

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**01.08 – МР.2218 «С» 2021.21.12.005 ПЗ**

**Осадчий Владислав Андрійович**

**2022 р**

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**01.08 – МР.2218 «С» 2021.21.12.005 ПЗ**

**Осадчий Владислав Андрійович**

**2022 р**

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Механіко – технологічний факультет

УДК 631.37:631.223

+

ПОГОДЖЕНО  
Декан факультету  
механіко-технологічного, д.т.н.

Братішко В.В.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ  
Кафедра тракторів, автомобілів та  
біоенергоресурсів, д.т.н. професор,

Калінін Є. І.

2022 р.

“ ” 2022 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему “Дослідження ефективності використання малогабаритного  
навантажувача в умовах тваринницьких ферм”

Спеціальність 208 – «Агроінженерія»

(код і назва)

Спеціалізація «Агроінженерія»

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

(освітньо-професійна, або освітньо-наукова)

Гарант освітньої програми

доктор технічних наук, ст. наук с.  
(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Братішко Вячеслав Вячеславович

(ПІБ)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

К.Т.Н. доцент

науковий ступінь та вчене звання

(підпис)

Соломко О.В.

(ПІБ)

Виконав

(підпис)

Осадчий Владислав

Андрійович

(ПІБ студента)

2022

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ  
Факультет механіко-технологічний

ЗАТВЕРДЖУЮ

Кафедра тракторів, автомобілів та біоенергоресурсів

Доктор технічних  
наук, професор.

Калінін Євген Іванович

(науковий ступінь, вчене  
звання)

(підпис)

(П.І.Б.)

2022 р.

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

Осадчий Владислав Андрійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність

«Агроінженерія»

Магістерська  
програма

Освітньо-професійна програма

Програма  
підготовки

Освітньо-професійна

Тема

магістерської  
роботи

Дослідження ефективності використання  
малогабаритного навантажувача в умовах  
тваринницьких ферм

затверджена наказом ректора НУБіП України від 21 грудня 2021 № 221: «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру

Вихідні дані до магістерської  
роботи

Техніко-економічна характеристика

, нормативні документи, державні стандарти, стандарти ISO9001, ДСТУ

довідкова література.

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Обґрунтування процесу використання навантажувача з бортовим поворотом для використання на фермі
2. Дослідження параметрів, що впливають на удосконалення обладнання
3. Визначення охорони праці та економічної ефективності впровадження

Дата видачі завдання

« »

2021 р.

Керівник магістерської роботи

Соломко О.В.

Завдання прийняв до виконання

Осадчий Владислав  
Андрійович

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка дипломного проекту складається з 75 с., 5 розд., 13 рис., 8 табл., 59 джерел; 1 додатки, 5 аркушів графічної частини.

## МЕХАНІЗАЦІЯ, ТВАРИННИЦЬКА ФЕРМА, МАЛОГАБАРИТНИЙ ТРАКТОР, УТИЛІЗАЦІЯ ГНОЮ, ЕКОНОМІЧНИЙ ЕФЕКТ.

Тема дипломного проекту: «Дослідження ефективності використання малогабаритного навантажувача в умовах тваринницьких ферм»

Об'єкт розробки: Технологічний процес роботи Малогабаритного навантажувача в умовах тваринницької ферми.

Мета роботи – Дослідити ефективність використання малогабаритного навантажувача в умовах тваринницьких ферм.

ПРЕДМЕТ ДОСЛІДЖЕННЯ: Закономірності взаємозв'язку конструкційних параметрів на ефективність використання навантажу

Сфера застосування малогабаритних навантажувачів дуже широка. В більшості випадків вони використовуються в будівництві. Останніми роками все більше навантажувачів використовуються в сільському господарстві. Це спонукає до заміни робочої сили, якої в даний час на вистачає, особливо в сільській місцевості. Промисловість пропонує безліч різноманітних пристроїв для роботи з навантажувачом. При цьому підвищується продуктивність праці та ефективність роботи в цілому. В магістерській роботі представлено аналіз малогабаритних навантажувачів. Різноманітність конструкцій та робочих органів.

## ВСТУП

# НУВБІП УКРАЇНИ

Підвищення ефективності універсальних малогабаритних навантажувачів (УМН) з бортовим поворотом, що мають широкую номенклатуру змінних робочих органів, є результативним шляхом зниження частки ручної праці у будівництві, лісовому господарстві та інших галузях промисловості.

# НУВБІП УКРАЇНИ

В даний час немає однозначного підходу до оцінки ефективності універсальних малогабаритних машин. Класичні підходи до розв'язуваної задачі сформовані на основі диференційованого способу при проектуванні та формуванні критеріїв оцінки, а як правило, не враховують взаємовплив визначальних параметрів.

# НУВБІП УКРАЇНИ

Розробка методики розрахунку та оптимізації на базі критерію, що враховує взаємозв'язок основних конструктивних параметрів, що дозволяє поєднати розрахунок з одночасною їх оптимізацією та оцінкою ефективності є актуальною.

# НУВБІП УКРАЇНИ

Малогабаритні машини з малою експлуатаційною масою не ефективно реалізують напірне зусилля, необхідне для наповнення ковша.

Вантажопідйомність таких машин обмежується максимальним моментом, що перекидає, що збільшується при підйомі робочого органу у верхнє положення. Для усунення нестачі запропоновано підвищити ефективність

# НУВБІП УКРАЇНИ

Одним із способів підвищення продуктивності навантажувачів та полегшення праці оператора є автоматизація виконання елементів робочого циклу. Автоматизують процес установки стріли на задану висоту, а ковша у положення черпання після розвантаження. Застосовують електричну, гідравлічну чи механічну (за допомогою кінематики) системи автоматизації.

# НУВБІП УКРАЇНИ

Встановлення системи автоматизації для вантажного обладнання дозволяє підвищити ефективність навантажувача на 10–15 % та полегшує працю оператора.

# НУВБІП УКРАЇНИ

Наразі намічається загальна тенденція до застосування на фронтальних навантажувачах гідродинамічних та гідроб'ємних (з моторколесами) трансмісій. Удосконалення гідроприводів робочого обладнання у всьому світі

відбувається у напрямку підвищення номінальних тисків робочої рідини з метою зменшення габаритів та маси елементів гідроприводу.

Найбільш масовим видом робіт є розробка та навантаження сипучих та дрібнокускових матеріалів. Основним робочим органом є звичайний ківш.

Запорукою ефективного використання машини є укомплектованість її змінним робітником обладнанням.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

## РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ФРОНТАЛЬНИХ НАВАНТАЖУВАЧІВ

# НУБІП УКРАЇНИ

### 1.1. Загальні відомості та сфера застосування навантажувача

У сільському господарстві, поряд з машинами підвищеної потужності, важливу роль відіграють малогабаритні машини багатопільового призначення, які дозволяють істотно знизити частку ручної праці. Універсальні малогабаритні навантажувачі з бортовим поворотом і гід्रोоб'ємною трансмісією (УМП) є найбільш представницькими за кількістю випущених моделей (Понад 100). Навантажувачі з бортовим поворотом є універсальна техніка, має цілий ряд переваг перед іншими будівельними і комунальними машинами. До їх числа можна віднести розворот на місці, компактність, простоту управління, достатню для самоскида висоту вивантаження, можливість застосування різноманітної змінної навішування.

Родоначальник таких машин з'явився на світло в США в 1957 році. Це був триколісний навантажувач з двома передніми ведучими колесами. У 1960 році «Melroe Manufacturing» випустила перший справжній «skid-steer loader» - міні-навантажувач M-400 з 4-ма провідними колесами. Як і попередник, ця машина призначалася виключно для вантажно-розвантажувальних робіт. Надалі міні навантажувачі знайшли додаткові можливості завдяки навісного устаткування. Кожен виробник міні-навантажувачів випускає, в середньому, від 10 до 20 найменувань додаткового обладнання. Воно перетворює навантажувач в бурильну установку, вантажний кран, екскаватор, траншеєкопач, грейдер, віброкоток, механічну косарку та багато іншого. Відзначається сезонність в спеціалізації міні навантажувачів.

Навесні і влітку, в основному, купуються додаткові пристрої для земляних, будівельних та навантажувальних робіт.

Взимку підвищеним попитом користуються снігоочисники, поворотні відвали, підмітальні щітки, легкі ковші.

# НУБІП УКРАЇНИ

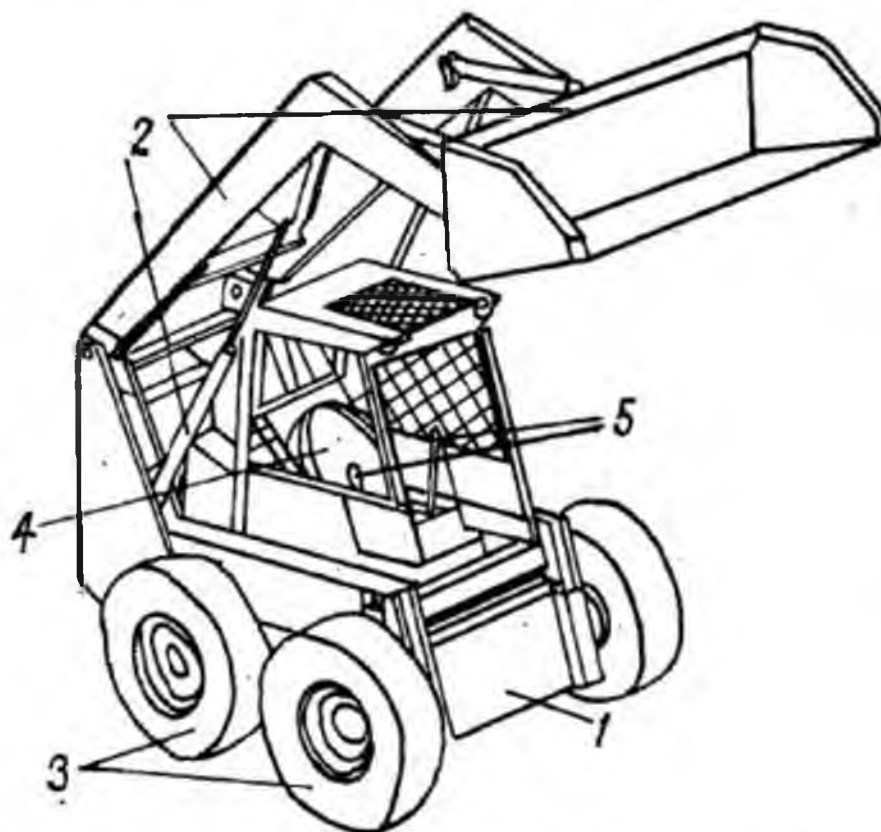


Рис.1.1. Схема навантажувача.

1 - рама, 2 - робоче обладнання, 3- рушії, 4 - робоче місце оператора, 5 – органи управління

Провідну роль в світі по виробництву УМП займає компанія Bobcat, якої припадає понад 50% світового ринку УМП. Серед виробників УМП у Bobcat (рисунок 1.1) найбільш широкий модельний ряд - 11 моделей вантажопідйомністю від 318 до 1400 кг.

В основному на машинах застосовуються двигуни «Kubota» потужністю яких згідно вантажопідйомності становить 22-83 к.с. Компанія виробляє близько 60 типів навісок власного виробництва. Для міні-навантажувачів «Bobcat» пропонує понад 50 видів швидкозмінних навісних обладнань, серед яких представлена така навісна обладнання: ківші, віброкотоки, фрези для різання природного каменю, бетону або асфальту, бетон насос, подрібнювач ґнв.



підмітальна щітка з бункером, грейдер, кушоріз, пересадки дерев, граблі тощо. На рис. 3.1. представлено міні навантажувач при роботі в тваринницькому приміщенні при видаленні гноєві підстилки.



Рис. 1.2. Міні-навантажувач Bobcat A300

Компанія «Locust» (Словаччина) випускає моделі «Locust L 752» вантажопідйомністю 750 кг, «Locust L 1203» (рисунок 1.2) вантажопідйомністю 1200 кг, «Locust L 853» і «L 903» вантажопідйомністю відповідно 850 і 900 кг. Навантажувачі «Locust» володіє сучасним зручним дизайном, високі двері замість типового «танкового» люка, легке і гостре управління джойстиком з сервоприводом, гідропривід з LUDV-системою розподілу потоку незалежно від тиску навантаження і зубчаста бортова передача замість ланцюгової.

Асортимент змінного обладнання розширений, перш за все за рахунок другого, додаткового гідро контура навісного обладнання, що дозволяє використовувати складного гідрофікованого обладнання - екскаватор, грейдер і т. п. Для «Locust» доступні основний ківш, поворотний відвал, снігоприбирач (аналогічний МКСМ) і дорожня щітка в зимовому виконанні. Так на рис. 1.2 представлено міні навантажувач при роботі з напіпним кормороздавачем. Такі

кормороздавачі використовують для малих об'ємів годівлі та при незручності підздів.



Рис. 1.3. Міні-навантажувач Locus L 1203

«Caterpillar» пропонує 10 моделей навантажувачів вантажопідйомністю від 635 до 1225 кг, з двигунами потужністю 51-80 к.с. Заслугує на увагу той факт, що змінні робочі органи, яких близько півтора десятка найменувань, мають модифікації, що розрізняються робочими параметрами. Таким чином, ніпкість варіантів навісок збільшується в кілька разів. Міні-навантажувачі «Cat» (рисунок 1.3) стали зразком для наслідування по комфортності, оглядовості й зручності керування, завдяки втіленням в них інноваційним інженерним рішенням. До них відносяться герметична кабіна з надлишковим тиском, сидіння з пневматичною підвіскою і регульованими джойстиком, вдосконалений дисплей, що забезпечує виведення на екран налаштувань чутливості робочого обладнання, а також підресорювання робочого обладнання в залежності від швидкості руху.



На рис. 1.4 представлено гусеничну версію міні навантажувача при роботі в пташнику при виконанні роботи по очищенню приміщення від курячого посяду.



Рис. 1.4. Міні навантажувач в пташнику

Загальною назвою «навантажувачі компактного класу», або «міні-навантажувачі» позначається ціла група машин різного типу та конструкцій. Це і навантажувачі з бортовим поворотом і компактні фронтальні навантажувачі. Зауважимо, що назва «навантажувач» неточно відображає специфіку даної техніки – це не тільки вантажопідіймна та землерийна машина, а й універсальний носій навісного обладнання. Вирішуючи питання щодо вибору міні-навантажувача, рекомендуємо розглянути такі питання. У спеціалізованій пресі наводиться така цифра: завдяки застосуванню змінного навісного обладнання продуктивність міні-навантажувача під час комунальних та ремонтно-відновлювальних робіт збільшується на величину до 80%. Також перевагою застосування однієї базової машини та набору змінних знарядь є можливість її щоденної та цілорічної експлуатації з високим коефіцієнтом

використання. Насамперед усвідомимо завдання, яке має виконувати навантажувач: це будівельні, комунальні роботи або утримання і ремонт доріг і тротуарів.

Чи виконуватиме навантажувач якусь одну роботу або перемикатиметься на різні? Для функціонального використання буде потрібно машина, обладнана великою кількістю навісних знарядь і, отже, з більш складною і потужною гідросистемою. Зазвичай більш продуктивні гідросистеми навантажувачів з бортовим поворотом. Якщо йдеться переважно про підійомно-транспортні роботи, краще фронтальний навантажувач, оскільки його транспортна швидкість, як правило, вища, а хід більш плавний завдяки більшій колісній базі.

Вважається, що максимальна продуктивність навантажувачів з бортовим поворотом досягається при дальності транспортування вантажів до 25-30 м.

Якщо передбачається перевезення вантажів великі відстані, краще вибрати фронтальний міні-навантажувач.

Наявність швидкодіючого адаптера для приєднання змінного обладнання. Якщо передбачається часта зміна навісного обладнання, навантажувач повинен бути оснащений швидкодіючим адаптером, який коштує недешево, але значно підвищує продуктивність роботи. Чим вище

типорозмір міні-навантажувача, тим частіше зустрічаються адаптери типу «клапанець-палець». Це дуже міцна конструкція, яка добре підходить для роботи з ковшами та вилковими захватами.

Чи експлуатуватиметься навантажувач в обмеженому просторі або без особливих обмежень? Від цього залежить вибір навантажувача за габаритами та маневреністю. Високу «вроджену» маневреність має навантажувач з бортовим поворотом, адже він здатний розвертатися на місці. Однак сучасні фронтальні колісні міні-навантажувачі з усіма керованими колесами або на зчленованій рамі мало чим йому поступляться.

Габарити. Виміряйте найбільш вузькі місця, де повинен проїжджати навантажувач: ворота, тісні проходи – і визначте максимальні габарити потрібного навантажувача по ширині та висоті.

Дорожній просвіт, кути в'їзду/з'їзду. Якщо міні-навантажувач буде експлуатуватися на пересіченій місцевості та долати схили, слід звернути увагу на його граничні кути в'їзду/з'їзду. Якщо передбачається робота на слабкому ґрунті, у навантажувача має бути високий дорожній просвіт. В обох згаданих випадках навантажувач із бортовим поворотом програє фронтальному «колегі». Дорожній просвіт у фронтального може бути більшим на 50%, ніж у аналога з бортовим поворотом. Який максимальний вантаж повинен піднімати міні-навантажувач?

Визначимо необхідну вантажопідйомність машини, вибравши її із деяким запасом. «Запас» не тільки позбавить випадковостей, якщо раптом потрапить вантаж важчий за розрахунковий, а й дозволить уникнути постійної роботи навантажувача на межі можливостей: це зменшує ресурс машини і до того ж небезпечно.

Обмовимося відразу, що й інші характеристики навантажувача вибиратимемо з деяким запасом.

Номинальна вантажопідйомність, вказана у характеристичній міні-навантажувача, визначає, яку максимальну масу машина може безпечно підняти. Номинальна вантажопідйомність колісного міні-навантажувача дорівнює 50% перекидаючого навантаження. Перекидає навантаження визначають так: ківші піднімають на максимальну висоту з максимальним вильотом і починають навантажувати, коли заднє колесо навантажувача почне відриватися від землі, тобто він готовий перекинутися, - це і є навантаження, що перекидає. Для компактного гусеничного міні-навантажувача номинальна вантажопідйомність дорівнює 35% від навантаження, що перекидає. Для навантажувача на зчленованій рамі перекидальне навантаження визначається при максимально складених напіврамах. Слід бути уважним: значення номинальної вантажопідйомності, які наводять виробники в технічній характеристичній зчленованих навантажувачів, можуть бути розраховані за перекидальним навантаженням при прямому положенні напіврам. У цьому випадку розрахункова величина може бути на 15–20% більшою, ніж при

максимально складених напіврамах. Якщо зчленований навантажувач оснащений вишкоченим захопленням, номінальна вантажопідйомність може становити лише 35–40% від аналогічної величини для навантажувача з ковшем.

На яку висоту навантажувач має піднімати максимальний вантаж?

Передбачуваний режим роботи: скільки годин на день і з яким навантаженням мають намір експлуатувати міні-навантажувач?

Якщо передбачається напружена експлуатація, рекомендується вибирати навантажувачі марок відомих своєю надійністю (верхнього цінового класу).

Перед покупкою машини не зайве ознайомитися з відгуками про неї користувачів. Поцікавтеся місткістю паливного бака: скільки годин роботи вистачить палива? Від того, як часто вам потрібно навантажувач, залежить питання: брати машину в оренду або купувати? Ринок оренди міні-навантажувачів в Україні вже досить розвинений, тому не варто забувати і про таку можливість. Виберемо тип та конструктивні особливості міні-навантажувача.

Потужність двигуна. Слід врахувати, що навантажувачам з бортовим поворотом потрібна додаткова потужність двигуна (вище на 30–40% порівняно з фронтальним міні-навантажувачем, що має таку саму вантажопідйомність)

для створення більш високої витрати в гідросистемі через особливості ходової частини. Наявність зчленованої рами у фронтального навантажувача не висуває підвищених вимог до потужності двигуна. Міні-навантажувач може

мати дизельний чи газовий двигун. Переваги та недоліки тих та інших відомі, газовий екологічніший і обходиться дешевше по паливу, але гірше заводиться на морозі, тому кращий для роботи із заїздом у приміщення. Потужність двигуна дуже важлива, якщо під час роботи з навісним обладнанням міні-навантажувач повинен одночасно переміщатися під навантаженням і вводити в дію інструмент.

З бортовим поворотом або компактним фронтальним навантажувачем. Принципово важливе питання – вибір типу міні-навантажувача. В Україні велике поширення набули навантажувачі з бортовим поворотом. Ці машини

спочатку створювалися до виконання порівняно невеликих за обсягами робіт, переважно у обмежених умовах. Це зумовило їх особливості – малі розміри, конструкція ходової частини та спосіб розвороту, кріплення стріли у задній частині корпусу. Завдяки задньому розташуванню кріплення стріли вони можуть близько під'їжджати до самоскида під час завантаження. Однак у них є

низка недоліків у порівнянні з фронтальними міні-навантажувачами: висока витрата палива; швидке знос коліс внаслідок бортового способу повороту; низька прохідність із-за малого дорожнього просвіту; низька стійкість на схилах внаслідок короткої бази коліс; незручний вхід до кабіни; складна та

дорога в обслуговуванні гідравлічна система (є недоліком, якщо навантажувачу не потрібно працювати з безліччю змінних гідравлічних знарядь); зусилля приводу ходу передається через гідронасос, бортові гідромотори та бортову ланцюгову передачу. Швидкість руху навантажувачів з бортовим поворотом менша, ніж у фронтальних міні-навантажувачів.

У фронтальних міні-навантажувачів трансмісія звичайна механічна, тобто простіше та дешевше в обслуговуванні та експлуатації, вони споживають менше палива. Не дарма у Німеччині, наприклад, вони займають 70% ринку міні-навантажувачів. Дуже маневрені та стійкі фронтальні міні-навантажувачі

з усіма керованими колесами. Режим керування передніми колесами використовується у тих випадках, коли потрібна висока швидкість руху (у деяких моделях досягає 40 км/год). Режим "крабового ходу" дуже зручний для маневрування. Фронтальні міні-навантажувачі з твердою рамою долають ухил до 40%, тоді як машини з бортовим поворотом здатні подолати ухил до 25%.

Вхід до кабіни фронтальних міні-навантажувачів здійснюється з двох сторін через бічні двері. У навантажувачі з бінним поворотом потрапити в кабіну можна лише через передні двері, що незручно і небезпечніше.

Зазначимо, що в цілому фронтальні міні-навантажувачі більші за машини

з бортовим поворотом: більшість найменших моделей компактних фронтальних навантажувачів належить до категорії «г/п понад 1000 кг». Тільки у деяких моделях фронтальних навантажувачів вантажопідйомність становить

менше 900 кг і зовсім у небагатьох моделях – менше 450 кг.

З жорсткою чи шарнірно-зчленованою рамою? У шарнірно-зчленованого міні-навантажувача простіше система кермового управління. Але якщо для роботи має важливе значення рівне положення машини щодо землі (наприклад, при плануванні майданчика), жорстка рама міні-навантажувача (в т. ч. з бортовим поворотом) забезпечує стійкіше положення машини, у зчленованого навантажувача виникають коливання в місці шарнірного зчленування та на задній осі. Фронтальні міні-навантажувачі з жорсткою рамою стійкі при русі

схилом, чим не може похвалитися шарнірно-зчленована техніка. У шарнірно-зчленованого навантажувача максимальна вантажопідйомність зменшується при складанні напіврам, а у навантажувача з жорсткою рамою вантажопідйомність завжди максимальна.

Гусеничний чи колісний? Тип поверхні визначає вибір між колісним та гусеничним компактним навантажувачем. Гусениці краще підходять для роботи на слабких і вологих ґрунтах, крутих схилах і нерівних поверхнях, на снігу і льоду, а також на поверхнях, що легко ушкоджуються, таких як парковий трав'яний покрив. Гусенична стрічка забезпечує набагато краще зчеплення зі слабким ґрунтом, ніж колеса. Навантажувачі з бортовим поворотом розбивають ґрунтові майданчики через те, що розвертаються з прослизанням коліс. В результаті часто на спочатку рівному та зручному для роботи місці навантажувачі починають буксувати та застрягати, витрачати багато робочого часу та матеріалів для приведення майданчика в робочий стан.

Гусеничні навантажувачі менше розбивають ґрунтовий майданчик і менше накочують колію. Вони більш стійкі і здатні виймати і транспортувати більше вологого ґрунту, можуть використовуватися цілий рік і за будь-якої погоди. Але ці навантажувачі мають свої недоліки: велика витрата палива, низька швидкість переміщення, великі витрати на експлуатацію ходової частини. Для дорожньо-ремонтних робіт рекомендується використовувати колісні навантажувачі, оскільки шини найкраще підходять для твердих покриттів.

Оскільки компактні гусеничні навантажувачі експлуатуються в



особливих умовах, їх оснащують, наприклад, паливними та масляними баками збільшеної місткості. З цієї причини, а також через свою ходову частину вони зазвичай конструюють дорожче, ніж колісні навантажувачі аналогічної вантажопідйомності.

Вирішуючи питання про вибір колісного або гусеничного міні-навантажувача, рекомендується проаналізувати такі аспекти:

Чи можна буде виконати всі роботи за допомогою колісних навантажувачів?

Чи можна буде виконати роботи з більшою продуктивністю і зрештою отримати більш високий прибуток, якщо використовувати гусеничний навантажувач?

Чи буде збільшення продуктивності та/або розширення сфери застосування навантажувача компенсувати вищу ціну на купівлю та експлуатацію гусеничної моделі?

Гусеничні навантажувачі купують у тих випадках, коли використовувати колісні машини неможливо чи нерентабельно. Якщо ж гусеничні навантажувачі необхідні вам лише зрідка, можна придбати колісний навантажувач з опцією - комплектом гусениць або металевих стрічок-бандажів,

що встановлюються на колеса.

Тип гусениць та коліс. На міні-навантажувачах використовуються гумові гусениці. Існують різні види гумових гусениць: від металевих деталей, що не

мають, до сталевих, оснащених гумовими накладками. Чим менше металу в гумових гусеницях, тим вони легші, і, отже, навантажувач може розвинути вищу швидкість руху, компоненти ходової частини мають менші навантаження і служать довше. Як стверджується, сталевий гусениця з гумовими накладками служить приблизно 600-800 мотогодин, тоді як ресурс чисто гумових гусениць сягає 1500 мотогодин. Однак при виконанні робіт на високоабразивній

поверхні, наприклад, при руйнуванні будівель, ймовірність пошкодження суто гумової гусениці значно вища, ніж у сталевій з гумовими накладками.

Якщо вибрано колісний навантажувач, потрібно визначитися з типом

шин: звичайні шини, що наповнюються повітрям, або заповнені пінополіуретаном, або масивні цілі гумові шини. Звичайні шини підходять для руху по нерівній поверхні, вони демпфують поштовхи від нерівностей, це найдешевші з перерахованих типів шин, але їх недоліком є можливість проколу та пошкодження. Шини, заповнені пінополіуретаном, міцні, не бояться

проколів, але й коштують дорожче. Крім того, пінополіуретанові шини набагато важчі за звичайні, на їх обертання витрачається додаткова потужність, навантаження в трансмісії навантажувача збільшуються, що зменшує

надійність і ресурс трансмісії. Масивні гумові шини також не бояться

пошкоджень, зазвичай вони легші за пінополіуретанові, тому менш серйозні і проблеми, пов'язані з їхньою масою. Однак пінополіуретанові та цілі гумові шини підходять тільки для руху по рівних твердих поверхнях, наприклад

підлогах у складських та виробничих приміщеннях, або в умовах, де велика

ймовірність проколу та пошкодження: наприклад, при утилізації відходів з

великою кількістю битого скла, металевих обрізків тощо. У більшості випадків звичайні наповнені повітрям шини є універсальним, найбільш економічним та зручним вибором. Радіальна чи вертикальна траєкторія

підйому? Міні-навантажувачі з радіальною траєкторією підйому ковша (або

вил) більше підходять для транспортування матеріалу і менш пристосовані для навантаження самоскидів, так як ківш у них під час підйому переміщається по дузі і виліт на максимальному підйомі менше, ніж на середині траєкторії

підйому. Тому для навантажувача з радіальним підйомом чим вище потрібно

піднімати ківш при розвантаженні, тим ближче він має під'їхати до самоскида.

Машини з радіальним підйомом добре підходять для транспортування рідкого бетону або парячого асфальту, оскільки ківш у нижній точці розташовується близько до навантажувача, що збільшує зусилля при заборі матеріалу. Якщо

навантажувач повинен буде піднімати матеріал на висоту, близьку до

максимальної, завантажувати самоскиди або штабелювати піддони з вантажами, краще вибирати моделі з вертикальною траєкторією підйому. При такій траєкторії у точці максимального підйому виліт виходить більше, ніж за

радіальної траєкторії підйому. Завдяки вертикальній траєкторії підйому навантажувач може вивантажувати вміст ковша на середину кузова самоскида, навантаження у такому разі виконується швидше. Також при вертикальній траєкторії підйому машині легко підтримувати постійний кут нахилу бура при бурінні навісною буровою установкою.

Стріла дво-або однобалкова. Компанії JCB і Volvo випускають навантажувачі з бортовим поворотом і гусеничні міні-навантажувачі з однобалковою стрілою, віддаючи перевагу цій конструкції традиційній схемі з двома балками. Основна перевага однобалочної конструкції: двері в кабіні

навантажувача розташовуються збоку, і оператору не доводиться входити в кабіну спереду, ступаючи по навісній зброї, що досить небезпечно. Також відзначається чудовий огляд на  $270^\circ$  з місця оператора. Незважаючи на сумніви, які висловлюють конкуренти, однобалкова конструкція довела свою міцність і надійність, випадки поломки стріл не відомі.

Потужність гідросистеми, наявність та кількість додаткових контурів. Якщо передбачається використовувати міні-навантажувач із змінним гідравлічним обладнанням, гідросистема машини повинна мати достатню потужність.

Гідравлічний контур, призначений для живлення навісної зброї, характеризується величиною потоку рідини та її тиском. За цими параметрами оцінюють можливість роботи навісного обладнання з навантажувачем.

Мінімально допустимі значення потоку та тиску вказуються у характеристиці гідравлічного навісного обладнання. Особливо важливо враховувати ці параметри, коли йдеться про інструмент, що споживає підвищену потужність. Якщо параметри гідросистеми не відповідають потребам навісної зброї, вона, можливо, працюватиме, але з недостатньою продуктивністю.

Як уже говорилося вище, у навантажувачів з бортовим поворотом двигун потужніший, ніж у фронтальних навантажувачів з аналогічною вантажопідйомністю. Чим потужніший двигун навантажувача, тим потужніша гідросистема. Гідросистема навантажувачів з бортовим поворотом з малою

вантажопідйомністю не набагато потужніша за гідросистему аналогічних фронтальних навантажувачів, але зі збільшенням типорозмірів машин нерівність у продуктивності гідросистеми збільшується. Втім, багато виробників пропонують до фронтальних міні-навантажувачів опції:

гідросистему збільшеної продуктивності. Очевидно, що наявність потужної гідросистеми передбачає наявність потужного двигуна, що спричиняє збільшення витрати палива. Гідросистема має бути оснащена додатковими контурами та роз'ємами для приєднання навісних знарядь. У всіх

навантажувачів з бортовим поворотом і більшій частині фронтальних міні-навантажувачів гідросистема оснащується додатковими контурами. Тому у більшості цих машин додаткові гідравлічні роз'єми виведені по стрілі пристрій для швидкого приєднання навісного обладнання. Втім, деякі фронтальні

навантажувачі в базовій комплектації можуть лише «підготовлені» до монтажу додаткових гідравлічних контурів: мати додаткову третю секцію в гідророзподільнику. За наявності резервної секції гідророзподільника змонтувати додатковий контур гідросистеми зазвичай буває нескладно, але це вимагатиме додаткових витрат. Також важливо знати, який тип насоса використовується у гідравлічній системі. У більшості гідросистем стандартний

гідравлічний контур в якості опції можуть вбудувати шестерний насос, що забезпечує безступінчасте збільшення потоку при постійному тиску системи. У цьому збільшується швидкість роботи навісного інструменту, але збільшується зусилля. Збільшити зусилля можна шляхом одночасного

підвищення потоку та тиску у гідросистемі. Такий принцип роботи використовується в гідросистемах підвищеної потужності з поршневым насосом, що регулюється, чим і пояснюється їх перевага.

## 1.2. Моделі і типи малогабаритних навантажувачів

Міні-навантажувачі — спецтехніка, яку часто використовують як помічник не лише комунальних служб, а й сільгосп підприємства. Де і як

застосовуються компактні навантажувачі в сільському господарстві, як правильно вибрати таку техніку та яких помилок при експлуатації уникати, розбирався кореспондент журналу «Агротехніка та технології».

Міні-навантажувачами прийнято називати невеликі та маневрені машини, призначені насамперед для роботи в обмежених просторах. По суті, це аналогічні повноцінним (фронтальним і навіть телескопічним) навантажувачам машини більш компактному виконанні.

«Наші клієнти у сільському господарстві часто стикаються з тим, що їхній “великий” телескопічний навантажувач не може виконати всі заплановані роботи в строк через сильну завантаженість та різноманітність робіт, що одночасно відбуваються в різних сферах та ділянках господарства, — пояснює Валентин Гришин, регіональний менеджер з продажу компанії «МАНІТУ СХІД» в Україні. — При цьому покупка другого телескопа — досить дорогий і не завжди вигідний варіант, особливо якщо фермер розуміє, що не зможе завантажити його на 100%. Саме в цей момент в гру вступає міні-навантажувач: за його допомогою аграрій може закрити весь фронт робіт у строк, не перевантажуючи при цьому телескопічний навантажувач, а допомагаючи йому».

За типом шасі міні-навантажувачі діляться на два види: на колісному та гусеничному ході.

Найпоширеніша конструкція машин — з бортовим (боковим) поворотом.





а



Рис. 2.1. Навантажувачі з боковим поворотом на колісному (а) та гусеничному ході (б)

Це машини з цільною рамою, наприклад BobCat, MANITTOU, John Deere, MUSTANG, New Holland, Case, JCB, Gehl та ін. Вони повертаються, як танк, на



одному місці. Така маневреність забезпечується завдяки принципу поворотного ковзання та протилежного повороту коліс протилежних бортів машини.

Кожна сторона шасі може керуватись незалежно один від одного. Коли осі крутяться в різних напрямках, міні-навантажувач може обертатися навколо своєї осі, і найчастіше їхній радіус розвороту практично дорівнює довжині шасі.

Також є версії колісних міні-навантажувачів з усіма керованими колесами - наприклад, Verteri VF 1.33B або Neuson Kramer 5025 (Wacker Neuson), дані машини обладнуються повноцінними мостами з автоматичним блокуванням міжколісних диференціалів і високошвидкісними трансмісіями, що робить їх.



НУ

НУ

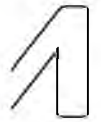
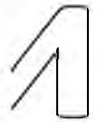


Рис. 2.2. Навантажувачі з шарнірною рамою

НУБІП України

Міні-навантажувачі з шарнірно-зчленованою концепцією повороту

(наприклад, Weidemann T4512, Gehl серія AL, Wacker Neuson WL 20 або Venieri

VF 1.63 C) при маневруванні мають мінімальний вплив на опорну поверхню.

«Тому вони можуть працювати на газонах та інших делікатних поверхнях». За

спостереженнями, міні-навантажувачі з бічним (бортовим) поворотом мають

найменший радіус розвороту, на відміну від машин з усіма керованими

колесами та шарнірно-зчленованими, і здатні розвертатися на місці в

найвужчих просторах. Однак зношування шин на таких машинах набагато

вище, ніж у машин з шарнірно-зчленованою рамою або всіма керованими

колесами - розворот через бік сильно «з'їдає» гуму, а це значно збільшує

вартість володіння.

Колісні міні-навантажувачі особливо потрібні для роботи в обмежених

місцях і частіше експлуатуються на майданчиках з твердим покриттям. Ці

машини можуть самостійно переміщатися з одного об'єкта на інший.

На відміну від колісних, гусеничні здатні пересуватися практично будь-

якою поверхнею, в тому числі бездоріжжям. «Моделі на гусеничному ході,

наприклад, серія RT у MANITOU, можуть застосовуватися при корчуванні

дерев, плануванні ділянок, відсіпанні та екскавації, а також проводити

НУБІП України



розвантажувальні та вантажні роботи. Завдяки тому, що загальна вага техніки рівномірно розподіляється по всій площі, гусеничні моделі мають більшу вантажопідйомність. Однак для переміщення такої машини між об'єктами доведеться задіяти окремий транспорт».

Міні-навантажувачі в основному призначені для роботи в приміщеннях, наприклад, у корівниках або пташниках. Це їхнє головне завдання. «Основна функція міні-навантажувача у сільському господарстві – заміна ручної праці».







Рис. 2.3. Навантажувачі при виконанні різних робіт на фермі

Завдяки широкому асортименту навісного обладнання машини цього класу є багатофункціональними. Наприклад, у корівнику вони можуть підсувати корми, виштовхувати рідку масу гною, розвозити сіно або солонку».

«Візьмемо, наприклад, такий важливий етап молочного виробництва, як годування тварин. Уникнення ручної праці та автоматизація підштовхування кормів на кормовому столі за допомогою міні-навантажувача дозволяє збільшити надої з однієї корови мінімум на 1 літр на день, оскільки тварини оперативніше отримують «оновлені» корми і, відповідно, їдять більше». Така надбавка дуже істотна - вона дозволяє окупили придбання машини всього за 7-



8 місяців (розрахунок для ферми на 1 тис. дійних корів) і надалі отримувати додатковий чистий прибуток, підраховує фахівець. Адже це тільки одне з безліччезавдань, як міні-навантажувач може вирішувати на фермі. Потрапивши в господарство, ця машина дуже швидко стає найулюбленішою і завантаженою, оскільки суттєво полегшує працю тваринників.

Маневреність та розміри міні-навантажувача дозволяють використовувати його навіть у будівлях райянського зразка — з низькими стелями, куди не проходить звичайний навантажувач, розповідає комерційний директор із продажу сільгосптехніки John Deere компанії «Агробудівельні технології» Олександр Стовбун.

На багатьох птихофермах, де годівниці розташовуються на висоті 1,7-1,9 м, завантаження кормів здійснюється виключно міні-навантажувачами, тому що звичайний навантажувач там просто не піде за габаритами. А в тваринництві саме міні-навантажувачами можна швидко здійснити прибирання стійломісць, у тому числі виконати непряму роботу з очищення корівників або стайні після відмінка тварин.



Олександр Стовбун додає, що міні-навантажувачі можна активно використовувати для підтримки чистоти території, обладнавши його щітками з









Залежно від геометрії підйому стріли міні-навантажувачі діляться на машини з радіальним та вертикальним підйомом.



Рис. 1.4. Навантажувачі радіальним та вертикальним підйомом.

Як пояснює бізнес-менеджер з будівельного обладнання компанії CNH Industrial Дмитро Ликов, у «радіальних» машинах застосовується одношарнірне кріплення на стрілі, і робоче обладнання здійснює лише рух радіусом. Тоді як у «вертикальних» є ще й висування стріли вгору. «Машини з радіальним підйомом в основному працюють з навісним обладнанням, яке

кріпиться нижче погляду оператора (відвал, шітка, деякі види ковшів і т. д.), а вертикальний підйом дозволяє комфортно працювати з обладнанням, яке кріпиться вище за погляд оператора (ківш, вила, точкове захоплення і т. д.)», пояснює він.

Іншими словами, машини з радіальним підйомом скоріше призначені для виконання робіт, пов'язаних із штовханням, а з вертикальним – краще проявляють себе на роботах з навантаження та складування.

«Важливо спочатку визначитися, які основні завдання буде відведено міні-навантажувачу на фермі, — зауважує Світлана Петрова. — Якщо це робота, пов'язана насамперед із штовханням (підштовхуванням кормів на кормовому столі, виштовхуванням гною), то краще вибирати модель з радіальним підйомом стріли. Якщо ж машина буде використовуватися для проведення вантажних робіт, то вертикальний підйом стріли буде кориснішим».

При виборі міні-навантажувача фермеру потрібно наголошувати на тих характеристиках, які найбільш важливі при виконанні конкретних завдань, переконаний Валентин Гришин. "Для однієї компанії в пріоритеті максимальна вантажопідйомність машини, для іншої - маневреність, здатність пересуватися навеликим складом або в тісному приміщенні", - міркує фахівець.

Іншими словами, машини з радіальним підйомом скоріше призначені для виконання робіт, пов'язаних із штовханням, а з вертикальним – краще проявляють себе на роботах з навантаження та складування.

«Важливо спочатку визначитися, які основні завдання буде відведено міні-навантажувачу на фермі, — зауважує Світлана Петрова. — Якщо це робота, пов'язана насамперед із штовханням (підштовхуванням кормів на кормовому столі, виштовхуванням гною), то краще вибирати модель з радіальним підйомом стріли. Якщо ж машина буде використовуватися для проведення вантажних робіт, то вертикальний підйом стріли буде кориснішим».

Від того, чим займатиметься машина, залежить і набір робочого



обладнання до міні-навантажувача.



При завантаженні кормів або тирси підстилки машина працює в основному з ківшами, якщо ж стоїть завдання підштовхування корму на кормовому столі - потрібен відвал з гідравлічним приводом.

Наприклад, на молочному агрокомплексі в 1000 голів 80% роботи, що виконується міні-навантажувачем Vermeer VF 1.33B, становить підсування кормів у корівнику. Відповідно, основним робочим органом машини є гідравлічно керований поворотний відвал. А для механізованої роздачі підстилки з тирси на такій же машині в цьому господарстві використовують спеціальний ківш з стрічковим транспортером і гідроприводом (об'ємом 1 кубометр).





Рис. 1.5. Навантажувач, спеціальний ківш з стрічковим транспортером і гідроприводом.

До речі, до такого мобільного помічника на фермі часто причіплюють одновісні візки для підвезення інструментів, а тому при виборі машини варто звернути увагу на те, чи псаду буксирувальний гак, зауважує Дмитро Іванов. А якщо передбачається чищення корівників, то, крім відвалу, варто оснастити його ще й щіткою з водяною системою зрошення.

«Щодо гідравліки, то у звичайній роботі на фермі міні-навантажувачу вистачить і 60 л/хв. Але якщо функції компактного навантажувача в господарстві не обмежуються вантажно-розвантажувальними роботами, збиранням, чищенням та підштовхуванням кормів, то варто придбати на машину з великою кількістю гідровиходів та потужною гідравлікою».

Так, якщо міні-навантажувач планують задіяти на прокладанні трапшеї, роботи з гідромолотом буром або мульчером, то рекомендується звернути увагу на міні-техніку з потужністю гідронасоса близько 100-130 л/хв.

Наприклад, якщо в господарстві хочуть за допомогою міні-навантажувача проріджувати розділові смуги між полями, потужність гідропоточку на мульчер слід підбирати виходячи із середньої товщини зарослої ділянки: для дерев діаметром близько 10 см вже знадобиться міні-



навантажувачі з серйозним гідравлічним потоком - 110-130 л/хв. Наприклад, підійде модель навантажувача New Holland L225 із опцією збільшеного потоку.

Якщо в господарстві необхідно проводити роботи, пов'язані з постійним переміщенням (роз'їздами), і фактор часу при цьому має критичне значення, наприклад, своєчасне та постійне підсування кормів або їх роздача на кормовий

стіл, Дмитро Іванов рекомендує придивитися до значення транспортної швидкості міні-навантажувачів. «У деяких машин вона в 1,5-2 рази вища за середньостатистичні аналоги з бортовим поворотом (11-12 км/год), що

дозволяє суттєво скоротити час проведення робіт», — зазначає він. Наприклад,

повнопривідні Vermeer (моделі VF1.33B і VF1.63C) розвивають транспортну швидкість понад 20 км/год, як і деякі машини JCB, мають дводіапазону трансмісію.

Працюючи у приміщенні першому плані виходять маневреність машини,

її габарити, і система охолодження двигуна. «Приміром, при однаковій вантажопідйомності шарнірно-зчленовані машини більші за цільнорамні, і це слід врахувати при плануванні робіт у різних приміщеннях, — перераховує

Дмитро Ликов. - Крім того, важливо при підборі машини враховувати висоту

бортів автопарку ферми (і різних інших ємностей, в які здійснюватиметься

навантаження) і співвідносити її з максимальною точкою висоти підйому навантажувача - а саме з точкою зчленування стріли та робочого обладнання (найчастіше ковша)» Ця точка (шарнірний палець) має бути відповідно вище

за борт, нагадує фахівець.

Важливим нюансом при виборі машини фахівці компанії BobCat називають розташування та захист радіаторної решітки охолодження двигуна.

у більшості машин вона розташована знизу в задній частині машини, а в деяких - зверху. Плюси верхнього розташування радіатора в тому, що його менше

шансів пошкодити під час руху заднім ходом. Однак при випаданні опадів, а

також у приміщенні з підвищеною вологістю або запиленістю така система забивається швидше.

З іншого боку, верхня схема розташування радіатора приваблива для

птахівницьких господарств, тому що біля підлоги в таких приміщеннях концентрується пух і перо птаці, а шанси забити радіатор знизу (де йде надходження повітря в двигун) набагато вище, ніж зверху, розмірковує Дмитро

Ликов. Відповідно, якщо машина береться для роботи в пташнику, то варто подумати про навантажувач з верхнім розташуванням решітки радіатора околдження двигуна, а якщо на інші тваринницькі комплекси - ззаду

Світлана Петрова звертає увагу, що для зниження проблем такого роду та більш ефективного охолодження двигуна при роботі в запилених приміщеннях деякі моделі міні-навантажувачів оснащуються вентилятором, що реверсується (є у JCB, Weidemann та ін.).

У більшості міні-навантажувачів, а точніше у компактних навантажувачів класичного типу (Bobcat, російський ANI та ін), стріла розташовується спереду на двох балках, відповідно, вхід в кабінку здійснюється прямо через робоче обладнання - з боку ковша або відвалу.

«Навісне обладнання піднімається на двох балках стріли, по одній з кожного боку - ліворуч та праворуч».



Рис. 1.6. Конструкція двобалочного навантажувача з переднім входом в кабінку.

# НУБІП УКРАЇНИ

З цієї причини вхід до кабіни можливий не збоку, а лише спереду через навісне обладнання». Але є й інше, зручніше розташування. Наприклад, у JCB стріла монобалкова - тобто має тільки одну підйомну балку, яка розташована праворуч.



Рис. 1.7. Конструкція однобалкового навантажувача з боковим входом в кабіну.

# НУБІП УКРАЇНИ

Відповідно вхід до кабіни ліворуч. Цей аспект погрібно також враховувати при виборі машини.

Оскільки у сільському господарстві міні-навантажувач експлуатується у безпосередній близькості з працівниками ферми та тваринами, фактор оглядовості є критичним для машин цього класу. Розташування стріли праворуч значно збільшує кругову оглядовість, яка становить 270 градусів (замість 160 у аналогів на ринку)".



Також найкращий огляд мають навантажувачі з розташуванням трансмісії знизу – оператор сидить вище. Тоді як у класичних машинах з бортовим поворотом огляд оператора обмежений нижньою точкою посадки та конструкцією стріли, що піднімається над ним.

«Не варто забувати і про наявність кондиціонера повітря з гарною системою фільтрації, оскільки практично 90% часу міні-навантажувачі проводять у закритих приміщеннях. Це дуже важливо під час роботи в агресивних середовищах пташників та корівників, а також запиленних приміщеннях зерносховищ».

У компанії Bobcat рекомендують звернути увагу на захист від пошкоджень важливих вузлів: днища, двигуна, ходової частини та всієї гідравліки. Крім того, продуктивність робіт покращить оснащення навантажувача електроприводом замку навісного обладнання для спрощення та прискорення зміни робочих органів.

Управління в кабіні міні-навантажувачів здійснюється найчастіше важелями, як у звичних бульдозерах та екскаваторах. Для людей «старшої школи», це не становить труднощів.

Однак все частіше з'являються нові моделі та конструкції, де керування здійснюється за допомогою серво-джойстиків (наприклад, у JCB: лівий керує трансмісією, правий – стрілою). А для багатьох операторів більш комфортними здаються машини з абсолютно класичним керуванням (як у звичайному навантажувачі): за допомогою кермової колонки та моноджойстика.

Наприклад, у Weidemann або італійських Venieri. На думку спеціалістів, таке компонування значно зручніше та простіше, особливо для механізаторів, які раніше не мали справу з повністю важільною системою управління.

У деяких машинах педаль газу доповнюється «ручним газом», що, на думку експертів, дозволяє оперативніше регулювати обороти двигуна, що дає істотну економію дизельного палива (до 30 % порівняно з моделями без педаль).

Наприклад, у міні-навантажувачах Venieri опція «ручний газ» дозволяє

оператору регулювати обороти двигуна, а відповідно, і гідропотік на навісне обладнання незалежно від швидкості пересування самої машини.

Дмитро Іванов звертає увагу, що це дає можливість більш ефективної роботи машини із щітками, косарками та ковшами із стрічковими транспортерами для роздачі підстилки.

На ринку з'явилися електроприводні моделі міні-навантажувачів. Ці машини відрізняються не тільки відсутністю забруднення частинками сажі та викиду CO<sub>2</sub>, а й нижчим рівнем шуму. Що дозволяє працювати в зонах з критичним ставленням до гучних звуків та рівня CO<sub>2</sub>, у тому числі в парниках. Наприклад, у компанії Wacker Neuson (навантажувачі Weidemann 5055e та ін.).

Вантажопідйомність колісних міні-навантажувачів – це 50% від значення перекидаючого навантаження, яке вказано для кожної моделі (у багатьох навіть у самій назві). Наприклад, для моделей CASE SV 185, Bobcat S185 або Bobcat S530 номінальна вантажопідйомність складає 1850 фунтів, що дорівнює приблизно 860 кг. Саме стільки можна нависити на оголовок стріли зі стандартною противагою.

«Не варто намагатися збільшити вантажопідйомність міні-навантажувача шляхом навішування саморобних противаг», – застерігає Світлана Петрова. У цьому випадку буде порушено класичне розважування машини, що призведе як мінімум до підвищеного зносу шин і додаткового навантаження на двигун».

Це найчастіша помилка під час експлуатації таких машин, підтверджує Дмитро Ликов. Як і будь-які машини, міні-навантажувачі робляться із солідним запасом міцності, як за продуктивністю, так і за вантажопідйомністю, продовжує він. «Користуючись цим, аграрії намагаються збільшити вантажопідйомність, навішуючи кустарні противаги. Це може призвести до підвищеного стирання і перевантаження деталей і в першу чергу вузла кріплення стріли, не кажучи вже про швидке зношування шин і прорив шлангів гідроліки, які не витримують надмірного тиску», – попереджає фахівець.

До речі, при балансуванні машини, на думку фахівців компанії Bobcat, велику роль відіграє розташування двигуна та паливного бака. Якщо паливний бак встановлений під двигуном знизу машини, розважування навантажувача не залежить від рівня палива в ньому. Тоді як при бачному розташуванні бака його наповненість впливатиме на балансування.

Використання правильних витратних матеріалів Дмитро Іванов називає заporукою довголіття будь-якого навантажувача. «Усі машини такого типу працюють на гідромоторах та гідронасосах, і життєздатність їх основних вузлів безпосередньо пов'язана з якістю олії, – пояснює він. — Якщо, прагнучи

заощадити, у господарстві заправляють інші рідини, які приблизно відповідають за характеристиками оригінальним маслам, і до того ж встановлюють неоригінальні фільтри неясного виробництва, шанси навантажувача потрапити на ремонт гідросистеми суттєво зростають».

«Для того, щоб будь-яка техніка працювала довго і без проблем, оператору слід пройти відповідне навчання, переконана Світлана Петрова. — Сьогодні усі дилери надають сільгоспвиробникам таку послугу». І, звичайно ж, важливо дотримуватися регламенту періодичного обслуговування, не забуваючи про щоденне рекомендоване обслуговування чи огляд, підсумовує фахівець.

НУБІП України

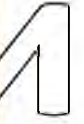
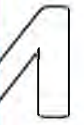
НУБІП України

НУБІП України

НУ

НУ

НУ



НУБІП України

Одна універсальна машина та понад 170 пристроїв для обробки тюків сена, годування тварин, збирання стайні, підготовки ґрунту, догляду за виноградниками та фруктовими садами.

MultiOne може легко справлятися з типовими завданнями на фермі, але при цьому досить компактний для використання в будинках, куди інші машини

НУБІП України

не можуть потрапити.

Завдяки універсальності, телескопічній стрілі та маневреності MultiOne може замінити звичайний навантажувач.

НУБІП України

НУБІП України



НУБ

НИ

НУБ

НИ



Ефективний спосіб переміщення нез'їденого корму перед худобою. Під час руху шнек переміщує корм, а зверху залишається свіжий корм.

При використанні штовхача з гвинтовою подачею швидкість приводу може бути вищою. Гумовий скребок у задній частині насадки дуже ефективно

очищає підлогу. Після зносу гумове лезо можна розібрати та зібрати у зворотному порядку або замінити.

НУБ

НИ

НУБ

НИ



Відре-дозатор MultiSne для корму для тварин дозволяє швидко та легко



годувати тварин. Передній край відра дозатора можна використовувати для легкого заповнення годівниці. Корм видається з розвантажувального жолоба з правого боку за допомогою шнека з гідравлічним приводом, розташованого в нижній частині годівниці. Дозатор корму призначений для роботи із зерном та сумішшю будь-якого розміру, що робить годування тварин швидким та простим процесом.

## 2.1. ОСОБЛИВОСТІ ПОВОРОТУ ФРОНТАЛЬНОГО НАВАНТАЖУВАЧА

У минулому вся ручна робота виконувалася вручну, тому на це потрібно було багато часу все. Проте в наш час ми знаємо велику кількість різних типів землі вантажно-розвантажувальні машини. Найбільшими з них є гігантські гусеничні екскаватори, які використовуються у вугільних шахтах. Ці екскаватори є винятковими, оскільки їхні розміри не дозволяють використовувати їх всюди у світі.

Це міні-навантажувачі. Є два варіанти: з класичним колісним шасі або а гусеничне шасі. Їх маневрування забезпечує пробуксовку коліс.

Такий тип управління значно зменшує радіус повороту, що є великою перевагою в малому робочі зони. Завдяки відмінній маневреності міні-навантажувачі популярні в будівельний та сільськогосподарський сектори.

Маленький дизайн дає їм перевагу перед великими навантажувачі. Приводи розсувних коліс забезпечують малий радіус повороту, який вони використовують під час транспортування матеріалу вузькі місця зберігання. Вони використовуються для транспортування палетованого матеріалу, а також для обробки сипучих матеріалів під час земляних робіт або для очищення та обробки міських громадських місць. Вони є найкомпактніші навантажувачі, доступні на ринку, завдяки широкому вибору робочих інструментів (периферійні пристрої), такі як зубчаста лопата, вила для піддонів, підмігальна машина тощо [4-6].

Базова конструкція навантажувача (рис. 1) не сильно відрізняється від виробника інший. Невід'ємною частиною конструкції навантажувача є жорстка рама (1). У нижній частині рами є двигун внутрішнього згоряння (2), який разом з насосами (4, 5) утворює одне ціле збірка. Двигун також служить противагою навантажувачу. Встановлено комбінований охолоджувач (6) після двигуна для охолодження води та робочої рідини. Паливний бак (7) розташований праворуч стороні двигуна за межами рами. Гідробак (8), в якому знаходиться фільтр робочої рідини розташований зліва від двигуна поза рамою.

Гідророзподільник (9) розташований на праву нижню частину рамки. Робоча кабіна машиніста (10) змонтована на рамі і може бути розгорнутий. Він містить усі органи керування та сидіння водія.

Поворот машин з шарнірно-зчленованою рамою в теорії автомобіля, трактора і т. д., як правило, не розглядається окремо, хоча багато режимів руху цих машин мають ряд таких особливостей, що їх вивчення являє собою самостійну завдання. Справа в тому, що у зчленованих машин, коли осі машини не паралельні, навіть на горизонтальній поверхні на місці та в русі спостерігається перерозподіл навантажень на колеса [4]. Найбільш яскраво це проявляється у машин, працюючих з вертикальними, консольно доданими

навантаженнями. Типовим представником такого роду машин є фронтальний навантажувач, у технологічному циклі якого ці навантаження дуже значні та суттєво змінюються. Для фронтальних навантажувачів з вантажем у ковпці нормальні реакції на колесах можуть відрізнятися у кілька разів (рис. 1).

Дослідження цього явища проводилися різними авторами під час вирішення завдання статичної стійкості машини з перекидання [2, 4, 7]. Однак чималий інтерес представляє вплив його на різні характеристики криволінійного руху, такі, як радіус повороту, сили зчеплення, буксування та ковзання коліс по ґрунту, втрати потужності на тертя та інші, оскільки різниця навантажень на колеса призводить до зміни радіальної деформації шин і, як наслідок, до різних динамічних радіусів, розмірів опорних майданчиків, а іноді і зміни режиму руху колеса. Тому розглянемо спочатку модель формування вертикальних

реакцій на колесах відрізно-зчленованої машини.

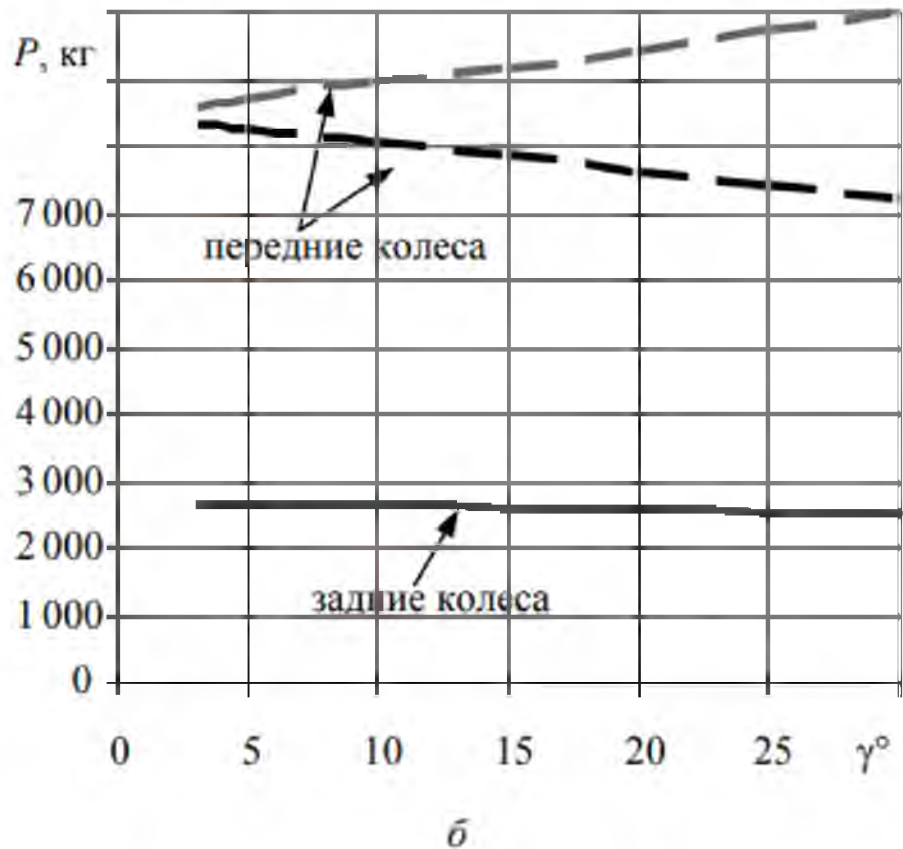
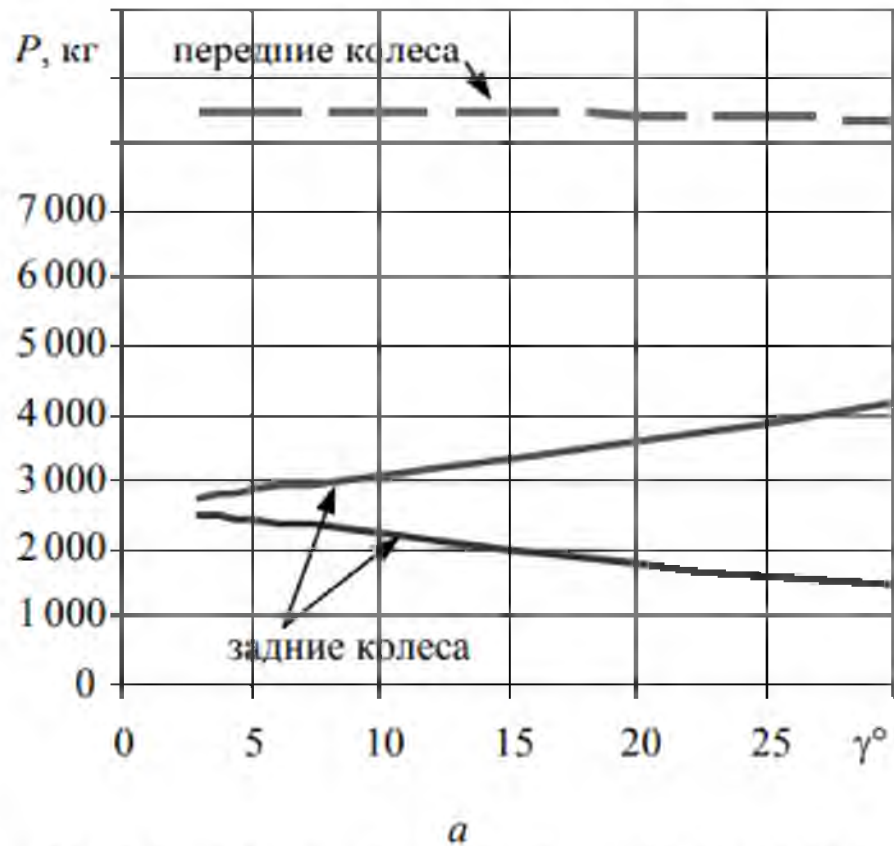


Рис. 2.1. Вертикальні зусилля на колесах фронтального навантажувача виробництва в залежності від кута складання:  
а – передній балансір; б – задній балансір

Відповідно до схеми навантаження (рис. 2.2) маємо чотири невідомі реакції.

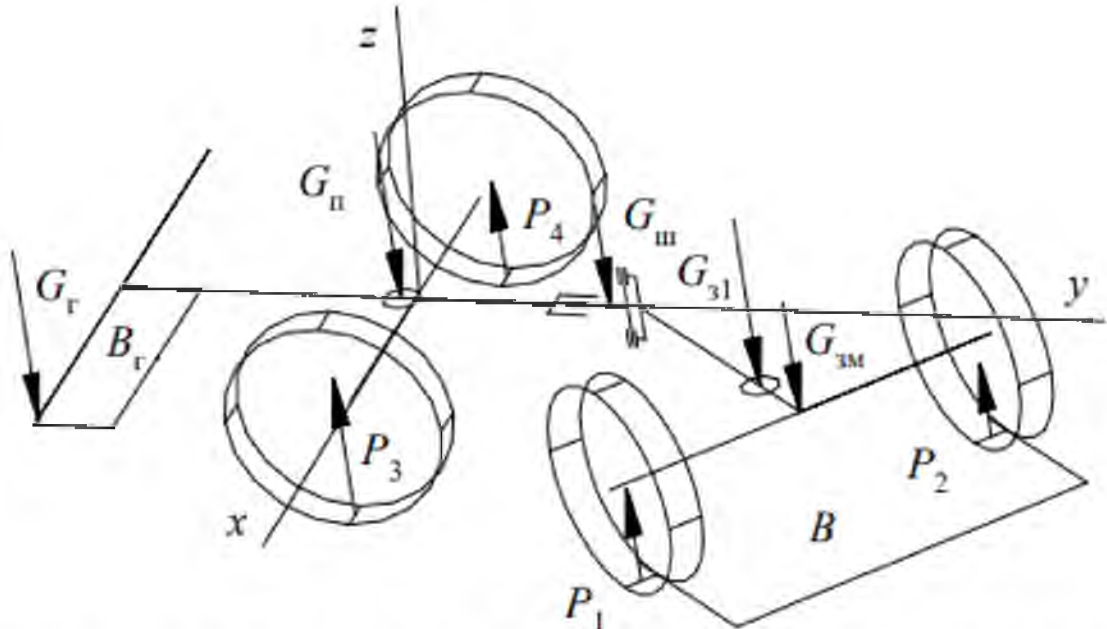


Рис. 2.2. Схема визначення вертикальних реакцій на колесах шарнірно-зчленованого навантажувача з переднім балансіром

Система рівнянь включає три рівняння рівноваги та одне рівняння горизонтального шарніра.

Умови рівноваги системи паралельних сил записуються у формі рівності нулю суми проекцій усіх сил на вертикальну вісь (Z) та суми моментів цих сил щодо двох інших осей X та Y:

$$\sum Z = 0; \sum M_x = 0; \sum M_y = 0.$$

Вигляд рівняння балансір залежить від його орієнтації. При передньому балансірі, четверте рівняння для фронтального навантажувача з вантажем у ковші має вигляд:



НУБІП України

$$G_r B_r + P_4 \frac{B}{2} - P_3 \frac{B}{2} = 0,$$

де  $G_r$  – сила ваги вантажу у ковші;  $P_3$   $P_4$  – реакції ґрунту на передніх колесах;

$B$  – колія;  $2B_r$  – ширина ковша.

НУБІП України

Якщо центр тяжкості вантажу знаходиться у центрі ковша ( $B_r = 0$ ), рівняння (2) спрощується

$$P_3 - P_4 = 0.$$

НУБІП України

Через різну навантаженість коліс для опису криволінійного руху необхідно збудувати модель, що дозволяє розглядати кожне колесо окремо. Модель має враховувати ковзання коліс, конструктивні параметри машини, кількість провідних осей та способи керування ними. Висунутим вимогам відповідає

НУБІП України

модель повороту, запропонована у роботі [9]. В основу її покладено підхід Ф. А. Спейка [3], згідно з яким сили, що виникають в контакті з ґрунтом, є функціями координат миттєвих центрів ковзання (МЦК) опорних майданчиків коліс ( $x, y$ )

(рис. 3):

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України



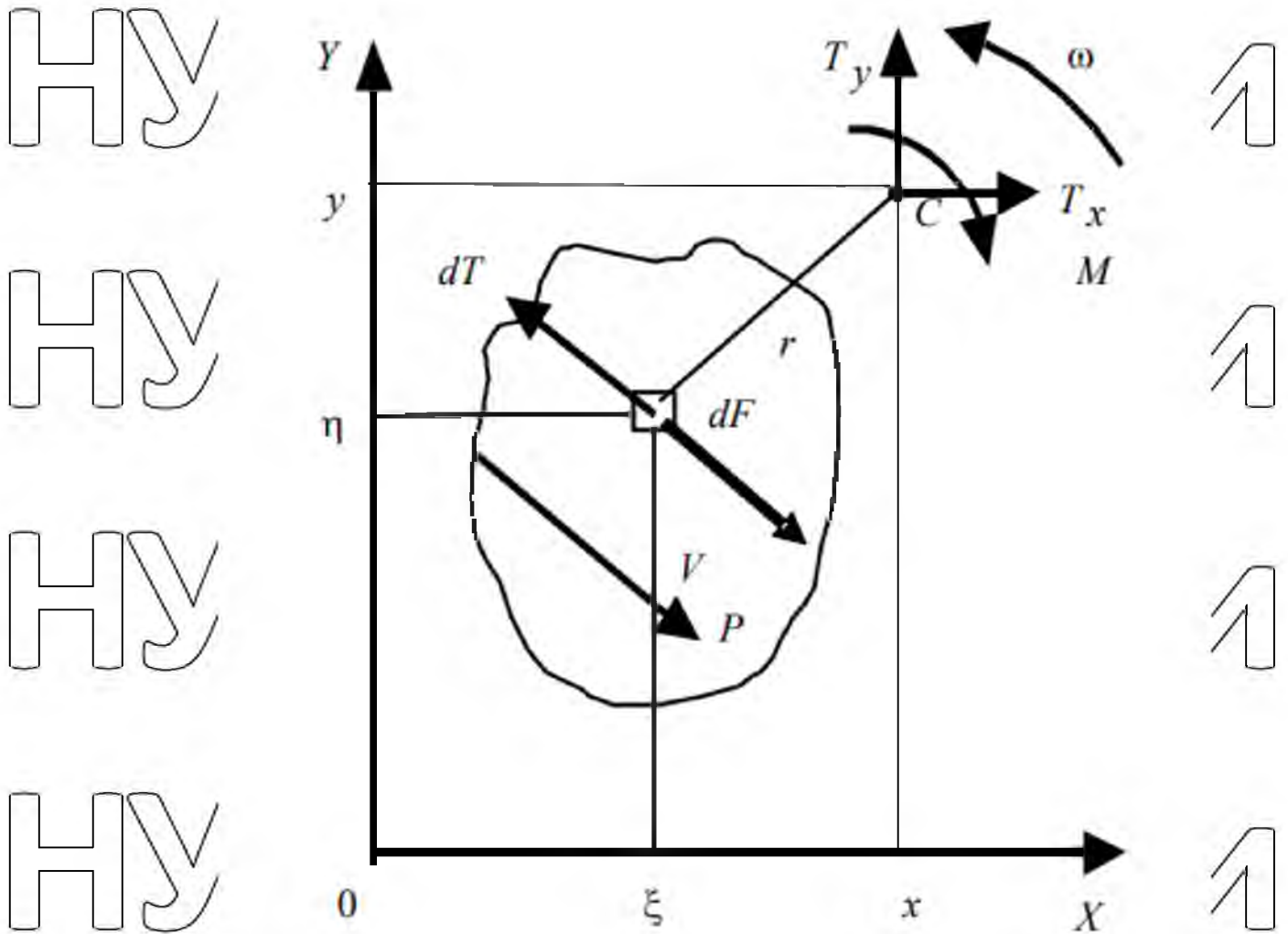


Рис. 3. Схема силової взаємодії опорного майданчика

колеса в пружині

$$M_i = \frac{P_i}{F_i} \iint \varphi \sqrt{(x_i - \xi)^2 + (y_i - \eta)^2} dF$$

$$TX_i = -\frac{P_i}{F_i} \iint \varphi \frac{y_i - \eta}{\sqrt{(x_i - \xi)^2 + (y_i - \eta)^2}} dF$$

$$TY_i = \frac{P_i}{F_i} \iint \varphi \frac{x_i - \xi}{\sqrt{(x_i - \xi)^2 + (y_i - \eta)^2}} dF$$

де  $M_i$ ,  $Tx_i$ ,  $Ty_i$  – силкові фактори  $i$ -го колеса, що наведені до миттєвого центру ковзання його майданчика;  $x_i$ ,  $y_i$  – координати центру ковзання опорного майданчика  $i$ -го колеса в рухомій системі координат, початок якої розташований

у центрі опорного майданчика колеса;  $\xi, \eta$  – координати елементарного майданчика  $dF$  у тій самій системі координат;  $F_1$  – площа контакту 1 колеса із ґрунтом, що залежить від вертикального навантаження;  $\phi$  – змінний коефіцієнт тертя, що залежить від ковзання колеса по ґрунту [5, 9]:

$$\phi = \phi_d \left( 1 + \frac{\chi}{ch \frac{k_\delta}{\lambda}} \right) \operatorname{th} \left( \frac{k_\delta}{\lambda} \right),$$

де  $k_\delta$  – ковзання в точці контакту колеса з ґрунтом [9];  $\phi_d$  – коефіцієнт тертя (зчеплення) при повному ковзанні;  $\chi, \lambda$  – характеристики взаємодії колеса із ґрунтом.

Теорема ортогональності, доведена в [6], встановлює зв'язок між

координатами центру повороту машини та МЦС опорних майданчиків коліс та

дозволяє поширити цей підхід на опис криволінійного руху колісних машин, зокрема з шарнірно-зчленованою рамою. Таким чином, силова та кінематична задачі повороту зводяться до знаходження невідомих координат МЦС коліс та

центру повороту машини. При опис руху чотирьохколісної машини (рис. 4) маємо

10 невідомих: 2 невідомі координати центру повороту ( $x_0, y_0$ ) та 8 координат МЦС ( $x_i, y_i$ , де  $i = 1..4$ ).

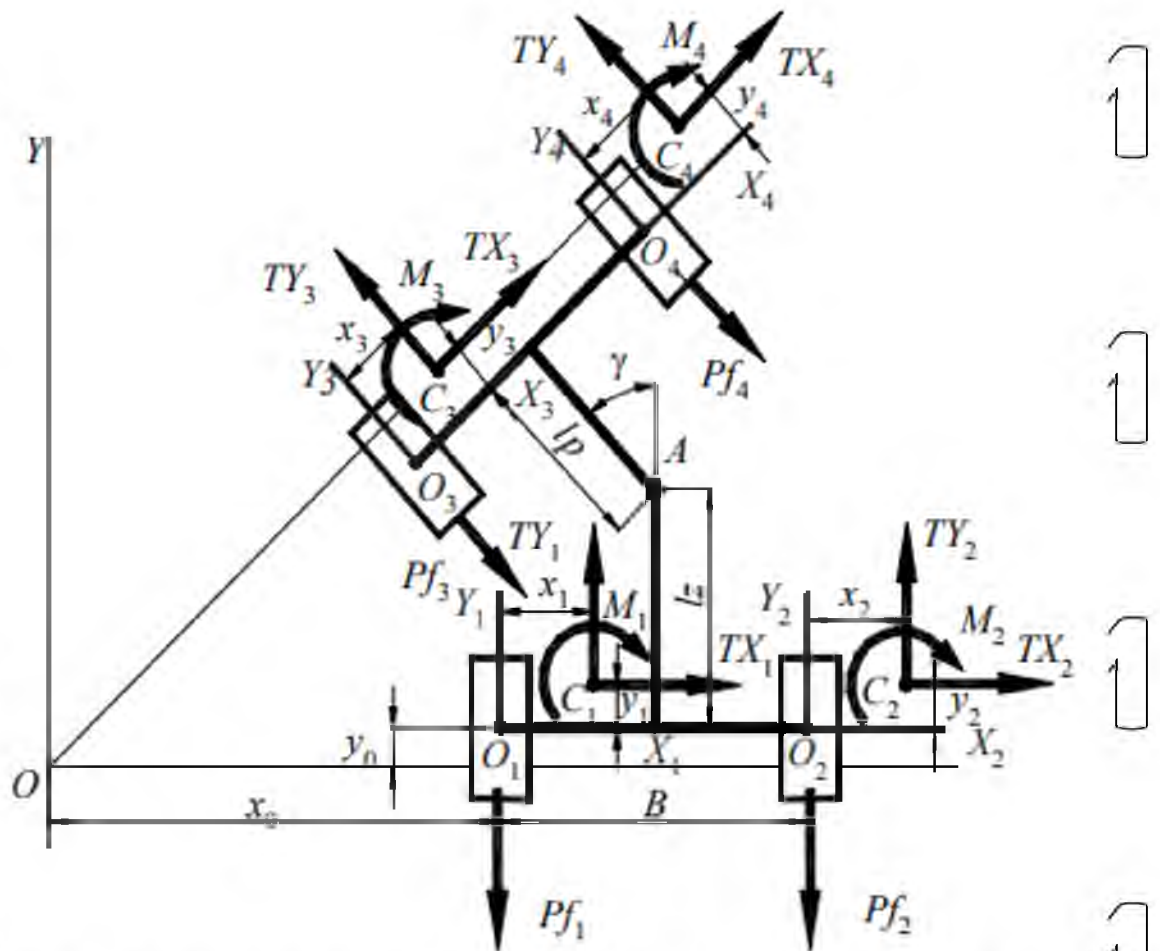


Рис. 4. Силова схема повороту машини з

шарнірно-зчленованою рамою

У рухомій системі координат із початком у центрі повороту машини система рівнянь руху (модель стаціонарного повороту) включає у собі [5, 9]:

1. Три рівняння рівноваги:

$$\sum X = 0; \sum Y = 0; \sum M_A = 0.$$

2. Чотири рівняння геометричних зв'язків, які враховують конструктивні особливості машини. Загальний вигляд цих рівнянь є рівнянням перпендикулярів, опущених з центру повороту машини на площину кочення і колеса [7, 9]:

$$x_{ci} \sin \gamma_i - y_{ci} \cos \gamma_i = 0, \quad i = 1 \dots 4,$$



де  $\gamma_i$  - Кут повороту і колеса;  $x_{ci}, y_{ci}$  - координати центрів ковзання і колеса у системі координат, пов'язаної із центром повороту машини.

3. Три рівняння кінематичних зв'язків, що відображають особливості схеми трансмісії та режим руху колеса [1, 9]. Складемо рівняння кінематичних зв'язків повнопривідного двовісного фронтального навантажувача ПК-5 з шарнірно-зчленованою рамою виробництва ЧТЗ, оснащеного гідростатичною трансмісією. Колеса провідних осей з'єднані за диференціальною схемою, яка характеризується рівністю крутних моментів:

$$\begin{cases} M_{кр1} = M_{кр2}, \\ M_{кр3} = M_{кр4}. \end{cases}$$

Для машин з однаковим радіальним навантаженням на колесах рівняння (8) перетворюється на рівняння рівності тягових зусиль. З урахуванням різних динамічних радіусів коліс іг рівняння (8) та (9) записується у вигляді

$$\begin{aligned} \text{для передньої осі} \quad r_3 T Y_3 - r_4 T Y_4 &= 0 \\ \text{для задньої осі} \quad r_1 T Y_1 - r_2 T Y_2 &= 0 \end{aligned}$$

де  $r_i$  - динамічні радіуси коліс, що залежать від вертикального навантаження.

Між провідними мостами будь-якої повнопривідної машини існує зв'язок силовий або кінематичний. За наявності міжосьового диференціалу можна записати умову пропорційності суми крутних моментів передньої та задньої осей. При бездиференціального зв'язку між осями забезпечується пропорційність суми кутових швидкостей обертання коліс передньої та задньої осей. Гідростатична трансмісія навантажувача ПК-5, за допомогою регулювання подачі рідини забезпечує другий вид зв'язку

$$k(n_1 + n_2) = n_3 + n_4,$$

де  $k$  - коефіцієнт кінематичної невідповідності (відношення сум кутових швидкостей коліс передньої осі до задніх коліс);  $n_i$  - частота обертання колеса

Різниця вертикального навантаження на колеса і як наслідок, їх радіусів викликає поперечну кінематичну невідповідність теоретичних швидкостей, рівняння (10) набуває вигляду

$$k \left( \frac{R_{c1}}{r_1} + \frac{R_{c2}}{r_2} \right) = \frac{R_{c3}}{r_3} + \frac{R_{c4}}{r_4},$$

Пропонована математична модель (5-11) підтверджена експериментально [10], дозволяє знайти усі основні характеристики повороту. Розглянемо їх з прикладу фронтального навантажувача.

Поворотливість. Як характеристики поворотності машини зазвичай вибирається мінімальне значення одного з радіусів криволінійного руху, що визначається її призначенням. Для виключення факторів, не пов'язаних з механікою повороту, оцінюватимемо поворотливість радіусом заднього внутрішнього колеса ( $R_{min}$ )

$$R_{min} = \sqrt{x_0^2 + y_0^2},$$

де  $x_0, y_0$  – координати центру опорного майданчика заднього внутрішнього колеса в рухомій системі координат, пов'язаної з центром повороту машини, одержувані безпосередньо з рішення системи рівнянь руху.

Розглянемо залежність  $R_{min}$  від положення балансиру, типу ґрунту, кута складання  $\gamma$ , наявності вантажу в ковші та значення кінематичної невідповідності  $k$ . Як ґрунт розглянуто два різні його типи:

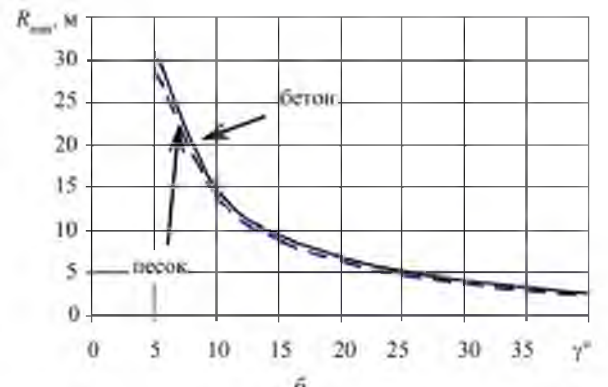
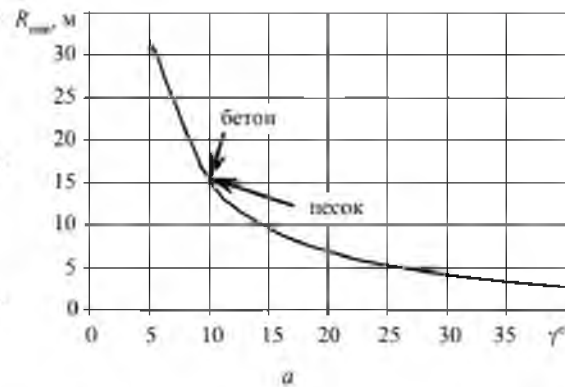
- тверде бетонне покриття (коефіцієнт зчеплення  $\phi = 0,7$ , коефіцієнт опору руху  $f = 0,06$ ),
- Пухкий сухий пісок  $\phi = 0,5, f = 0,15$ .

За відсутності вантажу в ковші навантаження на колесах практично однакові і незалежно від ґрунту дійсні радіуси повороту при всіх кутах складання візняються не більше ніж на 2 % (Табл. 1, рис. 5, а). Саме цим пояснюється той факт, що поворот зчленованих транспортних машин, де вирішувалися переважно питання кінематики, не розглядався раніше як самостійна завдання



**Таблиця 1.** Залежність  $R_{\min}$  (м) від кута складання, вантажу в ковші та типу ґрунту ( $k = 1$ , передній балансір)

$\gamma$	Груз в ковше отсутствует								Груз в ковше 5 т							
	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°
Бетон	31,8	15,3	9,7	7,0	5,3	4,1	3,3	2,7	31,1	14,9	9,5	6,8	5,2	4,1	3,3	2,6
Песок	31,6	15,2	9,7	6,9	5,2	4,1	3,3	2,7	28,9	13,9	8,9	6,4	4,8	3,8	3,0	2,4



**Рис. 5.** Залежність радіусу повороту від кута складання при різному вантажі в ковші на різних ґрунтах ( $k = 1$ , передній балансір): а – вантаж у ковші відсутній; б – вантаж у ковші 5 т

Наявність вантажу у ковші дещо змінює картину. Різниця мінімальних радіусів на бетоні і піску у разі досягає 8 %. Генер об'ємним вплив на радіус повороту кінематичної невідповідності та орієнтації балансу для навантажувача з 5 тоннами в ковші. З табл. 2 та рис. 6 видно, що зміна кінематичної невідповідності теоретичних швидкостей коліс передньої та задньої осі в широких межах при будь-якій орієнтації балансіра мало впливає величину мінімального радіуса повороту. Так наприклад, при  $k = \pm 15\%$  відхилення мінімального радіусу повороту від середнього значення не перевищує 1 % при передньому балансірі та 3,5 % – при задньому

**Таблиця 2.** Вплив кінематичної невідповідності та орієнтації балансіру на радіус повороту при різних кутах складання бетон, вантаж у ковші – 5 т)

НУ

$k$	0,85	0,9	0,95	1,0	1,05	1,1	1,15
при угле складывания $\gamma = 30^\circ$							
Передний балансир	4,00	4,02	4,04	4,06	4,07	4,09	4,10
Задний балансир	3,85	3,92	3,97	4,02	4,06	4,10	4,13
при угле складывания $\gamma = 40^\circ$							
Передний балансир	2,64	2,64	2,64	2,65	2,65	2,65	2,65
Задний балансир	2,51	2,55	2,58	2,61	2,64	2,66	2,68

НУ

НУ

НУ

НУ

НУ

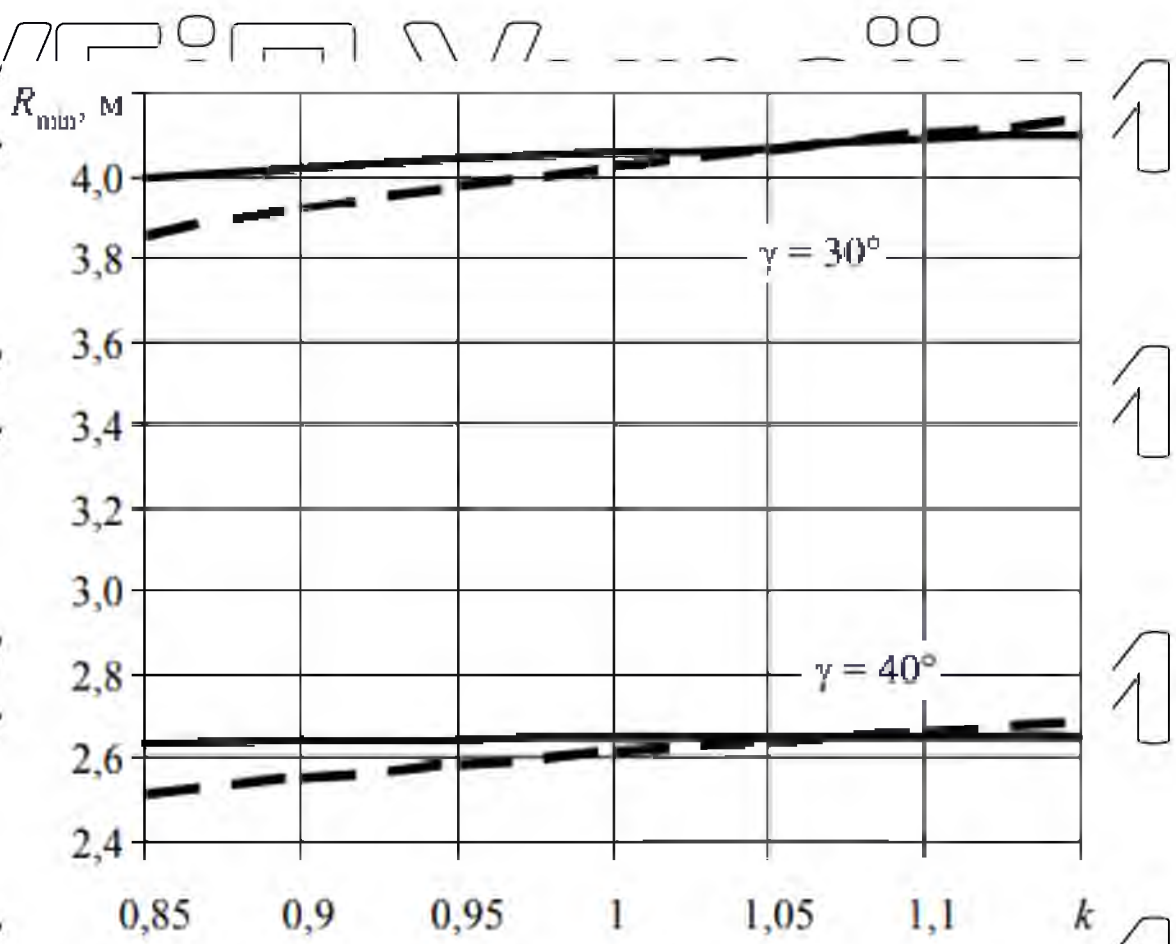


Рис. 6 Залежність радіусу повороту від кінематичного невідповідності при різних кутах складання: ----- Передній балансир; ----- Задній балансир

Таким чином, кінематична невідповідність, орієнтація шарніра та розподіл навантаження між колесами слабо впливають на поворотливість машини.

НУБІП України



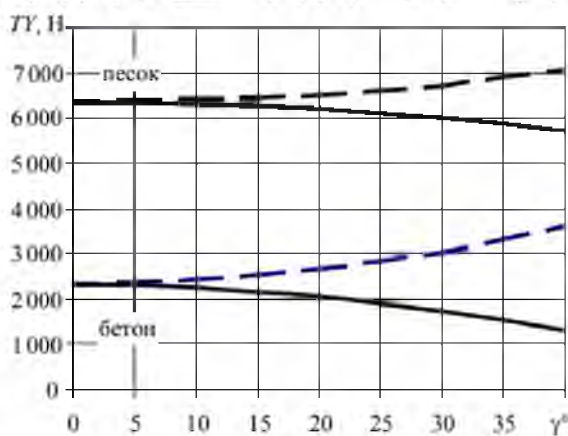
Тягові зусилля. Значення тягових зусиль провідних коліс ТУ<sub>і</sub> визначаються за формулами (4) відразу після розв'язання системи рівнянь руху. Розглянемо розподіл тягових зусиль між провідними колесами навантажувача ПК-5 (табл. 3).

Так як за відсутності вантажу у ковші вертикальні реакції на колесах практично не відрізняються, то орієнтація шарніра не відіграє ролі. За відсутності вантажу в ковші відмінності між тяговими зусиллями провідних коліс передньої та задньої осі визначається положенням шарніра складання. Наприклад, при зміщенні вертикального шарніра ближче до передньої частини у ПК-5 спостерігається невелике збільшення тягових зусиль задніх провідних коліс (рис.

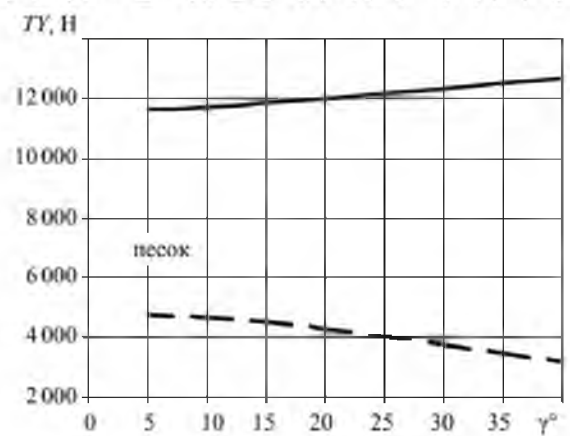
7 а). Найвність вантажу в ковші призводить до нерозподілу вагового навантаження, і провідними стають колеса найбільш навантаженої передньої осі (табл. 4). Найбільш наочно це проявляється на ґрунтах із підвищеним опором руху (рис. 7, б).

Таблиця 3. Тягові зусилля (кН) провідних коліс ПК-5 при повороті на різних ґрунтах (k = 1, передній балансир, вантажу в ковші відсутня)

Угол $\gamma$	Бетон								Песок							
	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°
Колесо 1	2,3	2,4	2,5	2,6	2,8	3,0	3,3	3,6	6,4	6,4	6,4	6,5	6,6	6,7	6,9	7,0
Колесо 2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,8	3,0	3,3	3,6	6,4	6,4	6,4	6,5	6,6	6,7	6,9	7,0
Колесо 3	2,3	2,3	2,2	2,1	1,9	1,7	1,5	1,3	6,3	6,3	6,3	6,2	6,1	6,0	5,9	5,7
Колесо 4	2,3	2,3	2,28	2,1	1,9	1,7	1,5	1,3	6,3	6,3	6,2	6,2	6,1	6,0	5,9	5,7



а



б

Рис. 7. Розподіл тягових зусиль по провідних колесах залежно від кута складання (передній балансир, k = 1): а – вантаж у ковші відсутня; б – у ковші вантаж 5 т – колеса передньої осі; - - - - колеса задньої осі

# НУБІП УКРАЇНИ

Таблиця 4. Тягові зусилля (кН) провідних коліс ПК-5 при повороті на різних ґрунтах ( $k = 1$ , передній балансір, вантаж у ковші 5 т)

Угол $\gamma$	Бетон								Песок							
	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°
Колесо 1	3,0	2,9	2,9	2,9	2,8	2,7	2,6	2,5	4,7	4,6	4,5	4,3	4,0	3,7	3,4	3,1
Колесо 2	3,0	2,9	2,9	2,9	2,8	2,7	2,6	2,4	4,7	4,6	4,4	4,2	3,9	3,7	3,4	3,0
Колесо 3	3,0	3,1	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	11,6	11,7	11,8	12,0	12,2	12,3	12,5	12,7
Колесо 4	3,1	3,1	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	11,6	11,7	11,8	12,0	12,2	12,3	12,5	12,7

Збільшення вагового навантаження передньої осі супроводжується зміною динамічних радіусів коліс і як наслідок – появою поздовжньої кінематичної невідповідності  $k$ . Розглянемо вплив кінематичної невідповідності при різній орієнтації балансіру на розподіл тягових зусиль у режимі повороту по провідних колесах ПК-5 з вантажем у ковші (табл. 5). З табл. 5 видно, що кінематична невідповідність істотно впливає формування тягових зусиль. Незалежно від орієнтації балансіру та розподілу вагового навантаження найбільші тягові зусилля розвивають ті колеса, у яких вище теоретична швидкість обертання (при  $k > 1$  – передні, а за  $k < 1$  – задні). При деяких поєднаннях кутів складання та кінематичної невідповідності режим руху коліс осі з меншою сумарною теоретичною швидкістю змінюється з ведучого на гальмівний (рис. 8).

Буксування провідних коліс. Буксування і колеса згідно [9] визначається формулою

$$\delta_i = \frac{x_i}{\sqrt{x_{ci}^2 + y_{ci}^2}}$$

Залежність буксування від кінематичного неузгодженості за різної орієнтації шарніра наведено у табл. 6

Таблиця 5. Залежність тягових зусиль коліс (кН) від кінематичної невідповідності ( $\gamma = 40^\circ$ , бетон, вантаж у ковші 5 т)

$k$	Передній балансір								Задній балансір							
	0,85	0,9	0,95	1,0	1,05	1,1	1,15	1,2	0,85	0,9	0,95	1,0	1,05	1,1	1,15	
Колесо 1	4,3	3,8	3,2	2,5	1,8	1,1	0,4	-0,4	6,6	5,6	4,6	3,6	2,6	1,6	0,6	
Колесо 2	4,2	3,7	3,1	2,4	1,8	1,1	0,4	-0,3	6,6	5,6	4,6	3,6	2,6	1,6	0,6	
Колесо 3	1,9	2,4	3,0	3,6	4,3	4,9	5,6	6,3	-0,3	0,7	1,7	2,6	3,6	4,6	5,6	
Колесо 4	1,9	2,4	3,0	3,6	4,3	4,9	5,6	6,3	-0,2	0,7	1,6	2,5	3,4	4,4	5,3	



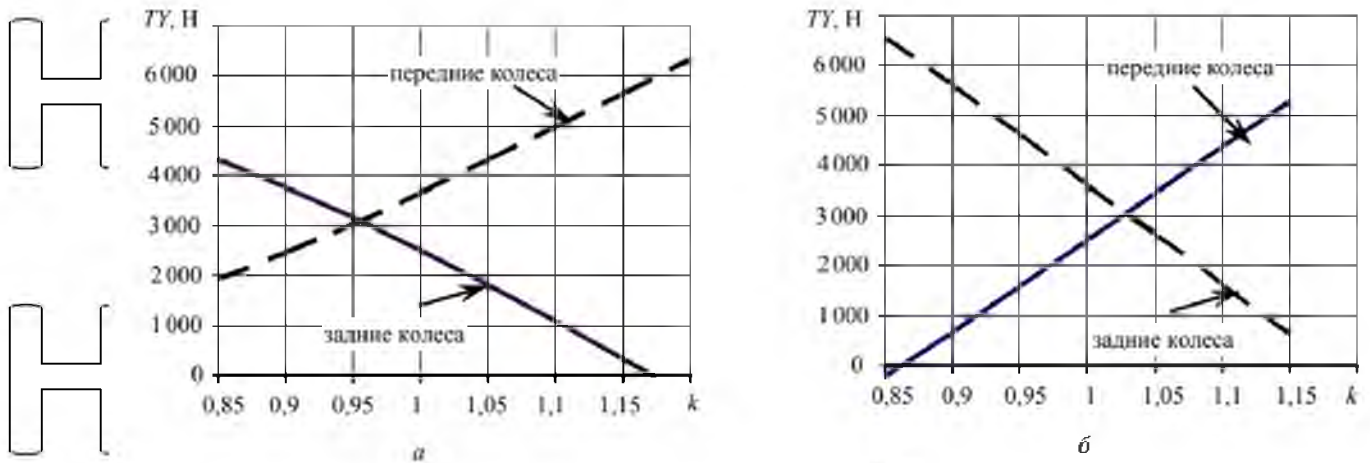


Рис. 8. Залежність тягових зусиль від кінематичної невідповідності при повороті на бетоні з вантажем у ковші 5 т: а – передній балансир; б –

задній балансир

Таблиця 6. Залежність буксування коліс (%) від кінематичної невідповідності ( $\gamma = 40^\circ$ , бетон, вантаж у ковші 5 т)

$k$	Передній балансир								Задній балансир							
	0,85	0,9	0,95	1,0	1,05	1,1	1,15	1,2	0,85	0,9	0,95	1,0	1,05	1,1	1,15	
Колесо 1	6,7	5,8	4,9	3,9	2,8	1,7	0,6	-0,5	21,6	18,1	14,7	11,4	8,2	5,0	2,0	
Колесо 2	30,8	26,0	21,2	16,4	11,7	7,0	2,4	-2,2	21,4	18,0	14,6	11,3	8,1	5,0	2,0	
Колесо 3	1,7	2,2	2,7	3,2	3,8	4,4	5,0	5,6	0,0	0,0	1,1	1,8	2,5	3,2	3,8	
Колесо 4	1,7	2,2	2,7	3,2	3,8	4,4	5,0	5,6	0,0	0,0	1,7	2,6	3,6	4,6	5,6	

З даних табл. 6 випливає, що зростання тягових зусиль у всіх випадках супроводжується зростанням буксування. Наявність вантажу в ковші призводить до зниження вертикального навантаження на задні колеса, тому реалізація ними високих тягових зусиль ( $k = 0,85$ ) супроводжується підвищеним буксуванням (30,8 %) при передньому балансірі та 21,4 % – при задньому.

**Потужність.** Потужність на повороті ( $N$ ) витрачається на самопересування машини ( $N_f$ ) та втрати на тертя коліс у контактi з ґрунтом ( $N_{тр}$ ):

$$N = N_f + N_{тр}$$

Потужність на самопересування

$$N_f = fV_{пр}G,$$

де  $G$  – вага навантажувача з урахуванням вантажу у ковші,  $V_{пр}$  – швидкість руху машини.

Потужність тертя [8]:

$$N_{\text{тр}} = \sum N_{\text{тр}i} = \omega \sum M_i, (i=1..4),$$
 де  $M_i$  – момент тертя і колеса, наведений до миттєвого центру ковзання,

Розподіл потужності тертя по провідних колесах залежно від кінематичної невідповідності та орієнтації шарніру представлений у табл.

Таблиця 7. Потужність тертя (к. с.) залежно від кінематичної невідповідності ( $\gamma = 40^\circ$ , бетон, вантаж у ковші 5 т,  $v_{\text{пр}} = 1$  м/с)

k	Передний балансир								Задний балансир							
	0,85	0,9	0,95	1,0	1,05	1,1	1,15	1,2	0,85	0,9	0,95	1,0	1,05	1,1	1,15	
Колесо 1	0,24	0,21	0,18	0,14	0,08	0,11	0,12	0,13	0,88	0,63	0,42	0,26	0,15	0,08	0,06	
Колесо 2	1,53	1,07	0,7	0,4	0,16	0,08	0,02	0,01	1,57	1,09	0,72	0,43	0,22	0,1	0,04	
Колесо 3	0,24	0,25	0,27	0,27	0,21	0,35	0,38	0,43	0,45	0,41	0,40	0,40	0,41	0,43	0,46	
Колесо 4	0,15	0,17	0,20	0,24	0,29	0,34	0,37	0,48	0,1	0,12	0,13	0,16	0,22	0,29	0,39	
Сумма	2,16	1,70	1,35	1,06	0,94	<b>0,88</b>	0,92	1,05	3,00	2,25	1,67	1,26	1,0	<b>0,91</b>	0,95	

## РОЗДІЛ 2. ЗАГАЛЬНИЙ РОЗРАХУНОК МАЛОГАБАРИТНОГО НАВАНТАЖУВАЧА

### 2.1 Вибір та розрахунок основних параметрів навантажувача

Конструктивну вагу навантажувального обладнання визначають за формулою:

$$G_0 = G_T k_0,$$

де  $G_T$  - вага машини з ковшем,  $G_T = 27075,6$  Н;

$k_0$  - коефіцієнт, що враховує вагу навантажувача,  $k_0 = 0,25 - 0,35$ ;

$$G_0 = 27075,6 \cdot 0,25 = 6768,9 \text{ Н}$$

Рациональність використання ваги базової машини та досконалість ходової частини визначають за коефіцієнтом питомої вантажопідйомності:

$$q = \frac{Q}{G_T + G_0},$$

де  $Q$  - вантажопідйомність робочого обладнання,  $Q = 4905$  Н;

$G_T$  - вага машини з ковшем;

$G_0$  - Вага навантажувального обладнання

$$q = \frac{4905}{27075,6 + 6768,9} = 0,15.$$

Тягове зусилля навантажувача з урахуванням ваги навантажувального обладнання робочої передачі визначають за тяговою характеристикою умов роботи навантажувача на горизонтальній площадці.

Тягове зусилля по двигуну приблизно визначають за формулою:

$$T_y = \frac{N_{e \max}}{v_p(1-\delta_p)} n_t - G_T f,$$

де  $N_{e \max}$  - Найбільша ефективна потужність двигуна, = 24 Квт;

$v_p$  - Робоча швидкість руху, = 9 км/год;

$n_t$  - К.п.д. підмеханічної трансмісії = 0,6 - 0,75;



$f$  - коефіцієнт опору коченню, що приймається при колісній ходовій частині  $f = 0,03 - 0,04$ ,  
 $\delta_r$  - Розрахункове буксування, при колісній ходовій частині,  $= 0,2$ .

$$T_y = \frac{24 \cdot 10^3}{2,5(1-0,2)} \cdot 0,7 - 27075,6 \cdot 0,035 = 7452,4 \text{ Н}$$

Тягове зусилля за вагою  
 $T_{cu} = G_T \cdot \varphi$ ,

де  $\varphi$  - коефіцієнт зчеплення рушія,  $= 0,6 - 0,8$ ;

$G_T$  - вага машини з ковшем;  
 $T_{cu} = 27075,6 \cdot 0,8 = 21656 \text{ Н}$ .

Швидкість підйому стріли  $v_{п.с.}$ , вибирають із розрахунку, щоб підйом вантажу був завершений на момент закінчення операції відходу навантажувача на розвантаження.

$v_{п.с.} = \frac{S_n}{S_a} \cdot v_p$ .

де  $S_n$  - довжина шляху шарніра кріплення ковша при підйомі стріли;

$S_q$  - середня довжина шляху робочого ходу навантажувача  $S_n / S_q = (0,5 - 0,6)$ .  
 Тоді середня лінійна швидкість підйому стріли.

$$v_{п.с.} = (0,5 - 0,56) \cdot 2,5 = 1,325 \text{ м/с.}$$

Швидкість опускання стріли визначають за швидкістю підйому з таким розрахунком, щоб у порожнині опускання гідроциліндрів стріли не утворювався вакуум.

$$v_{o.c.} = (1,2 - 1,3) v_{п.с.},$$

де  $v_{п.с.}$  - середня лінійна швидкість підйому стріли м/с;  
 $v_{o.c.} = (1,2 - 1,3) \cdot 1,325 = 1,59 \text{ м/с.}$

Розподіл навантажень мостами колісного навантажувача обчислюють у статичному положенні

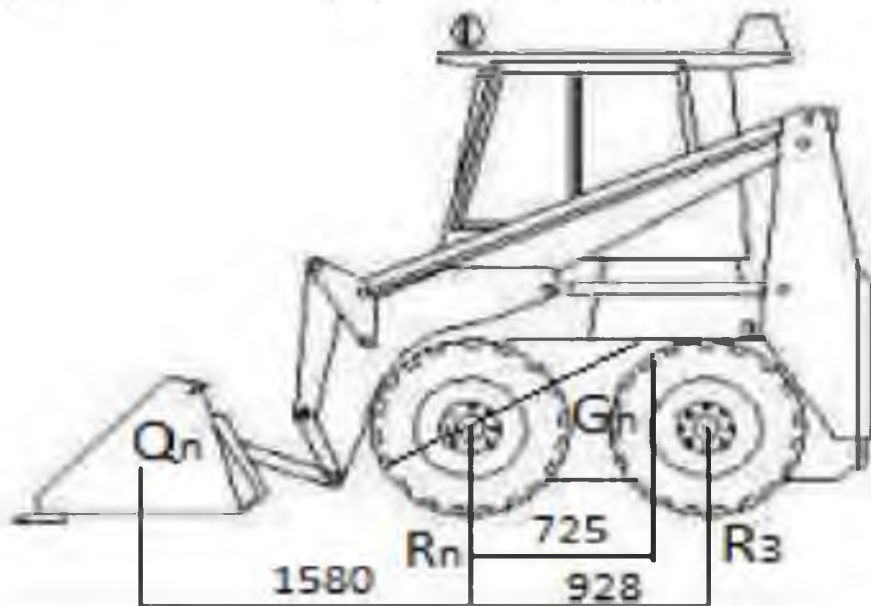


Рис. 2.1 Схема сил щодо навантажень на міст навантажувача

## 2.2 Тяговий розрахунок малогабаритного навантажувача

У процесі роботи навантажувач постійно перебуває в русі: при напірному русі на штабель матеріалу в процесі черпання, при русі до місця розвантаження ковша, при поверненні навантажувача до місця матеріалу, при транспортуванні навантажувача. У загальному випадку сумарний опір руху машини є сумою опорів:

$$\Sigma W = W_p + W_{\text{пер}} + W_{\text{пов}} + W_{\text{и}} + W_{\text{в}}$$

де  $W_p$  - робочий опір;

$W_{\text{пер}}$  - опір пересування (перевотування) рушіїв;

$W_{\text{пов}}$  - опір повороту машини;

$W_{\text{и}}$ ,  $W_{\text{в}}$  - опір ухилу місцевості, інерції під час розгону повітряного середовища.

Робочий опір залежить від параметрів робочого органу, фізико-механічних властивостей матеріалу, що розробляється, способу черпання і може бути визначено

$$W_p = b \cdot h \cdot k_p,$$

де  $b$  – ширина ковша, мм;

$h$  – товщина стружки, мм;

$k_p$  – питомий опір різання,  $\text{Н/см}^2$ .

$$W_p = 1600 \cdot 50 \cdot 15 = 12 \text{ кН.}$$

Опір пересування (перекочування) рушіїв:

$$W_{\text{пер}} = G_r \cdot (f_m \pm i),$$

де  $f_m$  – коефіцієнт опору пересування рушіїв, середнє значення якого наведено у табл.3.2 [1., с. 52];

$G_r$  – вага машини, кН.

$$W_{\text{пер}} = 27,07 \cdot (0,3 \pm 0,03) = 8,12 \text{ кН.}$$

Процес черпання матеріалу ковшем навантажувача найчастіше відбувається на горизонтальній площадці, при прямолінійному русі машини на малих швидкостях, тому опори  $W_{\text{пов}}$ ,  $W_N$ ,  $W_B$ , що мають невелику величину порівняно з основними складовими, що не враховуються.

Тоді сумарний опір пересування навантажувача в процесі черпання матеріалу ковшем навантажувача визначається

$$\Sigma W = 12 + 8,12 = 20,12 \text{ кН.}$$

Подолання опорів  $\Sigma$ , що виникають у процесі руху машини, здійснюється за рахунок окружного (тягового) зусилля  $T_k$  рушіїв машини (привідних коліс, гусениць), що передається від двигуна приводу.

Максимальне значення сили тяги лімітується або максимальним обертовим моментом, що підводиться від двигуна до рушіїв машини, або зчепленням рушіїв із поверхнею руху. А тому умова руху машини запишеться у вигляді



$T_{cu} > T_k > \Sigma W,$   
де  $T_{cu}$  – сила зчеплення двигунів машини з поверхнею;  
 $T_k$  – тягове зусилля двигунів машини;

$\Sigma$  – сума всіх опорів, що виникають під час руху машини.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

## 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ

### 5.1. Вихідні дані для економічного розрахунку

Для проведення економічного розрахунку впровадження малогабаритного трактора необхідно встановити деякі вихідні показники відносно яких будемо розраховувати ефективність.

В даному дипломному проекті пропонується переобладнати тваринницьке приміщення під безпривязне утримання ВРХ на відгодівлю. Перед господарством постало питання чи встановлювати систему видалення гною чи використовувати малогабаритний трактор.

Установки скреперні для збирання гною УС-80, УС-100 і УС-120 призначені для цілодобового забору гною великої рогатої худоби з відкритих гнойових проходів шириною від 1,6 до 4,2 метрів в корівниках довжиною відповідно 80, 100 і 120 метрів при безприв'язному боксовому і комбібоксовому змісті худоби. Роботою скрепера керує електронна система управління. Вона призначена для автоматизованого керування процесом навозоудалення. На даний час ринкова вартість скреперної установки складає 225 400 грн.

Господарством було вирішено не встановлювати скреперну установку а на основі проведеного аналізу використовувати наявний в господарстві малогабаритний трактор.

Система управління виконує функції керування електричним приводом та забезпечує роботу скрепера в автоматичному або ручному режимі, захист обладнання від примерзання до полу, механічного та електричного перевантаження, короткого замикання, перекоосу та пропадання фаз,

а також оснащена автоматичною функцією визначення кінцевих положень руху скрепера. Споживана потужність 2 кВт/год.



Рис. 5.1. Скрепера установка для видалення гною ТДВ Брацлав

Ринкова вартість представленого на рис малогабаритного трактора складає 500 000 – 800 000 грн в залежності від технічного стану та наробітку.





# НУБІП України

Витрата налива мінінавантажувачем в межах 10 – 12 л/год в залежності від навантаження.

Приймаємо капіталовкладення:

# НУБІП України

Перший варіант скреперна установка – 225 400 грн

Другий варіант мінінавантажувач – 600 000 грн

Прямі експлуатаційні витрати визначаємо за формулою:

# НУБІП України

$$B = Z + P + \Pi$$

Де: Z – заробітна плата обслуговуючого персоналу, грн

P – витрати на ремонт і планове технічне обслуговування, грн

$\Pi$  – витрати паливомасильних та енергетичних ресурсів, грн

# НУБІП України

Заробітна плата обслуговуючого персоналу в господарстві становить 40 грн/год.

Річна заробітна плата

# НУБІП України

Зазвичай скреперна установка працює із швидкістю 4 м/хв тому час її роботи за добу складає 5-6 год

Перший варіант  $Z = 365 * 5 * 40 = 73000$  грн/рік

Мінінавантажувач два рази в день перед початком доїння робить очищення.

# НУБІП України

Загальний час складає 2 год.

Другий варіант  $Z = 365 * 2 * 40 = 29200$  грн/рік

# НУБІП України

Витрати на ремонт та планове технічне обслуговування приймають в середньому 5% від балансової вартості обладнання.

Перший варіант  $P = 5\% B_b = 225\,400 * 5\% = 11\,270$  грн/рік

Другий варіант  $P = 600\,000 * 5\% = 30\,000$  грн/рік

Витрати енергетичних ресурсів визначаємо за формулою

Перший варіант  $\Pi = 365 * 5 * E_B$

Де  $E_B$  – вартість 1 кВт/год електроенергії. Для господарства становить 4 грн/кВт.

$\Pi = 365 * 5 * 4 = 7300$  грн/рік

Другий варіант  $\Pi = 365 * 2 * E_{II}$

Де  $E_{II}$  – вартість дизельного палива, грн. Вартість дизельного палива за ринковими цінами становить 22 грн для господарства. Витрата палива для мінівантажувачів складає 2,5 -3 л/год.

$\Pi = 365 * 2 * 22 * 2,8 = 44\,968$  грн

Прямі експлуатаційні витрати складуть:

Перший варіант  $V = 73000 + 11270 + 7300 = 91570$  грн

Другий варіант  $V = 29200 + 30000 + 44968 = 104\,148$  грн

Загальний об'єм виконаної роботи по утилізації гною

$$V = g * n$$

де  $g$  – Середньодобовий вихід екскрементів від однієї голови, кг. Приймаємо 30 кг.

$N$  – кількість корів на фермі, гол

$V = 30 * 100 * 365 = 1095$  т/рік

Економія впровадження мінінавантажувача ґрунтується на економії робочої сили людини,

# НУБІП України

**Таблиця 4.1 - Економічна ефективність розробки**

Показники	Варіант	
	Базовий	Розроблюваний
Капітальні вкладення, грн.	225 400	400 000
Прямі експлуатаційні витрати, грн/рік	91 000	104 000
Загальний об'єм виконаної роботи, т	1095	1095
Річний економічний ефект, грн./рік		273960
Термін окупності, років		1,84

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України



## ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ

У цьому дипломному проєкті розраховується універсальний малогабаритний навантажувач ПУМ-500. Метою проєкту є заміна гідростатичної трансмісії навантажувача на електромеханічну з метою спрощення конструкції, спрощення річного обслуговування та зниження витрат на річне обслуговування, актуальності переходу на електротягу.

Одноковшові універсальні навантажувачі є самохідними машинами, робочі органи яких діють з великими зусиллями та швидкостями.

Вони є також вантажопідйомними машинами і у зв'язку з цим становлять певну небезпеку для обслуговуючого персоналу та оточуючих. Тому при роботі на навантажувачах, при їх обслуговуванні, а також при завантаженні транспортних засобів машиністи та інші особи, що працюють поблизу навантажувачів, повинні суворо дотримуватись правил, що забезпечують безпеку людей та безпеку машин, за недотримання правил безпеки передбачено штраф.

При вантажно-розвантажувальних та транспортних роботах необхідно дотримуватись будівельних норм і правил:

- СНіП РК II-90. «Техніка безпеки у будівництві»

– «Загальні правила техніки безпеки та виробничої санітарії для підприємств промисловості будівельних матеріалів»

– «Правила техніки безпеки та виробничої санітарії на заводах та заводських полігонах залізобетонних виробів»

– «Правила з техніки безпеки та виробничої санітарії при погрузочно-разгрузочних роботах на залізничному транспорті»

– «Правила техніки безпеки для підприємств автомобільного транспорту»

– «Правила руху вулицями та дорогами».

Основними небезпечними та шкідливими виробничими факторами для оператора навантажувача за ГОСТ 12.0.003 «ССБТ. Небезпечні та шкідливі виробничі фактори. Класифікація» є:

– транспортні засоби, що рухаються;

– підвищена загазованість та запиленість повітря робочої зони;

- Підвищена або знижена температура повітря робочої зони;

– підвищені рівні шуму та вібрації на робочому місці водія;

- Підвищена або знижена вологість повітря робочої зони;

- Пряма і відбита блискітність, недостатня освітленість;

– токсичні дії палива, парів електроліту;

– високий гідравлічний тиск у системі подачі палива в циліндри у

дизельних двигунів, у гідравлічних системах приводів;

– обертові елементи рухової установки та трансмісії;

- Висока температура рідини в системі охолодження двигуна;

– підвищений тиск у шинах коліс у поєднанні з несправністю замкового пристрою обода колеса;

– пожежонебезпека внаслідок несправності у системі живлення двигуна;

- Втрата стійкості.

У разі виникнення несправностей навантажувача (відмова гальма, рульового управління і т. п., сторонні шум або стукіт (у роботі навантажувача), водій зобов'язаний припинити роботу, повідомити особу, відповідальну за безпечну виконання робіт, або механіка.

При нещасному випадку водій зобов'язаний припинити роботу, повідомити адміністрацію підприємства.

Конструкція навантажувача передбачає стійку роботу на схилах, не менше 5 % та подолання підйому (спуску) на твердому ґрунті не менше 20 %; Конструкція навантажувача забезпечує захист оператора при перекиданні (ROPS) відповідно до ДСТУ ISO 3471 та від падаючих предметів (FOPS) відповідно до ГОСТ 27719.

Сидіння навантажувача з ROPS та FOPS забезпечені місцями кріплення ременів безпеки.

Кут повороту (люфт) кермового колеса до початку дії основної гідравлічної системи керування пересуванням навантажувача – не більше ніж 25°. Максимальний кут повороту навантажувача "з краю в край" досягається не більше ніж за шість обертів кермового колеса.

Навантажувач зі швидкістю до 25 км/год забезпечений, як мінімум, робочою та стоянковою гальмівними системами. Ці системи взаємно незалежні: при несправності однієї з них гальма повинні діяти як мінімум на один міст (один борт) машини.

Навантажувач забезпечений опломбованим запобіжним клапаном гідросистемі, що оберігає механізми при перевантаженні, що відповідає 1,2-1,4 від номінальної вантажопідйомності.

Також навантажувач обладнаний:

– огорожами над головою водія;

- надійними гальмами, що забезпечують гальмівний шлях при швидкості руху 10 км/год трохи більше 2,5 м;

- глушником з іскрогасником;

– дзеркалом заднього виду;

– склоочисником;

– звуковим сигналом;



## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Телескопічні навантажувачі в сільському господарстві Детальніше:  
<https://bf-logistic.com.ua/ua/a433685-teleskopicheskie-pogruzchiki-selskom.html>
2. В тренде минимизация, или Как выбрать надежного мини-помощника  
<https://agroportal.ua/ru/publishing/lichnyi-vzglyad/v-trende-minimizatsiya>
3. FARMING <https://www.multione.com/farming/>
4. Mini Loaders – The Ideal Farming Machine in 2022  
<https://www.growingmagazine.com/mini-loaders-the-ideal-farming-machine/>
5. Почему MultiOne? Основные преимущества мини-погрузчиков.  
<https://agro-sintez.com.ua/2019/02/27/pochemu-multione-osnovnye-preimuschestva-mini-pohruzchikov/>
6. Харитонов Д. Сила в малом. Универсальные погрузчики в мини-версии. Агротехника и технологии. 2019. Режим доступа:  
<https://www.agroinvestor.ru/tech/article/32056-sila-v-malom/>
7. B. Maclaurin, “A skid steering model using the magic formula,” *Journal of Terramechanics*, vol. 48, no. 4, pp. 247–263, 2011.
8. B. Maclaurin, “A skid steering model with track pad flexibility,” *Journal of Terramechanics*, vol. 44, no. 1, pp. 95–110, 2007.
9. M. Clarke and T. Blanchard, “Development of a control system for a Skid-Steer amphibious vehicle,” in *Proceedings of the 11th Towards Autonomous Robotic Systems (TAROS '10)*, pp. 41–46, Plymouth, UK, September 2010.
10. H. Gao, J. Guo, L. Ding et al., “Longitudinal skid model for wheels of planetary exploration rovers based on terramechanics,” *Journal of Terramechanics*, vol. 50, no. 5-6, pp. 327–343, 2013.
11. S. Al-Milli, L. D. Seneviratne, and K. Althoefer, “Track-terrain modelling and traversability prediction for tracked vehicles on soft terrain,” *Journal of Terramechanics*, vol. 47, no. 3, pp. 151–160, 2010.

12. J. Morales, J. L. Martínez, A. Mandow, A. J. García-Cerezo, and S. Pedraza, "Power consumption modeling of skid-steer tracked mobile robots on rigid terrain," *IEEE Transactions on Robotics*, vol. 25, no. 5, pp. 1098–1108, 2009.

13. J. Yi, H. Wang, J. Zhang, D. Song, S. Jayasuriya, and J. Liu, "Kinematic modeling and analysis of skid-steered mobile robots with applications to low-cost inertial-measurement-unit-based motion estimation," *IEEE Transactions on Robotics*, vol. 25, no. 5, pp. 1087–1097, 2009.

14. L. Yang, B. Ma, H.-Y. Li, and B.-R. Chen, "Simulation of steering characteristic for hydrostatic drive tracked vehicle," *Acta Armamentarii*, vol. 31, no. 6, pp. 663–668, 2010.

15. Y. Wong and C. F. Chiang, "A general theory for skid steering of tracked vehicles on firm ground," *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*, vol. 215, no. 3, pp. 343–355, 2001.

16. J. Y. Wong, "Development of high-mobility tracked vehicles for over-snow operations," *Journal of Terramechanics*, vol. 46, no. 4, pp. 141–155, 2009.

17. J. Y. Wong, *Theory of Ground Vehicles*, John Wiley & Sons, Hoboken, NJ, USA, 3rd edition, 2001.

18. J. Y. Wong, *The Theory of Ground Vehicles*, John Wiley & Sons, 1981.

19. E. Mohammadpour, M. Naraghi, and M. Gudarzi, "Posture stabilization of skid steer wheeled mobile robots," in *Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics, Automation and Mechatronics (RAM '10)*, pp. 163–169, Singapore, June 2010.

20. D. E. Pebrian and A. Yahya, "Comparisons on engine power requirements of 6WD and 4WD prime movers for the oil palm plantation in Malaysia," *Journal of Terramechanics*, vol. 47, no. 3, pp. 131–142, 2010.

21. J. Wang, N. Wang, Z. Wang, Y. Zhang, and L. Liu, "Determination of the minimum sample size for the transmission load of a wheel loader based on multi-

criteria decision-making technology,” *Journal of Terramechanics*, vol. 49, no. 3-4, pp. 147–160, 2012.

22. H. Taghavifar and A. Mardani, “Investigating the effect of velocity, inflation pressure, and vertical load on rolling resistance of a radial ply tire,” *Journal of Terramechanics*, vol. 50, no. 2, pp. 99–106, 2013.

23. Aquilera-Marinovic S., Torres-Torriti M., Auat-Cheein F. General dynamic model for skid-steer mobile manipulator with wheel-ground interactions. *IEEE-ASME Transactions on Mechatronics*, vol. 22, 2017, pp. 433-444.

24. Dabrowska A., Jaskolowski M., Konopka S., Prybysz M. Stability research of lightweight sixwheeled ground vehicles. *Proceedings of “Intelligent Technologies in Logistics and Mechatronics*

25. *Systems-ITELMS 2015”*, May 21-22, 2015, Panevezys, Lithuania, pp. 83-89.

26. Ren F., Liu XH., Chen JS., Zeng P., Jia XF. Analysis of Skid Steer Loader Steering

27. Characteristic. *Advances in Mechanical Engineering*, vol. 7, 2015, 9 pages.

28. Rubenstone J. Kubota introduces skid steer to fill out compact equipment line. *ENR (Engineering News-Record)*, vol. 274, 2015.

29. Yengst CR. A lot of questions about growth prospects in skid-steer loader markets. *Diesel Progress North American Edition*, vol. 68, 2002, p. 4.

30. Mercer M. Multiple control options for newest Hydra-Mac skid-steer loader. *Diesel Progress North American Edition*, vol. 63, 1997, pp. 26-26.

31. Dveges R., Durovsky F., Fedak V. Skid steering of robotic vehicle for autonomous applications. *Proceedings of 20th International Conference on “Electrical Drives and Power Electronics”*, September 24-26, 2019, pp. 335-341.

32. Gelati R., Reina G. Terrain awareness using a tracked skid-steering vehicle with passive independent suspensions. *Frontiers Robotics AI*, vol. 6, 2019.

33. Zhang J., Chen S. Modelling and study of active vibration control for off-road vehicle. *Vehicle System Dynamics*, vol. 52, 2014, pp. 581-607.



34. Lopatka M.J., Muszynski T. Determining of drivetrain system skid steer 6x6 wheeled robot load. Proceedings of 30th International Symposium on "Automation and Robotics in Construction and Mining", August 11-13, 2013, Montreal, Canada.

35. Khomichev A., Volkov A. Chassis design of skid steer loaders. Proceedings of International Conference on "Modern Trends in Manufacturing Technologies", September 9-13, 2019, Sevastopol, Russian Federation.

36. Fomin O., Gerlici J., Lovksa A., Kravchenko K., Potapenko P., Fomina A., Hauser V. Durability determination of the bearing structure of an open freight wagon body made of round pipes during its transportation on the railway ferry. Communications – Scientific Letters of the University of Zilina, vol. 21, 2019, 28-34.

37. Stastniak P., Moravcik M., Baran P., Smetanka L. Computer aided structural analysis of newly developed railway bogie frame. MATEC Web of Conference, vol. 157.

38. Lack T., Gerlici J. The assessment of the integration methods for the rail vehicle ride dynamics solution. MATEC Web of Conferences, vol. 157.

39. Lack T., Gerlici J. Integration methods for rail vehicle ride dynamics solution assessment.

40. Proceedings of "23rd Conference: Current Problems On Rail Vehicles 2017", September 20-22, 2017, Ceska Trebova, Czech Republic.

41. Hauser V., Nozhenko O., Kravchenko K., Loulova M., Gerlici J., Lack T. Impact of three axle boxes bogie to the tram behavior when passing curved track. Procedia Engineering, vol. 192, 2017, pp. 295-300.

42. Gerlici J., Sakhno V., Yefymenko A., Verbitskii V., Kravchenko A., Kravchenko K. The stability analysis of two-wheeled vehicle model. MATEC Web of Conferences, vol. 157.

43. Aquilera-Marinovic S., Torres-Torriti M, Auat-Cheein F. General dynamic model for skid-steer mobile manipulator with wheel-ground interactions. IEEE-ASME Transactions on Mechatronics, vol. 22, 2017, pp. 433-444.

44. Dabrowska A., Jaskolowski M., Konopka S., Prybysz M. Stability research of lightweight sixwheeled ground vehicles. Proceedings of "Intelligent Technologies in Logistics and Mechatronics Systems-ITELMS 2015", May 21-22, 2015, Panevezys, Lithuania, pp. 83-89.

45. Ren F., Liu XH., Chen JS., Zeng P., Jia XF. Analysis of Skid Steer Loader Steering Characteristic. Advances in Mechanical Engineering, vol. 7, 2015, 9 pages.

46. Rubenstone J. Kubota introduces skid steer to fill out compact equipment line. ENR (Engineering News-Record), vol. 274, 2015.

47. Yengst CR. A lot of questions about growth prospects in skid-steer loader markets. Diesel Progress North American Edition, vol. 68, 2002, p. 4.

48. Mercer M. Multiple control options for newest Hydra-Mac skid-steer loader. Diesel Progress North American Edition, vol. 63, 1997, pp. 26-26.

49. Dveges R., Durovsky F., Fedak V. Skid steering of robotic vehicle for autonomous applications. Proceedings of 20th International Conference on "Electrical Drives and Power Electronics", September 24-26, 2019, pp. 335-341.

50. Gelati R., Reina G. Terrain awareness using a tracked skid-steering vehicle with passive independent suspensions. Frontiers Robotics AI, vol. 6, 2019.

51. Zhang L., Chen S. Modelling and study of active vibration control for off-road vehicle. Vehicle System Dynamics, vol. 52, 2014, pp. 581-607.

52. Lopatka M.J., Muszynski T. Determining of drivetrain system skid steer 6x6 wheeled robot load. Proceedings of 30th International Symposium on "Automation and Robotics in Construction and Mining", August 11-13, 2013, Montreal, Canada.

53. Khomichev A., Volkov A. Chassis design of skid steer loaders. Proceedings of International Conference on "Modern Trends in Manufacturing Technologies", September 9-13, 2019, Sevastopol, Russian Federation.

54. Fomin O., Gerlici J., Lovksa A., Kravchenko K., Potapenko P., Fomina A., Nauser V. Durability determination of the bearing structure of an open freight

wagon body made of round pipes during its transportation on the railway ferry.

Communications – Scientific Letters of the University of Zilina, vol. 21, 2019, 28-34.

55. Stastniak P., Moravcik M., Baran R., Smetanka L. Computer aided structural analysis of newly developed railway bogie frame. MATEC Web of Conference, vol. 157.

56. Lack T., Gerlici J. The assessment of the integration methods for the rail vehicle ride dynamics solution. MATEC Web of Conferences, vol. 157.

57. Lack T., Gerlici J. Integration methods for rail vehicle ride dynamics solution assessment. Proceedings of “23rd Conference: Current Problems in Rail Vehicles 2017”, September 20-22, 2017, Ceska Trebova, Czech Republic.

58. Hauser V., Nozhenko O., Kravchenko K., Loulova M., Gerlici J., Lack T. Impact of three axle boxes bogie to the tram behavior when passing curved track. Procedia Engineering, vol. 192, 2017, pp. 295-300.

59. Gerlici J., Sakhno V., Yefymenko A., Verbitskii V., Kravchenko A., Kravchenko K. The stability analysis of two-wheeled vehicle model. MATEC Web of Conferences, vol. 157.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України