

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
КАФЕДРА БУДІВЕЛЬНИХ ТА ДОРОЖНІХ МАШИН ім. А. М. ХОЛОДОВА

Мусаєв Заур Раїслович

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТРАНСПОРТНОГО РЕЖИМУ КОРОТКОБАЗОВОГО
КОЛІСНОГО НАВАНТАЖУВАЧА

Харків 2023

Мета роботи. Підвищення ефективності експлуатації КБН за рахунок забезпечення стійкості їх руху з урахуванням взаємодії машини з опорною поверхнею при подоланні перешкод на робочих ділянках.

Задачі дослідження:

- Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі
- Провести аналітичний огляд сучасної літератури і досвіду експлуатації КБН щодо його стійкості;
- Провести імітаційне моделювання КБН за допомогою сучасних програмних засобів;
- Провести експериментально-польові випробування КБН з метою оцінки адекватності математичного моделювання, та встановити кореляцію результатів теоретичних розрахунків з результатами експериментальних досліджень;
- На основі експериментальних, імітаційних досліджень розробити практичні рекомендації що до встановлення раціональних параметрів КБН під час виконання ним транспортних операцій;
- Запропонувати методологічний підхід до вирішення проблеми стійкості руху навантажувача у транспортному режимі за рахунок системи автоматизованого керування;
- Провести техніко-економічне обґрунтування доцільності використання розробленої системи керування.

Об'єкт дослідження – процеси руху КБН при переїзді через одиначну перешкоду.

Предмет дослідження – закономірності, що зв'язують показники стійкості КБН з їх геометричними параметрами, змінною швидкістю машини і висотними координатами нерівності.

Методи дослідження – проведені теоретичні дослідження з використанням класичних методів кінцевих елементів, комп'ютерного моделювання механічних систем, законів взаємодії рушія з опорною поверхнею при переїзді через перешкоду, статистичної обробки даних результатів експерименту.

Наукова новизна одержаних результатів:

1. За допомогою математичної моделі встановлено залежності між геометричними параметрами навантажувача, висотними координатами перешкоди і змінною швидкістю машини;
2. За допомогою проведення експериментальних досліджень встановлено закономірності зміни положення центру мас КБН в залежності від швидкісних та вантажних характеристик машини;
3. За допомогою комп'ютерної моделі встановлено адекватність імітаційного моделювання та доцільність його використання у наукових дослідженнях, пов'язаних з динамічними процесами будівельних та дорожніх машин;

ВТРАТА СТІЙКОСТІ КОРОТКОБАЗОВОГО КОЛІСНОГО НАВАНТАЖУВАЧА⁴



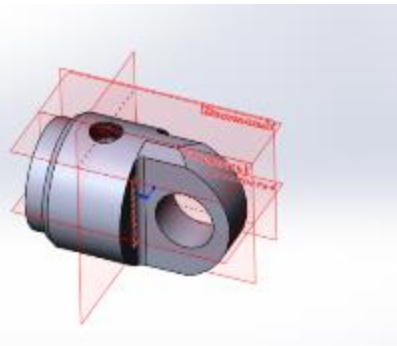
МАЛОГАБАРИТНИЙ НАВАНТАЖУВАЧ ПРИЙНЯТИЙ У ЯКОСТІ ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕННЯ



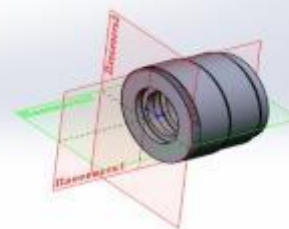
Найменування показників	Показники
Маса експлуатаційна, кг	4100
Вантажопідйомність навантажувача, кг	1200
Ємність ковша, м ³	0,5
Довжина ходових коліс, м	1,5
База ходових коліс, м	1,26
Максимальний виліт стріли, мм	1440
Висота вивантаження з ковша, м	2,7
Кут закидання ковша, градус	19
Швидкість пересування вперед / назад, км / год	0 – 13/0 – 9
Дорожній просвіт, мм	240
Довжина, м	3,560
Ширина по ковшу, м	1,9

Висота, м	2,17
Розмір шин ходових коліс	1200x20(260R508)
Тиск повітря в шинах, МПа	0,4

ПОБУДОВА КОМП'ЮТЕРНОЇ МОДЕЛІ МАЛОГАБАРИТНОГО НАВАНТАЖУВАЧА



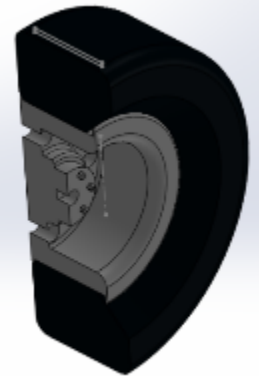
поршень



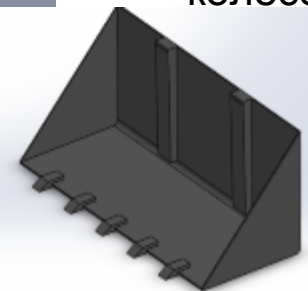
букса



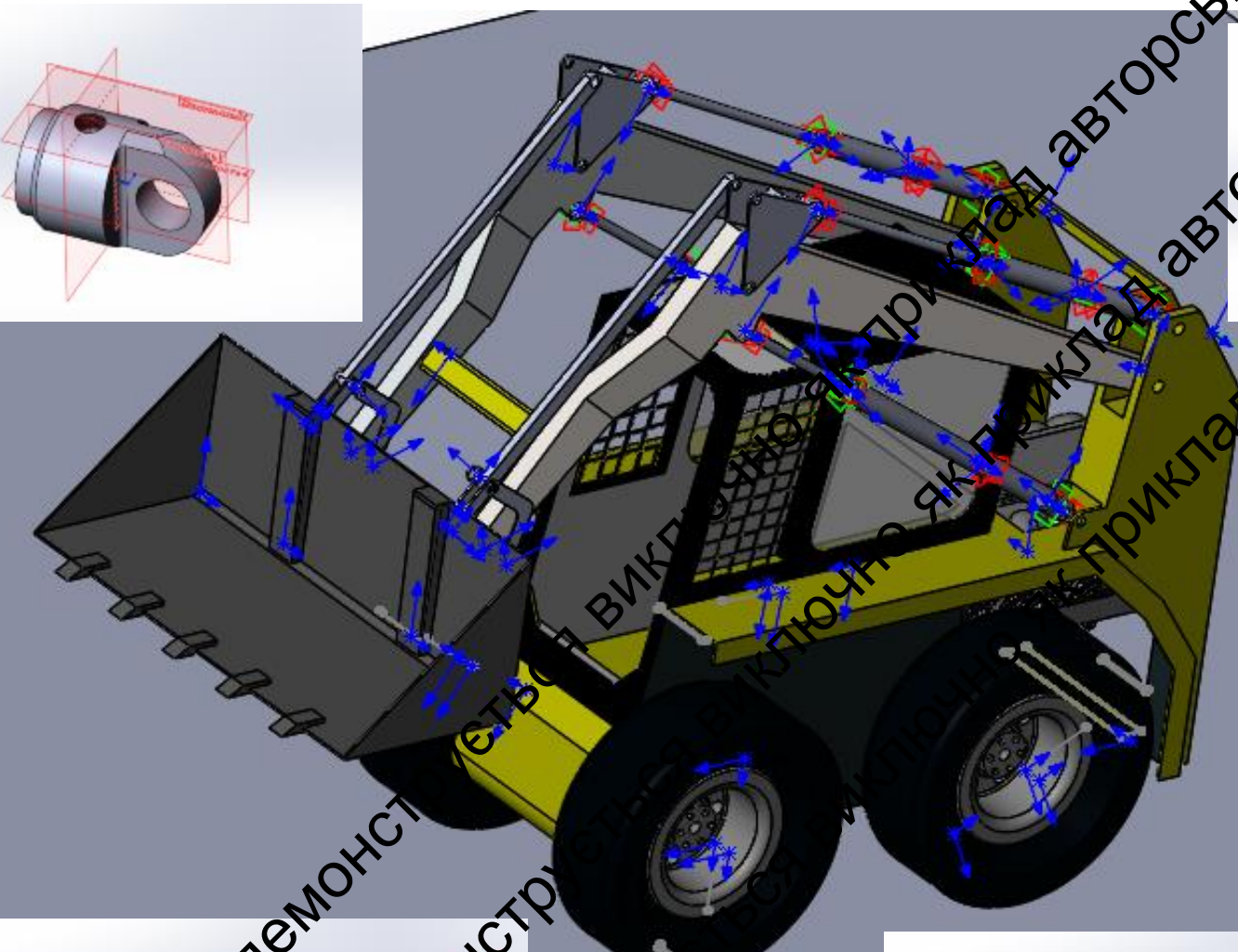
гідроциліндр

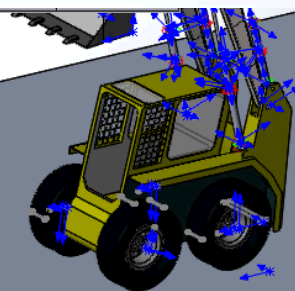
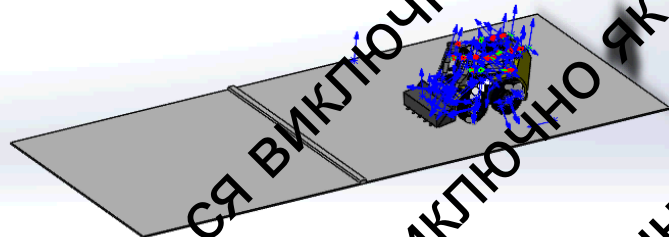


колесо



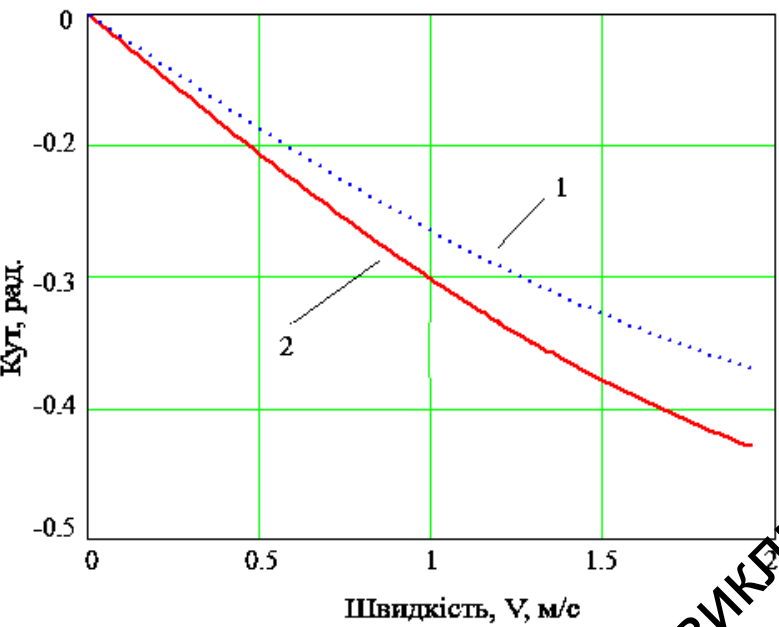
КОВШ





РЕЗУЛЬТАТИ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Кут відхилення центру мас КБН відносно задніх коліс



- 1- результат комп'ютерного моделювання;
- 2- результат математичного моделювання.

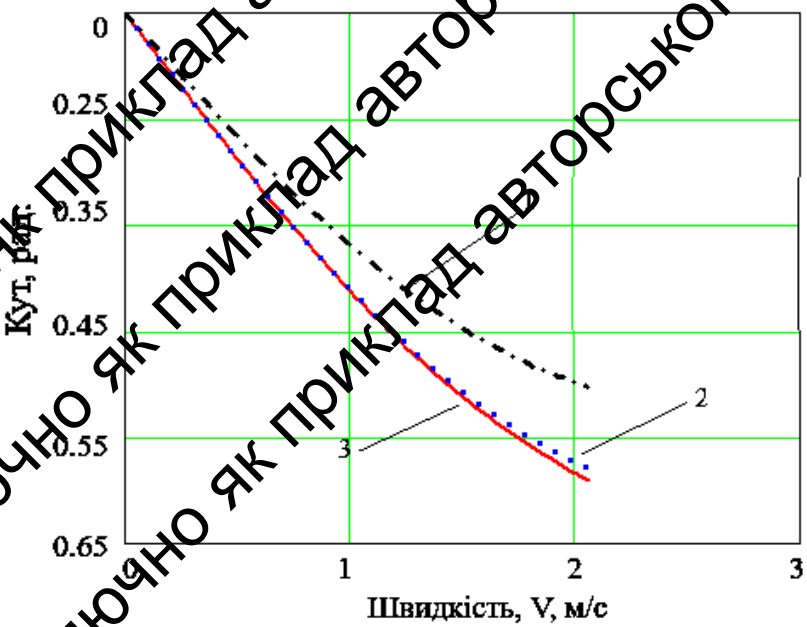
Оцінка адекватності комп'ютерної моделі виконувалася за критерієм Пірсона χ^2

$$P(\chi^2, q) = \frac{1}{\Gamma(\frac{q}{2}) \cdot 2^{\frac{q}{2}}} \cdot \int_0^{\chi^2} x^{\frac{q}{2}-1} e^{-\frac{x}{2}} dx,$$

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^q \frac{(f_i - Y_i)^2}{Y_i}, \quad P(\chi^2, q) = 0,82 = 82\%$$

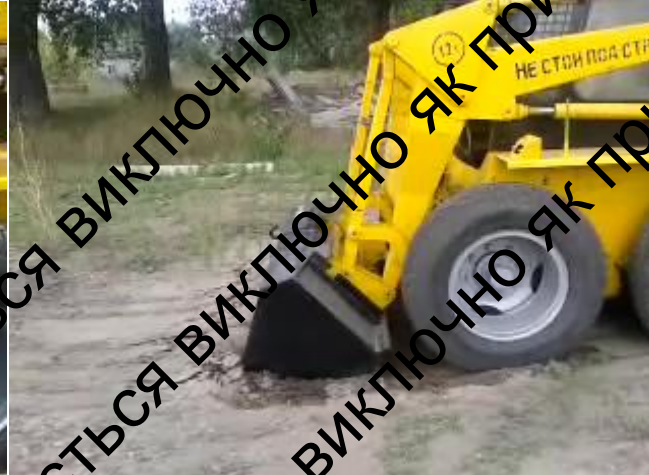
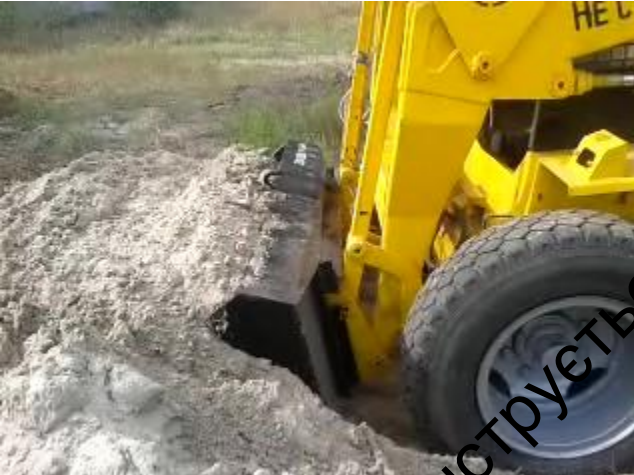
Порівняння даних комп'ютерного моделювання з даними експериментальних досліджень свідчать про достатню збіжність результатів і відповідають критерію Пірсона χ^2 на 82 %

Залежність критерію стійкості КБН від положення робочого обладнання



- 1-залежність критерію стійкості КБН від швидкості при висоті робочого обладнання 1,25 м.
- 2-залежність критерію стійкості КБН від швидкості при висоті робочого обладнання 1,75 м.
- 3-залежність критерію стійкості КБН від швидкості при висоті робочого обладнання 2,25 м.

ФОТОГРАМА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ



РОЗМІЩЕННЯ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ АПАРАТУРИ НА НАВАНТАЖУВАЧІ

Тензомост 1



АЦП



Акумулятор



Підсилювач



Монтажна схема закріплення датчика

ТИСКУ

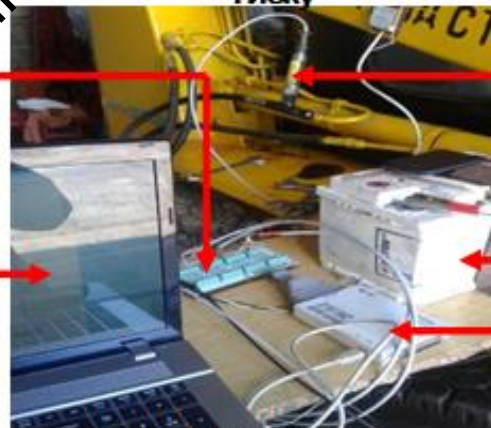
1 – Датчик тиску ГДХ40; 2 – Трійник



До вимірювача

Схема підключення датчика

ТИСКУ



1 – Датчик тиску;

2 – цифровий модуль; 3 – АЦП; 4 – Акумулятор 12 В;

5 – ЕВМ;



Датчик тиску



Акселерометр

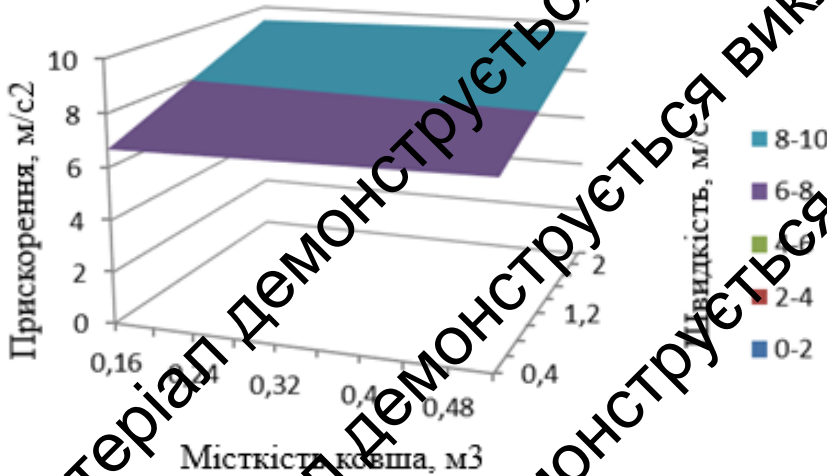
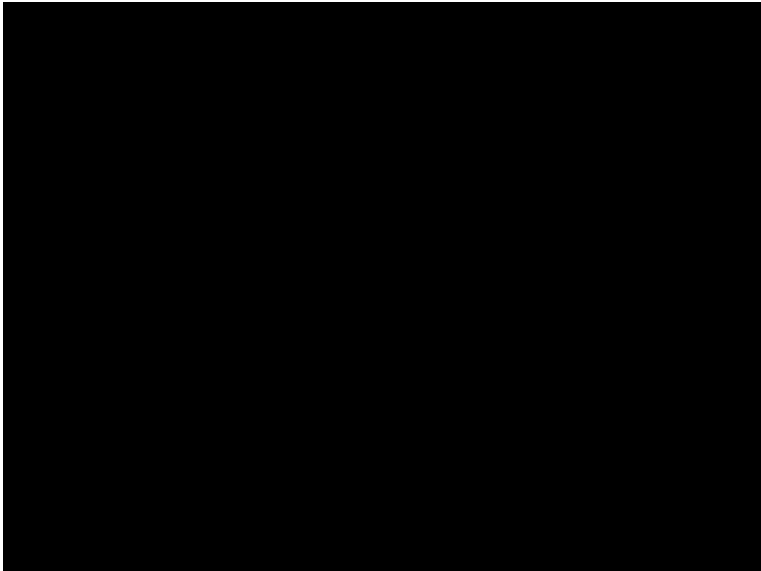


Тензомост 2,3

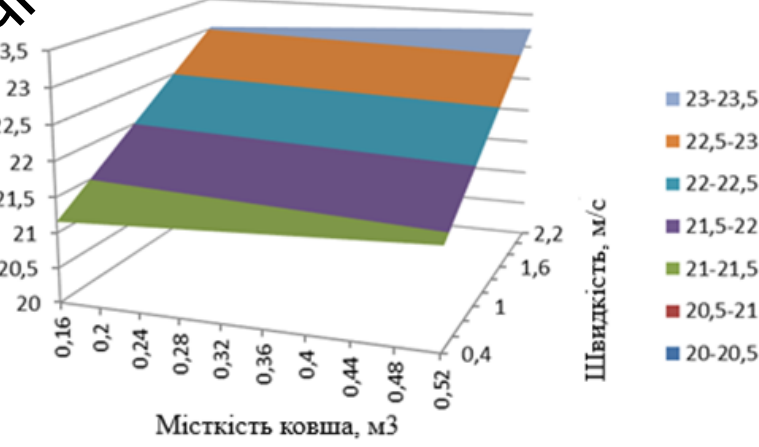
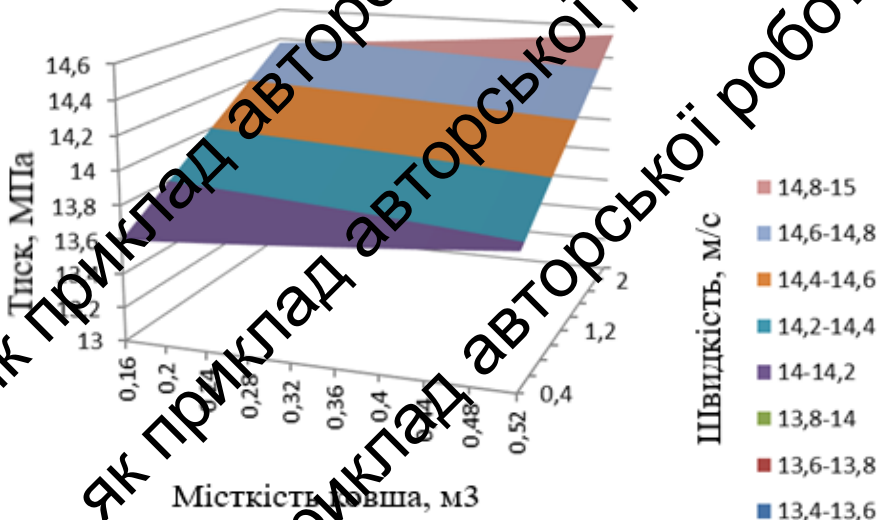
2 – цифровий модуль; 3 – АЦП; 4 – Акумулятор 12 В;

5 – ЕВМ;

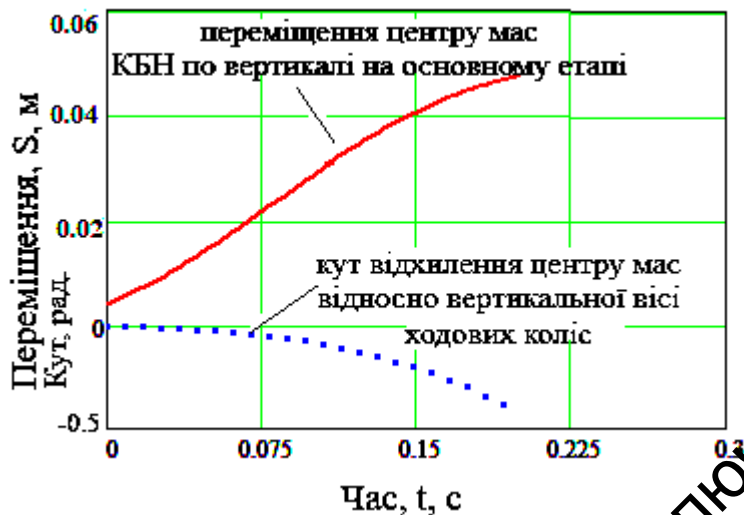
ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ



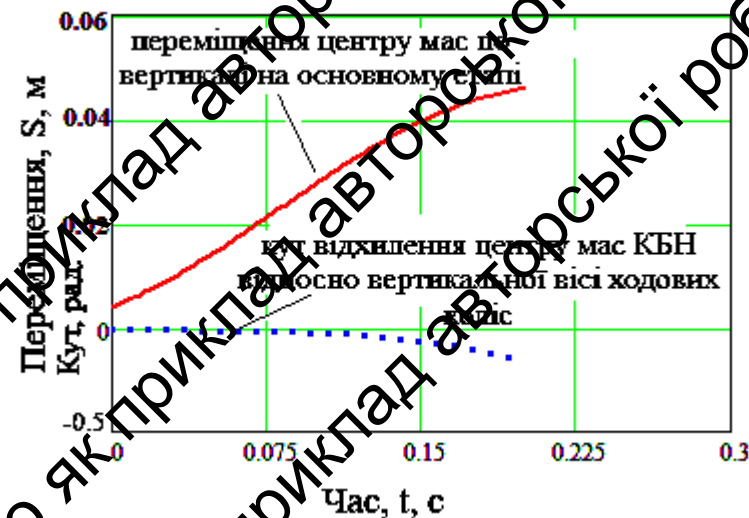
Напруження на металовій конструкції робочого обладнання, МПа



Переміщення центру мас КБН з $Q=600$ кг.
при взаємодії задніх коліс з прешкодою



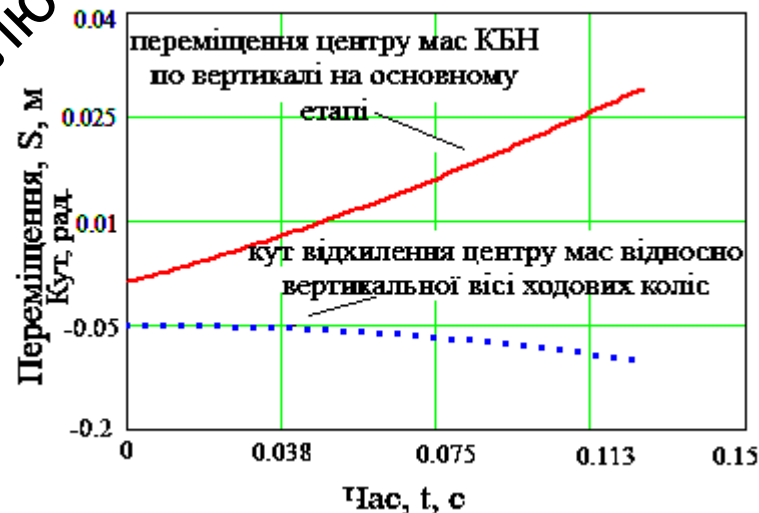
Переміщення центру мас КБН з $Q=1200$ кг.
при взаємодії задніх коліс з прешкодою



Переміщення центру мас КБН з $Q=600$ кг.
при взаємодії передніх коліс з прешкодою

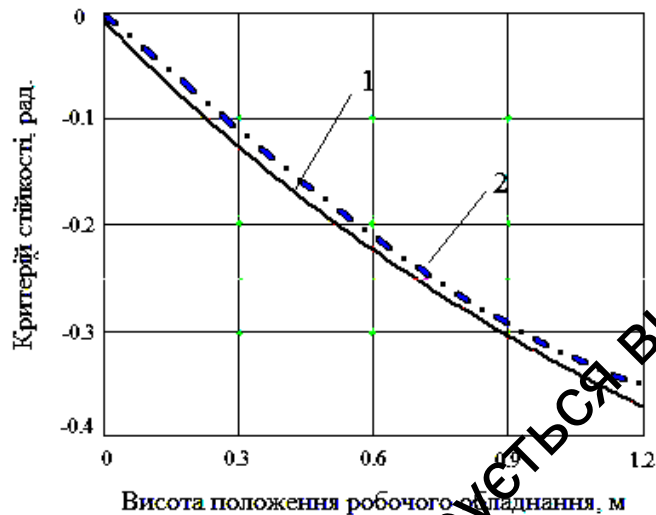


Переміщення центру мас КБН з $Q=1200$ кг.
при взаємодії передніх коліс з прешкодою



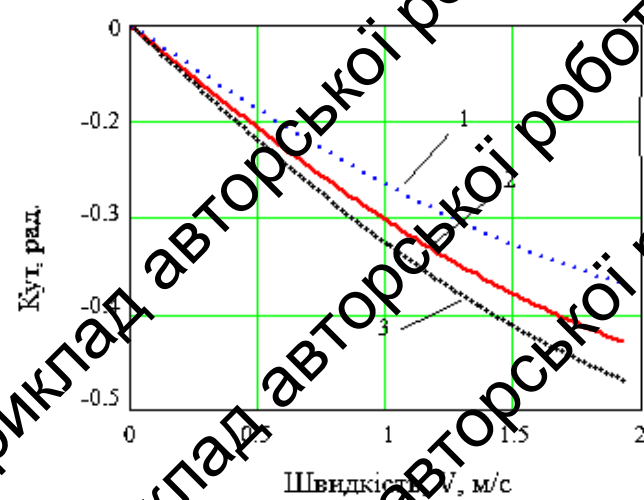
Практичні рекомендації

Маса вантажу, Q	Рекомендована швидкість руху навантажувача, м/с
400	менше або дорівнює 1,2 м/с
800	менше або дорівнює 1 м/с
1200	менше або дорівнює 0,8 м/с

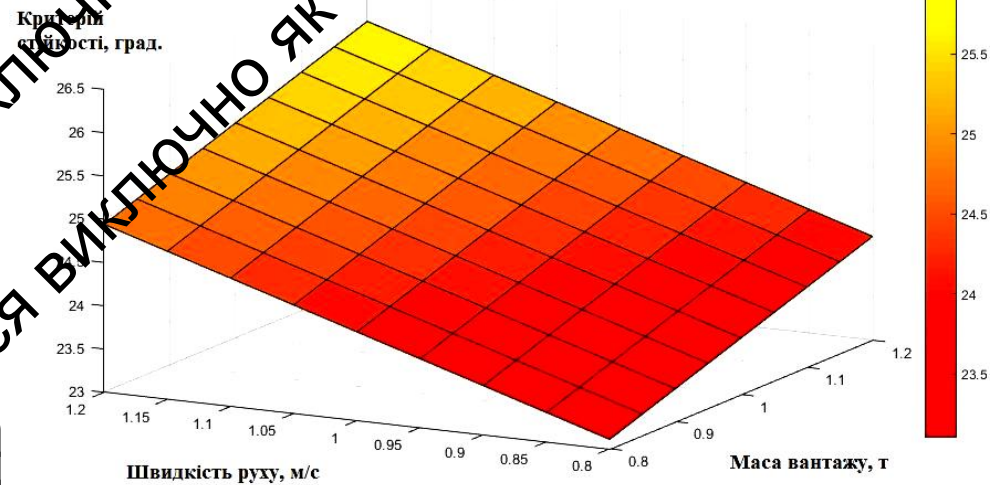


$$f_i = F_0 + e^{(F_1 \cdot X_i)} + F_2$$

де, F_0, F_1, F_2 – постійні коефіцієнти $F = \begin{Bmatrix} 1.369 \\ -0.38 \\ -1.358 \end{Bmatrix}$,
рівняння апроксимації



Залежність критерію стійкості КБН від його швидкісних та вантажних характеристик після подолання ним одиничної нерівності



$$y = B_0 + B_1x + B_2x$$

1. Аналітичний огляд робіт вітчизняних та зарубіжних авторів показує, що в дослідженнях, проведених у галузі динаміки землерийно-транспортних та підйимально-транспортних машин розглядаються головним чином, стійкість самохідних пневмоколісних машин у динаміці з урахуванням сил, що діють на них у поздовжніх, горизонтальних та вертикальних площинах, а також при поворотах. Зниження ефективності КБН у транспортних режимах роботи, наприклад, під час подолання нерівностей на робочому майданчику, вимагають створення інтелектуальної системи керування, яка дозволить раціоналізувати параметри машини. Встановлено, що підвищення ефективності КБН під час виконання транспортних операцій з вантажем та без нього можливе за рахунок використання автоматизованих систем керування.

Необхідними показниками для створення автоматизованих систем керування є дослідження процесу взаємодії рушіїв КБН з опорною поверхнею, математичне моделювання машини та її алгоритмізація під час виконання транспортних операцій.

2. Розроблено математичні моделі транспортного режиму КБН, які характеризують взаємодію машини з перешкодою і дозволяють оцінити її стійкість та зчіпні можливості окремих її коліс.

3. У результаті математичного моделювання виявлено додаткові зусилля, що діють на колеса під час подолання машиною одиничної нерівності висотні характеристики якої не перевищують половину дорожнього просвіту КБН. Таким чином, для навантажувача ПМТС 1200 під час переїзду передніх коліс через перешкоду зусилля зростають до 136 кН. Зусилля на колесах, що долають перешкоду, при масі вантажу 1200 кг та швидкості 2 м/с складають 160 кН, а при масі вантажу 400 кг та швидкості 0,6 м/с – 138 кН.

Встановлено, що найбільш небезпечним періодом взаємодії навантажувача з опорною поверхнею є з'їзд з перешкоди під час подолання останньої задніми колесами. При цьому чим менша маса вантажу в ковші, тим більший кут нахилу навантажувача у поздовжній площині. Так, наприклад, кут нахилу навантажувача досягає критичної позначки в 28° (при $m=0$ кг) та 22° (при $m=1200$ кг).