

ХАРКІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ
АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

На правах рукопису

Власенко Ігор Володимирович

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СКРЕПЕРА ЗАСТОСУВАННЯМ
ГРУНТОНАПРЯМНОГО ПРИСТРОЮ

05.05.04 - машини для земляних
та дорожніх робіт

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків, 1997



Робота виконана на транспортних, будівельних і дорожніх машинах та обладнання Харківського державного автомобільно-дорожнього технічного університету (ХДАДТУ).

Науковий керівник : Академік транспортної академії та академії будівництва України, доктор технічних наук, професор
Нічке Вільгельм Вільгельмович

Офіційні опоненти : Заслужений винахідник України
Академік академії будівництва України, доктор технічних наук, професор Хмара Леонід Андрійович,
кандидат технічних наук,
доцент Скибицький Олександр Петрович


Провідна організація : Харківська державна академія залізничного транспорту.

Захист відбудеться 18.05.1997р. о 10 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 02.17.02 Харківського державного автомобільно-дорожнього технічного університету за адресою : 310078, м. Харків, вул. Петровського, 25.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Харківського державного автомобільно-дорожнього технічного університету.

Автореферат розісланий 18.05.1997р.

Вчений секретар спеціалізованої вченої ради,
доктор технічних наук, професор

 М. А. Подригало.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. Дорожнє та будівельнє машинобудування є однією з провідних галузей машинобудування, як на Україні, так і за кордоном. При цьому значну частку виробництва складають машини для земляних робіт. У всьому світі спостерігається тенденція до збільшення обсягу земляних робіт, що виконуються землерийно - транспортними машинами, а це вимагає розробок нових конструкцій машин, наприклад скреперів, застосування інтенсифікаторів робочих процесів. Такий напрямок найбільш розвинено за кордоном, де виробництво скреперів провідними фірмами світу ведеться в значній мірі з застосуванням інтенсифікаторів процесу наповнення, в основному елеваторного завантаження. Вже зараз виробництво скреперів з різноманітними інтенсифікаторами перевищує випуск традиційних машин. Тенденція підвищення обсягу наукових розробок у галузі інтенсифікації робочих процесів скреперів свідчать про велику зацікавленість дослідників даною темою. Застосування інтенсифікаторів покращує ефективність скреперів, підвищує їх продуктивність, зменшує матеріалоемкість, витрати палива, що особливо актуально для розвитку машинобудівної галузі України.

На території України існує ВАТ "Дормаш" м. Бердянськ, що випускає напівпричіпні скрепери ДЗ-87-1А місткістю ковша 5 м³ на базі трактору Т - 150К. У зв'язку з складним економічним станом, у якому опинилися експлуатаційні організації, з'явилася гостра необхідність у збільшенні місткості ковша при тому ж тягачі. Таке завдання може бути вирішене за рахунок застосування інтенсифікаторів процесу заповнення ковша скрепера, а також автоматизації процесу копання.

Модульне компонування скреперного агрегату різноманітними інтенсифікаторами може значно збільшити продуктивність машини для конкретних ґрунтових умов та виду інтенсифікатора.

Об'єкт і загальна методологія досліджень. Приведене вище, дозволяє сказати про необхідність підвищення ефективності скреперів, що визначається підвищенням продуктивності, надійності, зниженням матеріалоемкості, витрат палива.

Названа проблема може бути вирішена за рахунок застосування ґрунтонапрямого пристрою (ГНП) нової конструкції. Створення таких машин вимагає розробки математичної моделі заповнення ковша скрепера, спорядженого ГНП, на основі дослідження фізики заповнення ковша: визначення раціональної місткості ковша з застосуванням різних інтенсифікаторів залежно від режиму копання й транспортування; визначення впливу різноманітних факторів на раціональну місткість ковша скрепера та встановлення раціональних областей застосування різних інтенсифікаторів.

Мета роботи. Підвищити ефективність роботи скрепера за рахунок раціонального використання інтенсифікаторів, в першу чергу застосування ГНП оригінальної конструкції, яка дозволяє збільшити коефіцієнт наповнення ковша, завдяки заповненню ковша на першому етапі через щілину у задній пластині ГНП, заміни коефіцієнту тертя ґрунта по ґрунту на коефіцієнту тертя ґрунту про сталь, зниження тиску на пласт ґрунту й досягнення більш стабільного режиму копання.

Завдання роботи. Інтенсифікація процесу заповнення ковша скрепера застосуванням ГНП. Розробка нових конструкцій ґрунтонапрямних пристроїв, які дозволяють максимально збільшити ефективність скрепера. Створення математичної моделі заповнення ковша скрепера з ГНП, визначення мінімального опору заповнення ковша скрепера. Встановлення оптимальних областей застосування різних видів інтенсифікаторів.

Наукова новизна. Запропонований новий спосіб заповнення ковша скрепера, спорядженого ГНП, у якому основною відзнакою є щілина у задній пластині пристрою, яка пропорційна висоті шару, що

зрізається під час копання. За рахунок цієї щілини процес заповнення ковша є розгалуженим, тобто ґрунт надходить через щілину чи крізь ГНП, залежно від величини опору наповнення через щілину чи ГНП. Новизна розробленої конструкції скрепера із ГНП підтверджена позитивним рішенням по запиту на авторське свідоцтво.

Розроблена математична модель процесу наповнення, визначена оптимальна місткість ковша в залежності від робочого та транспортного режиму. Встановлені раціональні області застосування різних інтенсифікаторів в залежності від параметрів ковша.

При розгляді раціонального використання різних інтенсифікаторів враховувалися параметри робочого режиму (фізико - механічні властивості ґрунту, глибини різання, місткості ковша), а також параметри транспортного режиму (кут підйому, зчеплення ходового обладнання з ґрунтом й таке інше). Можливість підвищення показників ефективності показана експериментальними та аналітичними дослідженнями.

. Вірогідність. Внаслідок обробки математичних моделей та результатів дослідів на персональному комп'ютері з використанням: математичних - Mathcad; графічних редакторів - Foxgraph, Statgraph, Photofinish, були одержані результати аналітичних та експериментальних досліджень. Експериментальна частина проводилася у достатньому обсязі на ґрунтовому каналі ХДАДТУ з застосуванням планування експериментів та дослідженням впливу окремих параметрів на процес наповнення, що дозволяє прослідкувати функціональні залежності, а також на навчально - науково - виробничій базі механічного факультету ХДАДТУ.

Зіставлення результатів досліджень дозволяє сказати про задовільну сходиність результатів теоретичних та експериментальних досліджень (розходження 5 - 15%).

Практична цінність. Розроблена нова конструкція ковша з ґрутонапрямним пристроєм, що забезпечує істотне підвищення напов-

нення ковша та зниження необхідного тягового зусилля. Одержано позитивне рішення по запиту на авторське свідоцтво. Розроблена математична модель заповнення ковша з ГНП конструкції, що пропонується, яка дозволяє визначати опір наповнення на всіх стадіях копання. Дані рекомендації по оптимальним параметрам ґрунтонапрямого пристрою, по раціональному застосуванню різноманітних інтенсифікаторів залежно від ґрунту, що розробляється, дорожніх умов та габаритів ковша. Розроблені програми для ПЕОМ, що дозволяють моделювати процес заповнення ковша скрепера з різними видами ґрунтонапрямних пристроїв.

Реалізація роботи. На основі теоретичних розробок створений експериментальний взірць скрепера з конструкцією ГНП, що пропонується, на базі скрепера ДЗ - 20В у ПМК - 50 Харківського тресту "Водбуд". По результатах аналітичних та експериментальних досліджень розроблений ківш скрепера ДЗ-87-1А збільшеної місткості (6 м³). Матеріали розробок передані для проектування скреперів у ВАТ "Дормаш" м. Бердянськ. Результати роботи використовуються в навчальному процесі (у курсовому та дипломному проектуванні, НДРСі).

Апробація роботи. Дисертаційна робота доповідалася та обговорювалася на засіданнях кафедр будівельних і дорожніх машин та експлуатації дорожніх машин ХДАДТУ. Результати досліджень доповідалися на науково - технічних конференціях ХДАДТУ, міжнародних конференціях в ВІВІ у 1991р, 1992р, в Челябінській філії НАТІ у 1991р, на міжнародній екологічній конференції в м. Кременчуці у 1994р, на науковій конференції м. Рівно у 1990р, на міжнародних конференціях в м. Нижній Новгород у 1991р та 1995р, в м. С.-Петербурзі у 1995р та в м. Кировограді у 1996р.

Публікації. По результатах досліджень опубліковані 14 робіт, написаний параграф в монографії, одержано позитивне рішення на винахід.

Обсяг роботи. Дисертаційна робота складається з вступу, п'яти розділів, висновків та додатків. Загальний обсяг роботи 160 сторінок, в тому числі 142 сторінки машинописного тексту, 19 таблиць, 34 малюнок, перелік літератури з 110 найменувань та 3 додатків на 13 сторінках.

На захист виносяться. Новий спосіб заповнення ковша скрепера з ГНП на основі розгалуженого процесу руху ґрунту через щілину та ГНП; математичні моделі процесу наповнення ковша з різними видами пристроїв; математичні моделі визначення місткості ковша на основі характеристик робочого та транспортного режиму; математичні моделі для визначення ефективності та раціонального використання інтенсифікаторів у залежності від типу ґрунту, що опрацюється та параметрів ковша; результати аналітичних та експериментальних досліджень скреперів з ГНП.

Тема дисертації відповідає науковому напрямку роботи кафедри будівельних та дорожніх машин та ХДАПУ по пріоритетному напрямку науки та техніки "Ресурсозбереження", регіональній програмі наукових робіт Північно - Східного центру Транспортної Академії України "Удосконалення конструkcій будівельних та дорожніх машин, що випускаються підприємствами України", програмі науково-дослідних робіт кафедри "Розробка засобів створення та випробувань будівельних та дорожніх машин модульної конструкції з підвищеними експлуатаційними якістьми".

Зміст роботи.

1. Огляд та аналіз досліджень робочого процесу скрепера і підвищення ефективності заповнення ковша скрепера.

Велика вартість скреперних агрегатів, низька конкурентоздатність змушують удосконалити конструкції вже існуючих машин,

створювати нові, більш ефективні. Важливий аспект при цьому - зниження енергоємності, металлоємності. Але головним завданням залишається підвищення продуктивності і надійності машин. Це завдання може бути здійснене двома напрямками:

1. Поліпшенням організації робіт скрепера.
2. Удосконаленням конструкції скрепера.

У даній роботі розглядається головним чином другий напрям, тому подальший аналіз стану питання буде проводитись для робіт цього напрямку. У сорокових роках К. А. Артем'євим було запропоновано раціональне співвідношення габаритів ковша скрепера. Його розробки показали, що ковші повинні бути більш низькими, більш широкими і більш довгими. Удосконалення конструкцій скреперів було спрямовано головним чином на збільшення наповнення ковша, без застосування, по можливості, штовхачів та при тому ж тягачі. Основою удосконалення є теорія різання і копання ґрунту, великий вклад у розвиток якої внесли дослідники: К.А. Артем'єв, В.Л. Балладінський, В.І. Баловнев, В.О. Бондарович, Ю.О. Ветров, Д.П. Волков, М.І. Гальперін, М.Г. Домбровський, А.М. Зеленін, І.А. Недорезов, В.В. Нічке, В.К. Руднев, В.М. Тарасов, Д.І. Федоров, Л.А. Хмара, А.М. Холодов та інші.

Удосконаленням окремих частин ковша займалися: в СібаДІ (школа К.А. Артем'єва), ДІВІ (школа Л.А. Хмари), ХАДІ (праці В.К. Руднева), ВНДІбуддормаші, МАДІ (школа В.І. Баловнева). Сюди відносяться: рекомендації по похилій задній стінці, рекомендації по застосуванню похилих бокових стінок на 1/3 їх висоти, рекомендації по двохщільному завантаженні, зменшенню ширини різання за рахунок підйому бокових ножів в кінці наповнення ковша, розробка підтрібаючого пристрою, рекомендації по використанню більш глибоких заслінок. Ряд авторів: В.І. Баловнев, Л.А. Хмара, В.К. Руднев та інші провели дослідження застосування пристроїв, що забезпечують газоповітряним змащенням ківш скрепера.

Інтенсифікація земляних робіт тягне за собою появу нових технологій, матеріалів, нових машин та агрегатів. Обладнання парку надійними, більш ефективними машинами, заміна техніки, що застаріла, випуск багатофункціональних машин, використання однієї тягової одиниці та ряду устаткування і обладнання до неї, оснащення машин робочими органами маніпуляторами - найважливіший напрямок підвищення ефективності землерійно - транспортної техніки.

Мета даної роботи - зменшення опору наповнення, збільшення наповнення ковша скрепера, підвищення продуктивності і, на основі цього, підвищення ефективності скрепера. Для досягнення поставленої мети, вирішувалися такі завдання:

1. Зменшення опору заповнення ковша на початковій стадії копання.
2. Розробка математичної моделі заповнення ковша скрепера, спорядженого ГНП з щілиною між ґрунтонапрямним пристроєм та днищем ковша, визначення оптимальних параметрів ГНП.
3. Визначення оптимальної місткості ковша, спорядженого ґрунтонапрямним пристроєм.
4. Дослідження зони застосування ГНП у залежності від виду ґрунтів, що розроблюються.
5. Аналіз можливих транспортних швидкостей.
6. Визначення максимально можливої ваги інтенсифікатора для обраного ковша.
7. Визначення впливу транспортного режиму на застосування інтенсифікаторів.
8. Порівняння ефективності праці традиційного скрепера та скреперів, споряджених елеватором, підгрібачкою заслінкою та ґрунтонапрямним пристроєм.
9. Визначення області застосування ГНП.

2. Дослідження опору наповненню ковша скрепера, спорядженого
грунтонапрячним пристроєм.

Патентний пошук показав, що останнім часом у якості модуля для зниження опору наповнення найбільш часто розглядається грунтонапрячні пристрої (ГНП). Це переконливо показує перспективність даного напрямку у досліджень.

ГНП має істотні переваги: вихід ГНП із строю не спиняє роботу скрепера, у конструкції не застосовуються додаткові двигуни, гідроциліндри, насоси. Установка, технічне обслуговування та ремонт значно спрощені у порівнянні з активними інтенсифікаторами. Але ГНП є найбільш ефективним і серед пасивних інтенсифікаторів.

Пристрій дозволяє максимально збільшити місткість ковша, не змінюючи тягового зусилля тягача.

ГНП становить дві плити, що утворюють змикаючу вирву і встановлюється в передній частині ковша біля ножової системи.

Схема сил діючих на елементарний обсяг ґрунту, що знаходиться у ГНП, представлена на рисунку 1. Тут dR_x - опір руху, реакція стінок на потік ґрунту, dG - сила ваги елемента ґрунту, dP - зовнішня сила для наповнення ГНП.

Диференційне рівняння руху елемента записується у вигляді

$$dm a = dP - dG - dR_x, \quad (1)$$

де dm та a - маса та прискорення елемента.

$$dm = 2 \gamma g^{-1} B y dx$$

$$dR_x = - k P dx$$

$$dG = 2 \gamma B y dx$$

$$a = a_1 + a_2 = \frac{0.5}{B \cdot y} \frac{dq}{dt} - \frac{0.25 \cdot q^2}{B^2 \cdot y^3} \frac{dy}{dt}, \quad (2)$$

Перший додаток визначається характером зміни витрат ґрунту у функції часу, другий - становить прискорення даного шару при постійних витратах ґрунту. Тут B - ширина ковша, y - ширина отвору ГНП, у обраній ділянці, γ - щільність ґрунту, q - витрати ґрунту.

Після підстановки вказаного, одержимо диференціальне рівняння руху елементарного обсягу у ґрунтонапрямому пристрої.

$$2 \frac{\gamma}{g} B \cdot y dx \left(\frac{0.25q^2}{B^2 \cdot y^3} \frac{dy}{dx} - \frac{0.5q'}{B \cdot y} \right) = dP - k \cdot P dx - 2\gamma \cdot B \cdot y dx, \quad (3)$$

Після інтегрування виразу (3) одержимо (без урахування малих величин другого порядку),

$$P = P_0 \cdot e^{kx} + 2 \frac{\gamma \cdot B}{k^2} A(x) (e^{kx} - 1), \quad (4)$$

$$A(x) = k (R + x \cdot \operatorname{tg} \alpha) - \operatorname{tg} \alpha, \quad (5)$$

$$k = \frac{\operatorname{tg}(\beta - \rho) \left(\operatorname{tg}(\varphi - \alpha) + f \cdot b \frac{2 \cdot R}{B} \right) (d \cdot \cos \beta)^{-1}}{\left(1 + \operatorname{tg}(\varphi - \alpha) \operatorname{tg}(\beta - \rho) + 2 \frac{R}{B} (1 + bf \cdot \operatorname{tg}(\beta - \rho)) \right)}, \quad (6)$$

k - коефіцієнт опору, що залежить від параметрів ГНП: величини отвору ($2R$) та ширини різання (B), а також кута сходження пластин (α); параметрів ґрунту: кутів внутрішнього (φ) та зовнішнього (ρ) тертя, кута розподілу часток ґрунту (β), коефіцієнта тертя (f), а також геометричних розмірів часток (d). Коефіцієнт k є постійним у ГНП, що має прямолінійні плити, які спрямовують ґрунт.

Одержана залежність дозволяє визначити опір наповнення при будь - якій висоті ГНП. Застосування ГНП по всій висоті ковша не-

доцільно і по даним раніше проведених досліджень оптимальна висота ГНП дорівнює близько половини висоти ковша. Величина куту розходження плит ГНП оптимізувалась за умови мінімальної роботи заповнення ковша скрепера, спорядженого конструкцією ГНП, що пропонується, і складає 26 - 30° залежно від ґрунту, що розробляється. Робота по заповненню ковша визначається залежністю (7)

$$A = \int_0^{V_0} P_0(V) \cdot dV + \frac{P_2 \cdot V1_A}{Z \cdot B} + \frac{P_2 \cdot V2}{2 \cdot R \cdot B} + \int_0^{V3} P_3(V) \cdot dV, \quad (7)$$

де P_0 - опір переміщенню ґрунту через щілину; P_2 - опір заповненню ГНП; P_3 - опір заповненню ковша вище ГНП; V_0 - обсяг ґрунту, що проходить через щілину; $V1_0$ - обсяг ґрунту, який проходить через щілину під час розгалуженого процесу; $V2$ - обсяг ґрунту, що проходить крізь ГНП і заповнює ківш до висоти ГНП; $V3$ - обсяг ґрунту, що проходить крізь ГНП, заповнює ківш вище верхнього рівня ГНП з утворенням "шапки".

Перша складова у виразі (7) визначається тим, що у ГНП, що пропонується, одна із плит не торкається у нижній частині дна ковша, а має щілину пропорційну товщині стружці $z = k h_{стр}$, що зрізається. На першому етапі заповнення ківш заповнюється як традиційний, крізь щілину по дну ковша. Надалі при збільшенні опору наповненню через щілину ґрунт надходить у ГНП, заповнюючи його. Далі проходить заповнення ковша до рівня верхнього краю ГНП.

На останньому етапі потік фонтанує вище рівня ГНП і заповнює частину ковша, що залишалася незаповненою. Зниження опору наповненню сягає 40 - 45%, що дозволяє збільшити робочу швидкість скрепера, та місткість ковша.

3. Дослідження впливу робочого та транспортного режимів на вибір типу інтенсифікатора і визначення місткості ковша.

Застосування скрепера по копанню обмежено можливістю його технологічного модуля заповнюватися ґрунтом при заданому енергетичному модулі, при транспортуванні ґрунту - можливістю підніматись завантаженим скрепером на підйоми.

Маса скрепера при незмінному тягачі визначається тяговим зусиллям тягача по зчепленню, величиною підйому, опором коченню коліс скрепера та конструктивними розмірами машини.

Максимально можлива вага, яку може транспортувати даний тягач, включає у себе: вагу металоконструкції скрепера (G_c), вагу інтенсифікатора (G_i) та вагу ґрунту (G_T).

Вага інтенсифікатора залежить від місткості ковша, отже його можна визначити через коефіцієнт пропорційності K .

$$K = G_i / V_{\max} \quad (8)$$

Розміри ГНП залежать від обсягу ковша, вага підтрібаючої заслінки або елеватора пропорційні обсягу ковша з коефіцієнтом пропорційності Q . Тоді вага скрепера з ґрунтом дорівнює

$$G_{\text{СК}} = G_T + G_i + G_c = V_{\max} \gamma + K V_{\max} (1 + Q(V_{\max}' / V_{\max} - 1)) + d V, \quad (9)$$

де $V_{\max} = K_H V$ з урахуванням величини "шапки", d - коефіцієнт металлоємкості.

$$G_{\text{СК}} = K_H V \gamma + K K_H V + K K_H V Q (V_{\max}' / V_{\max} - 1) + d V, \quad (10)$$

Зробимо спрощення $\mu = K V_{\max} (1 - Q)$

$$V = \frac{G_{\text{СК}} - \mu}{K_H \cdot (\gamma + Q \cdot K) + d'} \quad (11)$$

При копанні найбільшу місткість ковша можна визначити з умови, коли $T = P_{\text{коп}}$, звідси величина його місткості

$$V = \frac{T - h_{\text{min}} \cdot k' \cdot B - f(G_T + \mu)}{f(d + K_H(\gamma + Q \cdot K)) + \gamma \cdot f_1 \cdot \gamma} \quad (12)$$

де γ - частина ґрунту, що надходить у призму волочіння, f_1 - коефіцієнт тертя ґрунта по ґрунту.

На рисунку 3 зображені графіки $V_{\text{max}} = f(\gamma)$ для традиційного ковша та скрепера спорядженого ГНП, підгрибаючою заслонкою або елеватором. Криві лінії показують місткість з умови копання, прямі - з умови зчеплення у транспортному режимі.

Приймаючи, наприклад, для ковша місткість V , що найменше заповнення ковша дорівнює $K_H V$, ми визначаємо кордони застосування скрепера при $K_H < 1$, перетин двох ліній показує кордон праворуч для відповідних інтенсифікаторів.

Аналізуючи графік, можна зробити, наприклад, висновок, що при розробці усіх типів ґрунту для тягача $T - 150$ КМ, найбільш ефективно застосовувати ковши місткістю $6 - 8 \text{ м}^3$.

Для певних умов (кут підйому при транспортуванні 8° , коефіцієнт зчеплення 0.7), застосування ґрунтонапрямого пристрою найбільш раціонально.

Максимальну швидкість (v) необхідну для подолання підйому з кутом α не менш 8° при заданій потужності двигуна N_e визначимо залежністю

$$v = \frac{270 \cdot N_e \cdot \eta}{G_{\text{сх}}(\sin \alpha + f \cdot \cos \alpha)} \quad (13)$$

Для порожнього скрепера, при застосуванні будь - якого із трьох інтенсифікаторів, чи традиційного ковша, залежність швидкості переміщення від ваги інтенсифікатора прямопропорційна. З

появою додаткової металоконструкції швидкість транспортування падає пропорційно зростанню додаткової маси, і при транспортуванні порожньої машини вага модуля не обмежує рух скрепера на підйом.

Аналіз руху навантаженого скрепера, коли інтенсифікатори збільшують наповненість ковша ґрунтом до максимального, показує що скрепер може не піднятися на підйом при транспортуванні.

На рисунку 5 показана залежність швидкості переміщення від ваги скрепера при транспортуванні супісі, з коефіцієнтом наповнення для традиційного ковша, ковша спорядженого ГНП, підтрібаючою заслонкою та елеватором відповідно 1.06, 1.28, 1.3, 1.3.

З графіка можна знайти, наприклад, що для скрепера ДЗ-87-1А на базі трактора Т - 150 КМ з ковшем місткістю 6 м^3 , максимально допустима вага додаткової конструкції не повинна перевищувати 700 кг, з умови забезпечення підйому навантаженого скрепера на заданий кут (θ°).

З інтенсифікаторів, що розглядаються, найбільш перспективним треба вважати ГНП, бо по ваговим показникам він виграє у інших.

4. Вплив параметрів ковша на енергоємність процесу наповнення.

Вибір технологічного модуля здійснюється залежно від типу інтенсифікатора по результатам визначення місткості ковша, які розглянуті вище. Надалі, знаючи місткість ковша, необхідно визначити його основні параметри: висоту, довжину, ширину.

Методика визначення ширини ковша по енергетичному модулю відома, висоту і довжину визначимо для трьох інтенсифікаторів: елеватора, підтрібаючої заслінки та ГНП. Основне завдання - визначити залежність продуктивності скрепера, з застосуванням одного з трьох видів інтенсифікаторів і ковша з однаковою місткістю, від коефіцієнта довжини ковша (L/H).

Для елеваторного завантаження, якщо прийняти довжину елеватора постійною, можна змінювати тільки кут нахилу елеватора у ковші. Звідси може бути змінною висота ковша. Враховуючи це, а також вплив конструктивних особливостей на заповнення ковша скрепера, місткість ковша можна визначити по формулі:

$$V = B \cdot H^2 \cdot \left(\frac{1}{2 \cdot \operatorname{tg} \theta} + \frac{C_1}{\operatorname{tg} \varphi} \right), \quad (14)$$

де C_1 - коефіцієнт, залежний від максимальної висоти ковша і типу ґрунту, θ - кут нахилу елеватора в ковші.

Для визначення продуктивності необхідно знати шлях копання L_K . Величину шляху можна визначити з умови

$$V = B \cdot h_{\max} \cdot L_K - 0.5 \cdot B \cdot L_K^2 \cdot \operatorname{tg} \xi, \quad (15)$$

де ξ - кут нахилу ідеальної траєкторії копання до горизонталі при клиновій схемі копання. При постійному куті ξ

$$L_K = \sqrt{\left(\frac{h_{\max}^2}{\operatorname{tg} \xi} + H^2 \cdot \left[\frac{1}{\operatorname{tg} \theta} + \frac{2 \cdot C_1}{\operatorname{tg} \varphi} \right] \right)} \cdot \frac{1}{\operatorname{tg} \xi} - \frac{h_{\max}}{\operatorname{tg} \xi} \quad (16)$$

Аналізуючи графік продуктивності на рисунку 2, визначимо, що в разі застосування елеваторного завантаження продуктивність має найбільше значення при коефіцієнті довжини ковша, рівному 1. Таким чином при використанні елеваторного завантаження, необхідно застосовувати короткі ковші.

Завантаження підрибаючою заслінкою відрізняється від елеваторного не тільки принципом роботи, але і навантаженнями, що виникають при роботі заслінки.

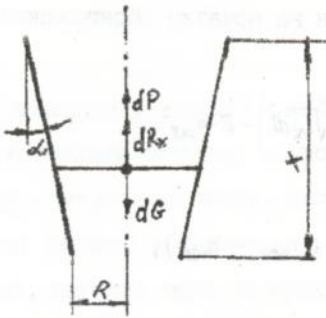


Рисунок 1 Схема розподілу сил у ГНП.

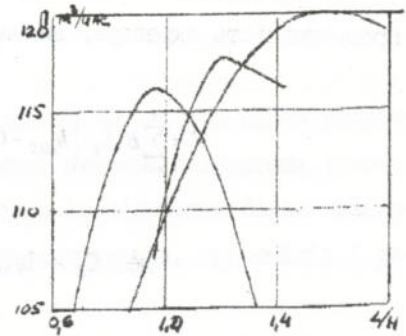


Рисунок 2 Графік залежності продуктивності скрепера від відношення висоти ковша до висоти ГНП

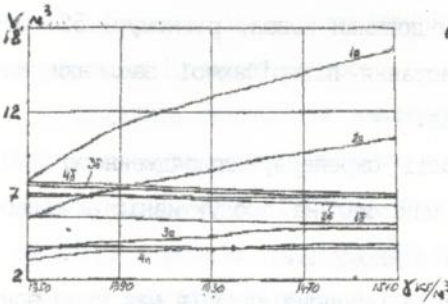


Рисунок 3 Залежність оптимального об'єму ковша від типу розробленого ґрунту для (1а-4а) робочого та (16-46) транспортного режиму.

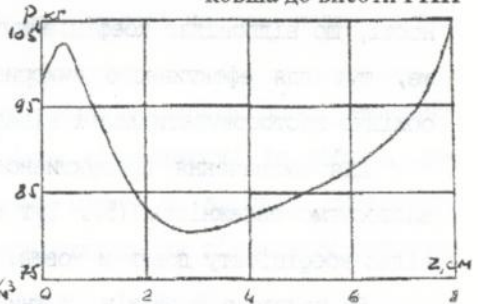


Рисунок 4 Залежність опору копання від величини щілини.

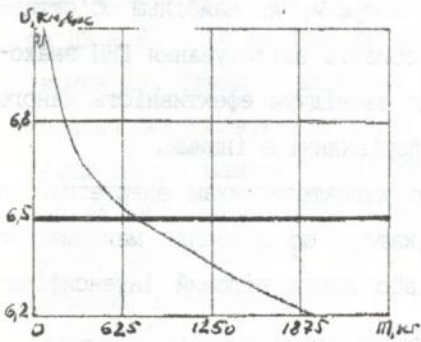


Рисунок 5 Залежність ваги інтенсифікатора від транспортного режиму.

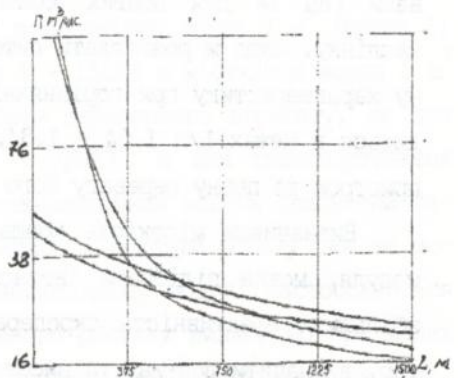


Рисунок 6 Ефективність модульного виконання скрепера.

Задаючись довжиною шляху копання між двома гребками, знайдемо продуктивність скрепера, визначивши на початку обсяг заповнення.

$$V = \sum_{n=3}^1 B \cdot L_K \cdot \left(h_{MAX} - C_2 \cdot \int_0^{L_{K,MAX}} \sqrt{L_K} dL \right) - B \cdot h_{MAX}^2, \quad (17)$$

$$\text{де } C_2 = L_{K,MAX}^{0.5} (h_{MAX} - h_{MIN}), \quad (18)$$

де h_{MAX} та h_{MIN} - найбільша та найменша глибина копання, $L_{K,MAX}$ - відстань, на якій скрепер набирає ґрунт.

Для цього випадку також є максимальне значення продуктивності, що відповідає коефіцієнту довжини ковша, рівному 1.52. Отже, тут для ефективного використання підгрибаючої заслонки необхідно застосовувати довгі ківші.

Для визначення продуктивності скрепера, спорядженого ГНП, застосуємо залежність (5). Тут максимальна продуктивність відповідає коефіцієнту довжини ковша, рівному 1.2.

Як постає з графіків, кожний з інтенсифікаторів має свою зону застосування. Для коротких ковшів L/N до 1.1 ефективніше застосовувати елеваторне завантаження, при 1.1 - 1.26 треба застосовувати ГНП та для довгих ківшів з L/N понад 1.26 підгрибаючу заслінку. Якщо ж розглядати питомі витрати, як найбільш об'єктивну характеристику при порівнянні, область застосування ГНП знаходиться в межах L/N 1.04 - 1.34, що засвідчує ефективність даного пристрою та певну перевагу його у порівнянні з іншими.

Визначивши місткість ковша по характеристикам енергетичного модуля, можна підібрати інтенсифікатор, що дозволяє максимально збільшити ефективність скрепера, або маючи відомий інтенсифікатор, визначити довжину та висоту ковша.

5. Ефективність застосування модульного компонування ковша скрепера.

Відповідно до теорії систем, скреперний агрегат можна розглядати як складну систему, у склад якої входять підсистеми (тягач, скрепер), що у свою чергу, складаються із підсистем більш низького рівня (ходове устаткування, силова установка, трансмісія і таке інше), окремих груп та вузлів.

Розщеплення скрепера на енергетичний та технологічний модулі, дозволяє отримати нові машини для різноманітних умов праці, покращити функціональні можливості парку машин. Але завдання можна конкретизувати: це - розщеплення на складові частини ковша та використання інтенсифікаторов.

Прийнята технологія земляних робіт для традиційних землерийних машин, та аналіз системи оцінок ефективності їх роботи, дозволяє розглядати робочий процес машин у вигляді системного об'єкту, а робоче устаткування представити як підсистему робочого процесу землерийної машини.

Ефективність застосування модульного компонування показують графіки, наведені на Рисунку 6, де дана залежність продуктивності від відстані транспортування. Для прикладу обрані скрепери ДЗ - 20В на базі трактору Т - 100МТС з місткістю ковша 7 м^3 (крива 1) та ДЗ - 87 - 1А на базі трактору Т - 150КМ з місткістю ковша 5 м^3 (крива 2). Крива 3 відбиває роботу скреперного агрегату, де для копання застосовується тягач Т - 100МТС, а для транспортування більш швидка машина Т - 150КМ, технологічний модуль прийнятий такий же як у скрепера ДЗ - 20В. Крива 4 показує роботу тих же модулів, що і крива 3, але у технологічному модулі застосовується пасивний інтенсифікатор. Із поданого рисунку видно, що при малих відстанях транспортування більш ефективний традиційний скрепер, а саме до 120 м. ДЗ - 20В, а з 120 м. до 630 м. ДЗ - 87 - 1А.

Засіб - копання тягачем Т - 100МТС, а транспортування Т - 150КМ стає більш ефективним при перевезенні ґрунту на відстань понад 850 м., інтенсифікатор дозволяє знизити раціональну відстань транспортування до 630 м.

При малих відстанях транспортування застосування двох енергетичних модулів з двома технологічними менш ефективно в зв'язку з витратами часу на заміну одного енергетичного модуля на інший.

Застосовуючи залежність (10) і (11) можна помітити, що для малозв'язних ґрунтів найбільш ефективно застосовувати підгрибачою заслінку, для складних ґрунтів із щільністю розпушеного ґрунту понад 1400 кг/м^3 стає більш ефективним застосування ГНП.

Аналіз робочого процесу дозволяє виявити області раціонального застосування елеваторного завантаження, підгрибачою заслінки, при чому вид інтенсифікатора залежить як від потужності енергетичного модуля, типу ґрунту, що розробляється, так і від місткості ковша.

6. Експериментальні дослідження.

Метою експериментальних досліджень є перевірка аналітичних розробок і порівняння аналітичних та експериментальних даних.

Моделльні випробування проводилися на ґрунтовому каналі ХДАДТУ, що складається з лотка з габаритами $10 \cdot 2$ м заповненого ґрунтом, та візка, з встановленою на ньому моделлю ковша скрепера вибраного типорозміру.

Передбачене планування ґрунту у лотку каналу, ущільнення та зволоження. Конструкцією візка передбачається можливість установки різноманітних робочих органів, у нашому випадку - ківш скрепера, з можливістю зміни параметрів процесу різання (кутів, глибини, швидкості різання) та довжини ковша. Проводилася тарировка з побудовою тарировочних графіків.

Особливості розгалуженого процесу вивчалися на основі певних дослідів, проведених з застосуванням пронумерованих маячків.

Проведені польові випробування на скрепері ДЗ - 20В, тягач Т - 130, підтвердили ефективність запровадженої конструкції ГНП. Експерименти проводилися традиційним ковшем, а також ковшем, спорядженим ґрунтонапрямним пристроєм з прямими плитами, що спрямовують ґрунт, та спорядженого ГНП, з щілиною поміж днищем та плиткою, ближньою до задньої стінки. Випробування проводилися на ґрунтах різних категорій. Проведені лабораторні експерименти показали ефективність запропонованої конструкції ГНП, що має особливість - щілину поміж ГНП і днищем ковша.

Внаслідок порівняння продуктивності традиційного ковша та ковша спорядженого ГНП, визначено, що продуктивність останнього більша на 25 - 30%. Якщо порівнювати коефіцієнт наповнення ковша з ГНП, пластини якого торкаються днища і ковша, що має щілину поміж ГНП та днищем, то на підставі польових експериментів визначено, що остання конструкція на 10 - 15% ефективніша. Дані експериментів дозволяють казати про достатньо високу ефективність застосування ГНП, конструкції, що пропонується.

Висновки

На основі підсумків дослідження можна зробити наступні висновки:

1. Проведений огляд першоджерел, показав актуальність застосування інтенсифікаторів.

2. Для підвищення ефективності робочого устаткування скрепера, необхідно спільно розглядати процес копання та режим транспортування. Проведення такого аналізу показало, що найбільш прийнятним пристроєм для підвищення ефективності скрепера є ґрунтонапрямний.

3. ГНП дозволяє знизити опір різанню на 15 - 20% на кінцевому етапі і призми волочіння на 5 - 15%, що істотно впливає на економію енергоресурсів, підвищення надійності машини та створення більш комфортних умов для оператора.

4. Проведені розрахунки визначили зв'язок між силою тяги і місткістю ковша скрепера, наприклад для колісного тягача класу 6 т, оптимальна місткість ковша, спорядженого ГНП, 5 - 8 м³.

5. Як показали лабораторні та польові дослідження, ГНП, що має щілину, з висотою пропорційною товщині стружки у задній плиті $z = K h_{\text{стр}}$, більш ефективний у порівнянні з пристроєм, що не має щілини. Наявність щілини у ГНП поєднує переваги традиційного ковша та ковша з ГНП, особливо на першому етапі. Майже 40% ґрунту, що надходить у ківш, проходить крізь зазначену щілину.

6. Мінімальна робота по заповненню ковша з ГНП відповідає для середніх пересічних ґрунтових умов таким параметрам пристрою: кут розходження плит - 26°, величина щілини $Z = K_F K_X H_K$, та висота ГНП - $H_{\text{ГНП}} = 0.3 H_K$ без урахування висоти щілини.

7. ГНП з оптимальними розмірами має широку зону застосування залежно від типу ґрунту, що розробляється ($\gamma > 1400 \text{ кг/м}^3$), при цьому параметри пристрою залежать від параметрів ковша, типу ґрунту, виду енергетичного модуля, умов транспортування.

8. Застосування ГНП, конструкції, що пропонується раціонально для ковшів з коефіцієнтом довжини більш 1.08. Згідно з проведеними розрахунками, інтенсифікатори впливають на раціональну довжину ковша, наприклад, максимальна продуктивність для ковша з ГНП проявляється при коефіцієнті довжини ковша 1.2.

9. Результати експериментальних досліджень стверджують життєздатність запропонованого способу наповнення ковша скрепера з ГНП запропонованої конструкції, вірогідність математичної моделі процесу наповнення ковша.

Основні положення дисертації відбиті у наступних працях:

Основна література:

1. Нічке В.В., Власенко І.В., Єрмакова О.А. - Застосування ґрунтонапрямого пристрою для зниження робочого опору наповнення скрепера. Гідромеліорація та гідротехнічне будівництво. Збірник 20. Львів. 1993. 5 с.

2. Нічке В.В., Антонов М.А., Єрмакова О.А., Власенко І.В. - Підвищення ефективності скреперів. В кн. Робочі процеси землерійно - транспортних машин і їх інтенсифікація. Харків. ХДАДТУ. 1995. 13 с.

3. Нічке В.В., Власенко І.В., Дмитрієва Л.А., Єрмакова Е.А. Проблемы создания новых машин и технологий. Научные труды региональной научно - технической конференции. Кременчуг. 1996. 4 с.

Додаткова література:

4. Положительное решение на изобретение №4926434/03. Ківш скрепера. 1991. Нічке В.В., Власенко І.В., Захаров В.І., Єрмакова Е.А., Яблуновський В.С.

5. Нічке В.В., Єрмакова Е.А., Власенко І.В., Шонія Н.М. - Повышение эффективности скреперов совершенствованием процесса наполнения ковша. Сборник трудов научной конференции "Повышение эффективности землеройных машин." Воронеж. 1992. 2 с.

6. Нічке В.В., Власенко І.В., Шонія Н.М., Шевченко Г.А. - Снижение нагруженности скреперов применением рациональных способов заполнения ковша. Тезисы докладов конференции "Механизация производственных процессов в водохозяйственном строительстве." Ровно. 1990. 1 с.

7. Власенко І.В. - Снижение сопротивления наполнения ковша скрепера. Тезисы докладов научной конференции "Совершенствование подготовки специалистов в области строительства, реконструкции зданий и сооружений." Харьков. 1991. 1 с.

8. Нічке В.В., Власенко І.В., Шонія Н.М., Єрмакова Е.А. - Совершенствование процесса наполнения ковша скрепера. Тезисы докла-

дов научно - технической конференции, посвященной 60 - летию ВИСИ. 1991. 1 с.

9. Ничке В.В., Власенко И.В., Ермакова Е.А. - Снижение трения в процессе наполнения ковша скрепера применением грунтонаправляющих аппаратов. Тезисы докладов научной конференции "Триботехника - машиностроению." Нижний Новгород. 1991. 1 с.

10. Ничке В.В., Шония Н.М., Ермакова Е.А., Власенко И.В. - Влияние способа заполнения ковша на режим нагружения скреперного агрегата. Тезисы докладов научной конференции "Методы ускоренных стендовых испытаний агрегатов и с/х машин на надежность." Челябинск. 1991. 1 с.

11. Ничке В.В., Власенко И.В., Антонов Н.А., Ермакова Е.А. - Применение скреперов с постоянной толщиной стружки для снятия слоев грунта. Тезисы докладов международной научно - практической конференции "Актуальные вопросы охраны окружающей Среды от антропогенного воздействия." Кременчуг. 1994. 2 с.

12. Ничке В.В., Власенко И.В., Антонов Н.А., Ермакова Е.А., Хамза Самир - Совершенствование процесса наполнения ковша скрепера применением грунтонаправляющего аппарата. Тезисы докладов международной научно - технической конференции "Строительные и дорожные машины и их использование в современных условиях." Санкт-Петербург. 1995. 2 с.

13. Ничке В.В., Власенко И.В., Антонов Н.А., Ермакова Е.А. - Повышение эффективности наполнения ковша скрепера. Тезисы докладов международной научно - технической конференции "Повышение эффективности проектирования, испытания и эксплуатации двигателей, автомобилей, вездеходных, специальных строительных и дорожных машин." Нижний Новгород. 1995. 1 с.

14. Власенко І.В., Ермакова О.А., Дмитрієва Л.А. Техніко - економічне зрівняння способів заповнення ковша скрепера. Тезиси регіональної науково - практичної конференції. "Проблеми розроб-

ки, виробництва, експлуатації та ремонту підйомно - транспортних, будівельних та дорожніх машин". КІВІ. Кіровоград. 1996. 1 с.

Власенко И.В. - Повышение эффективности скрепера применением грунтонаправляющего устройства.

Диссертация на соискание научной степени кандидат технических наук по специальности 05.05.04 - машины для земляных и дорожных работ ХГАДТУ. Харьков. 1997.

К защите представляется работа, которая содержит исследования процесса наполнения грунтом ковша скрепера оснащенного грунтонаправляющим устройством (ГНУ). Приводятся данные исследования влияния различных интенсификаторов, влияния рабочего и транспортного режима на эффективность скрепера, снабженного различными видами интенсификаторов, а также результаты экспериментальных исследований, выполненных методами математического и физического моделирования с применением вычислительной техники.

Показано, что применение ГНУ предлагаемой конструкции, уменьшает сопротивление копания и увеличивает наполнение ковша, за счет присутствия ветвящегося процесса заполнения ковша скрепера с ГНУ, через щель между задней плитой ГНУ и дном ковша.

В работе предложены математические модели по определению характеристик заполнения ковша с ГНУ и определение рациональных характеристик ковша, грунту для различных интенсификаторов. Применение интенсификаторов рассматривалось с учетом характеристик транспортного и рабочего режимов.

Анализ процесса копания скрепером с ГНУ показывает, что эффективность скрепера возрастает: производительность на 35 - 45 %, долговечность на 30 - 35%, приведенные удельные затраты уменьшаются на 20 - 25%.

Ключевые слова: скрепер, грунтонаправляющее устройство, транспортный режим, копание, интенсификатор, эффективность.

Vlasenko I. V.- Increase of efficiency scraper by application soil track appliance.

The dissertation for an scientific degree the candidate of technical sciences on speciality 05.05.04 - machine for earth and road works. The Kharkov state automobile - road technical university. Kharkov. 1997.

To protection work is represented, which contains researches of process of filling bucket of scraper by a ground at the expense of application soil track appliance (IHY). The research of influence various intensificators was show on efficiency scraper, influence of a working and transport mode to efficiency scraper, supplied by various kinds intensiter, but also results of experimental researches, mathematical methods and physical modeling with application of computer facilities.

Is shown, that the application (IHY) of an offered design, reduces resistance digging and increases filling bucket, at the expense of presence branchy of process of filling bucket of scraper with application of track, through crack between back track plate and bottom bucket.

In work is offered mathematical models on determination of the characteristics of filling bucket with soil track appliance and determination of the rational characteristics bucket, ground for various intensiters. The application intensiters was considered with allowance for of the characteristics of transport and working modes.

The analysis of process digging by scraper with application of soil track shows, that the efficiency scraper grows: productivity on 35 - 45 %, durability on 30 - 35 %, the indicated specific costs decrease on 20-25 %.

Key words: scraper, soil track appliance, transport mode, digging, intensiter, efficiency.

Власенко Г.В. - Підвищення ефективності скрепера застосуванням ґрунтонапрямого пристрою.

Автореферат дисертації на одержання вченої ступені кандидата технічних наук: Харків, 1997.

Декларація особистого вкладу до опублікованих праць у соавторстві.

Тп/п	Поз.сп	Особистий вклад по змісту	Вклад, %
1.	1.	Розгляд процесу наповнення ковша скрепера з ГНП.	30
2.	2.	Аналіз різних видів інтенсифікаторів, визначення раціональних конструкцій.	25
3.	3.	Визначена раціональна місткість ковша скрепера з ГНП.	40
4.	4.	Запропонована загальна конструкція та принцип дії скреперного ковша з ГНП.	40
5.	5.	Визначено зростання продуктивності скрепера з ГНП.	30
6.	6.	Визначений опір наповненню у ГНП.	30
7.	7.	Зростання ефективності скрепера з ГНП.	100
8.	8.	Розглянені пасивні інтенсифікатори процесу наповнення ковша скрепера.	30
9.	9.	Визначений опір наповненню ковша скрепера з ГНП.	25
10.	10.	Визначені навантаження наповненню ковша скрепера з ГНП нової конструкції.	30
11.	11.	Проведений аналіз інтенсивності зростання опору з ГНП.	25
12.	12.	Проведений аналіз процесу наповнення з застосуванням ГНП.	20
13.	13.	Визначені показники ефективності для ГНП.	25
14.	14.	Визначені ділянки використання ГНП.	40

Handwritten signature
436445

Ав 37.817
АВ 37.817

№	Назва	Вид	Вид
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			
31			
32			
33			
34			
35			
36			
37			
38			
39			
40			
41			
42			
43			
44			
45			
46			
47			
48			
49			
50			
51			
52			
53			
54			
55			
56			
57			
58			
59			
60			
61			
62			
63			
64			
65			
66			
67			
68			
69			
70			
71			
72			
73			
74			
75			
76			
77			
78			
79			
80			
81			
82			
83			
84			
85			
86			
87			
88			
89			
90			
91			
92			
93			
94			
95			
96			
97			
98			
99			
100			

Підписано до друку 3.05.97
Формат 60 x 84 різнографія
Обсяг 1,0 друк. ар.
Тираж 100 прим.
Друкарня ХДУС
Вул. Маршала Бажанова, 28.