

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ

КИЇВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

На правах рукопису



ГАРКАВЕНКО Олександр Миколайович

РОЗРОБКА ТА СТВОРЕННЯ ШВИДКІСНИХ  
ОБРУШУЮЧИХ ДИСКОВИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ  
ЗЕМЛЕРИЙНИХ МАШИН БЕЗПЕРЕРВНОЇ ДІЇ

05.05.04 - Машини для земляних та дорожніх робіт

А в т о р е ф е р а т  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Київ - 1996



00759834 (-)

Дисертацією є рукопис

Робота виконана у Київському державному технічному університеті будівництва і архітектури

Наукові керівники: Заслужений діяч науки і техніки України, академік АБ України, доктор технічних наук, професор Баладіньський Вадим Леонідович;

член-кореспондент АБ України, кандидат технічних наук, доцент Пелевін Леонід Євгенович.

Офіційні опоненти: Заслужений винахідник України, академік АБ України, доктор технічних наук, професор Хмара Леонід Андрійович;

академік АБ України, кандидат технічних наук, професор Баранніков Віктор Федорович.

Провідна установа: Коростенський завод шляхових машин мінмаш-оборонпрому України.

Захист відбудеться 17 травня 1996 р. о 10<sup>30</sup> на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 01.18.07 в Київському державному технічному університеті будівництва і архітектури за адресою: 252037, Київ-37, Повітрофлотський проспект, 31, КДТУБА.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці КДТУБА.

Автореферат розісланий 16 квітня 1996 р.

ЛНБ ім. В. Стефаника  
АН України

Вчений секретар спеціалізованої вченої ради, кандидат технічних наук, доцент

Гарнець В.М.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ.** Високошвидкісні машини динамічної дії знайшли широке застосування для розробки м'яких і високоміцних ґрунтів. Використання існуючих машин пов'язане з великими витратами енергії як на різання, так і на транспортування розробленого ґрунту.

Дана робота присвячена дослідженню закономірностей процесів розробки ґрунтового масиву високошвидкісними робочими органами дискового типу, які працюють в умовах обриваючого забоя (з від'ємним кутом нахилу) з одночасною екскаваторною розробкою ґрунту.

**МЕТА РОБОТИ** полягає у створенні та дослідно-промислового впровадженні високошвидкісних робочих органів, які працюють в умовах обриваючого забоя (з від'ємним кутом нахилу), а також в розробці методики їх розрахунків.

**НАУКОВА НОВИЗНА.** Розроблений новий принцип ефективної розробки ґрунту швидкісними дисковими робочими органами, що дозволяє зменшити енергоємність процесу за рахунок підрізання забоя та його послідувального обвалення. Запропоновані принципово нові теоретичні основи передачі енергетичного потоку в обмежений обсяг ґрунту за рахунок можливості управління напрямком від ґрунторозроблюючих елементів та організації загального потоку на принципі суперпозиції потоків від цих джерел та відображених потоків.

**НА ЗАХИСТ ВНОСЯТЬСЯ:** Результати дослідження принципово нового робочого процесу дискових робочих органів, які

працюють в умовах обрушувчого забоя з одночасною екскавацією ґрунту; нові аналітичні залежності кінематичних та силових параметрів робочого органу від фізико-механічних властивостей ґрунту, а також геометричних параметрів забоя та робочого органу; конструктивні рішення ґрунторозроблюючих та елементів, що транспортують ґрунт; методика інженерного розрахунку багаторізцевих дискових робочих органів нової конструкції.

**ПРАКТИЧНА ЦІННІСТЬ.** Запропоновані принципово нові конструкції робочих органів, в основі яких лежить динамічне руйнування робочого середовища в умовах обрушувчого забоя з одночасною екскавацією розробленого ґрунту із зони різання. Землерийні машини, обладнані такими робочими органами дозволяють знизити енергоємність процесу розробки ґрунту.

**АПРОБАЦІЯ РОБОТИ.** Про матеріали дисертації автор доповідав на 52-56 науково-практичних конференціях КІБІ (Київ, 1991-1995 р.р.), на науково-технічній конференції суспільства "Знання" України по інтенсифікації робочих процесів землерийних машин у будівництві (Київ, 1989 р.), на науково-практичній конференції по матеріалам, технології, організації та економіці будівництва (Новосибірськ, НІБІ ім. Куйбішева, 1992 р.). Робота в цілому доповідалася та схвалена на засіданні кафедри будівельних машин КДТУБА. Основний зміст досліджень викладено в 20 друківаних працях.

**РЕАЛІЗАЦІЯ РОБОТИ.** Розроблені та виготовлені дослідно-промислові зразки у вигляді ручного механізованого інструменту та навісного обладнання на екскаватор типу

ЕО-2621. Результати досліджень використовуються у навчальному процесі при викладанні дисципліни "Машини для земляних робіт", у курсовому та дипломному проектуванні.

**СТРУКТУРА ТА ОБСЯГ РОБОТИ.** Дисертація складається із вступу, 4 розділів, заключення, переліка використаної літератури з 87 найменувань, 4 додатків; містить 84 малюнка та 7 таблиць. Загальний обсяг дисертації складає 153 сторінки, обсяг основного тексту 127 сторінок, додатків 26 сторінок.

### **ЗМІСТ РОБОТИ**

**У ВСТУПІ** обґрунтовується актуальність питання, сформульовані мета роботи, наукова новизна та практична цінність. Наведена загальна характеристика роботи, сформульовані основні положення та результати, що виносяться на захист.

**У ПЕРШОМУ РОЗДІЛІ** виконаний огляд та аналіз існуючих методик розрахунку навантаження на землерийні машини безперервної дії, а також проведений аналіз їх конструктивного виконання як по принципу розробки ґрунту, так і по засобу його транспортування.

Дослідженню процесів та закономірностей розробки ґрунтового масиву землерийними машинами безперервної дії присвячені роботи В.Л.Баладінського, В.І.Баловнева, Ю.О. Ветрова, В.В.Нічке, І.А.Недорезова, Л.Є.Пелевіна, Л.А.Хмари, О.М.Холодова та інших вчених.

Розробці теоретичних основ роботи метачів присвячені роботи М.С.Гласко, А.Б.Жаброва, Н.А.Ісрафілова, А.А.Кавалєрова, Б.І.Караваєва, Л.П.Лінгайтіса, Д.А.Шалманя та ін.

Одним із основних недоліків існуючих робочих органів машин безперервної дії є висока енергоємність розробки ґрунтового масиву внаслідок розсіювання енергії деформації в ґрунтовий масив, що не обмежений розмірами, а також висока енергоємність транспортування ґрунту до місця укладки.

Виникає необхідність у використанні такого принципу руйнування ґрунту, що дозволяв би створювати напружено-деформований стан ґрунтового масиву у якомусь замкнутому самообрушувачому об'ємі, обмеженому природничими чи штучними кордонами, а також мати можливість реалізувати в одному виконавчому механізмі роботу по руйнуванню та екскавації ґрунту. Це можливо при реалізації принципово нового способу розробки ґрунту.

Особливістю нового методу є установка робочого органу таким чином, щоб ґрунт який опрацьовується, знаходився над робочим органом (між денною поверхнею ґрунту і робочим органом), тобто утворюється забій з можливістю обрушення ґрунту на робочий орган (або забій з від'ємним кутот нахилу).

Найбільш ефективним, на наш погляд, є робочий орган безперервної дії, виконаний у вигляді приводного диску, заглибленого на 0,8...0,9 його діаметру в ґрунт і встановленого таким чином, що ґрунт міститься над чільною поверхнею диску, тобто диск працює в умовах обрушувачого забоя. На площині диску у певному порядку розміщені ріжучі і транспортувальні елементи. При цьому диск виконує як ріжучі так і транспортувальні функції.

При роботі таких робочих органів енергія деформації передається у замкнутий простір у вигляді сферичного клину, обмеженого, з одного боку, - габаритами диску, а з іншого - денною поверхнею ґрунту. При цьому енергетичний потік, ви-

ходячи з принципу суперпозицій, сумується в окремих точках замкнутого простору над робочим органом, створюючи напруги що, перевищують межу міцності робочого середовища. Локалізація потоку енергії базується на програмуванні напрямку окремих джерел (ріжучих елементів).

Задачі досліджень включають в себе наступні етапи: з'ясування фізичних особливостей процесу; визначення кінематичних та силових параметрів робочого органу; аналітичний опис процесу взаємодії робочого органу з ґрунтом; розробка інженерної методики розрахунку високошвидкісних багаторізцевих дискових робочих органів; створення на основі математичної моделі нових робочих органів, працюючих в умовах обрешуючого забор.

В ДРУГОМУ РОЗДІЛІ наведено аналітичний опис взаємодії дискового робочого органу з ґрунтом та обґрунтування раціональної частоти обертання диску за умови повного винесення розробленого ґрунту з забор, а також раціональної конфігурації ґрунтовиносних лопаток та розміщення ґрунторуйнівних елементів.

Для визначення швидкості впливу ріжучого елемента на ґрунт, товщини стружки яку він зрізує та інших кінематичних параметрів проведений кінематичний аналіз взаємодії дискового робочого органу з ґрунтом.

Траєкторія руху окремо взятого ріжучого елемента становить гвинтову лінію на поверхні еліптичного циліндру з нахилом в бік, зворотній руху базової машини.

Швидкість впливу ріжучих елементів на ґрунт можна визначити з виразу

$$V_1 = \sqrt{V_m^2 + R^2 \cdot \omega^2 - 2V_m \cdot R \cdot \omega \cdot \cos \alpha \cdot \cos \omega t}, \quad (1)$$

де  $V_m$  - швидкість подачі робочого органу на забій;  $R$  - радіус до осі 1-го ґрунторуйнуючого елемента;  $\omega$  - частота обертання диску;  $\alpha$  - кут нахилу робочого органу.

Товщина стружки ґрунту, що зрізається одним ріжучим елементом, визначається із рівняння

$$\Delta h = (\varphi V_m R \cdot \sqrt{1 - \cos^2 \alpha \cdot \cos^2 \omega t}) / V_1, \quad (2)$$

де  $\varphi$  - кут між сусідніми ґрунторуйнуючими елементами, які працюють за схемою "слід у слід".

Під ґрунторуйнуючими елементами, які працюють за схемою "слід у слід", мається на увазі таке їх розміщення, при якому вони встановлюються на площині диску кільцевими рядами.

При роботі ґрунторуйнуючих елементів можна говорити про просторовість утворення і розвиток тріщин, а іменно: перед чільною гранню ґрунторозробляючого елемента - перша складова; від бічних граней ґрунторозробляючого елемента в сторони - друга складова.

Траєкторія тріщин підкоряється закономірностям які бачуться на умові мінімуму витрат енергії на їх утворення.

При роботі робочого органу, завдячуючи динамічності процесу, здійснюється макро- та мікрообрушення ґрунту в глибині забою. Під макрообрушенням мається на увазі обрушення козирка незруйнованого різанням ґрунту, розміщеного над робочим органом між денною поверхнею ґрунту та робочим органом. Під мікрообрушенням мається на увазі обрушення незруйнованих різанням виступів ґрунту, обмежених двома сусідніми кільцевими рядами ґрунторуйнуючих елементів.

При утворенні нового типу забою напруги, що розтягують масив ґрунту, внаслідок дії сил тяжіння та динаміки процесу також знижують фактичну напругу в ґрунті, необхідну для обрушення ґрунтового масиву. Обрушення масиву ґрунту, що знаходиться над робочим органом, є наслідком утворення і стійкого розвитку тріщин в ґрунті, бо в цьому випадку сила тяжіння сприяє відокремленню елемента ґрунту від масиву (рис. 1). Відстань від денної поверхні ґрунту до місця утворення та стійкого розвитку головної тріщини (плечо сколу) визначається з виразу

$$l_{zv} = \frac{P}{\pi \cdot \sigma_d \cdot D}, \quad (3)$$

де  $P$  - сумарне навантаження, що передається від робочого органу в замкнутий обсяг ґрунту;  $\sigma_d$  - динамічна міцність ґрунту при стисканні;  $D$  - діаметр робочого органу.

При мікрообрушенні джерелами збудження є радіально розміщені на площині диску ґрунторуйнуючі елементи, відстань між якими визначається з виразу

$$l < \sqrt{\frac{4 \cdot P \cdot h}{\pi \cdot B \cdot (\sigma_{\alpha\alpha} - \sigma_p) \cdot \sin 2\alpha}} - h^2, \quad (4)$$

де  $\sigma_{\alpha\alpha}$  - напруги стиску в ґрунті;  $\sigma_p$  - напруги, що розтягують ґрунт;  $B$  - ширина ґрунторуйнуючого елемента.

Для дослідження конфігурації транспортуючих елементів, як допущення прийнято, що на диску встановлена нескінченна кількість лопаток та товщина кожної з них дорівнює нулю. Потужність, яка витрачається на винос розробленого ґрунту, залежить від того, яку форму має ґрунтовиносна лопатка та визначається з рівняння

$$N_{rp} = m \cdot U_2 \cdot (U_2 - m \cdot g \cdot \text{ctg} \beta^2 / 2\pi \cdot r_2 \cdot b \cdot \gamma), \quad (5)$$

де  $m$  - секундна маса ґрунту;  $U_2$  - переносна швидкість ґрунту;  $\beta_2$  - кут між абсолютною та переносною швидкостями часток ґрунту;  $r_2$  - радіус лопатки;  $\gamma$  - щільність ґрунту;  $g$  - прискорення вільного падіння;  $b$  - відстань від лопаток до незруйнованого різання ґрунту.

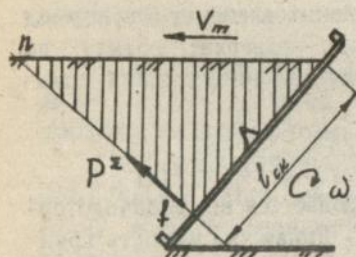


Рис. 1 Схема до визначення ефективного плеча сколу.

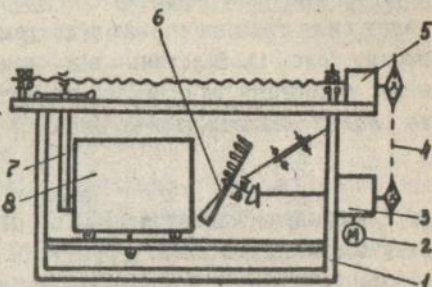


Рис. 2 Кінематична схема дослідницького стенду.

Найкращі результати дає лопатка, яка виконана загнуту наперед, тобто при  $\beta_2 > 90^\circ$ , т.я. при цьому частки ґрунту, що виносяться набувають максимум енергії, а, отже, і збільшується дальність вильоту.

Необхідно відзначити, що процес розробки ґрунтового масиву дисковими робочими органами з ґрунторуйнуючими елементами ширина яких в декілька разів перевищує глибину різання, тобто  $(B/h) > 10$ , має ряд відмітних особливостей в порівнянні з традиційним різанням. Ці особливості полягають у наступному: хоч проріз в ґрунті і має трапецевидний обрис, бокові розвали можна не враховувати, т.я.  $(B/h) > 10$ ;

процес різання має динамічний характер, що необхідно враховувати при визначенні навантаження на робочий орган.

Згідно з теорією динамічного руйнування, сила опору ґрунту руйнуванню одним ріжучим елементом визначається із рівняння

$$P = \frac{UK_{\alpha} \cdot \varphi \cdot V_m \cdot R \cdot B \cdot \sqrt{1 - \cos^2 \alpha \cdot \cos^2 \omega t}}{2K_{\alpha} \cdot \sqrt{V_m^2 + R^2 \cdot \omega^2} - 2V_m R \omega \cos \alpha \cdot \cos \omega t} \quad (6)$$

де  $U$  - швидкість розповсюдження хвилі деформації;  $K_{\alpha}$  - коефіцієнт, що враховує кут загострення ґрунторуйнуючого елемента;  $K_{\alpha}$  - питомий опір ґрунту динамічному руйнуванню.

Для робочого органу з декількома ріжучими елементами, що руйнують ґрунт по схемі "слід у слід" у формулі (6) необхідно враховувати сили опору, що виникають за рахунок тертя бічних граней  $m$ -ої кількості зубців, додаткового подріблення штибу та збільшення кількості ґрунторуйнуючих елементів.

Силу опору ґрунту руйнуванню  $P$  можна уявити як таку, що складається із сили опору руйнуванню перед чільною гранню ножа та сили опору відокремленню ґрунту ребрами ріжучого елемента, де під ребрами мається на увазі сума довжин бічних ребер ріжучого елемента та ріжучої кромки.

Виходячи з сказаного вище, силу опору ґрунту руйнуванню дисковим робочим органом можна описати виразом

$$A = P + P(m; B; h; f), \quad (7)$$

де  $P$  - сила опору ґрунту руйнуванню одиночним ножом;  $P(m; B; h; f)$  - додаткова складова сили опору ґрунту руйнуванню, яку можна представити як функцію кількості ґрунторуйнуючих елементів, працюючих "слід у слід", а також ширини і товщини стружки та коефіцієнту тертя ґрунту по матеріалу зуба. Отже, опис характеру збільшення сили опору ґрунту руйнуванню

вимагає додаткових експериментальних та аналітичних досліджень.

У ТРЕТЬОМУ РОЗДІЛІ наведені результати експериментальних досліджень взаємодії дискового робочого органу з ґрунтом та закономірностей зміни додаткової складової сили опору ґрунту руйнуванню. Крім того, описані результати дослідження взаємодії з ґрунтом багаторізецевого ножа послідовної дії та залежності силових параметрів робочого органу від кута нахилу диску.

Для дослідження характеру зміни сили опору ґрунту руйнуванню при роботі багаторізецевих робочих органів були проведені дві серії дослідів на спеціально розроблених стендах. Стенд для дослідження моделей дискових робочих органів (рис. 2) складається з рами 1, електродвигуна 2, редуктора 3, ланцюгової передачі 4, реверсивного редуктора 5, моделі робочого органу 6, тензометричного елемента 7 та контейнера з ґрунтом 8. Перша серія дослідів полягала у реєстрації сил опору ґрунту руйнуванню при розміщенні ріжучих елементів на площині диску методом "слід у слід". В другій серії дослідів застосований складний ніж, що складається з декількох елементів, які переміщуються незалежно один від одного в напрямляючих і працюють по схемі "слід у слід". Результати дослідів показали, що зі збільшенням кількості ґрунторуйнуючих елементів  $n$ , які розташовані на однаковій відстані від центру диску, тобто розроблюють ґрунт за схемою "слід у слід", сумарна сила опору ґрунту руйнуванню збільшується, незважаючи на те, що площа контакту робочого органу з ґрунтом в усіх дослідях залишалася незмінною.

Додаткова складова сумарної сили опору ґрунту руйнуванню апроксимується виразом

$$P_m = K_0 \cdot B \cdot (m-1) \cdot h / m, \quad (8)$$

де  $K_0$  - показник питомого динамічного опору середовища руйнуванню для багаторізевого робочого органу;  $B$  - ширина ріжучого елемента;  $h$  - глибина різання, що опрацьовується за один оберт диску  $m$ -ною кількістю ріжучих елементів.

Показник питомого опору  $K_0$ , з урахуванням сказаного, залежить як від фізико-механічних властивостей робочого середовища, так і від геометричних параметрів процесу різання та визначається з рівняння

$$K_0 = \frac{U \cdot K_a \cdot B \cdot h}{2f \cdot m \cdot V \cdot K_a \cdot (B+2\Delta h)^2}, \quad (9)$$

де  $f$  - коефіцієнт тертя ґрунту по матеріалу ріжучого елемента;  $\Delta h$  - товщина стружки, що зрізається одним ріжучим елементом.

Дотична сила опору ґрунту руйнуванню 1-го ряду ріжучих елементів, які працюють за схемою "слід у слід" визначається з виразу

$$P = \frac{U \cdot K_a \cdot B \cdot h}{2 \cdot V \cdot K_a} \left[ 1 + \frac{B \cdot h \cdot (m-1)}{m^2 \cdot f \cdot (B+2\Delta h)^2} \right]. \quad (10)$$

Загальна дотична сила опору ґрунту руйнуванню визначається як сума сил, які діють на кожний кільцевий ряд ріжучих елементів.

Потужність, яка витрачається на різання ґрунту диском робочим органом, визначається з виразу

$$W = R \cdot \sum_{i=1}^z \left[ \frac{U \cdot K_a \cdot B \cdot h}{2 \cdot V \cdot K_a} \left[ 1 + \frac{B \cdot h \cdot (m-1)}{m^2 \cdot f \cdot (B+2\Delta h)^2} \right] \right], \quad (11)$$

де  $Z$  - число кільцевих рядів ґрунторуйнувучих елементів.

Експериментальні дослідження показали, що зі збільшен-

ням кількості ґрунторуйнуєчих елементів, середньоквадратичне відхилення сили різання, що характеризує динаміку процесу, зменшується.

Раціональний кут нахилу робочого органу лежить у межах  $65...75^\circ$ . Зменшення кута нахилу призводить до зниження продуктивності робочого органу, а його збільшення - до підвищення сили опору ґрунту руйнуванню внаслідок того, що знижується ефект від самообрушення ґрунту, крім того, розповсюдження хвиль деформацій відбувається в глибину ґрунтового масиву.

Порівняння результатів аналітичного визначення сили опору ґрунту руйнуванню з одержаними експериментальними даними для одних і тих же умов дає підставу стверджувати, що запропонований метод розрахунку силових параметрів дискових робочих органів має достатньо близькі до фактичних результати.

Таким чином, запропонований метод визначення силових параметрів високошвидкісних багаторізцевих дискових робочих органів може бути рекомендований для інженерних розрахунків з достатньо високою точністю.

**У ЧЕТВЕРТОМУ РОЗДІЛІ** визначені умови роботи вільно закріплених ґрунторуйнуєчих елементів та визначені умови їх обертання навколо своєї осі, виконаний синтез навісок дискових робочих органів, приведені технічні рішення по конструктивному виконанню дискових робочих органів з широким спектром технологічних можливостей, а також наведений розрахунок металоконструкції навісного обладнання при упорі в жорстку перешкоду на рівні центру диску.

Для роботи вільно закріплених ґрунторуйнуєчих еле-

ментів необхідне додержання умови

$$P \cdot R_0 \geq f_c \left( \left( \sqrt{V_{P1}^2 + H_{P1}^2} + \sqrt{V_{P2}^2 + H_{P2}^2} \right) \cdot R_0 + V_{P2} \cdot R_0 \right), \quad (12)$$

де  $R_0$  – радіус центру прикладення навантаження;  $V_{P1}$ ,  $V_{P2}$ ,  $H_{P1}$ ,  $H_{P2}$  та  $H_{P2}$  – реакції з боку втулки на хвостовик ґрунторуїнувчого елемента;  $f_c$  – коефіцієнт тертя матеріалу хвостовика ґрунторуїнувчого елемента по кріпильній втулці;  $R_0$  – радіус хвостовика;  $R_0$  – радіус опорної кінчної поверхні хвостовика.

Дослідно-промислові зразки багаторіцевих дискових робочих органів виготовлені у вигляді ручного механізованого інструменту та навісного обладнання на екскаватор типу ЕО-2621.

Ручний механізований інструмент включає диск 1 з встановленими на ньому ріжучими 2 і транспортувчими 3 елементами. Привод робочого органу здійснюється від електродвигуна 4 потужність 3 кВт. та частотою обертання валу  $1500 \text{ хв}^{-1}$  через кінчний редуктор 5. Інструмент має також раму 6 та два опорних колеса 7 і 8 (рис. 3).

Дискове навісне обладнання встановлюється на рукояті екскаватору ЕО-2621В-3 замість ковша і включає диск 3 з ріжучими 4 і транспортувчими 5 елементами. Гідродвигун 9 підключається до загальної гідросистеми базової машини і встановлений на редукторі 2. Редуктор 2 з'єднаний з рукояттю 7 екскаватору двома стійками 1, до яких прикріплений відбивач ґрунту 6. До верхньої частини стійок 1 кріпиться гідроциліндр керування кутом нахилу 8 (рис. 4).

Дискове навісне обладнання, що встановлюється на одноковшовий екскаватор замість ковша, має продуктивність у 1,5...2 рази вищу, ніж у одноковшових екскаваторів типу ЕО-2621. Розроблена конструкція навіски дискового робочого

органу на гусеничній базі дозволяє максимально наблизити робочий орган до базової машини, тим самим найбільш ефективно реалізувати тягові можливості трактора.

Параметрами, що характеризують траєкторію заглиблення дискового робочого органу, є кут повороту нижньої тяги  $\alpha$  та відстань  $d$  між шарніром кріплення гідроциліндру та центром диску. Ці параметри визначаються з виразів

$$d = \sqrt{(l^2 + f^2 - 2lfc \cos(fr \cos(l^2 + b^2 - c^2)/2lb) - \beta^2)}; (13)$$

$$\alpha = \frac{3\pi}{2} - Q - \arccos((K^2 + l^2 - a^2)/2Kl) - \arccos((l^2 + a^2 - f^2)/2ld), (14)$$

де  $l$ ,  $f$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $K$ ,  $a$  - лінійні параметри навіски;  $Q$  та  $\beta$  - кутові параметри навіски.

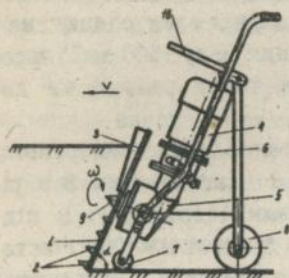


Рис. 3 Ручний механізований інструмент

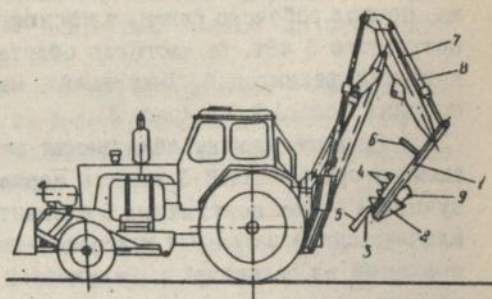


Рис. 4 Дискове навісне обладнання

З метов збільшення дальності винесення розробленого ґрунту, конструкція робочого органу удосконалена шляхом установки на площині диску елементів, що транспортують ґрунт

радіально консольно, довжина  $L$  незакріплених ділянок яких визначається з виразу

$$L = (22.7 \dots 30,1) \cdot \sqrt{\alpha \cdot X}, \quad (15)$$

де  $\alpha$  - товщина елемента, що транспортує ґрунт;  $X$  - величина прогину елемента, що транспортує ґрунт.

Розроблені конструкції дискових робочих органів дозволяють підвищити курсову стійкість або за рахунок того, що колесо та диск обертаються у протилежні сторони, або за рахунок застосування конструкції навісного обладнання, закріпленого на рукояті екскаватору, яке складається з двох приводних дисків, що обертаються у різні сторони, та установлені один за одним по ходу базової машини, причому передній диск розташований вище заднього. Поворот дисків у плані на однаковий кут, але у протилежні сторони, дає можливість рити вузькі та глибокі траншеї, що розширює технологічні можливості навісного обладнання.

#### ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Принциповою особливістю дискових робочих органів, працюючих в забой зворотнього нахилу, є те, що енергія деформації не розсіюється вглиб ґрунтового масиву, а витрачається на утворення напружено-деформованого стану ґрунту у замкнутому обсязі між площиною диску та денною поверхнею ґрунту, що дозволяє знизити енергоємність процесу розробки ґрунтового масиву за рахунок підрізання забой та його наступного обрушення, при цьому сила тяжіння ґрунту сприяє його відокремленню від основного масиву.

Рациональний кут нахилу робочого органу до траєкторії руху базової машини лежить в межах  $65 \dots 75^\circ$ .

Для зменшення динамічного навантаження на базову машину необхідна установка не менш 4-5 ґрунторуйнуючих елементів, розташованих на однаковій відстані від центру диску.

Синтез навісок дискових робочих органів дозволив розробити конструкцію навіски з вертикальним заглибленням робочого органу, що дозволить максимально реалізувати тягове зусилля базової машини.

Основні результати дослідження викладені у слідуючих публікаціях:

1. Баладинский В.Л., Пелевин Л.Е., Гаркавенко А.Н. Дисковый рабочий орган для скоростной разработки прочных грунтов //Строительные и дорожные машины.- М. 1994, № 1.- С.12-14.

2. Пелевин Л.Е., Гаркавенко А.Н. Исследование процесса резания дисковыми рабочими органами. //Горн., строит., дор. и мелиорат. машины: Респ. межвед. научн.-техн. сб. - 1991. - Вып. 45. - с. 84-87.

3. Смірнов В.М., Пелевін Л.Є., Гаркавенко О.М. Оптимізація параметрів навісок дискових робочих органів //Горн., будів., дор. та меліорат. машини: Республ. міжвід. науково-техн. зб., 1993. - Вип. 48 - с. 10-13.

4. Баладинський В.Л., Дончук В.Ю., Гаркавенко О.М., Левчук І.І. Багатофункціональний інструмент для будівельно-комунальних робіт. "Будівництво України". Виробничо-технічний загальногалузевий журнал - № 1, 1995, с. 32-35.

5. Гаркавенко О.М., Пелевін Л.Є. Ручний траншеєкопач // АПК наука, техніка, практика.-Київ:"Урожай", 1989.-№11.-С.17.

6. Методические указания к выполнению учебно-исследовательской лабораторной работы "Физическое моделирование процесса резания имитаторов грунта рабочими органами землеройных машин". /Баладинский В.Л., Гаркавенко А.Н., Пелевин Л.Е.

и др. - Киев: КИСИ, 1989, - 16 с.

7. Гаркавенко А.Н., Пелевин Л.Е. Ручной траншекопатель ТР-600 // Тез. докл. на научн.-техн. конференции "Интенсификация рабочих процессов землеройных машин в строительстве". - Киев: Общество "Знание", 1989. - С. 22.

В.А.с. № 1541156, СССР, МКИ<sup>4</sup> В 65 G 31/04. Рабочий орган землеройно-метательной машины /Баладинский В.Л., Гаркавенко А.Н., Пелевин Л.Е., Глазман Б.М., Кабаков О.Н., Кучериненко В.В. /СССР/. - № 4344365/31-03; Заявлено 17.11.87; Опубл. 07.02.90. Бюлл. № 5 //Открытия. Изобретения/-1990/-#5.

9. А.с. № 1548347, СССР, МКИ<sup>4</sup> E 02 F 3/18. Роторный рабочий орган землеройно-метательной машины /Гаркавенко А.Н., Глазман Б.М., Гузенко Н.Н., Зелюк С.В., Кучериненко В.В., Пелевин Л.Е./СССР/. - № 4376530/29-03; Заявлено 15.02.88; Опубл. 07.03.90. Бюлл. № 9 //Открытия. Изобретения.-1990.-#9.

10. А.с. № 1603042, СССР, МКИ<sup>4</sup> E 02 F 5/08. Рабочий орган землеройной машины /Сенченко П.В., Баладинский В.Л., Костенюк А.А., Цибизов А.Г., Пелевин Л.Е., Фомин А.В., Гаркавенко А.Н./СССР/. - № 4606469/31-03; Заявлено 21.11.88. Опубл. 30.10.90. Бюлл. № 40 //Открытия. Изобретения.- 1990. - № 40.

11. А.с. № 1641949, СССР, МКИ<sup>4</sup> E 02 F 5/08. Рабочий орган землеройной машины /Сенченко П.В., Пелевин Л.Е., Костенюк А.А., Цибизов А.Г., Альперин Е.А., Гаркавенко А.Н., Садовой В.В./СССР/. - № 4622197/03; Заявлено 21.11.88; Опубл. 15.04.91. Бюлл. № 14 //Открытия. Изобретения.- 1991. - № 14.

12. Методические указания к исследовательской лабораторной работе "Исследование закономерности сил резания грунтов дисковым рабочим органом". /Баладинский В.Л., Гаркавенко А.Н., Пелевин Л.Е. и др. - Киев: КИСИ, 1991, - 17 с.

13. А.с. № 1681035, СССР, МКИ<sup>4</sup> E 02 F 5/08. Навесное обо-



рудование землеройной машины /Федоров П.С., Баладинский В.Л., Пелевин Л.Е., Костенюк А.А., Гаркавенко А.Н. /СССР/. - № 4677236/03; Заявлено 11.04.89; Оpubл. 30.09.91. Бюлл. № 36 // Открытия. Изобретения. - 1991. - № 36.

14. Баладинский В.Л., Гаркавенко А.Н., Пелевин Л.Е. и др. Разработка, создание и внедрение высокопроизводительных машин и оборудования. /ВИНТИ, М., № 01860069921, 1991.

15. А.с. №1777010, СССР, МКИ<sup>4</sup> G 01 L 1/22, E 02 F 1/00. Стенд для исследования и моделирования процессов резания /Гаркавенко А.Н., Костенюк А.А., Пелевин Л.Е., Фомин А.В. /СССР/. - №4758198/03; Заявлено 13.11.89; Оpubл. 23.11.92. Бюлл. № 43 // Открытия. Изобретения. - 1991. - № 43.

16. А.с. №1696646, СССР, МКИ<sup>4</sup> E 02 F 1/00. Стенд для исследования процесса резания /Баладинский В.Л., Гаркавенко А.Н., Костенюк А.А., Пелевин Л.Е. /СССР/. - №4389845/03; Заявлено 09.03.88; Оpubл. 07.12.91. Бюлл. - № 45 //Открытия. Изобретения. - 1991. - № 45.

17. Баладинский В.Л., Гаркавенко А.Н., Пелевин Л.Е. и др. Динамика разрушения рабочих сред в строительстве и горном деле и ее практическое применение //Тез. докл. на научн.-техн. конференции "Метериалы, технология, организации экономика строительства". - Новосибирск: НИСИ им. Куйбышева, 1992. - С. 56-58.

18. А.с. №1798442, СССР, МКИ<sup>4</sup> E 02 F 5/08, 3/24. Рабочий орган землеройной машины /Баладинский В.Л., Гаркавенко А.Н., Пелевин Л.Е., Кравидз С.В. /СССР/. - № 4747024/03; Заявлено 09.10.89; Оpubл. 28.02.93. Бюлл. №8 //Открытия. Изобретения. - 1993. - № 8.

19. А.с. № 1388517, СССР, МКИ<sup>4</sup> G 01 M 19/00. Стенд для моделирования нагрузок на рабочие органы машин непрерывного

действия /Пелевин Л.Е., Смирнов В.Н., Костенюк А.А., Жабинец А.Н. /СССР/. - № 4112288/29-03; Заявлено 20.06.86; Опубл. 15.04.88. Бюлл. № 14 // Открытия. Изобретения. - 1988. - № 14. - С. 139.

20.А.с.№ 1470872, СССР, МКИ\* Е 02 F 3/18, G 01 M 15/00. Стенд для моделирования нагрузок рабочих органов машин непрерывного действия /Гаркавенко А.Н., Пелевин Л.Е., Костенюк А.А., Смирнов В.Н./СССР/. - № 4262764/29-03; Заявлено 15.06.87; Опубл. 07.04.89. Бюлл. № 13 // Открытия. Изобретения. - 1989. - № 13.

## А Н Н О Т А Ц И Я

Гаркавенко А.Н. Разработка и создание скоростных обрушающих дисковых рабочих органов землеройных машин непрерывного действия.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.05.04 - машины для земляных и дорожных работ, Киевский государственный технический университет строительства и архитектуры, Киев, 1995.

На защиту выносится новый низкоэнергоемкий принцип разработки грунтового массива высокоскоростными дисковыми рабочими органами обрушающего действия. Разработан математический аппарат определения параметров новых рабочих органов. Изготовлены опытно-промышленные образцы в виде ручного механизированного инструмента и навесного оборудования на экскаватор типа ЭО-2621, которые защищены 6 авторскими свидетельствами.

## Summary

Alexander N. Garkavenko. The working parts of high-speed caving equipment of continuous action have been elaborated and created.

The Thesis for the admission to the degree of Candidate of Science in Engineering (the Master's Thesis) with the speciality 05.05.04: Dugging and Road Works Machines. The Kiev State University of Building and Architecture. Kiev, 1995.

The low power-intensive principle for the soil massive development with the high-speed disk-type working parts of the caving action have been presented for defence. The body of mathematics for the working parts parameter's determination have been developed. The production prototype of the hand power tool and rigging equipment for the excavating machine of the type 90-2621 have been created and also the Author for the above mentioned investigation has obtained 6 Authors Certificates.

Ключові слова: робочий орган, ґрунторозроблювачий елемент, транспортувачий елемент, сила опору ґрунту руйнування, ваби́й, диск, навіска, кут нахилу.

Підп. до друку 30.10.45 Формат 10-84/8 Папір 8/4к. Друк. офс.  
Друк. офс. Умовн. друк. арк. 1, 2. Обл.-вид. арк. 2, 2 Тир. 120.  
Зам. 5-2948.

---

Київська книжкова друкарня наукової книги. Київ, Б. Хмельницького, 19.

AB 34.529

**AB 34.529**