

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

ФАКУЛЬТЕТ КОНСТРУЮВАННЯ ТА ДИЗАЙНУ

**Кафедра технічного сервісу та інженерного менеджменту
імені М.П.Момотенка**

УДК 631.333.6

ПОГОДЖЕНО

Декан факультету конструювання
та дизайну

к.т.н., доцент

_____ **Ружи́ло З.В.**

“ ___ ” _____ 2024 р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри технічного сервісу

та інженерного менеджменту

імені М.П.Момотенка

_____ **Роговський І.Л.**

“ ___ ” _____ 2024 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**на тему: «УДОСКОНАЛЕННЯ РЕМОНТУ ПРИЧЕПНОГО СКЛАДУ
ТРАКТОРІВ»**

Спеціальність – 133 галузеве машинобудування

Освітня програма – «технічний сервіс машин та обладнання сільськогосподарського виробництва»

Орієнтація освітньої програми – освітньо-професійна

Гарант освітньої програми:

Кандидат технічних наук, д.т.н., проф. _____
«підпис»

Ружи́ло З.В.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

к.т.н., доцент

«підпис»

Іщенко В.В.

Виконав

«підпис»

Холявко С.М.

Київ – 2024

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

ФАКУЛЬТЕТ КОНСТРУЮВАННЯ ТА ДИЗАЙНУ
Кафедра технічного сервісу та інженерного менеджменту
імені М.П.Момотенка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри технічного сервісу та
інженерного менеджменту
імені М.П.Момотенка,

І.Л.Роговський

“ ___ ” _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

Холявку Сергію Миколайовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність – 133 галузеве машинобудування

Освітня програма – «технічний сервіс машин та обладнання сільськогоспо-дарського виробництва»

Орієнтація освітньої програми – освітньо-професійна

Тема магістерської кваліфікаційної роботи: «УДОСКОНАЛЕННЯ РЕМОНТУ ПРИЧЕПНОГО СКЛАДУ ТРАКТОРІВ».

затвержені наказом ректора НУБіП України від «29» грудня 2023 року №2401 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру: 10.11.2024 р.

Вихідні дані до роботи:

Науково-технічна література; результати науково-дослідних робіт для теоретичного та експериментального обґрунтування раціональних параметрів авто-тракторних поїздів сільськогосподарського призначення.

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Стан питання і завдання дослідження застосування авто-тракторних поїздів сільськогосподарського призначення
2. Теоретичні передумови обґрунтування структури та складу показників техніко-експлуатаційних властивостей причіпного складу тракторного транспорту
3. Програма та методика вибору раціональних параметрів причепів сільськогосподарського призначення
4. Результати експериментальних досліджень методів підвищення надійності тракторних причепів
5. Рекомендації підвищення технічно-економічного рівня причіпного складу

Дата видачі завдання 18.09.2023 р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи _____ В.В. Іщенко
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання _____ С.М. Холявко

(підпис)

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Магістерська робота містить розрахунок і пояснення на 83 сторінках машинописного тексту.

Ключові слова: моделі, напівпричепи, напівпричепи, тракторний транспортний склад, параметри процесу, ефективність, конструкція, зусилля, класифікація, система, математичний аналіз, експерименти, прибуток.

Проведено теоретичну та експериментальну демонстрацію методики визначення раціональних параметрів напівпричепів.

У ході теоретичних досліджень отримано теоретичне та експериментальне підтвердження методики проектування та вдосконалення напівпричепів.

Для розрахунку довговічності основних вузлів транспортного засобу при нерівномірній експлуатації розроблено методику, що враховує характеристики руйнівних пошкоджень під час експлуатації;

Експериментальні дослідження проводились шляхом лабораторних і дорожніх випробувань дорожніх тягачів і напівпричепів, а також стендових випробувань основних елементів конструкції тензометричним методом визначення напружено-деформованого стану.

ЗМІСТ

	ст.
ВСТУП.....	6
1. СТАН ПРОБЛЕМИ ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ ПЕРЕВЕЗЕНЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИМИ ТРАКТОРАМИ.....	9
1.1 Класифікація та розмір сільськогосподарських податків.....	9
1.2 Особливості транспортування сільськогосподарськими тракторами	10
1.3. 1.3.....	12
1.3.1. Класифікація сільськогосподарських електричних машин	12
1.3.2. Тенденції розвитку сільськогосподарських колісних тракторів.....	13
1.4. Наукові дослідження в галузі тракторного транспорту.....	16
2. СКЛАД ТА СТРУКТУРА ПОКАЗНИКІВ ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТРАКТОРІВ.....	19
2.1. Визначити умови роботи тягача	19
2.1.1. Методика визначення класифікації умов експлуатації.....	19
2.1.2.Класифікація умов руху на основі дорожніх умов.....	23
2.2. Показники ефективності тракторної тяги в агропромисловому виробництві.....	24
3. НАУКОВІ ОСНОВИ ВИБОРУ ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ОПАДІВ	29
3.1. Метод відбору масового параметра	29
3.1.1. Обмеження ваги залежно від умов експлуатації на дорозі.....	29
3.1.2. Визначення масових показників.....	33
4.РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬПри розробці автоматизованих та експериментальних методів підвищення надійності конвеєрних стрічок.....	38
4.1. Об'єкт дослідження	38
4.1.1. Аналіз конструктивних особливостей осі причепа	38
4.1.2. Конструктивно-технологічні фактори, що впливають на міцність буксових балок	43
4.1.3. Надійність осі в експлуатації	44

4.1.4. Фактори праці та методи їх оцінки	47
4.2. Визначення напружено-деформованого стану балки	51
4.2.1. Вибір схеми оформлення.....	52
4.2.2. Результати розрахунку.....	55
4.3. Результати експерименту по напрузі	58
4.3.1. Визначення статичного навантаження.....	58
4.4. Процедури стендових випробувань	61
4.4.1. Результати тестування	63
4.4.2. Регулювання напруги при стендових випробуваннях.	64
5. ПІДВИЩЕННЯ ТЕХНІЧНОГО РІВНЯ ЦІН.....	67
5.1. Зменшити споживання металу	67
5.2. Поліпшення прохідності.....	69
5.3. Роботоздатність системи	78
ВИСНОВКИ.....	80
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	82

ВСТУП

Тракторний транспорт широко використовується в різних галузях народного господарства країни. Проте тракторний транспорт більш популярний у сільському господарстві.

Транспорт є ключовим елементом інфраструктури сільськогосподарського виробництва. Транспортування, вантажно-розвантажувальні роботи становлять 40% загальних затрат праці сільськогосподарського виробництва. За різними даними, на транспортну діяльність припадає 14% загальної вартості сільськогосподарського виробництва. Стійке та ефективне управління транспортними послугами Сільське господарство є передумовою для реалізації більшості процесів сільськогосподарського виробництва та важливим фактором для їх вдосконалення.

Зміцнення сільськогосподарського виробництва супроводжується збільшенням обсягів перевезень сільськогосподарської продукції.

Як у нашій країні, так і за кордоном перевезення сільськогосподарської продукції здійснюються автомобільним транспортом і тракторами.

Автомобільний транспорт використовується для транспортування сільськогосподарської продукції автомобільними дорогами загального користування при вивезенні сільськогосподарської продукції з місць виробництва на склади та переробні підприємства. У нашій країні автомобільний транспорт часто використовується для внутрішньо сільськогосподарських перевезень, у тому числі для вивезення продукції безпосередньо з поля до комбайна.

У зарубіжних країнах, де розвинене сільськогосподарське виробництво (країни Європи, країни Північної Америки), автомобільний транспорт для перевезень сільськогосподарської продукції, пов'язаних з виїздами, практично не використовується. Основним транспортним засобом сільського господарства в цих країнах є трактор, оскільки негативний вплив на ґрунт значно менший.

Поширенню тракторного транспорту в нашій країні сприяє його відмінна пропускна здатність і низька залежність від погодних факторів.

Кількість типів тракторів перевищує кількість навісних типів тракторів. Це пов'язано з великою кількістю різних вантажів, що перевозяться, різними умовами експлуатації при транспортуванні тракторів та іншими факторами. Перед вітчизняними виробниками напівпричепів стоїть складне завдання розвитку цих транспортних засобів та адаптації їх технічного рівня до сучасних потреб галузі, в якій використовуються напівпричепа.

Концептуальний підхід до розвитку транспортних засобів у сучасних умовах полягає в максимальному покращенні техніко-економічних показників, забезпеченні оптимального асортименту з точки зору ресурсних та економічних обмежень, оптимізації параметрів, пов'язаних з основними технологічними процесами транспортних засобів.

Створення напівпричепів, що відповідають сучасним вимогам сільськогосподарського виробництва, вимагає розробки загальної концепції напівпричепів і теоретичних основ обґрунтування основних техніко-експлуатаційних показників, принципів конструкції, методів випробувань і розрахунків.

Щоб вирішити ці проблеми, насамперед потрібна нормативна база для напівпричепів. Розробка цієї нормативної бази є одним із основних завдань і висновків даного дослідження.

Тому актуальність даної роботи полягає в розробці ряду науково-технічних завдань, спрямованих на створення напівпричепів, що відповідають сучасним вимогам, з метою забезпечення їх конкурентоспроможності на світовому ринку.

Метою даного дослідження є підвищення ефективності сільськогосподарських перевезень шляхом розробки та вдосконалення конструкцій напівпричепів, що забезпечують оптимальні техніко-експлуатаційні характеристики напівпричепів.

Для досягнення вищезазначених завдань були визначені наступні основні завдання дослідження

- Аналіз умов експлуатації напівпричепів, демонстрація їх класифікації та вибір типових режимів роботи в сільськогосподарському виробництві;
- Демонстрація та розробка системи відображення техніко-

експлуатаційних характеристик напівпричепів;

- теоретична та експериментальна демонстрація методів визначення раціональних параметрів напівпричепів;

- Комп'ютерна та експериментальна демонстрація методів конструювання та вдосконалення напівпричепів;

- Розробка методики розрахунку довговічності основних вузлів транспортних засобів, що працюють в умовах нерівномірного навантаження, з урахуванням деструктивних особливостей пошкодження в процесі експлуатації;

- розробка нормативної бази для напівпричепів, включаючи раціональне укрупнення та нові проектні плани для підвищення технічного рівня.

Предметом дослідження є комплексна система техніко-експлуатаційних характеристик причіпного тракторного транспорту.

Предметом дослідження є напівпричепи та напівпричепи, які використовуються в сільськогосподарському виробництві. Велика частина експериментальних робіт проводилася на причепах, виготовлених на Орському заводі напівпричепів.

Як методи дослідження використовуються прикладні методи системного аналізу, математичної статистики, математичного моделювання процесів руху транспортних засобів, теорії надійності та теорії втоми двигуна. Дослідно-експериментальна робота проводилася шляхом лабораторних і дорожніх випробувань тягачів і напівпричепів вантажних автомобілів, а також стендових випробувань основних елементів конструкції тензометричними методами визначення напружено-деформованого стану.

1. СТАН ПРОБЛЕМИ ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ ПЕРЕВЕЗЕНЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИМИ ТРАКТОРАМИ

1.1. Класифікація та розмір сільськогосподарських податків

Аналіз сезонних перевезень показує, що вони майже однакові в залежності від рельєфу місцевості та різних кліматичних зон.

Нерівність у транспортуванні більш виражена на зернових фермах і менш виражена на м'ясо-молочних фермах.

Специфіка сільськогосподарського виробництва вимагає багаторазового перевезення одного і того ж вантажу, що необхідно враховувати при організації експлуатації сільськогосподарської техніки.

Однією з основних характеристик сільськогосподарської продукції, що перевозиться, є габаритна маса, яка впливає на швидкість завантаження транспортного засобу.

Залежно від використання вантажопідйомності автомобіля навантаження поділяють на п'ять класів (табл. 1.1).

Таблиця 1.1

Класифікація вантажів за рівнем використання вантажопідйомності

Клас навантаження	1	2	3	4	5
Коефіцієнт використання вантажопідйомності	1.0	0,711-0,919	0,511-0,710	0,411-0,510	до 0,410

Клас вантажу визначається як його фізичними властивостями (об'ємною вагою), так і типом упаковки. Один і той же вантаж можна розділити на різні класи з різною упаковкою.

На об'ємну масу сільськогосподарської продукції великий вплив має вологість, яка з часом змінюється за складними законами. Тому в перші 2,5-3 години вологість може коливатися до 25% через безпосередній вплив вологи на зерно.

Сипучі матеріали (зерна, сухий пісок) під дією власної ваги та вібрації стискаються, і їх насипна маса збільшується на 5-15%. При пов'язаному і вологому наповнювачі об'ємна маса збільшується на 30-50% за рахунок стиснення.

Існує ризик пошкодження при транспортуванні сільськогосподарської продукції. Пошкодження вантажу залежить від пружності елементів вантажу і властивостей поверхонь, з якими вони стикаються, розмірів вантажної одиниці, її об'ємної маси і висоти падіння (табл. 1.2).

Таблиця 1.2

Допустима висота скидання

Поверхня, на яку падає вантаж	Допустима висота скидання, м			
	Картопля	Буряк	морква	Капуста
Сталь, дерево	0,31-0,51	0,41 до 0,61	0,31-0,51	0.12-01.3
Решітка дерев'яна	0,11-0,21	0,21 до 0,41	0,21 – 0,31	0,11-0,12
середні знання	2.01	2.01	2.01	1.9
Товар з такою ж назвою з падаючим вантажем	1.01-1.12	0,81-1,31	0,81-1,01	0,81-11,0

Будь ласка, зверніть увагу, що під час транспортування продукт може бути пошкоджений прямими сонячними променями. Пошкодженим коренеплодам особливо шкодять сонячні промені.

1.2. Особливості транспортування сільськогосподарськими тракторами

Управління обсягами перевезень сільськогосподарських вантажів (наприклад, розподіл органічних і мінеральних добрив, розподіл кормів для тварин, завантаження сівалок), як автомобільних транспортних засобів,

так і тракторів (тракторних причепів і напівпричепів, а також техніки на базі напівпричепів) . причепи та напівпричепи).

Специфічні умови експлуатації дорожніх тягачів пред'являють до конструкції і характеристик напівпричепів ряд вимог, характерних для даного виду техніки, і відрізняють напівпричепи від автомобільних за конструкцією, функціями і відповідністю експлуатаційно-технічним правилам.

- Напівпричіп не є несучим елементом транспортної одиниці, який обмежує навантаження на причіп і впливає на конструкцію причепа.

- малі транспортні плечі і часте розвантаження;

- необхідна універсальність тягачів;

- необхідність оснащення тракторів різним технічним оснащенням, оскільки технологічні процеси, в яких використовуються трактори, дуже різні;

- Різноманітність дорожніх умов, по яких їздять автопоїзди, і нерозвиненість мережі доріг висувають особливі вимоги до перетину, маневреності та безпеки руху;

- робота в складі багатоланкових агрегатів з різними типами тягачів;

- Особливі вимоги до шин тракторів і причепів щодо питомого тиску на ґрунт.

Сучасний стан сільськогосподарського транспорту в нашій країні характеризується значною зношеністю легкового і вантажного транспорту: більше 30% легкових і вантажних автомобілів експлуатуються понад свій термін експлуатації, решта і вантажних автомобілів зростає.

Загалом рівень використання сільськогосподарської техніки в сільськогосподарському секторі нижчий, ніж зазвичай оцінюють.

Тракторні перевезення становлять 22,27% загального обсягу сільськогосподарських перевезень і 45% внутрішніх. При цьому в Норвегії тракторами перевозиться 95% сільськогосподарської продукції, в Німеччині – 80,5%, в Угорщині – 77%, у Чехії – 55%.

1.3. Трактори для транспорту в сільському господарстві

Нині промисловість випускає широкий асортимент гусеничних і колісних тракторів для потреб сільськогосподарського виробництва. Серед них колісні трактори в основному використовуються для транспорту.

1.3.1. Класифікація сільськогосподарських електричних машин

Колісні сільськогосподарські трактори класифікують за призначенням, конструкцією шасі та рами та тяговим класом. Залежно від призначення розрізняють трактори універсальні, спеціальні трактори, універсальні трактори, малогабаритні трактори і мотоблоки. Для перевезення сільськогосподарської продукції в основному використовуються комунальні трактори та просапні трактори.

За номінальною тяговою силою трактори віднесені до певних класів тяги (табл. 1.3).

Таблиця 1.3

Класи тяги для тракторів

Тяговий клас	0,2	0,6	0,9	1.4	2	3	4	5	6	8
Номінальне тягове зусилля, кН	2	6	9	14	20	30	40	50	60	80
Зона тяги Сила, кН	0,8– 5.4	5,4– 8.1	8.1– 12.6	12,6– 18	18– 27	27– 36	36– 45	45– 54	54– 72	72– 108

У сільськогосподарському виробництві найчастіше зустрічаються колісні трактори тягового класу 0,6-5. Дані трактори тягового класу мають швидкісні характеристики і часто використовуються для транспортних робіт, особливо в складних дорожніх умовах.

Основними виробниками колісних тракторів є Мінський тракторний завод, ВАТ Харківський тракторний завод і Південний машинобудівний завод. Колісні трактори виробляють у сусідніх країнах

1.3.2. Тенденції розвитку сільськогосподарських колісних тракторів

Конструкція сучасних колісних тракторів, призначених для широкого та ефективного використання в сільському господарстві, дуже чітко визначена і може бути описана як: «багатоцільовий буксирний транспортний засіб з електронним і гідравлічним центром управління трактором і навісними машинами».

Сучасні сільськогосподарські трактори транспортного призначення - це, по суті, повнопривідні машини, оснащені невеликими широкими шинами. Вони мають економічний двигун, який відповідає екологічним вимогам, вбудовані швидко зчіпні пристрої в стандартній комплектації з електронним і гідравлічним дистанційним керуванням від бортового комп'ютера, багато діапазонну автоматичну коробку передач (або безступінчасту автоматичну коробку передач), швидкість руху менше 95 м./с, а також екстремальна низькі швидкості та транспортні швидкості понад 50 км/год.

В останні роки у світовій тракторній промисловості спостерігаються такі тенденції.

- збільшення кількості моделей тракторів, що випускаються; І
- підвищення продуктивності тракторів, що випускаються;
- Удосконалення двигунів, паливних систем, систем фільтрації повітря та систем повітрязабірника
- інтеграція екологічних вимог у конструкції машин, включаючи вимоги щодо впливу рушійної сили на землю;
- Удосконалення звичайних трансмісій і використання безступінчастих трансмісій для тракторів;
- Поліпшення гідравліки (наприклад, збільшення тиску, збільшення операцій, що виконуються гідравлічними циліндрами);
- збільшення використання електроніки та автоматизації процесів, включаючи управління паливом, гасіння вібрації, перемикання передач під навантаженням, некрокові режими швидкості та навантаження та керування системою підвіски;

- розширене та вдосконалене використання передньопривідних та підвісних мостів;

- Підвищення ефективності гальмівної системи та використання дискових гальм з масляним охолодженням; І

- збільшити використання пластику та нових матеріалів;

- вплив конструкції на архітектуру трактора та дизайн кабіни;

- Створення комфортних і безпечних умов праці;

- Використання сучасних поверхонь;

- Використання альтернативних джерел енергії.

Аналіз техніки показує, що основні тенденції розвитку тракторів зберігаються:

- високий ступінь стандартизації тракторних дизелів на тракторобудівному підприємстві;

- Зниження питомої витрати палива на одиницю електричної енергії;

- Екологічне використання дизельного двигуна;

- підвищення економічності та зниження питомої витрати палива;

- Підвищення універсальності плугових тракторів;

- більш висока експлуатаційна надійність.

Таблиця 1.4

Стандарт якості колісних тракторів

Назва індикатора	Тяговий клас для тракторів						
	активний			рекомендований			
	3	4	5	3	4	5	8
Діапазон швидкості, км/год	30		33	до 40			
Ковзання шасі, %	14-16			12			
Мінімальний радіус повороту, м							
– для тракторів загального призначення	5 до 7	6-7	7-8	5.5	6.0	6.5	8
– для універсальних тракторів для просапних культур	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
Питома витрата палива, г/кВт. рік	230-240				до 200		

Перелічені тенденції розвитку тракторів сягають корінням у вітчизняне тракторобудування. Зокрема, в таблиці 1.4 наведені рекомендовані інженерно-технічні вимоги до сільськогосподарських колісних тракторів, що постачаються російським агровиробникам [247].

Орієнтовні експлуатаційні маси та потужність двигуна перспективних вітчизняних тракторів наведені в таблиці 1.5.

Таблиця 1.5

Рекомендовані технічні характеристики українських прогресивних колісних тракторів

Тяговий клас для тракторів	Потужність двигуна, кВт	Експлуатаційна маса, кг
0,21	8-13	511
0,61	25-311	25111
0,91	41-415	2511-2651
1.41	55-1111	3311-4111
1.4-21	131-1511	3811-6111
31	161-1181	6711-8111
41	211-2511	8111
51	251-2811	12111-14111
6	311-3511	14111-16111
8	451-511	16111-18100

Щодо технічних вимог вітчизняних сільськогосподарських тракторів, то стратегією перспективного розвитку сільськогосподарського машинобудування в Україні передбачено:

- Варіація питомого тиску на ґрунт;
- Коливання витрати палива до 20%;
- Підвищення енергоефективності в 2-4 рази;
- варіація споживання металу від 5 до 10%;
- Збільшити запас крутного моменту двигуна на 40-50%;
- Збільшити ресурс двигуна до 15-20 000 мотогодин;
- Зміна технічної доступності на 0,99;

- розкид інтенсивності ремонтних робіт не менше ніж на 10%;
- Використання гібридних електростанцій.

В результаті технічні вимоги до вітчизняних колісних тракторів наближають їх технічний рівень до рівня світового тракторобудування.

1.4. Наукові дослідження в галузі тракторного транспорту

Особливі умови сільськогосподарського виробництва, зумовлені його технологією, природно-кліматичними умовами, створюють умови для використання в процесі реалізації продукції різних видів транспорту. Проте основним транспортом сільського господарства є автомобілі та трактори.

Економічна доцільність використання певних видів транспорту не є чіткою інтерпретацією деяких дослідників.

Аналіз досліджень у галузі вивчення ефективності використання залізничного транспорту на різних видах сільськогосподарського транспорту показує, що отримано суперечливі результати. Наприклад, Б. Г. Ходасевич, з'ясувавши роль транспорту в економіці сільського господарства та порівнявши економічні характеристики основних видів транспорту, стверджує, що тракторний транспорт неефективний і не має майбутнього. Однак цей висновок ґрунтується на аналізі повільної роботи тягачів для обмежених видів вантажних перевезень. Крім того, В. Є. Ясєнович вважає тракторний транспорт ефективним і економічним для перевезень на відстані до 70 км.

Деякі автори роблять висновок про те, що використання тракторів для перевезень на короткі відстані є вигідним у зв'язку з тривалими простоями під час навантаження та розвантаження та зниженням середньої швидкості зі зменшенням відстані транспортування.

В. І. Котельня на підставі спостережень за доставкою мінеральних добрив із ферми на поле за 3 км дійшла висновку, що ефективність тракторних перевезень більше залежить від організаційної доцільності, ніж від вартісних показників. На підставі досліджень впливу різних факторів на вантажопідйомність тракторних транспортних одиниць, таких як середня

технічна швидкість і пробіг, автор вивів рівняння для максимальної відстані, на яку транспортування трактором є найбільш ефективним автомобільним транспортом:

$$S_{np} = \frac{q_m T_{пра} - q_a T_{прт}}{\frac{q_a}{\beta V_m} - \frac{q_m}{\beta V_a}}, \quad (1.1)$$

відповідно, q_m, q_a - вантажопідйомність шасі та вагона, $T_{прт}, T_{пра}$ - простой при навантаженні та розвантаженні вантажних і легкових автомобілів, V_m, V_a - середня технічна швидкість і пробіг тракторних поїздів і автомобілів, β - Коефіцієнт.

Про економічне обґрунтування застосування тракторів і проблеми їх раціонального використання в сільськогосподарському виробництві в різних дорожно-кліматичних умовах писав В.Є. Врублевський, Л.Ф. Кормаков, В.А. Гостев і Л.А. Ібрагімов, А.В. Голубев і В.В. Голубева, В.А. Гоберман, А.Є. Волощенко, Н.В. Щербаков, В.І. Перебийніс, Н.М. Сеннікова, Н.В.

Слід підкреслити, що існують значні можливості для диференційованого використання тракторів різних тягових класів у сільськогосподарському виробництві. Це передбачає визначення меж ефективного використання тракторів певної комплектації, так званого діапазону максимальної потужності та діапазону еквівалентної потужності тягачів. У цьому випадку граничний радіус продуктивності транспортної одиниці розуміється як транспортна відстань, на якій запропонована вартість використання конкретної одиниці дорівнює запропонованій вартості всіх транспортних одиниць, наявних у даній місцевості. Еквівалентний транспортний радіус - це транспортна відстань, на якій економічна ефективність використовуваних транспортних одиниць однакова. Методика визначення цих характеристик розроблена А. В. Козловим.

Аналіз наведених досліджень показує, що висновки про ефективність тракторних перевезень робляться на основі його продуктивності та прямих експлуатаційних витрат на перевезення на відносно невеликі відстані (до 50 км). При перевезенні першокласних вантажів тихохідними тягачами

ефективність тракторних перевезень нижче, ніж автомобільних, але зі збільшенням швидкості і навантаження ефективність тракторних перевезень зростає. Для перевезення легких вантажів, таких як силос, тракторний транспорт є більш ефективним у всіх відношеннях.

Підвищення ролі тракторного транспорту в сільськогосподарському виробництві, відзначене багатьма авторами, обумовлено ступенем інтегрованості тракторів у структуру тракторної роботи та іншими умовами, такими як:

- Використання тракторів на транспорті дозволяє більш повно та рівномірно завантажити тракторний парк.
- Використання тракторного транспорту може бути необхідним у поєднанні з автомобільним транспортом, особливо під час перевезення великої кількості сільськогосподарської продукції.
- При перевезенні сільгосппродукції на невеликі відстані (до 7 км) транспортування трактором ефективніше, ніж транспортування автомобілем.

2. СКЛАД ТА СТРУКТУРА ПОКАЗНИКІВ ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТРАКТОРІВ

Подальший розвиток тракторного транспорту передбачає вдосконалення техніко-експлуатаційних та економічних показників, які безпосередньо впливають на собівартість перевезень для процесів сільськогосподарського виробництва. Для ілюстрації складу та розробки техніко-експлуатаційних характеристик причепів для транспортування тракторів необхідні відомості про умови експлуатації цих транспортних засобів.

2.1. Дослідження умов експлуатації причіпного трактора.

2.1.1. Методика визначення класифікації умов експлуатації

Напівпричепа використовуються для перевезення сільськогосподарських, будівельних та інших вантажів у всіх регіонах країни, які характеризуються великою різноманітністю дорожніх і кліматичних умов. Причепа використовуються як спеціалізовані транспортні засоби та транспортні засоби загального призначення для перевезення сільськогосподарської продукції та автомобільного транспорту загального користування. Водночас вантажні перевезення характеризуються широким асортиментом продукції, неоднорідністю фізико-механічних властивостей, одностороннім рухом, сезонністю та нерівномірністю розподілу транспорту.

Для вивчення та оцінки впливу умов експлуатації на техніко-експлуатаційні характеристики та навантаження на основні вузли та агрегати причепа необхідно представити всі дорожні та кліматичні умови у вигляді кількох типових режимів роботи.

На автомобільному транспорті основою класифікації умов експлуатації є тип дорожнього покриття та рельєф місцевості. Щодо класифікації умов експлуатації напівпричепів єдиної думки досі немає.

Для автомобілів підвищеної прохідності, умови експлуатації яких схожі з напівпричепами, використовуються наступні категорії: - асфальтовані дороги, ґрунтові дороги, засніжені доріжки, пересічена місцевість і бездоріжжя.

У цій статті місця та дорожні умови, звичайні для використання напівпричепів, поділяються на чотири категорії: легкі, середні, важкі та важкі. Проте категорія особливо складних умов, що вимагають використання спеціальної повнопривідної бронетехніки або гусеничної бронетехніки (рисові поля, болота, сніговики) не є територією широкого використання цього виду транспорту.

З метою регулювання діяльності тракторів і транспорту в сільському господарстві сільськогосподарські дороги поділяють на такі категорії. асфальтовані (природні), сільські дороги (наприклад, на полях, пасовищах, вигонах), інші дороги (наприклад, трудомісткі дороги в лісах, кар'єрах і торфодобувних районах, розриви удосконаленого асфальту та ґрунтові дороги).

Залежно від дорожнього покриття та стану всі дороги можна розділити на три групи: дороги з удосконаленим асфальтовим покриттям і дороги з ґрунтовим покриттям у хорошому стані (1 група); Благоустрій асфальтових та сільських доріг з нерівним покриттям (2 група); і вибоїсті, дуже вибоїсті дороги з глибокими вибоїнами (група 3). Взимку засніжені дороги в хорошому стані належать до 1 групи, засніжені дороги з вибоїнами – до 2 групи, а засніжені поля – до 3 групи.

У межах країни експлуатаційні дороги сільськогосподарських підприємств і організацій також поділяються на 3 категорії залежно від призначення та очікуваної інтенсивності руху.

Слід зазначити, що жоден із розглянутих варіантів класифікації не містить кількісних характеристик, що описують стан дорожнього полотна, що ускладнює їх об'єктивне застосування для вирішення поставленої задачі.

Класифікація дорожніх умов на основі мікролітичних властивостей наразі є найпоширенішим методом визначення умов руху транспортних засобів.

Зокрема, типові маршрути авіаційного транспорту поділяються на 3 класи в залежності від величини стандартного відхилення мікропрофілю. Однак це не враховує фізико-механічні властивості дорожнього покриття, включаючи умови зчеплення гвинта транспортного засобу, які суттєво впливають на

рухоме навантаження транспортного засобу, а отже, на розмір і тип навантаження транспортного засобу. Підшипники та робочі системи.

Зараз розробляється формальний метод класифікації умов праці, заснований, зокрема, на математичному методі розпізнавання образів. Їхнє практичне застосування передбачає роботу з постійними параметрами елементів факторного простору, які підлягають поділу на кілька класів (наприклад, призначені для оцінки спеціалістами або базуються на топології описового простору), але параметри є реальними, які характеризують властивості руху Поверхня відрізняється широким спектром їх значень. Якщо враховуються всі значення параметрів, виникає неоднозначність розділу.

У зв'язку з цим пропонується класифікувати умови експлуатації сільськогосподарського транспорту за ступенем впливу дорожніх умов на роботу, а також за техніко-економічними показниками.

Нині основними критеріями техніко-економічної оцінки транспортних агрегатів у сільськогосподарському виробництві є їх продуктивність та рівень витрат і затрат праці на одиницю праці. Використовуються також комплексні критерії, які враховують різноманітні фактори. Для конкретного тракторного поїзда техніко-економічні показники визначаються насамперед масою вантажу, що перевозиться, і швидкістю перевезення. Кожне з цих значень обмежене дорожніми умовами. Як показано нижче, маса вантажу, що перевозиться (або загальна маса причепа як більш прийнятна величина для аналізу) обмежена умовами взаємодії тягової системи з дорожнім покриттям, тоді як швидкість руху обмежена, по-перше, насамперед забезпечує плавність ходу. Класифікація пропонованих умов експлуатації базується на типі обмежень, які зазнає значення через дорожні умови $m_n I V$.

Пропонується всі дорожні умови, за яких працюють вантажівки, розділити на чотири категорії (табл. 2.1).

Категорія I охоплює дорожні умови, коли можливе буксирування причепів з максимально допустимою повною масою автомобіля $m_{n\max}$ (у межах чинних законодавчих обмежень ваги бруто).

Причіп і автопоїзд в цілому на максимально дозволений трактором швидкості. Категорія II охоплює дорожні умови, за яких причепа з максимально допустимою повною масою транспортного засобу можуть буксируватися з обмеженою швидкістю за відповідних умов експлуатації. Категорія III охоплює дорожні умови, за яких можливе буксирування причепа з обмеженою загальною масою через підвищену міцність дороги. Категорія IV охоплює дорожні умови, де повна маса транспортного засобу обмежена через умови буксирування. Це також стосується інтенсивно використовуваних ділянок і пересіченої місцевості.

Таблиця 2.1

Умови використання засобів вимірювання продуктивності, обмеження щодо типу класифікації

Категорії умов експлуатації	Діапазон робочих параметрів	
	Загальна маса причепа	Швидкість руху
I	$m_n = m_{n\max}$	$V = V_{\max}$
II	$m_n = m_{n\max}$	$V = V_{\max}$
III	$m_{n\text{пред}} < m_n < m_{n\max}$	$V < V_{\max}$
IV	$m_n \leq m_{n\text{пред}}$	$V \leq V_{\max}$

2.1.2. Класифікація умов водіння на основі дорожніх умов.

Основними факторами, що відображають експлуатаційні характеристики тракторних поїздів, є мікропрофіль та умови взаємодії з проїжджою частиною.

Деталізація запропонованої класифікації умов експлуатації базується на результатах досліджень фізичної природи цих факторів та їх кількісного впливу на експлуатаційну роботу тракторного транспорту.

Класифікація базується на типі дорожніх умов. Відповідно до нормативних документів та на основі практики водіння визначено вісім типів дорожнього покриття:

- D1 – асфальтоцементобетонні;
- D2 – дороги з асфальтом, гравієм і гравієм;
- D3 – профільовані ґрунтові дороги;
- D4 – повідомляється про засніжені дороги;
- D5 – природні ґрунтові дороги;
- D6 – сільські дороги, керовані пасовища;
- D7 – піщані дороги, сільськогосподарські угіддя;
- D8 – засніжені дороги.

Крім того, можливі стани покриття:

- C1 – дороги в хорошому стані;
- C2 – у задовільному стані;
- C3 – зламаний;
- C4 – заморожений;
- C5 – мокрий.

Кожен дорожній стан характеризується стандартним відхиленням мікропрофілю, коефіцієнтом опору руху Y і коефіцієнтом зчеплення з дорожнім покриттям (табл. 2.2). Умови експлуатації напівпричепа I категорії передбачають роботу на дорогах з асфальтовим покриттям із задовільним станом покриття;

II категорія – дороги з удосконаленим асфальтовим покриттям, дороги з профільованим покриттям, дороги з гарним природним покриттям, засніжені дороги, проміжні дороги в належному стані; III категорія: дороги з покращеним асфальтним покриттям у незадовільному стані, засніжені дороги, природне покриття, сільські дороги у хорошому стані. IV категорія: ґрунтові дороги, сільські дороги в поганому стані, затоплені дороги, піщані дороги, сільськогосподарські угіддя, малосніжні дороги, засніжені поля.

2.2. Показники роботи тракторних потягів в агропромисловому виробництві

Відповідно до розробленої класифікації проведено аналіз умов експлуатації напівпричепів. Ми вивчали пробіг і швидкісні характеристики, спираючись на дані спеціалізованих сільськогосподарських компаній (регуляторно-дослідні станції, станції випробування обладнання, агрохімії), а також результати масштабного дослідження в повсякденних умовах експлуатації. Опитування проводилося в період 1978-1987 років і охоплювало весь цикл сезонних і міжсезонних робіт. За цей період зібрано інформацію щодо поїздів тягачів з причепами вантажопідйомністю 12 тонн (205 од.) та напівпричепів вантажопідйомністю 9 тонн (296 од.).

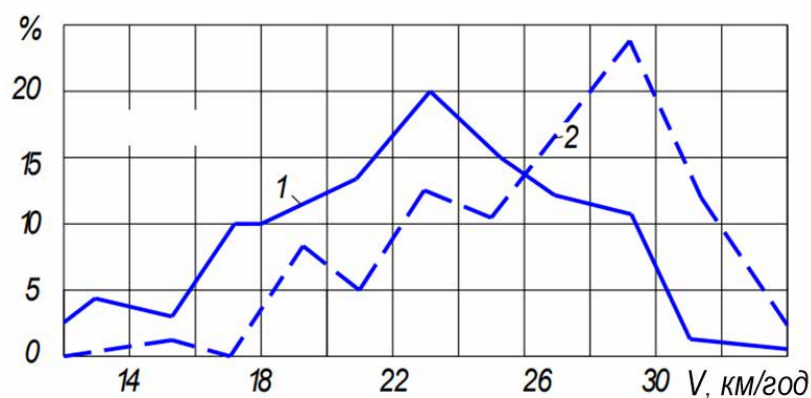
До показників пробігу тягачів відносяться середня довжина транспортного шляху(ів) і ступінь пробігу, а також розподіл пробігу за видами доріг. Загальний пробіг тягача включає продуктивний пробіг з вантажем і непродуктивний пробіг без вантажу. Середню довжину транспортного маршруту визначали як відношення завантажених кілометрів до кількості рейсів, а коефіцієнт використання кілометрів – як відсоток завантажених кілометрів до загальної кількості кілометрів.

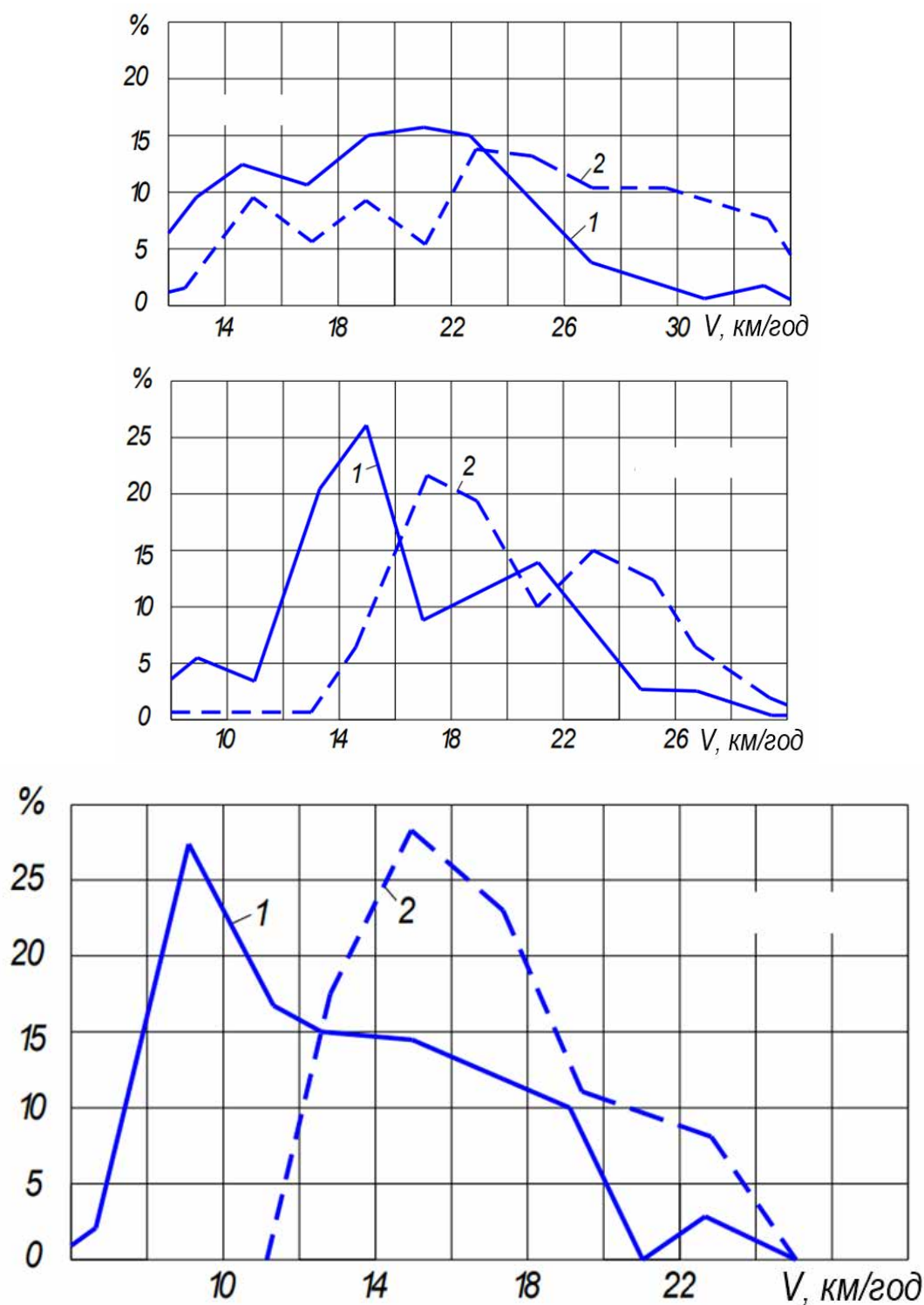
За результатами обробки частка пробігу тягачів з причепами та напівпричепами за нормальних умов експлуатації становила: для доріг I категорії – 31,7% та 27,7%; для доріг II категорії - 24,3% та 27,0%; для доріг III категорії - 29,9% і 30,6%; для доріг IV категорії - 14,1% та 14,7%. З урахуванням даних, отриманих від спеціалізованих сільськогосподарських організацій (табл. 2.3) і частини причепів загального парку, пробіг за різних умов експлуатації розподіляється наступним чином: для доріг I категорії - 26,4% і 23,2%; для доріг II категорії - 28,3% і 30,5%; для доріг III категорії – 32,1% та 32,6%; для доріг IV категорії - 13,2% та 13,7%. З урахуванням плану виробництва заводів частка пробігу цих причепів в умовах

сільськогосподарського виробництва для доріг I, II, III і IV категорій становить: 25%, 29%, 33% і 13%.

Для оцінки середньої довжини транспортних маршрутів ми використовували дані з ферм, які включали інформацію як про внутрішньогосподарські, так і міжгосподарські перевезення. На основі цих даних визначено середню дальність транспортування причепа: для доріг I категорії – 36,5 км, для доріг II категорії – 10,5 км, для доріг III категорії – 6,5 км та для доріг IV категорії – 3,0 км.

Коефіцієнт використання пробігу для напівпричепів 0,51. Спостереження за 192 тракторними потягами у складі тягача К-701 і напівпричепа вантажопідйомністю 9 тонн, виготовлених в основних сільськогосподарських районах країни, дозволили визначити розподіл швидкостей при експлуатації тракторних потягів у добовому режимі. використовувати. Найбільш імовірні значення швидкості тягача в залежності від завантаженості причепа склали: для доріг I категорії - 23 км/год з навантаженим причепом і 29 км/год з порожнім причепом; для доріг II категорії 21 або 23 км/год; для доріг III категорії – 15 і 17 км/год; для доріг IV категорії – 9 і 15 км/год (рис. 2.1).





1 – навантажений причіп; 2 – порожній причіп

Рис. 2.1 – Розподіл швидкостей тракторних поїздів на дорогах I – IV категорій

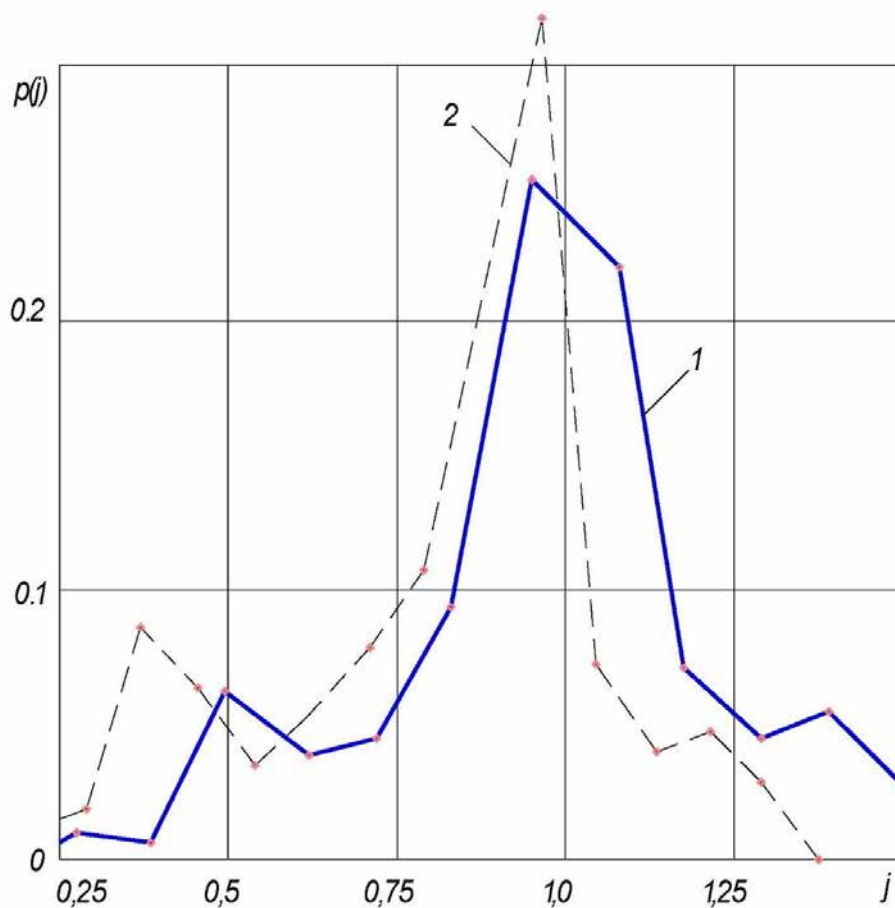
Аналіз даних про використання вантажних автомобілів показує, що існують значні відмінності в межах кожного регіону та між типами експлуатуючих організацій (табл. 2.4).

Дані з господарств, які використовують напівпричепи

Назва організації	Пробіг кілометрів, % для значень коефіцієнта вантажопідйомності			
	1.1	1.8	1.6	1.5
	81.1	21.1	–	–
	111	–	–	–
	111	–	–	–
	5.1	95.1	–	–
	5.1	91.1	5.1	–
	71.1	5.1	5.1	21.1
	41.5	41.8	1.9	15.8
	43.5	56.1	1.8	–
	82.7	6.5	5.9	4.9

Використання причепів з низьким коефіцієнтом завантаження (менше 0,8) практично заборонено, особливо в спеціалізованих сільськогосподарських господарствах. Однак частка підписників у цих компаніях невисока і становить близько 20%.

Крім того, визначено розподіл швидкостей напружень за нормальних умов експлуатації (рис. 2.2). $m_j = 8,73$ т; $\sigma_j = 2,38$ т для поїздок потягом.



1 – для напівпричепів вантажопідйомністю 9 т;

2 – для причепів вантажопідйомністю 12 тонн

Рис. 2.2 – Розподіл місткості напівпричепа за місткістю. $9^{m_j} = 9,62$ т, $\sigma_j = 2,81$ т – з причепами вантажопідйомністю 12 т (де $^{m_j}I^{\sigma_j}$ – математичне сподівання або стандартне відхилення силового навантаження. j).

Тому для напівпричепа вантажопідйомністю 9 тонн розраховане значення корисного навантаження найближче до номінального.

.

3. НАУКОВІ ОСНОВИ ВИБОРУ ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ПІДХОДУ

3.1. Методика вибору масових параметрів

Рівень експлуатаційно-технологічних характеристик автотракторних поїздів значною мірою залежить від ефективності конструктивного агрегування їх елементів. Узгодження параметрів зчіпного пристрою трактора і причепа є частиною завдання розробки оптимальної композиції причепа для існуючих або майбутніх моделей тракторів. Основні труднощі виникають через відсутність єдиного підходу виробників тракторів і причіпного обладнання до питання агрегування, що ускладнює створення оптимально сумісних конструкцій. Зміни базової конструкції трактора практично неможливі, тому стоїть завдання адаптувати причіпний агрегат до технічних характеристик і встановлених зчіпних механізмів трактора. Метою вибору найкращої конструкції причепа є забезпечення оптимальних параметрів буксирувача, таких як прохідність на бездоріжжі, маневреність, керованість, вантажопідйомність і віброізоляція. Однією з основних задач при проектуванні причіпного агрегату є визначення технічних параметрів причепів, які дають змогу досягти максимальних показників ефективності роботи всього тракторного агрегату.

Вагові показники є одними з найважливіших у системі техніко-експлуатаційних показників напівпричепів. Визначення цих показників є першим кроком у проектуванні транспортних засобів.

3.1.1. Обмеження ваги залежно від дорожніх умов

Розглянемо умови забезпечення руху автопоїзда (без урахування впливу мікропрофілю) для схеми з напівпричепом, де першою ланкою причепа є дишло додаткового завантаження. Ця схема є найбільш загальною серед конструктивних рішень тракторних поїздів і водночас найбільш ефективною з точки зору використання енергетичних потужностей трактора [274]. Додавання до тракторного поїзда додаткових дишл – дво- або тривісних причепів із

вільним дишлом – під час прямолінійного руху не впливає на інші правила, а призводить лише до збільшення розрахункової загальної маси буксируваного поїзда.

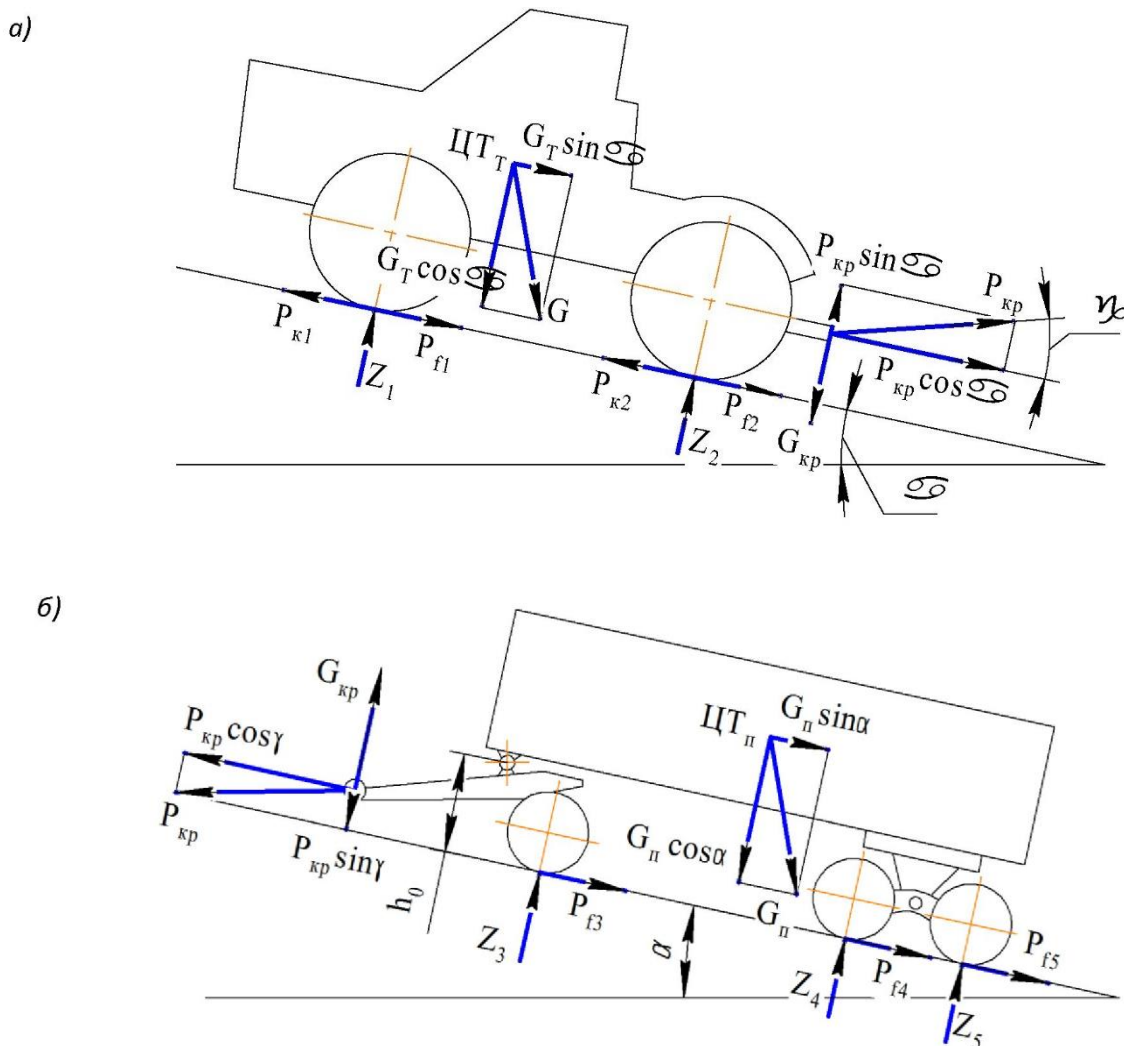


Рис. 3.1 – Схема сил і реакцій, що діють на тягач (а) і напівпричіп (б).

На рисунку 3.1 зображено спрощену схему сил і реакцій, що діють на з'єднання тракторного поїзда, що розглядається. Використовуються такі позначення: 1, 2.....3 – кількість осей вантажівки; P_{k1}, P_{k2} – тягове зусилля, створюване ведучим мостом трактора; $P_{f1}, P_{f2} \dots P_{f5}$ – сила опору коченню; , $\text{ЦТ}_m, \text{ЦТ}_n$ – відповідні центри ваги тягача та причепа; $Z_1, Z_2 \dots Z_5$ – сили вертикальної реакції; G_m, G_n - сили тяжіння тягача і причепа; P_{kp} – тягові зусилля

на зчпному пристрої трактора; $G_{кр}$ – Навантаження від ваги причепа на зчпку трактора. У горизонтальному положенні автоматична зчпка $G_{кр} = G_{\delta}$ G_{δ} – Номінальне статичне навантаження на зчпку трактора залежить від маси начепленого на ній причепа.

Конструктивні особливості існуючих моделей напівпричепів припускають, що тягове зусилля діє під певним кутом до опорної поверхні, яка в свою чергу знаходиться під кутом до горизонталі. Для аналізованої схеми тракторного поїзда умови доцільності його плавного руху в певних дорожніх умовах визначаються системою двох незалежних рівнянь, кожне з яких окремо стосується тягача та напівпричепа.

$$P_{к1} + P_{к2} = P_{f1} + P_{f2} + G_m \sin\alpha + P_{кр} \cos\gamma$$

$$P_{кр} \cos\gamma = P_{f3} + P_{f4} + P_{f5} + G_n \sin\alpha \quad , \quad (3.1)$$

Коли тягові можливості трактора обмежені умовами зчплення

$$P_{к1} + P_{к2} = \varphi(Z_1 + Z_2) \quad , \quad (3.2)$$

У режимі руху трактора з блокованим диференціалом

$$P_{к1} + P_{к2} = f(Z_1 + Z_2)$$

$$P_{f3} + P_{f4} + P_{f5} = f(Z_3 + Z_4 + Z_5) \quad , \quad (3.3)$$

тут φ – коефіцієнт зчплення між шинами проданого трактора та поверхнею; f – За певних дорожніх умов коефіцієнт тертя кочення для коліс трактора та заднього підйомника вважається однаковим. Ці значення для конкретних умов експлуатації в сільськогосподарському виробництві наведені в таблиці. 2.2.

Ми нехтуємо силами опору повітря через низьку швидкість тяги трактора. З діаграми сил (рис. 3.1) впливає:

$$Z_1 + Z_2 = G_m \sin \alpha + G_{кр} - P_{кр} \sin \alpha$$

$$Z_3 + Z_4 + Z_5 = G_n \cos \alpha - G_{кр} - P_{кр} \sin \gamma, \quad (3,4)$$

З урахуванням (3.4) систему рівнянь (3.1) можна записати:

$$P_{кр} \cos \gamma = (\varphi - f)(G_m \cos \alpha + G_{кр}) - (\varphi - f)P_{кр} \sin \gamma - G_m \sin \alpha$$

$$P_{кр} \cos \gamma = f(G_n \cos \alpha - G_{кр}) + fP_{кр} \sin \gamma + G_n \sin \alpha, \quad (3,5)$$

Забезпечивши універсальний розв'язок системи (3.5) для всіх γ , включаючи $\gamma = 3.5$, отримаємо рівняння першого рівняння системи (3.5).

$$P_{кр} = \frac{f(G_n \cos \alpha - G_{кр}) + G_n \sin \alpha}{\cos \gamma - f \sin \gamma}, \quad (3,6)$$

Використовуючи (3.6) і друге рівняння системи (3.5), відповідними перетвореннями з урахуванням лівої сторони а можна отримати рівняння для максимального кута підйому дорожнього покриття, яке долає тяга трактора.

$$\operatorname{tg} \alpha_{пред} = \frac{\varphi(1 + \lambda_\delta) - f(1 + \lambda_n)[1 + (\varphi - f) \operatorname{tg} \gamma]}{\lambda_n \varphi \operatorname{tg} \gamma - (1 - f \operatorname{tg} \gamma)(1 + \lambda_n)}, \quad (3,7)$$

Або $\lambda_\delta = \frac{G_\delta}{G_m}$ – коефіцієнт втрати потужності за рахунок додаткового

навантаження на зчпний пристрій трактора опорним плечем; $\lambda_n = \frac{G_n}{G_m}$ –

Коефіцієнт втрати потужності клею шасі.

Після відповідних перетворень рівняння (3.4) дає вираз для максимальної маси причепа, який можна буксирувати за певних дорожніх умов:

$$m_{nпред} = m_m \frac{\varphi \lambda_\delta + (1 - f \operatorname{tg} \gamma)[\varphi - (f + \operatorname{tg} \alpha)]}{[1 + (\varphi - f) \operatorname{tg} \gamma](f + \operatorname{tg} \alpha)}, \quad (3,8)$$

Або m_m – вага трактора.

Так, при недостатньому зчепленні гвинтів з основою максимальна маса причепа залежить від двох груп параметрів: конструктивних параметрів

агрегативання першого з'єднання причепа з тягачем і параметрів, що визначають дорогу. умови. , особливо тертя кочення та коефіцієнти зчеплення. За наявності достатньої тяги маса причепа визначається за допомогою рівняння балансу сил.

$$N_e = N_{mp} + N_\delta + N_f + N_\alpha, \quad (3.9)$$

Або N_e - потужність двигуна, N_{mp} – втрати потужності через механічні втрати в трансмісіях трактора; N_δ – Втрата потужності через пробуксовування ведучих коліс; N_f – Втрати потужності через прослизання рейкових з'єднань; N_α – сила, використана для подолання підйому.

Рівняння (3.9) записується як рівняння (3.1) без урахування опору повітря.

Виразивши складові, що входять у формулу (3.9), через параметри дорожніх умов, отримаємо вираз для повної маси причепа:

$$m_n = \frac{N_e \eta_{mp} (1 - \delta)}{g V \psi} - m_m, \quad (3.10)$$

Або η_{mp} – ККД з урахуванням втрат електроенергії при транспортуванні; – індикатор буксування ведучого колеса; $\psi = f \cos \alpha + \sin \alpha$ – коефіцієнт опору дороги; g – Прискорення вільного падіння.

3.1.2. Визначення масових показників

Найважливішим параметром для роботи тягача є коефіцієнт зчеплення. Оптимізація цього коефіцієнта для вибраного конструктивного виконання тракторного потягу повинна забезпечуватися правильною агрегатацією його з'єднань. Коефіцієнт зчеплення причепа-тягача, тобто співвідношення між масою причепа та маси тягача, визначається за умовами зчеплення на опорній поверхні. При недостатньому зчепленні, як впливає з формули (3.8), рівномірний прямолінійний рух поїзда можливий при значенні масового коефіцієнта зчеплення, який розраховується так:

$$\lambda_n = \frac{\varphi\lambda_\partial + (1 - ftg\gamma)[\varphi - (f + tg\alpha)]}{[1 + (\varphi - f)tg\gamma](f + tg\alpha)}, \quad (3.11)$$

Назви величин, що використовуються у формулі (3.11), можна знайти в розділі 3.1.1. Для умов експлуатації, в яких ефективність транспортної одиниці обмежена потужністю двигуна, коефіцієнт зчеплення розраховують за формулою (3.10).

$$\lambda_n = \frac{N_e \eta_{mp} (1 - \delta)}{gm_m V \psi} - 1, \quad (3.12)$$

Ваговий коефіцієнт зчеплення λ_n при недостатньому зчепленні, очевидно, залежить від двох груп параметрів: по-перше, від стану дороги (λ, f, α) та, з іншого боку, конструктивні особливості вузлів першого зчіпного пристрою, який буксирує тягач, зокрема кут і коеф. γ додаткове статичне навантаження на зчіпку трактора λ_∂ .

Через різницю висоти опорного стику h_0 переднього візка напівпричепи (рис. 3.1) і висоти осі балансування задньої підвіски, при русі причепа відбувається перерозподіл навантажень на його осі, що призводить до певної зміни додаткового навантаження на тягач зчеплення λ_∂ . Розрахунки показують, що перерозподіл осьових навантажень впливає на зміну коефіцієнта маси клею λ_n . Для реальних моделей напівпричепів це несуттєво і тому далі не розглядається. Проте значущою є залежність коефіцієнта адгезійної маси від величини, яка визначається лише агрегатними умовами першого зчіпного пристрою, який буксирує трактор.

На рисунку 3.2 наведено приклад залежності коефіцієнта маси клею $\lambda_{n пред}$ від вершини місця h_0 Опорний шарнір передньої поворотної каретки напівпричепи ОЗТП-8573 вантажопідйомністю 14,5 тонн. Якщо цю висоту зменшити з 970 до 550 мм для цього причепа ($f = 0,1 \dots 0,15; \varphi = 0,35 \dots 0,5$),

коефіцієнт зчеплення маси збільшується приблизно на 5%, що відповідає збільшенню вантажопідйомності на 1 тону.

Отримані вирази (3.11–3.12) можна використовувати безпосередньо для розрахунку загальних мас задніх важлів тракторів і допустимих кутів підйому в залежності від дорожніх умов.

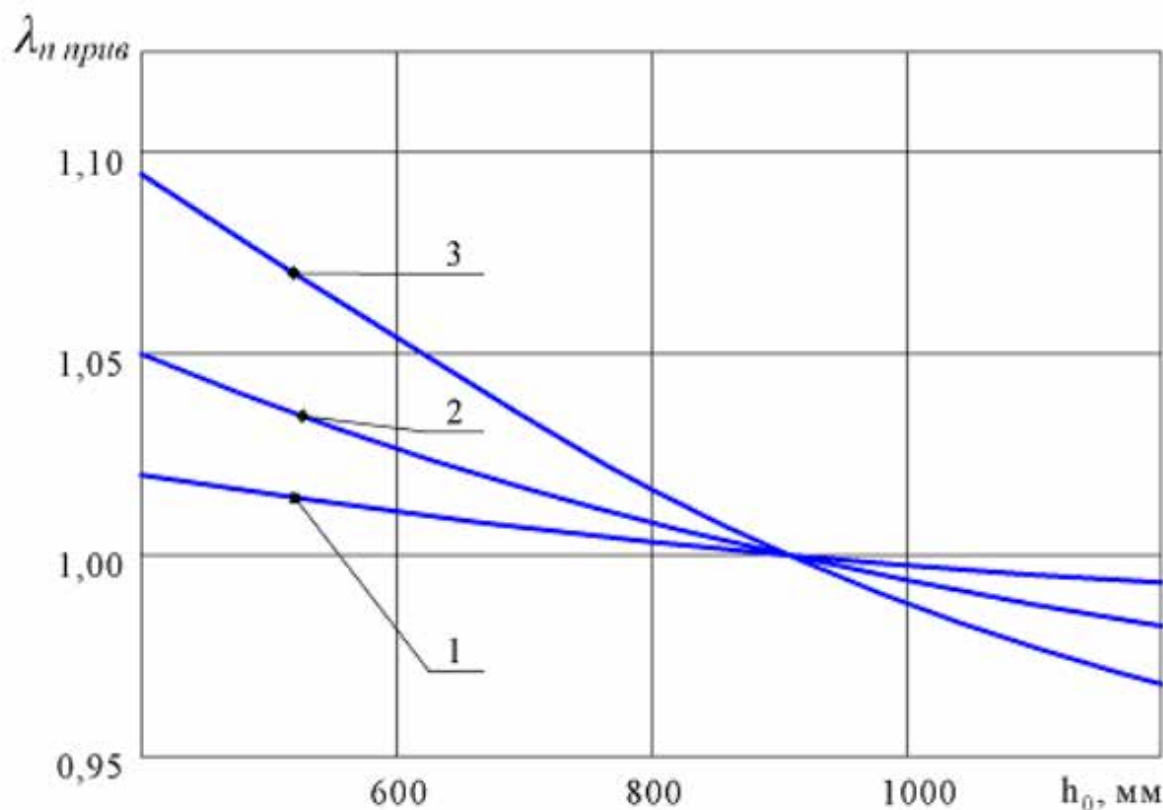


Рис. 3.2 – Залежність коефіцієнта маси клею від висоти опорного стику причепа ОЗТП-82573

Відповідні формули для автопоїздів з різними видами зчеплення (напівпричепів, автопоїздів і напівпричепів) на першій колії наведено в таблиці 3.1.

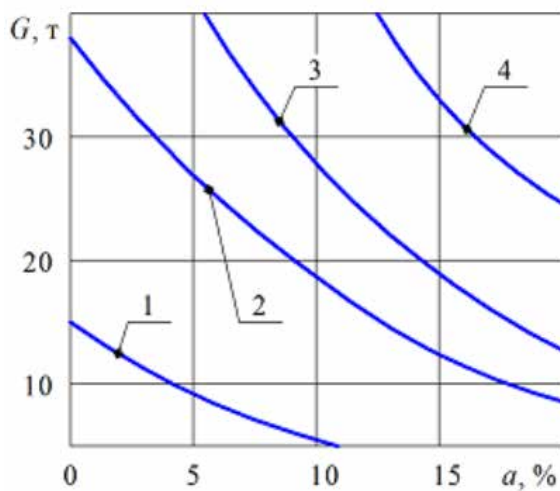
На рисунку 3.3 наведено номограми для визначення максимальної рекомендованої повної маси автомобіля для основних типів тягачів класу 30,50 кН на тягачах за типових умов експлуатації. З даних досліджень отримуємо розрахункові значення коефіцієнтів і коефіцієнтів, що визначають стан опорної поверхні.

Визначивши загальну масу зчіпних пристроїв за номограмою, можна розрахувати максимальну вантажопідйомність автопоїзда, що продається. Це дозволяє найбільш раціонально використовувати склад на причепах і гарантує високу працездатність техніко-транспортної одиниці в певних дорожньо-кліматичних умовах сільськогосподарських підприємств.

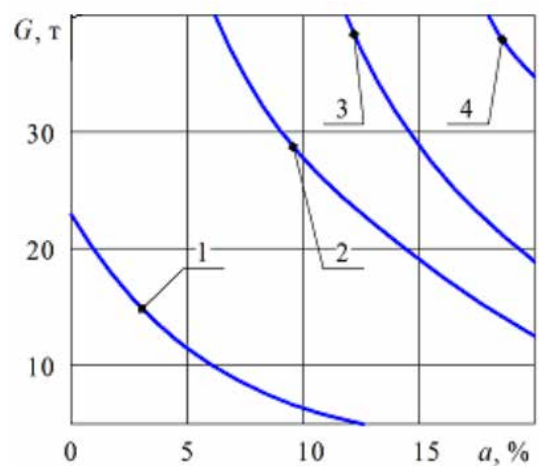
Таблиця 3.1

Визначення основних параметрів тракторних поїздів

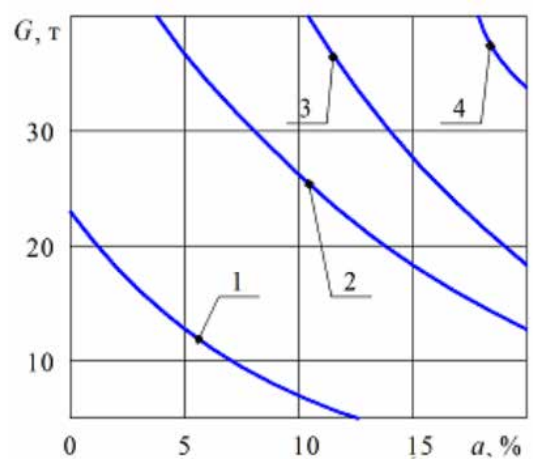
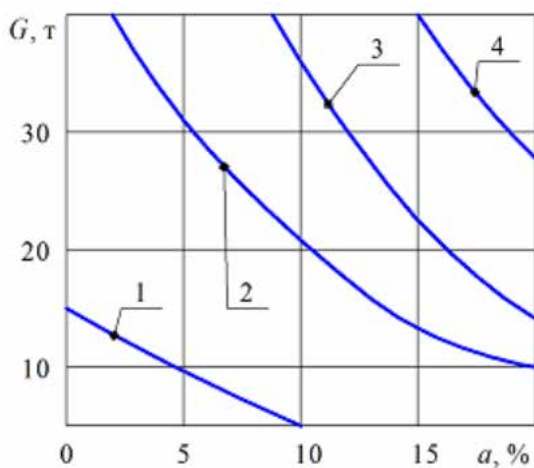
Перше причіпне зчеплення тракторного поїзда	коефіцієнт маси адгезії, λ_n	перевищення межі кута підйому, $\alpha_{пред}$
Напівпричіп		
Причіп з вільним дишлом		
Напівпричіп з пружним дишлом		



а



б



В

Г

1 – $t = 0,15; \varphi = 0,35$; 2 – $t = 0,1; \varphi = 0,6$; 3 – $t = 0,03; \varphi = 0,5$;

4 – $t = 0,015; \varphi = 0,7$

Рис. 3.3 – Діаграми для визначення очікуваної маси причепа в залежності від умов руху

4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ РОЗРОБКА КОМП'ЮТЕРИЗОВАНИХ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ КОНВЕЄРНИХ СИСТЕМ

Завдання при розробці транспортного засобу полягає в тому, щоб створити конструкцію, яка має необхідну міцність і водночас максимально економічна у виробництві, що часто досягається шляхом обширних розрахунків і експериментальних випробувань. У тракторних причепів це в першу чергу стосується деталей шасі та несучої системи, які вимагають більше металу та роботи.

Найбільш вивченим елементом систем шасі тягачів і напівпричепів є шасі, на якому проведено численні розрахункові та експериментальні дослідження. Сучасні дослідження дають змогу конструювати шасі та платформи з урахуванням умов експлуатації та ресурсу тягачів і напівпричепів.

4.1. Об'єкт дослідження

Рухомі осі причіпних транспортних засобів сприймають всі сили і моменти, що виникають при взаємодії коліс з дорожнім покриттям, і передають їх на елементи підвіски. Найважливішою вимогою до функціональних осей є забезпечення їх міцності та надійності.

На техніко-економічні показники, а також міцність і довговічність осей значною мірою впливають конструктивно-технічні фактори, закладені в проект. Правильне врахування цих факторів дозволяє розробити економічно ефективну конструкцію з необхідною надійністю та довговічністю.

4.1.1. Аналіз конструктивних особливостей осі причепа

Осі причепа і напівпричепа, з'єднані пружними ресорними елементами і направляючими ресорними елементами, утворюють евакуатор. Кількість осей у вантажівці та загальна кількість осей визначаються корисним навантаженням,

загальною масою та допустимим навантаженням на вісь. Напівпричепи зазвичай оснащуються одинарними колесами з широкими шинами. Використання окремих коліс дозволяє використовувати більші пружини, що підвищує бічну стійкість причепа, зменшує моменти, викликані силами, що діють на вісь, і зменшує ковзання шин на поворотах.

Найважливішим опорним елементом плити є балка.

Відомо, що існують способи класифікації осьових балок причепних автомобілів за формою поперечного перерізу [143]. На нашу думку, достатньо виділити чотири основних типи спальних місць:

I – повний квадратний або прямокутний переріз;

II – ділянка труби з привареними кованими штифтами;

III – ділянка труби з загнутими кінцями для адаптації під розміри штифтів;

IV – Розділ I

Усі варіанти вимагають оброблення кінців балки відповідно до розміру шпильок. Вибір типу носія залежить в основному від обсягу виробництва та наявного технологічного обладнання.

У дрібносерійному виробництві допускається виготовлення балок I типу, які, незважаючи на нераціональне використання матеріалів, мають перевагу в тому, що дошки не потрібно приварювати до середньої частини.

Використання трубного відрізка дозволяє істотно знизити вагу бруса, що робить його найпопулярнішим варіантом. При цьому для його виробництва потрібне спеціальне обладнання.

Брус II типу є найпростішим з технологічної точки зору, а виробництво балок III типу вимагає складного ковальського обладнання.

Серед порожнистих балок за міцністю і масою кращими є балки III типу. Вони відрізняються своєю цілісністю, на відміну від інших видів. Осі таких балок утворюються пластичним деформуванням торців сирцевої труби куванням, поперечною прокаткою тощо. Деформація створює волокнисту структуру, яка підвищує втомну міцність штифта. Опресування торців зменшує

кількість металу, що знімається під час різання, що позитивно позначається на міцності. Конструкційна балка такого типу схожа на балку з однаковою міцністю на вигин: плавні переходи з великими радіусами кривизни мінімізують концентрацію напруг при зміні поперечних перерізів.

Для масового виробництва носії ІІІ типу є найбільш технологічними, оскільки їх виготовлення може здійснюватися на автоматизованій лінії. Вони широко використовуються у важкій побутовій техніці та важких напівпричепях. Балки ІІ типу, навпаки, використовуються в основному в конструкціях причепів вантажопідйомністю до 8 тонн.

Найдосконалішою конструкцією серед балок із круглих труб ІІІ типу вважається балка Мосса (США)[330]. У цьому виробництві використовується технологія, яка збільшує поперечний переріз штифтів у місцях найбільшого навантаження за рахунок переміщення металу під час обтиску кінців. Цей процес покращує вирівнювання зернистої структури металу, тим самим підвищуючи стійкість до втоми.

В даний час балки з квадратних труб часто використовуються в поєднанні з балками з круглих труб. Їх перевага перед круглими балками – менша вага на 10-12% при однаковій міцності на вигин. Квадратні балки можуть бути виготовлені для осей типу ІІ і типу ІІІ, наприклад, Fruehauf Pro-Rag (США). Щоб досягти останнього, виконайте наступне. У трубу заочують сталеву пластину і приварюють її в місці з'єднання. Потім кінці труб нагріваються до 1100°C на спеціальній машині, обжимаються, стискаються і загартовуються. Потім середню частину бруса розігрівають і за допомогою спеціальної форми круглу трубчасту частину перетворюють на квадратну. Цей прийом слід вважати найбільш підходящим, оскільки він дозволяє металу максимально ефективно використовувати використовуваний пучок. Однак при зшиванні сирової труби в потовщеній ділянці відбувається синусоїдальне вирівнювання волокон, що призводить до їх роз'єднання при обробці. Це негативно позначається на характеристиках інтенсивності цього променя.

Істотним недоліком усіх балок I-III типів, що розглядаються, є те, що точки їх перетину у вертикальній і горизонтальній площинах мають рівні моменти опору згину. У той же час дані досліджень показують, що згинальний момент, що діє на балку в горизонтальній площині, на порядок менше моменту, що діє у вертикальній площині. Тому осьові балки типів I-III мають додатковий запас міцності при вигині в горизонтальній площині і відповідно додаткову вагу. У цьому відношенні порожниста двотаврова балка типу IV, розроблена для моментів руху, має більше сенсу.

Двотаврові балки виготовляють індивідуальним куванням або прокаткою в пачках. Форма поперечного перерізу цих балок і розташування перетину по довжині балки визначаються умовами, в яких ці перерізи використовуються. Виробництво таких носіїв вимагає спеціального обладнання, що перешкоджає їх широкому поширенню.

Основні показники опор колісних пар визначають можливість їх використання в автомобільній промисловості, а для забезпечення достатньої безпеки експлуатації необхідно враховувати техніко-економічні показники їх виготовлення.

Матеріалоємність різних моделей осей оцінюється за допомогою коефіцієнта матеріаломіцності. Однак показник маси осьового профілю балки використовується в залежності від геометричних параметрів центральної частини балки. Чим менше це значення, тим дешевше стає профіль. Проведені розрахунки показують, що при однаковому опорі на вигин більш вигідною є опора прямокутного трубчастого профілю, а потім кругла трубчаста опора. Двотавр IV типу з виробів періодичного прокату має велику вагу. Це пояснюється тим, що така балка може мати сприятливий двотавровий переріз, який становить лише 60-70% від загальної довжини балки.

Ефективність осі значною мірою залежить від виробничих причин. Найпростіша технологія виготовлення балок з періодичного прокату. Цей процес вимагає обробки і вимагає спеціального обладнання. Виявилось, що при певних стандартних розмірах, якщо довжина балок не відповідає різновиду

сталевому прокату, обмеженого структурою стану, торці звичайного прокату необхідно видаляти за допомогою пуансона. Однак трудовитрати на виробництво балок зі звичайного сталевому прокату вищі, ніж на круглі труби з кованими болтами через високі зусилля обробки.

Осьові конструкції з балками II типу і суцільними дошками мають меншу вагу, ніж балки III типу з пресованими дошками через менш оптимальну поперечну форму. Найбільш дешевими у виготовленні є балкові осі II типу, які складаються з прямокутного профілю з привареними порожнистими осями і для яких рекомендується використовувати високоміцну сталь.

Серед балок прямокутного перерізу оптимальним варіантом за трудомісткістю є варіант балки з прямокутного профілю з профільованими торцями і щитами з круглих труб, штампованих на радіальному верстаті і зварених автоматичним дуговим зварюванням. Висока точність поковок болтів дозволяє скоротити трудомісткість виготовлення таких балок.

Найменш трудомістким виробництвом є опори для профільованих труб з тисненими дошками. Для цих балок можна використовувати високоміцну леговану сталь, щоб зменшити вагу виробу. Точність кованих деталей (допуск 0,4...0,5 мм на діаметр) зменшує обсяг механічної обробки. Розрахунок собівартості виготовлення опор буксів напівпричепів А6 на основі контрольованих профілів показує, що опори з круглого прокату зі штампованими осями є найбільш економічними.

4.1.2. Конструктивно-технологічні фактори, що впливають на міцність буксових балок

Як правило, періодична довговічність вихідних зразків осьових балок значно нижча за властивості відповідних матеріалів, що є наслідком використання при їх виготовленні конструктивно-технічних підсилювачів напружень. В даний час методи обліку та способи обмеження впливу факторів,

що впливають на довговічність осей транспортних засобів, розроблені дуже добре. Розглянемо, що найважливіше в поперечині осі напівпричепа.

Вимоги щодо максимального зниження якості металу кузовів осей автомобілів призводять до того, що для їх виготовлення у вітчизняному та зарубіжному автомобілебудуванні використовується переважно високоякісна сталь. Опорна балка вітчизняного великовагового причепа виготовлена з 40-кратного сталевого прокату круглої труби. Вибір даного виду сталі зроблений з урахуванням її високих механічних властивостей і прийнятної вартості. Сталь 15х та 20х сталь коштують однаково, але їхні механічні властивості погіршуються. Найкраща за механічними властивостями сталь 40ХГСа, яка на 25% дорожча за 30х.

Досліджено вплив різних конструктивних факторів, у тому числі матеріалу підкладки, на опір втомі. Випробування проводили на вертикальний згин з нульовим циклом і динамічним коефіцієнтом 2,5. Згідно з результатами випробувань, заміна сталі 45 на 40Х не збільшила циклічну довговічність балок, а заміна на сталь 18ХГТ призвела до підвищення стійкості на 12%. Разом з тим, при виготовленні опорних мостів ведучих мостів автомобілів ЗІЛ-130 було визнано доцільним перейти від тріщинуватої сталі 40Х до сталі 35 з низькими механічними властивостями.

Крім якості матеріалу, на втомну міцність балки Жовтневої істотно впливають технічні фактори. Так, Волохов Г. М. за даними дослідження, продуктивність та об'ємне нормування зварювання нерозплавленими електродами в середовищі аргону зменшили періодичний ресурс балок букс напівпричепа ОДА3-9370 на 12% і 28% відповідно, а оброб. шви зі шліфувальними кругами підвищеної міцності. 27% термін служби. Давидов А. П. За даними дослідження, поверхневий зварювально-клейовий шар в зоні стику підвищив міцність на розрив стелажів причепа ОДА3-885 на 70 %. Порівняно з термічною обробкою (відпал з наступним охолодженням масла) змашування значно менш ефективне.

Найефективнішим способом продовження терміну служби балок є модифікація конструкції балки, щоб зменшити концентрацію напруги, викликаної зварюванням в області розтягнутих волокон. При вертикальному згині ресурс осьової балки напівпричепа ОДАЗ-9370 збільшився майже вдвічі, а ресурс причепа ГКБ-8350 збільшився на 38%.

4.1.3. Надійність осі в експлуатації

Серед усіх видів несправностей операційної системи автомобіля найнебезпечнішою є поломка осі. Згідно з Класифікатором несправностей причепів, несправності осей причепів належать до третьої найбільш критичної групи, з одного боку, через можливий ризик дорожньо-транспортних пригод, а з іншого боку, через те, що ремонт дуже складний і дорогий.

Для отримання інформації про експлуатаційну надійність великовантажних осей були проаналізовані дані періодичних контрольних випробувань, проведених на Машиновипробувальній станції (МТС) з 1973 по 1986 рік. Контрольні випробування проводились у звичайний робочий час на місці розташування машини. Випробувальна станція на 2000 годин роботи, що відповідає 50% напрацювання, передбаченого ТУ на тягачі даного класу: причіп ММЗ-768Б (16 одиниць), причіп ММЗ-768 (20), напів ММЗ. Причіп - 771Б (15 од.) та напівпричепа ММЗ-771 (22 од.), проаналізовано дані 12 МІС по 73 причепах. Визначено результати випробувань, факти відмов осей та інтервали відмов для цих типів причепів (табл. 4.1).

Таблиця 4.1

Поломка осі за даними контрольних випробувань

Модель причепа (напівпричепа).	Кількість перевірених причепів	Кількість причепів зі зламаними балками	зараз
ММЗ-768Б	16	1	200
ММЗ-768	20	1	214
ММЗ-771Б	15	2	1255; 773
ММЗ-771	22	–	–

Крім того, були оброблені прилади спостереження під час нормальної експлуатації великогабаритних напівпричепів: загалом було відстежено 84 причепа: 7 причепів ММЗ-768Б, 13 причепів ММЗ-768, 17 ММЗ-771Б та 77 напівпричепів, що експлуатувалися під нагляд Контроль підсобних господарств у Київській, Черкаській та Тернопільській областях. Досліджені причепа використовувалися для перевезення мінеральних та органічних добрив, будівельних та інших матеріалів на початку сільськогосподарського сезону.

Дані про несправності осі причепа при нормальній експлуатації наведені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2

Поломки осі під час експлуатації

Модель причепа (напівпричепа).	Кількість перевірених причепів	Кількість причепів зі зламаними балками	зараз
ММНС-76118В	71	–	–
МММЗ-768	131	–	–
ММНС-7711В	171	11	39612
МММЗ-7711	471	11	26115

Як видно з даних таблиць 4.1 і 4.2, спостережувані при випробуваннях і нормальній експлуатації відмови підшипників буксів тягача чітко поділяються на дві групи в залежності від часу між відмовами. Частина відмов зафіксована до 1000 робочих годин і, за спостереженнями автора, була зумовлена в основному відхиленнями від технологічного процесу під час виробництва (випалення, порушення температурного режиму зварювання, використання труб різного прокату, край зварювання досягає краю заготовки тощо). Інша частка відмов була зареєстрована, коли машина працювала понад 2000 годин і на балці мосту виникало втомне пошкодження (рис. 4.1).



Рис. 4.1 – Руйнування осі балки в процесі експлуатації

У всіх випадках були зруйновані балки півосі в місцях зварювання, особливо там, де були приварені гальмівний супорт і кронштейн ресори. При цьому, як показує практика, тріщини виникають швидко і швидко, що ускладнює або унеможлиблює швидке виявлення неполадок і запобігання аваріям.

Оскільки опори осей причепа є одним із ключових елементів безпечної експлуатації, вони повинні працювати без ремонту протягом усього терміну експлуатації причепа. Проте, згідно з інформацією таблиць 4.1 та 4.2, поломки балок осей трапляються до 4% досліджених причепів, що свідчить про недостатню надійність таких конструкцій. Для підвищення загальної надійності потрібні вдосконалення їх конструкції.

4.1.4. Фактори праці та методи їх оцінки

В процесі експлуатації осі причепа піддаються впливу складної системи просторових сил. Опори осей поглинають вертикальні, горизонтальні та поздовжні (бічні) навантаження, згинальні моменти через реакції дороги та крутні моменти через гальмування.

Існуючі методи проектування та випробування опор осі причепа, такі як: В. некеровані опори передньої осі автотранспортних засобів, зосереджені насамперед на оцінці вертикальних навантажень на вигин. Проте експериментальні дані показують, що горизонтальне навантаження на балку передньої осі автомобіля може досягати 50% і більше. вертикальні і їх протяжність збільшується з погіршенням стану дороги. Навіть причепа, які використовуються в основному в суворих дорожніх і позашляхових умовах, стикаються зі значними горизонтальними зусиллями.

При експлуатації важких напівпричепів і при контрольних випробуваннях на стендах машин ламаються колісні болти, руйнуються підшипники, зминаються і зісковзують різьби на болтах і осьових болтах. спостерігається. Ці поломки викликані значними поздовжніми навантаженнями (боковими навантаженнями) на колеса причепа.

Дослідження показують, що бічні навантаження на осьові балки передньої підвіски напівпричепа ММЗ-768Б за типових умов експлуатації можуть в 1,9-4,3 рази перевищувати статичне навантаження. Напруга розтягування-стиску, викликана цими поперечними силами, залишається низькою через великі поперечні перерізи балки, але згинальні моменти поперечних сил у вертикальній площині мають значний вплив. Отже, основні деформації тіл осей викликані вигином у вертикальній і горизонтальній площинах.

Нерівності дорожнього покриття більше впливають на навантаження, діючи на несучу частину шасі автомобіля. При цьому мікропрофіль суттєво впливає на термін служби цапфи. Профілі створюють квазістатичне навантаження, а нерівності згладжуються шинами. Нерівності, які складають мікропрофіль, розподілені випадковим чином і вимагають використання пристрою випадкової функції для їх ідентифікації. Кількісні властивості мікропрофілів і методи виготовлення були проаналізовані в численних дослідженнях.

Методи оцінки динамічного навантаження вузлів і агрегатів автомобіля розроблені А. С. Гусєвим, С. С. Дмитриченком, В. В. Когаєвим, О. Ф. Трофимовим, Д. Г. Ковалевським, О. Свенсоном, Г. Якобі та іншими.

При дослідженні динамічних навантажень напруження, деформації та навантаження на елементи автомобіля розглядаються як випадкові процеси.

Для розрахунку довговічності та проведення випробувань випадкові процеси навантаження повинні бути представлені у вигляді ряду змін величини навантаження (робочого навантаження). Тому при аналізі випадково завантажених процесів головне використовувати метод, який підходить і найбільш підходить для конкретного випадку: схематизація, тобто пошкодження.

Дослідження вчених визначають класифікацію відомих методів картографування та залежність розрахункового ресурсу від вибору методу картографування.

Методи планування можна розділити на монопараметричні та біпараметричні залежно від кількості параметрів, що зберігаються під час вибору петель або польових навантажень: у непараметричній схематизації параметром є амплітуда вибраного контуру, тоді як у біпараметричній схематизації параметром є амплітуда та середнє - або мінімальне і максимальне значення навантаження ланцюга.

Найпоширенішими схематичними методами є наступні.

Метод максимальних значень як амплітуд напруги враховує лише максимальні значення, які перевищують середнє значення процесу навантаження. Розподіл максимальних значень вважається симетричним розподілу мінімальних значень відносно середнього. Цей метод занижує очікуваний термін корисного використання порівняно з фактичним.

Метод екстремальних значень враховує максимальні значення вище середнього рівня процесу навантаження і мінімальні значення нижче середнього. Цей метод занижує очікуваний термін корисного використання.

Процедура розгляду екстремального значення між двома ділянками середнього рівня враховує лише екстремальне значення з найбільшою амплітудою в кожній ділянці між двома сусідніми ділянками середнього рівня. Цей метод призводить до схематичного процесу, який є менш руйнівним, ніж реальність.

Коливальний метод заснований на тому, що половина коливання між двома сусідніми крайніми значеннями вважається амплітудою процесу навантаження з урахуванням усіх екстремальних значень. Цей метод дозволяє створити модель процесу з меншим руйнівним впливом, ніж реальний процес. Існує дві модифікації методу: загальні коливання і коливання понад певного значення. Метод має одну параметричну ознаку та дві параметричні ознаки (з урахуванням середнього значення кожного циклу).

При перехідному методі підраховується кількість переходів процесу через окремі ступені перевантаження і на основі цієї інформації визначається функція розподілу амплітуди напруги.

У методі повного циклу високочастотні коливання підраховуються та вилучаються індивідуально з процесу навантаження. Це дозволяє виділити основний коливальний процес. Метод повного циклу враховує як основні цикли, так і цикли, що перекриваються, і, таким чином, забезпечує найкращу відповідність з точки зору ефектів пошкодження між контуром і фактичним стохастичним процесом порівняно з описаними раніше методами.

Дуже близьким до методу повного циклу є метод преципітації, який розглядає цикл як замкнутий цикл напруга-деформація-гістерезис. Цей метод забезпечує майже такі самі прогнози стійкості, як і метод повного циклу.

Недоліком методів, що розглядаються, є те, що вони не враховують асиметрію навантажень, яка суттєво впливає на втомну міцність. Цей недолік усувається методом циклічного аналізу, запропонованим Е. К. Респектозо.

Для випадкових процесів вузького рівня всі методи побудови графіків дають майже ідентичні результати. Для широкосмугових випадкових дій, як

показав С.С.Дмитренко, обчислювальна стійкість методу випадкових функцій не відрізняється більш ніж на 0,26-1,9.

Тому не існує універсального методу схематизації випадкових процесів. Спосіб створення діаграми необхідно вибирати відповідно до типу навантаження і необхідної точності розрахунку.

Послідовність випадкових амплітуд, отримана після схематизації процесу навантаження, піддається подальшій обробці для побудови закону розподілу. В даний час для визначення функції розподілу і відповідної щільності розподілу використовується більше десяти законів. Найпоширенішим на практиці є нормальний розподіл, хоча доступні також нормальний, експоненціальний і коливальний розподіли зміщення.

Для дослідження частотних характеристик процесу зарядки розраховано кореляційну функцію та спектральну щільність. Пряме використання кореляційної функції для обробки результатів тестування є відносно обмеженим і в основному використовується для визначення функції спектральної щільності. Спектральна щільність процесу характеризує щільність розподілу дисперсії процесу з частотою і може ефективно використовуватися для оцінки амплітуди та частотного складу робочого навантаження.

Дослідження показують, що поломки осі причепа зазвичай носять нудний характер. Ці поломки викликані комбінованим впливом статичних і динамічних навантажень. У цьому контексті доцільно розглядати навантаження на вісь під час експлуатації для кожного з цих факторів окремо. При цьому дослідження статичних навантажень проводиться максимально детально з метою виявлення найбільш напружених ділянок і тих, на яких можна заощадити на зниженні металоємності. На цьому етапі можна використовувати чисельні методи аналізу напружено-деформованого стану, що є ефективним способом оптимізації конструкції на етапі проектування.

4.2. Визначення напружено-деформованого стану балки

Поперечина осі причепа (рис. 1). 4.2) є складною просторовою структурою, тому розрахунок аналітичними методами практично неможливий без істотного спрощення геометрії.

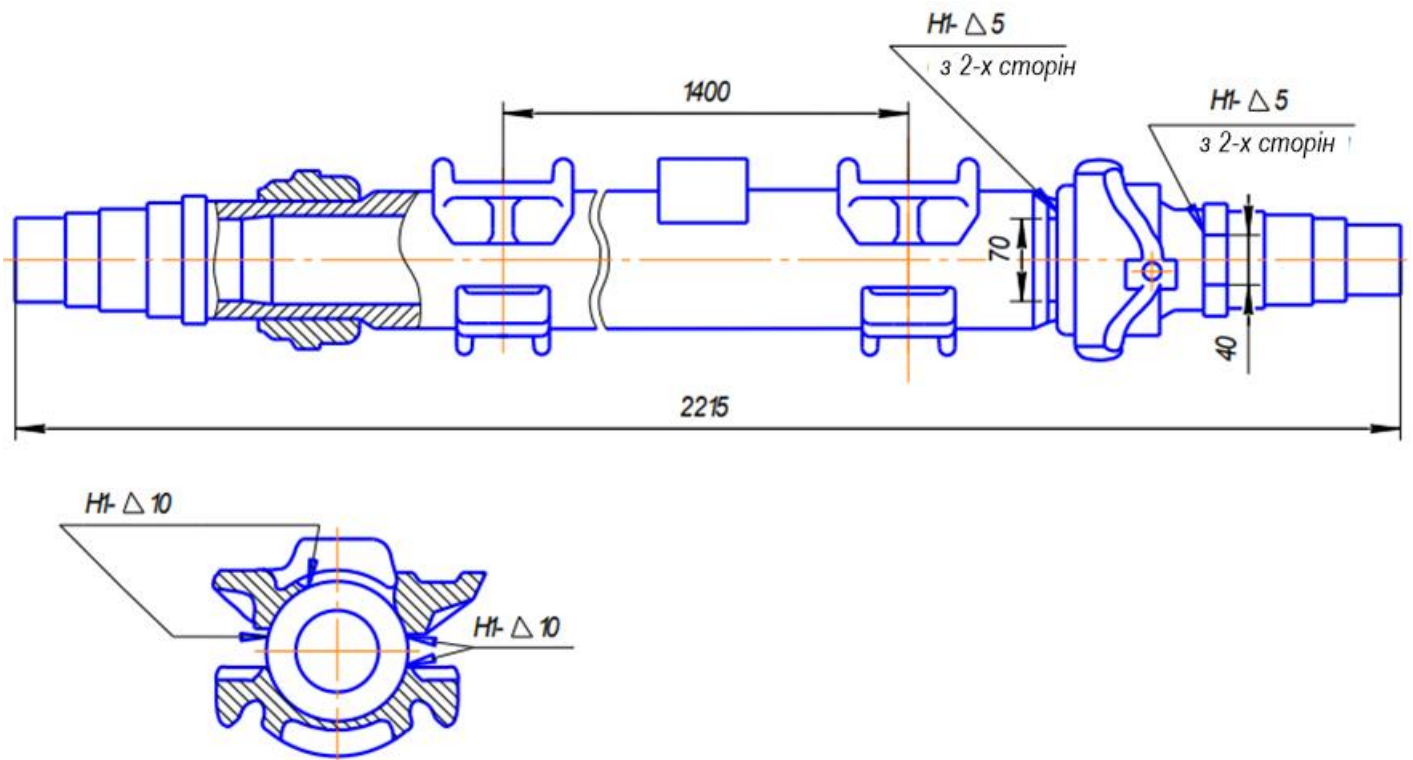


Рис. 4.2 – Опора осі напівпричепа ОЗТІІ-9554

Метод скінченних елементів дозволяє максимально врахувати вплив структурних властивостей компонента, що вимагає поділу цікавить нас частини на ряд підобластей, геометричні властивості яких описуються простими аналітичними виразами. .

Розроблено багато комп'ютерних систем, які використовують метод кінцевих елементів і можуть розраховувати статичну міцність складних просторових конструкцій. Ефективність вирішення таких задач залежить від наявних аналітичних навичок, зокрема алгоритмів, які використовуються для чисельного формулювання та розв'язання алгебраїчних рівнянь.

4.2.1. Вибір розрахункової схеми

Оскільки осьова балка причепа є товстостінною трубчастою конструкцією змінної жорсткості та змінного об'ємного перетину, її конструкція потребує використання об'ємних торцевих елементів як кінцевих елементів.

Важливим фактором досягнення максимальної ефективності обчислювальних систем з використанням методу скінченних елементів є використання об'ємних (тривимірних) елементів конструкції з параметричним представленням геометрії [39]. Елемент також використовується для опису геометричних властивостей елемента. Елементи, у яких порядок кривих, які визначають межі елемента, також використовується для опису геометричних властивостей елемента, таким чином порядок кривих, які визначають межі елемента, також використовується для опису геометричних властивостей елемента. Межі елемента відповідають порядку переміщуваних функцій. Це значно зменшує кількість ступенів свободи, які вимагає математична модель для визначення меж кривих (типово для осьових балкових конструкцій). Враховуючи вищезазначене, для дискретизації досліджуваної структури використано 20-вузловий об'ємний елемент та параметричні елементи другого порядку. У деяких випадках через особливості топологічної конструкції використовувалися 8-вузлові об'ємні елементи. Ці елементи показано на рисунку 4.3. Кожен елемент вузла має три ступені вільності (осьово-лінійний рух у сферичній системі координат). Вихідними даними для визначення елементів є координати вузлів і пружні властивості матеріалу (модуль пружності і коефіцієнт Пуассона).

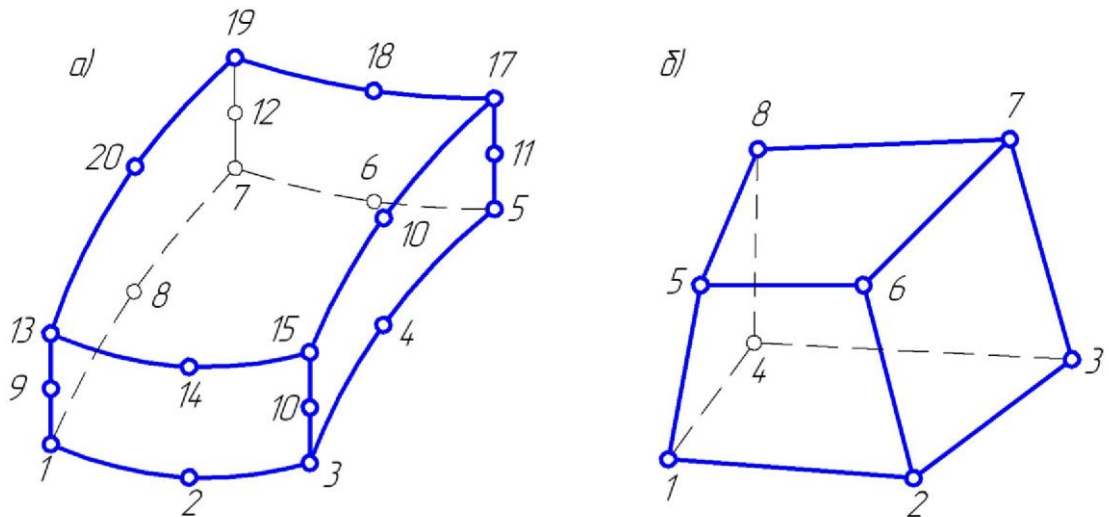


Рис. 4.3 – Об’ємні елементи для розрахунку дорожнього покриття:

- а) двадцятивузловий елемент другого порядку;
- б) Восьмивузловий елемент

Для розрахунку осьову балку представляють у вигляді геометричного тіла, в якому повністю зберігаються розміри і форма труби, а також спрощена геометрія з’єднань при збереженні взаємного розташування і конфігурації контактних поверхонь. Опорні секції між кінцями та підшипниковим вузлом не включені в проектне креслення. Гальмівні супорти сконструйовані як ступінчасті циліндри, вирівняні з корпусом несучої частини, а їхня геометрія враховує властивості жорсткості справжніх компонентів. Геометрія кріплень підвіски зберігає геометричні властивості справжніх компонентів.

Через симетричність перехресної балки та навантаження, що діє в розрахунковому режимі, розрахунки проводять для половини балки.

У математичній моделі зварювання елементів перетину відбувається по лініях, що відповідають зварним швам.

Складність реальної структури (точніше, мінімально прийнятної кінцевої моделі) висуває значно вищі вимоги до адекватності методики розрахунку. Крім того, великий обсяг вхідних даних створює значні труднощі при налагодженні. З цієї точки зору проблему потрібно вирішувати поетапно. Використовується метод скінченних елементів, так званий метод субструктур.

Це метод скінченних елементів, у якому окремі компоненти структури, так звані субструктури, розміщуються на сітці вузлових гіперонів через «зовнішні» ступені свободи, так само, як елементи розміщуються на сітці вузлів. Такий підхід збільшує розмір розв’язуваної проблеми та скорочує час обчислень.

Відповідно спрощена геометрична модель балки розбивається на шість підконструкцій (далі групи елементів): монтажну ділянку циліндричної несучої групи; частина балки з супортом, пружинним опором, сходовою основою, кінчними частинами і опорною поверхнею супорта; циліндричний перетин середньої частини балки. Кожна група елементів, у свою чергу, розділена на багаторівневі скінченні елементи (FE) уздовж перетину, перпендикулярного до осі симетрії групи елементів.

4.2.2. Результати розрахунків

Нижче наведено результати розрахунку навантаження на осьову балку напівпричепа ЗОТ-9554 під статичним впливом ваги навантаженого напівпричепа.

Через пружинну опору на балку передається навантаження пропорційно площі контакту цих елементів. У розрахунках враховуються зусилля, що виникають при затягуванні кронштейнів, які охоплюють балку через опору пружини. Через форму контактних поверхонь розподіл цих зусиль уздовж водила нерівномірний навіть при однакових моментах затягування; Але ці сили врівноважують одна одну і не викликають інших зовнішніх впливів, а лише локальні деформації балки в місцях кріплення пружини. При цьому реакції підшипників повинні бути рівномірно розподілені по всій їх ширині.

Фіксацію проводили шляхом фіксації переміщень у зовнішній зоні підшипника та визначення внутрішніх реакцій підшипника відповідно до умов рівноваги з урахуванням зроблених припущень.

Результати розрахунку включають наведені компоненти тензора напружень для кутових вузлів і в центрі мас елемента.

Крім того, там розраховуються еквівалентні обмеження (за Мізохом):

$$\sigma_o = \sqrt{\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z - \sigma_x \sigma_y - \sigma_y \sigma_z - \sigma_z \sigma_x + 3(\tau_{xy}^2 + \tau_{zy}^2 + \tau_{zx}^2)}, \quad (4.1)$$

Нижні індекси в позначеннях вказують на орієнтацію компонент тензора напружень у глобальній системі координат.

На рис.4.4 наведено розрахункові діаграми нормальних напружень, що діють уздовж верху та низу балки у її вертикальній площині. На цьому ж малюнку зображено діаграми еквівалентних напружень σ_{eq} , що виникають в тих самих точках поверхні. Близькість форми нормальної та порівняльної діаграм напружень пояснюється тим, що для балки такого виду навантаження основним силовим фактором є вертикальний вигин.

Напружений стан у точках поверхні балки визначали перетворенням компонент тензора напружень із глобальної системи координат у локальну систему координат. Це дозволяє порівнювати розрахункові дані з експериментальними, отриманими за допомогою тензодатчиків, закріплених на поверхні балки.

Локальну систему координат отримують шляхом повороту глобальної системи на кут α навколо поздовжньої осі променя. У цьому випадку кут α вважається додатним, якщо обертання відбувається проти годинникової стрілки (відносно додатного напрямку x -осі).

Компоненти тензора напружень у системі координат. Відповідно до визначення тензора другого порядку через коефіцієнти в білінійній формі [3] можна записати.

$$\sigma_{kl} = \alpha_{ki} \alpha_{lj} \sigma_{ij}, \quad (4.2)$$

Або σ_{kl} – Матриця косинусів при повороті системи координат.

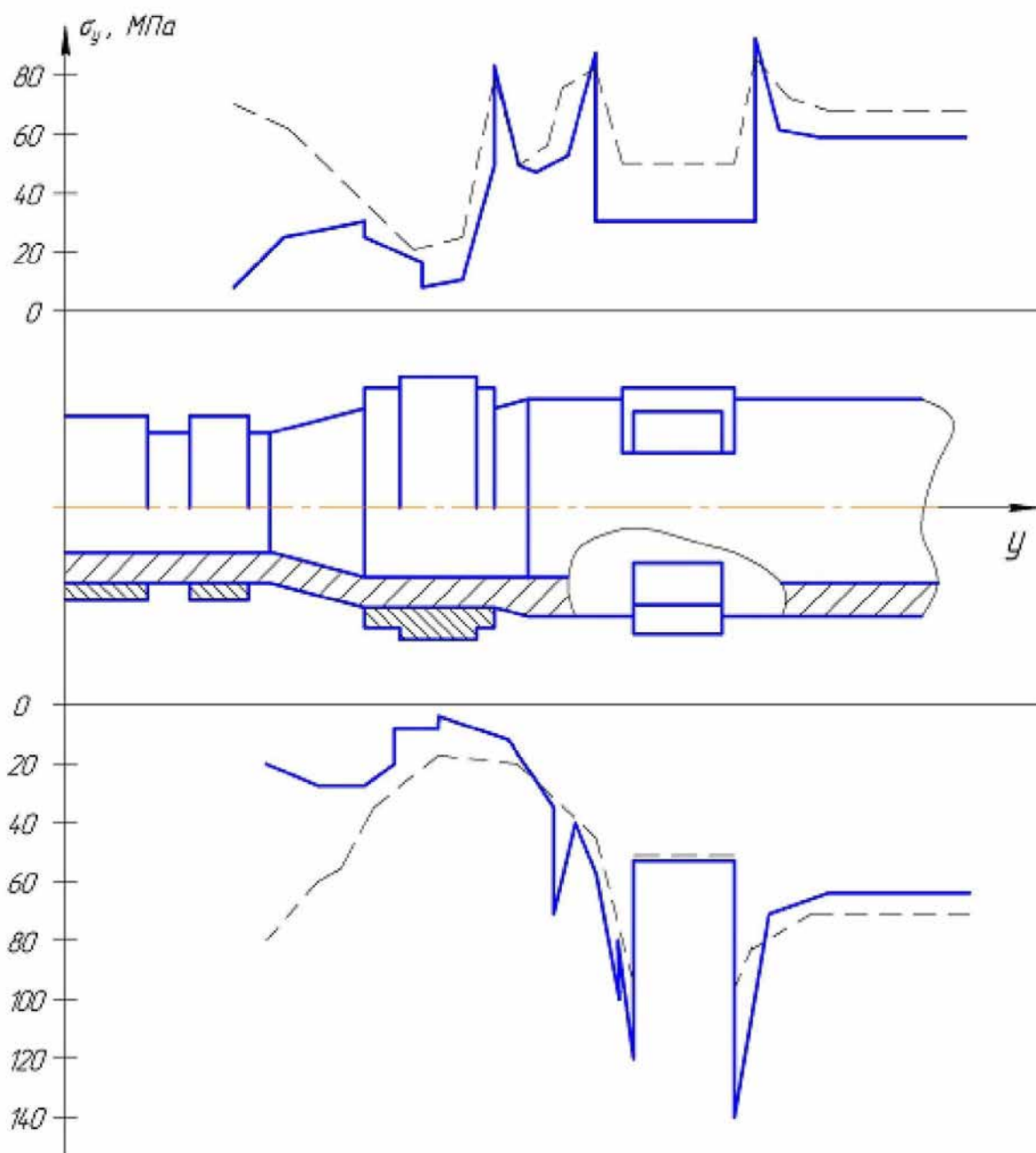


Рис. 4.4 – Розрахункове статичне навантаження верхньої та нижньої зварних балок:

Для складових тензора напружень, які можна визначити експериментально на поверхні балки, після проведення відповідних розрахунків отримано рівняння:

$$\begin{aligned}
\sigma'_x &= \sigma_x \cos^2 \alpha - \sigma_z \sin^2 \alpha + \tau_{xz} \sin 2\alpha \\
\sigma'_y &= \sigma_y \\
\tau'_{xy} &= \tau_{xy} \cos \alpha - \tau_{yz} \sin \alpha
\end{aligned}
\tag{4,3}$$

Напруження в робочих перерізах II-II та III-III (рис. 4.4) визначали за даними, отриманими для вузлів цих ПБ, з урахуванням їх розташування в межах відповідного ПБ.

Як показують розрахунки, у зв'язку з високими нормальними та еквівалентними напруженнями та їх ухилами в перерізах балок, що відповідають переходу від армованого перерізу до трубчастого, необхідно розробити заходи щодо забезпечення стійкості конструкції балки. При цьому обчислювальна модель є основою для проведення обчислювальних експериментів для визначення найбільш раціональних технічних і конструктивних варіантів.

Щоб зробити остаточний висновок про доцільність використання розрахункової моделі, необхідна експериментальна перевірка.

4.3. Результати експерименту по нарузі

Розрахунки, проведені за описаною вище методикою, показують, що для жорстких осей напівпричепів майже повністю виключаються пошкодження, спричинені статичними навантаженнями внаслідок впливу вантажу, що транспортується. У той же час може статися так, що основна частина причепа з плаваючим вантажем (наприклад, заморожені сипучі матеріали, силос, вологе органічне добриво тощо) буде піднята. Визначення навантажень на осі в таких режимах має самостійне значення.

4.3.1. Визначення статичного навантаження

Експериментальне дослідження тензометричним методом проведено на навантаженій поперечній балці. Через значні перепади напруги та виявлені на

основі розрахунків конструктивні особливості (рис. 4.4) використано малогабаритні тензорні резистори типу КФ5П з базою 5 мм. Статичні напруження, що виникають внаслідок дії вертикальних сил, визначали за допомогою тензодатчиків, закріплених на верхній і нижній частині балки в положеннях, що відповідають номінальному навантаженню причепа (враховуючи обертання осі, закріпленої на ресорах, при натисканні ресор). були продовжені). деформуються). Через симетричність променя датчики розташовані лише ліворуч відносно напрямку руху (рис. 4.5). Схема підключення датчика напівскладна з активним датчиком і стабілізатором. Для реєстрації статичних зарядів використовувався 10-канальний цифровий тензорний резистор ІДЕ-1.

Оскільки балки передньої і задньої підвіски тракторів великої вантажопідйомності розраховані на однакові осьові навантаження, складаються з уніфікованих деталей і відрізняються лише конструкцією ресор кріплення з однаковими показниками пружності, їх статичні навантаження можна вважати однаковими.

У таблиці 4.3 наведені значення статичних напружень, виміряних на осі напівпричепа ОЗТП-9554 при різних видах навантажень:

Z0 – кузови з переднім (R) або заднім завантаженням (З);

П1,2 – підйом передньої частини тулуба з вантажем, що висить під максимальним кутом(50°); Z1,2 – підйом задньої частини тіла з висячим вантажем під максимальним кутом (50°).

Символ «+» у позначенні режиму заряджання означає, що кузов автомобіля піднімається в одному або іншому напрямку одночасно.

Значення індексу «1» означає підйом тіла в сторону, відповідну положенню датчика на осі, а значення індексу «-» – підйом в протилежну сторону.

Аналіз даних у табл. На рис. 4.3 видно, що при симетричному навантаженні балки зона максимального навантаження знаходиться в середині балки, тобто датчик № 15-20 ($\sigma = 64\text{--}68$ МПа), а також площа датчика № 3 ($\sigma =$

64 МПа). Максимальне статичне навантаження зафіксовано при підйомі передньої платформи з підвішеним вантажем ($\sigma = 102$ МПа, датчик № 13). Тому напруги в балках значно нижчі від межі текучості при всіх видах статичного навантаження. (500 МПа для сталі 40Х).

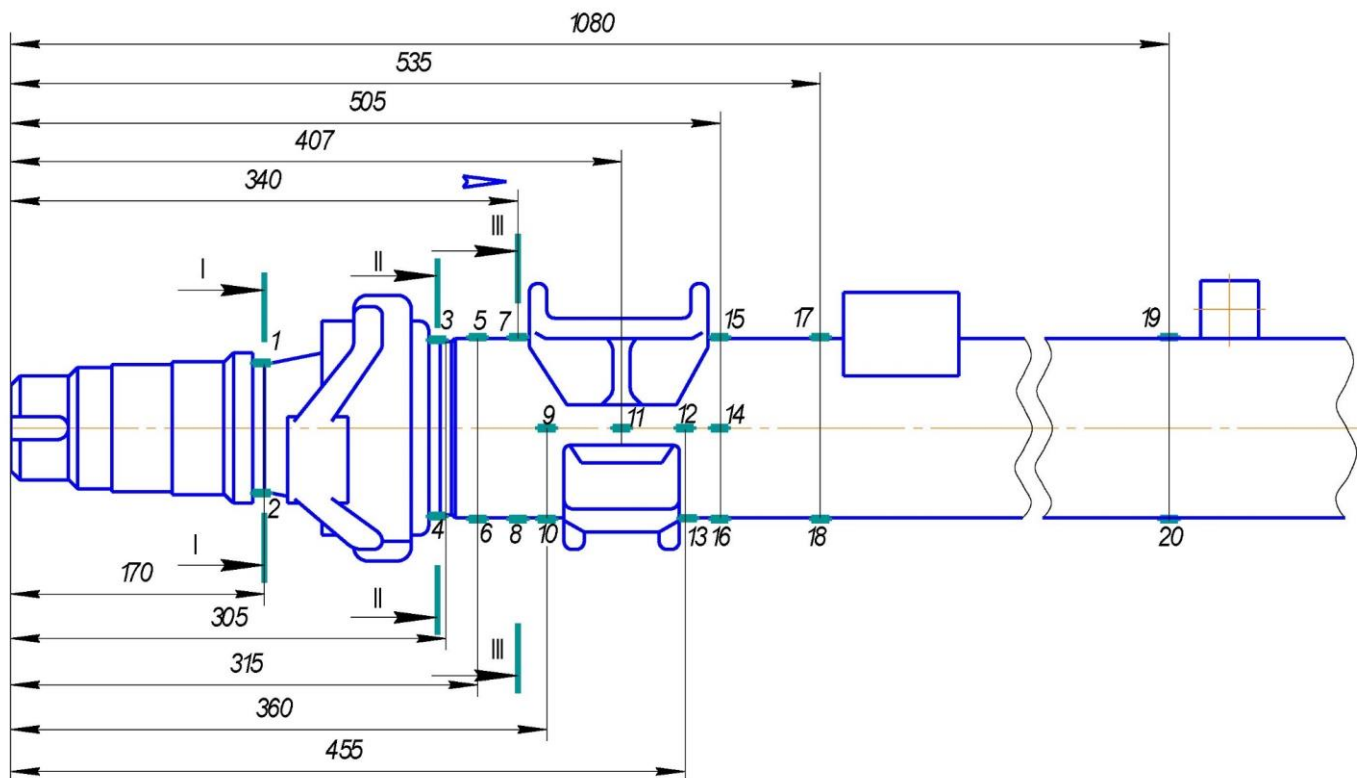


Рис. 4.5 – Схема наклеювання датчиків на вісь напівпричепи ОЗАТП – 95254

Порівняння отриманих даних з розрахунковими показує хорошу збіг. У перерізах балок без конструктивних концентраторів напруг максимальна різниця між експериментальними і розрахунковими значеннями напружень не перевищує 12%.

Слід зазначити, що в осьових балкових конструкціях навантаження можна визначити за фактичними навантаженнями, а не за значеннями напружень. У цьому випадку залежність між діючою силою і напруженнями в балці можна вважати лінійною. Це пояснюється тим, що найнижчі власні частоти балок (більше 10 s^{-1}) значно перевищують відомі частоти діючих навантажень.

4.4. Процедура тестування

Вирішальним фактором для вибору режиму випробувального стенду є відтворення реальної картини навантаження. Критерієм вибору правильного режиму є ідентичність руйнування на випробувальному стенді та в реальній експлуатації.

Відправною точкою для проведення прискорених стендових випробувань корпусів осей є втомні властивості на основі основних деформацій.

Зокрема, встановлено, що криві втоми перехресних балок можуть перетинатися (рис. 4.4). Таким чином, результати випробувань залежать від умов стаціонарного навантаження. Щоб уникнути неправильного тлумачення результатів випробування, режим випробування повинен бути встановлений таким чином, щоб прикладене навантаження було менше точки, в якій можуть перетинатися криві втоми.

З урахуванням отриманих результатів були проведені порівняльні випробування балок з хрестовинами, які зазнали стаціонарного навантаження, що змінюється по відношенню до нульового циклу, і статичного навантаження, що дорівнює 26 разам. Критерієм граничного стану для наскрізної балки є зародження тріщини або втомне руйнування.

Порівняльні випробування балок букс проводили на спеціальному гідроударному стенді, розробленому в лабораторії та модифікованому для заводських умов. Стенд являв собою двоциліндровий акумулятор, створений на базі гідросистеми випробувача ГЕРМ-1. Гідронавантажувач (рис. 4.11) має нижню опорну плиту 1 і верхню плиту 2 і з'єднаний з основою через стійку 3. Стійка має кріпильну ділянку 4 і опорну ділянку 5, внутрішній профіль яких відповідає осі 6 балки, що випробовується. Верхня плита 2 оснащена гідроциліндром приводу 7, поршні якого передають навантаження на проміжну плиту 8.

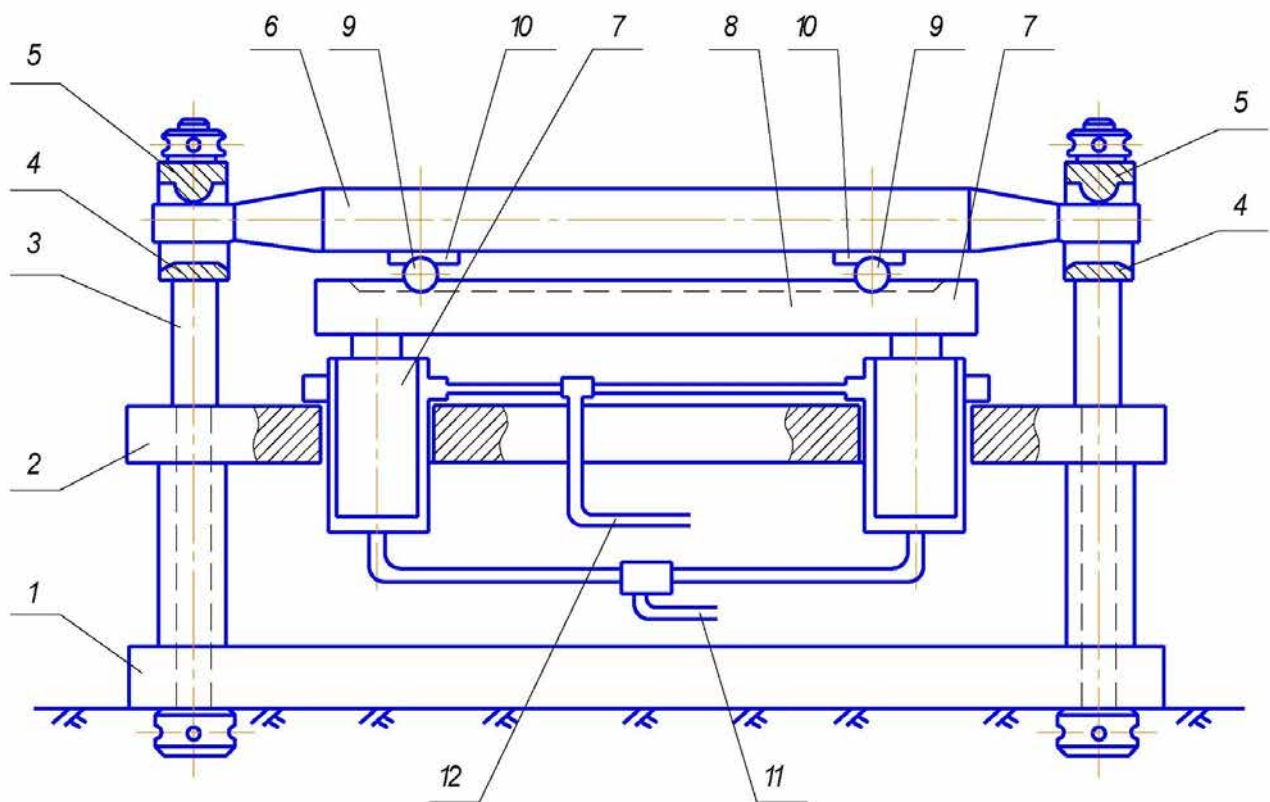


Рис. 4.11 – Схема гідронавантажувача осьового випробувального стенду

Через шарикопідшипники 9 і опорний шнур 10 навантаження передається на пружну опору випробувальної балки. По трубопроводу 11 гідравлічна рідина від пульсатора подається в робочий гідроциліндр. Відкачування робочої рідини здійснюється по трубопроводу 2 після протікання через простір між корпусом і поршнем робочого гідроциліндра.

Змінний тиск у робочому гідроциліндрі забезпечується пульсатором машини ГЕРМ-1, що дозволяє регулювати довжину ходу поршня. Статична складова тиску, яка забезпечує цикл без навантаження, створюється додатковою насосною станцією, яка приводить в рух G46-17.

Загальний вигляд випробувальної установки для балок мосту показано на малюнку 4.12. Крім описаних вище гідронавантажувача, пульсатора і насосної станції, в систему входить пульт управління з датчиком сили і елементами схеми управління електроприводом. Завдяки пульсатору і датчику сили випробувальної машини ГЕРМ-1 навантаження на балку можна регулювати в широкому діапазоні. Тестове навантаження можна встановити з точністю

$\pm 2,5\%$, а процес тестування можна автоматизувати. Динамічні властивості гідравлічного приводу гарантують частоту зарядки до 400 циклів на хвилину.

Досвід експлуатації систем показав, що динамічні властивості гідроприводів не допускають циклічного навантаження при високих навантаженнях. з коефіцієнтом асиметрії $r = 0$. Випробування корпусів осей проводили з меншим значенням коефіцієнта асиметрії. $r = 0,11$.

4.4.1. Результати випробувань

Досвід роботи з осьовими опорами зі сталі 40Х і результати випробувань підтверджують високу чутливість цієї сталі до інтенсифікаторів зварювання.

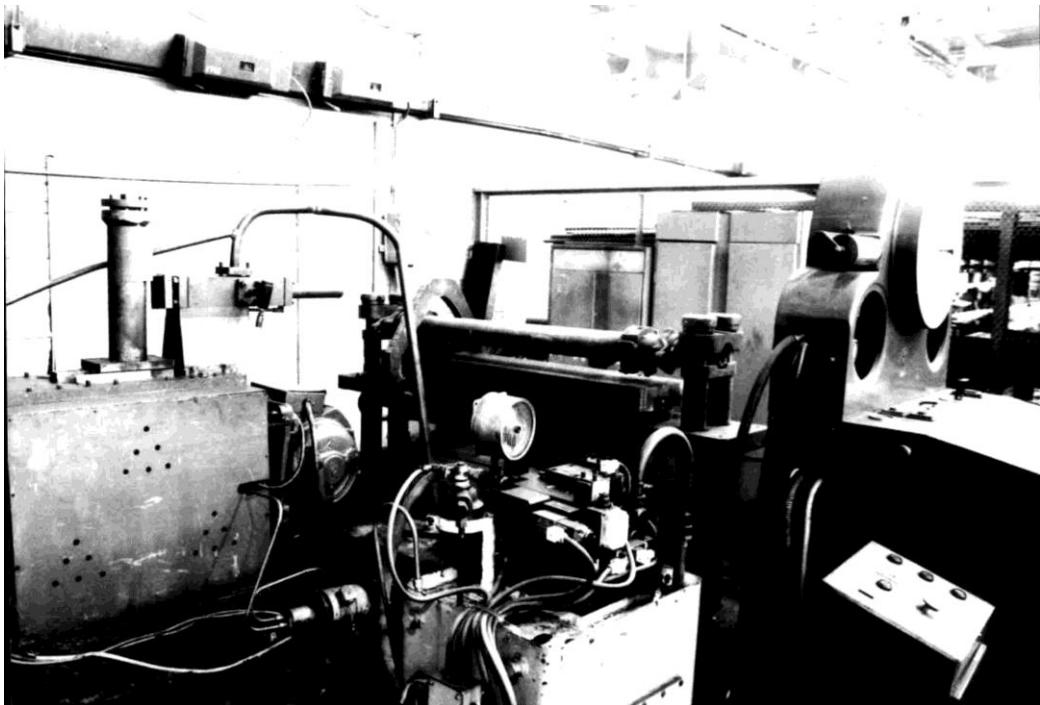


Рис. 4.12 – Загальний вигляд випробувальної системи циклічної осі

У зв'язку з цим перевірено можливість виготовлення опор з інших матеріалів, у тому числі з вуглецевої сталі: за серійною технологією виготовлено та випробувано чотири зразки осей напівпричепів ОЗТП-9554 з різних сталевих матеріалів. Випробування проводили згідно з процедурою, описаною в розділі 4.4.1, прикладаючи навантаження $P = 78$ кН до пружинних башмаків. За результатами випробувань визначено середній діапазон руйнування та стандартне відхилення при цьому рівні навантаження (табл. 4.5).

Результати балкових випробувань

Знак сталь	Механічні властивості зразків матеріалів		Середній час до відмови: 106 циклів.	Стандартне відхилення та час напрацювання на відмову, 106 циклів.
	твердість, NIV	Ударна міцність, 106 Нм-1		
38ХМ	255	0,4	0,93	0,19
40Х	220	0,6	1.14	0,07
35	195-210	0,7	1.28	0,36
20	145	–	0,77	0,49

Як показують механічні властивості матеріалу, єдина величина, яка має деякий зв'язок з довговічністю базових балок, виготовлених з цього матеріалу, - це величина ударостійкості. Погіршення механічних властивостей матеріалу збільшує мінливість результатів випробувань.

Результати випробувань показують, що для виготовлення балок осі можна використовувати 35 сталевих балок. Це знижує витрати і спрощує процес зварювання.

4.4.2. Реєстрація напруги під час випробувань на стенді.

Після дослідження динамічно навантажених осьових балок (рис. 4.3.2) у складних дорожніх умовах (наприклад, дороги IV категорії) напруга згину в горизонтальній площині стає порівнянною з напругою згину у вертикальній площині. Для повної імітації робочого навантаження Жовтневої балки при стендових випробуваннях необхідно забезпечити правильний напрямок її прикладання, а також певний порядок прикладання величини навантаження.

Для досягнення поставленої мети запропоновано стенд, що складається з основи з опорою, на якій встановлено щоглу, і циклічного навантажувального поста, обладнаного системою керування з пристроєм повернення щогли в залежності від напрямку руху вантажу. Під час випробування вісь повертається так, що змінюється напрямок руху вантажу вздовж осі.

Випробування визначає напрямок сили, що діє на вісь. вона Відносне положення осі по відношенню до вантажу визначається його значенням. Це дозволяє точніше моделювати напружений стан валів під час випробувань у робочих умовах.

Конструкцію стенду показано на рис. 4.13.

Підвіска складається з основи 1 з опорами 2 і 3, на яких через сектори 4 і 5 кріпиться вісь 6, що перевіряється. Гідроциліндри 7, оснащені динамометрами 8, з'єднані з можливістю обертання з віссю 6 через сферичні підшипники 9. Механізм обертання виконаний у вигляді черв'ячної передачі, де черв'ячна передача 10 жорстко з'єднана з віссю 6 через сектор 4 і нескінченний гвинт 11, з'єднаний з водилом 2.

Після кріплення осі 6 до опор 2 і 3 за допомогою секторів 4 і 5 і з'єднання гідроциліндрів 7 через кульові шарніри 9 програмний пристрій задає потрібний напрямок навантаження і встановлює відповідне положення осі. Черв'ячна передача повертає 6 осей в потрібне положення, після чого запускаються 7 гідроциліндрів. 8 динамометрів контролюють силу, створювану 7 гідроциліндрами, забезпечуючи підтримку необхідного режиму навантаження, а кількість циклів контролюється окремо. . Перемикач.

При досягненні заданої кількості циклів програмний пристрій змінює положення осі 6, а також встановлює нове значення сили та нову кількість циклів. Процес завантаження повторюється до тих пір, поки вісь не буде знищено або не буде досягнуто певний ресурс.

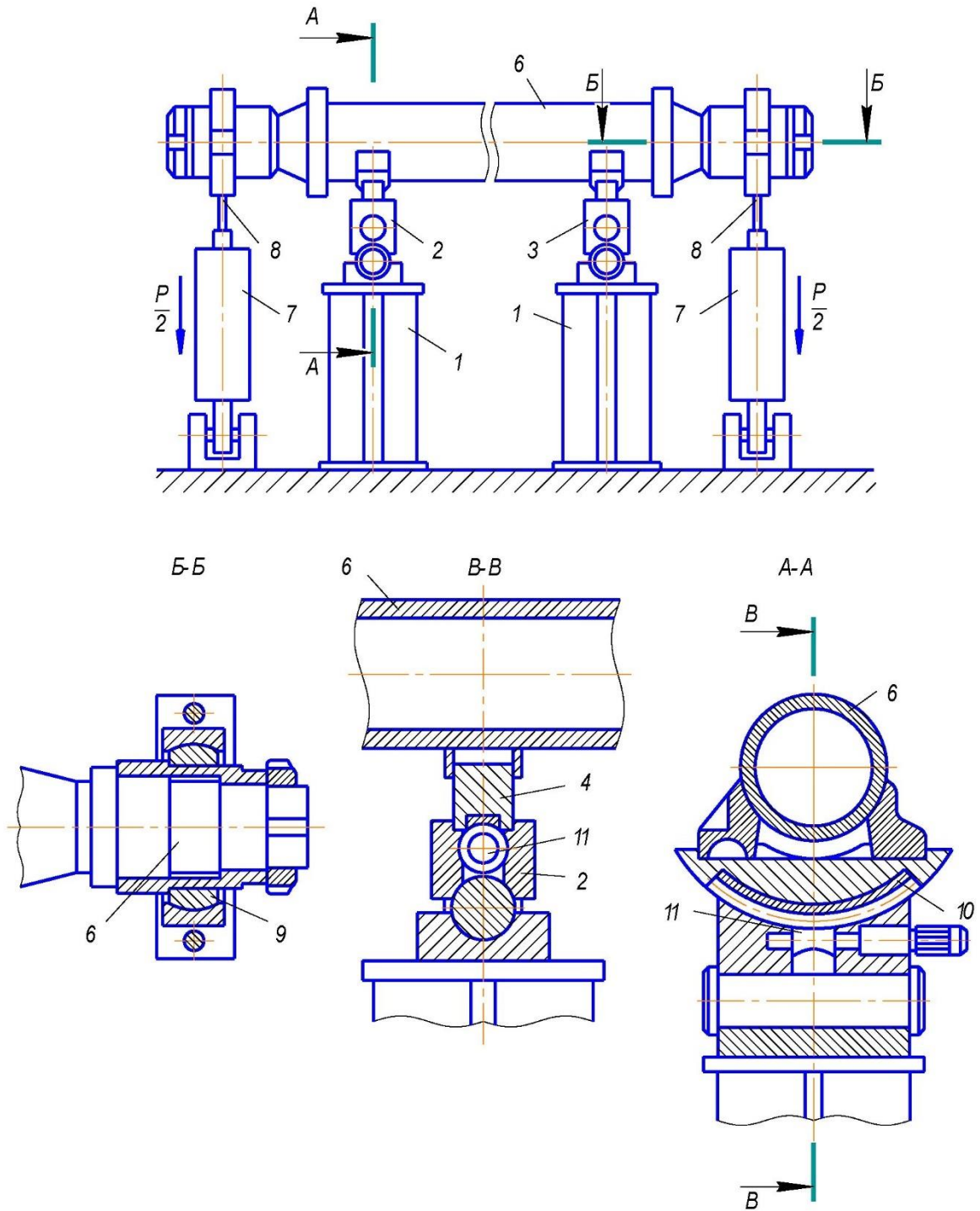


Рис. 4.13 – Стенд для перевірки осі причепа, який гарантує склад елементів навантаження

Техніко-економічний ефект від такої опори полягає в підвищенні точності стендових випробувань за рахунок наближення умов випробувань до реальних умов навантаження на вісь під час експлуатації; він також здатний виконувати випробування зварювання осей;

5. ПІДВИЩЕННЯ ТЕХНІЧНОГО РІВНЯ ЦІН

Загальні заходи щодо вдосконалення конструкції напівпричепа характеризуються такими основними ознаками

- Збільшити навантаження або вантажопідйомність пристрою до оптимальної межі;
- Зменшити власну вагу, щоб збільшити номінальну вантажопідйомність або зменшити питому вагу на землі.
- Конфігурація вантажної платформи відповідно до типу вантажу, що перевозиться;
- гідравлічна стабілізація приводів циліндрів;
- Використання шин з мінімальним тиском на ґрунт;
- Підвищення ефективності гальмівної системи та маневрених характеристик систем багато важільного шасі з подовженою колісною базою з урахуванням різних конфігурацій причепів і тягачів;
- Підвищення надійності та довговічності конструкцій за допомогою прискорених методів оцінки в дослідженнях і розробках.

Найважливішим із цих заходів є збільшення вантажопідйомності причепа, в основному за рахунок зменшення його власної ваги.

5.1. Знизити споживання металу

Основною метою впровадження цих заходів є здешевлення окремих металів, насамперед за рахунок використання дешевого сталевих прокату та легованих сталей.

Наприклад, в ході модернізації тракторів, що випускаються на Орському тракторному заводі, за участю автора були розпочаті наступні конструкційні заходи.

У переробленому дизайні причепа використовується одна платформа замість двох. Розроблено більш надійний гідравлічний механізм для автоматичного відкривання і закривання бічних панелей. У системі підвіски

використовуються полегшені пружини та спрощена конструкція стабілізатора поперечної стійкості.

При розробці конструкції причепа-самоскида особлива увага приділялася збільшенню виробничих потужностей і зниженню трудомісткості виготовлення окремих вузлів причепа. При розробці конструкції причепа враховувалися такі питання, як підвищення експлуатаційних характеристик і надійності причепа, зниження металомісткості і трудомісткості, складання вузлів і деталей, удосконалення організації виробництва.

Покращене шасі причепа має простішу просторову конфігурацію та легший доступ до пунктів збору, ніж базовий тип. Зварні шви переважно прямі, що дозволяє використовувати у виробництві механізовані потокові лінії.

Рациональне розташування каркаса і використання холоднокатаних профілів з низьколегованої сталі 10ХСНД, 09Г2 і 10Г2Б замість гарячекатаних профілів з вуглецевої сталі дозволило знизити власну масу каркаса на 100 кг і зменшити довжину зварних швів.

Платформа розроблена таким чином, щоб бічні профілі можна було використовувати без необхідності додаткового редагування. Це зменшує вагу платформи причепа на 60-90 кг.

Для зниження металомісткості і експлуатаційної міцності заднього шасі і стабілізатора застосована спрощена конструкція рами заднього шасі без литих опор стабілізатора. Це призвело до зниження ваги на 63 кг.

Ці заходи дозволили зменшити вагу причепа на 500-1000 кг.

Важливим резервом зниження металоємності виробу є метод пластичного зміцнення деталей, який практично не використовується в конструкції причепа. У цьому процесі деталі, що піддаються максимальному навантаженню, попередньо пластично деформуються, щоб створити залишкові напруги протилежного знаку, ніж під час експлуатації. Цей процес є перспективним, тому що його можна використовувати для деталей з великими термінами виробництва, які зазвичай виготовляються з прокатних профілів, а посилення

(перевантаження або термопластичність) можна проводити на металургійних заводах, які виробляють профілі.

Правильне використання цієї технології в будівельних матеріалах і ефективних конструкціях є синонімом використання низьколегованих сталей. Однак перспективи такого способу зміцнення значно ширші, оскільки його можна застосовувати для профілів і деталей з низьковуглецевих і низьколегованих сталей, при цьому зменшуючи металоємність.

5.2. Покращена ходова якість

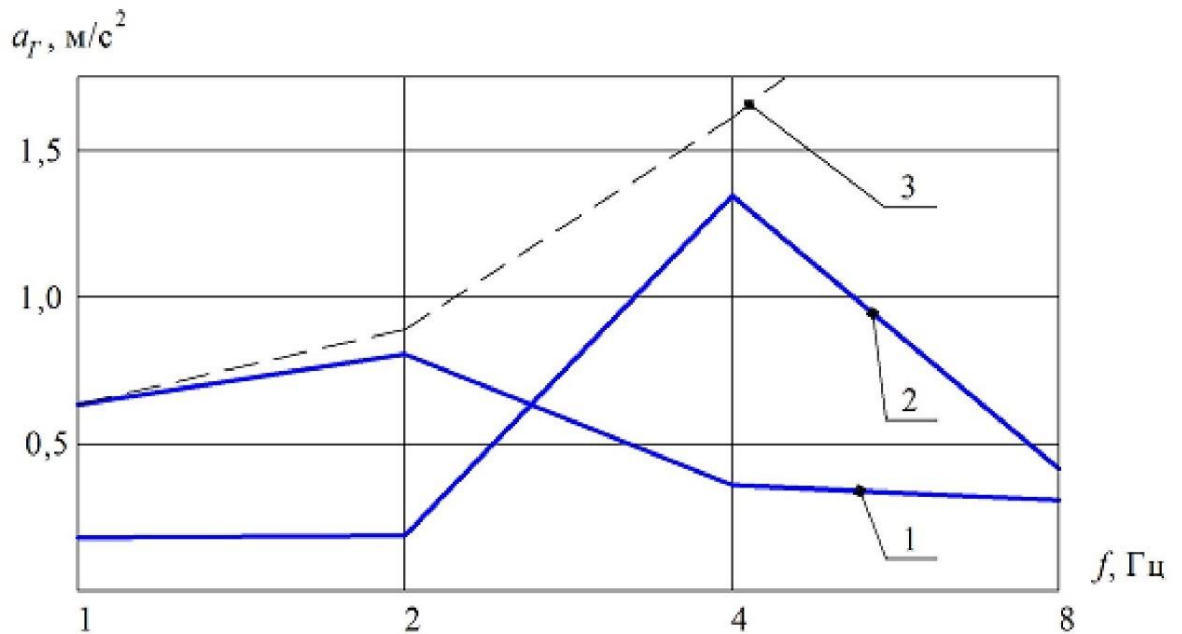
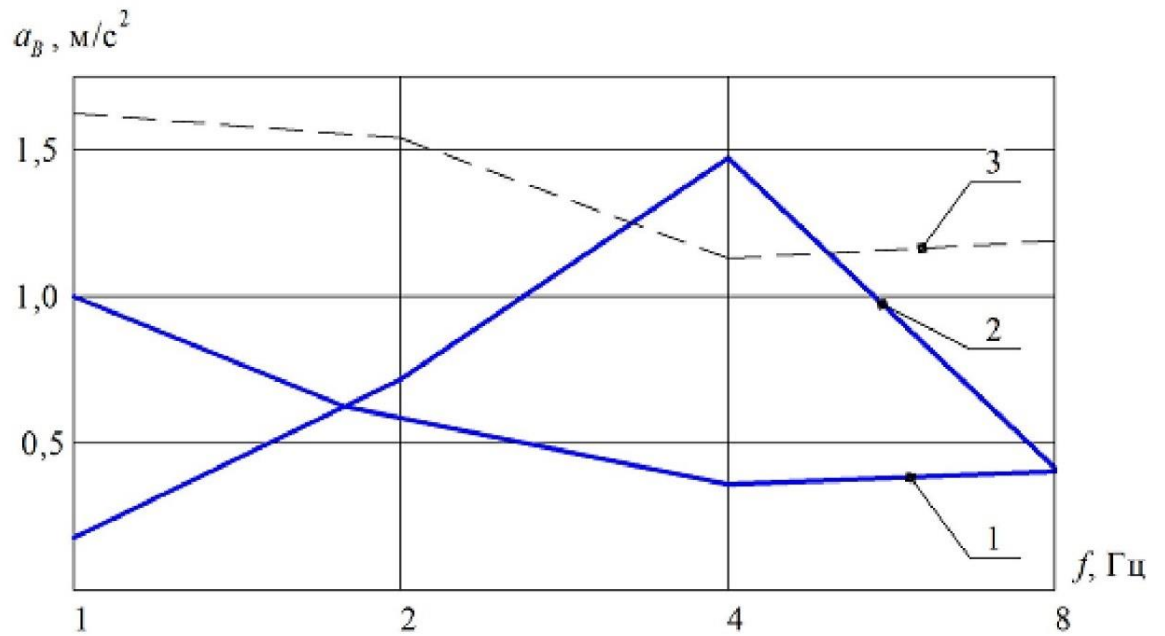
Рівність ходу автомобіля є одним з найважливіших параметрів, що впливають на його працездатність, оскільки вона може істотно обмежувати швидкість руху.

Окрім динамічних впливів поверхні кочення, параметри підвіски та пружні властивості шин відіграють вирішальну роль у створенні низькочастотних коливань для водія (рис. 5.1).

Щоб зменшити низькочастотні вібрації вантажівки, було вжито наступних заходів

- Зниження жорсткості коліс за рахунок використання шин низького тиску;
- Оптимізація залежності жорсткості підвіски від конфігурації, вантажопідйомності та типу зчіпного кільця.

Як показано на малюнку 5.1, напівпричіп із напівпричепом як першим тяговим елементом досягає найкращих характеристик з точки зору плавності ходу. Розглянемо можливості цього методу для двох типів поїздів з тягачем К-701 і напівпричепом ОЗПП-9554 і напівпричепом ОЗПП-8573 як першою причіпною ланкою.



1 – з напівприцепом ОЗТП-9554; 2 – з причепом ОВЗТП-85273; 3 – гранично допустимі показники

Рис. 5.1 – Значення середньоквадратичних прискорень на місці керування: а) вертикальне; б) по горизонталі

Другою дослідною ланкою став причіп ОЗТП-8572.

Наступні параметри були змінені для наступного підключення:

– Висота стовпа⁶ⁱ буксирні пристрої;

– Висота стовпа h_a ОВЗТП-85172 Точки кріплення диска причепа (з'єднання другого кінця);

– Висота стовпа h_b Балансирна вісь напівпричепа ОВЗТП-91554 та напівпричепа ОВЗТП-85173

Розглянемо рівняння балансу напівпричепа ОВЗТП-91554 і напівпричепа ОВЗТП-85173. Схема розрахунку наведена на рисунку 5.2.

Додаткове вертикальне зусилля на зчіпку причепа або на поворотну опору шасі напівпричепа розраховується за рівнянням балансу:

$$R_{ay} = \frac{R_{ax}(h_a - h_b) + R_{cy}x_2 - R_{cx}(b_i - h_b)}{x_1}, \quad (5.1)$$

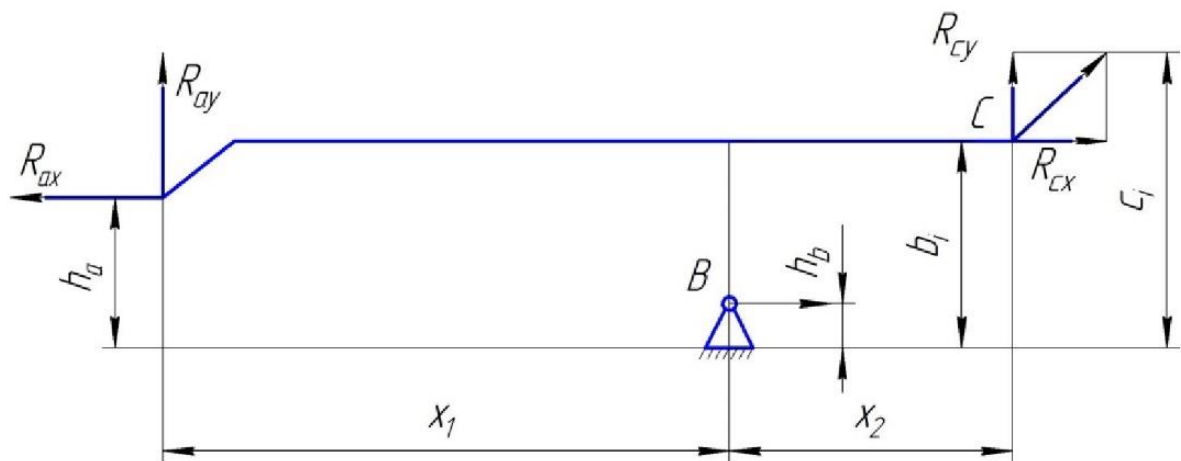
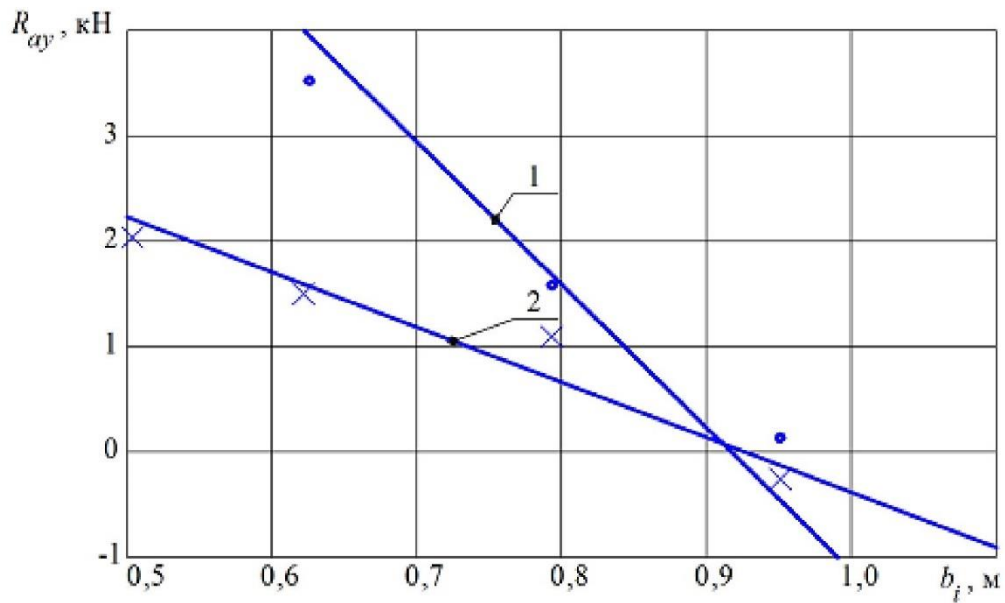


Рис. 5.2 – Конструктивна схема напівпричепа ОЗЦП-92554 (причіп ОЗТПО-85273)

В даному випадку для трактора тяга версії К-7021 + ОВЗТП-92554 + ОЗАТП-85272.

На рисунку наведені жовтневі результати двох типів причіпного обладнання та отримані експериментальні значення додаткових буксирних навантажень трактора (ДВН) при різних параметрах культури. 5.3. Аналіз цих результатів у грудні-жовтні показує, що конструкція напівпричепа ОЗТП-9554 допускає додаткові навантаження на зчіпні пристрої тягача в межах від 0 до 7,75 кН.



1 – ОЗТІ-9554; $c=0,905$ м; так – ОЗТІ-8573; так = 0,905 м

Рис. 5.3 – Додаткове навантаження на зчіпку трактора для різних варіантів першої зчіпки: •, x – контрольні точки

Для створення максимального додаткового навантаження на зчіпно-зчіпний пристрій тягача оптимальним положенням даної моделі напівпричепа є найнижче положення балансної осі, висота опори причепа з дишлом -1,12 м і висота буксирування. приладу - 0,482 м.

Додаткове додаткове навантаження на зчіпний пристрій трактора під час руху сприяє зниженню рівня низькочастотних вібрацій на робочому місці водія. Рисунок 5.4 показує виміряну вібраційну ефективність для різних варіантів пристрою та підтверджує можливість зниження вібраційної продуктивності шляхом збільшення навантаження на тяговий пристрій.

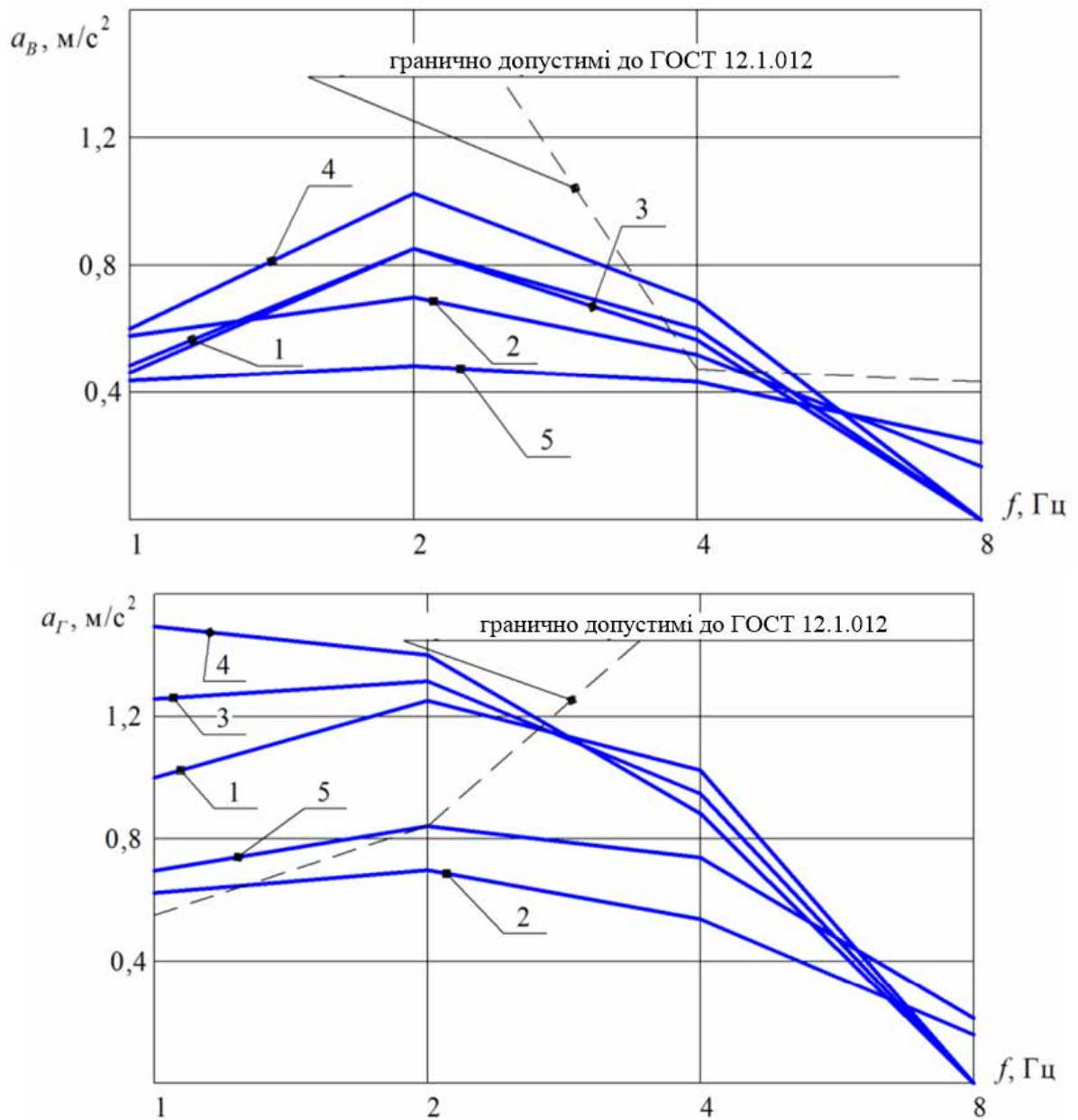


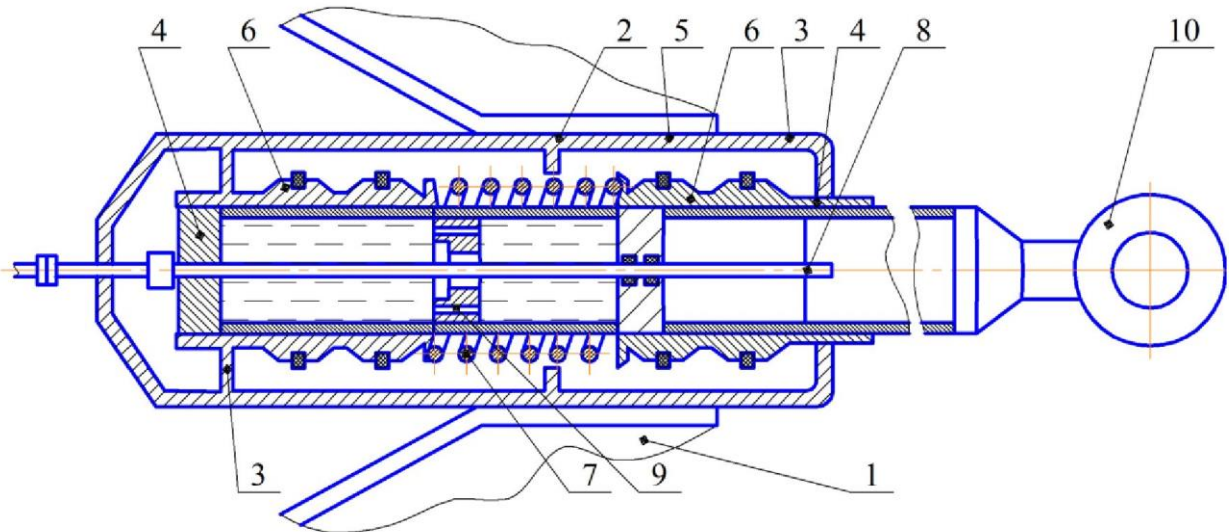
Рис. 5.4 – Середнє квадратичне прискорення в положенні водія К-7031 + ОЗТАП-94554 + ОЗАТП-85742: а) вертикальне; б) по горизонталі

Зокрема, оптимізоване положення дишла зчпного пристрою (зменшення його висоти відносно шасі) дозволило зменшити поглинання горизонтальних прискорень у положенні водія на 12%.

Ефективним способом подолання горизонтальних вібробурів на робочому місці машиніста є використання так званих пружних опорних пристроїв (ЕТП). Зокрема, пружнозчпні пристрої конструкції виготовлені в рамках тракторного

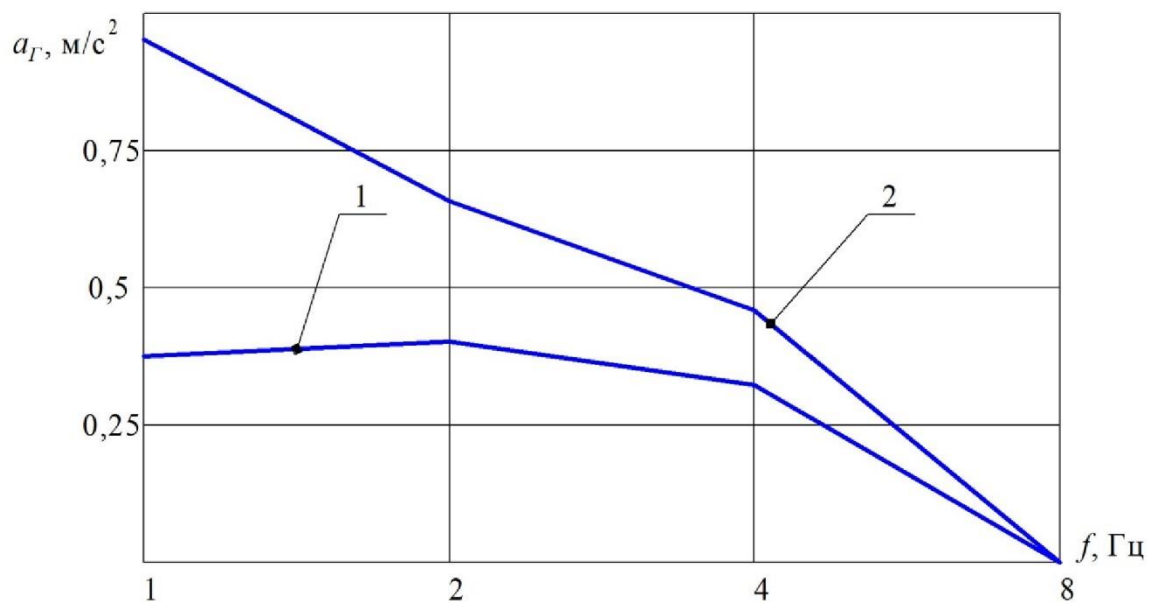
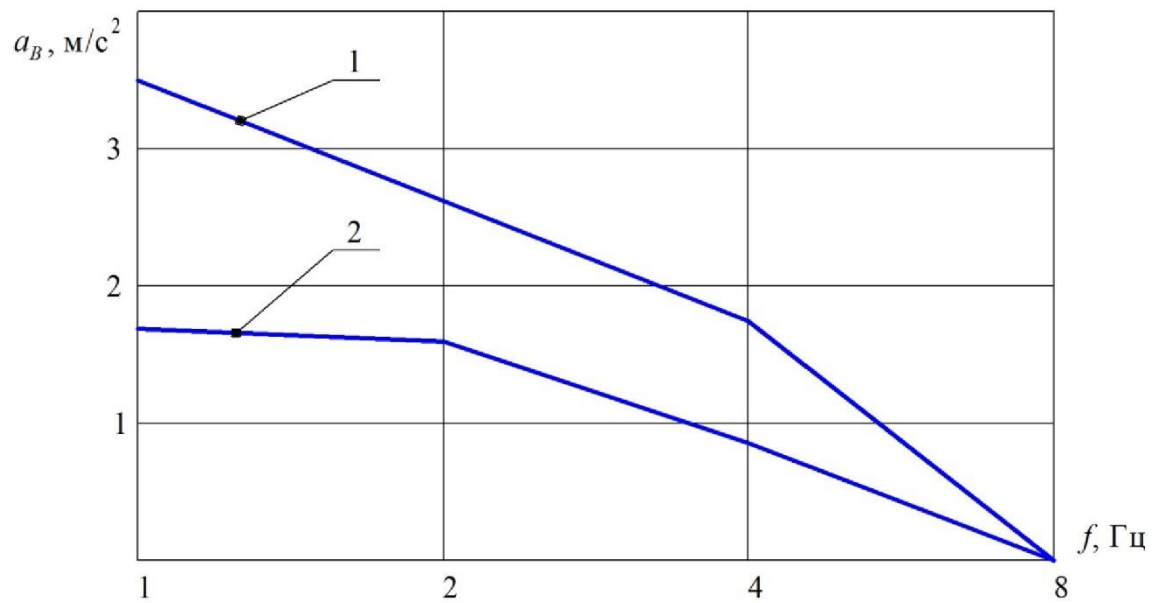
поїзда К-701 + ОЗТП-8572 і успішно пройшли попередні випробування. Схема цього пристрою наведена на рис. 5.5.

Цей пристрій складається з пружного елемента у вигляді пружного гідروамортизатора, який гасить поздовжні коливання напівпричепа на дишлі причепа серії ОЗТП-8572. Результати порівняльного випробування цього пристрою наведено на рисунку 5.6.



1 – кермо; 2 – частина тіла; 3 – бічні стінки; 4 – лідер; 5 – сполучення поїздів; 6 – упор; 7 – пружина; 8 – Аукціон; 9 – дросельні отвори; 10 – Кільце зчіпне

Рис. 5.5 - Експериментальний пружнорозтягуючий пристрій



1 – Причіп з еластичним буксирним пристроєм; 2 – Трейлер серії

Рис. 5.6 – Вплив пружної зчипки на корисне навантаження положення водія: а) вертикальне; б) по горизонталі

За допомогою пружного буксирного пристрою величина поздовжнього прискорення зменшується вдвічі; на стільки ж збільшується величина вертикального прискорення. Результати випробувань також свідчать про значне покращення маневреності тягачів на нерівних дорогах, особливо при подоланні великих перешкод (вибоїни, водні перешкоди тощо).

Запропонований спосіб підвищення безперебійної роботи агрегатів супроводжується зниженням динамічних навантажень, що діють на всі гусениці, в тому числі на несучу конструкцію причепа. Це відкриє додаткові резерви в жовтні для зниження споживання металу.

Результати проведеної роботи втілено в проектуванні та модернізації серійних напівпричепів і сільськогосподарських напівпричепів понад 10 моделей (базові моделі та їх модифікації для перевезення сипучих і сипучих вантажів). для перевезення невеликих вантажів, у тому числі транспортних причепів (наприклад, роликів, наливних вантажів, тварин і птахів). .

За даними лабораторії механічних випробувань, ефективність тягача у складі напівпричепа ОЗТП-9554 та причепа ОЗТП-8572 зросла на 10% за рахунок меншої металомісткості при незмінній загальній масі. Ресурси на капітальний ремонт причепів виробництва Орського напівпричепного заводу збільшені на 10% (з 4 тис. до 4,4 тис. мотоциклів) за рахунок реалізації розроблених техніко-конструкторських заходів.

У порівнянні з аналогічними показниками цього ж складу раніше виготовленого напівпричепа 1ПТС-9 дані по напівпричепу моделі ЗОТ-85733 для перевезення найпоширенішої сільськогосподарської продукції наведені в таблиці 5.1. Дані зібрані за результатами економічних випробувань причепів даної моделі, проведених на Північно-Кавказькому і Віргінському автовипробувальних станціях. Результати випробувань аналізували згідно з ГОСТ 53056-2008.

Економічну оцінку порівнюваних транспортних одиниць проводили для видів транспорту, для яких попередньо проводилася експлуатаційно-технічна оцінка, з використанням визначених під час випробувань показників ефективності роботи та витрати палива.

Розрахункові техніко-економічні показники тягача з напівпричепом моделі
ОЗПП-85273.

Індикатори	Порівняння складу трансмісії						
	К-701+ОЗПП-8573 К-701+1ПТС-9			К-701+ОЗПП-8573+3ПТС-12 Дитячий садок-701+1ПТ- 9+3ПТ-12		Т-150К+ОЗПП-8573 Т-150К+1ПТС-9	
	Товари перевезені			Товари перевезені		Товари перевезені	
	силос	удобрю вати	гравій	удобрювати	гравій	зерно	удобрюват и
1	2	3	4	5	6	7	8
1 Витрати праці на складні будівельні роботи на тонну перевезеного вантажу	441.5	371,0	317.9	115.4	211.5	316.7	410,0
2 Загальна вартість річного обсягу робіт	441.5	371,0	317.9	151.4	211.5	316.7	410,0
3 Прямі експлуатаційні витрати в різних транспортних операціях.	361.4	26 листопада	241,0	9.13	11.12	26.17	32.21
Зрозумів:							
- на заробітну плату	44.15	317.7	371,8	117.1	9/21	371,0	411.1
- на ремонт	2911,1	20.2	210.9	1,110	51.8	8.10	201.1
- Ремонт і обслуговування	331.4	214.7	125.6	21.6	9.6	28.18	3611,0
- на пальне	461,9	219.4	0,17	32.11	181.1	41.12	381.1
4 Прямі операційні витрати на річний обсяг робіт	316.4	10/26	214,0	9:31 ранку	11.21	26.71	32.12
5 Інвестиційні витрати на одиницю по відношенню до річного навантаження	312.5	241,0	2114.4	2.01	8.41	1111,0	124.4
6 Витрати на річний обсяг робіт наступні.	351.1	125.4	214.2	7,011	10:31 ранку	21:61	291.5
7 Продуктивність праці	8011.2	60,0	611.4	118.5	27:15	58.18	701,0

Перевезення відбувалися дорогами з ґрунтовим покриттям II категорії господарювання на відстань 25,5-9 км (силос), 4,25-27 км (гній), 12,25 км

(зерно), 232-602 км (гравій) в с.-г. площі вказаних машиновипробувальних станцій.

Для визначення загального економічного ефекту від використання розробленої моделі напівпричепа розраховано економічну ефективність для всього річного обсягу перевезень з урахуванням питомої ваги видів транспорту.

Аналіз даних, представлених у таблиці 6.1, показує, що модель причепа ОЗТП-8573 ефективна для всіх видів транспорту. Зниження витрат на оплату праці на тону перевезеного вантажу та загальних витрат на виконання річного навантаження

37-45% для 2-х транспортних засобів з причепом і 15-22% для 3-х транспортних засобів з причепом, 3 бали - 12% для 15-22%. Прямі експлуатаційні витрати відповідно зменшуються

27-36% і 9-11%. Приріст ефективності транспортних робіт становить 60-80% для одноколієних тягачів і 19-27% для триколієних.

Коефіцієнт безпеки процесу підвищився з 0,873-0,998 до 0,952-1,0.

Ці дані дозволяють зробити висновки про ефективність використання даної моделі причепа для сільськогосподарського виробництва.

В цілому техніко-експлуатаційні характеристики напівпричепів, які виготовляються для виконання необхідного обсягу сільськогосподарських транспортних робіт, покращилися, а необхідна кількість напівпричепів зменшена на 17%.

5.3. Активність трейлера

Використання тракторів на нерівних дорогах і в кліматичних умовах може бути забезпечено використанням причіпних машин з карданними валами. Враховуючи невелике збільшення вартості причепа через обладнання вздовж його ведучої осі (так зване активне), доцільно мати певний відсоток цих причепів активним або активованим, створюючи тим самим можливість нормальної організаційної діяльності. Робота транспорту в межах календарного часу, необхідного для роботи в складних умовах на дорозі та в полі. .

Вплив активації на експлуатаційні характеристики причепа ОЗТП-8532.

Індикатори	Склад підрозділів	
	МТЗ-142 + ОЗТП-8532 (пасив)	МТЗ-142 + ОЗТП- 8532 (активний)
Вантажопідйомність, т	81	112
Маса брутто, т	17:61	221
Відносне збільшення загального тягового зусилля	11	1,412
Знижене зчеплення коліс, %	–	171,0
Навантаження двигуна працює на потужність, %	431	166,7...72,10
Втрати потужності на пробуксовку колеса при виконанні робіт (при силі зчеплення 25 кН), кВт	721	4.13

Випробування на дослідному зразку трактора МТЗ-142 з активним причепом показали межі поліпшення експлуатаційних характеристик транспортної одиниці з урахуванням напівпричепа ОЗТП-8532 вантажопідйомністю 8 т (табл. 6.2). Дані стосуються умов водіння на картопляному полі.

Результати випробувань показують, що при експлуатації причепа з тією ж потужністю двигуна можна досягти значного підвищення продуктивності трактора в складних умовах руху.

ВИСНОВКИ

1. Розроблено класифікацію умов експлуатації тракторних агрегатів, засновану на видах обмежень дорожньо-кліматичних умов на загальну масу і швидкість причепа, які є основними показниками техніко-експлуатаційних характеристик трактора, одиниця, вантажівки. Ідентифіковано чотири категорії умов експлуатації, які кількісно визначаються за допомогою характеристик мікропрофілю та умов зчеплення з дорогою. Запропонована класифікація була використана для визначення експлуатаційних характеристик тракторних агрегатів у нормальних умовах експлуатації. Часткова ефективність використання пробігу напівпричепів в умовах сільськогосподарського виробництва для окремих категорій господарств становить 25%, 29%, 33% і 13%.

2. Запропоновано систему показників техніко-експлуатаційних характеристик напівпричепів. Він включає цільові показники, показники безпеки, показники ергономічності, показники технологічності, показники стандартизації/уніфікації, показники патентування та гарантійні зобов'язання. Запропонована система індикаторів є основою для стандартизації даних транспортних засобів.

3. У результаті дослідження впливу дорожніх умов на основні показники техніко-експлуатаційних характеристик автопоїздів розроблено методику аналітичної оцінки умов сільськогосподарського виробництва. Умови обмеження маси поїзда, що буксирується, визначаються виходячи з параметрів, що характеризують стан дороги. Дек, використовуючи критерії максимальної ефективності сільськогосподарської техніки, виходячи з очевидної статистичної залежності між основними техніко-експлуатаційними показниками напівпричепа, розроблено методику вибору оптимального співвідношення між загальною масою причепа та швидкістю його руху. .

Результат дослідження 30. Це передбачає розробку пропозицій щодо складання основних типів тракторних підшипників на базі тракторів даного класу...50 кН за різних умов їх діяльності в сільськогосподарських

господарствах. Це дозволяє максимально ефективно використовувати причіп і забезпечити максимальну ефективність роботи транспортно-технічних вузлів в певних дорожніх і кліматичних умовах.

4. З метою зменшення витрат матеріалів при проектуванні газотранспортного обладнання розроблено методику визначення раціональних мас геометричних властивостей аксіально-струминної трубної заготовки за результатами випробувань локальної моделі небезпечної зони. . Можливість зниження металоємності на щоглах підтверджена використанням більш дешевого прокату, що дозволило зменшити вагу балки на щоглах на 15,5 кг.

За результатами випробувань моделі, що розвивається, зони втоми, що загрожує життю, запропоновано методику оцінки втомних властивостей великогабаритних зварних елементів транспортних машин. Показано, що межі втоми в розглянутому діапазоні напружень практично не залежать від масштабу моделювання, а кут нахилу осі абсцис точки розриву кривої втоми та лівого плеча кривої втоми лінійно зростає зі збільшенням моделювання. масштаб. .

5. На основі кінетичної теорії накопичення втомних пошкоджень розроблено методику розрахунку довговічності основних вузлів транспортних засобів, що працюють в умовах нерегулярного навантаження. Метод здатний врахувати типові умови експлуатації з максимальним пошкодженням нижче початкового значення межі довговічності. Ресурс роботи балок осі причепа, розрахований за цим методом, становить 155,6 тис. км для сталі 40Х і 98,6 тис. км для сталі 35, при ймовірності неполомки 0,99 і стандартному значенні 80 тис. км.

6. Виконано та прийнято до використання наступні науково-технічні розробки: комплексна методика визначення оптимальних масо-геометричних параметрів причіпних складів колісних тракторів; Методика розрахунку та експериментальної оцінки довговічності підшипників і основних вузлів робочої системи транспортних засобів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Андрєєв В. А. Підвищення довговічності рам великовагових напівпричепів при їх виготовленні та ремонті [Текст]: дис.... канд. наук/В.А.Андрєєв. – К., 2008. – 209 с.

2. Антишев, Н. М. Концепція розвитку технічних засобів пересування та транспортування вантажів у сільському господарстві на період до 2010 року [Текст] / Н. М. Антишев, НО. Євтюшенко, Т.А. Калінкін [та ін.]. – М., 2002. – 44 с.