

УДК 621.878.4

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ БУЛЬДОЗЕРІВ, ОСНАЩЕНИХ GPS-ІНТЕНСИФІКАТОРОМ

ЄФИМЕНКО О. В.¹, к.т.н., доц.,

¹ Кафедра будівельних та дорожніх машин, Державний вищий навчальний заклад «Харківський національний автомобільно – дорожній університет», вул. Петровського 25, м. Харків, Україна, Тел. +38(057) 7003866, e-mail: admin@khadi.kharkov.ua, e-mail: khadi.alef@gmail.com

Анотація. Постановка проблеми. Проблема полягає у підвищенні ефективності ЗТМ при взаємодії робочих органів БДМ із ґрунтовим середовищем в умовах обмеження часу на прийняття рішення.

Актуальність роботи полягає в створенні і вдосконаленні будівельних і дорожніх машин. У даній статті розглянуто робочий процес малогабаритного бульдозера, оснащеного системою машинного контролю, а саме, системою Leica PowerGrade.

Сучасні 3-х мірні системи керування одержали свій розвиток з розвитком GPS-технологій. Основне завдання ці систем - вести машину або робочий орган машини по певній траєкторії, певній позиції й у певній орієнтації в 3-х мірній системі координат тобто в системі координат ділянки будівництва й у режимі реального часу й в умовах певних обмежень. Обмеження це - обмеження часу складової обочого циклу, ґрунтові умови (міцність вологість тип ґрунта), технічні параметри машини, ови розробтки ґрунту, технічні параметри GPS систем керування

Слід відмітити, що технологія автоматизованого керування СДМ дозволяє спростити і прискорити рішення завдань підвищення продуктивності робіт і, зрештою, істотно підвищити ефективність експлуатації землерійної техніки. Тому, у першу чергу, дана робота спрямована на підвищення ефективності функціонування ЗТМ та збільшення якості виконання робіт.

Мета. Провести експериментальні дослідження процесу роботи ЗТМ на машини із інтенсифікатором на прикладі бульдозеру та за допомогою отриманих експериментальних даних запропонувати рекомендації щодо підвищення ефективності роботи даної машини та машин, оснащених машинним керуванням Machine-control systems (MCS). **Висновок.** Наведено результати експериментального дослідження робочого процесу малогабаритного бульдозера із GPS-інтенсифікатором. Було проаналізовано показники технологічного циклу, якості та допусків робочої ділянки за допомогою сучасної вимірювальної апаратури, достатньо детально розроблено план та методику проведення експерименту, також приведено графіки деяких оброблених даних, які у майбутньому буде дуже цікаво порівняти з результатами комп'ютерного та математичного моделювання.

Ключові слова: GPS-інтенсифікатор; робочий процес; система машинного контролю; Leica Powergrade

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МАЛОГАБАРИТНОГО ПОГРУЗЧИКА ПРИ ПЕРЕЕЗДЕ ЧЕРЕЗ ОДИНОЧНОЕ ПРЕПЯТСТВИЕ

ЄФИМЕНКО А. В.¹, к.т.н., доц.,

¹ Кафедра строительных и дорожных машин, Государственное высшее учебное заведение «Харьковский национальный автомобильно – дорожный университет», ул. Петровского 25, г. Харьков, Украина, Тел. +38(057) 7003866, e-mail: admin@khadi.kharkov.ua, e-mail: khadi.alef@gmail.com

Аннотация. Постановка проблемы. Проблема состоит в повышении эффективности ЗТМ при взаимодействии рабочих органов БДМ с ґрунтом в условиях ограничения времени на принятие решения.

Актуальность работы состоит в создании и усовершенствовании строительных и дорожных машин. В данной статье рассмотрен рабочий процесс малогабаритного бульдозера, оснащенного системой машинного контроля, а именно, системой Leica Powergrade.

Современные 3-х мерные системы управления получили свое развитие с развитием GPS технологий. Основная задача этих систем - вести машину или рабочий орган машины по определенной траектории, определенной позиции и в определенной ориентации в 3-х мерной системе координат, то есть в системе координат участка строительства и в режиме реального времени в условиях определенных ограничений.

Под ограничениями понимаются ограничения времени составляющего рабочий цикл, параметры грунта (прочность, влажность, тип), технические параметры машины, условия разработки грунта, технические параметры GPS систем управления.

Нужно отметить, что технология автоматизированного управления СДМ позволяет упростить и ускорить решение задач повышения производительности работ и, в конце концов, существенным образом повысить эффективность эксплуатации землеройной техники. Поэтому, в первую очередь, данная работа направлена на повышение эффективности функционирования СДМ и увеличение качества выполнения работ.

Цель. Провести экспериментальные исследования процесса работы СДМ с интенсификатором на примере бульдозера и с помощью полученных экспериментальных данных предложить рекомендации относительно повышения эффективности работы данной машины и машин, оснащенных машинным управлением Machine-control systems (MCS). **Вывод.** Приведены результаты экспериментального исследования рабочего процесса малогабаритного бульдозера из Gps-интенсификатором. Были проанализированы показатели технологического цикла, качества а допусков рабочего участка с помощью современной измерительной аппаратуры, достаточно детально разработан план и методику проведения эксперимента, также приведены графики некоторых обработанных данных, которые в будущем будет очень интересно сравнить с результатами компьютерного и математического моделирования.

Ключевые слова: GPS-интенсификатор; рабочий процес; система машинного контроля; Leica Powergrade

EXPERIMENTAL INVESTIGATIONS OF A COMPACT LOADER WHILE TRAVELING THROUGH A SINGLE OBSTACLE

YEFYMENKO A. V.¹, *Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor,*

¹ *Department of building and road machines, State Higher Education Establishment «Kharkiv National Automobile and Highway University, Yaroslav Mudry str. 25, Kharkiv, Ukraine, Tel. +38 (057) 7003866, e-mail: admin@khadi.kharkov.ua, e-mail: khadi.alef@gmail.com*

Abstract. Problem setting. The problem consists in increase in efficiency of HBM at interaction robosneeze of bodies the airborne combat vehicle 3 soil in the conditions of restriction of time for decision-making.

The relevance of work consists in creation and improvement of construction and road machines. In this article working process of the small-sized bulldozer equipped with system engine game-rolya, namely, the Leica Powergrade system is considered.

Modern 3-dimensional control systems have gained the development with development of GPS technologies. The main objective of these systems - to drive the car or working body of the car on certain trajectory, certain position and in certain orientation in the 3-dimensional system of coordinates, that is in the system of coordinates of the construction site and in real time in the conditions of certain restrictions.

Restrictions are understood as restrictions of time making work cycle, soil parameters (strength, moistness, type), technical parameters of the car, condition of development of soil, the technical GPS parameters of control systems.

It should be noted that the technology of automated management of HBM allows to simplify and accelerate the solution of problems of increase in productivity of works and, eventually, essentially to increase efficiency of operation of the digging equipment. Therefore, first of all, this work is directed to increase in efficiency of functioning of HBM and increase in quality of performance of work.

The aim of the research To conduct pilot studies of process of work of HBM with intensifier on the example of the bulldozer and by means of the obtained experimental data to offer recommendations concerning increase in overall performance of this car and cars, the osnazhennikh engine steering of Machine-control systems (MCS).

Conclusion. Results of pilot study of working process of the small-sized bulldozer of GPS- intensifier are given. Indicators of production cycle, quality and the admissions of the working site by means of the modern measuring equipment have been analysed, it is in sufficient detail developed the plan and technique of carrying out experiment, schedules of some processed data which in the future will be very interesting to be compared to results of computer and mathematical modeling are also provided.

Keywords: GPS intensifier ; working process; system of engine control; Leica Powergrade

Проблема. Аналіз факторів, що визначають тенденції розвитку дорожньої техніки у світі, показав, що основними напрямками розвитку дорожньої галузі в Україні повинні стати(1):

- забезпечення надійності, довговічності і якості покриття вітчизняних доріг;
- розширення номенклатури змінних робочих органів.
- розробка автоматизованих систем керування дорожньою технікою.

Першим кроком при розробці систем автоматизації є вивчення раніше накопиченого матеріалу до даній тематиці й створення наукових основ використання інтенсифікаторів для роботи СДМ(2).

Проблема вирішення цієї задачі формулюється як підвищення ефективності ЗТМ при взаємодії із ґрунтовим середовищем в умовах обмеженого часу на прийняття рішення.

Аналіз публікацій.

Тільки з появою позиціонування в реальному часі стало можливим не тільки виконувати розбивку ділянки будівництва але й створити автоматизовані системи керування устаткуванням (3) (Рис 1).

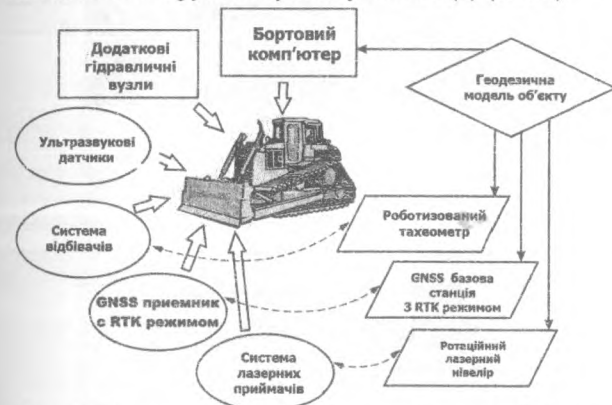


Рис. 1. Принцип роботи системи керування Leica Powergrade

Fig.1. The operating principle of the Leica Powergrade

Нова методика GPS-зйомки - кінематика в реальному часі (RTK) - дозволяє визначати тривимірні координати крапок у русі з точністю менш дециметра на ділянках розміром до 20 км. При цьому точність цих координат можна побачити відразу в полі, без необхідності наступних обчислень(3).

Аналіз даних свідчить, що методи, які використовуються для керування машинами при будівництві можуть розрізнятися залежно від рівня автоматизації, який використовується. Найвищий рівень автоматизації досягається сучасними 3-х мірними системами позиціонування й автоматичним керуванням відвалом. У цьому випадку, навігаційні параметри й відхилення відвалу машини від призначеної поверхні перебувають від залежності від даних профілю дороги. Керуючі впливи для відвалу звичайно будуються на цифровій моделі ландшафту місцевості(4).

Головний компонент 3-х мірної системи керування - positioning unit (датчик визначення координат), який прив'язаний до траєкторії руху машини протягом усього робочого циклу. Такі системи одержали розвиток внаслідок сучасних RTK GPS систем і станцій (total station) з автоматичним плануванням і відстеженням руху БДМ. Вони здатні визначити 3-х мірне положення машини безупинно з високою частотою до 10 Hz, тобто, 10 раз у секунду. У той же час кінематична послідовність положень машини визначає траєкторію машини(5).

Для складання функціональної Rtk-системи потрібні спеціальні двочастотні геодезичні Gps-приймачі й радіомодеми. Базовий приймач розташовується на крапці з відомими координатами й передає власні виміри рухливим приймачам за допомогою цифрового радіозв'язку. Рухливі приймачі ухвалюють ці дані, порівнюють зі своїми й за допомогою вбудованих алгоритмів ініціалізації обчислюють своє положення пряме в реальному масштабі часу. RTK-системи дозволяють практично виключити тимчасові витрати на підготовчу розбивку перед будівництвом або земляними роботами(6,7).

Метою роботи є проведення експериментальних досліджень робочого процесу ЗТМ на прикладі бульдозера, оснащеного системою GPS - інтенсифікації, та за допомогою отриманих експериментальних даних запропонувати рекомендації щодо підвищення ефективності роботи дорожньої машини, яка використовує систему машинного контролю робочого процесу.

План експерименту.

На полігоні ХНАДУ було проведено експериментальні дослідження бульдозера, оснащеного системою машинного контролю світового лідера фірми Leica(Швейцарія)(10).

Leica Powergrade - система, що автоматизує робочий процес машини підвищує продуктивність, і оптимізує витрату матеріалів при різанні ґрунту й плануванню поверхні. Система може використовуватися із широким спектром датчиків у комбінації з інтерфейсом користувача. Ключовим моментом в Leica Powergrade є використання Powersnap – єдиної докстанції(11,12).

Таким чином встановлюється контроль над показниками робочого циклу.

Монтажні роботи виконувалися відповідно до порядку й рекомендаціями, які приводяться в технічній документації машини, у нашому випадку – ДСТУ 23734-98.

Ціль дослідження:

- проаналізувати процес роботи автоматизованої системи керування машиною й установити вплив системи Gps-інтенсифікатора на техніко-економічні показники машини, одержати інформацію про продуктивність і тривалість робочого циклу бульдозера при використанні GPS керування, а також для зіставлення експериментальних і теоретичних даних і оцінки адекватності математичної моделі руху машини із системою позиціонування реальним процесам.

Таблиця 1.
Технічні характеристики Leica Powergrade
Table 1.

Leica Powergrade Specifications

MCP 1300 2D панель	
Дисплей:	3.5" TFT кольоровий екран 300cd
Робоча температура:	-20° C – +60° C
Захищеність:	IP67
Вага:	0,5 кг
Розміри:	Д 175 x Ш 125 x В 30 mm
Електричний вхід:	10 – 24 В (через комутаційний блок)
IR комунікація:	1 Mbit
Живлення:	Вкл./Викл. перемикач для керування живленням
2 x CAN:	Комутаційний блок і J1939
Серійний вихід:	2 x RS232. RX, TX, 12 V/2 amp, GND
Робоча температура:	-20° C – +60° C
Захищеність:	IP54

Завдання дослідження:

– провести модернізацію системи керування бульдозера, а саме: встановити керуючі елементи й регулюючу апаратури; зробити установку датчиків, що реєструють положення робочих органів при установці автоматизованої системи керування;

– розробити методику проведення польових випробувань із метою порівняльного техніко-економічного аналізу традиційного бульдозера й бульдозера з GPS інтенсифікатором;

– зареєструвати процеси різання ґрунту в тимчасовому діапазоні протягом робочого циклу бульдозера;

– виконати аналіз отриманих результатів польових випробувань.

У якості об'єкта дослідження обраний трактор Дніпропетровського механо-тракторного заводу ДМТЗ-160 (ДМТЗ) (рис 2). ДМТЗ-160 оснащений одноциліндровим чотиритактним дизельним двигуном R15ND потужністю 16 к. с.

Вибір даного типу машини обумовлений наступними обставинами:

- 1) простота фіксації змінення положення робочого встаткування машини в просторі, мобільність;
- 2) можливість відстеження руху робочого органа по траєкторії, заданої GPS;
- 3) можливість зіставлення робочої й заданої траєкторії руху РО;

3) обставини по пунктах 1) і 2) дозволяють виконати моделювання ситуації роботи машини по відстеженню правильної траєкторії робочої крайки відвалу.



Рис. 2. Загальний вид машини
Fig.2. General view of the machine

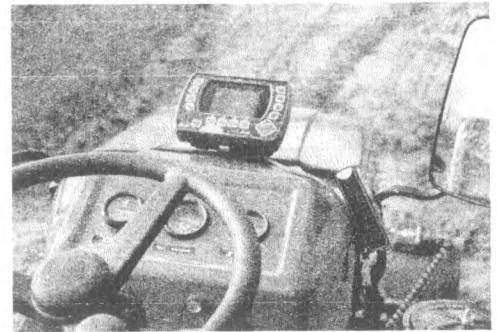
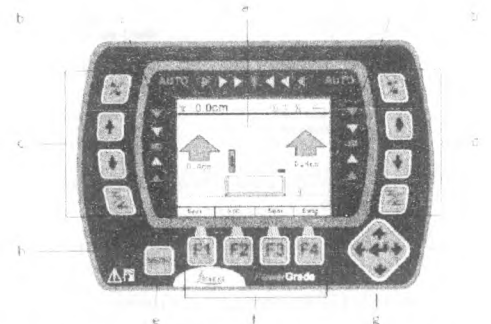


Рис. 3. Панель керування на машині
Fig.3. Machine control panel



- a) графічний дисплей
- b) індикатор відвалу
- c) установка сенсорів ліва
- d) установка сенсорів справа
- e) клавіша меню
- f) функціональні клавіші
- g) клавіша введення
- h) динамік

Рис. 4. Панель керування
Fig.4. Control panel

Панель керування використовується для візуалізації всієї інформації про роботу системи керування, настроювання параметрів роботи системи. Панель керування являє собою захищений комп'ютер із сенсорним кольоровим екраном, що працює під керуванням операційної системи Windows(13). Для забезпечення роботи системи керування в бортовий комп'ютер встановлене програмне забезпечення 3DMC. На передній панелі встановлено захищений порт USB для завантаження цифрової моделі проекту(16).

Схему монтажу устаткування на машині проказано на на Рис.5.

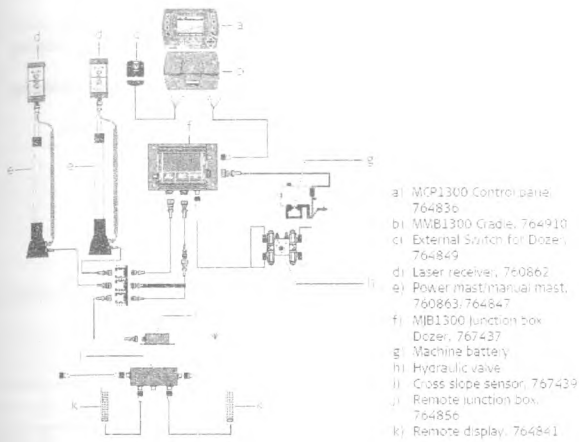


Рис. 5. Схема монтажу установки на бульдозері
 Fig. 5. Installation scheme on the bulldozer

Лазерний датчик Laser Sensor MSL700 використовувався для виміру висоти ножа. Датчик вимірює відстань від крапки контакту лазерного променя й осевої лінії на лазерному датчику.



Рис. 7. Монтаж Laser Sensor MSL700
 Fig. 7. Installation Laser Sensor MSL700

Методика експерименту

Ціль досліджень - встановити вплив системи GPS-інтенсифікатора на техніко-економічні показники машини, одержання інформації про продуктивність і тривалість робочого циклу бульдозера при використанні GPS керування, порівняння експериментальних і теоретичних даних для оцінки адекватності математичної моделі руху машини із системою позиціонування реальним процесам.

Програма проведення експериментальних досліджень припускала виконання наступних обсягів робіт:

- визначення змінних параметрів;
- визначення фіксуємих параметрів;
- підготовка об'єкта випробувань;
- вибір вимірювального устаткування відповідно до фіксуємих параметрів;
- проведення градуїровки вимірювального устаткування, попередньо встановленого на об'єкт досліджень;
- виконання серії експериментів при одному фіксуємому параметрі;

У перелік устаткування для проведення дослідів входив датчик положення відвалу в плані призначений для автоматичного визначення положення відвалу в плані.

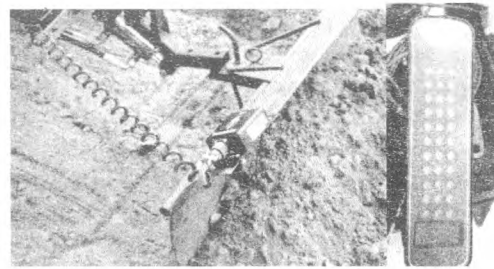


Рис. 6. Датчик поперечного ухилу відвалу
 Fig. 6. Dump tilt sensor

- виконання всього обсягу експериментальних досліджень
- проведення градуїровки вимірювального устаткування під час проведення досліджень і після їхнього завершення.

Аналіз параметрів, що формують режим навантаження машини, показав, що найбільш істотними є:

- товщина стружки ґрунту при різанні;
- тип використовуваного програмного забезпечення;
- тип і параметри розроблювального ґрунту;
- погодні умови й швидкість, на якій здійснюється рух машини.

Ці величини було прийнято у вигляді змінних параметрів. Для зменшення погрішності вимірів повторюваність дослідів була прийнята трикратною. Фактори варіювалися на п'ятих рівнях, один з факторів залишався постійним, а інші змінювалися.

Кінематичне положення робочого устаткування відслідковувалося по датчиках положення, а потім за допомогою ПК позиціонувався в 3D просторі.

У якості реєструємих параметрів було прийнято наступні:

- положення робочого органа відвалу в просторі;
- реальна траєкторія руху РО в просторі;
- проектна траєкторія руху машини
- швидкість руху й шлях, пройдений машиною.

Експериментальні дослідження машини із системою керування проводилися за ДСТ ISO 15998-2013 Машини землерийні. Системи керування з використанням електронних компонентів. Критерії ефективності й випробування на функціональну безпеку - ISO 15998-2008* Earth-moving machinery - Machine-control systems (MCS) using electronic components - Performance criteria and tests for functional safety.

Цей стандарт встановлює критерії ефективності й методи випробувань на систем керування машиною (MCS) з використанням електронних компонентів для землерийних машин і їх устаткування, як визначено в ISO 6165.

Для кожної системної одиниці було визначено основні функції й взаємозв'язок з іншими одиницями системи.

При проведенні експериментів замірялися:

- розміри траншеї, глибина й ширина;
- час виконання робочої операції;
- поздовжній і поперечний ухили місцевості;
- довга різання на робочій ділянці;
- витрата палива в паливному баку методом долівки.

Ефективність системи інтенсифікації оцінювалася шляхом порівняння з робочим процесом мінібульдозера на базі ДМТЗ, не оснащеним інтенсифікатором в аналогічній послідовності.

Аналіз експериментальних даних

Порівняльний аналіз даних бульдозера з інтенсифікатором і без нього показав, що при використанні інтенсифікатора точність профілювання земполотка становить у межах припустимого 85 % на відміну від 35 % при традиційному будівництві. Кількість «влучень» ножа відвалу вище або нижче проектного профілю значно вище - 35 і 4%, 29 і 10 %.

При формуванні дорожнього одягу середнє відхилення при MCS від необхідного профілю 0,035 м, а при традиційному - 0,050 м, величини максимальних зрізів також 0,069 і 0,030, що суттєво нижче традиційних систем.

Показники говорять про практично 2х кратну точність позиціонування ножа відвалу при плануванні з інтенсифікатором. Допуск на різання становив 0,03м, допуск на розміри траншеї - 0,03м

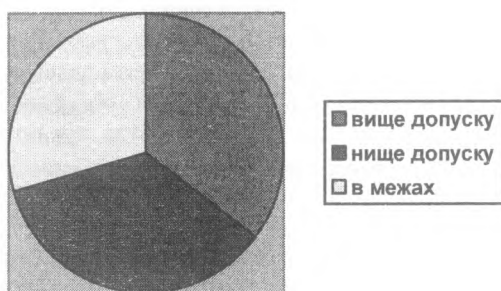


Рис. 7. Традиційна технологія різання
Fig. 7. The traditional technology of cutting

Данні експерименту показують, що максимальний зріз дорівнює 0,069 м, Середній зріз - 0,05м, максимальне відхилення від базової лінії -0,067м, Середнє відхилення від базової лінії - 0,05м

При використанні інтенсифікатора дані наступні: максимальний зріз - 0,030 м; середній зріз - 0,03м; максимальне відхилення від базової лінії - 0,039м; середнє відхилення від базової лінії - 0,035м

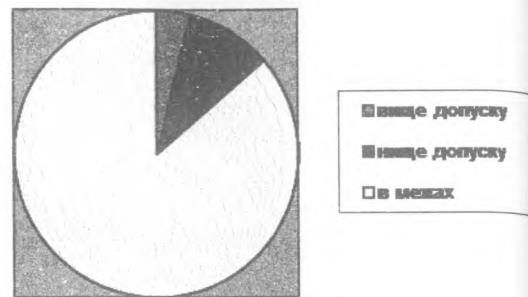


Рис. 8. Різання за допомогою GPS інтенсифікатора
Fig. 8. Cutting with GPS intensifier

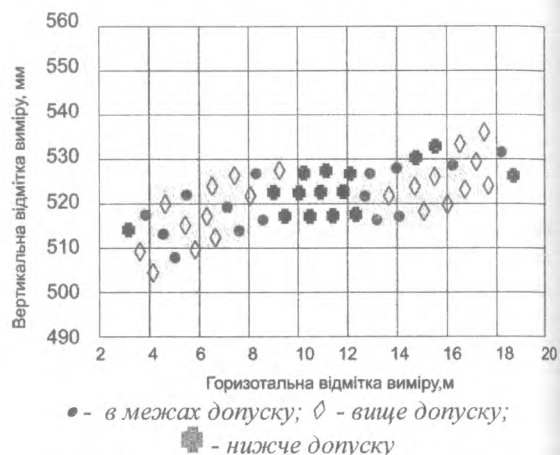


Рис. 9. Різання традиційним способом
Fig. 9. Cutting in the traditional way

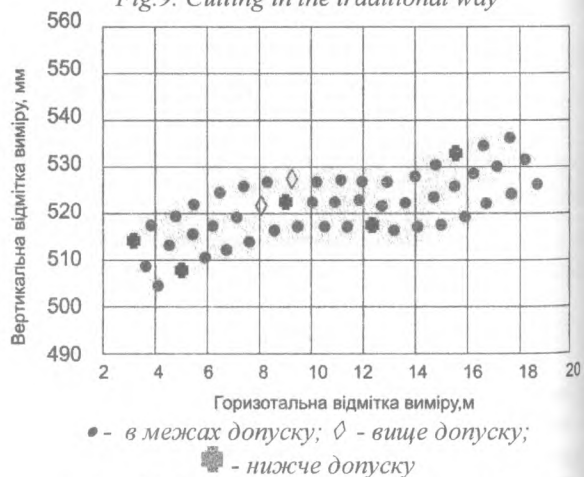
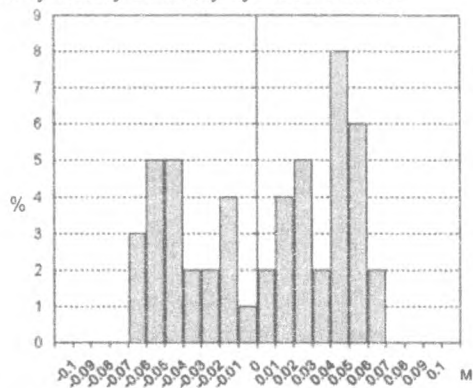


Рис. 10. Різання традиційним способом
Fig. 10. Cutting in the traditional way

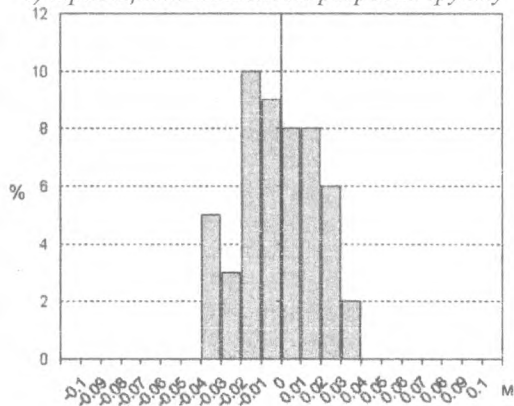
Аналіз крапкових миттєвих фотографій положення відвалу дозволив установити точність позиціонування робочого органу в просторі. Рис. 10 показує, що практично по всій довжині робочої ділянки кількість «влучень» у смугу суттєво вище при використанні GPS інтенсифікатора, точність достатня на всій ділянці планування, на відміну від традиційного способу, коли оператор змушений постійно змінювати й «шукати» оптимальне положення ножа в відповідності до необхідного профілю.

На підставі цих даних побудовано закони розподілу величин (Рис.11). У випадку використання

інтенсифікатора закон розподілу величин нормальний, розкид даних у цьому випадку суттєво менше.



а) традиційна технологія розробки ґрунту



б) розробка ґрунту з використанням GPS інтенсифікатора

Рис.11. Гістограми обробки статистичних даних досліджень

Fig.11. The histogram processing of statistical research data

Моделювання роботи машини й розрахунки часу циклу показують переваги використання GPS інтенсифікатора (Табл 2).

Таблиця 2.

Порівняльний аналіз складових часу циклу бульдозера

Table 2.

Comparative analysis of the bulldozer cycle time components

Тип роботи	Техніка	Традиційне будівництво	GPS інтенсифікатор	Зниження часу циклу
Підготовчі роботи	Бульдозер	02:23	01:53	+27%
Грубі роботи	Бульдозер	02:56	02:43	+8%
Фінішні роботи	Бульдозер	02:24	00:53	+172%

Аналіз моделі паливної економічності на підставі експериментальних даних показав, що інтенсифікатор GPS збільшують вартість машини при покупці, однак, залежно від обсягу виконуваних робіт, система нівелювання може окупитися менш, чим через рік, завдяки збільшенню продуктивності техніки, швидкості її роботи при одночасній економії палива й матеріалів (піску, щебенів і ін.).

Данні корелюються з даними систем моніторингу устаткування, яке встановлюється провідними фірмами на всій лінійці промислової дорожньої техніки.

Таблиця 3.

Порівняльний аналіз паливної економічності бульдозера

Table 3.

Comparative analysis of the fuel efficiency of a bulldozer

Маши-на	Показ-ник	Тради-ційне бу-дівництво	Іnten-сифіка-тор GPS	Ефек-тив-ність
Бульдо-зер	Прохо-ди	632	306	+107%
	Пали-во	210 літрів	136 лі-трів	+35%

Порівняльний аналіз допусків на проведення робіт при традиційній технології й за допомогою інтенсифікатора показав значне збільшення якості роботи.

У таблиці 5 показано відсоток вимірів, які попадають у допуск на будівництво основного шару земляного покриття.

Таблиця 4.

Порівняльний аналіз якості покриття

Table 4.

Comparative analysis of coating quality

% пере-вірки на до-пуск	Шар	Традиційне будівництво (±3cm)	Будівництво із інтенсифікатором (±2cm)
	Грубі роботи	35%	86%
	Фінішні роботи	45%	98%

Висновки.

1. Аналіз показав, що робота в умовах обмеженого часу на прийняття рішень і використанні GPS-інтенсифікатора на малогабаритному бульдозері ДМТЗ-160 забезпечила скорочення тривалості робочого циклу на 80-130 % внаслідок зниження числа проходів і збільшення швидкості руху машини на робочих проходах. Одночасно із цим знизилася енергоємність (на 40%) і матеріалоємність (на 23%). Крім того, загальна й питома витрата палива зменшено, відповідно, на 3,6 % і 14,3 %. За рахунок цього знизилася питома витрата палива на одиницю потужності двигуна бульдозера (на 3,3%) і загальна витрата палива на одиницю продуктивності (на 76%).

2. Методика проведення польових випробувань відповідає ТУ ДЕРЖСТАНДАРТ 23734 – 98 та ІСО ІСО 6165 і дозволяє повною мірою оцінити вплив нової системи керування на техніко-економічні показники робочого циклу бульдозера: тривалість робочого циклу, загальну і погодинну витрату палива.

3. Встановлена вимірювально-реєструюча апаратура відображає робочий цикл у модернізованій системі керування бульдозера ДТМЗ-160: процес розробки ґрунту, планування риття траншей і т.д.

4 Суттєво знизилась показники часу циклу машини (до 172%) і підвищилася якість земляних робіт (до 98%).

5 Виявилось, що дуже важливим недослідженим параметром системи є зона «позачутливості» системи керу-

вання (deadband). Зона позачутливості контролює точний рух гідравліки машини. Ці значення не відповідають технічній характеристиці датчиків системи, її треба розраховувати із урахуванням гідравлічних швидкостей елементів гідроприводу. Ці параметри не слід плутати із загальною продуктивністю машини або точністю виконання роботи й вони потребують подальшого дослідження.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Денисов В. П., Мещеряков В. А. Исследование системы автоматического управления скоростью автогрейдера// Строительные и дорожные машины. 2003.- № 5 - С. 39-41.
2. Єфименко О. В., Т. В. Плучіна Проектування елементної бази інтелектуальної системи керування БДМ/ Вестник ХНАДУ: сб. науч. тр. – 2016. – Вып. 73. с. 225 – 228.
3. Єфименко О. В., Плучіна Т.В., Модульна структура інтелектуальної системи будівельних й дорожніх машин // Вестник ХНАДУ: сб. науч. тр. – 2016. – Вып. 67. с.112-118.
4. Єфименко О. В., Плучіна Т. В., Мусаєв З. Р. Моделі параметричного синтезу елементної бази системи управління програмно-технічним комплексом / // Технология приборостроения: научно – технический журнал – 2016. Вып. 2. С. 74 – 77.
5. Єфименко О. В., Плучіна Т.В., Іноваційна система ЗТМ для розробки ґрунту на основі GPS-технологій / - Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры: сб. науч. тр. – 2018. – Вып.103.с 69-75.
6. Интеллектуальные системы автоматического управления/ Под ред. И. М. Макарова, В. М. Лохина. М.: Физматлит, 2001. - 576 с.
7. Мещеряков В. А. Методика разработки информационных систем для формирования, представления и обработки экспериментальных данных в Internet: Отчет о НИР (заключит.)/ СибАДИ. -№ ГР 01200307543. Омск, 2004. - 89 с.
8. Мещеряков В. А. Нейросетевая динамическая модель рабочего процесса землеройной машины // Межвузовский сборник трудов молодых ученых, аспирантов и студентов. Омск: СибАДИ, 2004. -Вып. 1, ч. 1. - С. 135-141.
9. Плучіна Т.В., Єфименко А.В., Буткевич А.А. Структура інтелектуальної системи погрузочно разгрузочных машин / - НТЖ Технология приборостроения.-2015, №2, с. 10-14.
- 10 Global Dozers Machine Control System Market Research Report 2018 By Manufacturers, Type and Applications, Status and Forecast, 2013-2025 Source: Experts Interview , September 2018
- 11 How galileo benefits high-precision rtkgps world - www.gpsworld.com - august 2017
- 12 Leica ConX Digitise your construction process Illustrations, descriptions and technical data are not binding. Copyright Leica Geosystems AG, Heerbrugg, Switzerland, 2017. 853840 en - 03.17
- 13 Caterpillar Performance Handbook 45 a publication by Caterpillar, Peoria, Illinois, U.S.A. JANUARY 2015 , 1979-2015 Caterpillar
- 14 Caterpillar Performance Handbook 47 a publication by Caterpillar, Peoria, Illinois, U.S.A. JANUARY 2017, 1979-2017 Caterpillar
- 15 Leica PowerGrade User Manual Leica Geosystems AG Heinrich-Wild-Strasse CH-9435 Heerbrugg , www.leica-geosystems.com
- 16 Филипп Маттос (Philip Mattos) ГЛОНАСС /GPS для всех:испытания на точность и доступность позиционирования однокристалльного приемника в сложных условиях эксплуатации компоненты и технологии № 5 '2012
- 17 Bernd Eissfeller, Christian Tiberius, Thomas Pany, Gunter Heinrichs Режим кинематики реального времени в свете модернизации Системы gps и использования Galileo Galileo's World, октябрь 2002, Advanstar Communications Inc.

REFERENCES

1. Denisov V. P., Mescheryakov V. A. Issledovanie sistemyi avtomaticheskogo upravleniya skorostyu avto-greydera// Stroitelnyie i dorozhnyie mashinyi. 2003.- # 5 - S. 39-41.
2. Efimenko O. V., T. V. PlugIna Proektuvannya elementnoYi bazi IntelktualnoYi sistemi keruvannya BDM/ Vestnik HNADU: sb. nach. tr. – 2016. – Vyip. 73. с. 225 – 228.
3. Efimenko O. V., PlugIna T.V., Modulna struktura IntelktualnoYi sistemi budIvelnih y dorozhnIh mashin // Vestnik HNADU: sb. nach. tr. – 2016. – Vyip. 67. с.112-118.
4. Efimenko O. V., PlugIna T. V., MusaEv Z. R. ModelI parametrichnogo sintezu elementnoYi bazi sistemi upravlnnya programno-tehIchnim kompleksom / // Tehnologiya priborostroeniya: nauchno – tehnicheskiy zhurnal – 2016. Vyip. 2. S. 74 – 77.

5. Efimenko O. V. , Plugina T.V., Inovatslyna sistema ZTM dlya rozrobki gruntu na osnovi GPS-tehnology / - Pridneprovskaya gosudarstvennaya akademiya stroitelstva i arhitektury: sb.nauch. tr. – 2018. – Vyip.103.s 69-75.
6. Intellektualnyie sistemyi avtomaticheskogo upravleniya/ Pod red. I. M. Makarova, V. M. Lohina. M.: Fizmatlit, 2001. - 576 s.
7. Mescheryakov V. A. Metodika razrabotki informatsionnyih sistem dlya formirovaniya, predstavleniya i obrabotki eksperimentalnyih danniyh v Internet: Otchet o NIR (zaklyuchit.)/ SibADI. -# GR 01200307543. Omsk, 2004. - 89 s.
8. Mescheryakov V. A. Neyrosetevaya dinamicheskaya model rabocheho protsessa zemleroynoy mashiny // Mezhvuzovskiy sbornik trudov molodyih uchenyih, aspirantov i studentov. Omsk: SibADI, 2004. -Vyip. 1, ch. 1: -S. 135-141.
9. Plugina T.V., Efimenko A.V., Butkevich A.A. Struktura intellektualnoy sistemyi pogruzochno-razgruzochnyih mashin / - NTZh Tehnologiya priborostroeniya.-2015, #2, s. 10-14.
- 10 Global Dozers Machine Control System Market Research Report 2018 By Manufacturers, Type and Applications, Status and Forecast, 2013-2025 Source: Experts Interview , September 2018
- 11 How galileo benefits high-precision rtkgps world - www.gpsworld.com - august 2017
- 12 Leica ConX Digitise your construction process Illustrations, descriptions and technical data are not binding. Copyright Leica Geosystems AG, Heerbrugg, Switzerland, 2017. 853840 en - 03.17
- 13 Caterpillar Performance Handbook 45 a publication by Caterpillar, Peoria, Illinois, U.S.A. JANUARY 2015 , 1979-2015 Caterpillar
- 14 Caterpillar Performance Handbook 47 a publication by Caterpillar, Peoria, Illinois, U.S.A. JANUARY 2017, 1979-2017 Caterpillar
- 15 Leica PowerGrade User Manual Leica Geosystems AG Heinrich-Wild-Strasse CH-9435 Heerbrugg , www.leica-geosystems.com
- 16 Filipp Mattos (Philip Mattos) GLONASS /GPS dlya vseh:ispyitaniya na tochnost i dostupnost pozi-tSIONirovaniya odnokristalnogo priemnika v slozhnyih usloviyah ekspluatatsii komponentyi i tehnologii # 5 '2012
- 17 Bernd Eissfeller, Christian Tiberius, Thomas Pany, Gunter Heinrichs Rezhim kinematiki realnogo vre-meni v svete modernizatsii Sistemyi gps i ispolzovaniya Galileo Galileo's World, oktyabr 2002, Advanstar Communications Inc.