



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **156176** (13) **U**  
(51) МПК (2024.01)  
**G05D 1/43** (2024.01)  
**E02F 3/00**  
**B60W 50/00**

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

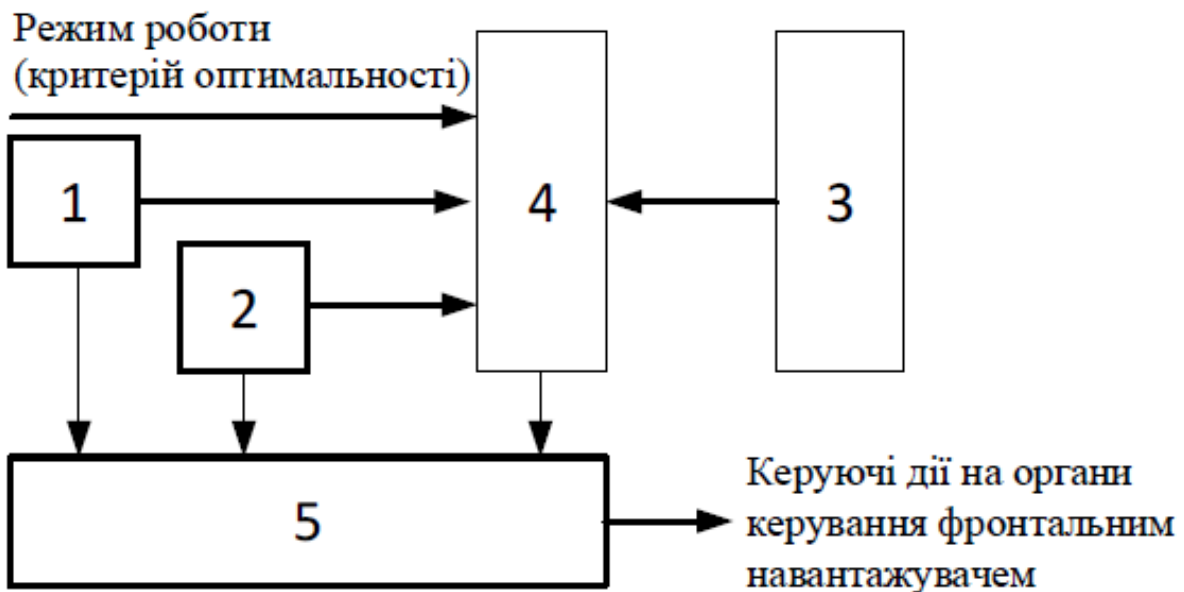
## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: <b>u 2023 02653</b>	(72) Винахідник(и): <b>Гурко Олександр Геннадійович (UA)</b>
(22) Дата подання заявки: <b>01.06.2023</b>	(73) Володілець (володільці): <b>ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНІЙ УНІВЕРСИТЕТ, вул. Ярослава Мудрого, 25, м. Харків, 61002 (UA)</b>
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: <b>23.05.2024</b>	(74) Представник: <b>Азарова Алла Володимирівна</b>
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: <b>22.05.2024, Бюл.№ 21</b>	

## (54) СИСТЕМА КЕРУВАННЯ РУХОМ АВТОНОМНОГО ФРОНТАЛЬНОГО НАВАНТАЖУВАЧА

### (57) Реферат:

Система керування рухом автономного фронтального навантажувача складається з блока датчиків для визначення просторово-часового положення та орієнтації фронтального навантажувача на робочому майданчику, блока датчиків для визначення параметрів руху фронтального навантажувача, блока формування траєкторії та блока відтворення траєкторії. Система додатково містить блок визначення стану робочого майданчика, вихід якого сполучений лінією зв'язку з входом блока формування траєкторії.



UA 156176 U



Корисна модель належить до фронтальних навантажувачів, а зокрема, до керування їх робочим процесом.

5 Фронтальний навантажувач є спеціалізованою машиною, що широко використовується при проведенні навантажувально-розвантажувальних, транспортних та земляних робіт та складається зі самохідного шасі, робочого обладнання, виконаного, як правило, у вигляді ковша, і силової установки, що генерує енергію, необхідну для руху самохідного шасі та робочого обладнання. Традиційно фронтальним завантажувачем керує оператор, який знаходиться у машині.

10 При виконанні робочого процесу фронтальний навантажувач переміщується по робочому майданчику від забою до місця розвантаження (наприклад, до самоскида) та в зворотному напрямку. При цьому фронтальний навантажувач має уникати перешкод на своєму шляху, а також наблизитися до забою та самоскиду з певною орієнтацією для ефективного та безпечного виконання певної операції. Наприклад, при наближенні до забою фронтальний навантажувач має бути орієнтований нормально до нього, щоб забезпечити ефективність зачерпування та уникнути небажаних бічних навантажень на гідропривід робочого обладнання. При наближенні до самоскиду навантажувач має зупинитися перед самоскидом із положенням та орієнтацією, зручними для здійснення розвантаження при одночасному уникненні зіткнення фронтального навантажувача та його робочого обладнання зі самоскидом.

20 Більш того, траєкторія, з якою фронтальний навантажувач рухається по робочому майданчику, впливає на його продуктивність та енергоефективність.

З огляду на трудомісткість керування наведеними робочими операціями оператор, незалежно від його кваліфікації, не може забезпечувати оптимальні режими роботи фронтального навантажувача з прийнятною швидкістю протягом тривалого періоду часу. Крім того, оператор фронтального навантажувача працює в складних умовах довкілля (пил, шум, вібрації), з високим ризиком травматизму.

Дана корисна модель спрямована на підвищення продуктивності, економічності та безпеки використання фронтального навантажувача за рахунок його автоматизації.

30 З рівня техніки відомі системи, наприклад, описані у [Leica iCON iGW3 3D Wheel Loader System. URL: <https://leica-geosystems.com/en-gb/products/machine-control-systems/leica-icon-igw3--3d-wheel-loader-system> (date of access: 15.05.2023)], що складаються з блока бортових датчиків та блока обладнання GNSS для визначення просторово-часового положення та орієнтації фронтального навантажувача на робочому майданчику, блока датчиків для визначення положення робочого обладнання, блока визначення стану робочого майданчика та блока надання операторові інформації про положення та орієнтацію фронтального навантажувача, його робочого обладнання та стан оточуючого навантажувач середовища на робочому майданчику. Система за допомогою людино-машинного інтерфейсу забезпечує оператора інформацією про виконані роботи, про положення та орієнтацію навантажувача на робочому майданчику, про положення робочого обладнання, а також зміни у оточуючому середовищі та надає йому рекомендації щодо керування робочим обладнанням. Використання такої системи підвищує точність і продуктивність виконуваних робіт. Проте вона не забезпечує оптимальний рух фронтального навантажувача від забою до місця розвантаження та в зворотному напрямку. Більш того, керування машиною зостається за оператором.

45 Найближчим аналогом є система [Marshall J., Barfoot T., Larsson J. Autonomous underground tramming for center-articulated vehicles. Journal of field robotics. 2008. Vol. 25, no.6-7. P. 400-421], що забезпечує автономний рух фронтального навантажувача від забою до місця розвантаження та в зворотному напрямку. Система складається з блока датчиків для визначення просторово-часового положення та орієнтації фронтального навантажувача на робочому майданчику, блока датчиків для визначення параметрів руху фронтального навантажувача, блока формування траєкторії та блока відтворення траєкторії. Робота системи містить три етапи: навчання, формування траєкторії та відтворення траєкторії.

50 Система працює наступним чином. На етапі навчання оператор керує рухом фронтального навантажувача. Одночасно реєструються дані щодо його просторово-часового положення та орієнтації, а також параметрів руху, що подаються до блока навчання. На другому етапі формування траєкторії дані, записані під час етапу навчання, обробляються в офлайн режимі і перетворюються у формат, придатний для використання алгоритмами оцінки та керування під час відтворення траєкторії. На третьому етапі система автономно відтворює траєкторію, створену раніше на етапах навчання та формування траєкторії, при цьому використовується інформація з блока датчиків для визначення просторово-часового положення та орієнтації та блока датчиків для визначення параметрів руху фронтального навантажувача для визначення відхилень поточних значень його просторових координат, швидкості від заданих на попередніх

етапах значень. За наявності таких відхилень блок відтворення траєкторії формує такі керуючі дії на органи керування фронтальним навантажувачем, щоб він рухався за сформованою траєкторією.

5 Наведена система забезпечує рух фронтального навантажувача за встановленою траєкторією з високою точністю. Однак вона має й недоліки. По-перше, у разі швидкої зміни стану робочого майданчика необхідно часто проводити перенавчання системи. По-друге, траєкторія, визначена оператором на етапі навчання, може бути неоптимальною, наприклад, з точки зору продуктивності та/або енергоефективності фронтального навантажувача.

10 В основу корисної моделі поставлена задача підвищення продуктивності та енергоефективності фронтального навантажувача за рахунок формування та корегування в режимі реального часу оптимальної траєкторії його автономного руху від забою до місця розвантаження та в зворотному напрямку для її відтворення в автоматичному режимі.

15 Поставлена задача вирішується тим, що до системи керування рухом автономного фронтального навантажувача, що складається з блока датчиків для визначення просторово-часового положення та орієнтації фронтального навантажувача на робочому майданчику, блока датчиків для визначення параметрів руху фронтального навантажувача, блока формування траєкторії та блока відтворення траєкторії, згідно з корисною моделлю, введено блок визначення стану робочого майданчика, вихід якого сполучений лінією зв'язку зі входом блока формування траєкторії.

20 Корисна модель пояснюється кресленням, де 1 - блок датчиків для визначення просторово-часового положення та орієнтації фронтального навантажувача на робочому майданчику, 2 - блок датчиків для визначення параметрів руху фронтального навантажувача, 3 - блок визначення стану робочого майданчика, 4 - блок формування траєкторії, 5 - блок відтворення траєкторії.

25 Виходи блока 1 датчиків для визначення просторово-часового положення та орієнтації фронтального навантажувача на робочому майданчику та блока 2 датчиків для визначення параметрів руху фронтального навантажувача сполучені лініями зв'язку із входом блока 4 формування траєкторії. Із входом блока 4 формування траєкторії також сполучений лінією зв'язку вихід блока 3 визначення стану робочого майданчика. Вихід блока 4 формування траєкторії, а також другі виходи блока 1 датчиків для визначення просторово-часового положення та орієнтації фронтального навантажувача на робочому майданчику та блока 2 датчиків для визначення параметрів руху фронтального навантажувача сполучені лініями зв'язку зі входами блока 5 відтворення траєкторії.

Система працює наступним чином.

35 Перед початком роботи фронтального навантажувача оператор або інша уповноважена особа подає до блока 4 формування траєкторії інформацію щодо бажаного режиму роботи (критерія оптимальності) фронтального навантажувача. Цей режим може відповідати, наприклад, максимальній продуктивності фронтального навантажувача, максимальній енергоефективності або компромісу між продуктивністю та енергоефективністю. Перед початком руху фронтального навантажувача блок 4 формування траєкторії на підставі заданого режиму роботи, а також інформації від блока 1 датчиків для визначення просторово-часового положення та орієнтації фронтального навантажувача на робочому майданчику, блока 2 датчиків для визначення параметрів руху фронтального навантажувача та блока 3 визначення стану робочого майданчика за допомогою алгоритму оптимізації формує оптимальну траєкторію фронтального навантажувача та передає інформацію про неї до блока 5 відтворення траєкторії у вигляді, зручному для обробки цим блоком для формування керуючих дій. Блок 5 відтворення траєкторії на підставі інформації, отриманої від блока 4 формування траєкторії, блока 1 датчиків для визначення просторово-часового положення та орієнтації фронтального навантажувача та блока 2 датчиків для визначення параметрів руху фронтального навантажувача формує такі керуючі дії на органи керування фронтальним навантажувачем, щоб він рухався за сформованою траєкторією. Якщо під час руху фронтального навантажувача блок 3 визначення стану робочого майданчика визначає перешкоди на шляху фронтального навантажувача, то блок 4 формування траєкторії перераховує траєкторію з урахуванням поточного стану робочого майданчика та передає інформацію про неї до блоку 5 відтворення траєкторії.

55 Таким чином забезпечується швидкість та гнучкість формування траєкторії фронтального навантажувача при зміні стану робочого майданчика, а також підвищується продуктивність, енергоефективність та безпечність виконуваних фронтальним навантажувачем робіт.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

- 5 Система керування рухом автономного фронтального навантажувача, що складається з блока датчиків для визначення просторово-часового положення та орієнтації фронтального навантажувача на робочому майданчику, блока датчиків для визначення параметрів руху фронтального навантажувача, блока формування траєкторії та блока відтворення траєкторії, яка **відрізняється** тим, що додатково містить блок визначення стану робочого майданчика, вихід якого сполучений лінією зв'язку зі входом блока формування траєкторії.

