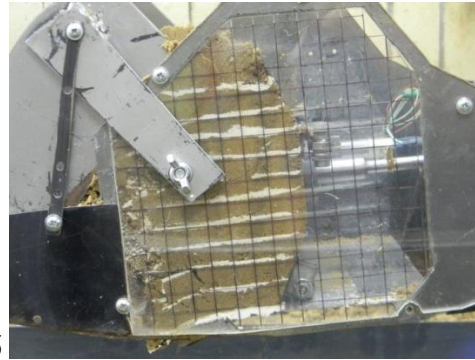


3в

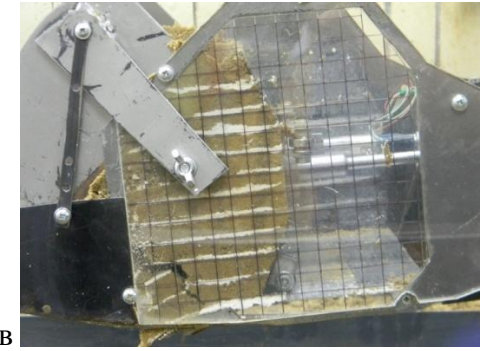
$S1 = 293215,325040 \text{ mm}^2$



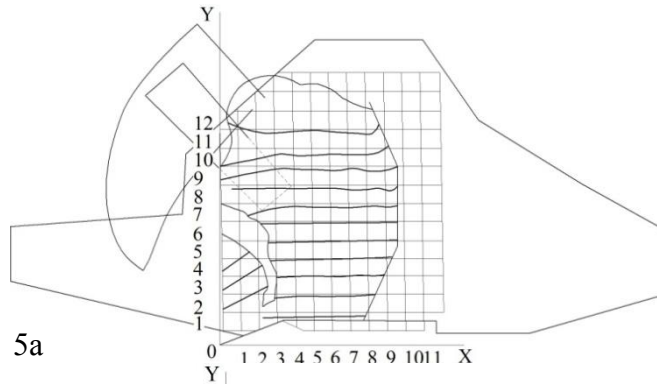
4a



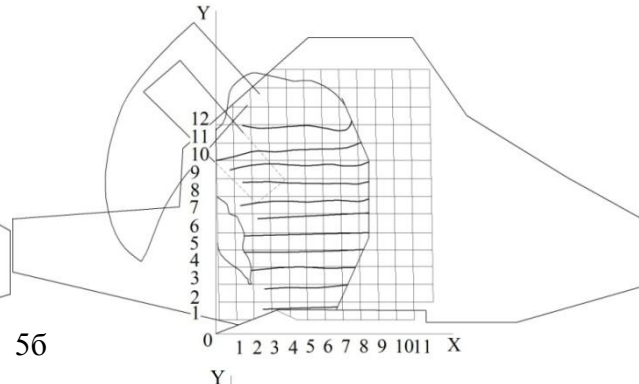
4b



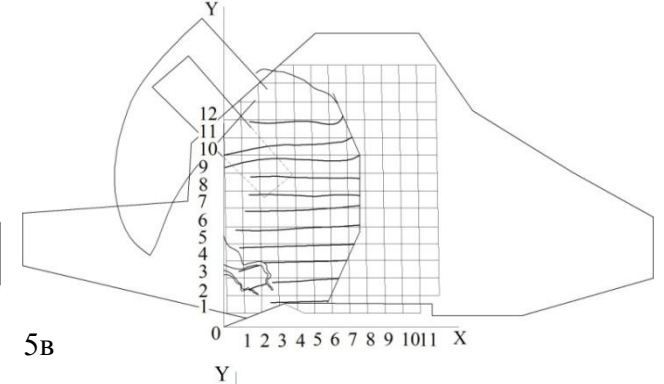
4c



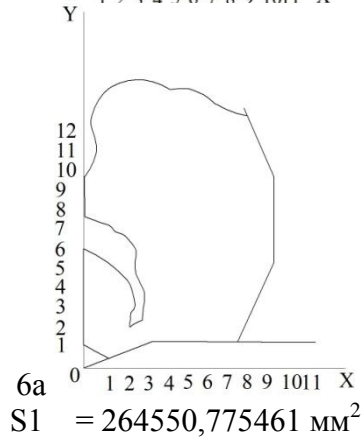
5a



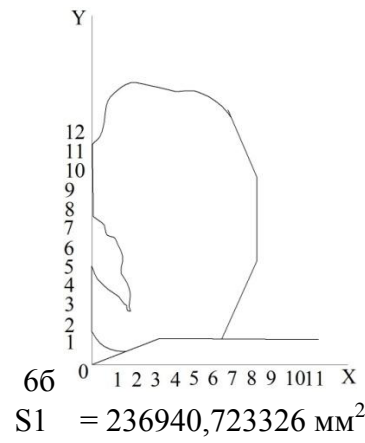
5b



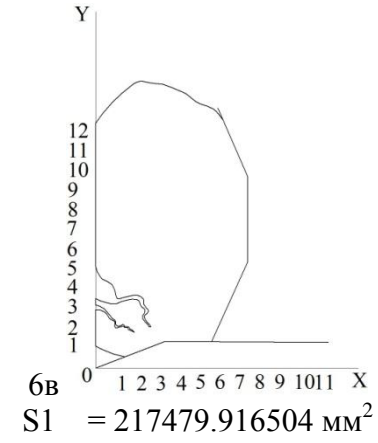
5c



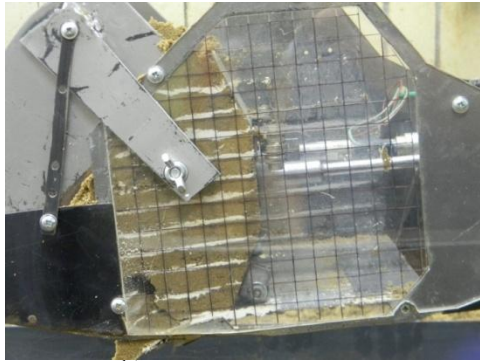
6a
 $S1 = 264550,775461 \text{ mm}^2$



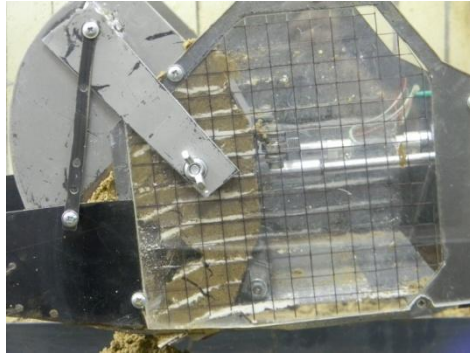
6b
 $S1 = 236940,723326 \text{ mm}^2$



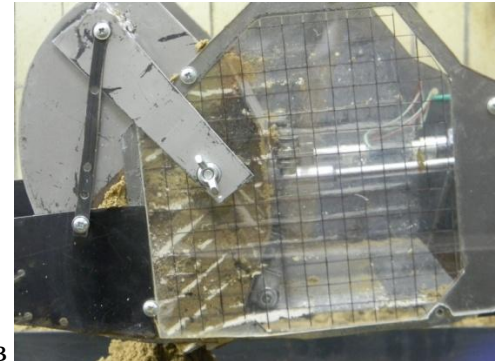
6c
 $S1 = 217479.916504 \text{ mm}^2$



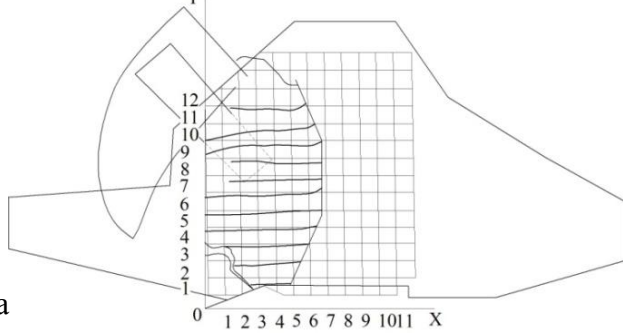
7a



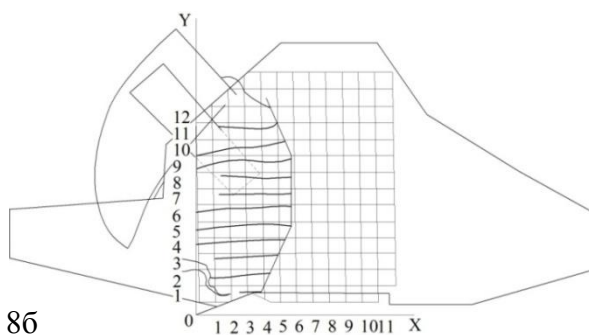
7b



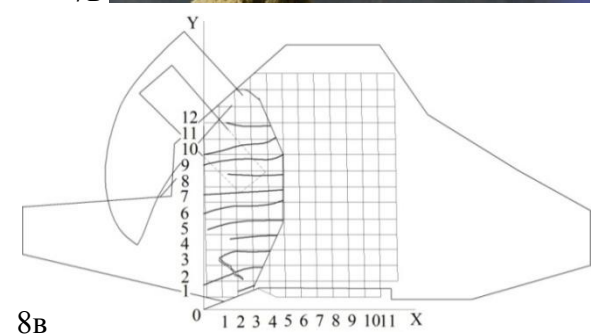
7B



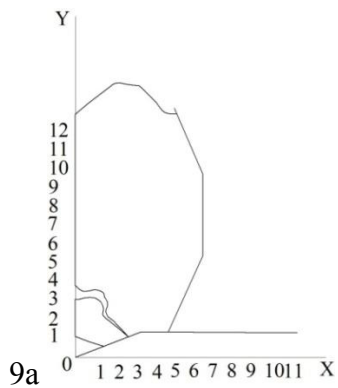
8a



8b

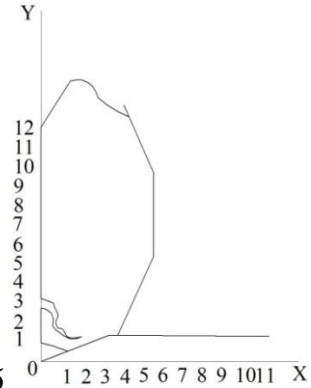


8B



9a

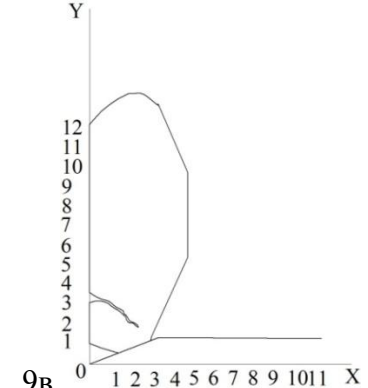
$S1 = 199766,987 \text{ mm}^2$



9b

$S1 = 159325,903683 \text{ mm}^2$

I

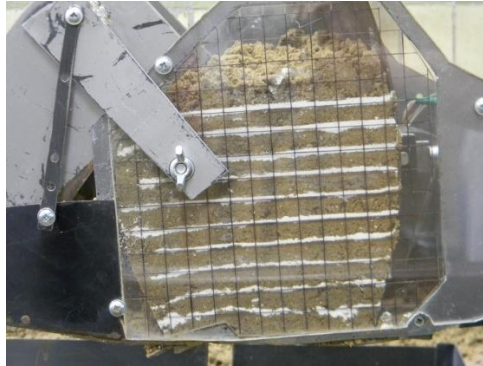


9B

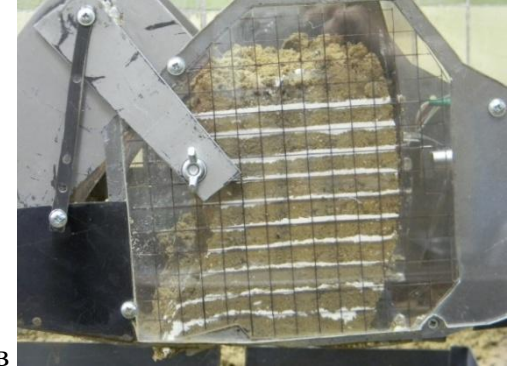
$S1 = 133411,265729 \text{ mm}^2$



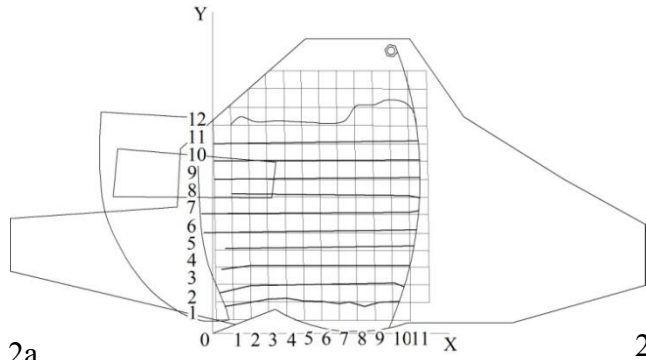
1a



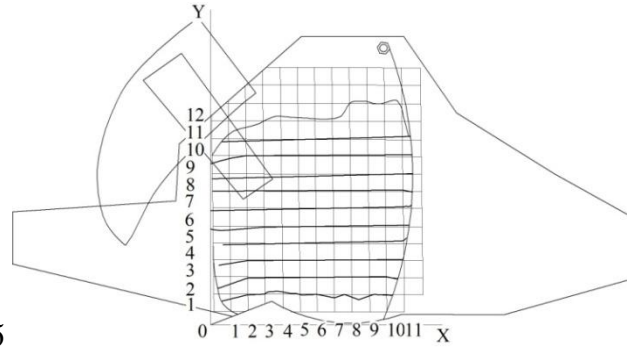
16



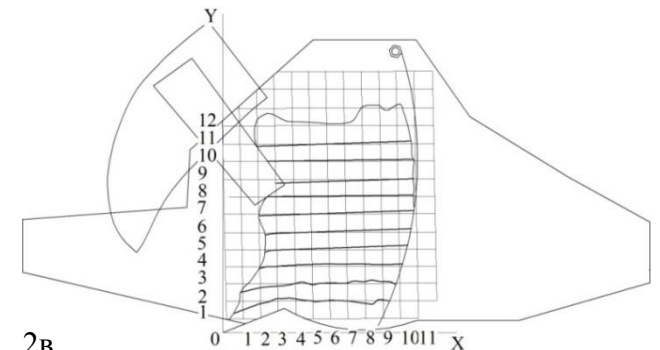
1B



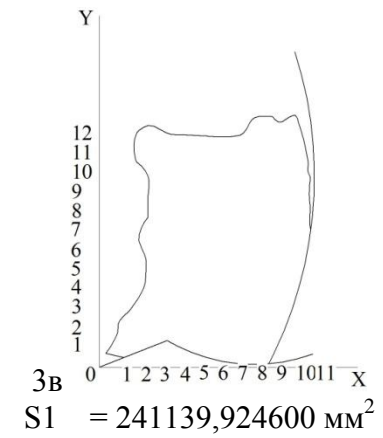
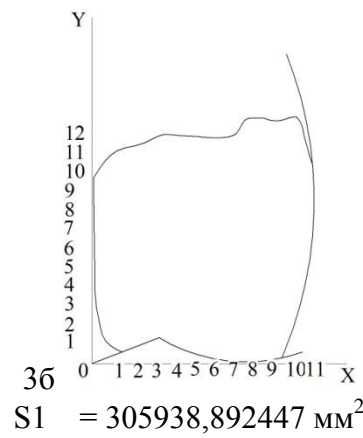
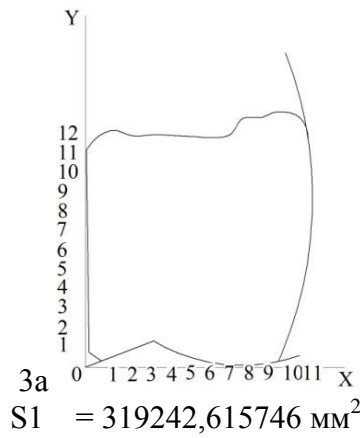
2a

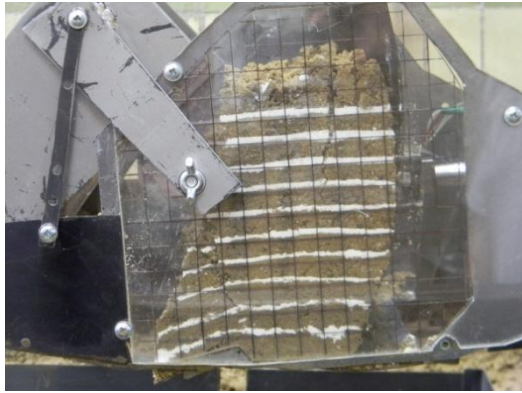


26

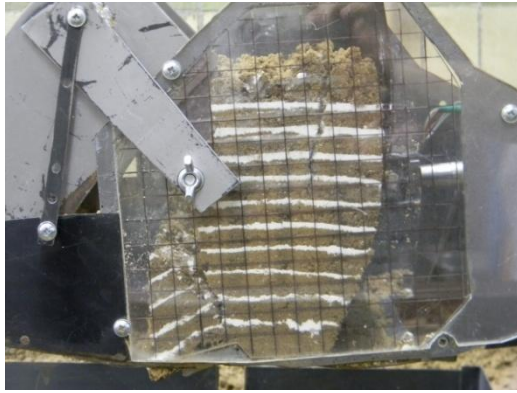


2B

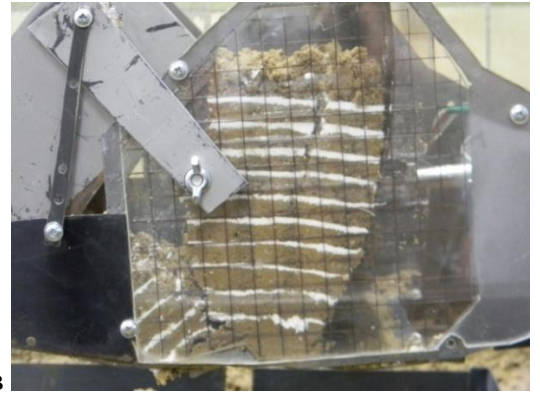




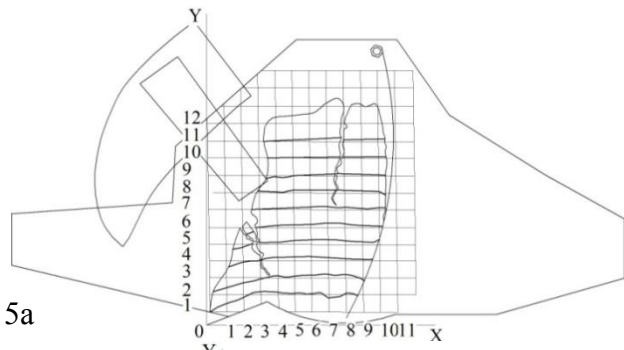
4a



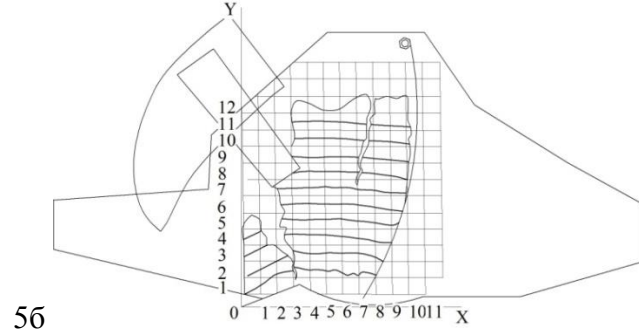
4b



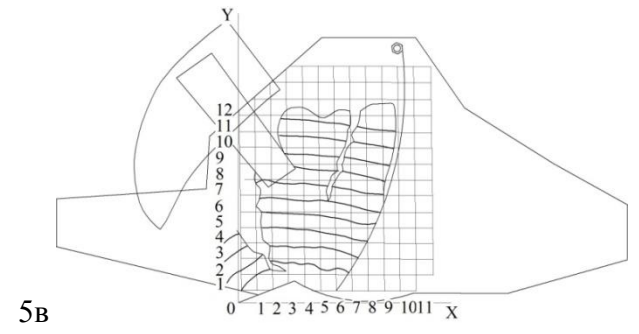
4c



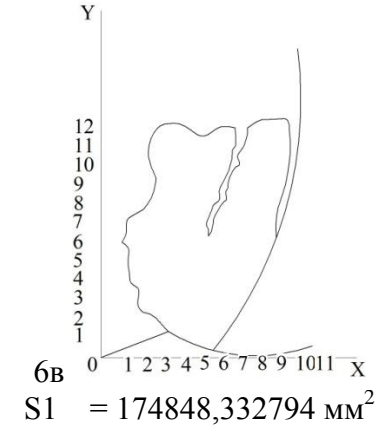
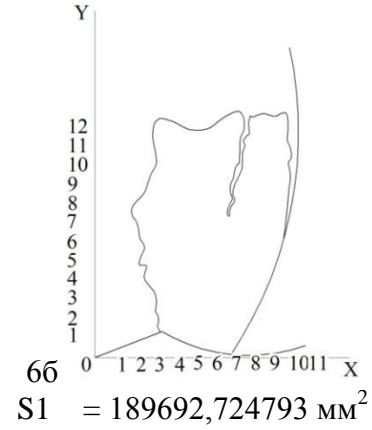
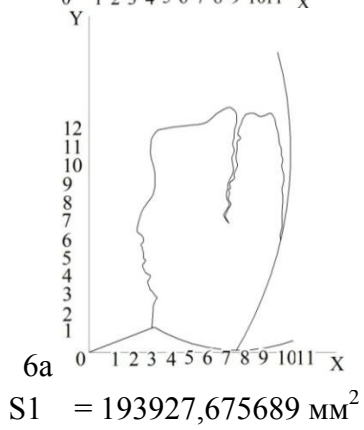
5a

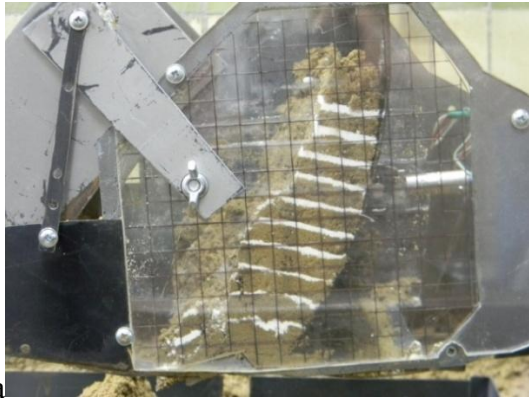


5b

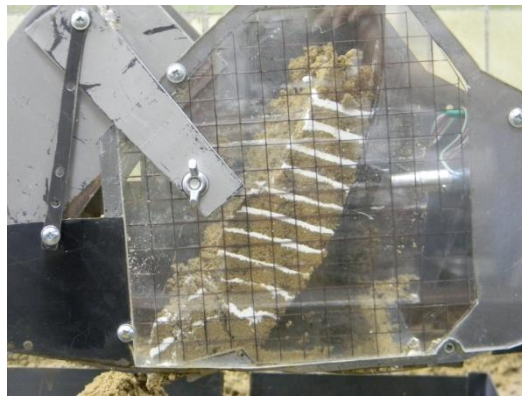


5c

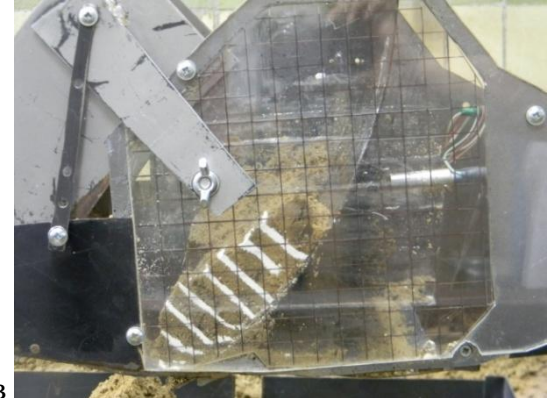




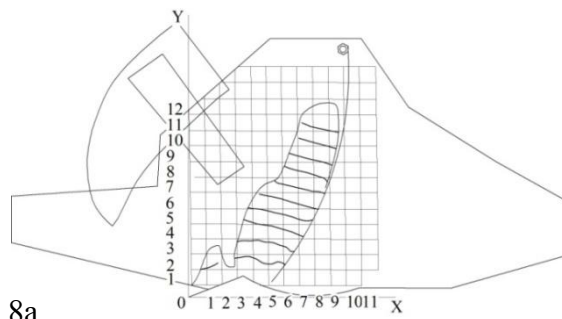
7a



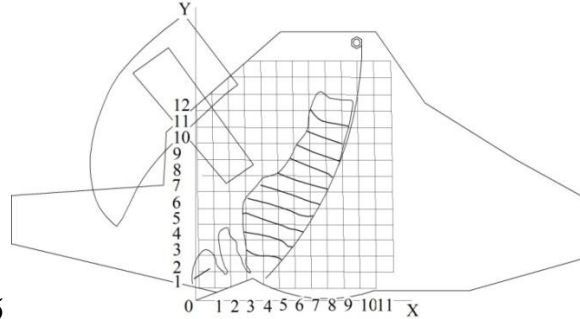
7b



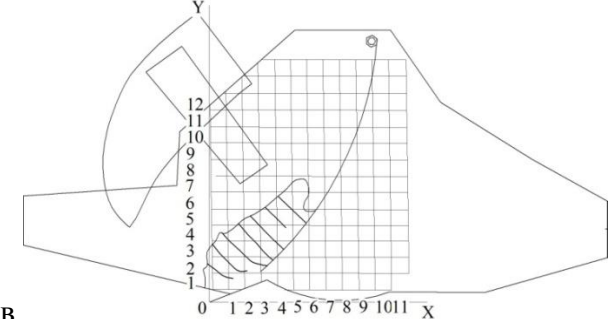
7c



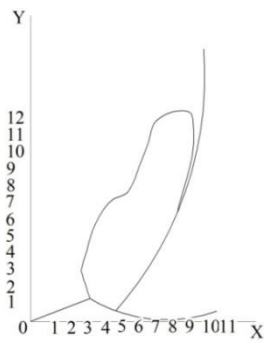
8a



8b

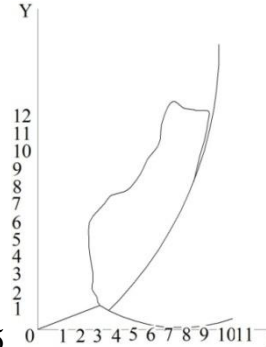


8c



9a

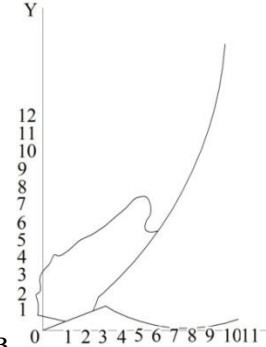
$$S1 = 94095,900228 \text{ MM}^2$$



9b

$$S1 = 88267,851960 \text{ MM}^2$$

II

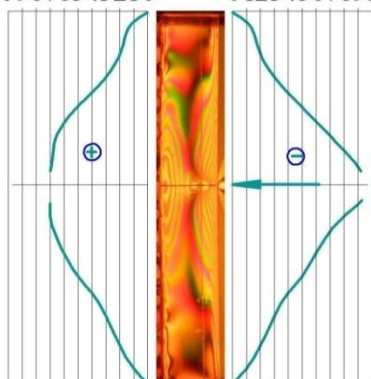


9c

$$S1 = 54802,065321 \text{ MM}^2$$

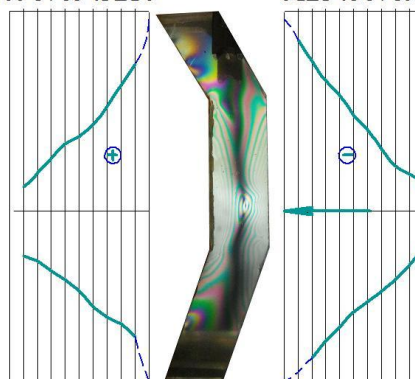
Додаток В

109876543210 σ_n , смуг

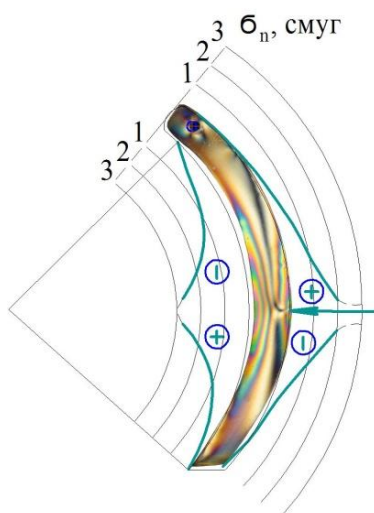


а

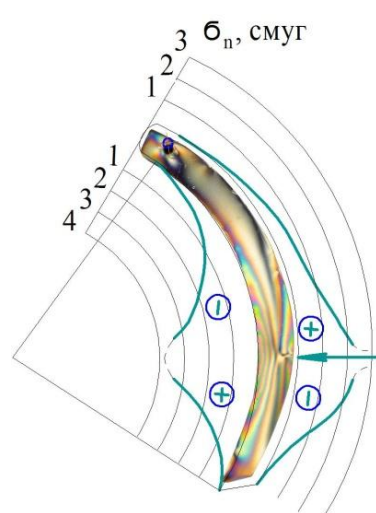
109876543210 σ_n , смуг



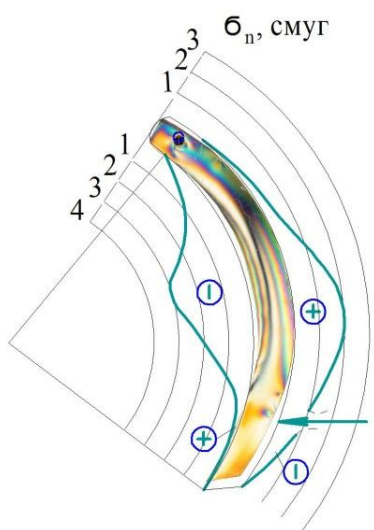
б



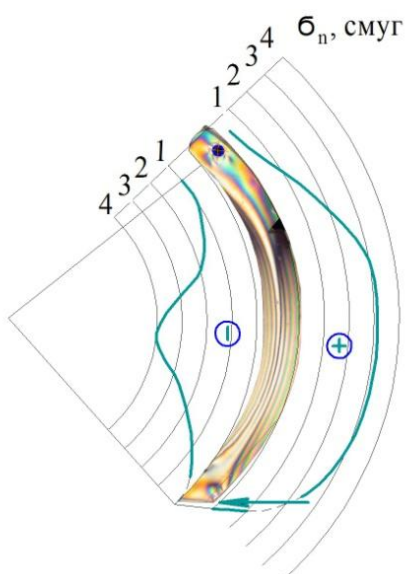
в



г

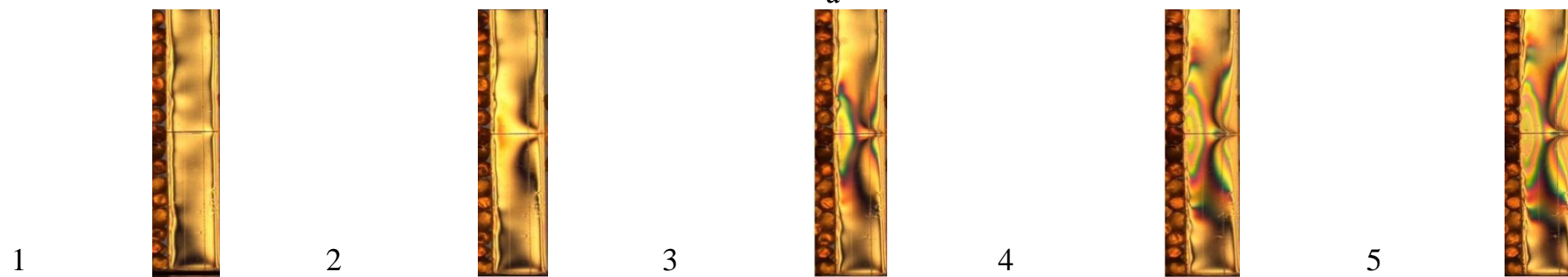
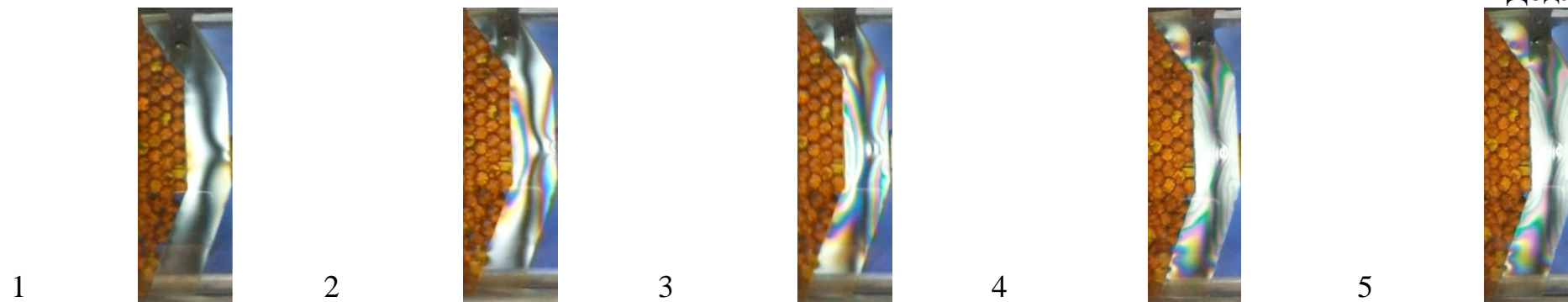


д

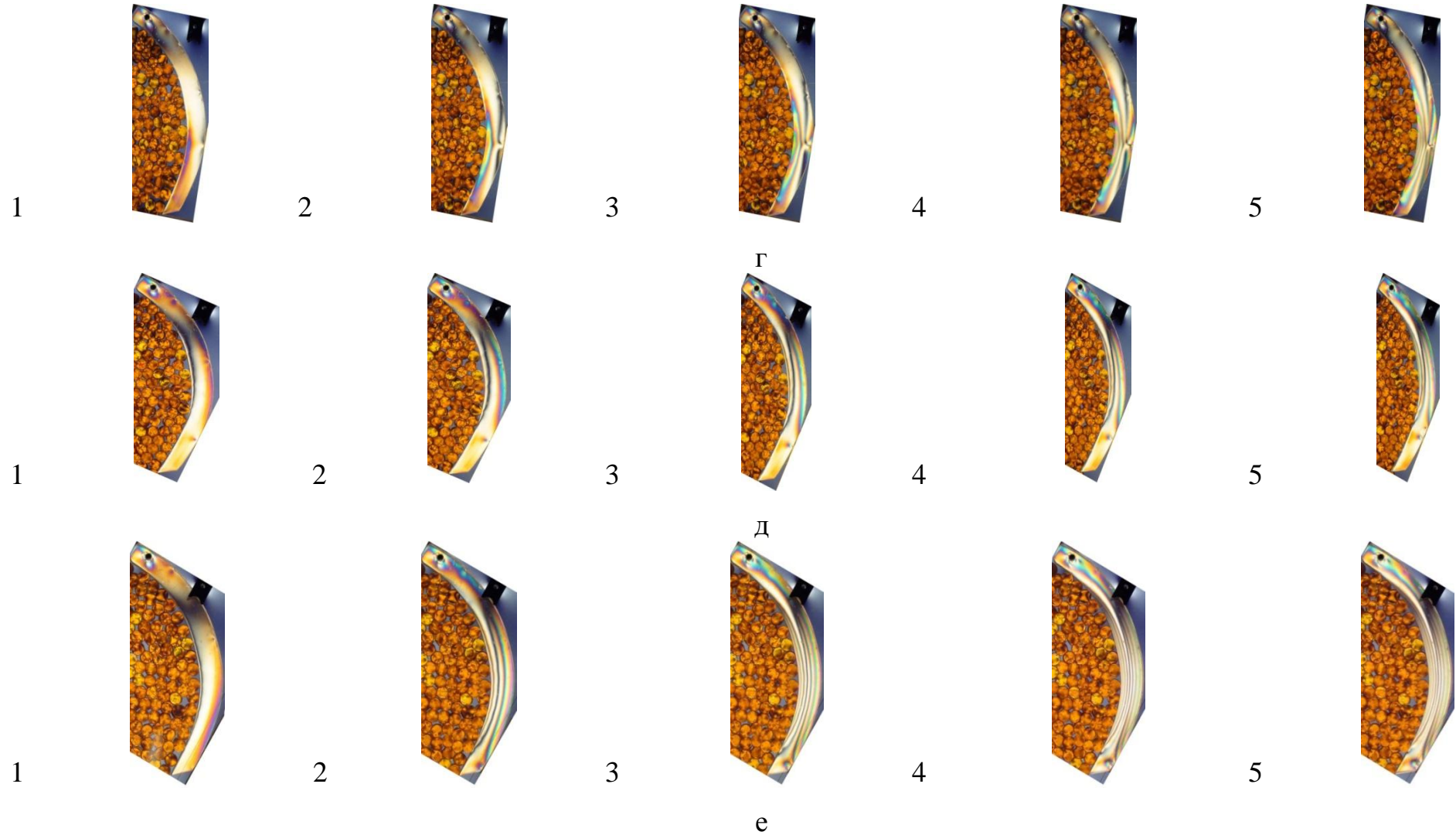


е

Додаток Г



В

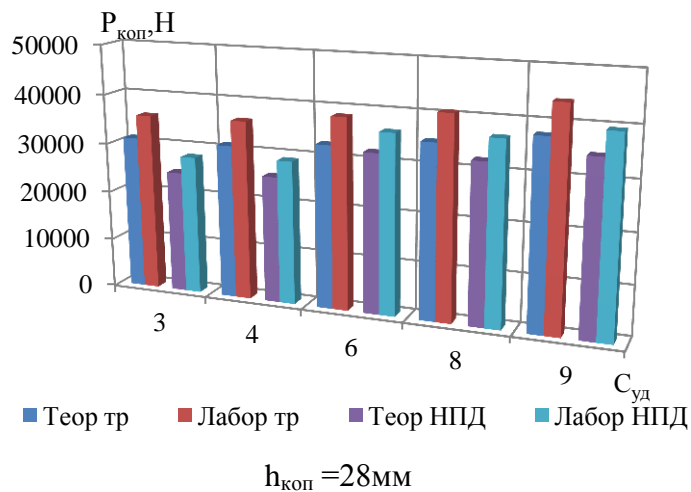
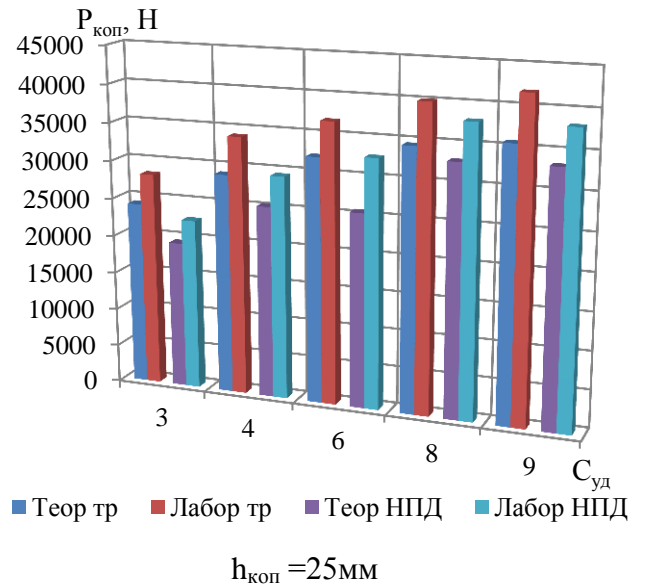
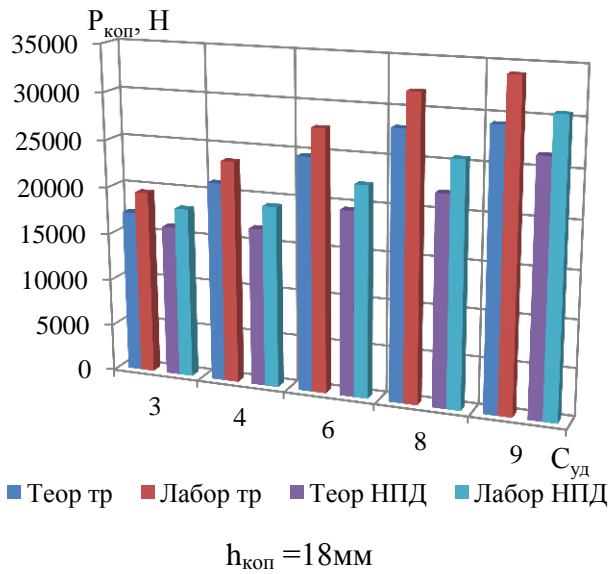
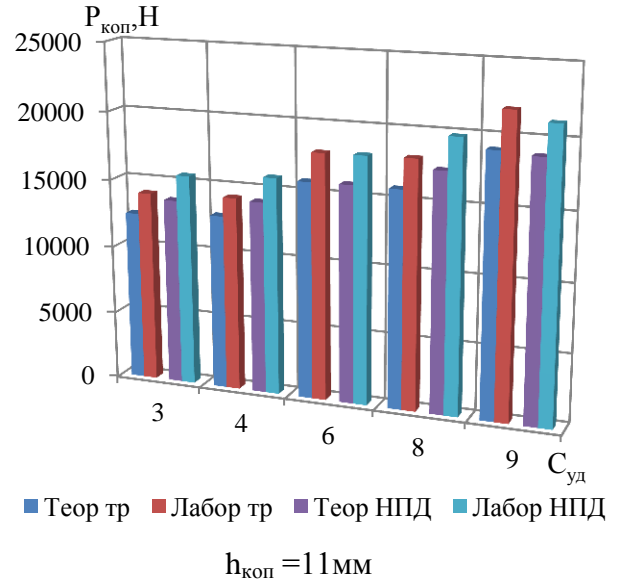
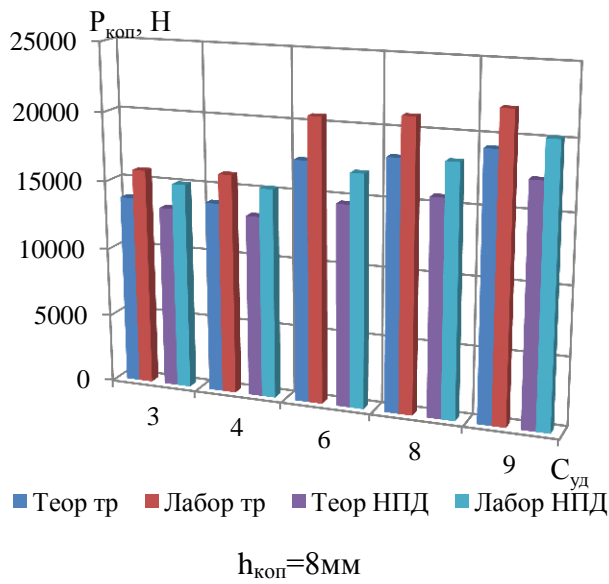


Фотограми процесу виникнення напружень від навантаження на ЗС КС:

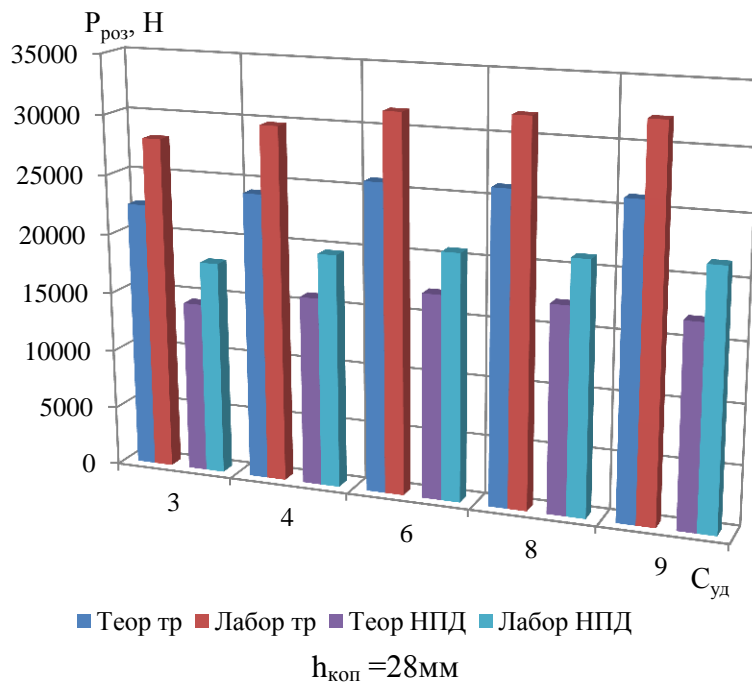
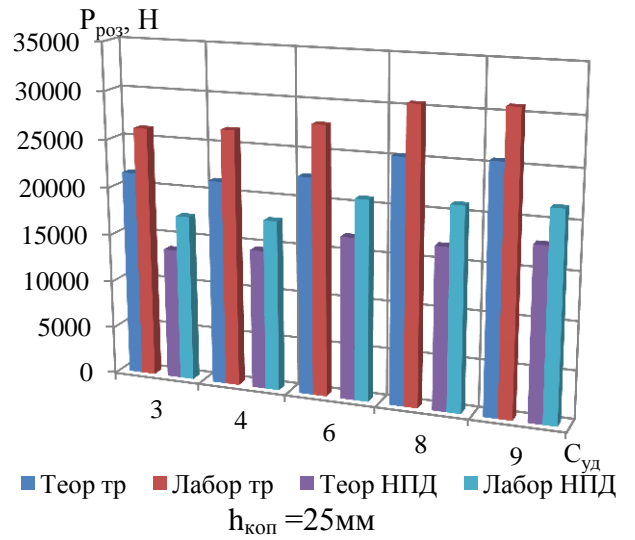
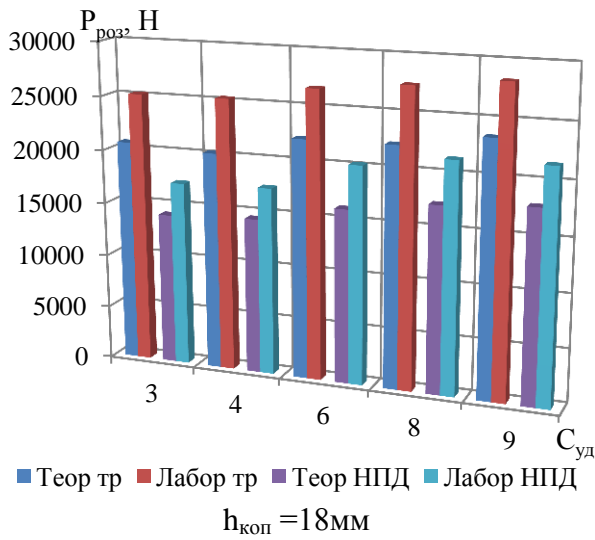
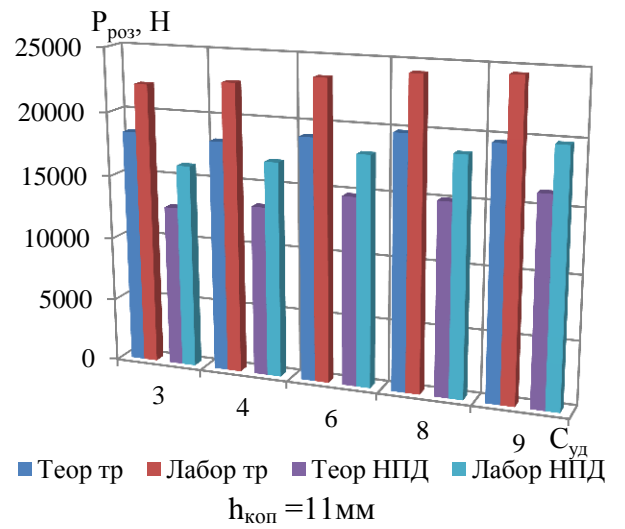
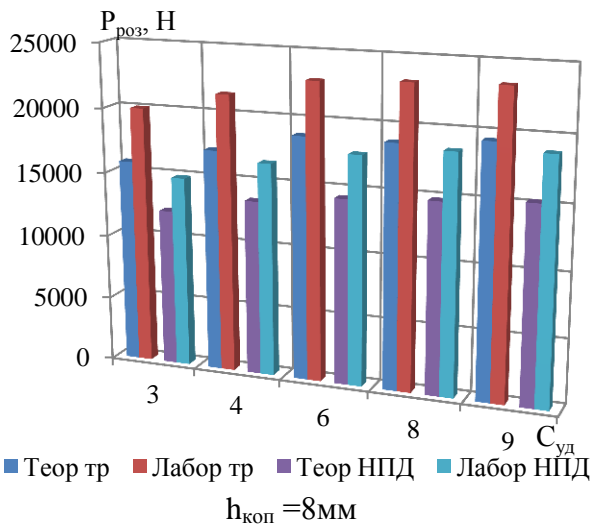
а,б - традиційна ЗС $\frac{H_4}{H_{3c}}$; в - $\frac{H_4}{H_{3c}}$, г - $\frac{H_3}{H_{3c}}$, д - $\frac{H_2}{H_{3c}}$, е - $\frac{H_1}{H_{3c}}$ - ЗС КС з НПД; 1-5 - фотограми напружень, які виникають на ЗС КС

Порівняння результатів

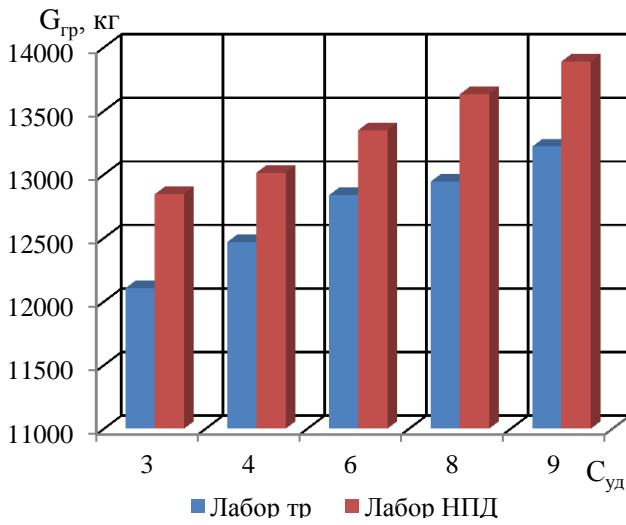
Гістограми зусилля копання $P_{\text{коп}}$



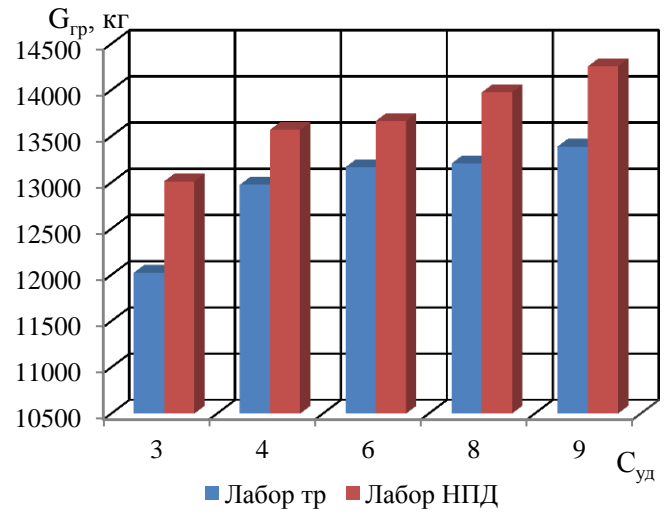
Гістограми зусилля розвантаження $P_{роз}$



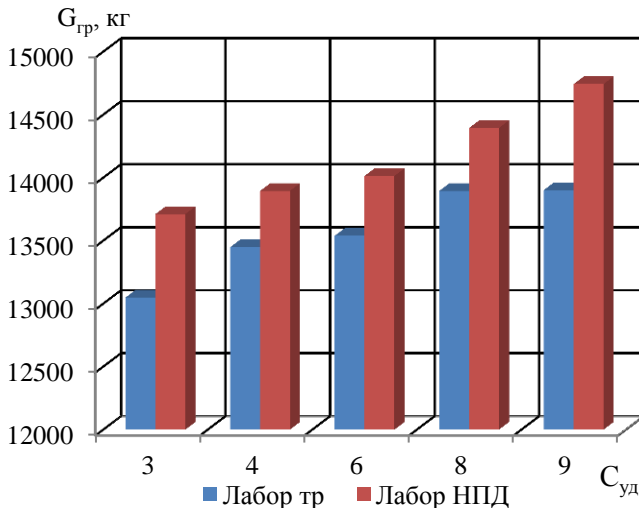
Гістограми маси ґрунту у ковші $G_{гр}$



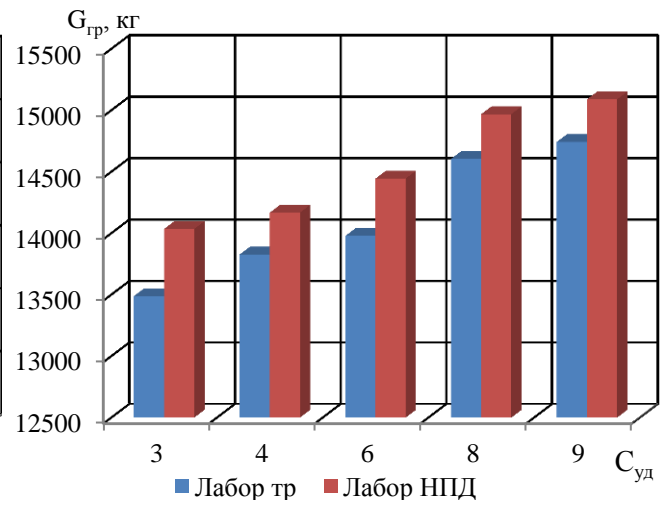
$h_{коп} = 8\text{мм}$



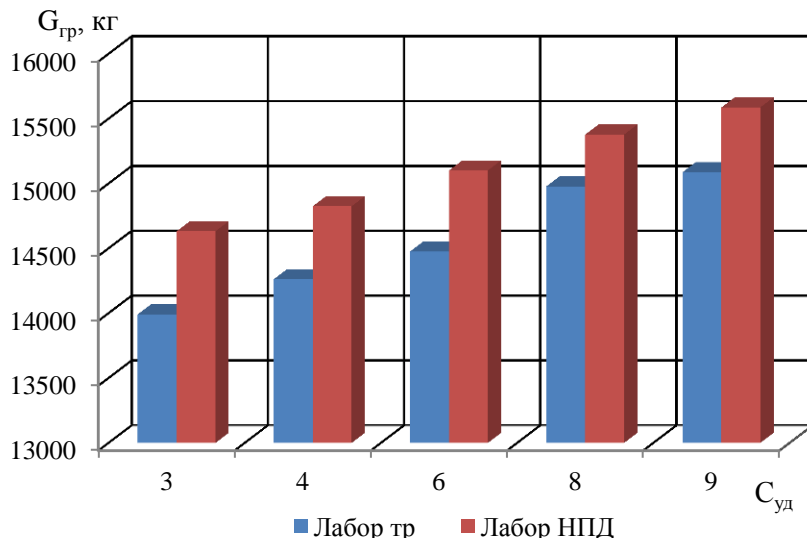
$h_{коп} = 11\text{мм}$



$h_{коп} = 18\text{мм}$

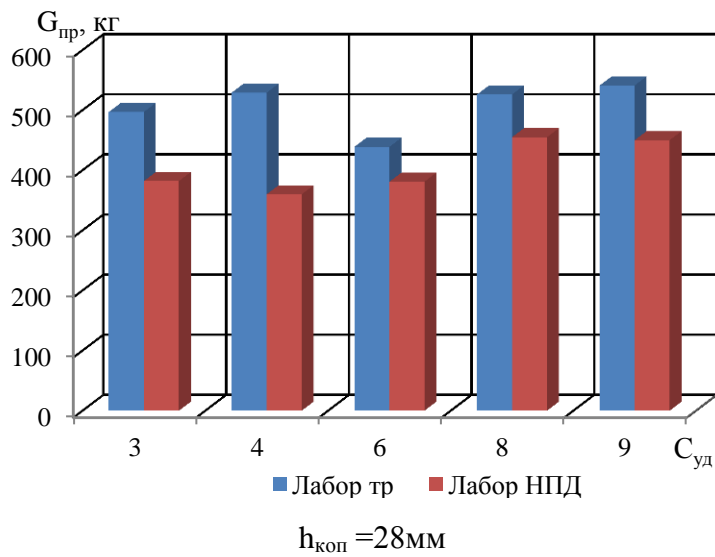
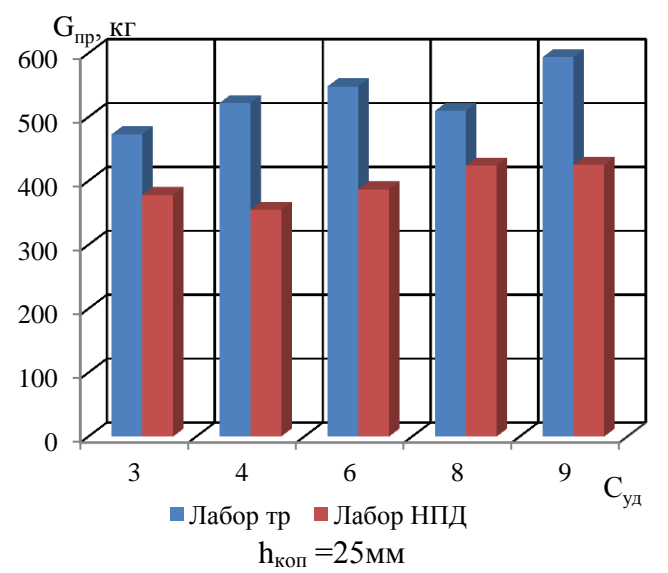
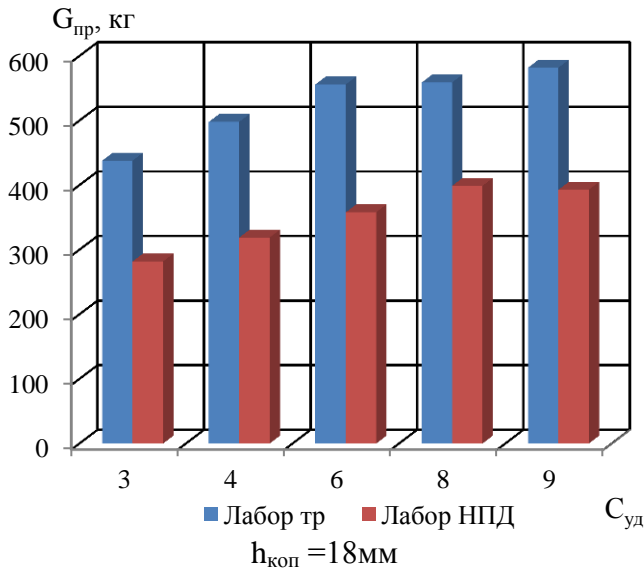
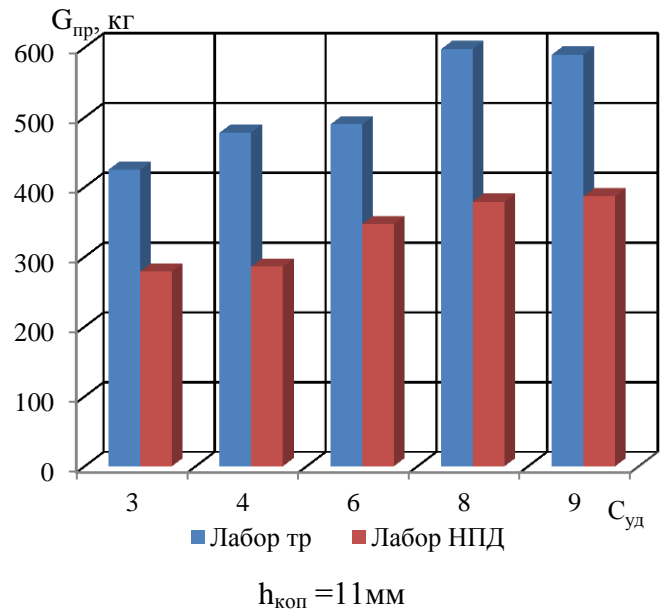
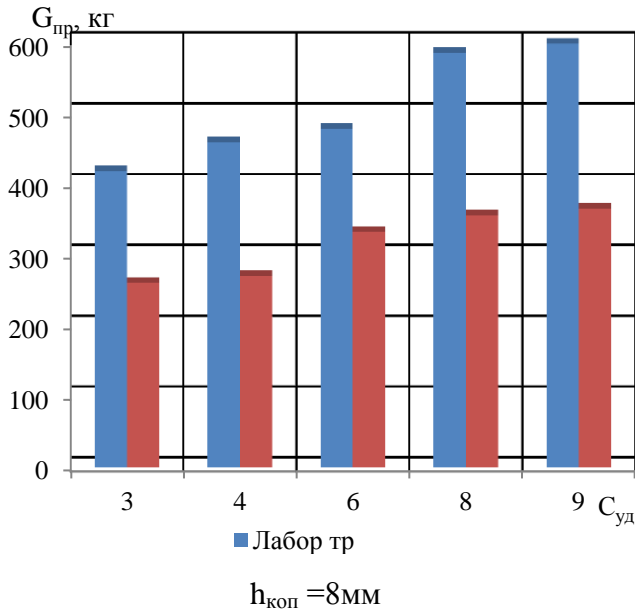


$h_{коп} = 25\text{мм}$

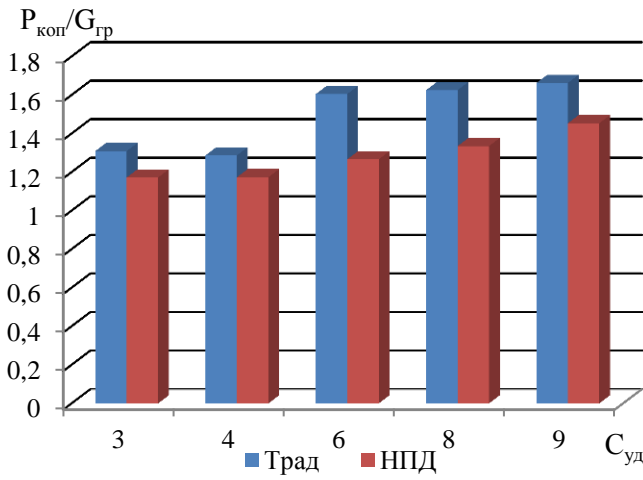


$h_{коп} = 28\text{мм}$

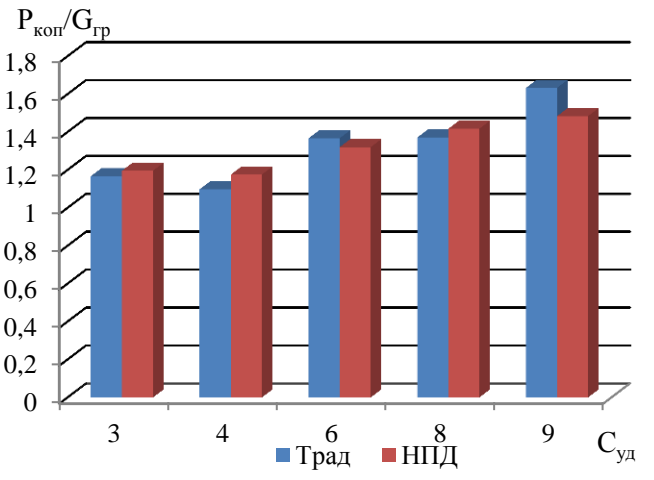
Гістограми маси ґрунту у призмі волочіння $G_{пр}$



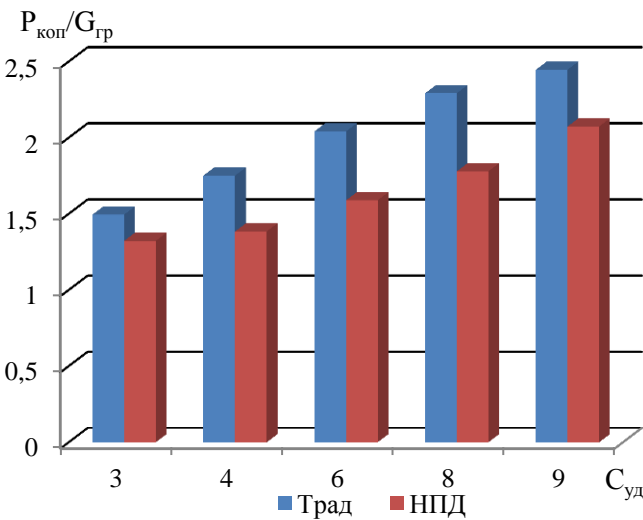
Гістограми питомих показників: - відношення зусилля копання до маси ґрунту яка набрана у ківш $P_{\text{коп}}/G_{\text{гр}}$



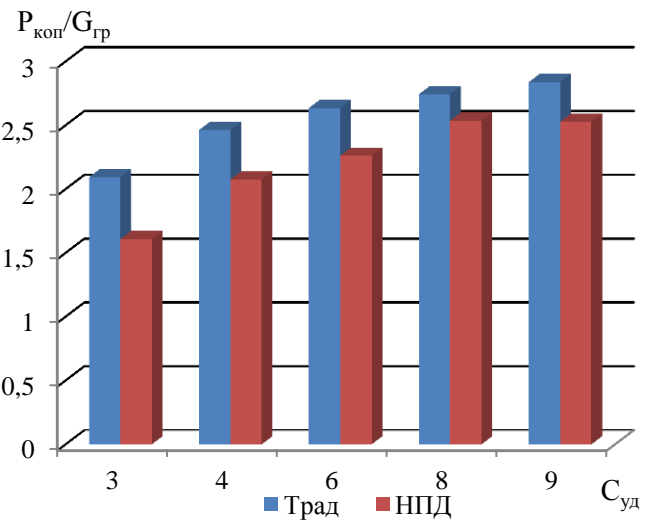
$h_{\text{коп}} = 8\text{mm}$



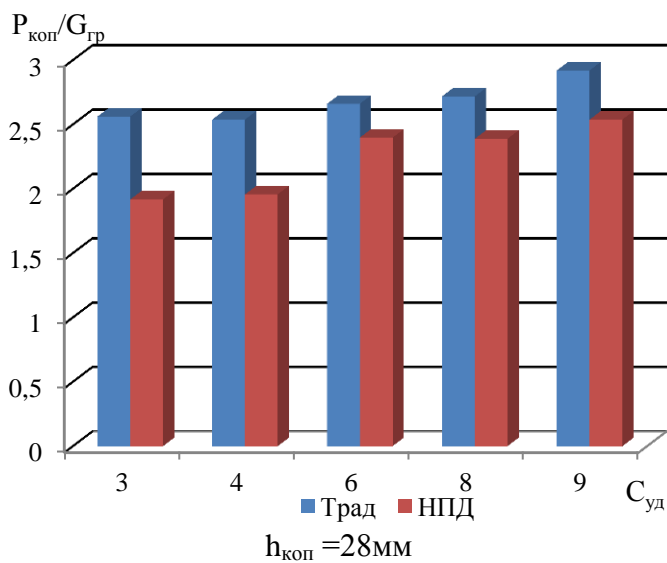
$h_{\text{коп}} = 11\text{mm}$



$h_{\text{коп}} = 18\text{mm}$

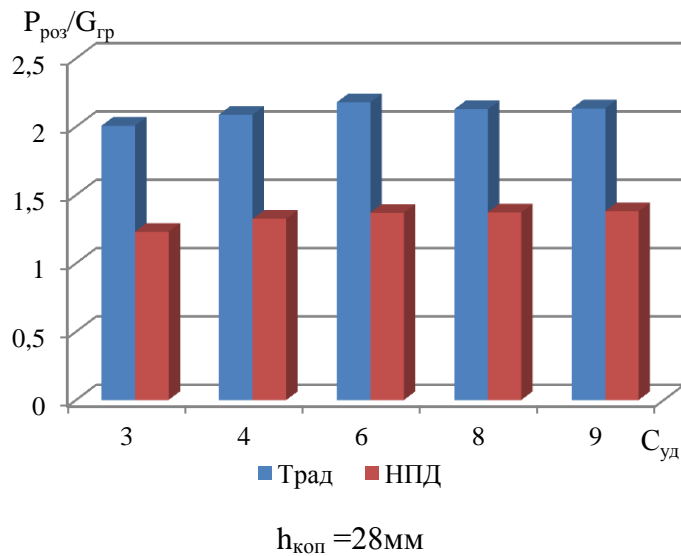
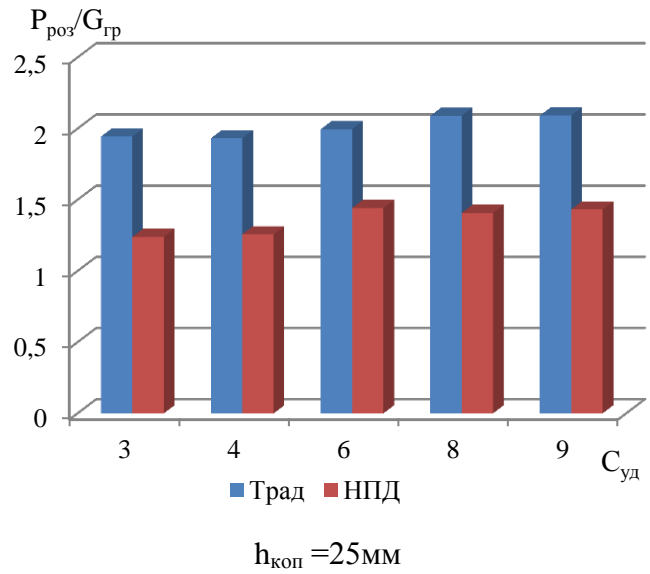
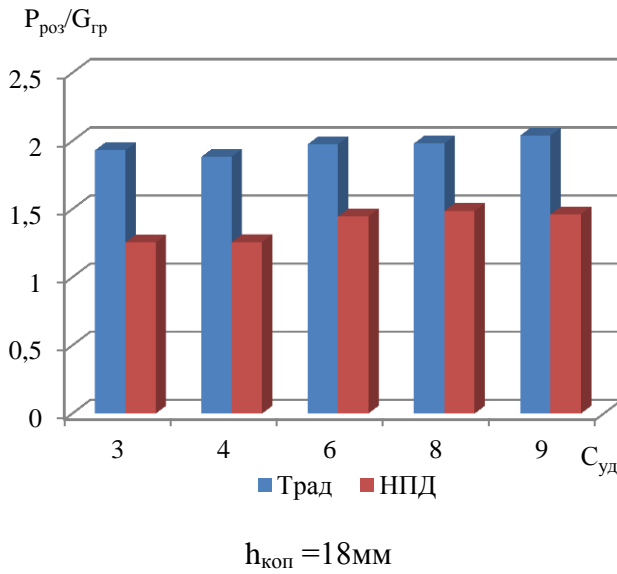
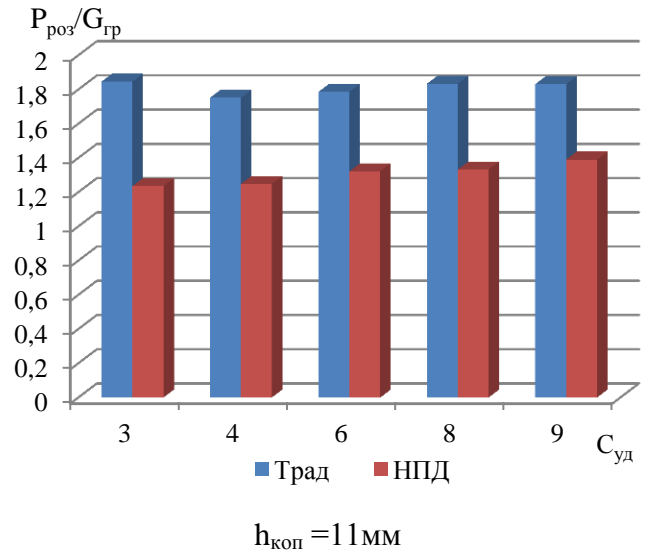
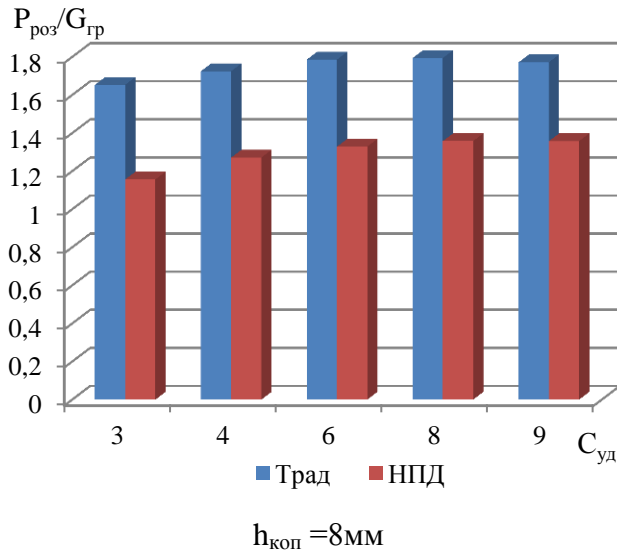


$h_{\text{коп}} = 25\text{mm}$



$h_{\text{коп}} = 28\text{mm}$

Гістограми питомих показників: - відношення зусилля розвантаження до маси ґрунту яка набрана у ківш $P_{роз}/G_{гр}$



Опис програми “ Effect M ”

Таблиця Е.1.

Ідентифікатори для опису вихідної інформації до програми “Ефект-М”

№ з/п	Параметри	Од. виміру	Програм. ідентифікатор
1	2	3	4
1	Ціна техніки	грн	СС
2	Маса техніки	т	G
3	Річна експлуатаційна продуктивність	м ³ /рік	B
4	Термін служби техніки	років	TCL
5	Тариф на залізничні перевезення	грн/т	GP
6	Норма амортизаційних відрахувань на КР	частка	BNAO
7	Коефіцієнт, що враховує витрати на утримання доріг		KSD
8	Коефіцієнт, що враховує доплати		KQ
9	Кількість відпрацьованих за рік годин	год	TG
10	Годинна тарифна ставка всього екіпажа	грн/год	SUMCT
11	Коефіцієнт накладних витрат від інших статей витрат на експлуатацію машини		KHI
12	Ціна палива	грн/кг	СТОП
13	Номінальна потужність ДВС	кВт	BNEH
14	Питомі витрати палива	г/кВт.год	QEH
15	Коефіцієнт, що враховує зміни витрат палива від ступеню використання двигуна по потужності		KN
16	Коефіцієнт використання машини за часом		KDV
17	Коефіцієнт використання машини за потужністю		KDM
18	Установлена потужність електродвигунів	кВт	BNM
19	КПД мережі	%	KPS
20	КПД двигуна	%	KPD
21	Тариф на електроенергію	грн/кВт.год	TI
22	Коефіцієнт, що враховує витрати на мастильні й обтиральні матеріали		KOMY

Продовження таблиці Е.1.

1	2	3	4
23	Міжремонтний цикл	маш-год	ТС
24	Коефіцієнт накладних витрат від основної зарплати екіпажа		KHZ
25	Коефіцієнт, що враховує премії ремонтників		LAMP
26	Середня тарифна ставка робітників з ремонту машин	грн	CP
27	Кількість ТР за міжремонтний цикл		AT
28	Кількість ТЕ-3 за міжремонтний цикл		ATO3
29	Кількість ТЕ-2 за міжремонтний цикл		ATO2
30	Кількість ТЕ-1 за міжремонтний цикл		ATO1
31	Трудомісткість ТР	чол.год	RTP
32	Трудомісткість ТЕ-3	чол.год	RTO3
33	Трудомісткість ТЕ-2	чол.год	RTO2
34	Трудомісткість ТЕ-1	чол.год	RTO1
35	Коефіцієнт переходу від зарплати до витрат на ТЕ й ТР		KEP
36	Оптова ціна шини	грн	OSC
37	Кількість шин (без запасних)	шт	BNS
38	Термін служби шини	год	TS
39	Ємність гідросистеми	літрів	VG
40	Об'ємна маса масла для гідросистеми	кг/дм ³	GAM
41	Оптова ціна масла для гідросистеми	грн/кг	CM
42	Коефіцієнт доливок масла в гідросистему		BKDL
43	Періодичність зміни масла в гідросистемі	год	TMG
44	Частка відрахувань від балансової вартості на реновацію техніки	грн	P
45	Нормативний коефіцієнт економічної ефективності		KPS

Таблиця Е.2.

Ідентифікатори для опису розрахункових величин

№ п/п	Параметри.	Од. виміру.	Програм. ідентифікатор.
1	2	3	4
1	Одноразові витрати	грн	ES
2	Амортизаційні відрахування на капремонт	грн	AMK
3	Річні поточні експлуатаційні витрати	грн	TP
4	Заробітна плата робітників, керуючих машиною	грн	SZII
5	Вартість палива	грн	ST
6	Годинні витрати палива	г/год	WT
7	Вартість електроенергії	грн	SE
8	Вартість обтиральних і мастильних матеріалів	грн	SCM
9	Витрати на ТО й TP	грн	SEP
10	Витрати на зарплату ремонтників	грн	SEPZ
11	Витрати на матеріали й запчастини	грн	SEPM
12	Вартість змінного оснащення	грн	SCO
13	Витрати на масло для гідросистеми	грн	SMG
14	Річні експлуатаційні витрати споживача	грн	U
15	Річний економічний ефект	грн	EG

Таблиці вихідних даних для виконання економічних розрахунків

Таблиця Е.3.

Вихідні дані для розрахунку на ЕОМ

Базова техніка

CC 537600	G 17	B 154444,5	TCL 7	BNAO 0,15	TG 1823	СТОП 20,61		
BNEH 132	QEH 205	BNM 0	TI 0	TC 6000	CP 16,18	AT 5	АТО3 0	
АТО2 18	АТО1 72	RTP 320	RTO3 0	RTO2 12	RTO1 5	OCS 18500	BNS 4	
TS 5000	VG 125	BKDL 1,5	TMG 1920	P 0,26	GP 250	SUMCT 14,05	GAM 0,865	CM 25

Нова техніка

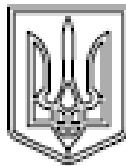
CC	G	B	TCL	BNAO	TG	СТОП		
560000	17,5	191196,2	7	0,15	1823	20,61		
BNEH	QEH	BNM	TI	TC	CP	AT	ATO3	
132	205	0	0	6000	16,18	5	0	
ATO2	AT01	RTP	RTO3	RTO2	RTO1	OCS	BNS	
18	72	320	0	12	5	18500	4	
TS	VG	BKDL	TMG	P	GP	SUMCT	GAM	CM
5000	125	1,5	1920	0,26	250	14,05	0,865	25

Студент

Группа

Дата расчёта

Исходные данные	Техника :	...базовая	...новая
Доли отчислений от балансовой стоим. на реновацию	=	0,2600	0,2600
Цена техники	=	537600	560000
Масса техники	=	17	17,5
Годовая эксплуатационная производительность	=	154444,5	191196
Срок службы техники	=	7	7
Норма амортизационных отчислений	=	0,1500	0,1500
Количество отработанных в год часов	=	1823	1823
Цена топлива	=	20,61	20,61
Номинальная мощность ДВС	=	132	132
Удельный расход топлива	=	205	205
Установленная мощность электродвигателей	=	0	0
Тариф на электроэнергию	=	0	0
Межремонтный цикл	=	6000	6000
Средняя ставка рабочих по ремонту машин	=	16,18	16,18
Количество ТР за межремонтный цикл	=	5	5
Количество ТО-3 за межремонтный цикл	=	0	0
Количество ТО-2 за межремонтный цикл	=	18	18
Количество ТО-1 за межремонтный цикл	=	72	72
Трудоёмкость ТР	=	320	320
Трудоёмкость ТО-3	=	0	0
Трудоёмкость ТО-2	=	12	12
Трудоёмкость ТО-1	=	5	5
Оптовая цена шины	=	18500	18500
Количество шин (без запасных)	=	4	4
Срок службы шины	=	5000	5000
Емкость гидросистемы	=	125	125
Коэффициент долива масла в гидросистему	=	1,5	1,5
Периодичность смены масла в гидросистеме	=	1920	1920
Тариф на железнодорожные перевозки	=	250	250
Часовая тарифная ставка всего экипажа машины	=	14,05	14,05
Объёмная масса масла для гидросистемы	=	0,8650	0,8650
Оптовая цена масла для гидросистемы	=	25	25
Результаты расчёта. Техника:			
Единовременные затраты	=	4250	4375
Амортизационные отчисления на капитальный ремонт	=	89591,04	93324
Заработная плата рабочих, управляющих машиной	=	41621,37	41621,37
Часовой расход топлива	=	14,92535	14,92535
Стоимость топлива	=	616853,3	616853,3
Затраты на масло для гидросистемы	=	4234,826	4234,826
Стоимость электроэнергии	=	0	0
Стоимость обтирочных и смазочных материалов	=	185056	185056
Затраты на заработную плату ремонтных рабочих	=	16687,74	16687,74
Затраты на материалы и запасные части	=	19062,53	19062,53
Затраты на ТО и ТР	=	35750,27	35750,27
Стоимость сменной оснастки	=	3707,54	3707,54
Текущие эксплуатационные затраты	=	887223,2	887223,2
Годовые эксплуатационные издержки потребителя	=	981064,3	984922,2
Годовой экономический эффект	=		281197



УКРАЇНА

(18) UA (11) 46182 (13) U
(61) МПК (2009)
E02F 3/64

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

**ОПИС
ДО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**

видається під
відповідальність
власника
патенту

(64) КІВШ СКРЕПЕРА

1

2

(21) u200905478

(22) 22.05.2009

(24) 10.12.2009

(48) 10.12.2009, Бюл.№ 23, 2009 р.

(72) ХМАРА ЛЕОНІД АНДРІЙОВИЧ, ДЕРЕВ'ЯНЧУК
МИХАЙЛО ІВАНОВИЧ, ТРИФОНОВ ІВАН ВОЛО-
ДИМИРОВИЧ, ШАТОВ СЕРГІЙ ВАСИЛЬОВИЧ,
ДАХНО ОЛЕГ ОЛЕКСАНДРОВИЧ, СПІЛЬНИК МИ-
ХАЙЛО АНАТОЛІЙОВИЧ

(78) ХМАРА ЛЕОНІД АНДРІЙОВИЧ, ДЕРЕВ'ЯНЧУК
МИХАЙЛО ІВАНОВИЧ, ТРИФОНОВ ІВАН ВОЛО-

ДИМИРОВИЧ, ШАТОВ СЕРГІЙ ВАСИЛЬОВИЧ,
ДАХНО ОЛЕГ ОЛЕКСАНДРОВИЧ, СПІЛЬНИК МИ-
ХАЙЛО АНАТОЛІЙОВИЧ

(57) Ківш скрепера, що містить днище циліндрич-
ної форми з різнорівневими різальними ножами,
бокові стінки з підрізальними ножами, передню
заслінку та задню стінку, що оснащені ланцюгови-
ми поверхнями, який відрізняється тим, що лан-
цюгова поверхня зв'язана із задньою стінкою пружинними елементами.

Корисна модель відноситься до землерійно-
транспортних машин, зокрема скреперів, що зава-
нтакуються тяговим зусиллям базового трактора і
призначені для виконання земляних робіт.

Відома конструкція ковша скрепера, до складу
якого входить днище циліндричної форми з різаль-
ним ножом, бокові стінки з підрізальними ножа-
ми, передня заслінка, задня стінка малтикового
типу, металева конструкція з віссю, супортами та
буфером [1].

Недоліком вказаної конструкції ковша скрепера є недостатнє очищення елементів ковша від налипання вологого ґрунту, внаслідок чого зменшується продуктивність машини і необхідність періодичного очищення ковша від залишків ґрунту.

Найбільш близькою до пропонуваного є ківш скрепера, що включає днище циліндричної форми з різнорівневими різальними ножами, задню стінку, передню заслінку та бокові стінки з підрізальними ножами, які оснащені ланцюговими поверхнями [2].

Основним недоліком вказаної конструкції є недостатньо ефективне очищення задньої стінки від налипання вологого ґрунту внаслідок пасивної дії ланцюгових поверхонь, що знижує продуктивність скрепера.

Основою корисної моделі є задача удосконалення робочого обладнання скрепера, в якому, за рахунок наявності нових конструктивних елементів, досягається суттєве підвищення продуктивності обладнання та розширення його технологічних можливостей.

Означена задача вирішується тим, що у ковші скрепера, що містить днище циліндричної форми з різнорівневими різальними ножами, передню заслінку, задню та бокові стінки з підрізальними ножами, які оснащені ланцюговими поверхнями, відповідно до корисної моделі, ланцюгові поверхні зв'язані із задньою стінкою пружинними елементами, що усуває ефект налипання ґрунту на робочу поверхню.

Суть пропонуваної корисної моделі повністю є кресленнями, де на Фіг.1 - зображена фронтальна проєкція ковша; на Фіг.2 - горизонтальна проєкція ковша; на Фіг.3 - загальний вигляд ковша без передньої заслінки та задньої стінки; на Фіг.4 - загальний вигляд передньої заслінки; на Фіг.5 - загальний вигляд задньої стінки; на Фіг.6 - загальний вигляд задньої стінки ззаду; на Фіг.7 - загальний вигляд конструкції ковша; на Фіг.8 - загальний вигляд скрепера (фронтальна проєкція); на Фіг.9 - транспортне положення ковша; на Фіг.10 - початкова стадія заповнення ковша ґрунтом; на Фіг.11 - кінцева стадія заповнення ковша; на Фіг.12 - початкова стадія розвантаження ковша; на Фіг.13 - проміжна стадія розвантаження ковша; на Фіг.14 - кінцева стадія розвантаження.

Ківш скрепера (Фіг.1) містить днище циліндричної форми 1 з різнорівневими різальними ножами 2, бокові стінки 3 з підрізальними ножами 4, передню заслінку 5, в якій виконані вікна, зашторені ланцюговими завісами 6 і задню стінку 7, метало-конструкцію буфера 8, до якого кріпиться задня вісь 9 з задніми колесами скрепера 10. Задня стін-

(18) UA (11) 46182 (13) U

3

48182

4

ка 7 виконана в вигляді каркаса і обертається навкруг шарніра 11, що з'єднує її з кронштейнами 12 бокових стінок 3. Перед каркасом задньої стінки 7 встановлена по всій ширині ланцюгова поверхня 13, що утворює її робочу поверхню. Ланцюгова поверхня 13 знаходиться в натягнутому стані за рахунок натягнення пружин 14, що забезпечує її активну дію, і, як наслідок, усуває ефект налипання ґрунту на робочу поверхню. Привод задньої стінки 7 забезпечується гідроциліндром 15, корпус якого шарнірно кріпиться до кронштейна 16 металоопорної частини каркаса задньої стінки 7. Передня заслінка 5 за допомогою шарнірів 18 кріпиться до кронштейнів 19 бокових стінок 3. Для розвантаження шарніра підвіски задньої стінки 7 в нижній її частині з тилової сторони встановлені два опорні ролики 20, що перекочуються по днищу 1 (Фіг.1). Ковш скрепера за допомогою тягової рами 21 (Фіг.8) з хоботом 22 під'єднаний до седільно-зчепного пристрою 23 базового тягача 24. Керування передньою заслінкою 5 забезпечується за допомогою важільного механізму 25, а підйом та опускання ковша - за допомогою гідроциліндра 26.

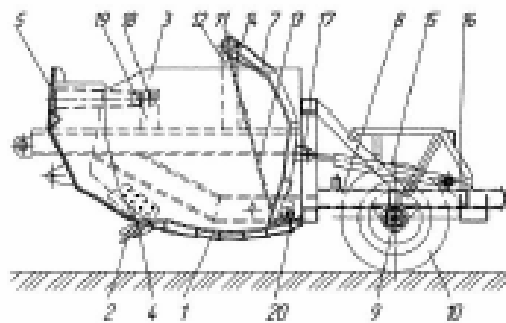
Для ковша, що пропонується, відбувається наступним чином. Для завантаження ковша при поступальному русі скрепера ковш опускається вниз і різорізнелі різальні ножі 2 занурюються в ґрунт, відокремлюючи від забоя ґрунтову стружку, яка під дією тягового зусилля тягача 24 (Фіг.10, 11) рухається по днищу 1 в напрямі задньої стінки 7 (Фіг.10, 11). По мірі накопичення в ковші, ґрунт вступає в контакт з ланцюговою поверхнею 13 задньої стінки 7, яка під його тиском вигинається в напрямі каркаса задньої стінки 7. При цьому компенсація збільшення робочої частини ланцюгової

поверхні у вертикальному напрямі забезпечується розтагуванням пружин 14 (Фіг.11). Після завантаження ковша ґрунтом він переводиться в транспортне положення шляхом опускання передньої заслінки 5 при одночасному підйомі ковша. Процес розвантаження ковша на місці відсіпки ґрунту відбувається за рахунок підйому передньої заслінки 5, внаслідок чого частина ґрунту, що знаходиться в зоні її дії, висипається на поверхню відсіпки і при поступальному русі скрепера розрівнюється різальними ножами 2 (Фіг.12, 13, 14). Залишки ґрунту в задній частині ковша виштовкуються воротом задньої стінки 7. По мірі заповнення задньої частини ковша від ґрунту, його тиск на ланцюгову поверхню 13 зменшується, внаслідок чого вона під дією пружини 14 розпрямлюється, виштовкуючи послідовно верхні шари ґрунтової призми (Фіг.13, 14). На кінцевій стадії розвантаження робоча частина ланцюгової поверхні 13 під дією пружин 14 набуває плоскої форми, виштовкуючи залишки ґрунту із ковша (Фіг.14).

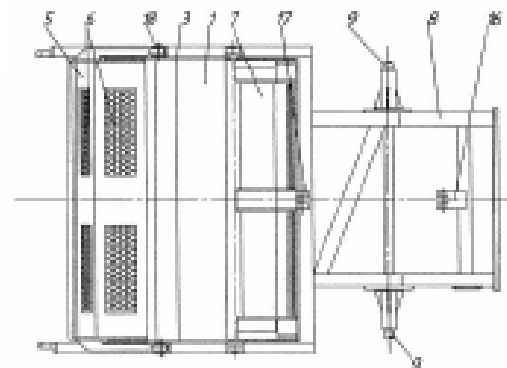
Таким чином, наявність на задній стінці ланцюгової поверхні активної дії усуває налипання на неї ґрунту, за рахунок чого збільшується продуктивність скрепера та усувається необхідність періодичного очищення ковша. А за рахунок каркасної конструкції задньої стінки зменшується металомісткість.

Джерела інформації:

1. Хмара Л.А., Колесник Н.П., Станевський В.П. Модернізація і підвищення продуктивності будівельних машин. - К.: Будівельник, 1992. - С.82, рис.24. (Аналог).
2. Деклараційний патент №685772, МПК E02F3/64 Бюл. №34, 1979 (прототип).



Фіг. 1



Фіг. 2

6

48182

8

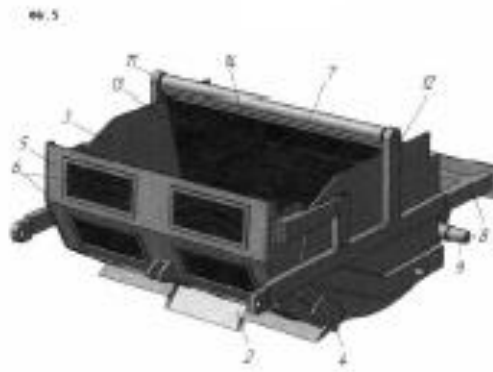
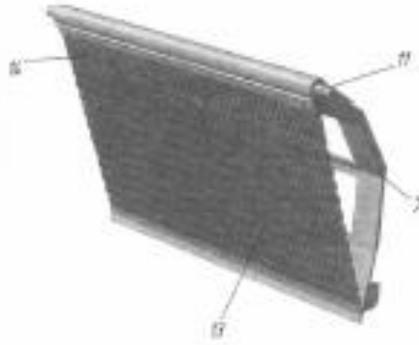
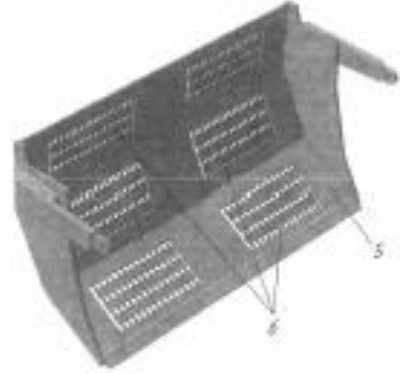
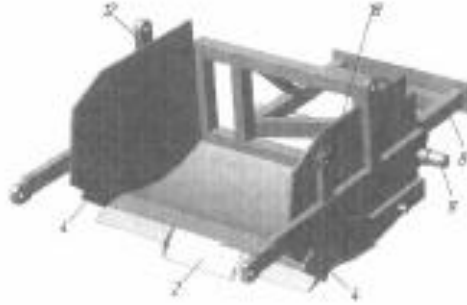


Fig. 7

7

48182

8

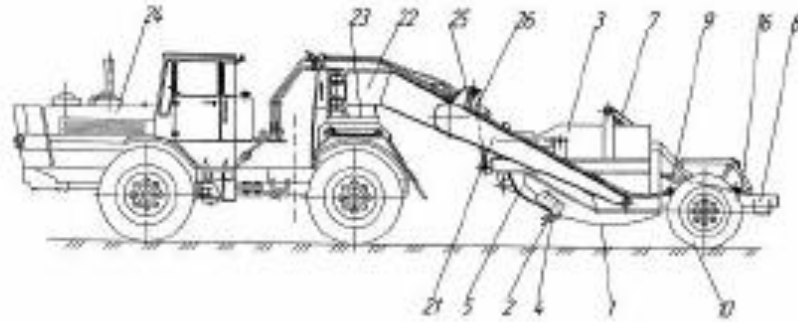


Fig. 8

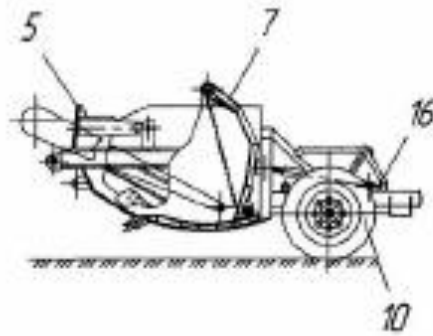


Fig. 9

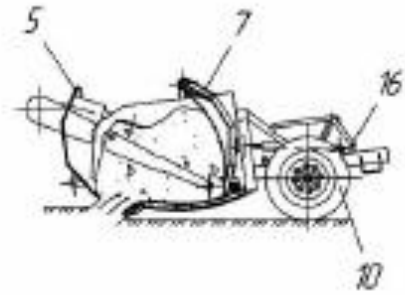


Fig. 10

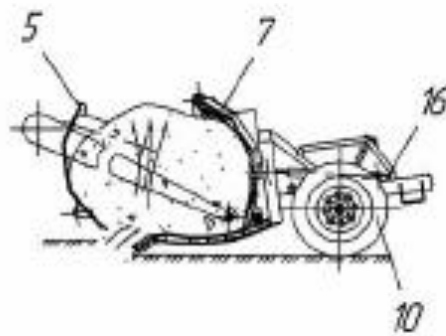


Fig. 11

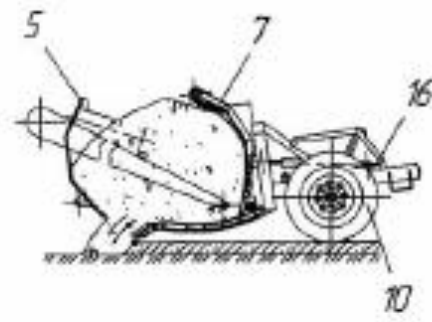
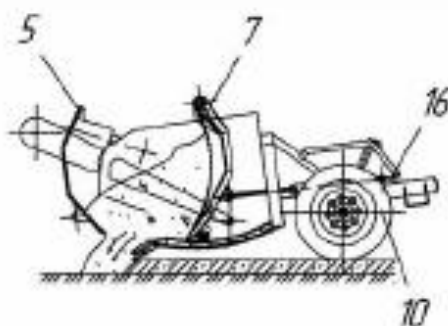


Fig. 12

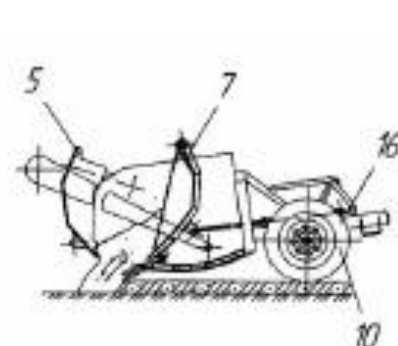
9

48182

10



Фіг. 13



Фіг. 14



УКРАЇНА

(18) UA (11) 48872 (13) U
(61) МПК (2009)
E02F 3/64

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС
ДО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(64) СКРЕПЕРНИЙ КІВШ

1

2

(21) u200909762
(22) 24.09.2009
(24) 12.04.2010
(48) 12.04.2010, Бюл.№ 7, 2010 р.
(72) ХМАРА ЛЕОНІД АНДРІЙОВИЧ, ДЕРЕВ'ЯНЧУК
МИХАЙЛО ІВАНОВИЧ, СПІЛЬНИК МИХАЙЛО
АНАТОЛІЙОВИЧ
(78) ХМАРА ЛЕОНІД АНДРІЙОВИЧ, ДЕРЕВ'ЯНЧУК
МИХАЙЛО ІВАНОВИЧ, СПІЛЬНИК МИХАЙЛО
АНАТОЛІЙОВИЧ

(67) Скреперний ківш, що містить днище циліндричної форми з різорізними ріжучими ножами, бокові стінки з підрізючими ножами і передню заслінку, який відрізняється тим, що він додатково обладнаний гумотканинним полотном на ширину ковша, яке одним кінцем закріплене на стіку ножа і днища, а іншим - на привідному барабані, розташованому зверху ковша над ріжучими ножами.

Корисна модель відноситься до землерійно-транспортних машин, зокрема скреперів, що завантажуються тягловим зусиллям базового трактора і призначені для виконання земляних робіт.

Відома конструкція ковша скрепера, до складу якого входить днище з ріжучим ножом, бокові стінки з підрізючими ножами, передня заслінка, задня стінка, буфер [1].

Недоліком вказаної конструкції ковша скрепера є недостатнє очищення елементів ковша від налипання вологого ґрунту, внаслідок чого зменшується продуктивність машини і необхідність періодичного очищення ковша від залишків ґрунту.

Найбільш близьким до пропонуваного є ківш скрепера, що включає днище з різорізними ріжучими ножами, задню стінку, передню заслінку та бокові стінки з підрізючими ножами, [2].

Основним недоліком вказаної конструкції є недостатньо ефективне очищення задньої стінки від налипання вологого ґрунту, що знижує продуктивність скрепера.

Задача корисної моделі полягає в удосконаленні ковша скрепера, в якому за рахунок особливостей конструкції його елементів забезпечується усунення налипання ґрунту на робочі поверхні, що підвищує продуктивність роботи скрепера.

Означена задача вирішується тим, що ківш скрепера, який містить днище циліндричної форми з різорізними ріжучими ножами, бокові стінки з підрізючими ножами, передню заслінку, відповідно до корисної моделі, додатково обладнаний гумотканинним полотном на ширину ковша, один кінець якого закріплений на стіку ножа і днища з

іншим на привідному барабані, розташованому зверху ковша над ріжучими ножами.

Суть пропонуваної корисної моделі повністю описана кресленнями, де на Фіг.1 зображений загальний вигляд скрепера з ковшем пропонуваної конструкції; на Фіг.2 - горизонтальна проекція скрепера; на Фіг.3 - початок заповнення ковша; на Фіг.4 - кінець стадії заповнення ковша; на Фіг.5 - транспортне положення ковша; на Фіг.6 - початок стадії розвантаження ковша; на Фіг.7 кінець стадії розвантаження ковша.

Ківш скрепера (Фіг.1) складається з днища циліндричної форми 1 з ріжучими ножами 2, бокових стінок 3 з підрізючими ножами 4, передньої заслінки 5 і гумотканинного полотна 6. Бокові стінки 3 ковша жорстко прикріплені до металоконструкції буфера 7, яка спирається на задні колеса скрепера 8. Привод гумотканинного полотна 6 (Фіг.2) забезпечується електродвигуном 9 через муфту 10 і редуктор 11, далі через вал 12 і ланцюгову передачу 13 до привідного барабану 14. Передня заслінка 5 за допомогою шарніра 15 кріпиться до бокових стінок 3. Ківш скрепера за допомогою тягової рами 16 (Фіг.1) з хоботом 17 під'єднаний до седельно-знімного пристрою 18 базового трактора 19. Керування передньою заслінкою 5 забезпечується за допомогою важільного механізму 20, а підйом та опускання ковша - за допомогою гідроциліндра 21.

Принцип дії пропонуваного ковша реалізується наступним чином. Для завантаження ковша при поступальному русі скрепера ківш опускається вниз і ріжучі ножі 2 (Фіг.3, 4) занурюються в ґрунт,

(13) U

(11) 48872

(18) UA

3

48872

4

відокремлюючи від забою ґрунтову стружку, яка під дією тягового зусилля тягача 19 (Фіг.1) просувається по днищу 1, розмотуючи гумотканинне полотно 6 (Фіг.4) на довжину, що забезпечує максимальну кількість ґрунту в задній частині ковша. Після завантаження ковша ґрунтом, він переводиться в транспортне положення шляхом опускання передньої заслінки 5 при одночасному підйомі ковша (Фіг.5).

Процес розвантаження ковша на місці відсіпки ґрунту відбувається за рахунок підйому передньої заслінки 5, внаслідок чого частина ґрунту, що знаходиться в зоні II дії, висипається на поверхню відсіпки і при поступальному русі скрепера розрівнюється ріжучими ножами 2 (Фіг.6). Залишки ґрунту в задній частині ковша виштовкуються змотуванням гумотканинного полотна 6. По мірі звільнення задньої частини ковша від ґрунту, гу-

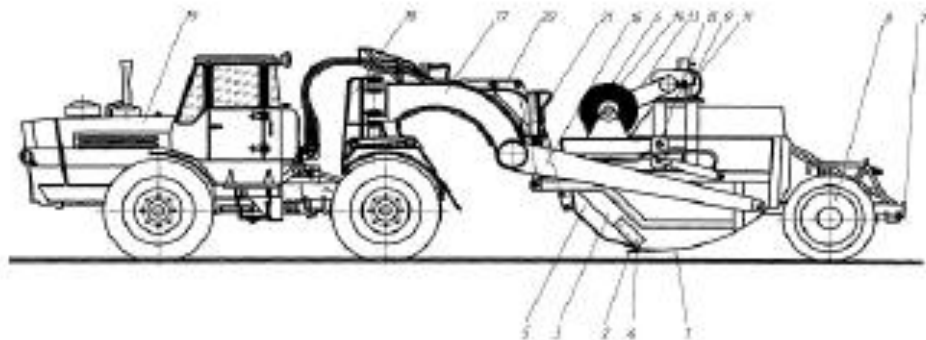
мотканинне полотно 6 намотується на привідний барабан 14, очищаючи робочу поверхню бокових стінок від налипання ґрунту. На кінцевій стадії розвантаження робоча поверхня гумотканинного полотна 6 набуває плоскої форми, виштовкуючи залишки ґрунту із ковша (Фіг.7).

Таким чином, застосування конструкції гумотканинного полотна, яке змотується та намотується на привідний барабан, сприяє запобіганню налипанню ґрунту на її поверхню і поверхні бокових стінок.

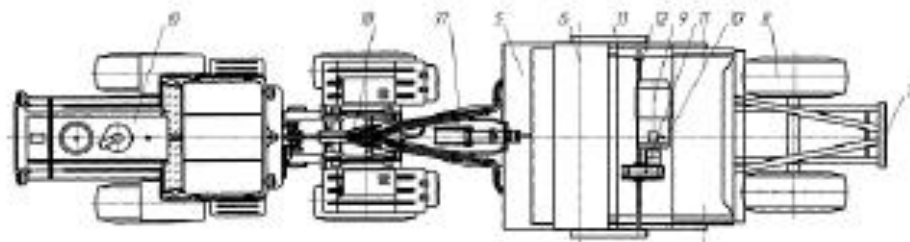
Джерела інформації:

1. Л.А. Хмара, Н.Л. Колесник, В.П. Станевский. Модернизация и повышение производительности строительных машин. - К.: Будівельник, 1992. - С.82, рис.24. (Аналог).

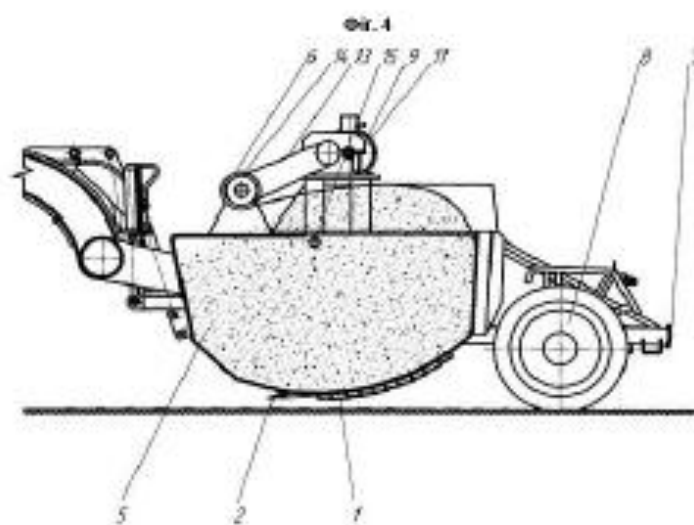
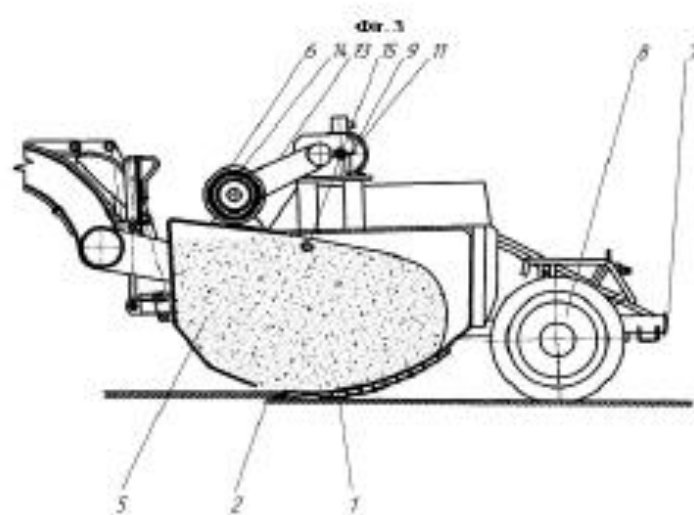
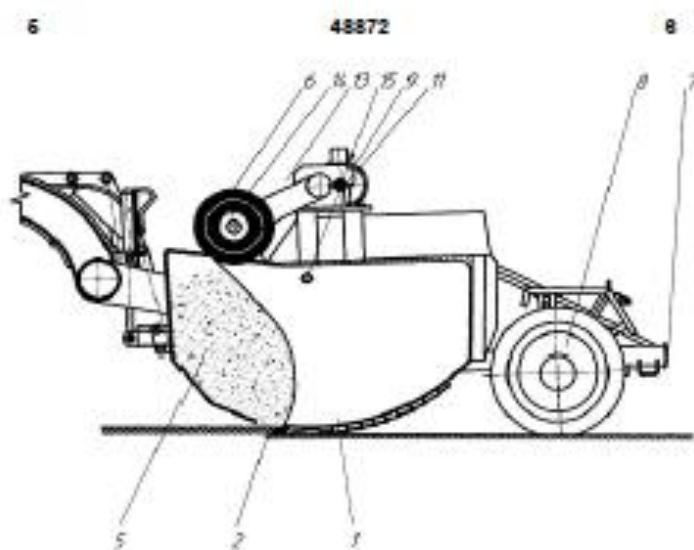
2. Декларацийний патент №685772, МПК E02F3/64 Бюл. №34, 1979 (прототип).



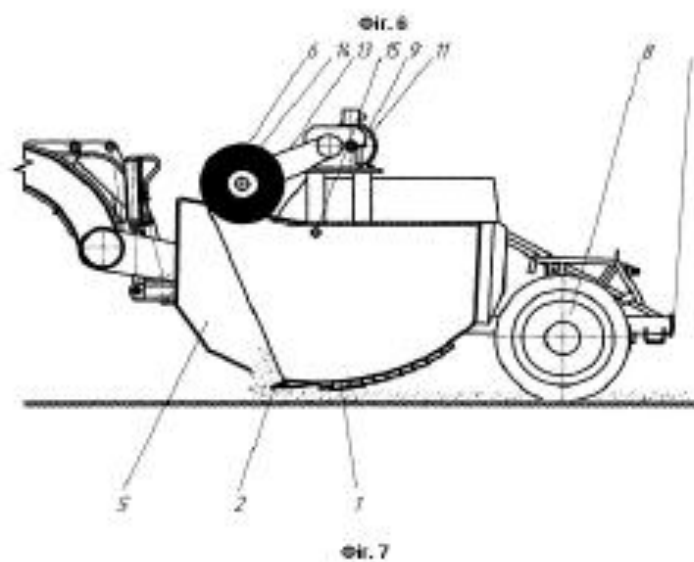
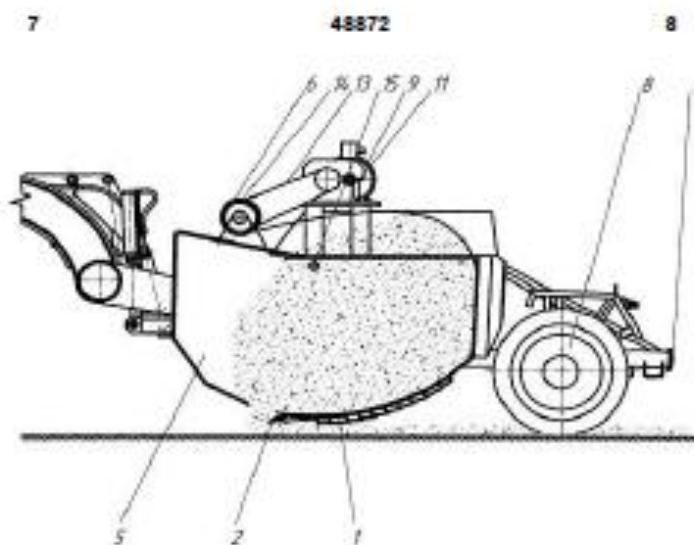
Фіг. 1



Фіг. 2



Фиг. 5





УКРАЇНА

(18) UA (11) 48873 (13) U
(61) МПК (2009)
E02F 3/64

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС
ДО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(64) КІВШ СКРЕПЕРА

1

(21) u200909763
(22) 24.09.2009
(24) 12.04.2010
(48) 12.04.2010, Бюл.№ 7, 2010 р.
(72) ХМАРА ЛЕОНІД АНДРІЙОВИЧ, ДЕРЕВ'ЯНЧУК
МИХАЙЛО ІВАНОВИЧ, СПІЛЬНИК МИХАЙЛО
АНАТОЛІЙОВИЧ

2

(73) ХМАРА ЛЕОНІД АНДРІЙОВИЧ, ДЕРЕВ'ЯНЧУК
МИХАЙЛО ІВАНОВИЧ, СПІЛЬНИК МИХАЙЛО
АНАТОЛІЙОВИЧ
(57) Ківш скрепера, що містить днище циліндрич-
ної форми з різномісними ріжучими ножами, бо-
кові стінки з підрізаючими ножами, передню заслі-
нку та задню стінку, який відрізняється тим, що
до задньої стінки ковша за допомогою пружин при-
кріплена ланцюгова завіса.

Корисна модель відноситься до землерійно-
транспортних машин, зокрема скреперів, що зава-
нтажуються тяговим зусиллям базового тягача і
призначені для виконання земляних робіт.

Відома конструкція ковша скрепера, до складу
якого входить днище циліндричної форми з ріжучим
ножем, бокові стінки з підрізаючими ножами,
передня заслінка, задня стінка мотаникового типу,
металева конструкція з віссю, супортами та буфером
[1].

Недоліком вказаної конструкції ковша скрепера є
недостатнє очищення елементів ковша від налипання
вологого ґрунту, внаслідок чого зменшується
продуктивність машини і необхідність періодичного
очищення ковша від залишків ґрунту.

Найбільш близьким до пропонуваного є ківш
скрепера, що включає днище циліндричної форми
з різномісними ріжучими ножами, задню стінку,
передню заслінку та бокові стінки з підрізаючими
ножами [2].

Основним недоліком вказаної конструкції є не-
достатньо ефектне очищення задньої стінки від
налипання вологого ґрунту внаслідок пасивної дії
ланцюгових поверхонь, що знижує продуктивність
скрепера.

Задача корисної моделі полягає в удоскона-
ленні ковша скрепера, в якому за рахунок особли-
востей конструкції виконання задньої стінки забез-
печується усунення налипання ґрунту на робочу
поверхню, що підвищує продуктивність роботи
скрепера.

Означена задача вирішується тим, що у ковші
скрепера, який містить днище циліндричної форми
з різномісними ріжучими ножами, бокові стінки з

підрізаючими ножами, передню заслінку та задню
стінку, відповідно до корисної моделі, до задньої
стінки за допомогою пружин прикріплена ланцюго-
ва завіса.

Суть пропонуваної корисної моделі повністю
описана кресленнями, де на Фіг.1 зображений загаль-
ний вигляд скрепера з ковшем пропонуваної
конструкції; на Фіг.2 - горизонтальна проекція ко-
вша; на Фіг.3 - поперечний переріз задньої стінки у
розвантаженому стані ковша; на Фіг.4 - попереч-
ний переріз задньої стінки у завантаженому стані
ковша; Фіг.5 - задня стінка (вид ззаду); на Фіг.6 -
початок заповнення ковша; на Фіг.7 - кінцева ста-
дія заповнення ковша; на Фіг.8 - транспортне по-
ложення ковша; на Фіг.9 - початкова стадія розва-
нтаження ковша; на Фіг.10 - кінцева стадія
розвантаження ковша.

Ківш скрепера (Фіг.1) складається з днища ци-
ліндричної форми 1 з ріжучими ножами 2, бокових
стінок 3 з підрізаючими ножами 4, передньої заслі-
нки 5 і задньої стінки 6. Бокові стінки 3 ковша жор-
стко прикріплені до металоконструкції буфера 7,
яка спирається на задні колеса скрепера 8. При-
вод задньої стінки 6 забезпечується гідроциліндра-
ми 9, корпуси яких шарнірно кріпляться до
кронштейнів 10 металоконструкції буфера 7, а
штоки - до провухи 11 тилової частини задньої
стінки 6. Передня заслінка 5 за допомогою шарні-
рів 12 кріпиться до бокових стінок 3. Для усунення
налипання вологого ґрунту на робочу поверхню
задньої стінки 6 на її верхньому і нижньому валках
13 встановлена ланцюгова завіса 14, яка за допо-
могою пружин 15 знаходиться в натягнутому стані.
Пружини 15 одними кінцями закріплені на стерж-

(13) U

(11) 48873

(18) UA

3

48873

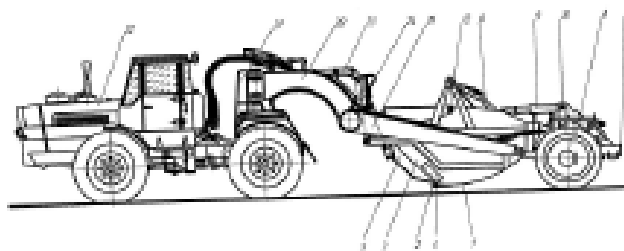
4

нях 16, встановлених на кронштейнах 17, а іншими - на стержнях 16, до яких прикріплені кінцеві ланки ланцюгової завіси 14. Для розвантаження шарніра підвіски задньої стінки 6 в нижній її частині з тилової сторони встановлені два опорні ролики 18, що перекочуються по днищу 1 (Фіг.2, 3, 4, 5). Кіш скрепера за допомогою тягової рами 19 (Фіг.1) з хоботом 20 приєднаний до седельно-зв'язного пристрою 21 базового тягача 22. Керування передньою заслінкою 5 забезпечується за допомогою важільного механізму 23, а підйом та опускання ковша - за допомогою гідроциліндра 24.

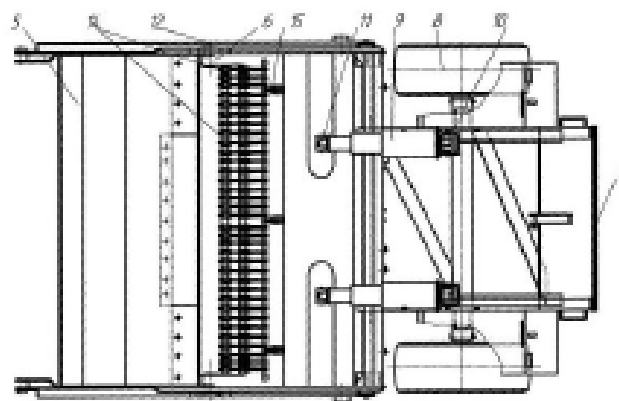
Принцип дії пропонуваного ковша реалізується наступним чином. Для завантаження ковша при поступальному русі скрепера кіш опускається вниз і ріжучі ножі 2 занурюються в ґрунт, відокремлюючи від забоя ґрунтову стружку, яка під дією тягової зусилля тягача 22 (Фіг.1) просувається по днищу 1 в напрямі задньої стінки 6 (Фіг.5). По мірі накопичення в ковші, ґрунт вступає в контакт з ланцюговою завісою 14 задньої стінки 6, яка під його дією притискається до робочої поверхні. При цьому компенсація збільшення робочої частини ланцюгової завіси у вертикальному напрямі забезпечується розтягнуттями нижніх і верхніх пружин

15 (Фіг.7). Після завантаження ковша ґрунтом він переводиться в транспортне положення шляхом опускання передньої заслінки 5 при одночасному підйомі ковша (Фіг.8). Процес розвантаження ковша на місці відсіпки ґрунту відбувається за рахунок підйому передньої заслінки 5, внаслідок чого частина ґрунту, що знаходиться в зоні її дії, висипається на поверхню відсіпки і при поступальному русі скрепера розривається ріжучими ножами 2 (Фіг.9). Залишки ґрунту в задній частині ковша виштовхуються поворотом задньої стінки 6. По мірі звільнення задньої частини ковша від ґрунту, його тиск на ланцюгову завісу 14 зменшується, внаслідок чого вона під дією пружини 15 розпрямлюється, очищаючи робочу поверхню задньої стінки 6 від налипання ґрунту. На кінцевій стадії розвантаження робоча поверхня ланцюгової завіси 14 під дією пружини 15 набуває плоскої форми, виштовхуючи залишки ґрунту із ковша (Фіг.10).

Таким чином, наявність на задній стінці ланцюгової завіси активно діє усуває налипання ґрунту на її робочу поверхню, за рахунок чого збільшується продуктивність скрепера та усувається необхідність періодичного очищення ковша.



Фіг. 1



Фіг. 2

6

48873

8

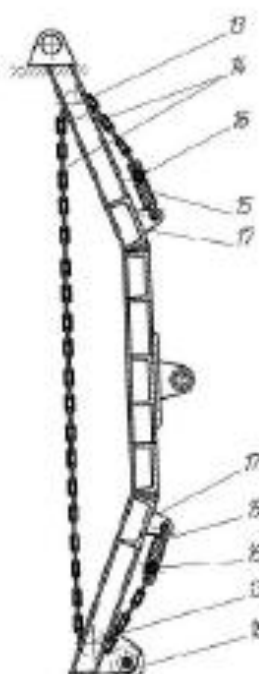


Fig. 3

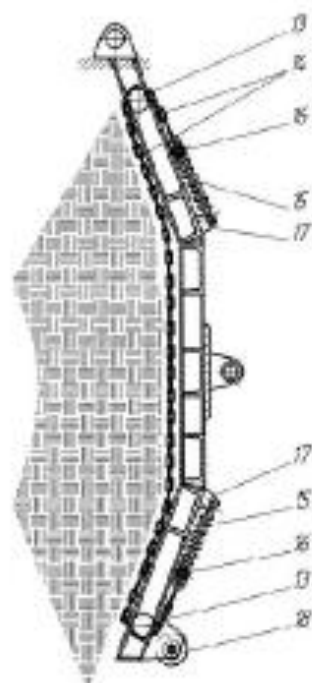


Fig. 4

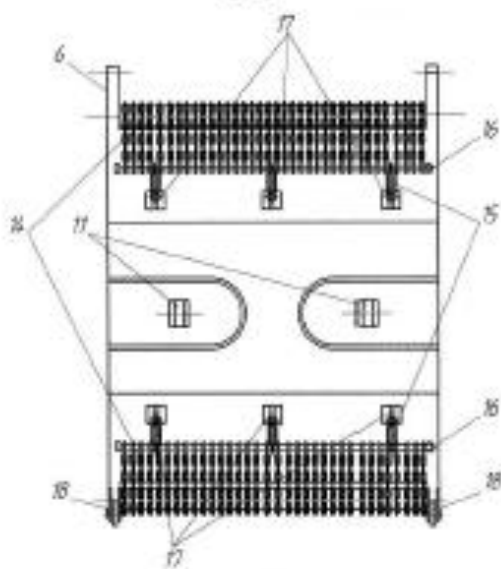


Fig. 5

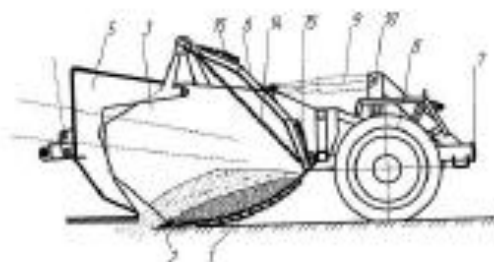
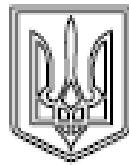


Fig. 6



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) UA (11) 67771 (13) U
(51) МПК
E02F 3/64 (2006.01)

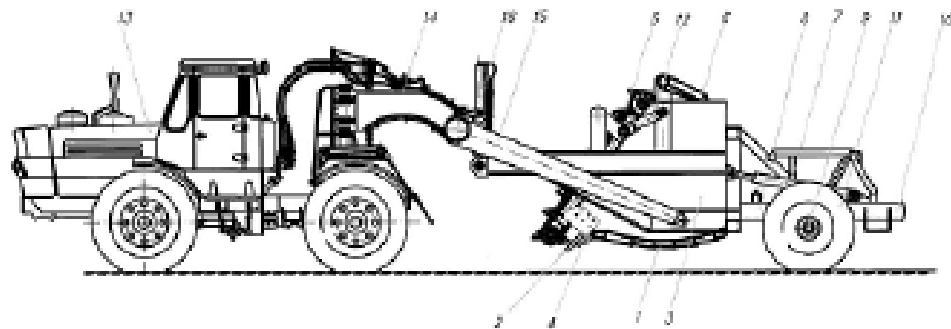
(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: и 2011 08133	(72) Винахідник(и): Хмара Леонід Андрійович (UA), Спільник Михайло Анатольович (UA), Шлак Микита Вадимович (UA)
(22) Дата подання заявки: 28.08.2011	
(24) Дата, з якої є чинним права на корисну модель: 12.03.2012	(73) Власник(и): Хмара Леонід Андрійович, вул. Ливарна, 17, кв. 35, м. Дніпропетровськ, Центр, 49000 (UA), Спільник Михайло Анатольович, ж/м Червоний камінь, 4, кв. 201, м. Дніпропетровськ, 49039 (UA), Шлак Микита Вадимович, вул. Янтарна, 32, кв. 42, м. Дніпропетровськ, 49024 (UA)
(48) Публікація відомостей про видану патенту: 12.03.2012, Бюл.№ 6	

(64) КІВШ СКРЕПЕРА

(67) Резюме:

Ківш скрепера містить днище циліндричної форми та задню заслінку маятникового типу, бокові стінки з підрізаючими ножами, різучий ніж, металоконструкцію з віссю та буфером. Додатково обладнаний елеватором з переднім розташуванням.



Фіг. 1

UA 67771 U

Корисна модель стосується землерийно-транспортних машин, зокрема скреперів із завантаженням їх за допомогою елеватора.

Існує ківш скрепера, до складу якого входять днище з циліндричною поверхнею та ріжучим ножем, бокові стінки з підрізаючими ножами, передня заслінка, задня стінка маятникового типу, металева конструкція з віссю та буфером [1].

Недоліком відомої конструкції є великий час циклу роботи скрепера, а також значна металоземність.

Найближчим технічним рішенням до пропонуваного є ківш скрепера, що містить днище циліндричної форми з різнорівневими ріжучими ножами, металеву конструкцію з віссю та буфером, передню заслінку, бокові стінки з підрізаючими ножами, задню стінку маятникового типу [2].

Основним недоліком даної конструкції є великий час завантаження ковша ґрунтом.

Задачею корисної моделі є зменшення енергоємності процесу різання ґрунту та зменшення часу циклу роботи скрепера, збільшення коефіцієнта наповнення ковша та зменшення металоземності.

Означена задача вирішується тим, що ківш скрепера, що містить днище циліндричної форми з ріжучим ножем, бокові стінки з підрізаючими ножами, задню стінку маятникового типу, металоконострукцію з віссю і буфером, та, відповідно до корисної моделі, додатково обладнаний елеватором переднього розташування.

Суть корисної моделі пояснюється кресленнями, де на фіг. 1 зображений загальний вигляд скрепера; на фіг. 2 - початок копання; на фіг. 3 - середня стадія копання; на фіг. 4 - транспортне положення ковша при повному заповненні; на фіг. 5 - початок розвантаження ковша скрепера; на фіг. 6 - кінець розвантаження ковша скрепера;

Ківш скрепера (фіг. 1) містить днище циліндричної форми 1, ріжучий ніж 2, бокові стінки 3 з підрізаючими ножами 4, елеватор переднього розташування 5 та задню стінку маятникового типу 6, що приводиться до дії при розвантаженні гідроциліндром 7, металоконострукцію 8 з віссю 9 та буфером 10, пневмоколеса 11, гідроциліндри підйому елеватора 12. Також зображено: базовий трактор-тягач 13, хобот 14, тягову раму 15, гідроциліндр підіймання та опускання ковша 16.

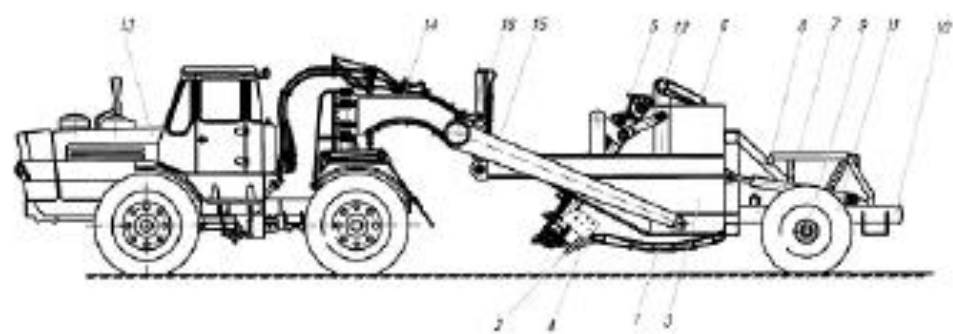
Робота ковша скрепера здійснюється таким чином. Для завантаження ковша при поступальному русі скрепера ківш опускається вниз і його ріжучі ножі 2 вриваються в ґрунт. Під час переміщення відбувається процес відділення частки ґрунту від масиву, а елеватор 5 прискорює транспортування часток ґрунту, таким чином підрізаний ґрунт не накопичується перед ківшем, а тягове зусилля тягача витрачається більше на різання ґрунту. Після закінчення завантаження ківш переводиться в транспортне положення. Розвантаження відбувається наступним чином: елеватор 5 за допомогою гідроциліндрів 12 підіймається, а задня стінка 3 під дією гідроциліндра 7 починає рухатися вперед, виштовхуючи ґрунт.

Таким чином, наявність такого інтенсифікатора, як елеватор, дає змогу значно пришвидшити процес заповнення ковша ґрунтом та лінійну швидкість руху скрепера при різанні ґрунту. Дана конструкція дає змогу максимально заповнювати ківш ґрунтом, на відміну від ковша з передньою заслінкою.

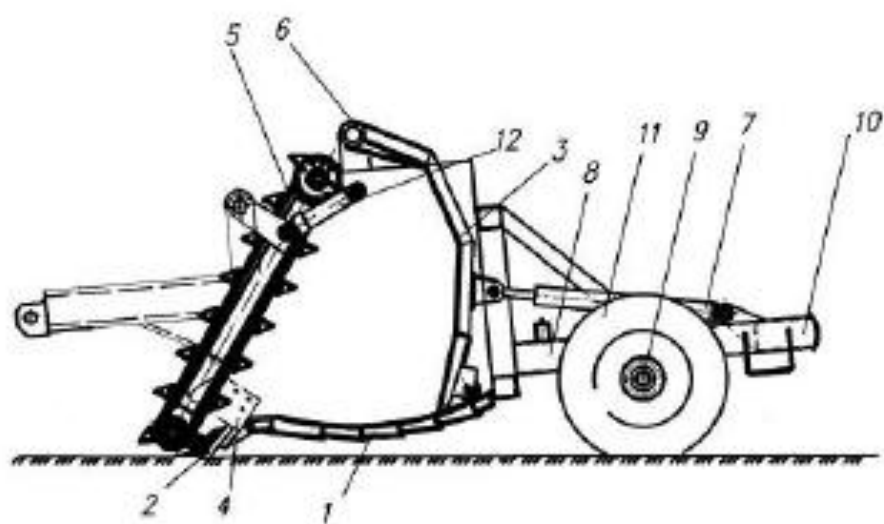
ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Ківш скрепера, що містить днище циліндричної форми та задню заслінку маятникового типу, бокові стінки з підрізаючими ножами, ріжучий ніж, металоконострукцію з віссю та буфером, який відрізняється тим, що він додатково обладнаний елеватором з переднім розташуванням.

UA 67771 U



Фиг. 1



Фиг. 2

UA 67771 U

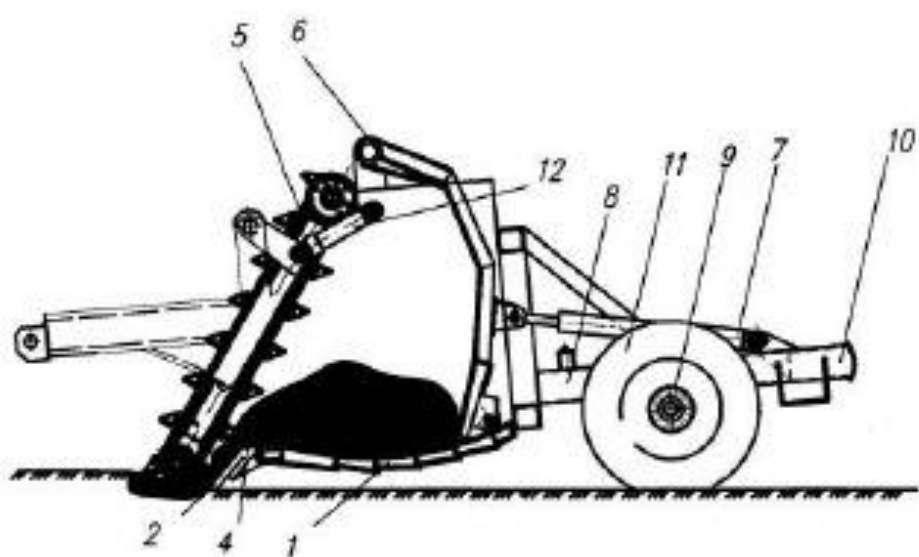


Fig. 3

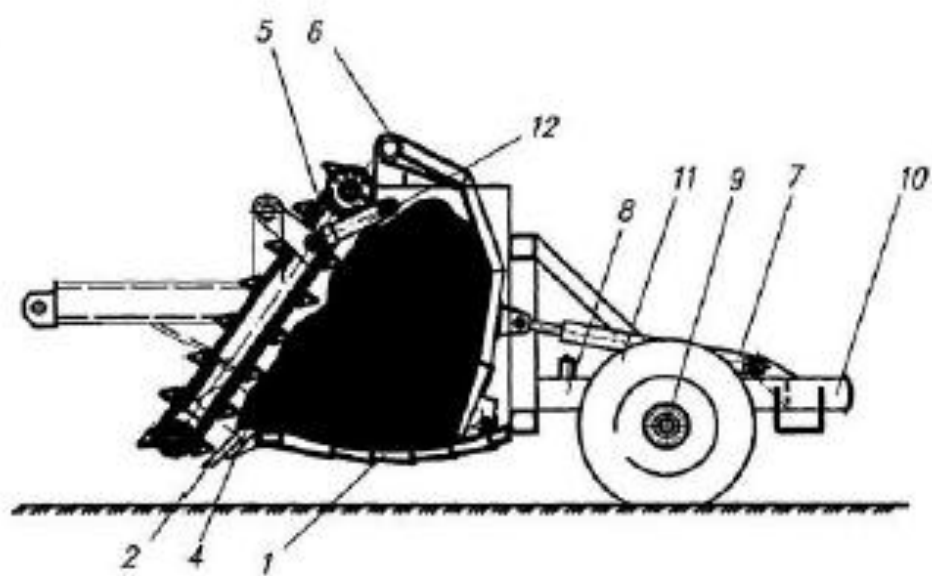
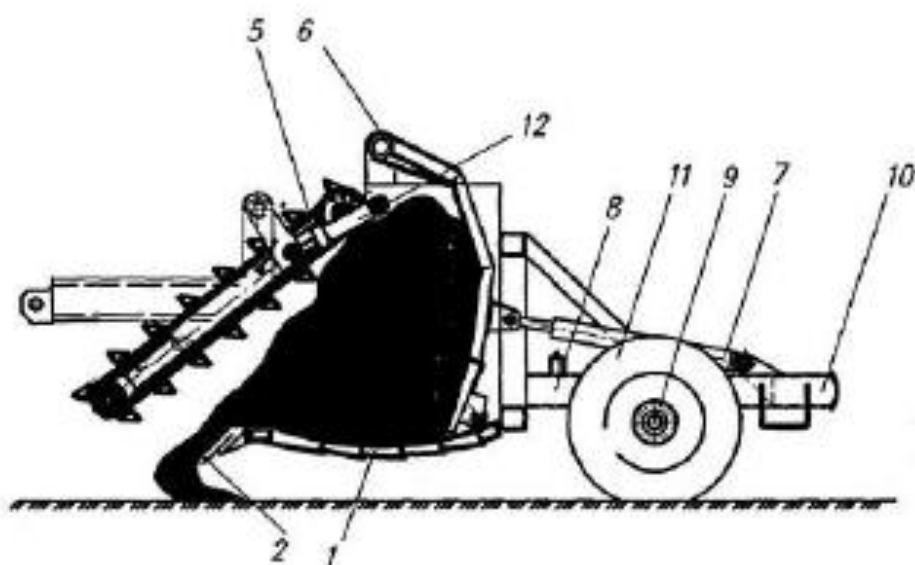
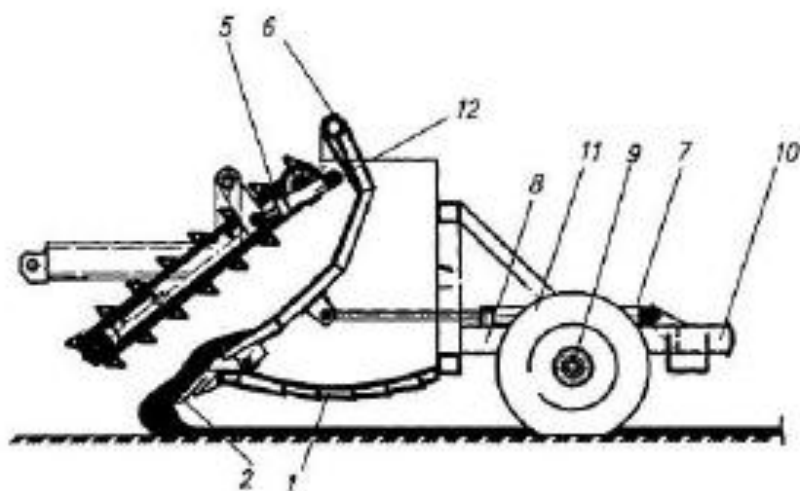


Fig. 4

UA 67771 U



Фиг. 5



Фиг. 6

6

Комп'ютерна версія А. Крулевський

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ - 42, 01601

ДОВІДКА

про впровадження результатів дисертаційного дослідження

Спільника Михайла Анатолійовича

на тему: «Розробка ґрунта ковшом скрепера з напівкруглим днищем і маятниковим розвантаженням» на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.04 – машини для земляних, дорожніх і лісотехнічних робіт

Цим документом підтверджується, що наукові результати дисертаційної роботи «Розробка ґрунта ковшом скрепера з напівкруглим днищем і маятниковим розвантаженням» реалізовані в діяльності ТОВ «Шляхо-будівельне управління №8», що забезпечило річний економічний ефект у розмірі 281197 грн. в результаті впровадження в експлуатацію скрепера з напівкруглим днищем і маятниковим розвантаженням.

Засновник
ТОВ «Шляхо - будівельне
управління №8»



Бутенко А. А.

Специализированное строительно-монтажное объединение
« У К Р С П Е Ц Э К С К А В А Ц И Я »

Украина, 49000, г. Днепропетровск, ул. Набережная Ленина, 17-а
ОКПО 20299656

Расчетный счет 26003118098001, КБ « Приватбанк » МФО 305299
Тел.\факс 778-07-99

«16» 05 2012 г.

Исх. № 114

Д О В І Д К А

про використання результатів досліджень дисертаційної роботи
Спільника Михайла Анатолійовича

**«Розробка ґрунта ковшом скрепера з напівкруглим днищем і
маятниковим розвантаженням»,**
виконаної на кафедрі «Будівельних і дорожніх машин»
Придніпровської державної академії будівництва і архітектури

Розроблена при виконанні дисертаційної роботи інж. Спільника М.А. методика
«Аналітичне визначення раціональних конструктивних параметрів ковша скрепера з
напівкруглим днищем і маятниковим розвантаженням» з програмами розрахунку на ПЕОМ
прийнята для використання на ВАТ «Укрспецекскавація» при модернізації скреперного
парку.

Генеральний директор
ВАТ «Укрспецекскавація»



Максютенко І.Х.