
DOI 10.26886/2520-7474.6(32)2018.1

UDC: 629.3.027.75

**THE INFLUENCE OF THE CONSTRUCTIVE PARAMETERS OF THE
SUPPORTING SURFACE OF THE SKIS ON THE OPERATION OF THE
WALKING CRANE**

I. Krupko, PhD of Technical Sciences

O. V. Dzerzhinskaya

Donbass State Machine-Building Academy, Kramatorsk, Ukraine

Modern construction provides for the widespread use of cranes. This is due to the need to work on weak soils when installing structures and equipment that have a large mass. Walking cranes have high maneuverability and maneuverability, in addition, they can be used in the initial stages of construction in conditions of insufficient development of the construction site. In this paper, the relationship between the pitch and height of the supporting elements of the ski walking boom crane, which depends on the ratio of vertical and horizontal forces acting on the supporting element of the ski movement mechanism, the height of the supporting element of the ski and the length of the ski walking boom crane, as well as soil properties.

Key words: walking crane, skid support elements, weak soils, permeability.

кандидат технічних наук, Крупко І. В., Держинська О. В. Вплив конструктивних параметрів опорної поверхні лиж на експлуатацію крокуючого крану / Донбаська державна машинобудівна академія, Україна, Краматорськ

Сучасне будівництво передбачає широке застосування вантажопідйомних кранів. Це викликано необхідністю роботи на

слабких ґрунтах при монтажі споруд і обладнання, яке має велику масу. Крокуючі крани, мають високу прохідність і маневреність, крім цього можуть застосовуватися на початкових етапах будівництва в умовах недостатнього освоєння будівельного майданчика. В даній роботі встановлено залежність між кроком і висотою опорних елементів лижі крокуючого стрілового крана, яка залежить від співвідношення вертикальної і горизонтальної сил, що діють на опорний елемент лижі механізму пересування, висоти опорного елемента лижі і довжини лижі крокуючого стрілового крана, а також від властивостей ґрунту.

Ключові слова: крокуючий кран, опорні елементи лиж, слабкі ґрунти, прохідність.

кандидат технических наук, Крупко И. В., Держинская О. В.
Исследование влияния конструктивных параметров опорной поверхности лыж механизма передвижения на эффективность эксплуатации шагающего стрелового крана / Донбасская государственная машиностроительная академия, Украина, Краматорск

Современное строительство предусматривает широкое применение грузоподъемных кранов. Это вызвано необходимостью работы на слабых ґрунтах при монтаже сооружений и оборудования, имеющих большую массу. Шагающие краны, имеют высокую проходимость и маневренность, кроме этого могут применяться на начальных этапах строительства в условиях недостаточной освоенности строительной площадки. В данной работе установлена зависимость между шагом и высотой опорных элементов лыжи шагающего стрелового крана, которое зависит от соотношения вертикальной и горизонтальной сил, действующих на опорный элемент лыжи механизма передвижения, высоты опорного

элемента лыжи и длины лыжи шагающего стрелового крана, а также от свойств почвы.

Ключевые слова: шагающий кран, опорные элементы лыж, слабые грунты, проходимость.

Вступ. Техніко-економічний аналіз і заплановані на найближчі роки перспективи щодо розширення об'ємів будівництва споруд на ґрунтах з низькою несучою здатністю вказують на необхідність створення і швидкого впровадження в практику підйомно-транспортних машин на крокуючому ході, з оптимальним компонуванням робочого устаткування і посиленими енергосиловими характеристиками, простих і надійних в експлуатації. Тому постає питання про вдосконалення опорної поверхні лиж механізму пересування стрілового крану.

Дослідження в цієї галузі ведуться багатьма науковцями. У роботах Берестова Є. І., Ксеневича І. П., Скотникова В. О., Ляско М. І. [1, 2] наведені результати експериментальних досліджень впливу висоти опорного елемента на коефіцієнт зчеплення лижі з суглинком. У роботах А. Г. Лобова, М. А. Ленгера, М. Шефлера [3] сила зчеплення опорної поверхні з ґрунтом розглянута як складова двох сил: поздовжньої реакції ґрунту на опорні елементи і сили тертя лиж з ґрунтом.

Н. З. Гармашем, Ю. І. Бережним [4] визначено, що для зчеплення опорної поверхні лижі з ґрунтом відбувається за рахунок сил тертя між опорною поверхнею лиж і ґрунтом і за рахунок реакції ґрунту, що діють на опорні елементи лиж.

Формулювання мети статті та завдань. Метою статті є визначення впливу конструктивних параметрів опорної поверхні лиж механізму пересування на ефективність експлуатації крокуючого стрілового крана.

Виклад основного матеріалу статті. В даній роботі встановлено що, необхідна відстань між опорними елементами залежить від співвідношення вертикальної і горизонтальної сил, що діють на опорний елемент лижі механізму пересування, висоти опорного елемента лижі і довжини лижі крокуючого стрілового крана, а також від властивостей ґрунту.

Відстань між опорними елементами лижі крокуючого стрілового крану прямолінійної форми визначається за формулою:

$$l = 2b_{oe} \cdot h_{oe} \cdot \tan \beta \cdot \tan \rho, \quad (1)$$

де b_{oe} – ширина опорного елемента, h_{oe} – висота опорного елемента, $\tan \beta$ – кут взаємодії опорного елемента з ґрунтом, $\tan \rho$ – кут зовнішнього тертя опорного елемента з ґрунтом.

Необхідна відстань між опорними елементами лижі крокуючого стрілового крану шевронної форми визначається за формулою:

$$l = 4b_{oe} \cdot h_{oe} \cdot \tan \beta \cdot \tan \varphi \tan \rho, \quad (2)$$

де $\tan \varphi$ – кут опорного елемента шевронною формою.

Таким чином, відстань між опорними елементами впливає на тягово-зчіпні властивості крокуючих кранів. Внаслідок розрахунку відстані між опорними елементами лижі крокуючого стрілового крану в 1,5-2 рази можна підвищити коефіцієнт зчеплення лижі крокуючого рушія з ґрунтом.

Дослідження показують, що коефіцієнт зчеплення при збільшенні висоти опорних елементів зростає, але зі збільшенням вологості, інтенсивність зростання коефіцієнта зчеплення знижується (рис.1).

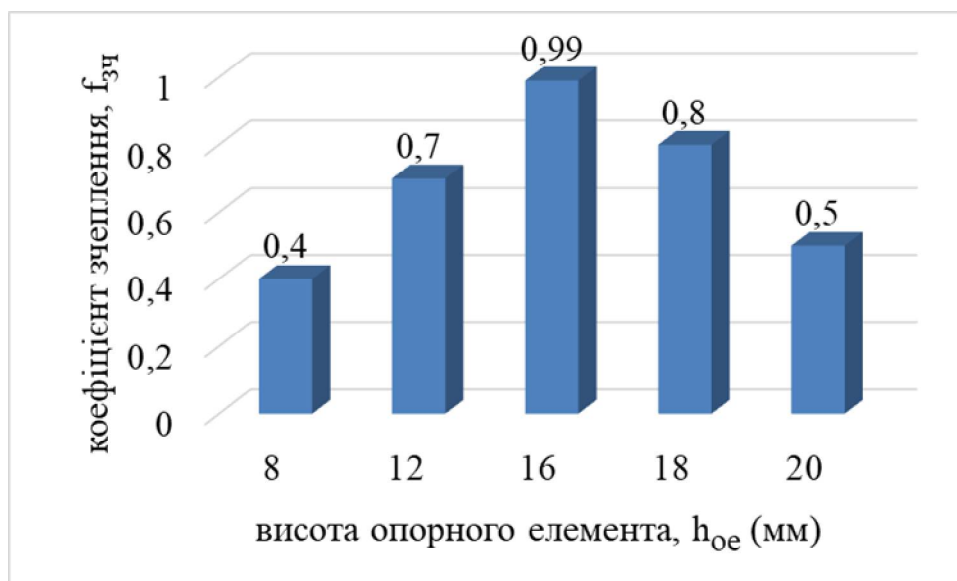


Рис. 1. Залежності висоти опорного елемента від зчеплення лижі з супіском

Встановлено, що коефіцієнт зчеплення підвищується при зниженні нормального тиску на ґрунт за рахунок зміни лінії взаємодії опорного елемента з ґрунтом. Це припущення підтверджується на підставі спрощеної залежності рівняння Кулона:

$$f_s = \frac{c}{p} + \tan \rho,$$

де f_s – коефіцієнт зчеплення, c – зчеплення, яке визначається міцністю структурних зв'язків ґрунту [2], $\tan \rho$ – коефіцієнт, який залежить від тертя частинок ґрунту в площині зсуву.

Для теоретичного визначення коефіцієнта зчеплення лиж крокуючого рушія з ґрунтом різними авторами отримано аналітичні залежності.

Враховуючи теорію А.Г. Лобова, М.А. Ленгера [3] сила зчеплення опорної поверхні з ґрунтом має вид:

$$f_3 = \frac{cF(1+n)L}{2N} \delta + \mu,$$

де N — нормальне навантаження; F — площа опорної поверхні опорного елемента, n — число опорних елементів на опорній поверхні лижі; μ — коефіцієнт тертя ковзання лижі по ґрунту; c — коефіцієнт, що характеризує деформування ґрунту під опорною поверхнею лижі.

Згідно з Н.З. Гармашем, Ю.І. Бережним [4] сила зчеплення опорної поверхні лижі:

$$F_3 = f \cdot N + b \sum_{i=1}^{i=n} P_{ioe} \cdot h_i,$$

де f — коефіцієнт тертя лижі по ґрунту; N — нормальне навантаження на лижу; b — ширина лижі; n — число опорних елементів на поверхні лижі; $P_{ioe} = \frac{N}{S_k}$ — тиск опорних елементів лижі на ґрунт; h_i — висота опорного елемента лижі.

Але дані розрахунки не відображають залежності коефіцієнту зчеплення від форми і відстані між опорними елементами. Однак, ці розрахунки можуть бути використані для теоретичної побудови кривої буксування існуючих крокуючих підйомно-транспортних машин.

Аналогічні недоліки має залежність для визначення коефіцієнта зчеплення, запропонована Хрустальов Є.М. [5]:

для сипких ґрунтів:

$$f_3 = \left(\frac{c_{\text{нр}}}{P} + \tan \rho_2 \right) \left(L + \frac{h_{oe}}{b} \right) k_o.$$

для в'язких ґрунтів:

$$f_3 = \left(\frac{v}{n} + \tan \rho_1 \right) \left(L + \frac{u_{oc}}{L} \right) k_1,$$

де k_0, k_1 – коефіцієнти, що заносять від буксування, конструктивних параметрів рушія L, b і властивостей ґрунту, $c, c_{нр}, \rho_1, \rho_2$ – зчеплення і кути тертя опорної поверхні з непорушеною структурою ґрунту і навантаженої при зсуві.

Для визначення впливу форми опорного елемента на коефіцієнт зчеплення була використана методика А. Г. Лобова [3] з урахуванням методики Є. М. Хрустальовим [5] для різних типів ґрунту:

Визначення впливу форми опорного елемента на коефіцієнт зчеплення для сипких ґрунтів

$$f_3 = \frac{c_{нр} F(1+n)L}{2N} \delta + \mu \cdot k_0. \quad (3)$$

Визначення впливу форми опорного елемента на коефіцієнт зчеплення для в'язких ґрунтів

$$f_3 = \frac{cF(1+n)L}{2N} \delta + \mu \cdot k_1. \quad (4)$$

При цьому постає питання про вимір величини втискування лиж в ґрунт при крокуванні. Що представляє дуже важке завдання у зв'язку з тим, що через місцеві нерівності поверхні майданчика положення лиж у момент початку втискування виходить різним для різних ділянок по довжині лижі. Нерідкі випадки, коли через нерівності поверхні окремі ділянки опорної поверхні навіть при повному навантаженні лижі не входять в контакт з ґрунтом, тоді як втискування інших ділянок дуже

значне. Враховуючи, що в розрахунку [4] прийнято, що в процесі крокування, опорна поверхня лижі співпадає з опорною поверхнею бази, доцільно це положення прийняти за початкове і в дослідках величину втискування лиж в ґрунт $\delta_{л}$ відлічувати як зміщення опорної поверхні лиж від площини, яку займала опорна поверхня бази до початку підйому крану. Ця площина умовно береться за поверхню майданчика пересування. Величина $\delta_{л}$ визначається графічно за допомогою побудови, приведеної на (рис.2). Відносно лінії а-б, яка зображує нижню поверхню бази, викреслюється чотирьохланник крокуючого механізму, для кута повороту валу кривошипа $\alpha_{ш}$, при якому в цих умовах починається підйом бази.

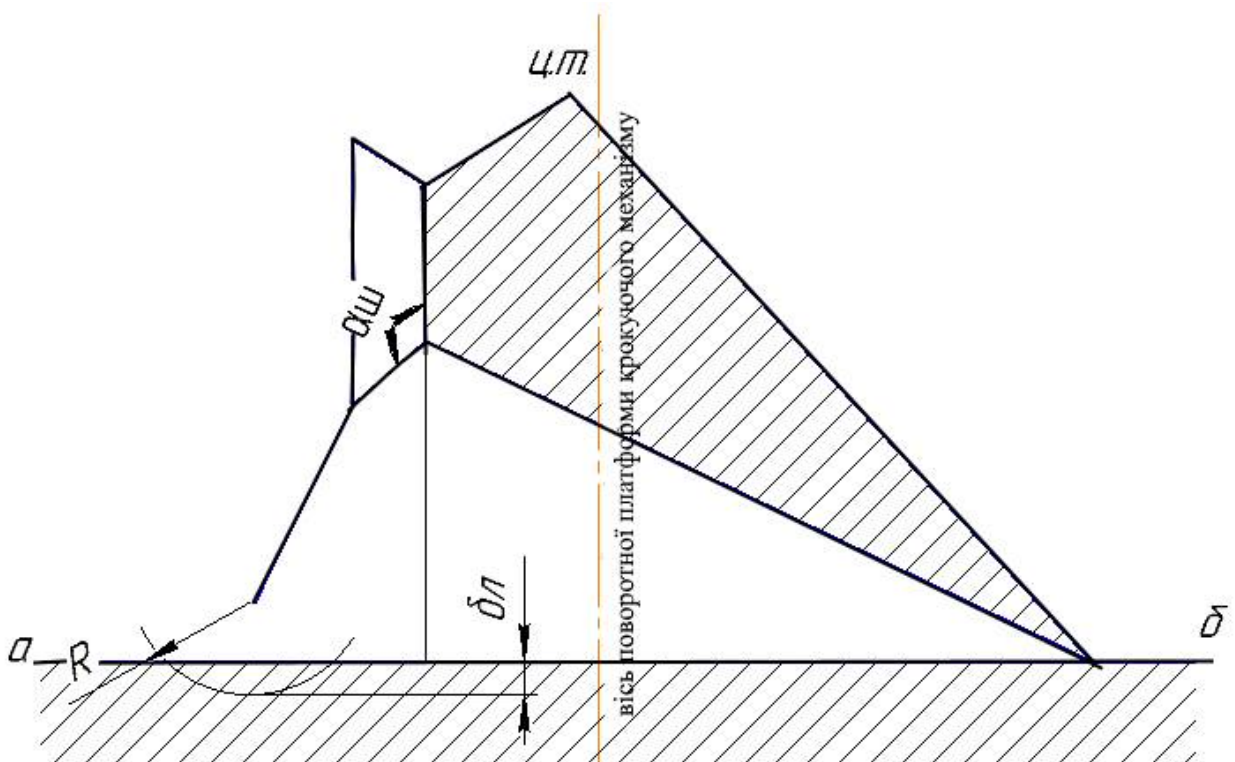


Рисунок 2 - Схема чотирьохланкового крокуючого механізму

Побудовою чотирьохланника визначається положення точки "А". З цієї точки радіусом, рівним відстані від центру кульової опори лижі до нижньої поверхні лижі проводиться дуга. Відстань від лінії а-б до

найбільш віддаленої точки дуги визначає величину $\delta_{л}$. Занурення лижі в ґрунт характеризується, безпосередньо питомим тиском лиж на ґрунт [1]:

$$P_{л} = \frac{N + G_{л}}{2 \cdot l \cdot b},$$

де N – навантаження на лижу, $G_{л}$ -вага лижі і ноги з ексцентриками, l - довжина лижі, b - ширина лижі.

Фактична глибина занурення лижі в ґрунт [3]:

$$h_{л} = \frac{P_{л}}{P_{о}},$$

де $P_{о}=0,3$ Н- постійний для цього ґрунту коефіцієнт питомого опору ґрунту, що відповідає зануренню опорної поверхні лижі на 1 см.

Висновки. Встановлено, що при збільшенні висоти опорного елемента тягово-зчіпні властивості крокуючих кранів поліпшуються завдяки підвищенню коефіцієнта зчеплення. Однак надмірне збільшення висоти опорного елемента призводить до налипання ґрунту на опорні елементи і спричиняє буксування крану, і як наслідок, до втрати експлуатаційної продуктивності. Визначення відстані між прямолінійними та шевронними опорними елементами лиж, дозволить підвищити ефективність використання стрілового крану, за рахунок поліпшення конструктивних особливостей опорної поверхні лиж.

Література:

1. Берестов, Е.И. (2013). Взаимодействие рабочего оборудования и гусеничных траков землеройных машин с грунтом. Могилев: Беларус.- Рос. ун-т, 184.

2. Ксеневи́ч И.П., Скотников И.П., Ляско М.И. (1985) Ходовая система–почва–урожай, М.: Агропромиздат, 304 с.
3. Шеффлер М., Пайер Г., Курт Ф. (1980) Основы расчета и конструирования подъемно-транспортных машин, М.: Машиностроение, 255 с.
4. Гармаш Н.З., Бережной Ю.И. (1971) Конструкция, основы теории и расчета шагающего ходового оборудования горнотранспортных машин, М.: Недра, 144с.
5. Хрустале́в, Е.Н.(2004) Контактное взаимодействие в геомеханике. Ч1: Несущая способность оснований сооружений, Тверь: ТГТУ, 77 с.

References:

1. Berestov, E.I. (2013). Vzaimodejstvie rabocheho oborudovanija i gusenichnyh trakov zemlerojnyh mashin s gruntom [Interaction of working equipment and tracked tracks of earth moving machines with soil], Mogilev: Belorus.-Ros. un-t. [in Russian]
2. Ksenevich I.P., Skotnikov I.P., Ljasko M.I.(1985). Hodovaja sistema–pochva–urozhaj [Running system – soil – crop], M.: Agropromizdat, 304. [in Russian]
3. Sheffler M., Pajer G., Kurt F. (1980). Osnovy rascheta i konstruirovaniija podemno-transportnyh mashin [Fundamentals of calculation and design of hoisting machines], M.: Mashinostroenie, 255. [in Russian]
4. Garmash N.Z., Berezhnoj Ju.I. (1971). Konstrukcija, osnovy teorii i rascheta shagajushhego hodovogo oborudovanija gornotransportnyh mashin [Construction, fundamentals of the theory and calculation of walking walking equipment of mining vehicles], M.: Nedra, 144. [in Russian]
5. Hrustalev, E.N. (2004). Kontaktnoe vzaimodejstvie v geomehanike. Ch1: Nesushhaja sposobnost' osnovanij sooruzhenij [Contact interaction in

geomechanics. P1: Bearing capacity of foundations], Tver': TGTU. [in Russian]