

УДК 621. 878 25.

Л.А. ХМАРА, докт.техн.наук, М.І. ДЕРЕВ'ЯНЧУК, ст. викл.,
Ю.С. ПКУШ, М.А. СПІЛЬНИК, магістр

Придніпровська державна академія будівництва та архітектури

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ЗАПОВНЕННЯ КОВША СКРЕПЕРА ОСНАЩЕНОГО ГЛИБОКОЮ ПЕРЕДНЬОЮ ЗАСЛІНКОЮ АДАПТИВНОГО ТИПУ

Постановка питання. Запровадження двох стадійної технології заповнення ковшів скреперів при використанні глибоких передніх заслінок адаптивного типу вимагає проведення всебічних експериментально – теоретичних досліджень в напрямку оптимізації геометричних параметрів робочого обладнання та режимів його роботи.

Мета роботи. Метою експериментальних досліджень є поглиблене вивчення фізичної суті взаємодії ковша скрепера в період копання ґрунту в умовах використання глибокої передньої заслінки адаптивного типу при реалізації двох стадійного заповнення ковша. а також отримання фактичних даних по опору ґрунту при завантаженні передньої частини ковша.

Об'єкт дослідження. Об'єктом дослідження є фізична модель робочого обладнання напівпричіпного скрепера ДЗ-11П, оснащеного глибокою передньою заслінкою адаптивного типу та задньою стінкою відвальної форми. Фізична модель ковша скрепера, що показана на рис.1, складається із 2-х бокових стінок 1, днища 2, передньої заслінки 7 та задньої стінки 11 виготовленої у вигляді бульдозерного відвалу. В передній частині днища ковша закріплено ніж 4. З'єднання днища з боковими стінками забезпечено за допомогою гвинтів 3. Задня стінка виконана рухомою і фіксується в необхідних позиціях за допомогою спеціального гвинта, що встановлений в отворі траверси 10. Передня заслінка ковша 7 за допомогою чотирьох кронштейнів 8 закріплена на бокових стінках 1. Положення передньої заслінки фіксується за допомогою 4-х кронштейнів 8, що кріпляться на пальцях 9 в отворах на бокових стінках 1.

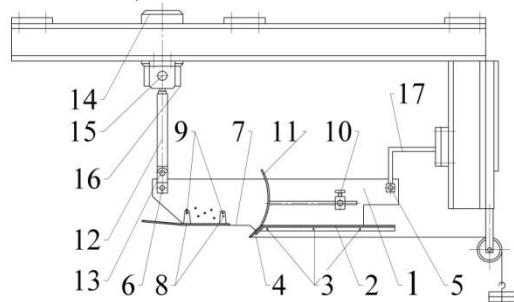
Ківш за допомогою вісей 6 і 5 під'єднано до передньої штанги 12 та тензометрів 17 Г-подібного кронштейна тензометричного візка стану. Передня штанга 12 нижнім кінцем шарнірно кріпиться до вилки 13 вісі 6, а верхнім - до штоку підйомного механізму 14, що цапфами 15 шарнірно з'єднаний з провушинами 16. Вісь 5 кріпиться до Г-подібного кронштейну 17 тензометричного візка. Конструкція передньої підвіски ковша забезпечує

необхідний кут нахилу його до горизонту та моделювання процесу заглиблення. Фізична модель виконана збірно-розбірною, що дозволяє при необхідності змінювати форму та геометричні параметри її елементів.

Технічні дані фізичної моделі приведені в табл. 1. Фізична модель ковша скрепера ДЗ-11П виготовлена в масштабі 1:10 ($K_1=10$).

Таблиця 1.

Технічна характеристика фізичної моделі ковша скрепера ДЗ-11П



Назва параметрів	Одиниці виміру.	Значення
Геометрична місткість	м ³	0,011
Ширина ковша	м	0,285
Висота ковша	м	0,14
Кут різання ґрунту	град	35
Хід задньої стінки	м	0,13

Рис.1. Схема фізичної моделі ковша скрепера.

Зміст. В умовах відсутності натурального зразка робочого обладнання скрепера ДЗ-11П і відповідних матеріальних та фінансових ресурсів експериментальні дослідження проводились з використанням метода наближеного фізичного моделювання робочих процесів землерийно-транспортних машин (ЗТМ) [1] в лабораторних умовах кафедри будівельно-дорожніх машин ПДАБА.

В ході експериментальних досліджень визначалась залежність дотичної складової опору ґрунту копанню R_{01} від основних параметрів глибокої передньої заслінки адаптивного типу, до яких були віднесені: товщина ґрунтової стружки h ; відстань заднього ребра донної частини заслінки S від ребра перетину площини скола ґрунта з денною поверхнею забою і міцність ґрунту, що оцінювалась числом ударів моделі щільно міра ДорНДІ C^M . Ґрунтові умови стендового обладнання моделювались з дотриманням вимог наближеного фізичного моделювання і дозволяли змінювати фізико-механічні властивості ґрунта в необхідному діапазоні.

Для скорочення кількості дослідів і отримання комплексного впливу діючих факторів на прийнятий критерій при дослідженні процесу заповнення передньої частини ковша в умовах використання глибокої передньої заслінки адаптивного типу був застосований метод математичного планування експерименту. При цьому, був застосований 3-х факторний, центральний, композиційний рототабельний план другого порядку (план Бокса).

У відповідності до умов 3-х факторного рототабельного планування враховані фактори змінювалися на 5-ти рівнях, що представлені в табл. 2.

Апроксимації поверхні відгуку прийнятого критерію P_{01} здійснювалось поліноміальною залежністю другого порядку.

Таблиця 2.

Рівні варіації факторів при дослідженні процесу заповнення передньої частини ковша

Фактори	Код. знач.	Рівні варіації				
		-*	-1	0	+1	+*
h – товщина стружки, см	X_1	0,7	1,0	5	2,0	2,3
S – положення ребра днища заслінки відносно площини сколу, см	X_2	0,64	2	4	6	7,36
$C_{уд}$ число ударів моделі щільно міра ДорНДІ	X_3	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0

$$D_{01} = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_{12} x_1 x_2 + \beta_{13} x_1 x_3 + \beta_{23} x_2 x_3 + \beta_{11} x_1^2 + \beta_{22} x_2^2 + \beta_{33} x_3^2,$$

де β_i – коефіцієнт регресії; x_i – кодовані значення впливових факторів.

На основі прийнятих рівнів варіації факторів був розроблений план проведення експерименту, що показаний у вигляді матриці табл. 2.

Реалізація плану експерименту дозволила отримати пакет осцилограм, після розшифрування яких був сформований числовий масив значень, прийнятого критерія оптимізації P_{01} .

При цьому, для забезпечення надійності отримуваних результатів з урахуванням точності системи вимірювання і стендового обладнання кожна точка плану дублювалася двічі. В табл.2. приведений масив середніх значень P_{01} .

Статистична обробка отриманих даних на ПЕОМ за допомогою програми «STAT-GRAPHICS» дозволила отримати регресійну залежність, яка адекватно описує залежність критерія оптимізації P_{01} від прийнятих факторів h , S і $C_{уд}$.

В поіменованих значеннях врахованих факторів математична модель має вигляд:

$$P_{01} = 158,78 - 52,7037 \cdot h - 44,4342 \cdot S + 6,69174 \cdot C + 15,0983 \cdot h^2 + 15,0083 \cdot h \cdot S + 7,6375 \cdot h \cdot C + 2,93472 \cdot S^2 + 3,2375 \cdot S \cdot C - 2,68649 \cdot C^2.$$

Дана залежність дозволила продовжити експеримент на ПЕОМ в межах прийнятої варіації впливових факторів. Візуальні спостереження за процесом заповнення передньої частини ковша показали, що процес руху стружки при передньому розташуванні задньої стінки відбувається так, як протікає процес накопичення ґрунту перед відвалом бульдозера. На першій стадії копання стружка, піднімаючись по лобовій поверхні задньої стінки, зривається вниз і потрапляє на поверхню забою, що відкрита в щілині між заднім ребром днища передньої заслінки та ножем ковша. По мірі просування моделі в забої поступаючий ґрунт накопичується перед стінкою у вигляді призми, частина якої розміщується на донній частині передньої заслінки.

План 3-х факторного експерименту по дослідженню процесу заповнення передньої частини ковша

№ досліду	X ₀	X ₁	X ₂	X ₃	h, см	S, см	C, уд	P ₀₁
1	+	-	-	-	1,0	2,0	2,0	119
2	+	+	-	-	2,0	2,0	2,0	159,1
3	+	-	+	-	1,0	6,0	2,0	92,75
4	+	+	+	-	2,0	6,0	2,0	194,1
5	+	-	-	+	1,0	2,0	4,0	111,35
6	+	+	-	+	2,0	2,0	4,0	182,95
7	+	-	+	+	1,0	6,0	4,0	120,75
8	+	+	+	+	2,0	6,0	4,0	221,25
9	+	-*	0	0	0,7	4,0	3,0	105
10	+	+	0	0	2,3	4,0	3,0	155,85
11	+	0	-*	0	1,5	0,64	3,0	127,3
12	+	0	+	0	1,5	7,36	3,0	149,55
13	+	0	0	-*	1,5	4,0	1	87,5
14	+	0	0	+	1,5	4,0	5	136,8
15	+	0	0	0	1,5	4,0	3,0	135,3
16	+	0	0	0	1,5	4,0	3,0	135,3

Зовнішньо, процес заповнення передньої частини ковша у всіх дослідах відбувався стабільно. Зміна рівнів варіації факторів S і C на якості процесу не проявлялась. При вирізання тонких стружок процес заповнення відбувався більш мляво, а стружок h=2...2,3 см – більш потужно.

Оцінка якісних показників при дослідженні вказаних моделей дає підстави стверджувати, що при наявності адаптованої до поверхні забою донної частини передньої заслінки умови формування призми ґрунту перед задньою стінкою помітно поліпшуються. Кількісна оцінка процесу копання ґрунту при передньому, розташуванні задньої стінки здійснювалась на основі матеріалів і інструментальних вимірювань. Дослідження поверхні відгуку P₀₁ на ПОЕМ за програмою «Excel», дозволило отримати тримірні графічні зображення, що відображають закономірності впливу на прийняту цільову функцію P₀₁ врахованих факторів h, S та C. На рис. 2 показано графічне зображення поверхні відгуку P₀₁ функції h і C при різних значеннях величини щілини S. Як видно із графіків, найбільш впливовим фактором на цільову функцію P₀₁ є товщина стружки, що вирізається h. Зокрема при мінімальному значенні S=2см рис.4.4.а, відношення максимального значення P₀₁ при h=2,3см до його мінімальної величини h=0,7см складає 2,05 рази. При збільшенні величини щілини S до 6 см рис.4.4.б це відношення складає 2.5 рази. Вплив на величину P₀₁ міцності ґрунту C менш помітний : на менших значеннях S вона практично не впливає (рис.2.а), а при S=4; 6 см. Вплив міцності стає суттєвим, що вказує на важливість цього фактора в процесі копання ґрунту при заповненні передньої частини ковша.

На рис.3 показані залежності P_{01} від товщини стружки h при різних значеннях C і постійних для кожної залежності значеннях S . Зокрема на графіку рис.3.а показана залежність $P_{01}=f(h)$ при $S=0,64$ см при копанні ґрунту різної щільності.

Із графіка видно, що зі збільшенням товщини стружки від мінімального значення $h=0,7$ см до $h=1,5$ см інтенсивність зростання P_{01} близька до нуля.

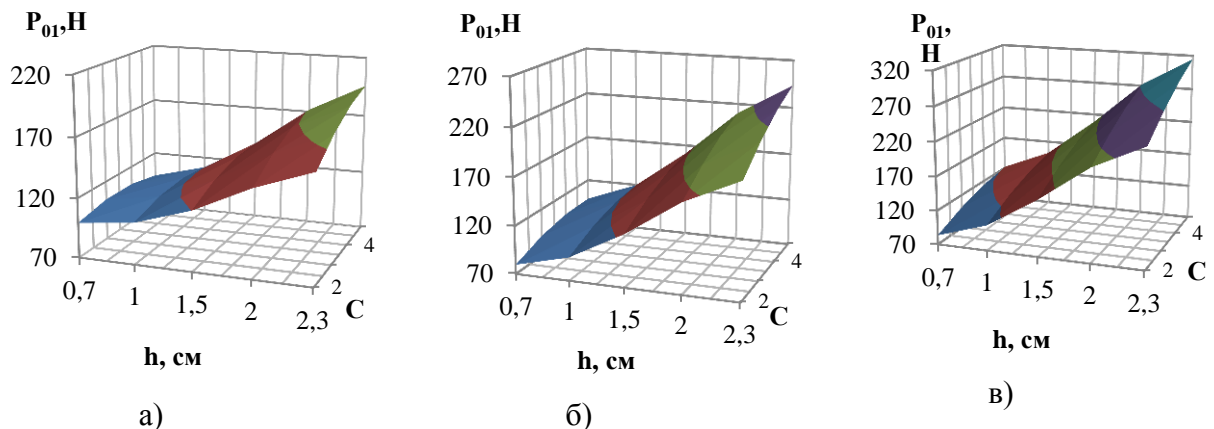


Рис.2. Графіки залежності $P_{01}=f(h,C)$ при: а) - $S=2$ см; б) - $S=4$ см; в) - $S=6$ см

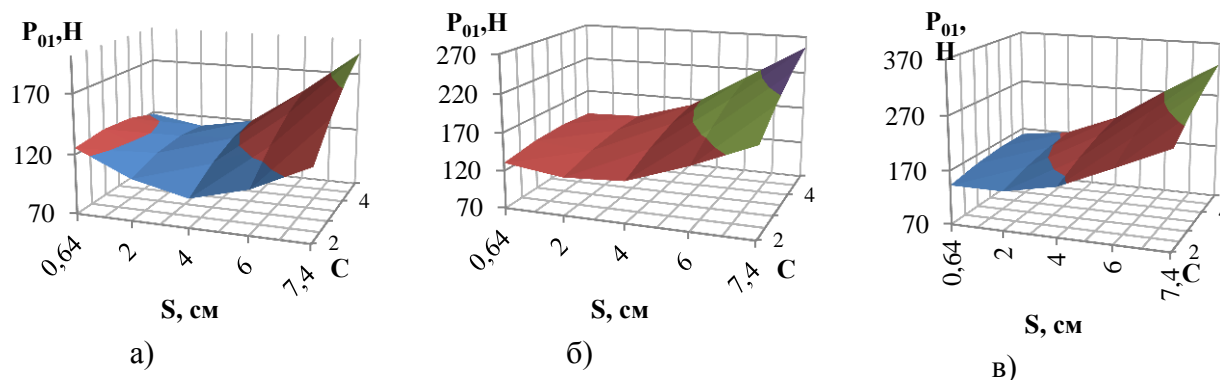


Рис.3. Графіки залежності $P_{01}=f(S,C)$ при: а - $h=1$ см; б - $h=1,5$ см; в - $h=2$ см.

Починаючи з росту від $h=1,5$ см до максимального значення $h=2,3$ см, спостерігається інтенсивний зріст P_{01} , що вказує на недостатній розмір щілини, яка недостатня для більш вільного просування ґрунтової стружки в ківш. Щільне розташування графіків вказує на суттєвий вплив щільності ґрунту C на характер кривих і вплив на параметр P_{01} . При збільшенні щілини до $S=2$ см (рис.4.7.б) спостерігається зниження P_{01} на стружках $h=0,7$ см і $h=1$ см, а на стружках $h=1,5 \dots 2,3$ см P_{01} перевищує попередні значення. Подальше збільшення розміру щілини (рис.4.7. в,г,д) призводить до стабілізації параметра P_{01} на низькому рівні при тонких стружках і збільшенням його величини на стружках $h=1,5; 2; 2,3$ см. Порівнюючи стримані графіки, можна зробити висновок, що оптимальним розміром щілини між нижнім ребром та лобовою поверхнею ковшового ножа $S=2$ см. Це свідчить про те, що при проектуванні передньої глибокої заслінки необхідно застосовувати такий механізм її адаптації, який забезпечував би рух її нижнього ребра при зміні h

вздовж площини сколу. При роботі на тонких стружках ширина забірної щілини S повинна мати розмір більший розрахункового, а при номінальних і більших значеннях h , ця величина повинна зменшуватись до розрахункових меж. Збільшення ширини забірної щілини S , як показує аналіз, призводить до збільшення контакту набраного в ківш ґрунту з поверхнею забою, що призводить до збільшення величини P_{01} . Особливо на заключному етапі заповнення передньої частини ковша.

При раціональній адаптації донної частини передньої заглибини до поверхні забою, коли забезпечується мінімальна відстань її поверхні до поверхні забою, а параметр S , забезпечує умови зменшення кута сколу ґрунту до $\psi=20^\circ$, створюються оптимальні умови просування ґрунту в ківш, особливо на заключному етапі заповнення його передньої частини.

Аналіз якісних і кількісних показників показав можливі резерви збільшення місткості ковша за рахунок розвитку його передньої частини. При проектуванні ковшів скреперів з двох стадійним способом завантаження необхідно враховувати головну умову: максимальне значення опору ґрунту копанню P_{01} при заповненні передньої частини ковша не повинно перевищувати відповідних значень цього параметру при заповненні задньої і середньої частини ковша при відведенні задньої стінки в крайнє заднє положення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Баловнев В.И. Моделирование процессов взаимодействия со средой рабочих органов дорожно-строительных машин: Уч. пос. для студентов вузов. – М.: Высш. школа, 1981. – 335 с.

УДК 621.878.25

Л.А. ХМАРА, докт. техн. наук, О.О. ДАХНО, магістр, М.А. СПІЛЬНИК, аспірант.

Придніпровська державна академія будівництва та архітектури

НОВА КОНСТРУКЦІЯ НАПІВПРИЧІПНОГО СКРЕПЕРА

Постановка проблеми. Сьогодення пов'язано з удосконаленням землерийно - транспортних машин. Так, основними напрямками розвитку являються: зниження енергозатрат на розробку ґрунту; збільшення продуктивності; підвищення довговічності та надійності; розширення технологічних можливостей та ін.

Мета статті. Розширення технологічних можливостей пов'язано із збільшенням місткості ковша так, щоб не збільшити масу машини, та її вартість. Так, наприклад, передові