



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **158504** (13) **U**
(51) МПК
E02F 3/43 (2006.01)
E02F 9/20 (2006.01)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНА ОРГАНІЗАЦІЯ
"УКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ОФІС ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ ТА ІННОВАЦІЙ"

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

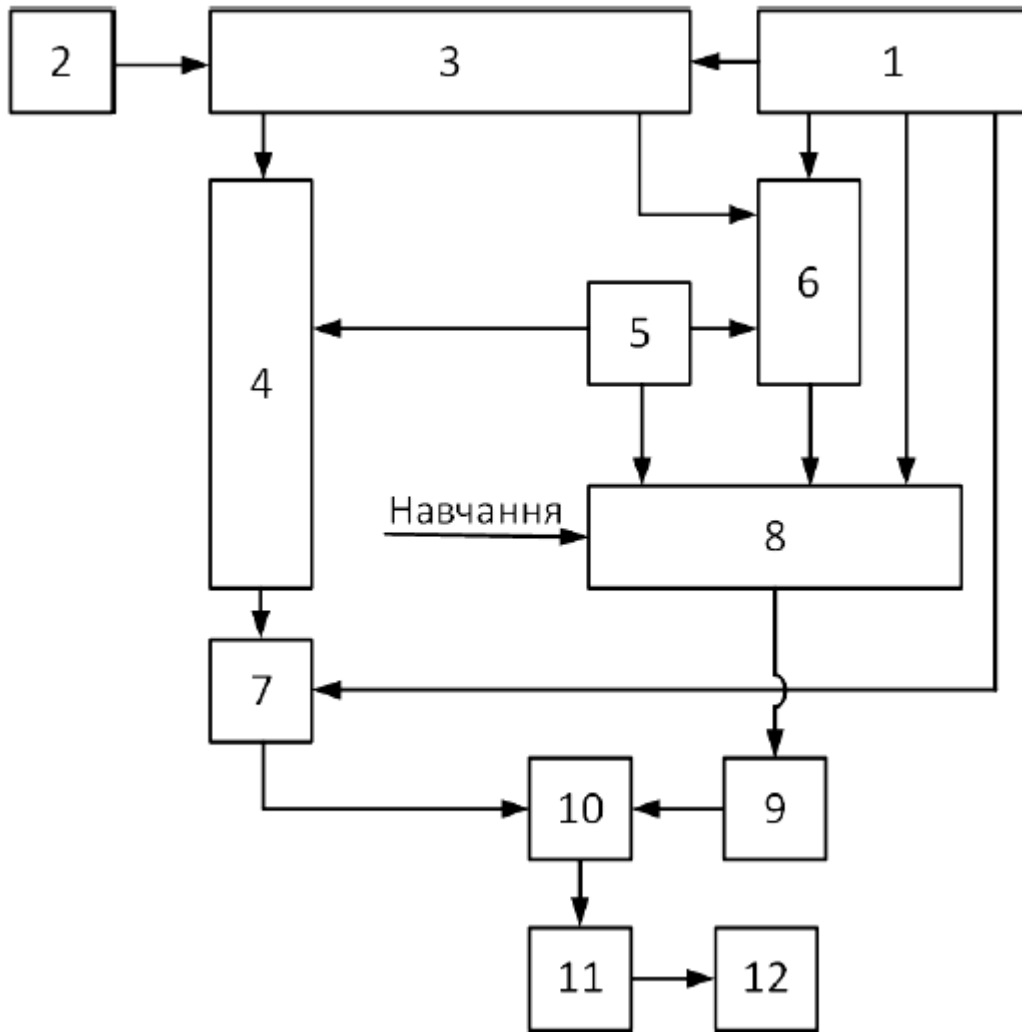
| | |
|--|---|
| <p>(21) Номер заявки: u 2024 04506</p> <p>(22) Дата подання заявки: 16.09.2024</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: 13.02.2025</p> <p>(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: 12.02.2025, Бюл.№ 7</p> | <p>(72) Винахідник(и): Гурко Олександр Геннадійович (UA), Петренко Юрій Антонович (UA), Кононихін Олександр Сергійович (UA), Філь Наталія Юріївна (UA)</p> <p>(73) Володілець (володільці): ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНІЙ УНІВЕРСИТЕТ, вул. Ярослава Мудрого, 25, м. Харків, 61002 (UA)</p> <p>(74) Представник: Азарова Алла Володимирівна</p> |
|--|---|

(54) СПОСІБ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ КОПАННЯ ЕКСКАВАТОРА

(57) Реферат:

Спосіб керування робочим процесом екскаватора включає процеси завдання бажаного руху робочого обладнання екскаватора, апріорної оцінки значень невизначених факторів, визначення поточних значень параметрів руху робочого обладнання, обчислення відхилень значень поточних параметрів руху робочого обладнання від бажаних значень, обчислення основного керуючого впливу на виконавчі механізми робочого обладнання та обчислення додаткового керуючого впливу на виконавчі механізми робочого обладнання для компенсації спрогнозованого впливу невизначених факторів на рух робочого обладнання. При цьому апріорну оцінку значень сил опору копанню формують на основі інформації про кінематичні та динамічні параметри робочого обладнання, попередні дані про властивості ґрунту у забої, що визначені за його категорією, та виміряні за допомогою встановлених на робочому обладнанні датчиків значення параметрів руху робочого обладнання й механічного навантаження на ківш і уточнюють за допомогою алгоритму машинного навчання.

UA 158504 U



Корисна модель належить до землерийних машин, переважно однокішшевих екскаваторів, а зокрема до керування їх робочим процесом.

Екскаваторами називаються землерийні машини, що призначені для копання ґрунту з подальшим його вивантаженням у відвал або в будь-який транспортний засіб, наприклад автосамоскид, та широко використовуються під час риття котлованів, траншей, розроблення виїмок і насипів, у кар'єрах тощо.

З рівня техніки відомо, що основними елементами екскаватора є базова частина та робоче обладнання (РО), що складається з механізмів стріли, рукояті та ковша. Для виконання робочого циклу екскаватора його оператор керує послідовним або одночасним рухом вказаних механізмів РО за допомогою важелів або джойстиків. Однак експлуатація екскаваторів пов'язана з небезпекою для здоров'я та життя оператора. Крім цього, втома, поганий психоемоційний стан та недостатня кваліфікація оператора негативно впливають на продуктивність екскаватора. Тому для підвищення продуктивності та якості виконуваних робіт, а також для забезпечення їх безпеки існує все зростаюча тенденція автоматизувати робочий цикл екскаватора.

Найближчим аналогом є спосіб керування робочим процесом екскаватора [Спосіб управління процесом копання екскаватора: пат. 96818 Україна: МПК⁶ E02F 3/43, E02F 9/20. № u 2014 04665; заявл. 30.04.2014; опубл. 25.02.2015, Бюл. № 4], що включає процеси завдання бажаних параметрів руху механізмів РО екскаватора, наприклад кутів повороту, їх швидкостей та прискорень, визначення поточних значень цих параметрів руху РО, обчислення відхилень поточних значень параметрів руху РО від бажаних значень та процес визначення керуючих впливів, що розбивається на два паралельні процеси, перший з яких визначає основний керуючий вплив за відомою номінальною моделлю, а другий - додатковий керуючий вплив, який призначений компенсувати спрогнозований вплив на рух РО невизначених факторів на основі апріорної оцінки їх можливих значень.

Недолік найближчого аналога полягає у наступному. Одним з основних невизначених факторів є сила опору копанню зі сторони ґрунту, що залежить від багатьох параметрів, значення яких змінюються у часі: кута різання ґрунту, фізико-механічних властивостей ґрунту, які змінюються внаслідок його неоднорідності, стану зубів ковша тощо. Тому апріорна оцінка сили опору копанню може істотно відрізнитися від дійсної, що негативно впливатиме на ефективність виконання робочого процесу екскаватором, зокрема на точність відпрацювання ковшем заданої траєкторії та на продуктивність екскаватора.

В основу корисної моделі поставлена задача підвищення точності виконання робочого процесу та продуктивності екскаватора за рахунок зниження впливу сили опору копанню на рух РО екскаватора.

Поставлена задача вирішується тим, що у способі керування робочим процесом екскаватора, що включає процеси завдання бажаного руху робочого обладнання екскаватора, апріорної оцінки значень невизначених факторів, визначення поточних значень параметрів руху робочого обладнання, обчислення відхилень значень поточних параметрів руху робочого обладнання від бажаних значень, обчислення основного керуючого впливу на виконавчі механізми робочого обладнання та обчислення додаткового керуючого впливу на виконавчі механізми робочого обладнання для компенсації спрогнозованого впливу невизначених факторів на рух робочого обладнання, згідно з корисною моделлю, апріорну оцінку значень сил опору копанню формують на основі інформації про кінематичні та динамічні параметри робочого обладнання, попередні дані про властивості ґрунту у забої, що визначені за його категорією, та виміряні за допомогою встановлених на робочому обладнанні датчиків значення параметрів руху робочого обладнання й механічного навантаження на ківш і уточнюють за допомогою алгоритму машинного навчання.

Суть корисної моделі пояснюється кресленням (блок-схемою), де 1 - блок зберігання інформації про кінематичні та динамічні параметри екскаватора, 2 - блок планування траєкторії руху зубів ковша; 3 - блок розв'язання оберненої задачі кінематики; 4 - блок обчислення відхилень значень поточних параметрів руху механізмів РО від бажаних значень; 5 - вимірювальний блок; 6 - блок апріорної оцінки сили опору копанню; 7 - блок обчислення основного керуючого впливу; 8 - блок уточнення значення сили опору копанню; 9 - блок обчислення додаткового керуючого впливу; 10 - суматор, 11 - блок формування ШІМ-сигналу та 12 - виконавчий блок.

Виходи блока зберігання інформації про кінематичні та динамічні параметри екскаватора 1 сполучені лініями зв'язку зі входами блоків розв'язання оберненої задачі кінематики 3, апріорної оцінки сили опору копанню 6; обчислення основного керуючого впливу 7 та уточнення значення сили опору копанню 8. Вихід блока планування траєкторії руху зубів ковша 2 сполучений лінією

зв'язку з другим входом блока розв'язання оберненої задачі кінематики 3. Виходи блока 3, в свою чергу, сполучені лініями зв'язку зі входами блоків обчислення відхилень значень поточних параметрів руху механізмів РО від бажаних значень 4 та апріорної оцінки сили опору копанню 6. Інші входи блоків 4 та 6 сполучені лініями зв'язку з виходами вимірювального блока 5, третій вихід якого сполучений зі входом блока уточнення значення сили опору копанню 8. Зі входом блока 8 сполучений вихід блока апріорної оцінки сили опору копанню 6. Виходи блоків обчислення відхилень значень поточних параметрів руху механізмів РО від бажаних значень 4 та уточнення значення сили опору копанню 8 сполучені лініями зв'язку зі входами блоків обчислення основного та додаткового керуючих впливів 7 та 9 відповідно, а виходи блоків 7 та 9 сполучені зі входом суматора 10, вихід якого сполучений зі входом блока формування ШІМ-сигналу 11, а вихід блока 11 - зі входом виконавчого блока 12.

Спосіб реалізується наступним чином. В блоці 1 зберігається інформація про кінематичні та динамічні параметри РО екскаватора (значення геометричних та масово-інерційних параметрів механізмів РО та їх елементів, обмеження на їх переміщення тощо). У залежності від необхідної робочої операції (наприклад, копання або переміщення ґрунту у відвал або на транспортний засіб) в блоці 2 визначається бажана траєкторія руху зубів ковша екскаватора. В блоці 3 шляхом розв'язання оберненої задачі кінематики з урахуванням параметрів РО та обмежень на переміщення його механізмів, що зберігаються у блоці 1, розраховуються закони зміни кутів повороту, швидкостей і прискорень механізмів РО (стріли, рукояті та ковша) екскаватора, що необхідні для реалізації визначеної у блоці 2 траєкторії руху зубів ковша екскаватора. Розраховані у блоці 3 закони зміни кутів повороту, швидкостей і прискорень механізмів РО подаються на один з входів блока 4 обчислення відхилень значень поточних параметрів руху механізмів РО від бажаних значень.

Під час руху РО дійсні кути повороту його механізмів та поточні навантаження на ковші вимірюються блоком 5. Інформація від блока 5 щодо дійсних кутів повороту механізмів РО подається на другий вхід блока 4, а щодо навантаження на ківш - на один з входів блока апріорної оцінки сили опору копанню 6.

У блоці 4 на основі інформації від блока 5 обчислюються поточні швидкості та прискорення руху механізмів РО, та знаходяться відхилення значень поточних параметрів руху механізмів РО від бажаних, визначених у блоці 3. Інформація про відхилення значень поточних параметрів руху механізмів РО від бажаних подається до блока 7, у якому на основі цієї інформації, а також інформації з блока 1 про кінематичні та динамічні параметри РО екскаватора обчислюється основний керуючий вплив на виконавчі приводи механізмів РО.

Одночасно у блоці 6 на підставі попередньо внесеної інформації про очікувані тип та параметри ґрунту, що підлягатиме розробці, а також інформації від блока 1 про кінематичні та динамічні параметри РО екскаватора, від блока 3 про бажаний кут різання, а також від блока 5 про вимірне навантаження на ківш визначається апріорна оцінка сили опору копанню. Ця оцінка надходить до блока 8 уточнення сили опору копанню, в якому інформація про кінематичні та динамічні параметри РО екскаватора від блока 1, про вимірне навантаження на ківш від блока 5 та про апріорну оцінку сили опору копанню від блока 6 обробляється за допомогою алгоритмів машинного навчання та отримана уточнена оцінка сили опору копанню подається на вхід блока 9, в якому обчислюється додатковий керуючий вплив, що покликаний компенсувати вплив сил опору копанню на механізми РО.

Розраховані у блоках 7 та 9 основний та додатковий керуючий впливи підсумовуються у блоці 10, після чого результуючий керуючий вплив подається до блока 11, де формується ШІМ-сигнал, який подається на виконавчий блок 12, що приводить у рух механізми РО екскаватора. Далі процеси, що протікають в блоках 4-12, повторюються доти, доки мета робочої операції не буде досягнута або не зміниться завдання в блоці 2.

Дії, що виконуються блоками 4-12, виконуються в реальному часі, тим самим здійснюється керування рухом РО екскаватора.

Навчання моделі у блоці уточнення сили опору копанню 8 виконується заздалегідь, наприклад, з використанням даних, отриманих при керуванні екскаватором кваліфікованим оператором на різних категоріях ґрунтів з відомими властивостями.

Використання під час керування уточнених оцінок сил опору копанню підвищить точність виконання екскаватором робочого процесу та продуктивності екскаватора.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб керування робочим процесом екскаватора, що включає процеси задання бажаного руху робочого обладнання екскаватора, апріорної оцінки значень невизначених факторів,

визначення поточних значень параметрів руху робочого обладнання, обчислення відхилень значень поточних параметрів руху робочого обладнання від бажаних значень, обчислення основного керуючого впливу на виконавчі механізми робочого обладнання та обчислення додаткового керуючого впливу на виконавчі механізми робочого обладнання для компенсації спрогнозованого впливу невизначених факторів на рух робочого обладнання, який відрізняється тим, що апіорну оцінку значень сил опору копанню формують на основі інформації про кінематичні та динамічні параметри робочого обладнання, попередні дані про властивості ґрунту у забої, що визначені за його категорією, та виміряні за допомогою встановлених на робочому обладнанні датчиків значення параметрів руху робочого обладнання й механічного навантаження на ківш і уточнюють за допомогою алгоритму машинного навчання.

