

## ГІДРАВЛІЧНИЙ ОДНОКІВШЕВИЙ ЕКСКАВАТОР ДЛЯ РОБОТИ НА ОПОРНІЙ ПОВЕРХНІ ЗІ СКЛАДНИМ РЕЛЬЄФОМ

*Лисак С.І., Суслов С.І.*

*Миколаївський будівельний коледж Київського національного університету будівництва і архітектури*

*Наведені напрями розвитку конструкції одноківшевих екскаваторів для їх максимальної ефективності в роботі. На основі аналізу ходових устаткувань та перспектив їх удосконалення запроєктовано конструкцію ходового обладнання одноківшевого екскаватора, що може використовуватись на опорній поверхні зі значною зміною її рельєфу.*

*Ключові слова: ланцюговий траншеєскопач, геометричні параметри.*

**Вступ.** Одноківшеві екскаватори займають провідне місце серед будівельних машин для виконання земляних робіт. Ними виконують значний комплекс робіт при розробці котлованів і траншей, будівництві автомобільних та залізничних доріг, аварійно-рятувальних операціях тощо [1]. Ефективність використання цих машин значною мірою залежить від типу приводу робочого обладнання (системи керування механічної чи гідравлічної), його функціональних можливостей, типу ходового устаткування, якості виготовлення конструктивних елементів і організаційно-технологічного рівня експлуатації техніки.

Загальними тенденціями розвитку конструкції одноківшевих екскаваторів є: створення нового типу – екскаваторів-маніпуляторів і міні-екскаваторів із набором швидкоз'ємних робочих органів для комплексної механізації робіт у будівництві; підвищення питомої потужності при порівняно невеликому збільшенні маси; застосування більш міцних матеріалів, захисних обладнань; зниження трудомісткості технічного обслуговування; поліпшення умов праці за рахунок зниження трудомісткості керування машиною, зменшення шуму, вібрацій, загазованості, запиленості; створення важких екскаваторів на базі спарених платформ; розширення номенклатури екскаваторного устаткування; використання автоматичних (дистанційних) систем керування РО; удосконалення систем керування і створення комфортних умов для машиніста; впровадження мікропроцесорної техніки, у тому числі пристроїв відображення інформації.

Ходове обладнання екскаваторів призначене для передачі на опорну поверхню ваги базової машини і зовнішніх силових впливів (сили різання ґрунту ковшем, інерційні навантаження та ін.), переміщення машини на робочих та транспортних швидкостях.

В якості ходового устаткування одноківшевих екскаваторів використовується: гусеничне, пневмоколісне, гусенично-колісне та крокуюче обладнання [2]. Найбільш поширеними є два перші типи ходового обладнання. Крокуючий ходовий механізм має обмежене застосування і використовується лише на машинах значної потужності та маси (для переміщення драглайнів). Пневмоколісне ходове обладнання забезпечує маневреність, мобільність, високі транспортні швидкості і плавність руху, але на відміну від гусеничного, вимагає застосування аутригерів, тобто пристроїв для підвищення стійкості при роботі. Гусеничне ходове устаткування характеризується добрим зчепленням із опорною поверхнею, високою тяговою здатністю, більшою опорною поверхнею, високою прохідністю, що дозволяє виконувати роботи в умовах бездоріжжя. Але йому властиві суттєві недоліки, зокрема, складність конструкції, велика кількість рухомих з'єднань деталей, які не захищені від абразивного середовища, значна металомісткість конструкції.

**Постановка проблеми.** При виконанні різних видів земляних робіт іноді існує необхідність функціонування на складній та не рівній опорній поверхні. Крім того,

землерийне обладнання доцільно застосовувати на всіх стадіях рятувальних та відновлювальних робіт при ліквідації наслідків землетрусів, обвалів, при яких відбувається руйнування промислових та цивільних споруд, транспортних та інженерних комунікацій [3]. До того ж, ходове та робоче обладнання повинне забезпечити роботу у стиснених умовах завалів зруйнованих споруд, зменшувати небезпеку знаходження рятувальників в цих умовах. При цьому важливими критеріями є забезпечення стійкості машини в процесі роботи та можливість швидкого та безпечного пересування по складному ландшафту. Задовольнити в повній мірі вказані вимоги не може пневмоколісне та гусеничне ходове обладнання.

**Мета роботи** полягає у розробці конструкції ходового обладнання одноківшевого екскаватора для можливості роботи у складних виробничих умовах на опорній поверхні зі значною зміною її профілю. Задачею є надання конструктивним елементам обладнання необхідної кінематики руху для їх швидкої адаптації під профіль опорної поверхні і забезпечення стійкого положення машини в робочому та транспортному режимах роботи.

**Виклад основного матеріалу.** Сучасний ринок будівельної техніки, зокрема одноківшевих екскаваторів, представлений багатьма фірмами-виробниками: Caterpillar, Liebherr, Kobelco, Samsung, Komatsu та ін. Фахівці цих фірм постійно працюють над удосконаленням конструкції ходових устаткувань та робочого обладнання, і, окрім цього, значний обсяг робіт виконується по впровадженню інформаційних технологій та засобів, які забезпечують автоматизацію керування машиною і автоматизацію виконання технологічних операцій. Також закордонні фірми-виробники велику увагу приділяють поліпшенню дизайну, особливо кабін і капотів [4].

Одноківшеві гідравлічні екскаватори зі спеціальним ходовим обладнанням зокрема пропонуються італійською компанією Euromach SpA (модель екскаватора R105, рис. 1) та німецькою компанією Kaiser (моделі екскаватора S1 та S2, рис. 2) [5, 6].



Рисунок 1 – Екскаватор Spider R105



Рисунок 2 – Екскаватор Kaiser S1

Вказані фірми рекламують ці машини як землерийних акробатів для механізації земляних і навантажувально-розвантажувальних робіт у важкодоступних місцях, а також для лісорозробок.

Розроблений авторами роботи одноківшевий екскаватор для роботи на опорній поверхні зі складним рельєфом показаний на рис. 3.

Одноківшевий екскаватор складається із поворотної платформи 9 на якій в передній частині розміщено робоче обладнання, кабіна оператора 7 та силова установка 8. Робоче обладнання екскаватора, яке шарнірно приєднане до поворотної платформи, складається із стріли 4, до якої рухомо приєднано рукоять 3. На кінці рукояті монтується ківш 1. Рукоять 3 складається із основної та розміщеної в ній вставної секції, яка керується гідроциліндром (на рис. не показаний). За допомогою механізму телескопування рукояті є можливість змінювати радіус копання. Стріла, рукоять та ківш

керуються відповідними гідроциліндрами 6, 5, 2. Вказане устаткування встановлюється на спеціальному ходовому обладнанні оригінальної конструкції. Ходове обладнання екскаватора виконане у вигляді основної рами 11, до якої шарнірно приєднані опорні лапи 14 із змонтованими на них пневматичними колесами (приводними 10 та не приводними 12). Опорні лапи 14 мають можливість повороту у вертикальній та горизонтальній площині за допомогою гідроциліндрів 15 та 16 відповідно. Індивідуальний гідропривід опорних лап та кінематика їх руху дозволяє здійснювати адаптацію ходового обладнання до відповідних умов опорної поверхні, займаючи при цьому стійке положення.

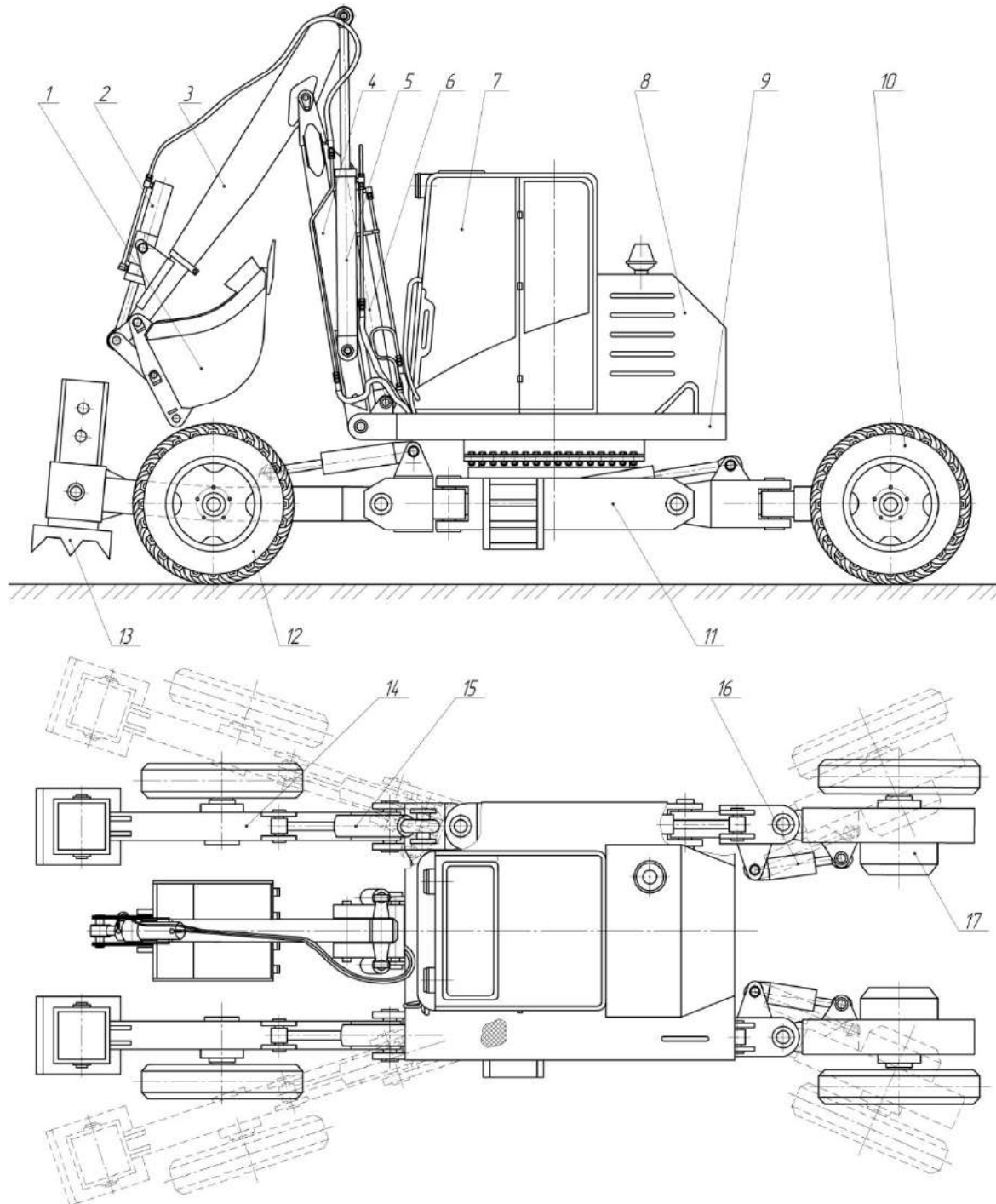


Рисунок 3 – Проектований спайдер-екскаватор, загальний вид

Для покращення зчеплення ходового обладнання екскаватора із опорною поверхнею використовуються спеціальні аутригери 13, що фіксуються у необхідному положенні. При роботі в екстремально важких умовах для забезпечення стійкості машини

є можливість зняти колеса. Також є можливість оперативно змінювати ківш на різноманітні робочі органи за допомогою спеціального механізму, розширюючи при цьому технологічні можливості машини.

Переміщення екскаватора у важкопрохідних місцях та на значних схилах здійснюється за допомогою телескопічної рукояті 3, для чого ківш опираються на ґрунт і відштовхуються на нове місце шляхом висування вставної рукояті (рис. 1). Транспортне переміщення здійснюється від гідромоторів 17 із гідростатичним багатодисковим гальмом. Швидкість переміщення екскаватора складає до 10 км/год, зміна швидкості – безступінчаста.

У випадку необхідності перебазування екскаватора на значні відстані, його оригінальна конструкція, невеликі габарити і мобільність дозволяють самостійно завантажуватись в кузов вантажного автомобіля та розвантажуватись без додаткових підймальних механізмів.

Забезпечення стійкості екскаватора є важливою умовою безпеки виконання робіт на будівельному об'єкті. Метою розрахунку екскаватора на стійкість є перевірка його здатності протидіяти опрокидуванню при виконанні повороту платформи із завантаженим ковшем і одночасному маніпулюванні робочим обладнанням. небезпека втрати стійкості виникає у випадку, коли сумарний опрокидувальний момент  $M_{опр}$  від дії зовнішніх сил буде перевищувати сумарний утримуючий момент  $M_{утр.}$ . В цьому випадку починається поворот екскаватора відносно ребра опрокидування, якому протидіє утримуючий момент і момент інерції опору опрокидуванню. Якщо тривалість дії і величина динамічних навантажень значні, то відбувається опрокидування екскаватора.

Для оцінки надійності положення проектного екскаватора під час роботи, виконаємо розрахунок коефіцієнту стійкості. Розрахункова схема наведена на рис. 4. Відповідні параметри конструктивних елементів розраховані методом геометричної подібності існуючого та проектного екскаватора (в якості екскаватора-аналога було прийнято екскаватор ЭО-3322).

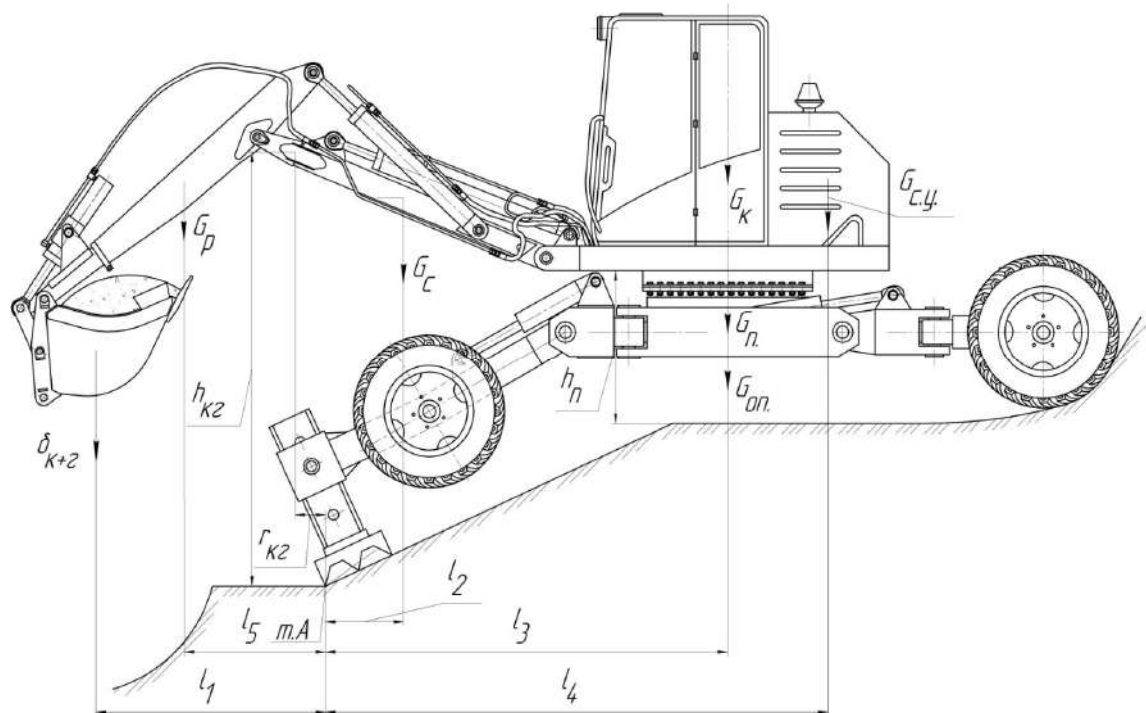


Рисунок 4 – Розрахункова схема до визначення стійкості екскаватора

Коефіцієнт стійкості розраховується за формулою:

$$K_{ст.} = \frac{M_{утр.}}{M_{опр.}} \geq [K_{ст.}], \quad (1)$$

де  $M_{утр.}$  – сумарний момент утримуючих сил відносно точки опрокидування А;  $M_{опр.}$  – сумарний опрокидувальний момент від діючих сил відносно точки опрокидування А;  $[K_{ст.}]$  – допустимий коефіцієнт стійкості екскаватора,  $[K_{ст.}] = 1,15$ .

Момент утримуючих сил відносно точки А

$$M_{утр.} = (G_k + G_{оп.} + G_{п.})l_3 + G_{с.у.}l_4 + G_c l_2 + M_{дин.}, \quad (2)$$

де  $G_k = 3624$  Н – вага кабіни;  $G_{оп.} = 47089$  Н – вага опорно-поворотного круга;  $G_{п.} = 17658$  – вага поворотної платформи;  $G_{с.у.} = 13979$  Н – вага силової установки;  $G_c = 23912$  Н – вага стріли;  $l_2 = 0,58$  м,  $l_3 = 2,9$  м,  $l_4 = 3,7$  м – плечі діючих сил відносно точки опрокидування екскаватора;  $M_{дин.}$  – динамічний утримуючий момент від відцентрових сил інерції поворотної платформи:

$$M_{дин.} = G_{п.} \omega^2 r_{п.} h_{п.} = 17658 \cdot 0,62^2 \cdot 0,5 \cdot 1,0 = 4073 \text{ Нм}, \quad (3)$$

де  $\omega = 0,62$  рад/с – кутова швидкість обертання поворотної платформи;  $r_{п.} = 0,5$  м – радіус круга поворотної платформи;  $h_{п.} = 1,2$  м – висота від поворотної платформи до опорної поверхні;

$$M_{утр.} = (3924 + 4709 + 17658)2,9 + 13979 \cdot 3,7 + 23912 \cdot 0,58 + 4073 = 145908 \text{ Нм}.$$

Момент опрокидування відносно точки А

$$M_{опр.} = G_p l_5 + \delta_{к.+г.} l_1 + M_{ин.ро}, \quad (4)$$

де  $G_p = 6798$  Н – вага рукояті;  $\delta_{к.+г.} = 54161$  Н – вага ковша із ґрунтом;  $l_5 = 1,0$  м,  $l_1 = 1,7$  м – плечі діючих сил;  $M_{ин.ро}$  – перекидаючий динамічний момент відцентрових сил інерції робочого обладнання визначається за формулою:

$$M_{ин.ро.} = G_{ро} \omega^2 r_{кг} h_{кг} = 84871 \cdot 0,62^2 \cdot 0,2 \cdot 3,1 = 20227 \text{ Нм}, \quad (5)$$

де  $G_{ро} = G_p + \delta_{к.+г.} + G_c = 6798 + 54161 + 23912 = 84871$  Н – вага робочого обладнання;  $r_{кг} = 0,2$  м – відстань від середини робочого обладнання до т. А;  $h_{кг} = 3,1$  м – висота від середини робочого обладнання до опорної поверхні;

$$M_{опр.} = 6798 \cdot 1,0 + 54161 \cdot 1,7 + 20227 = 119098 \text{ Нм}.$$

Коефіцієнт стійкості

$$K_{ст.} = \frac{145908}{119098} = 1,22 \geq [1,15].$$

Умова виконується, отже стійкість екскаватора забезпечена.

Більш поглиблений розрахунок на стійкість проектованого екскаватора (що виконується з метою встановлення, найгірших для стійкості кутових положень елементів його конструкції) повинен базуватись на теоретичному аналізі динаміки процесу опрокидування екскаватора в умовах можливого суміщення робочих рухів у режимі розгону (гальмування) конструктивних елементів екскаватора.

**Висновки.** Аналіз ходового обладнання, що використовується для транспортних та робочих переміщень машин для земляних робіт, зокрема, одноківшевих екскаваторів, показав, що для роботи на опорній поверхні зі складним рельєфом, пневмоколісне та гусеничне устаткування не відповідає необхідним критеріям. Тому, опираючись на досвід створення землерийної техніки закордонними фахівцями, було розроблено ходове устаткування, що здатне адаптуватись під складні умови опорної поверхні, забезпечуючи цим стійке положення та маневреність. В реальних умовах, екскаватор повинен обов'язково проходити випробування на стійкість та інші вимоги безпеки згідно нормативного документу ISO 3164-99 та ISO898-1-78.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Домбровський Н. Г. Строительные машины / Н. Г. Домбровський, Ю. Л. Картвелтшвили, М. Н. Гальперин. – М. : Машиностроение, 1976. – 391 с.
2. Добронравов С. С. Строительные машины и основы автоматизации / С. С. Добронравов, В. Г. Дронов – М. : Высшая школа, 2001. – 575 с.
3. Хмара Л. А. Технология ведения спасательных работ землеройно-манипуляторным оборудованием многоцелевого назначения / Л. А. Хмара, С. В. Шатов // Гірн., будів., дор. та меліор. Машины : Всеукр. між. зб.наук. праць. – К. : КНУБА, 2008. – Вип. 71. – С. 24-29.
4. Волянук В. О. Напрями розвитку закордонної будівельної техніки для земляних робіт / В. О. Волянук // Гірн., будів., дор. та меліор. Машины : Всеукр. між. зб.наук. праць. – К. : КНУБА, 2006. – Вип. 67. – С. 54-58.
5. Електронний ресурс. – Режим доступу: [http://exkavator.ru/main/news/inf\\_news/~id=8155](http://exkavator.ru/main/news/inf_news/~id=8155).
6. Електронний ресурс. – Режим доступу: [http://www.stroyteh.ru/publication/Ehkskavatory\\_pauki](http://www.stroyteh.ru/publication/Ehkskavatory_pauki).

**Лисак С.И., Суслов С.И. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ ОДНОКОВШОВОЙ ЭКСКАВАТОР ДЛЯ РАБОТЫ НА ОПОРНОЙ ПОВЕРХНОСТИ СО СЛОЖНЫМ РЕЛЬЕФОМ**

*Рассмотрены направления развития конструкций одноковшовых экскаваторов для их максимальной эффективности в работе. На основе анализа ходовых установок и перспектив их усовершенствования запроектировано конструкцию ходового оборудования одноковшового экскаватора, которое может использоваться на опорной поверхности со значительным изменением ее рельефа.*

*Ключевые слова: цепной траншеекопатель, геометрические параметры.*

**Lysak S.I., Suslov S.I. HYDRAULIC ODNOKIVSHEVYY EXCAVATOR TO WORK ON THE BEARING SURFACE WITH COMPLEX RELIEF**

*These areas of construction shovels for maximum efficiency in operation. Based on the analysis of navigation systems and lane-spec construction is projected to improve their navigation equipment shovels, which can be used on the bearing surface with a significant change in it topography.*

*Keywords: chain trencher, geometrical parameters.*