

АНАЛІЗ ВЗАЄМОДІЇ РУШІЯ РОЗПУШУВАЧА З ПОВЕРХНЕЮ ҐРУНТУ

Пелевін Л.Є., Горбатюк Є.В., Міщук Д.О.

Київський національний університет будівництва і архітектури

Найбільш ефективним способом руйнування мерзлих і скельних ґрунтів з точки зору продуктивності машин і собівартості розробки ґрунту є горизонтальне пошарове розпушування навісними розпушувачами на базі потужних тракторів. Одним із шляхів підвищення ефективності розпушувального агрегату є удосконалення його системи керування.

Розпушування ґрунту забезпечує зниження витрат на тонну продукції, сприяє підвищенню якості продукції і є меншою небезпекою для довкілля в порівнянні з виконанням земляних робіт буропідривним методом.

У зв'язку з цим необхідно зробити аналіз математичних моделей рельєфу при взаємодії рушія розпушувача з поверхнею ґрунту.

Метою роботи є підвищення ефективності розпушувального агрегату шляхом удосконалення його системи керування.

Застосування стохастичних моделей рельєфу дозволяє вирішувати завдання взаємодії рушія з ґрунтом при русі базової машини по опорній поверхні з урахуванням реального рельєфу. Існуючий математичний апарат дозволяє моделювати рух базової машини по опорній поверхні з урахуванням реального рельєфу місцевості та може бути використаний у подальших роботах при розрахунках взаємодії рушія розпушувача з поверхнею ґрунту.

Ключові слова: *розпушувач, рушій, ґрунт, рельєф, математична модель.*

Вступ. Інтенсивне освоєння родовищ корисних копалини, їх транспортування і будівництво нафто- і газопроводів неможливо без сучасної землерийної техніки, здатної розробляти міцні, мерзлі і скельні ґрунти.

У зв'язку з тим, що мерзлі і скельні ґрунти мають підвищену міцність їх розробка землерийними машинами неможлива без попередньої обробки спрямованій на зниження опору ґрунту подальшій його розробці.

Нині використовуються різні способи розробки мерзлих і скельних ґрунтів [1, 2, 3], основні з яких буропідривні роботи та розпушування ґрунту навісними розпушувачами.

Найбільш ефективним способом руйнування мерзлих та скельних ґрунтів з точки зору продуктивності машин і собівартості розробки ґрунту є горизонтальне пошарове розпушування навісними розпушувачами на базі потужних тракторів. У цьому випадку відрив стружки ґрунту від масиву відбувається у напрямі відкритої поверхні, що є найменш енергоємним способом, оскільки тут переважають зусилля розтягування (розриву) ґрунту, які у декілька разів менші ніж зусилля стиску або зсуву.

Розпушування ґрунту забезпечує зниження витрат на тонну продукції, сприяє підвищенню якості продукції і є меншою небезпекою для довкілля в порівнянні з виконанням земляних робіт буропідривним методом.

Мета і постановка задачі. Ефективність розпушувального агрегату значною мірою залежить від раціональних режимів роботи силової установки. Системи керування, що серійно випускаються на цей час, прилади індикації, а також уповільнена реакція людини-оператора на умови робочого процесу, що швидко змінюються, не дозволяють повною мірою використати тягово-зчіпні якості машини.

У процесі роботи розпушувального агрегату його ходове устаткування взаємодіє з ґрунтом, що викликає некеровані переміщення робочого органа у просторі, а, отже, і зміну глибини розпушування, що призводить до зміни реакції ґрунту на робочому органі.

У зв'язку з цим необхідно зробити аналіз математичних моделей рельєфу при взаємодії рушія розпушувача з поверхнею ґрунту. **Метою** роботи є підвищення ефективності розпушувального агрегату шляхом удосконалення його системи керування.

Аналіз взаємодії рушія розпушувача з поверхнею ґрунту. Математична модель ґрунтової поверхні може бути представлена детермінованими або стохастичними (випадковими) функціями [4, 5].

Детерміновані моделі, що є математичним описом нерівностей поверхні ґрунту у вигляді детермінованих функціональних залежностей вертикальної координати поверхні ґрунту $z_n(t)$ від часу, застосовуються в основному при дослідженнях, спрямованих на підвищення рівня розробки ґрунту та при визначенні граничних значень параметрів [4, 5, 6], і можуть бути представлені у вигляді: гармонічний сигнал:

$$z_n(t) = A \cdot \sin(\omega \cdot t + \psi);$$

імпульс:

$$z_n(t) = \frac{dl_0(t)}{dt};$$

ступінчаста дія:

$$z_n(t) = \begin{cases} 0 & \text{при } t \leq 0; \\ \pm h & \text{при } t = 0. \end{cases}$$

Застосування стохастичних моделей рельєфу дозволяє вирішувати завдання взаємодії рушія з ґрунтом при русі базової машини по опорній поверхні з урахуванням реального рельєфу [5, 6, 7].

Нерівності рельєфу місцевості можна умовно поділити на макрорельєф, мікрорельєф і шорсткості. До макрорельєфу відносяться нерівності значної протяжності (більше 100 м) та відносно великої висоти нерівностей, які практично не викликають коливань машини і некерованих переміщень робочого органа [4]. Шорсткості характеризуються нерівностями завдовжки менше 0,5 м і компенсуються згладжуючою здатністю елементів ходового устаткування [4, 5].

Відповідно до мети роботи найбільший інтерес становлять дія мікрорельєфу на елементи ходового устаткування розпушувального агрегату, оскільки нерівності мікрорельєфу є однією з головних причин, які викликають некеровані переміщення остову машини, а, отже, і робочого органа [5].

Математичному опису мікрорельєфу присвячена достатня кількість робіт, в яких проведений статистичний аналіз різних ґрунтових поверхонь [4].

У роботах [4, 5, 6] поверхня ґрунту розглядається як стаціонарна і ергодична випадкова функція двох змінних:

$$y = y(x, z), \quad (1)$$

де x, z – відповідно подовжня і поперечна координати деякої середньої площини, відносно якої змінюються висоти нерівностей.

При цьому достатніми статистичними характеристиками мікрорельєфу ґрунту є його кореляційна функція $R(l)$ або нормована кореляційна функція $r(l)$ і спектральна щільність $S(\omega)$.

Кореляційна функція $R(l)$ дає уявлення про зміну мікрорельєфу по довжині ділянки l , спектральна щільність $S(\omega)$ – про частоту повторення довжин нерівностей. Аргументом спектральної щільності є шляхова частота:

$$\omega = \frac{\pi \cdot v_{\text{тр}}}{L_y}, \quad (2)$$

де $v_{\text{тр}}$ – швидкість руху машини; L_y – довжина нерівності мікрорельєфу.

Двовимірний кореляційний функції поверхні, яка описується рівнянням (1), має вигляд [4, 5]:

$$R(l_1, l_2) = \lim_{\substack{x \rightarrow \infty \\ y \rightarrow \infty}} \frac{1}{4xz} \int_{-x}^x \int_{-z}^z y(x, z) \cdot y(x + l_1, z + l_2) dx dz. \quad (3)$$

У зв'язку з тим, що обчислення двовимірної кореляційної функції $R(l_1, l_2)$ сполучено з певними труднощами, її можна замінити двома некорельованими функціями: функцією середнього перерізу подовжнього профілю $y(l)$ і функцією кута нахилу поперечного перерізу $\gamma_n(l)$ поверхні [4, 5]:

$$y(l) = 0,5 \cdot (y_n(l) + y_n(l)); \quad (4)$$

$$\gamma_n(l) = \frac{(y_n(l) - y_n(l))}{L_k}, \quad (5)$$

де $y_n(l)$ і $y_n(l)$ – функції мікрорельєфу перерізів ґрунтової поверхні відповідно по лівій і правій колії; L_k – ширина колії.

Статистичні характеристики мікрорельєфу описуються двома кореляційними функціями:

$$R_y(l) = \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{1}{2x} \int_{-x}^x y(x) \cdot y(x + l) dx; \quad (6)$$

$$R_\gamma(l) = \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{1}{2x} \int_{-x}^x \gamma(x) \cdot \gamma(x + l) dx. \quad (7)$$

Нормована кореляційна функція має вигляд:

$$r(l) = R(l) / R(0); \quad (8)$$

$$R(0) = D = \sigma^2, \quad (9)$$

де D – дисперсія; σ – середньоквадратичне відхилення.

Спектральний склад випадкової функції характеризується спектральною щільністю $S(\omega)$, яку можна визначити через кореляційну функцію, використовуючи перетворення Фур'є [4, 5]:

$$S(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} R(l) \cdot e^{-j\omega l} dl. \quad (10)$$

У загальному вигляді існуючі моделі мікрорельєфу можна представити у вигляді:

$$r(l) = \sum_{i=1}^n A_i e^{-\alpha_i |l|} \cdot \cos \beta_i l, \quad (11)$$

де $\sum_{i=1}^n A_i = 1$; α_i – параметри, що характеризують загасання кореляції; β_i – параметри, що характеризують періодичність кореляції.

Окрім цього, при математичному описі нерівностей мікрорельєфу іноді використовуються й інші рівняння, наприклад вигляду [8]:

$$r(l) = A_0 e^{-\alpha_0 |l|} \cdot (l + \alpha_0 |l|) + \sum_{i=1}^n A_i e^{-\alpha_i |l|} \cdot (\cos \beta_i l + \frac{\alpha_i}{\beta_i} \sin \beta_i l). \quad (12)$$

Наприклад, в роботі [8] мікрорельєф цілини описаний рівнянням:

$$R_y(l) = \sigma^2 \cdot (A_1 e^{-\alpha_1 |l|} + A_2 e^{-\alpha_2 |l|} \sin \frac{\pi l}{\beta}), \quad (13)$$

де $\sigma = 0,19$ м; $A_1 = 0,28$; $A_2 = 0,72$; $\alpha_1 = 3,5 \text{ c}^{-1}$; $\alpha_2 = 0,67 \text{ c}^{-1}$; $\beta = 3,05 \text{ c}^{-1}$.

Мікрорельєф сільськогосподарського поля описується рівнянням:

$$R_y(l) = \sigma^2 \cdot e^{-\alpha_1 |l|} \cos \beta l, \quad (14)$$

де $\sigma = 0,015 \dots 0,08$ м – подовжній профіль; $\sigma = 0,05 \dots 0,28$ м – поперечний профіль; $\alpha = 1,4 \dots 2,8 \text{ c}^{-1}$ – подовжній профіль; $\alpha = 2,3 \dots 3,9 \text{ c}^{-1}$ – поперечний профіль; $\beta = 1,0 \dots 1,5 \text{ c}^{-1}$ – подовжній профіль; $\beta = 1,2 \dots 3,6 \text{ c}^{-1}$ – поперечний профіль.

Для реалізації випадкового мікрорельєфу на ПЕОМ зазвичай використовується алгоритм, ґрунтований на перетворенні стаціонарної послідовності x_i незалежних нормально розподілених випадкових чисел (дискретний білий шум) в послідовність y_n , для чого використовується рекурентне рівняння вигляду [4, 8, 9]:

$$\begin{aligned} y_i &= a_0 x_i + a_1 x_{i-1} + \dots + a_l x_{i-l} - \\ &- b_1 y_{i-1} - b_2 y_{i-2} - \dots - b_m y_{i-m}, \\ &= \sum_{K=0}^l a_K x_{i-K} - \sum_{K=1}^m b_K y_{i-K}, \end{aligned} \quad (15)$$

де x_i – реалізація незалежних нормально розподілених чисел із параметрами $m_x = 0$ і $\sigma_x = 1$.

При цьому вид рекурентного рівняння визначається видом кореляційної функції [10]. Рівняння (15) описує поведінку деякого дискретного фільтру, який перетворить білий дискретний шум, що подається на його вхід, у випадковий процес із заданою кореляційною характеристикою. Передавальна функція цього фільтру має вигляд [8, 10]:

$$y(z) = \frac{a_0 + a_1 z + \dots + a_l z^l}{1 + b_1 z + \dots + b_m z^m} = \frac{\sum_{k=0}^l a_k z^k}{1 + \sum_{k=1}^m b_k z^k}. \quad (16)$$

Ґрунтуючись на передавальній функції (16), можна зобразити структурну схему дискретного фільтру (рис. 1), що описується рекурентним рівнянням (15) [8, 10].

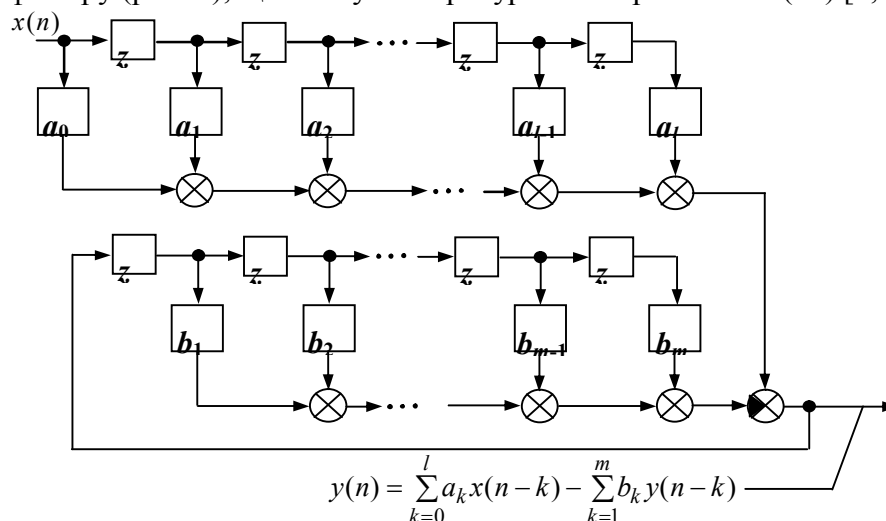


Рисунок 1 – Структурна схема дискретного фільтру

Для випадкових процесів із кореляційними функціями, що найчастіше зустрічаються, рекурентні рівняння та параметри коефіцієнтів, що входять в них, зазвичай зводяться у таблиці (табл. 1) [4, 8, 9].

Таблиця 1 – Рекурентні рівняння випадкових процесів та їх параметри

№ n/n	Кореляційна функція	Рекурентне рівняння	Параметри рекурентного рівняння
1	$R(\tau) = \sigma^2 \cdot e^{-\alpha \tau }$	$y(n) = a_0x(n) + b_1y(n-1)$	$a_0 = \sigma\sqrt{1-\rho^2}$; $b_1 = \rho$; $\rho = e^{-\gamma}$; $\gamma = \alpha \cdot h$
2	$R(\tau) = \sigma^2 \cdot e^{-\alpha \tau } \cdot \cos(\beta \tau)$	$y(n) = a_0x(n) + a_1x(n-1) + b_1y(n-1) + b_2y(n-2)$	$a_0 = \sigma C$; $a_1 = (\sigma C_0)/C$; $b_1 = 2\rho \cdot \cos \gamma_0$; $b_2 = -\rho^2$; $C_0 = \rho(\rho^2 - 1) \cdot \cos \gamma_0$; $C_1 = 1 - \rho^4$; $\rho = e^{-\gamma}$; $\gamma = \alpha \cdot h$; $C = \frac{\sqrt{(C_1 \pm \sqrt{C_0^2 - 4C_0^2})}}{2}$; $\gamma_0 = \beta \cdot h$
3	$R(\tau) = \sigma^2 \cdot e^{-\alpha \tau } \cdot \sin(\beta \tau)$	$y(n) = a_0x(n) + a_1x(n-1) + b_1y(n-1) + b_2y(n-2)$	$a_0 = \sigma C$; $a_1 = (\sigma C_0)/C$; $b_1 = 2\rho \cdot \cos \gamma_0$; $b_2 = -\rho^2$; $C_0 = \rho(\rho^2 + 1) \cdot \sin \gamma_0$; $C_1 = -4\rho^4 \cdot \sin \gamma_0 \cdot \cos \gamma_0$; $\rho = e^{-\gamma}$; $\gamma = \alpha \cdot h$; $C = \frac{\sqrt{(C_1 \pm \sqrt{C_0^2 - 4C_0^2})}}{2}$; $\gamma_0 = \beta \cdot h$
4	$R(\tau) = R^I(\tau) + R^{II}(\tau)$	$y(n) = y^I(n) + y^{II}(n)$	Параметри відповідних рекурентних рівнянь

Примітка. h – крок дискретності часу τ ; $x(n)$ – реалізація нормально розподілених чисел з параметрами: математичне очікування $m_x = 0$, середньоквадратичне відхилення $\sigma = 1$.

Ходове обладнання є проміжною динамічною ланкою між остовом і нерівностями місцевості, по якій пересувається базова машина. При цьому ходове устаткування взаємодіє з мікрорельєфом місцевості, викликаючи переміщення остову і його коливання у просторі, які потім, у свою чергу, передаються на робочий орган.

У наш час для колісного ходового обладнання вже є досить добре розроблений та експериментально перевірений математичний апарат [4, 5, 7].

Математичний опис гусеничного рушія, в порівнянні з колісним, пов'язаний з певними складнощами, які полягають у наявності гусеничної стрічки, розташованої між опорними катками та нерівностями рельєфу [6].

У роботі [6] відзначається можливість переходу від моделі гусеничного рушія до деякої подібності колісного рушія. При цьому потрібне виконання наступних умов: ґрунт має високу несучу здатність і малу деформацію.

У процесі руху розпушувального агрегату гусеничний двигун деформує мікрорельєф ґрунтової поверхні, що знаходиться під ним, а також передає обурюючі дії деформованого мікрорельєфу на остов машини, викликаючи його лінійні та кутові переміщення. Враховуючи вищесказане, розрахункова схема ходової системи при русі по

грунту, що деформується, може бути представлена на рис. 2.

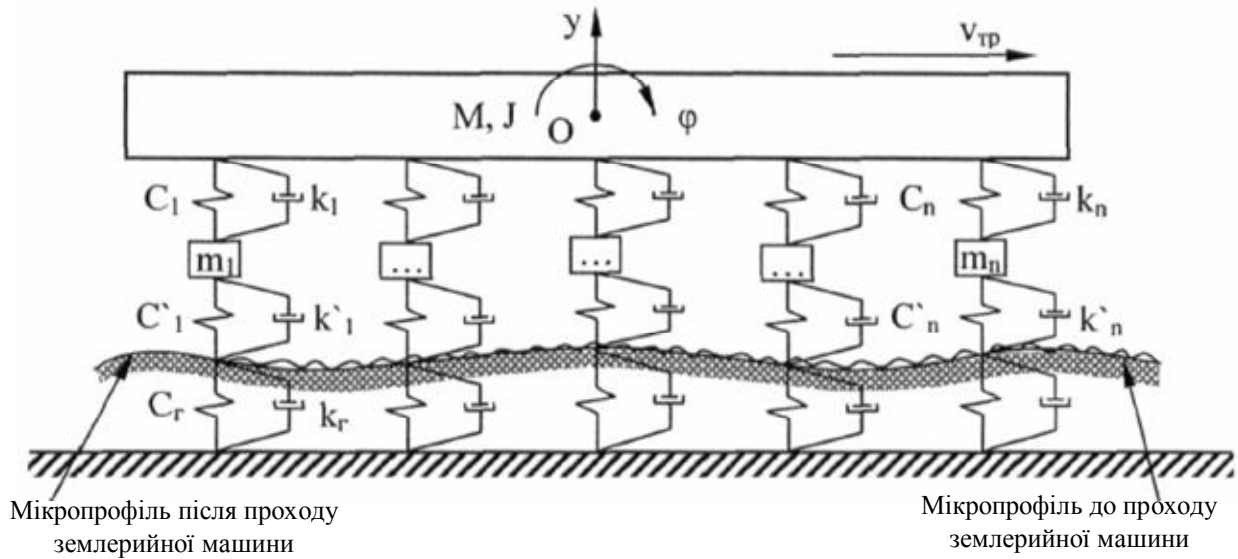


Рисунок 2 – Розрахункова схема ходової системи при русі по ґрунту, що деформується

На рис. 2 C_1, \dots, C_n , C'_1, \dots, C'_n і C_r – відповідно коефіцієнти жорсткості підвісок гусеничних візків і ґрунту; k_1, \dots, k_n , k'_1, \dots, k'_n і k_r – відповідно коефіцієнти в'язкості підвісок гусеничних візків і ґрунту; m_1, \dots, m_n – маси відповідних візків підвіски; y і φ – переміщення остова.

При цьому розпушувальний агрегат замінюється тілом, що характеризується наступними параметрами: маса базової машини та розпушувального устаткування зосередженої в центрі ваги (точка O) та моментом інерції відносно поперечної осі ваги, що проходить через центр.

Проте, для спрощення математичного опису процесу взаємодії ходового устаткування з нерівностями мікрорельєфу, приймаються наступні допущення:

- ґрунт не деформується;
- не враховується вплив мас візків, внаслідок їх малості.

Враховуючи прийняті допущення розрахункова схема наводиться до виду (рис. 3) [6].

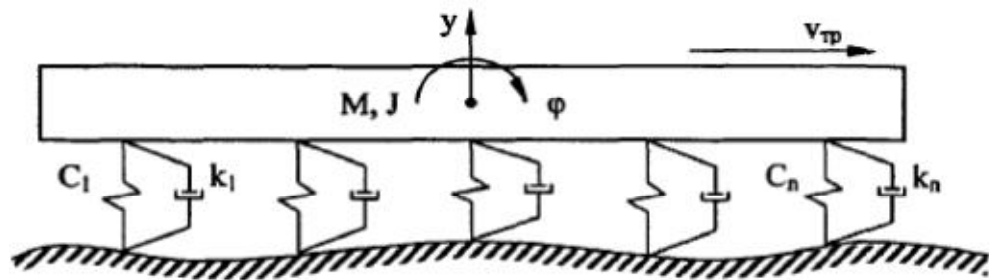


Рисунок 3 – Розрахункова схема ходової системи при русі по ґрунту, що не деформується

У разі жорсткої ходової системи можна також нехтувати коливаннями остову, внаслідок їх малості, і не враховувати пружнов'язкі властивості підвіски гусеничних візків, враховуючи лише переміщення остову в просторі (лінійні і кутові) [6].

При цьому, для переходу від гусеничної системи до системи подібної до колісної, кожна гусениця ділиться на дві півгусениці однакової довжини:

$$L_{пр} = \frac{L_r}{2}, \quad (17)$$

де L_r – довжина гусениці.

При цьому, кожна півгусениця контактуватиме з ґрунтом по площині контакту завдовжки $2l_0 = L_r$. У зв'язку з тим, що гусеничний рушій має згладжуючу здатність, на остов землерийної машини діє вже згладжений мікрорельєф. Для його визначення може застосовуватися рівняння виду [4, 5]:

$$Y(l) = \frac{l}{2l_0} \int_{l-l_0}^{l+l_0} y(l) dl, \quad (18)$$

де $y(l)$ – вертикальна координата мікрорельєфу; $Y(l)$ – результуюча вертикальна координата мікрорельєфу після згладжуючої дії гусениці.

Рівняння (18) є усереднюванням вертикальних координат мікрорельєфу по плямі контакту завдовжки $2l_0$, і використовується для визначення вертикальної координати згладженого мікрорельєфу в точці, розташованій в центрі півгусениці, для кожної півгусениці.

Вертикальну координату середньої точки $y_{\text{сеп}}$ для кожної гусениці і кут нахилу остову землерийної машини в подовжній площині γ визначають по рівняннях [5]:

$$y_{\text{сеп}}(l) = \frac{(y_1(l) + y_2(l))}{2}; \quad (19)$$

$$\gamma(l) = \frac{(y_1(l) - y_2(l))}{L_r}, \quad (20)$$

де $y_1(l)$ і $y_2(l)$ – вертикальні координати середніх точок півгусениць, відповідно передньої та задньої.

Для реалізації на обчислювальних машинах рівняння (18) задається в дискретному виді виразом [5]

$$y(n) = \frac{1}{M} \int_{m=n-k}^{n+k} y(m), \quad (21)$$

де $k = 0,5(M - 1)$; M – інтервал усереднення; $y(m)$ – ординати незгладженого мікрорельєфу.

Висновки. Застосування стохастичних моделей рельєфу дозволяє вирішувати завдання взаємодії рушія з ґрунтом при русі базової машини по опорній поверхні, з урахуванням реального рельєфу. Існуючий математичний апарат дозволяє моделювати рух базової машини по опорній поверхні, з урахуванням реального рельєфу місцевості, і може бути використаний в подальших роботах при розрахунках взаємодії рушія розпушувача з поверхнею ґрунту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Зеленин А. Н. Машины для земляных работ / А. Н. Зеленин, В. И. Баловнев, И. П. Керов. – М. : Машиностроение, 1975. – 424 с.
2. Горбатюк Є. В. Створення робочого органу землерийної машини з орієнтованими потоками виносу ґрунту : дис. ... канд. техн. наук. / Є. В. Горбатюк. – К. : КНУБА, 2006. – 180 с.
3. Щербаков Е. С. Исследование неуправляемых перемещений рыхлительного агрегата с целью повышения эффективности разработки мерзлых грунтов: дис. ... канд. техн. наук / Е. С. Щербаков. – М. : МАДИ, 1980. – 207 с.
4. Коротов М. С. Разработка методов измерения массы материала в ковше и запаса устойчивости фронтального погрузчика / М. С. Коротов. – Омск : СибАДИ,

1999. – 225 с.

5. Щербаков В. С. Научные основы повышения точности работ, выполняемых землеройно-транспортными машинами: дис. ... докт. техн. наук / В. С. Щербаков. – Омск : СибАДИ, 2000. – 416 с.

6. Кузин Э. Н. Повышение эффективности землеройных машин непрерывного действия на основе увеличения точности позиционирования рабочего органа : дис. ... докт. техн. наук / Э. Н. Кузин. – М. : ВНИИСДМ, 1984. – 443 с.

7. Слободин В. Я. Оптимизация параметров системы управления бульдозера с целью повышения эффективности процесса копания грунта: дис. ... канд. техн. наук / В. Я. Слободин. – Омск : СибАДИ, 1982. – 235 с.

8. Беляев В. В. Повышение точности планировочных работ автогрейдером с дополнительными опорными элементами рабочего органа : дис.... канд. техн. наук / В. В. Беляев. – Омск, 1987. – 230 с.

9. Сукач М. К. Синтез землеройної і дорожньої техніки : підручник / М. К. Сукач, Є. В. Горбатюк, О. А. Марченко. – К. : Видавництво Ліра-К, 2013. – 376 с.

10. Гридина Е. Г. Цифровое моделирование систем стационарных случайных процессов / Е. Г. Гридина, А. Н. Лебедев, Д. Д. Недосекин, Е. А. Чернявский. – Л. : Энергоатомиздат. Ленинградское отделение, 1991. – 144 с.

REFERENCES

1. Zelenin A. N. Mashinih dlya zemlyanikhk rabot / A. N. Zelenin, V. I. Balovnev, I. P. Kerov. – М. : Mashinostroenie, 1975. – 424 s.

2. Gorbatyuk Є. V. Stvorenniya robochogo organu zemleriyjnoї mashini z orientovanimi potokami vinosu gruntu : dis. ... kand. tekhn. nauk. / Є. V. Gorbatyuk. – К. : KNUBA, 2006. – 180 s.

3. Therbakov E. S. Issledovanie neupravlyaemikhk peremetheniyj rikhliteljnogo agregata s celjyu povihsheniya ehffektivnosti razrabotki merzlihkh gruntov: dis. ... kand. tekhn. nauk / E. S. Therbakov. – М. : MADI, 1980. – 207 s.

4. Korihtov M. S. Razrabotka metodov izmereniya massih materiala v kovshe i zapasa ustoychivosti frontaljnogo pogruchika / M. S. Korihtov. – Омск : SibADI, 1999. – 225 s.

5. Therbakov B. C. Nauchnihe osnovih povihsheniya tochnosti rabot, vihpolnyaemikhk zemleroyjno-transportnihmi mashinami: dis. ... dokt. tekhn. nauk / B. C. Therbakov. – Омск : SibADI, 2000. – 416 s.

6. Kuzin Eh. N. Povihshenie ehffektivnosti zemleroyjniikhk mashin neprerihvnogo deyjstviya na osnove uvelicheniya tochnosti pozicionirovaniya rabocheho organa : dis. ... dokt. tekhn. nauk / Eh. N. Kuzin. – М. : VNIISDM, 1984. – 443 s.

7. Slobodin V. Ya. Optimizaciya parametrov sistemih upravleniya buljdozera s celjyu povihsheniya ehffektivnosti processa kopaniya grunta: dis. ... kand. tekhn. nauk / V. Ya. Slobodin. – Омск : SibADI, 1982. – 235 s.

8. Belyaev V. V. Povihshenie tochnosti planirovochnikhk rabot avtogreyjderami s dopolniteljnihmi opornihmi ehlementami rabocheho organa : dis.... kand. tekhn. nauk / V. V. Belyaev. – Омск, 1987. – 230 s.

9. Sukach M. K. Sintez zemleriyjnoї i dorozhjnoї tekhniki : pidruchnik / M. K. Sukach, Є. V. Gorbatyuk, О. А. Marchenko. – К. : Vidavnictvo Lira-K, 2013. – 376 s.

10. Gridina E. G. Cifrovoe modelirovanie sistem stacionarnihkh sluchaynihkh processov / E. G. Gridina, A. N. Lebedev, D. D. Nedosekin, E. A. Chernyavskiyj. – L. : Ehnergoatomizdat. Leningradskoe otdelenie, 1991. – 144 s.

Пелевин Л.Е., Горбатюк Е.В., Мищук Д.А. АНАЛИЗ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ДВИЖИТЕЛЯ РЫХЛИТЕЛЯ С ПОВЕРХНОСТЬЮ ГРУНТА

Наиболее эффективным способом разрушения мерзлых и скальных грунтов с точки зрения производительности машин и себестоимости разработки грунта является горизонтальное послойное разрыхление навесными рыхлителями на базе мощных тракторов. Одним из путей повышения эффективности рыхлительного агрегата является усовершенствование его системы управления.

Рыхление грунта обеспечивает снижение расходов на тонну продукции, способствует повышению качества продукции и является меньшей опасностью для окружающей среды по сравнению с выполнением земляных работ буропоорывным методом.

В связи с этим, необходимо сделать анализ математических моделей рельефа при взаимодействии движителя рыхлителя с поверхностью грунта.

Целью работы является повышение эффективности рыхлительного агрегата путем усовершенствования его системы управления.

Применение стохастических моделей рельефа позволяет решать задание взаимодействия движителя с грунтом при движении базовой машины по опорной поверхности с учетом реального рельефа. Существующий математический аппарат позволяет моделировать движение базовой машины по опорной поверхности с учетом реального рельефа местности и может быть использован в дальнейших работах при расчетах взаимодействия движителя рыхлителя с поверхностью грунта.

Ключевые слова: рыхлитель, движитель, грунт, рельеф, математическая модель.

Pelevin L.Ye., Gorbatiuk Ie.V., Mischuk D.A. ANALYSIS OF STRUCTURAL CHARTS OF JANITOR'S AND DETERMINATION OF PARAMETERS OF CHAIN SCRAPER DITCHERS

The most effective method of destruction of the frozen and rocky soils from the point of view of the productivity of machines and prime price of development of soil is the horizontal layer making light by hanging scarifiers on the base of powerful tractors. One of ways of increase of efficiency of burster aggregate is an improvement of his control system.

Loosening of soil provides the cost cutting on the ton of products, assists upgrading of products and is a less danger for an environment as compared to implementation of earthmovings a boring- blasting method.

In this connection it is necessary to do the analysis of mathematical models of relief at co-operating of rendering-engine of scarifier with the surface of soil.

The aim of work is an increase of efficiency of burster aggregate by the improvement of his control system.

Application of stochastic models of relief allows to decide the task of cooperation of rendering-engine with soil at motion of base machine on an underlayment taking into account the real relief. An existent mathematical vehicle allows to design motion of base machine on an underlayment taking into account the real hypsography and can be used in further works at the calculations of cooperation of rendering-engine of scarifier with the surface of soil.

Keywords: scarifier, rendering-engine, soil, relief, mathematical model.

© Пелевін Л. Е., Горбатюк Є. В., Міщук Д. О.

Статтю прийнято
до редакції 23.10.15