

УДК 624.123.3

ЕКСКАВАТОР ДЛЯ АВАРІЙНО-РЯТУВАЛЬНИХ РОБІТ

**М.К. Сукач, професор, д.т.н., С.І. Лисак, аспірант, Київський національний університет будівництва і архітектури,
С.І. Суслов, студент, Миколаївський будівельний коледж Київського Національного університету будівництва і архітектури, м. Миколаїв**

Анотація. Розглянуто напрями розвитку конструкцій однокішшевих екскаваторів для їх максимальної ефективності в роботі. На основі аналізу ходових пристроїв та перспектив їх удосконалення запроєктовано конструкцію ходового обладнання однокішшевого екскаватора, що може використовуватись на опорній поверхні зі значною зміною її рельєфу.

Ключові слова: екскаватор, ходове обладнання, опорна поверхня, коефіцієнт стійкості, перекидання.

ЭКСКАВАТОР ДЛЯ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ РАБОТ

**М.К. Сукач, профессор, д.т.н., С.И. Лысак, аспирант, Киевский национальный университет строительства и архитектуры,
С.И. Суслов, студент, Николаевский строительный колледж Киевского национального университета строительства и архитектуры, г. Николаев**

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

Ключевые слова: экскаватор, ходовое оборудование, опорная поверхность, коэффициент устойчивости, опрокидывание.

BACKHOE-LOADERS FOR RESCUE WORKS

**M. Sukach, Professor, Doctor of Engineering Sciences, S. Lysak, post-graduate,
Kyiv National University of Construction and Architecture,
S. Suslov, student, Mykolayiv Building College, Mykolaiv**

Abstract. Trends in the development of backhoe-loader design in order to achieve their maximum performance have been considered. Based on the analysis of undercarriages and prospects for their improvement, backhoe-loader undercarriage design has been created to be used on the support surface with a significant varied topography.

Key words: backhoe-loader, undercarriage, support surface, coefficient of stability, rollover.

Вступ

Однокішшеві екскаватори займають провідне місце серед будівельних машин для вико-

нання земляних робіт. За їх допомогою виконують значний комплекс робіт під час розробки котлованів і траншей, будівництва автомобільних та залізничних доріг, прове-

дення аварійно-рятувальних операцій 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 однокішшевих екскаваторів є: створення нового типу екскаваторів-маніпуляторів і міні-екскаваторів із набором швидкозмінних робочих органів (РО) для комплексної механізації робіт у будівництві; підвищення питомої потужності за порівняно невеликого збільшення маси; зниження трудомісткості технічного обслуговування; поліпшення умов праці за рахунок зниження трудомісткості керування машиною, зменшення шуму, вібрацій, загазованості, запиленості; 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 копання ґрунту ковшем, інерційних навантажень та ін.), переміщення машини на робочих та транспортних швидкостях.

Аналіз публікацій

Як ходове обладнання однокішшевих екскаваторів використовують 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 обладнання характеризується значним 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, не захищених від абразивного середовища, значна металомісткість конструкції.

Постановка проблеми

При виконанні різних видів земляних робіт іноді існує необхідність функціонування на складній та нерівній опорній поверхні. Крім того, землерийне обладнання доцільно застосовувати на всіх стадіях рятувальних та відновлювальних робіт під час ліквідації наслідків землетрусів, обвалів, при яких відбувається руйнування промислових та цивільних споруд, транспортних та інженерних комунікацій [3]. До того ж ходове та робоче обладнання повинно забезпечувати роботу у стиснених умовах завалів зруйнованих споруд, зменшувати небезпеку перебування рятувальників у цих умовах. При цьому важливими критеріями є забезпечення стійкості машини у процесі роботи та можливість швидкого і безпечного пересування складним ландшафтом. Задовольнити повною мірою вказані вимоги не може пневмоколісне та гусеничне ходове обладнання.

Мета і постановка задачі

Полягає у розробці конструкції ходового обладнання однокішшевого екскаватора, спроможного виконувати роботу 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.

Напрями розвитку конструкцій однокішшевих екскаваторів

Сучасний ринок будівельної техніки, зокрема однокішшевих екскаваторів, представлено багатьма фірмами-виробниками: Caterpillar, Liebherr, Kobelco, Samsung, Komatsu та ін. Фахівці цих фірм постійно працюють над удосконаленням конструкції ходового та робочого обладнання. Крім цього, значний обсяг робіт виконується із впровадження інформаційних технологій та засобів, які забезпечують автоматизацію технологічних

операцій і керування машиною. Закордонні фірми-виробники приділяють також велику увагу поліпшенню дизайну, особливо кабін і капотів [4].

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



Рис. 1. Екскаватор Spider R105

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



Рис. 2. Екскаватор Kaiser S1

Розроблений авторами роботи однокішшевий екскаватор для роботи на опорній поверхні зі складним рельєфом показано на рис. 3.

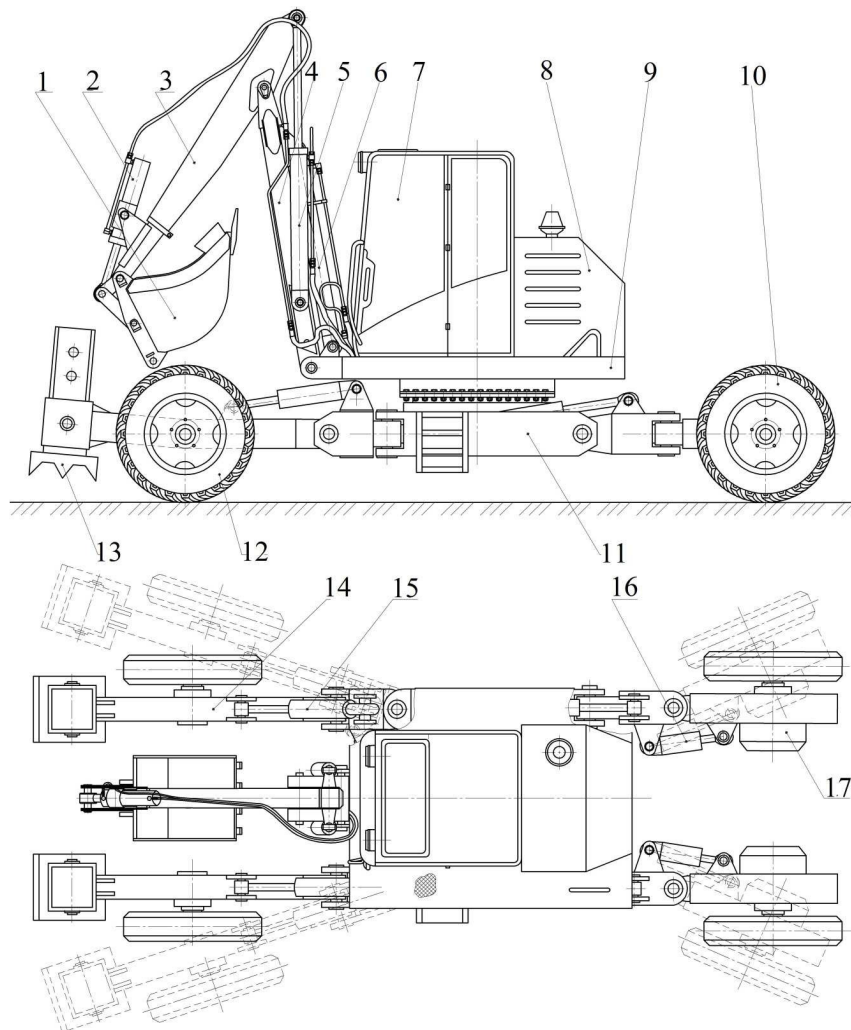


Рис. 3. Проектований одноківшевий екскаватор

Одноківшевий екскаватор складається із поворотної платформи 9, на якій в передній частині розміщені робоче обладнання, кабіна оператора 7 та силова установка 8. Робоче обладнання екскаватора, шарнірно приєднане до поворотної платформи, складається зі стріли 4, до якої рухомо приєднано рукоять 3. На кінці рукояті змонтовано ківш 1. Рукоять 3 складається із основної та розміщеної в ній вставної секції, керованої гідроциліндром (на рис. не показано). За допомогою механізму телескопування рукояті є можливість змінювати радіус копання. Стріла, рукоять та ківш керуються гідроциліндрами відповідно 6, 5, 2. Вказане устаткування встановлене 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 неприводними 12). Опорні лапи 14 виконано з можливістю повороту у вертикальній та горизонтальній площинах за допомогою гідроциліндрів 15 та 16 відповідно. Індивідуальний гідропривід

опорних лап та кінематика їх руху дозволяють здійснювати адаптацію ходового обладнання до відповідних умов опорної поверхні, займаючи при цьому стійке положення.

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 опирають на ґрунт і відштовхуються на нове місце шляхом висунання вставної рукояті (див. рис. 1). Транспортне переміщення здійснюється від гідромоторів 17 із гідростатичним багатодисковим гальмом. Швидкість переміщення екскаватора – до 10 км/год. Зміна швидкості – безступінчаста.

Метою розрахунку екскаватора на стійкість є перевірка його здатності протидіяти перекиданню при виконанні повороту платформи із

завантаженим ковшем і одночасному маніпулюванні робочим обладнанням (рис. 4).

Вагові параметри конструктивних елементів розраховано методом геометричної подібності існуючого та проектованого екскаватора (як екскаватор-аналог було прийнято екскаватор ЕО-3322).

Коефіцієнт стійкості розраховується за формулою

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

де $M_{утр}$ – сумарний момент утримувальних сил відносно точки перекидання А; $M_{опр}$ – сумарний перекидальний момент від сил, що діють відносно точки перекидання А; $[K_{ст}]$ – допустимий коефіцієнт стійкості екскаватора, $[K_{ст}] = 1,15$.

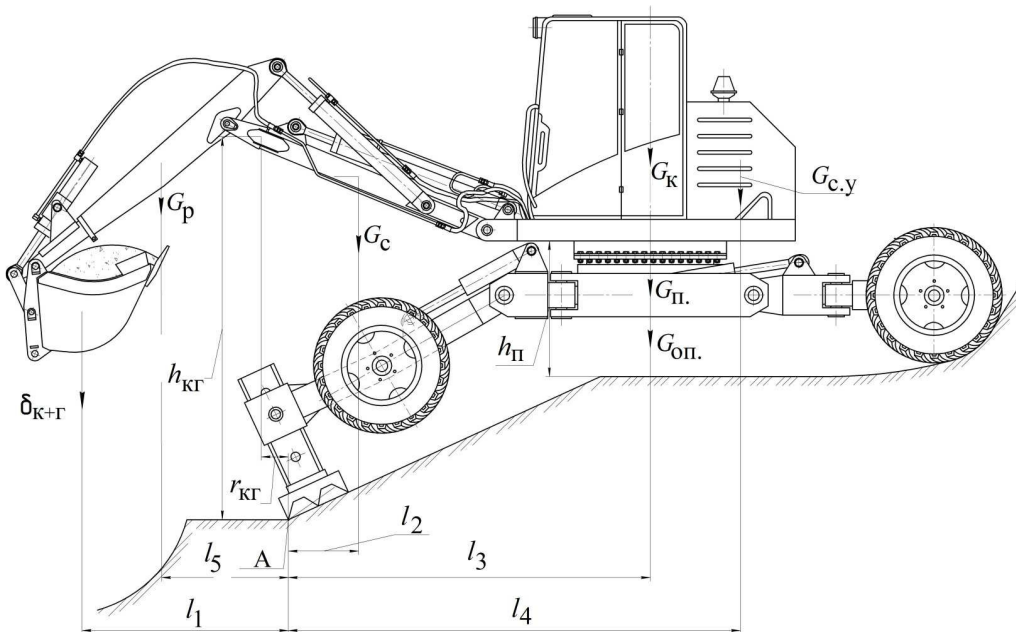


Рис. 4. Розрахункова схема до визначення стійкості екскаватора

Момент утримувальних сил відносно точки А

$$M_{утр} = (G_k + G_{оп} + G_п)l_3 + G_{с.у}l_4 + G_сl_2 + M_{дин}, \quad (2)$$

де $G_k = 3624$ Н – вага кабіни; $G_{оп} = 47089$ Н – вага опорно-поворотного кола; $G_п = 17658$ Н – вага поворотної платформи; $G_{с.у} = 13979$ Н – вага силової установки; $G_с = 23912$ Н – вага стріли; $l_2 = 0,58$ м, $l_3 = 2,9$ м, $l_4 = 3,7$ м – плечі діючих сил відносно точки перекидання екскаватора; $M_{дин}$ – динамічний утримувальний момент сил інерції поворотної платформи

$$M_{дин} = G_п \omega^2 r_п h_п = 17658 \times 0,62^2 \cdot 0,5 \cdot 1,0 = 4073 \text{ Нм}, \quad (3)$$

де $\omega = 0,62$ рад/с – кутова швидкість обертання поворотної платформи; $r_п = 0,5$ м – радіус кола 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 перекидання відносно точки А

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

де $G_р = 6798$ 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; $M_{ин.ро}$ – перекидальний динамічний момент відцентрових сил інерції робочого обладнання, визначається за формулою

$$M_{\text{ин.ро}} = G_{\text{ро}} \omega^2 r_{\text{кг}} h_{\text{кг}} =$$

$$= 84871 \cdot 0,62^2 \cdot 0,2 \cdot 3,1 = 20227 \text{ Нм},$$

де

$G_{\text{ро}} = G_{\text{р}} + \delta_{\text{кг+г}} + G_{\text{с}} = 6798 + 54161 +$
 $+23912 = 84871 \text{ Н}$ – вага робочого обладнання;
 $r_{\text{кг}} = 0,2 \text{ м}$ – відстань від середини робочого обладнання до точки А;
 $h_{\text{кг}} = 3,1 \text{ м}$ – висота від середини робочого обладнання до опорної поверхні;

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

$$+20227 = 119098 \text{ Нм}.$$

Коефіцієнт стійкості

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

Умова стійкості виконується, отже стійкість екскаватора забезпечено. Більш поглиблений розрахунок на стійкість проектного екскаватора (який виконується з метою встановлення найгірших для стійкості кутових положень елементів його конструкції) базується на теоретичному аналізі динаміки процесу перекидання екскаватора в умовах можливого суміщення робочих рухів у режимі розгону (гальмування) його конструктивних елементів. В реальних умовах екскаватор обов'язково проходить випробування на стійкість та інші вимоги безпеки згідно з нормативними документами ISO 3164-99 та ISO 898-1-78.

Висновки

Аналіз ходового обладнання під час транспортних та робочих переміщень землерийних машин, зокрема одноківшевих екскаваторів, показав, що для роботи на опорній поверхні зі складним рельєфом та аварійно-рятувальних робіт пневмоколісне та гусеничне обладнання не завжди відповідає необхідним критеріям.

Тому, спираючись на досвід створення землерийної техніки закордонними фахівцями,

було розроблено ходове обладнання, здатне адаптуватись під складні умови опорної поверхні, забезпечуючи таким чином стійке положення та маневреність.

Література

1. Домбровский Н. Г. Строительные машины: учебник для вузов. Ч.1. / Н.Г. Домбровский, Ю.Л. Картвелишвили, М.Н. Гальперин.– М.: Машиностроение, 1976.– 391 с.
2. Добронравов С.С. Строительные машины и основы автоматизации: учебник для строит. вузов / С.С. Добронравов, В.Г. Дронов. – М.: Высш. шк., 2001. – 575 с.
3. Хмара Л.А. Технология ведения спасательных работ землеройно-манипуляторным оборудованием многоцелевого назначения / Л.А. Хмара, С.В. Шатов // Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини: Всеукр. міжвід. зб. наук. праць. – К.: КНУБА, 2008. – Вип. 71. – С. 24–29.
4. Волянюк В.О. Напрями розвитку закордонної будівельної техніки для земляних робіт / В.О. Волянюк // Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини: Всеукр. міжвід. зб. наук. праць. – К.: КНУБА. – 2006. – Вип. 67. – С. 54–58.
5. Экскаватор-паук Spider R105 от компании Euromach для работы на неровных поверхностях. [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ссылке http://exkavator.ru/main/news/inf_news/~id=8155.
6. Экскаваторы-пауки. [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ссылке http://www.stroyteh.ru/publication/Ehkskavatory_pauki.

Рецензент: О.Г. Маслов, профессор, д.т.н., ХНАДУ.

Стаття надійшла до редакції 20 червня 2012 р.