

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»**

**Факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій,
мехатроніки і робототехніки
Кафедра автомобілів і транспортних технологій**

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи
освітнього ступеня
бакалавр

Галузь знань 27 – «Транспорт»
Спеціальність 274 «Автомобільний транспорт»

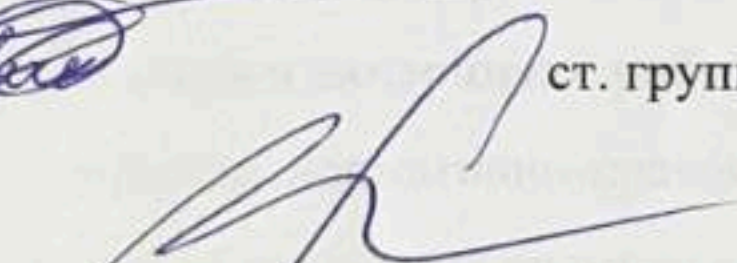
**Тема: «УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ ТИСКУ
ПОВІТРЯ В ШИНАХ ВАНТАЖНОГО АВТОМОБІЛЯ»**

Виконав:



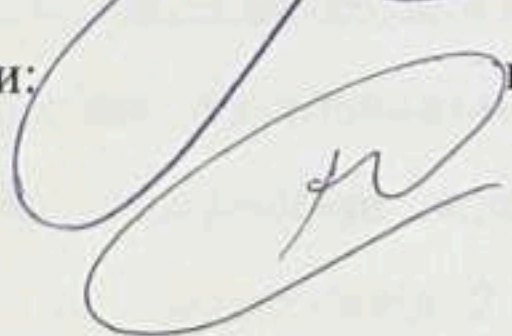
ст. групи ААГ-21 Олексій МАКОВСЬКИЙ

Керівник:



к.т.н., доц. Андрій ІЛЬЧЕНКО

Завідувач кафедри:



к.т.н., доц. Володимир ШУМЛЯКІВСЬКИЙ

Рецензент:

Житомир 2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

Факультет: комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і робототехніки

Кафедра: автомобілів і транспортних технологій

Освітній ступінь: «бакалавр»

Галузь знань: 27 «Транспорт»

Спеціальність: 274 – Автомобільний транспорт»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач кафедри А і ТТ

Володимир ШУМЛЯКІВСЬКИЙ

«17» 04 2023 р.

З А В Д А Н Н Я

до кваліфікаційної роботи освітнього ступеня бакалавр

Маковського Олексія Миколайовича

1. Тема роботи: «Удосконалення системи регулювання тиску повітря в шинах вантажного автомобіля» затверджена наказом вищого навчального закладу від «12» 04 2023 року № 146

2. Керівник роботи: к.т.н., доц. Андрій ІЛЬЧЕНКО

3. Строк подання студентом завершеної роботи: 20.05.2023 р.

4. Вихідні дані до роботи: нормативно-правова документація; дані, що зібрано під час проходження переддипломної практики; власні розробки та пропозиції.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Вступ, постановка задач роботи. 1. Огляд систем підвищення прохідності вантажних автомобілів. 2. Обґрунтування необхідності використання пристроїв регулювання тиску повітря в шинах вантажних автомобілів. 3. Розробка алгоритму зміни тиску повітря в шинах автомобіля. 4. Система регулювання тиску повітря в шинах автомобіля, що пропонується. Загальні висновки. Список використаних джерел.

Дата видачі завдання «17» листопада 2023 р.

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота освітнього ступеня бакалавр присвячена удосконаленню системи регулювання тиску повітря в шинах вантажного автомобіля. Дана система дозволяє регулювати вказаний тиск в залежності від типу опорної поверхні, навантаженні на конкретне колесо і його місця в рушії автомобіля. Така система дозволить запобігти буксуванню кожного окремого колеса, що дозволить покращити показники прохідності транспортних засобів. Запропоновано дану систему об'єднати з системою регулювання крутного моменту на ведучих колесах автомобіля, що імовірно дасть додаткове покращення прохідності вантажного автомобіля.

Робота складається з вступу, 4 розділів, висновків. Список використаних джерел налічує 29 назв.

Во вступі на основі робіт відомих вчених доведено, що процес регулювання тиску повітря в шинах та його використання сприяє покращенню прохідності автомобілів, але потребує удосконалення. На сьогодні перспективним напрямом є автоматизація процесу регулювання тиску повітря в шинах та оперативна його адаптація до дорожніх умов руху автомобіля. Сформульовано мету і задачі атестаційної роботи.

Перший розділ роботи присвячений огляду існуючих систем і засобів підвищення прохідності вантажних автомобілів. Доведено, що їх застосування обмежено недоліками, які можна усунути системою регулювання тиску повітря в шинах автомобіля.

В другому розділі проведено обґрунтування необхідності використання пристроїв регулювання тиску повітря в шинах вантажних автомобілів.

Третій розділ присвячений алгоритму зміни тиску повітря в шинах автомобіля.

В четвертому розділі представлено розроблену систему роздільного регулювання тиску в шинах в залежності від типу опорної поверхні, навантаження на колесо і номеру проходу колеса в колії, що утворюється під

час руху вантажного автомобіля, запропоновано рекомендації щодо застосування даної системи.

Ключові слова: автомобіль, тиск повітря в шинах, регулювання тиску, прохідність автомобіля

SUMMARY

The qualification work of the bachelor's degree is devoted to the improvement of the air pressure control system in truck tires. This system allows you to adjust the indicated pressure depending on the type of support surface, the load on a specific wheel and its place in the engine of the car. Such a system will prevent skidding of each individual wheel, which will improve the passability of vehicles. It is proposed to combine this system with a torque control system on the driving wheels of the car, which will probably provide an additional improvement in the passability of the truck.

The work consists of an introduction, 4 chapters, and conclusions. The list of used sources includes 29 titles.

In the introduction, based on the works of well-known scientists, it is proved that the process of adjusting the air pressure in tires and its use contributes to improving the passability of cars, but needs improvement. Today, a promising direction is the automation of the process of adjusting the air pressure in tires and its prompt adaptation to the road conditions of the vehicle. The purpose and tasks of the attestation work are formulated.

The first part of the work is devoted to the review of existing systems and means of improving the passability of trucks. It has been proven that their use is limited by shortcomings that can be eliminated by the system of regulating the air pressure in car tires.

In the second chapter, the rationale for the need to use air pressure control devices in truck tires is provided.

The third chapter is devoted to the algorithm for changing the air pressure in car tires.

The fourth chapter presents the developed system of separate regulation of tire pressure depending on the type of bearing surface, wheel load and the number of wheel passes in the rut formed during the movement of a truck, recommendations for the use of this system are offered.

Key words: car, air pressure in tires, pressure adjustment, vehicle passability

ЗМІСТ

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД СИСТЕМ ПІДВИЩЕННЯ ПРОХІДНОСТІ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ

Висновки до розділу 1.

РОЗДІЛ 2. ОБГРУНТУВАННЯ НЕОБХІДНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПРИСТРОЇВ РЕГУЛЮВАННЯ ТИСКУ ПОВІТРЯ В ШИНАХ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ

Висновки до розділу 2.

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ ЗМІНИ ТИСКУ ПОВІТРЯ В ШИНАХ АВТОМОБІЛЯ

3.1. Зміна коефіцієнту опору кочення колеса від нормального навантаження,
тиску повітря в шині та номеру проходу колеса

3.2. Децентралізація регулювання тиску повітря в шинах автомобіля
.....

3.3. Оцінка ефективності запропонованого способу регулювання тиску
повітря в шинах

Висновки до розділу 3.

РОЗДІЛ 4. СИСТЕМА РЕГУЛЮВАННЯ ТИСКУ ПОВІТРЯ В ШИНАХ АВТОМОБІЛЯ, ЩО ПРОПОНУЄТЬСЯ

4.1. Система теплової підготовки двигуна, що пропонується

Висновки до розділу 4

ВИСНОВКИ

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

ВСТУП

Автомобільний транспорт є найбільш масовим видом транспорту, який активно приймає участь в розвитку економік країн, забезпечує роботу державних органів виконавчої влади, що працюють на користь оборони та безпеки держав, на забезпечення правопорядку тощо.

Значну частину автомобільного парку України складають повнопривідні автомобілі різних модифікацій. Це як правило автомобілі багатоцільового призначення. Вони мають різну вантажопідйомність, експлуатуються дорогами всіх типів, а також працюють по бездоріжжю під час виконання специфічних задач. Особливо це характерно для воєнного часу, який має місце в Україні зараз.

При цьому базові моделі таких автомобілів призначені для перевезення різних вантажів та людей. На модифікаціях автомобілів проводять монтаж спеціальних засобів, обладнання різного призначення та техніки, що особливо актуально під час виконання військових задач.

Сфера застосування автомобільної техніки постійно розширюється. Це пов'язано зі розвитком і удосконаленням її властивостей. Автомобільна техніка, на відміну від інших видів транспорту, менш пов'язана з транспортною інфраструктурою та її розвитком. Вона більш мобільна та дозволяє оперативно здійснювати пересування, наприклад, особового складу військових підрозділів, вантажів та техніки як по дорогах загального користування так і за їх відсутності.

Автомобілі підвищеної прохідності мають відносно високий рівень пристосованості до екстремальних умов експлуатації в різних природно-кліматичних умовах. Вони беруть участь в бойових, пошуково-рятувальних та розвідувальних операціях, збройних конфліктах тощо. Крім цього вони мають високі показники прохідності, комфортабельності, надійності, економічності, безпеки тощо.

Основний параметр, що обмежує показники рухливості автомобіля, це опорна прохідність, яка залежить перш за все від його тягових властивостей.

При збільшенні вантажопідйомності автомобілів під час їх руху опорна поверхня стає деформованою, що збільшує силу опору кочення, яка діє на автомобіль. Таким чином, для покращення прохідності автомобіля необхідно зменшувати тиск коліс на ґрунт збільшенням величини плями контакту шини з поверхнею. Це можна досягти зменшенням внутрішнього тиску повітря в шинах для чого використовується штатна система регулювання тиску повітря в шинах, яка підвищує здатність автомобіля до руху в залежності від дорожніх умов та природно-кліматичних умов руху.

Процес регулювання тиску повітря в шинах автомобіля та його вплив на прохідність досліджувався багатьма авторами: А.В. Келлером, А.С. Литвиновим, Ю.В. Пірковським, В.Ф. Платоновим, Г.А. Смирновим, Я.Є. Фаробіним, М.П. Чистовим, Є.А. Диваковим, Н.М. Яценко, M.G. Bekker, Z. Janosi, A.R. Reese, JYWong та багатьма іншими.

Проведений аналіз існуючих наукових досліджень щодо покращення прохідності автомобілів доводить, що вдосконалення процесу регулювання тиску повітря в шинах та використання його позитивного впливу сприяє підвищенню прохідності автомобілів. В даному питанні на сьогодні важливою є автоматизація процесу регулювання тиску повітря в шинах та оперативна його адаптація до дорожніх умов руху автомобіля.

Неважко дійти до висновку, що при русі автомобіля кожне окреме колесо має свої умови взаємодії з опорною поверхнею. Тому виникає необхідність встановлення тиску повітря в шинах колісного рушія індивідуально для кожного колеса. Це залежить від фізико-механічних властивостей опорної поверхні, навантаження на конкретне колесо, режимів руху рушія, послідовності руху коліс в коліях, що утворюються.

Мета роботи. Запропонувати систему децентралізованого регулювання тиску повітря в шинах автомобіля з метою підвищення його опорної прохідності.

Для досягнення мети в роботі вирішуються наступні завдання:

- проаналізувати модель руху коліз по опорній поверхні з урахуванням номера проходу коліс по колії, навантаження та встановленого тиску повітря в шинах;
- обґрунтувати спосіб підвищення прохідності автомобіля шляхом децентралізованого регулювання тиску повітря в шинах в залежності від навантаження на колесо, конструктивного їх розташування у колісному русії та визначити раціональні значення тиску повітря в шинах;
- розробити рекомендації щодо підвищення прохідності за допомогою системи, що запропоновано.

РОЗДІЛ I. ІСНУЮЧІ СИСТЕМИ ПІДВИЩЕННЯ ПРОХІДНОСТІ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ

Аналіз літературних джерел показує, що підвищення прохідності автомобілів можна досягти наступними рішеннями:

- використання повного приводу автомобіля, що дає можливість розподіляти тягове зусилля на всі колеса;
- створення шин з покращеним зчепленням з ґрунтом;
- збільшення геометричної прохідності автомобіля;
- покращення зчеплення коліс з ґрунтом за рахунок установки на колеса та під них різного типу ґрунтозачепів, розширювачів та матів;
- покращення прохідності автомобіля використанням лебідок, домкратів, важелів та інших підйомних пристроїв;
- використання системи регулювання тиску повітря в шинах;
- використання антибуксувальних систем.

Історично склалось так, що за основний напрям забезпечення прохідності автомобілів можна вважати підведення крутного моменту на всі колеса (повний привід). Пріоритет в цьому напрямку належить інженерам США, які в 1906 року розробили перший повнопривідний вантажний автомобіль. В 1913 році фірми з виробництва автомобілів «Four Wheel Drive Auto Company» (автомобіль FWD) і «Thomas B. Jeffery Company» (автомобіль Jeffery Quad) приступили до виробництва вантажівок з колісною формулою 4x4 з постійним повним приводом і розподілом потужності між мостами через міжосьовий диференціал з примусовим блокуванням.

Інший важливий напрям забезпечення прохідності автомобілів – це створення шин з покращеним зчепленням. Інженерами шинної фірми «Атлас Сеплай» в 1938 році було запропоновано шини для повнопривідних вантажних автомобілів для роботи в умовах пісчаних доріг Саудівської Аравії. Вони забезпечували необхідну прохідність вантажних автомобілів по

глибокому сухому сипучому піску в умовах високих температур повітря.

Стосовно використання ланцюгів, різних мотузок та інших подібних пристосувань під час застрягання автомобіля у слабких ґрунтах, треба зазначити, що спочатку їх розробці інженери не приделяли достатньої уваги. Ці та інші пристосування для покращення прохідності автомобілів спочатку найшли своє застосування для гусеничної техніки (наприклад, колода, яка встановлюється поперек гусениць).

В 1957 році дослідженнями шин з різними малюнками протектора показали, що використання «п'ятачкової» гуми на ведучих колесах однопривідного вантажного автомобіля ефективніше, ніж вироблена тоді штатна гума на повнопривідному автомобілі. Але, створити універсальну шину, здатну забезпечити високі зчіпні властивості на всіх видах ґрунтів, що зустрічаються, досі не вдається. Властивості поверхонь, по яким необхідно рухатись позашляховику, різноманітні і шини, що підходять для одного виду поверхні, не годяться для іншого. Також треба розуміти, що шини з високим профілем мають підвищений шум, гіршу стійкість до зношування та керованість на дорозі з удосконаленим покриттям. Треба підкреслити, що при цьому підвищується витрата палива. Тому шини зі збільшеними ґрунтозачепами застосовуються здебільшого для сільгосптехніки.

Важливим напрямом позитивного впливу на прохідність автомобілів є покращення його геометричної прохідності. Необхідно уникати елементів кузова, що виступають, замінити бампери з крихкого пластику на спеціальні посилені, які дозволять встановити на нього електричну лебідку. Також необхідно збільшити висоту встановлення кузова автомобіля (висоту центра мас автомобіля). Це можна досягти застосуванням спеціальних проставок між рамою та кузовом. Таке рішення насамперед популярне через низьку вартість та простоту виконання, але має ряд недоліків: рама залишається на незмінній висоті, що й була, при цьому небагато збільшуються кути в'їзду та з'їзду, якщо бампери теж підняти разом із кузовом. При цьому можна встановити колеса більшого діаметра.

Ще один підхід щодо покращення геометричної прохідності автомобіля, це коли рама піднімається разом з кузовом за рахунок збільшення довжини пружних елементів підвіски. Це потребує використання більш довгих і жорстких пружини підвіски і амортизаторів збільшеного ходу. Це як і в першому випадку дозволяє застосувати колеса більшого діаметра, що призведе до збільшення дорожнього просвіту, та покращить геометричну прохідність автомобіля.

Колеса більшого діаметра легше долають різні перешкоди, мають менший опір коченню, збільшену пляму контакту з дорогою та, як правило, збільшену ширину бігової доріжки протектора. Все це знижує питоме навантаження на ґрунт і таким чином підвищує прохідність на слабонесучих та пластичних ґрунтах. Збільшена пляма контакту сприяє кращій роботі ґрунтозачепів, збільшує зчеплення ведучих коліс автомобіля з опорною поверхнею. Збільшений дорожній просвіт автомобіля дозволяє рухатися глибокими коліями і знижувати тиск повітря в шинах коліс великого діаметра.

Однак, збільшений діаметр колеса збільшує ціну всього комплексу колес автомобіля (і томц числі і запасного). Також може виникати потреба в зміні геометрії кузова, колісних арок тощо. Встановлення коліс збільшеного діаметра додатково навантажує трансмісію, може вимагати застосування інших передавальних чисел і підсилення деталей та вузлів трансмісії.

Наступний напрямок позитивного впливу на прохідність автомобіля — це покращення зчеплення коліс опорною поверхнею через встановлення на колесаланцюгів, стрічкових розширювачів, ґрунтозачепів та інших пристроїв протиковзання. Виготовляють ланцюги наступних типів: дрібнозвінчасті, тракові та гусеничні. За принципом роботи ланцюгів можна використовувати гумові паси або мотузки.

Використання стрічкового розширювача, що являє собою дві гумово-тканеві стрічки, що з'єднуються металевими ґрунтозачепами, поєднує тягові властивості автомобіля на сніговій поверхні до 25%, але знижують опір руху до 30 %. Але застосування розширювачів збільшує габаритну ширину

втомобіля. Під час повороту розширювачі можуть спадати з колеса, що робить незручним їх застосування.

Грунтозачеми виготовляють у вигляді окремих муфт, браслетів, секторів, пальців, товстих палиць тощо і закріплюють на ведучому колесі після застрягання транспортного засобу.

Пристрої протиковзання підкладаються під ведучі колеса автомобіля. Але є і пристрої протиковзання, що підкладаються під передні, не ведучі колеса. Вони пов'язані з ведучим колесом за допомогою гнучкої тяги, що намотується на ведуче колесо і, таким чином змушує передню вісь накочуватися на пристрій протиковзання, пересуваючи при цьому автомобіль вперед.

Використання вказаних засобів протиковзання має наступні переваги:

- покращується зчеплення зі слизьким покриттям;
- вони займають відносно мало місця у складеному стані;
- мають високу ефективність на льодовій поверхні;
- мають відносно невелику вартість, швидкий монтаж без встановлення колеса на домкрат.

Але, дані засоби мають і недоліки:

- встановлюються до початку подолання складної ділянки, що незручно робити в глибокому снігу чи бруді;
- не можна експлуатувати після подолання ділянки дороги, при виїзді на дорогу з удосконаленим покриттям, оскільки це призводить до зношування шин;
- збільшують габарити колеса, що може призвести до торкання деталей кузова автомобіля.

Для забезпечення працездатності автомобіля в умовах бездоріжжя важливо забезпечувати надійність роботи всіх його вузлів та систем. Наприклад, для подолання перешкод у вигляді заглиблень, що заповнено водою, встановлюють спеціальний пристрій, який запобігає попаданню води в

двигун шляхом розміщення повітрозбірника на даху автомобіля.

Також необхідно пом'ятати, що при тривалому доланні броду можливо швидке охолодження агрегатів та можливе попадання в них води. Отже, їх необхідно загерметизувати і/або вивести отвори сапунів за допомогою трубок вище рівня броду. Герметизації потребують також генератор та інша електроніка.

Наступний напрямок покращення прохідності автомобіля пропонується через встановлення додаткових пристроїв перед виїздом на складну ділянку дороги. Це можуть бути встановлені на рамі автомобіля домкрати, важелі, інші підйомні пристрої та/або пристосування, які виконують функцію ґрунтозачепів, пристрої встановлення великих м'яких балонів, здатних утримати автомобіль на плаву. Вони, зрозуміло, складні та вимагають великих трудовитрат, але є відносно дешевими.

Є рішення щодо встановлення гусениць на штатні колеса автомобіля або замість коліс.

Наступна відома група пристроїв не відноситься до тих, що безпосередньо покращують прохідність автомобіля, але впливають на неї та дозволяють допомогти витягнути застряглий автомобіль. Так, запропоновано поліпшення прохідності автомобіля через встановлення на ведуче колесо барабана з закріпленням у ньому тросом (стрічкою), які в такому випадку мають функції лебідки. При цьому трос (стрічка) кріпиться до зручної нерухомої опори, здатної витримати навантаження від нього під час витягування автомобіля.

Також використовують пристрої, що встановлюються на відстані від автомобіля і тягнуть автомобіль на себе. Усі ці пристрої працюють за наявності деяких обмежувальних умов, а саме: потрібен попередній підйом автомобіля для установки їх на колеса; для роботи з тросом (стрічкою) потрібна опора, за яку можна зачепитися; оскільки тягове зусилля підводиться не к центру автомобіля (пристрій знаходиться на колесі), можливе його розвертання при витягуванні та/або зіскакування троса (стрічки) з барабана.

Існують також ручні пристрої. Лебідка ручна закріплюється в ґрунт і має тягу до 500 кг (рис. 1). Треба звернути увагу, що в процесі витягування автомобіля вона може висмоктуватись з ґрунту через недостатню міцність його поверхні.



Рис. 1. Лебідка ручна

Відомо, що найбільший коефіцієнт опору руху автомобіля внаслідок деформації ґрунту дорівнює 0,3. Але, наприклад, за загальної маси автомобіля 1600 кг, зусилля витягування на динамометрі з розрідженого глинозему може перевищувати 900 кг, що відповідає коефіцієнту опору коченню 0,57. Очевидно, що до тертя кочення, тертя бічних поверхонь шин і опору переднього валу ґрунту додалися сили в'язкого опору ґрунту, а також сили поверхневого натягу вологого ґрунту.

Пристрої останньої групи припускають використання стаціонарних опор у вигляді, наприклад, дерева або необхідні пристрої, являють собою пристосування у вигляді, наприклад, якорю, за який лебідкою можна зачепитися та рушити автомобіль. Наприклад, відомий якір лебідки у вигляді металевої рамки, яка закріплюється на ґрунт металевими штирями, до якої чіпляється трос лебідки, але при цьому передбачається можливість надійного закріплення, що неможливо в пухких ґрунтах. Також відома конструкція якоря, яка являє собою набір металевих колів, які забиваються в ґрунт, зв'язуються між собою, до яких приєднується трос лебідки.

В якості переваг таких пристроїв зазначити їх простоту, а в якості недоліків необхідність мати з собою інструмент для забивання/витягування колів. Як правило вся ця конструкція має значну вагу.

Відомий якір для лебідки, що представляє собою металеву пластину із

привареним до неї стрижнем (рис. 2). Недоліком його використання є важкість його вилучення з ґрунту, при цьому також необхідна кувалда.

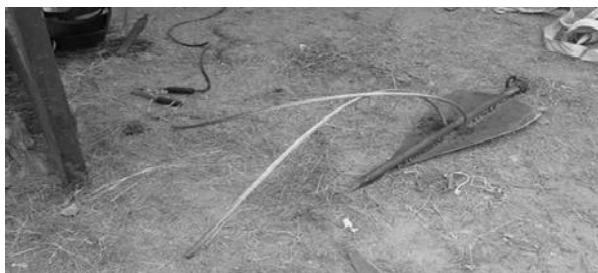


Рис. 2. Конструкція якорю

Досить простим пристроєм є гвинт з кільцем, що використовують для витягування автомобіля. Він являє собою бур у вигляді труби з загостреним кінцем і гвинтом з одного боку привареним кільцем з другого, обертаючи яку за допомогою лому можна закріпити в ґрунт і зачіпити трос. Переваги такого пристрою в його простоті, малій вартості, невеликої вазі, простоті виготовлення. В якості недоліків треба зазначити:

- непрацездатність в м'якому ґрунті;
- необхідність мати додатковий інструмент (кувалду для забивання, лом або подібний - для обертання ґрунті).

Головними недоліками всіх вищенаведених пристроїв є:

- низька ефективність в пухкому ґрунті (саме в ньому і виникає необхідність у використанні);
- наявність додаткового інструменту (займає місце і має додаткову вагу);
- проблема вилучення пристрою з ґрунту після його використання.

Але, цих недоліків не має наступна конструкція для витягування автомобіля (рис. 3), яка являє собою пустотілий бур з рукояттю для провертання (встановлення і знімання). Рукоять також може повертатися у вертикальній площині для зручності роботи. Бур має знімну опорну лопату, що складається з двох пластин з можливістю обертатись навколо бура. При встановленні бура в ґрунт, лопату встановлюють таким чином, щоб вона вдавлювалась в ґрунт. В верхній частини бура є скоба для закріплення троса лебідки.



Рис. 3 Бур для самовитягування за допомогою лебідки

Перевагою такого пристрою є у відсутності потреби додаткової міцної опори, але він не допомагає автомобілю долати ділянки з пухким ґрунтом, болотом тощо.

Суттєво можуть підвищити прохідність автомобіля антибуксувальна система (англ. Anti-Slip Control, ASC) і система контролю тяги (Traction control system, TCS; Dynamic Traction Control, DTC) -електрогідравлічна система активної безпеки автомобіля. Вона призначена для запобігання втрати зчеплення коліс з дорогою та зниження динамічних навантажень на елементи трансмісії на неоднорідному дорожньому покритті через контроль буксування ведучих коліс. Дані система спрощують керування автомобілем в умовах недостатнього зчеплення. В реальному часі датчики відстежують кутову швидкість коліс, їх різницю і, якщо має місце початок пробуксовування, система зменшує крутний момент на колесі від двигуна або гальмуванням.

Система регулювання тиску повітря в шинах може пристосовуватись до конкретного покриття. Наприклад, кам'яниста дорога з гострими каміннями передбачає тиск у шинах більше 2,5-3 атмосфери щоб запобігти порізам. Тому рекомендується для шини в стандартних умовах кочення 2-2,2 атм збільшувати тиск до 2,5-3 атм.

Для ґрунтових або пісчаних доріг особливо після дощу необхідно зменшувати тиск в шинах, що збільшує площу контакту з опорною поверхнею, зменшує питомий тиск на ґрунт, колесо менше його деформує, відповідно колія стає меншою і прохідність автомобіля покращується.

Таким чином, для доріг з поганим покриттям (або без нього) тиск треба зменшувати до 1 атм. Але не можна вивертати рульове колесо до крайніх положень і допускати пробуксування коліс. При цьому швидкість руху автомобіля не повинна перевищувати 30 км/год щоб не втратити управління, також треба запобігати різких гальмувань.

На транспортних засобах, призначених для експлуатації на дорогах з твердим покриттям, ґрунтових дорогах різного типу в конструкції транспортного засобу застосовують систему регулювання тиску повітря в шинах (рис. 4), яка дозволяє постійно підтримувати в шинах необхідний тиск повітря та у разі втрати герметичності камери продовжувати рух без зміни колеса через безперервну подачу повітря в камеру шини.

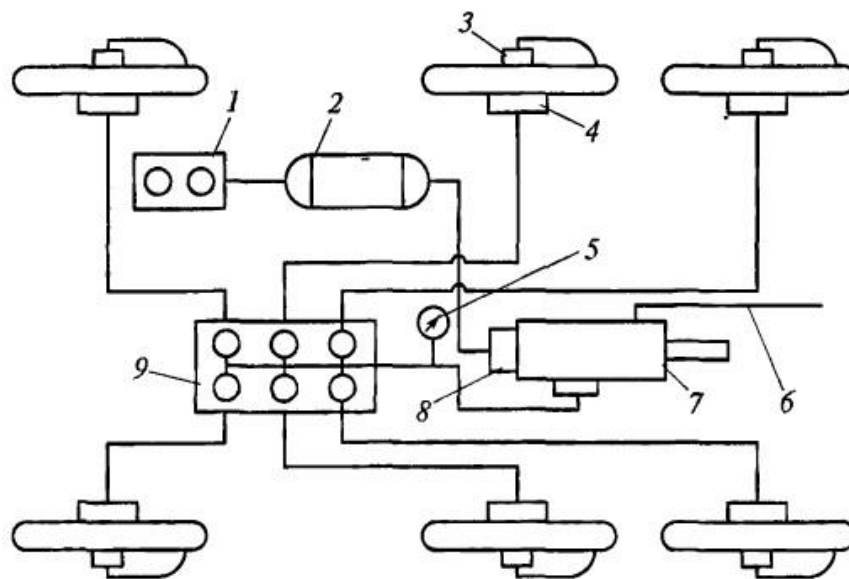


Рис 4. Система регулювання тиску повітря у шинах:

- 1 - компресор; 2 - ресивер; 3 - запірний кран; 4 - повітропідвідний пристрій; 5 - манометр; 6 - магістраль випуску повітря; 7 - кран управління; 8 - клапан-обмежувач зниження тиску; 9 - блок шинних кранів

В таких системах як правило використовують стиснене повітря з пневматичного приводу гальм автомобіля.

Кран керування, що розміщується в кабіні, буває клапанного та золотникового типів. На рис. 4 наведено конструкцію золотникового крана з клапаном-обмежувачем 1. Кран управління з'єднується з ресивером стисненого повітря, з шинами через блок шинних кранів та з атмосферою. Золотник 4 може переміщуватися в осьовому напрямку, він має кільцеву проточку та ущільнюється двома сальниками 3.

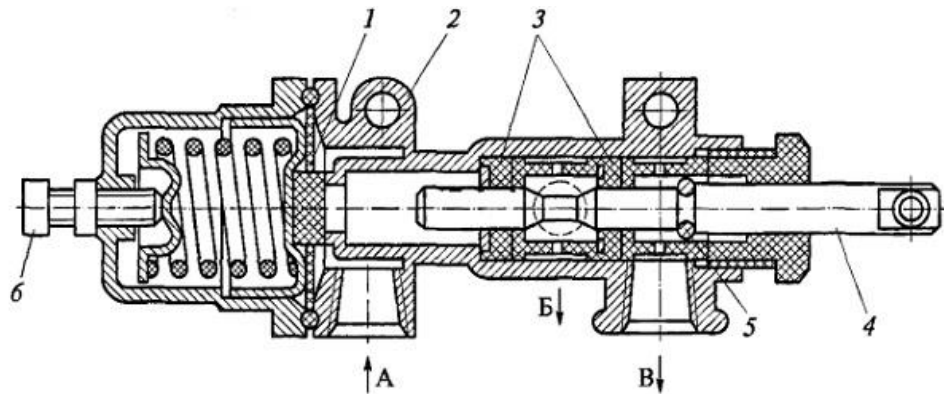


Рис 5. Золотниковий кран управління з клапаном-обмежувачем: 1 - клапан-обмежувач; 2 - корпус; 3 - сальники; 4 - золотник; 5 - кільце; 6 - регулювальний гвинт; А - від ресивера; Б - до блоку шинних кранів; В - в атмосферу

Золотник 4 залежно від режиму роботи системи може займати наступні положення. У крайньому лівому положенні проточка знаходиться проти лівого сальника, і стиснене повітря надходить з ресивера в шини (накачування шин). У правому положенні проточка золотника розміщується проти правого сальника і стиснене повітря з шин випускається в атмосферу. У середньому стан золотника всі магістралі роз'єднані. Хід золотника із середнього становища крайні обмежується кільцем 5.

Клапан-обмежувач зниження тиску дозволяє підтримувати необхідний тиск повітря в ресивері для достатнього запасу повітря під час гальмування. Тиск повітря в шинах можна збільшувати, якщо тиск у ресиверах понад 0,45...0,55 МПа.

Тиск повітря у шинах контролюється за допомогою шинного манометра зі шкалою з рекомендованими тисками для основних типів доріг.

Блок шинних кранів має кілька вентилів за кількістю коліс або осей автомобіля. Коли при всіх відкритих вентилях тиск повітря всіх шин однаковий, можна здійснювати одночасне їх накачування або випуск повітря з усіх шин в атмосферу. Крім того, передбачено зміну тиску повітря в шинах окремо для кожного колеса чи осі.

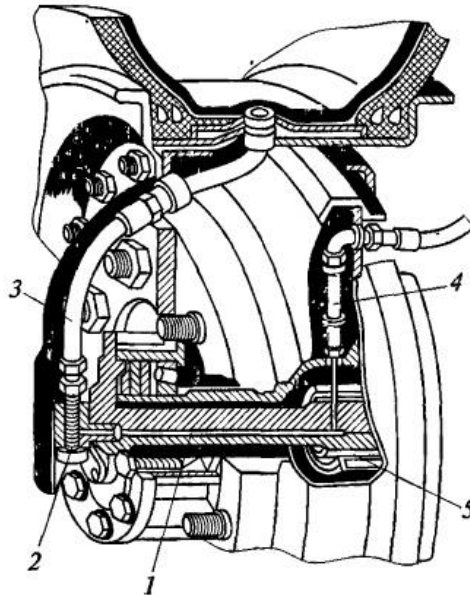


Рис 6. Система підведення повітря до шини, що обертається: 1 - канал півосі; 2 - запірний кран; 3 - шланг; 4 - штуцер; 5 - сальник

Система включає в себе гумові сальники 5, розташовані між нерухомими деталями балок мостів і маточинами коліс, що обертаються. За впливом підвищеного тиску повітря, що надходить в камеру сальника з ресивера, кромки сальника притискаються до циліндричної поверхні деталі, що обертається і забезпечують герметичність з'єднання.

Запірні крани 2 коліс розміщуються в дисках або маточинах коліс і призначені для відключення шин від системи у разі їх пошкодження або при тривалих стоянках, щоб запобігти зниження тиску. В процесі експлуатації автомобіля запірні крани коліс відкриті, що забезпечує з'єднання шин через блок шинних кранів із краном керування.

Система ефективна, але для покращення прохідності треба автоматизувати процес регулювання тиску в кожній шині відповідно до певних умов її

кочення. Ручне регулювання може допустити розбіжність тиску в шинах, що призведе до нерівномірного розподілу крутного моменту по колесах і негативно вплинути на прохідність і (або) керованість автомобіля. Також за допомогою автоматичного регулювання тиску повітря в шині кожного окремого колеса можна досягти покращення прохідності, об'єднавши таку систему з системою антибуксування. За допомогою неоднакового тиску в колесах однієї осі можна досягти передачу необхідного крутного моменту за допомогою диференціалу без його блокування.

Висновки до розділу 1

1. Проаналізовано найбільш розповсюджені системи підвищення прохідності колісних транспортних засобів, а саме: використання повного приводу коліс; шин з покращеним зчепленням; покращення показників геометричної прохідності; впровадження систем «боді-ліфт», пристроїв витягування транспортного засобу з перешкод; встановлення на колеса ланцюгів протиковзання; систем антибуксувальних систем та пристроїв хміни тиску повітря в шинах
2. Доведено, що для покращення прохідності автомобіля, необхідно автоматично регулювати тиск повітря в шині кожного окремого колеса за конкретних умов його кочення.

РОЗДІЛ 2. ОБГРУНТУВАННЯ НЕОБХІДНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПРИСТРОЇВ РЕГУЛЮВАННЯ ТИСКУ ПОВІТРЯ В ШИНАХ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ

Сучасний автомобіль є складною системою за технічними параметрами і, відповідно, за своєю конструкцією. Аналіз теорії руху автомобіля показує важливість врахування процесів взаємодії пневматичної шини з опорною поверхнею, що забезпечує можливість впевненого руху, має вирішальне значення в забезпеченні функціонування інших систем в процесі його експлуатації.

Важливим параметром, який визначає стан і умови роботи пневматичної шини, є тиск, який може коливатися під час руху автомобіля та одночасно є керованим параметром. Проведений аналіз дозволяє дійти до висновку, що більшість систем керування тиском повітря в шинах є централізованими, які забезпечують повітрям усі шини автомобіля однаково або в певних пропорціях. Треба розуміти, що тиск в пневматичній шині є параметром, який час руху автомобіля змінюється. Тому виникає необхідність пропонувати принципово інші способи керування тиском у шинах. Аособливо це може бути актуальним для автомобілів, що працюють в різних дорожніх умовах.

Винятковість значення процесу зміни тиску повітря в шинах і його впливу на експлуатаційні параметри руху автомобіля підкреслюється науковцями, зокрема такими як О.Д. Бойко, О.В. Биковець, І.П. Гамеляк, В.В. Костюк, О.В. Приймак, В.Ф. Райковський, П. О. Русіло та багатьма іншими. Автори встановили залежність між навантаженням на вісь автомобіля і тиском у шинах, обґрунтували процеси нерівномірного зношування протектора шин, розширили можливості покращення стійкості автомобілів через вдосконалення системи регулювання тиску повітря в шинах.

Незважаючи на те, що питання регулювання тиску повітря в шинах автомобілів розглянуті досить детально, окремі їх сторони потребують подальшого удосконалення. Метою даної роботи є обґрунтування

необхідності створення нових пристроїв керування тиском повітря в шинах автомобілів, що дасть можливість покращити показники їх прохідності.

Визначаючи напрямки і перспективи створення нових систем керування тиском повітря в шинах автомобілів, необхідно розглянути теоретичні моделі зміни температури пневматичної шини. Опис процесу нагрівання автомобільної шини можна провести на основі другого закону термодинаміки в диференціальній формі:

$$C_T \frac{dT}{dt} = \sum_{j=1}^r W_j - C_o(T - T_{oc}) \quad (2.1)$$

де C_T та C_o – показники, що визначають теплоємність і теплообмін досліджуваного об'єкта;

W_j – показник теплової потужності J-го об'єкта;

T та T_{oc} – температура об'єкта й температура навколишнього середовища.

З точки зору процесу нагрівання шин рівняння можна записати як систему рівнянь для кількості шин і:

$$C_{TI} \frac{dT_I}{dt} = \sum_{j=1}^r W_{jI} - C_{oI}(T_I - T_{oc}) \quad (2.2.)$$

де: W_{jI} – тепла потужність, що виділяється і-ою шиною в результаті впливу сил тертя кочення, роботи гальм і зовнішніх температурних джерел.

Температурні процеси в пневматичній шині визначаються за кількістю теплоти, що поглинається (виділяється) в процесі нагрівання (охолодження), тобто теплоємністю, що залежить від параметрів процесу теплообміну (1, 2). Показник теплообміну на теоретичному рівні можна описати законом Шарля для ізохорних процесів в ідеальних газах в сталому тепловому режимі, як показують в [1] С. Є. Бузников та М. С. Шабанова. Для аналізу показників процесу теплообміну можна обрати закон Шарля для ізохорних процесів в ідеальних газах в сталому тепловому режимі під час руху з постійною швидкістю $V_i = \text{const}$ (V_i – лінійна швидкість руху колеса) за умов відсутності поздовжніх ковзань коліс та гальмівних керувальних

впливів $U_i = 0$. У цьому випадку розв'язок для температур нагрівання $y_i = T_i - T_{oc}$ має збігатися зі значенням зміни температури, що визначається тепловими складовими тисків ΔP_{Ti} :

$$C_{OI}[T_{oc}]P_i^{-1}(0)\Delta P_{Ti} = R_{zi}(P_i)mod(V_i) \quad (2.3)$$

де $P_i^{-1}(0)$ – початкове значення тиску повітря в шині, якщо $T = T_{oc}$

Величина теплообміну C_{OI} може бути розрахована з (2.3), якщо відомі V_i , P_i , R_{zi} та ΔP_{Ti} , за формулою:

$$C_{OI} = R_{zi} \times (P_i) \times V_i \times P_i(0) \times [T_{oc}]^{-1} \times \Delta P_{Ti}^{-1} \quad (2.4)$$

В (2.4) для опису взаємодії шини з опорною поверхнею звертає на себе увагу показник R_{zi} нормальна реакція на «i» колесо з боку опорної поверхні, або як її ще можна назвати - нормальна складова динамічного навантаження.

Необхідно звернути увагу, що в процесі руху автомобіля нормальні реакції, що діють на автомобільні колеса з боку опорної поверхні, не є постійними і змінюються залежно від дії на автомобіль різних сил і моментів. Ці параметри залежать від маси автомобіля та характеристик його колісної бази, висоти центра мас, відстані від центра мас до осей коліс, навантаження на колеса.

Встановлено, що нормальні реакції суттєво впливають на силу опору коченню. Також треба пом'ятати, що навантаження на кожне колесо впливає на його зчеплення з опорною поверхнею [5, 8]. З цього можна зробити висновок, що параметри, які визначають навантаження на колісну базу автомобіля, не є стандартними і постійними, кожний автомобіль має власні параметри навантаження. Наприклад, для автомобіля Renault Magnum повне навантаження становить 16832 кг, маса шасі-кабіни 9168 кг, на передню вісь

припадає 7500 кг, на задню - 11500 кг. Звертає на себе увагу суттєва нерівномірність розподілу навантаження.

Відповідно до цього можна сформулювати гіпотезу: нормальна складова динамічного навантаження на i -е колесо буде індивідуальною для кожного окремого колеса внаслідок різного ступеня навантаження на колісну базу автомобіля. Необхідно також враховувати факт, що тиск повітря в шинах під час руху та коефіцієнт зчеплення залежать від місця колеса в колісній формулі автомобіля і вони будуть різними для ведучих та ведених колес.

Таким чином, оскільки параметр R_{zi} не є однаковим для кожного окремого колеса автомобіля, то і параметри C_{0i} , і C_{Ti} будуть різними. Тоді під впливом навантаження на i -е колесо температура повітря в шинах автомобіля буде відрізнятися, і відповідно, буде відрізнятись тиск повітря в них.

Необхідно зазначити, що зчеплення шини з опорною поверхнею під час експлуатації автомобіля буде залежить від типу опорної поверхні (сухий асфальт, бруківка, льодова поверхня тощо) через різні умови тертя між шиною та цими покриттями. Так само і коефіцієнт зчеплення буде залежати від інших факторів, зокрема від ваги, що припадає на колесо, складу гуми шини і її зношення, швидкості руху автомобіля, відведення шини, ковзання в процесі руху тощо.

Найбільший вплив на зчеплення шини з опорною поверхнею мають вертикальне навантаження на колесо, склад гуми протектора, стан і глибина його малюнку. Виходячи з цього можна сформулювати ще одну гіпотезу: нормальна складова динамічного навантаження на i -е колесо (R_{zi}) буде індивідуальною для кожного кожного колеса.

Необхідно зазначити, що показник R_{zi} буде мати індивідуальні значення для кожного колеса автомобіля, оскільки в кожен момент часу під впливом чинників, які визначають зчеплення автомобільної шини з дорожнім

покриттям, температура шини буде індивідуальною, а значить і тиск повітря в кожній автомобільній шині буде різним.

Таким чином, керування тиском повітря в шинах автомобілів необхідно здійснювати диференційовано (децентралізовано) з огляду на різницю цього тиску. Необхідно зазначити, що такі системи дадуть можливість:

- екстрено підкачувати пошкоджену шину без вимушеної зупинки та закриття шинних кранів непошкоджених коліс;
- знижувати тиск повітря в шинах механічним способом (без участі двигуна автомобіля);
- одночасно підвищувати тиск повітря в шинах одних коліс і знижувати в інших.

Інші завдання розроблення цих систем в даній роботі не розглядаються. На даному етапі важливо розробити систему, в якій бажаний тиск встановлювався з урахуванням зміни температури кожної шини автомобіля.

Висновки до розділу 2:

1. Встановлені відмінності тиску в різних шинах автомобілів під час їх руху, які визначають необхідність зміни алгоритмів керування цими тисками і переходу від централізованих систем підкачування повітря до диференційованих систем індивідуального керування тиском повітря в шинах автомобілів. Особливо це актуально з точки зору покращення прохідності вантажних позашляховиків, які також працюють і в умовах руху по дорогах з удосконаленим покриттям.
2. Доведено, що така система повинна забезпечувати керування тиском у шинах автомобілів в межах, що передбачені виробником шин конкретного типу і марки та мати можливість його зміни як в процесі руху автомобіля, так і на місці, враховуючи поточне значення температури кожної шини. Це

повинно забезпечити надійну роботу пневматичної шини на всіх видах доріг за різних температур, сприяти покращенню паливної економічності та підвищенню прохідності автомобіля залежно від конкретних дорожніх умов його руху.

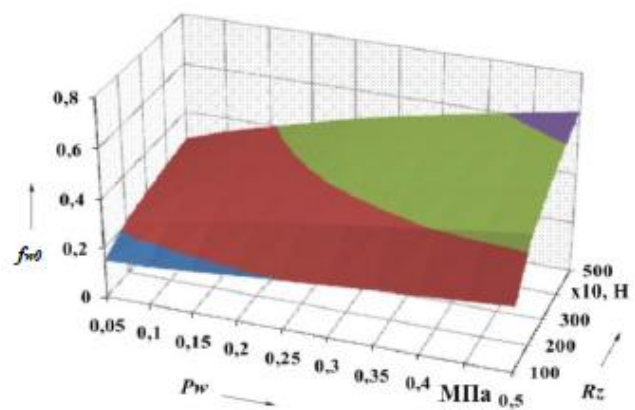
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ ЗМІНИ ТИСКУ ПОВІТРЯ В ШИНАХ АВТОМОБІЛЯ

3.1. Зміна коефіцієнту опору кочення колеса від нормального навантаження, тиску повітря в шині та номеру проходу колеса

Аналіз результатів експериментальних досліджень виявляє характер впливу нормального навантаження і тиску повітря в шинах, номеру проходу колеса по ґрунтовій опорній поверхні на коефіцієнт опору коченню (рис. 3.1-3.4.). Це дає можливість встановити функціональну залежність від зазначених параметрів та визначити чисельні значення відповідних коефіцієнтів корекції коефіцієнта опору коченню для кожного типу ґрунту.

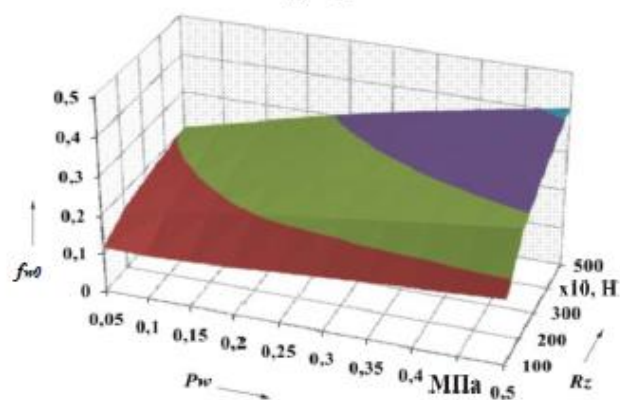
Загальний вигляд функціональної залежності коефіцієнта опору описується відповідним рівнянням, при цьому для кожного типу ґрунту коефіцієнти корекції коефіцієнта опору коченню мають значення:

- для ґрунтової основи «рілля»: $k_0 = -0,0008381$; $k_1 = -0,0650083$ (1/МПа); $k_2 = 0,0000031$ (1/Н); $k_3 = 0,0002618$; $k_4 = 0,0002446$ (1/МПа·Н); $k_5 = 0,0203731$ (1/МПа); $k_6 = -0,000001$ (1/Н); $k_7 = -0,0000766$ (1/МПа Н);
- для ґрунтової основи «мокрый пісок»: $k_0 = -0,019127$; $k_1 = -0,0895536$ (1/МПа); $k_2 = 0,0000457$ (1/Н); $k_3 = 0,005996$; $k_4 = 0,0002141$ (1/МПа·Н); $k_5 = 0,0284891$ (1/МПа); $k_6 = -0,0000143$ (1/Н); $k_7 = 0,0000671$ (1/МПа·Н);
- для ґрунтової основи «суглинок-20»: $k_0 = 0,019103$; $k_1 = 0,0217368$ (1/МПа); $k_2 = 0,0000032$ (1/Н); $k_3 = -0,005361$; $k_4 = 0,0000364$ (1/МПа·Н); $k_5 = -0,0060687$ (1/МПа); $k_6 = -0,0000009$ (1/Н); $k_7 = -0,0000102$ (1/МПа·Н);
- для ґрунтової основи «суглинок-35»: $k_0 = 0,0090937$; $k_1 = 0,0012769$ (1/МПа); $k_2 = 0,0000152$ (1/Н); $k_3 = -0,0021303$; $k_6 = -0,0000036$ (1/Н).



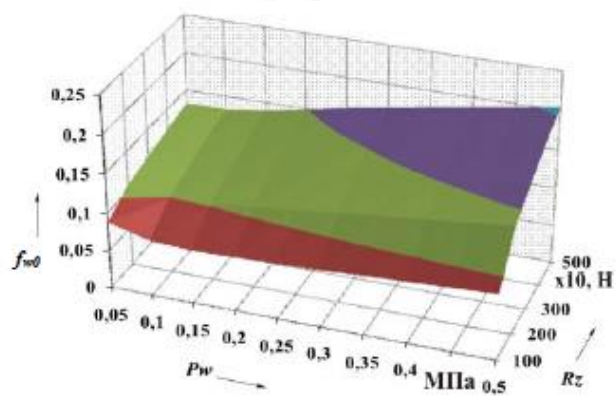
■ 0-0,2 ■ 0,2-0,4 ■ 0,4-0,6 ■ 0,6-0,8

$n = 1$



■ 0-0,1 ■ 0,1-0,2 ■ 0,2-0,3 ■ 0,3-0,4 ■ 0,4-0,5

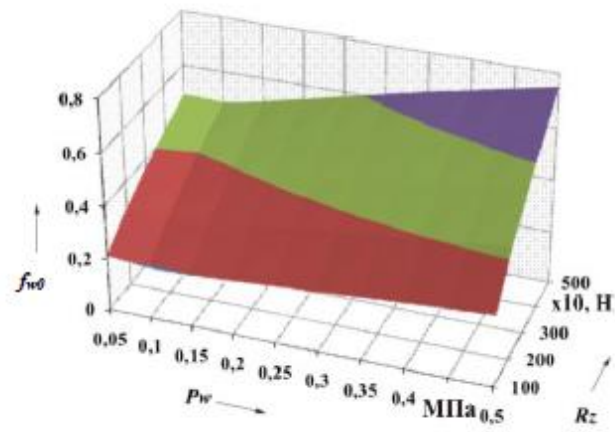
$n = 2$



■ 0-0,05 ■ 0,05-0,1 ■ 0,1-0,15 ■ 0,15-0,2 ■ 0,2-0,25

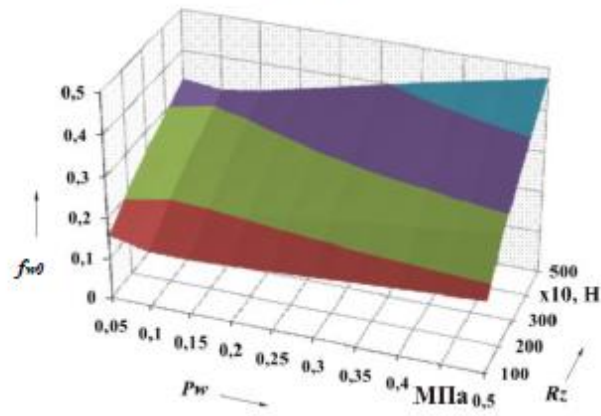
$n = 3$

Рис. 3.1. Результати дослідження залежності f_{w0} від P_w , R_z та n для ґрунтові основи «рілля»



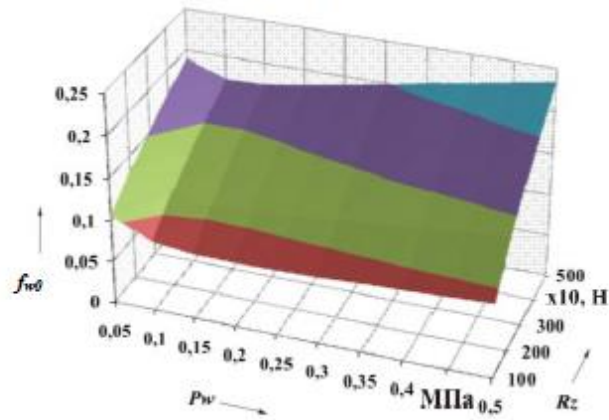
■ 0-0,2 ■ 0,2-0,4 ■ 0,4-0,6 ■ 0,6-0,8

$n = 1$



■ 0-0,1 ■ 0,1-0,2 ■ 0,2-0,3 ■ 0,3-0,4 ■ 0,4-0,5

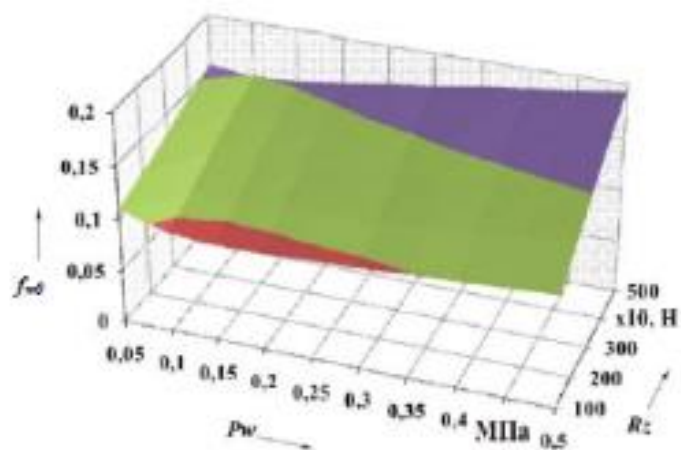
$n = 2$



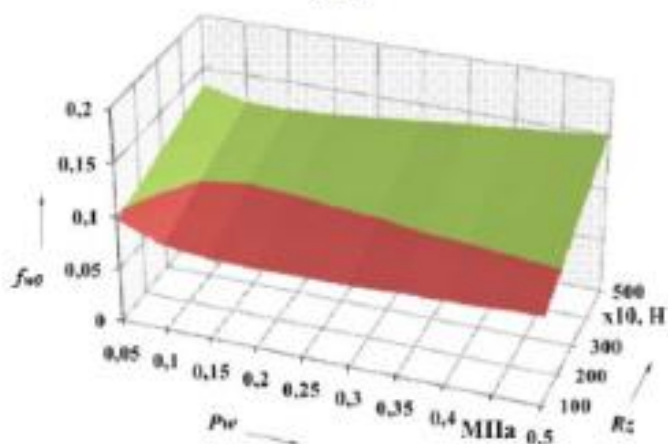
■ 0-0,05 ■ 0,05-0,1 ■ 0,1-0,15 ■ 0,15-0,2 ■ 0,2-0,25

$n = 3$

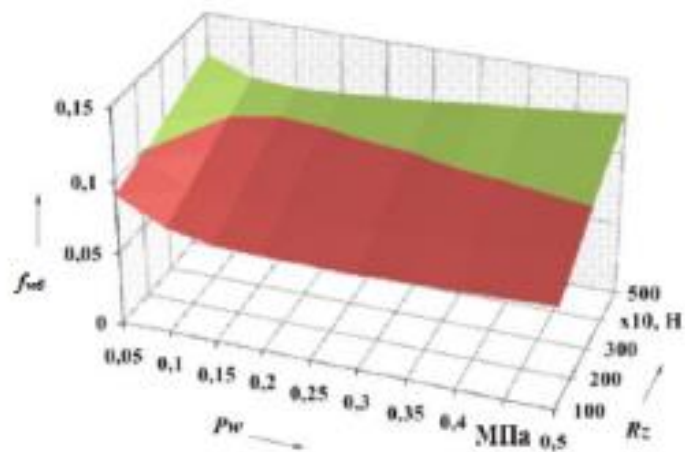
Рис. 3.2. Результати дослідження залежності f_{w0} від P_w , R_z та n для ґрунті
основи «мокрий пісок»



■ 0-0,05 ■ 0,05-0,1 ■ 0,1-0,15 ■ 0,15-0,2
 $n = 1$



■ 0-0,05 ■ 0,05-0,1 ■ 0,1-0,15 ■ 0,15-0,2
 $n = 2$



■ 0-0,05 ■ 0,05-0,1 ■ 0,1-0,15
 $n = 3$

Рис. 3.3. Результати дослідження залежності f_{w0} від P_w , R_z та n для ґрунті
 основи «суглинок 20»

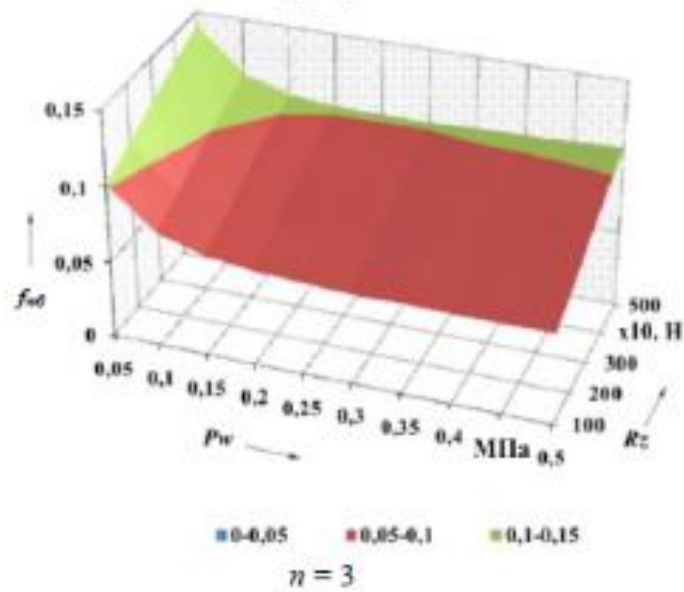
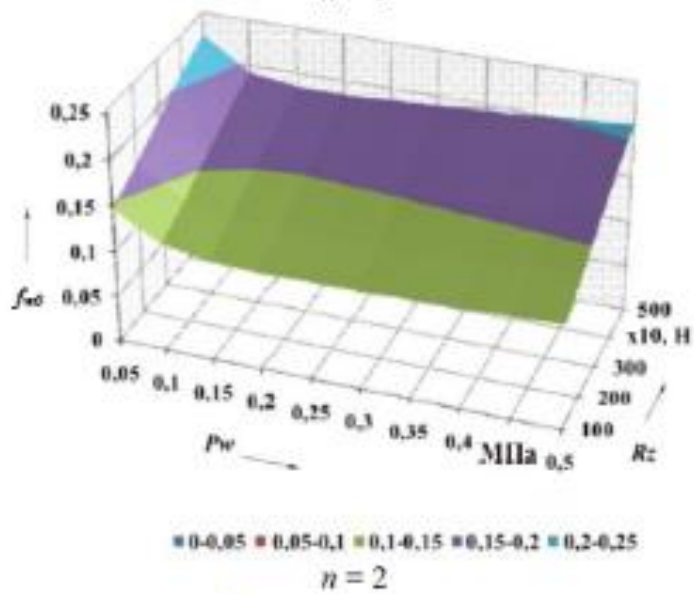
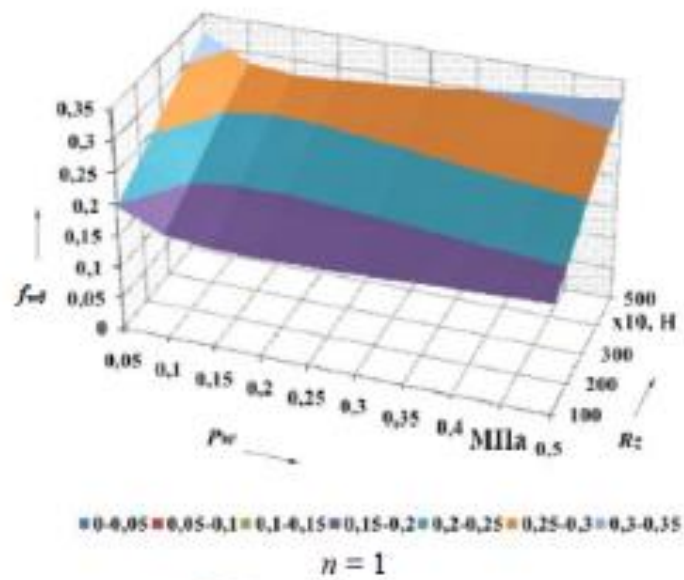


Рис. 3.4. Результати дослідження залежності f_{w0} від P_w , R_z та n для ґрунті
основи «суглинок 35»

Аналіз досліджень кочення колеса по ґрунтовій поверхні дозволяє зробити висновок, що P_w і R_z мають приблизно однаковий вплив на зміну f_{w0} , але при цьому n має більший вплив, ніж P_w і R_z окремо. Зі збільшенням n значення f_{w0} для всіх розглянутих ґрунтів зменшується.

Вибрана методика та вимірювально-реєструючий комплекс дозволили провести дослідження кочення колеса по деформованих опорних поверхнях зі зміною навантаження на нього, тиску повітря в шині та номеру проходу при послідовних проїздах в колії.

Це дозволило визначити функціональну залежність значення коефіцієнта опору коченню. Аналіз кочення колеса по ґрунтовій основі, що деформується, показав, що тиск повітря в шині і вертикальне навантаження на колесо мають істотний вплив на значення коефіцієнта опору коченню. При цьому він зменшується при зниженні тиску повітря в шині і при кожному наступному проході колеса по колії, що утворюється. При цьому встановлено, що номер проходу колеса має більший вплив, ніж окремий тиск повітря і вертикальне навантаження. Це стосується всіх розглянутих ґрунтів.

В основу оцінки результатів проведеного теоретичного дослідження покладено методику, засновану на РТМ 37.001.053–2000 «Методи визначення параметрів прохідності військової автомобільної техніки», РТМ 37.001.039–77 «Типова програма та методи випробувань повнопривідних автомобілів багатоцільового призначення на прохідність», методики оцінки рухливості у польових умовах, запропонованих Я.С. Агейкіним [11, 12], і доповнена виходячи з:

- особливостей запропонованого способу підвищення прохідності АБП;
- сучасних наукових завдань;

Завдання натурного дослідження – проведення порівняльного аналізу прохідності автомобілів по різних ґрунтах умовах за критеріями та параметрами, рекомендованими заводом-виробником та запропонованим способом децентралізованого регулювання тиску повітря в шинах.

Мета експерименту:

- оцінка адекватності математичної моделі руху автомобіля по опорній поверхні, що деформується;
- оцінка ефективності запропонованого способу підвищення прохідності автомобіля шляхом децентралізованого регулювання тиску повітря в шинах в залежності від навантаження на колеса, та їх розташування в схемі автомобіля.

За показники, що характеризують прохідність автомобіля і дозволяють провести порівняльну оцінку, обрано:

- максимальна сила тяги на гаку;
- витрата палива в заданих дорожніх умовах.

Випробування проводилися на автомобілі КамАЗ-5350 з поточним пробігом 7134 км, що попередньо пройшов обкатку, чергове технічне обслуговування та перевірку технічного стану.

Для проведення випробувань на автомобіль встановлювався вимірювально-реєструючий комплекс, його вагові параметри визначались послідовним зважуванням через наїзд на вагову платформу колесами передньої осі та заднього візка. Досягнення максимальної точності щодо повної маси автомобіля та її розподілу по передньому мосту і візка визначалося триразовим зважуванням з отриманням наступних кінцевих середніх значень:

- повна маса 15890 кг;
- маса, що припадає на передню вісь, 5240 кг;
- маса на задній візок 10650 кг.

На автомобілі були встановлені шини 425/85R21 моделі «КАМА-1260» 146J, пневматичні, з малюнком протектора підвищеної прохідності та регульованим тиском повітря, без зовнішніх пошкоджень, з зношеним малюнком протектора до 10 відсотків від первісної висоти. Тиск повітря в

шинах у процесі проведення випробувань змінювалося в діапазоні 0,08...0,45 МПа.

Для прогріву агрегатів та встановлення їх необхідного теплового режиму перед проведенням випробувань застосовано контрольний пробіг за маршрутом протяжністю приблизно 50 км з середньою швидкістю руху близько 60 км/год.

Для вирішення поставлених завдань проводилися вимірювання та реєстрація наступних параметрів:

- крутних моментів на провідних колесах;
- частоти обертання провідних коліс;
- сили тяги на гаку автомобіля;
- пройденого шляху;
- витрата палива.

Вимірювально-реєструючий комплекс включав в себе (рис. 3.5):

- Персональну електронно-обчислювальну машину;
- вимірювальний вузол типу «п'яте колесо»;
- аналого-цифровий перетворювач L-Card E14-140;
- витратомір палива «Порт-1»;
- кільцеву тягову тензометрична ланка з датчиками;
- підсилювач AD623;
- датчики частоти обертання індукційного типу з струмозйомниками.

За допомогою тензометричних резисторів ФКРА-20-100ГВ, які кріпилися клейовим способом на півосі автомобіля (рис. 3.6), проводився вимір крутних моментів.



Рис. 3.6. Установка тензометричних датчиків на піввісь автомобіля

Для виключення згинальних деформацій та забезпечення температурної компенсації підключення тензорезисторів напівмосту здійснювалося двоплечовим способом з кутом кріплення 90° .

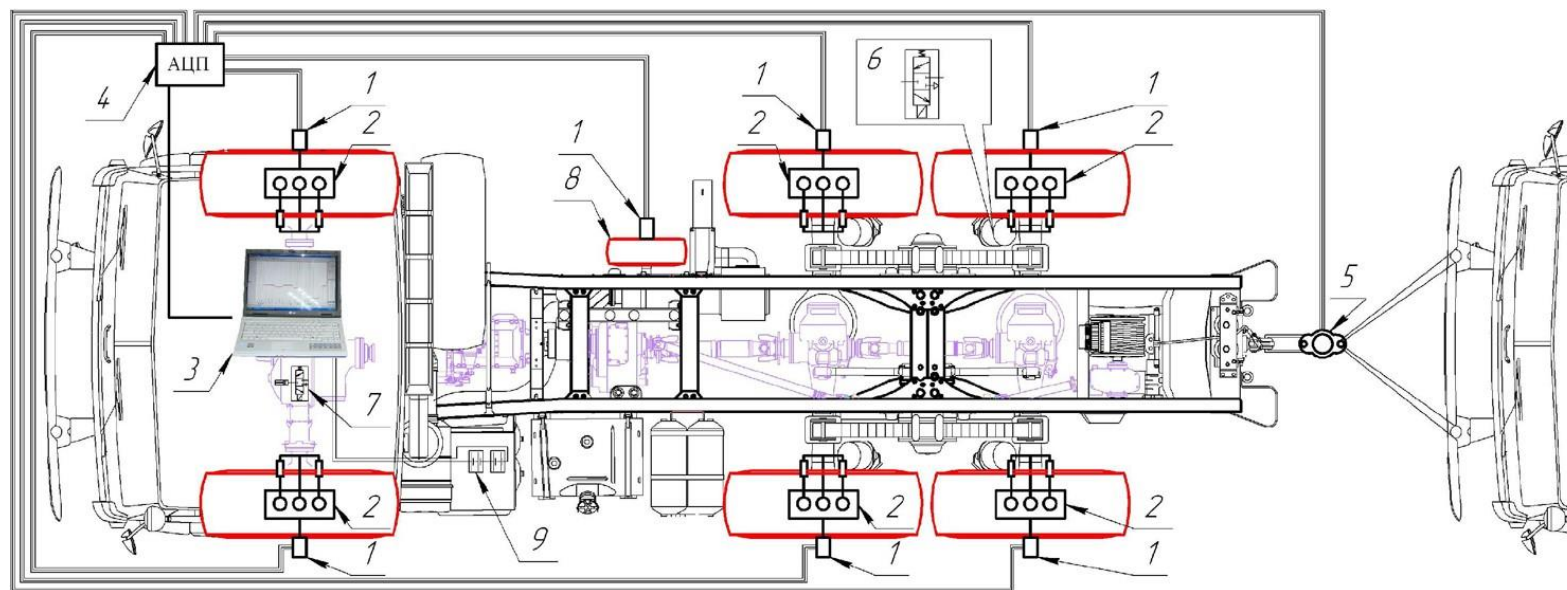


Рис 3.5. Вимірювально-реєструючий комплекс: 1 – торцеві струмознімачі ТРАК-4 з індукційними датчиками числа обертів, 2 – тензометричні датчики ФКРА-20-10ГВ; 3 – ПЭВМ (ноутбук); 4 – аналогово-цифровий перетворювач L-Card E14-140; 5 – тензометричне звено; 6 – електропневмоклапани обмежуючі буксування; 7 – електропневмоклапан обмеження подачі палива; 8 – вимірювальне («п'яте») колесо; 9 – акумуляторні батареї 6 СТ-190 ТРМ.

Балансування тензометричного мосту здійснювалося підсилювачем AD623 (рис. 3.6).

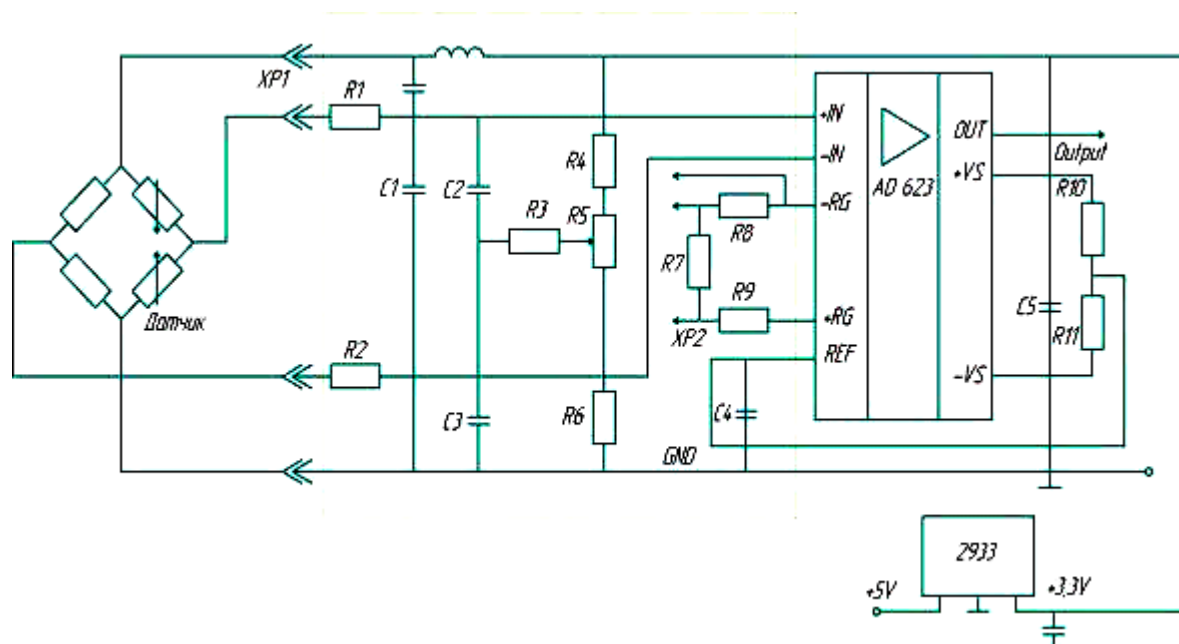


Рис. 3.6. Схема підключення тензометричного датчика до підсилювача

Вимірювання тягового зусилля до 50000 Н на гаку автомобіля проводилося з використанням кільцевої тягової тензометричної ланки, що являє собою сталеве кільце з прикріпленими до його внутрішньої поверхні тензометричними датчиками (рис. 3.7, 3.8). Зняття електричних сигналів з тензометричних датчиків, прикріплених до півосей, та їх електроживлення проводилося з використанням ртутно-амальгованих струмознімачів ТРАК-4 та ТРАК-8. До автомобіля струмознімачі кріпилися кронштейнами, а з використанням металевого перехідника та полімерної трубки рухома частина струмознімача з'єднувалася з піввіссю.



Рис. 3.7. Тягова тензометрична ланка



Рис. 3.8. Встановлення тягової тензометричної ланки на автомобілі

Датчиками індукційного типу, генератори імпульсів яких вбудовані в струмознімач ТРАК (рис. 3.9), здійснювалося вимірювання кутової швидкості обертання ведучих коліс.

Вимірювання протяжності пройденої ділянки шляху та швидкості проводилося з використанням вимірювального пристрою типу "п'яте колесо". Воно складається з колеса діаметром 350 мм, встановленого на вилці в зборі з вертикальним кронштейном, на осі якого встановлено тахогенератор

індукторного типу ЦМІС із переривником, поміщеним у дюралюмінієвий корпус. Кріплення колеса здійснювалося до тягово-зчіпного пристрою автомобіля.



Рис. 3.9. Встановлення торцевих струмознімачів на автомобілі

Для посилення сигналів тензометричних датчиків застосовувався підсилювач Analog Devices 623.

Порівняльний аналіз проводився за результатами, отриманими під час руху автомобіля з тиском повітря в шинах, рекомендованим заводом-виробником та за пропонованим способом децентралізованого регулювання тиску повітря в шинах. З використанням витратоміра дизельного палива «ПОРТ-1» (рис. 3.10) проводився замір витрати палива. При проведенні випробувань використовувалися основні марки палив дизельних марок Л-0,2-40 ГОСТ 305-82 і З-0,2 ГОСТ 305-82, що відповідають вимогам без вмісту у своєму складі водорозчинних кислот, лугів, води та механічних домішок.

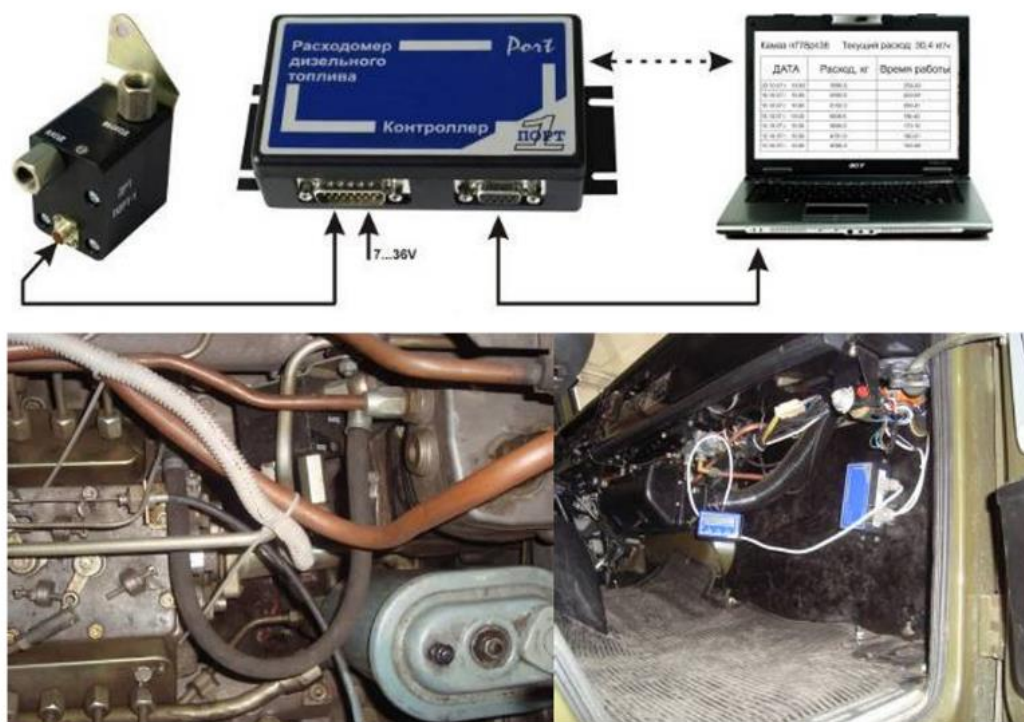


Рис. 3.10. Схема витратоміра палива «Порт-1» та його встановлення на автомобілі

З використанням блоку реєструючої апаратури (рис. 3.11), багатоканального АЦП з мультиплексуванням каналів L-Card E14-140 проводилася реєстрація досліджуваних параметрів, передача яких здійснювалася цифровим сигналом у ноутбук для відтворення в програмному середовищі PowerGraph. Фрагмент представлений на рис. 3.12.

Живлення вимірювально-реєструючого комплексу відбувалося від двох акумуляторних батарей 6СТ-190ТРМ, з'єднаних послідовно та через USB порт комп'ютера.

Гранична похибка під час реєстрації параметрів не перевищувала 0,2 %. Максимальна відносна похибка, що вноситься до блоку реєструючої апаратури, була не більше 0,2 %.



Рис. 3.11. Блок реєструючої апаратури

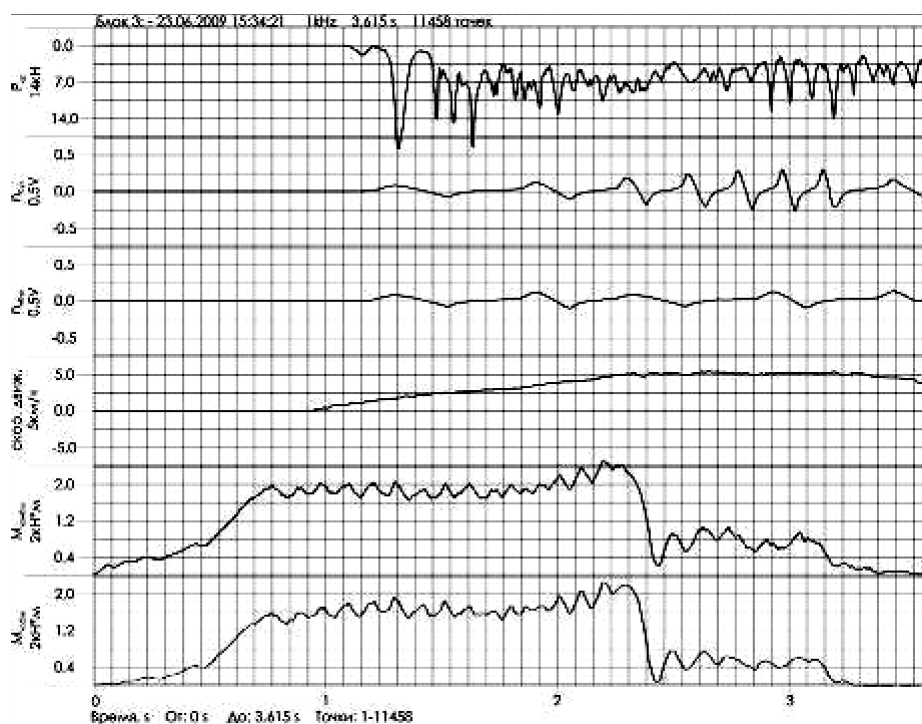


Рис. 3.12. Фрагмент реєстрації даних в програмному середовищі PowerGraph

Дослідження передбачало проведення випробувань автомобіля в штатній комплектації при русі з різним навантаженням на колеса переднього мосту та заднього візка по різних ґрунтових поверхнях з деформованою основою та зміною тиску повітря в шинах. Методика проведення досліджень враховувала рекомендації [13-15].

На першому етапі випробувань визначалися кінематичні та силові характеристики коліс, а також параметри їх взаємодії з опорною поверхнею. На другому етапі визначалася витрата палива за різними покриттями опорних поверхонь. На третьому - визначалася можливість максимальної сили тяги на гаку автомобіля. Експериментальні дослідження проводилися в реальних умовах експлуатації автомобілів під час руху по дорогах з різними типами ґрунтів у районі міста Житомир. Ділянки місцевості, виходячи з можливостей, були обрані максимально однорідним за характеристиками типом ґрунту:

- ділянка суглинистого ґрунту з вологістю близько 20%;
- ділянка суглинистого ґрунту з вологістю близько 35 %;
- ділянка вологого річкового піску вологістю близько 30%;
- ділянка свіжоораного суглинку з вологістю близько 35%.

Довжина ділянки випробувань становила 300 м, з якої 50 м - розгінна ділянка (рис. 3.13).



Рис. 3.13. Проведення експериментальних досліджень

Під час першого етапу дослідження проводилося визначення силових та геометричних параметрів коліс автомобіля (маса колеса, коефіцієнт тангенціальної еластичності, радіус кочення у вільному режимі, момент інерції) та параметрів, що характеризують взаємодію з опорною поверхнею (коефіцієнти зчеплення та опору коченню).

При рівномірному русі автомобіля на горизонтальній ділянці рівної опорної поверхні при фіксованій подачі палива проводився вимірювання радіусу коліс. В

процесі випробування датчиком струмознімача фіксувалося число обертів колеса n , а вимірювальним вузлом типу «п'яте колесо» проводилася реєстрація пройденого шляху S . При цьому радіус кочення:

$$r_k = \frac{s}{2\pi n} \quad (3.1)$$

Далі визначалися значення радіуса кочення при різних крутних моментах, що підводяться до колеса. Коефіцієнт тангенціальної еластичності:

$$\lambda = \frac{r_{ki} - r_{kj}}{M_{kj} - M_{ki}} \quad (3.2)$$

При рівномірному русі автомобіля експериментальною ділянкою в провідному режимі проводилося визначення опору коченню, при цьому рух здійснювався з мінімальною швидкістю. Крутний момент, що підводиться до ведучих коліс, дорівнює моменту опору коченню, тоді коефіцієнт опору коченню:

$$f = \frac{M_k}{r_k G} \quad (3.3)$$

де M_k - момент, що підводиться до колеса;

r_k – радіус колеса;

G – навантаження на колесо.

Максимальний коефіцієнт зчеплення колеса з опорною поверхнею:

$$\Psi = \frac{M_k}{r_k G} - f \quad (3.4)$$

При проходженні залікової ділянки автомобілем реєструвалися наступні параметри:

- пройдений шлях;
- витрата палива;
- час проходження залікової ділянки;
- середнє значення сили тяги на гаку;
- крутний момент на ведучих колесах;
- частота обертання ведучих коліс.

Для покращення достовірності отриманих результатів дослідження було проведено сім вимірювань параметрів, що реєструються.

3.2. Обґрунтування децентралізації регулювання тиску повітря у шинах

Проведеними дослідженнями встановлено, що характер руху автомобіля по різних опорних поверхнях визначається великою кількістю факторів.

В процесі руху автомобіля відбувається природна зміна характеристик опорної поверхні такі як ущільнення, руйнування ґрунту тощо. Це спостерігається при проході кожного колеса, які рухаються послідовно. При цьому колеса кожної наступної осі можуть рухатися колією (або її часткою), прокладеною попереднім колесом. Конструкція автомобіля (особливо це стосується позашляховика), як правило передбачає рівну ширину колії для коліс усіх осей, що обумовлює кочення кожного колеса за попереднім. При такому послідовному проході відбувається збільшення глибини колії і це збільшує сили тертя в залежності від типу ґрунту та його характеристик. Все це призводить до збільшення втрат на подолання опору коченню. Треба розуміти, що на опорних поверхнях з ґрунтом, що ущільнюється, опір коченню переднього колеса більше, чим наступних, що котяться за ним.

Таким чином, використання систем регулювання тиску повітря в шинах дозволить зменшити глибину колії та, відповідно, опір коченню коліс. В той же час, величина тиску повітря в шинах залежить від навантаження на колеса, і типу поверхні де відбувається рух.

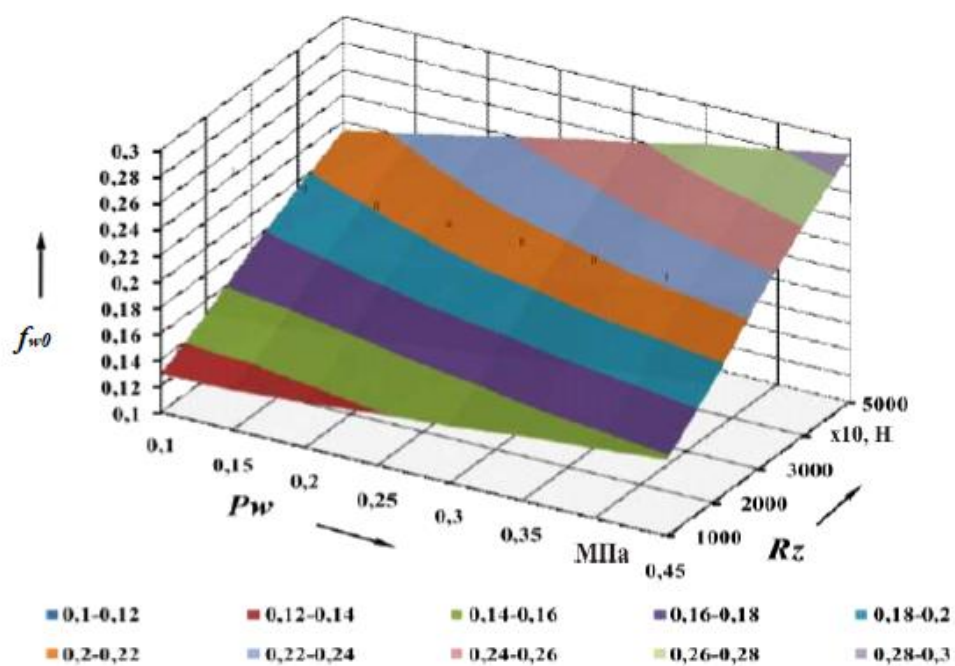
На основі математичної моделі, що представлено в розділі 2, з використанням системи Matlab в пакеті Simulink проведено розрахунок впливу тиску повітря в шинах (P_w) на опір коченню коліс (f_{w0}) при послідовних проходах та різних вертикальних навантаженнях (R_z).

При цьому було прийнято наступні обмеження та припущення:

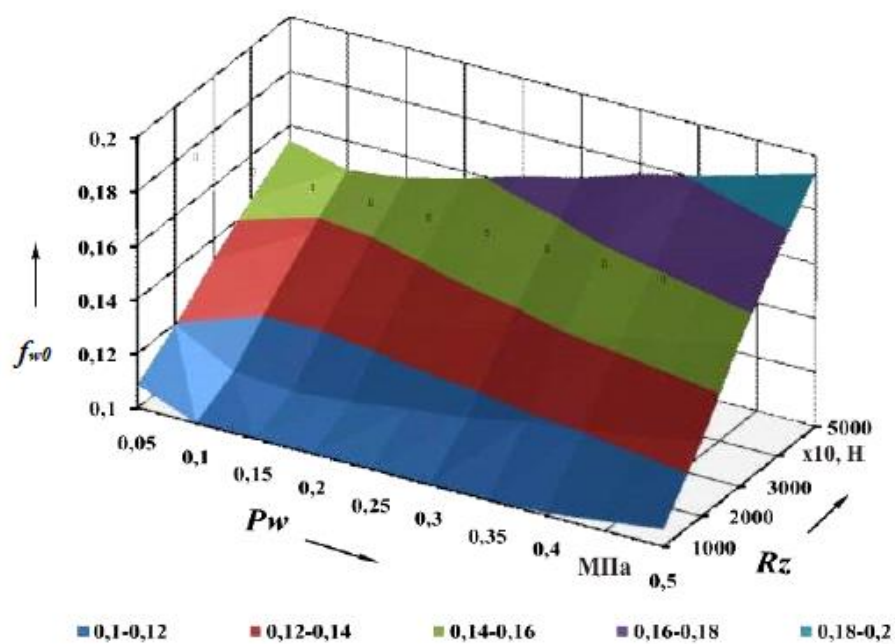
- типи ґрунтів: суглинистий, вологість 20 та 35 %, вологий річковий пісок, свіжозораний суглинок;

- значення показника C , що характеризує початковий опір ґрунту та статичного показника μ : суглинок вологістю 20 % – $C=0,25$ та $\mu=0,77$; суглинок вологістю 35 % – $C=0,35$ та $\mu=0,5$, вологий річковий пісок – $C=0,53$ та $\mu=0,34$;
- ґрунт однорідний, його фізико-механічні властивості не змінюються під впливом природно-кліматичних факторів, поверхня однорідна, горизонтальна та рівна;
- кочення рівномірне прямолінійне з швидкістю 7 м/с;
- збільшення ширини шини при її прогині в контакті з ґрунтом відносно ширини бігової доріжки не враховується;
- збільшення глибини колії при появі горизонтальних сил визначається поправкою на буксування колеса;
- глибина колії визначається відстанню від поверхні недеформованого ґрунту до глибини занурення колеса;
- параметри та діапазон зміни тиску повітря відповідають вимогам до шини моделі «КАМА-1260»;
- діапазон вертикальних навантажень на колесо та число послідовних проходів визначено для автомобілів вантажопідйомністю 3000...15000 кг, з колісною формулою 4х4, 6х6 та 8х8.

Результати моделювання руху автомобілів та проведеного розрахунку з урахуванням зазначених обмежень та припущень дозволили отримати залежності опору коченню в функції від навантаження, що припадає на колеса, встановленого тиску повітря у шинах та номеру проходів колеса (рис. 3.14-3.22).

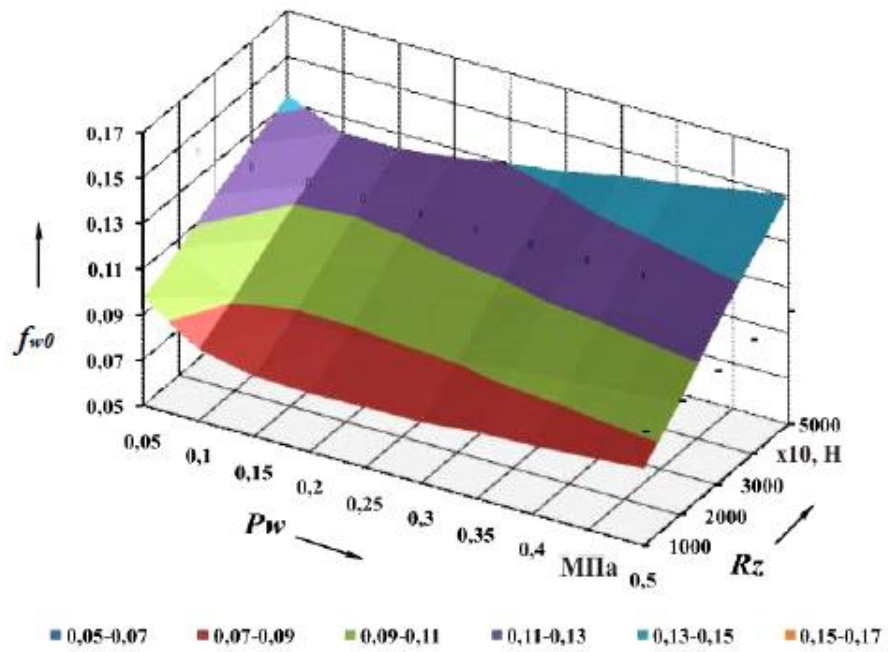


а)

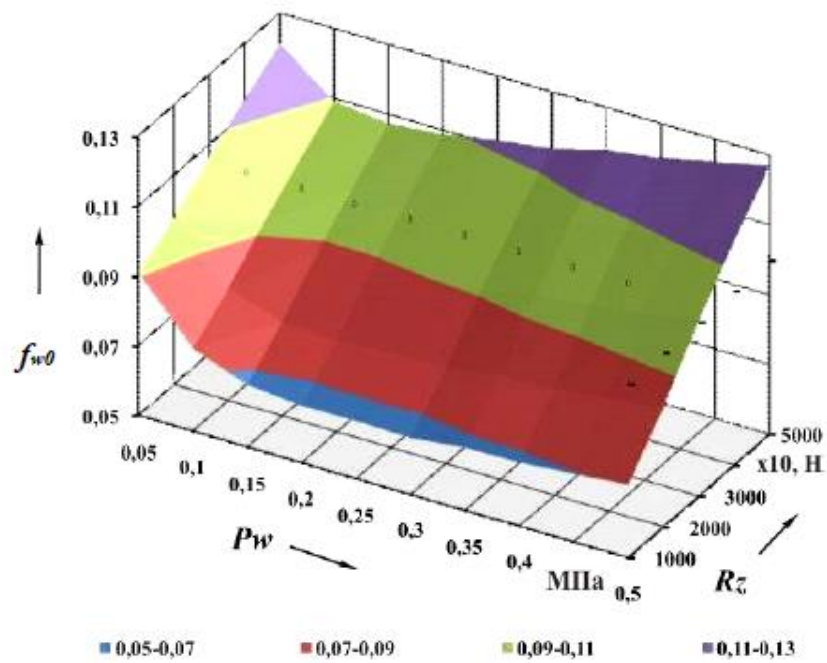


б)

Рис. 3.14. Залежності f_{w0} у функції від R_z та P_w при першому (а) та другому (б) проході колеса по ґрунту «суглинок-20»



a)



б)

Рис. 3.15. Залежності f_{w0} у функції від R_z та P_w при третьому (а) та четвертому (б) проході колеса по ґрунту «суглинок-20»

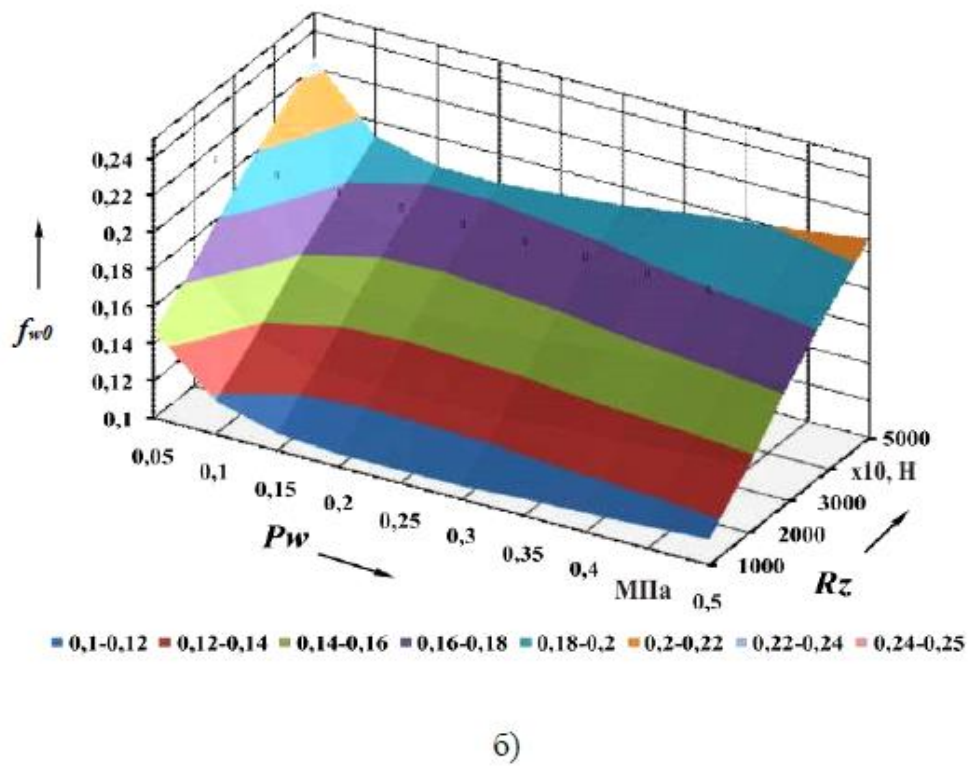
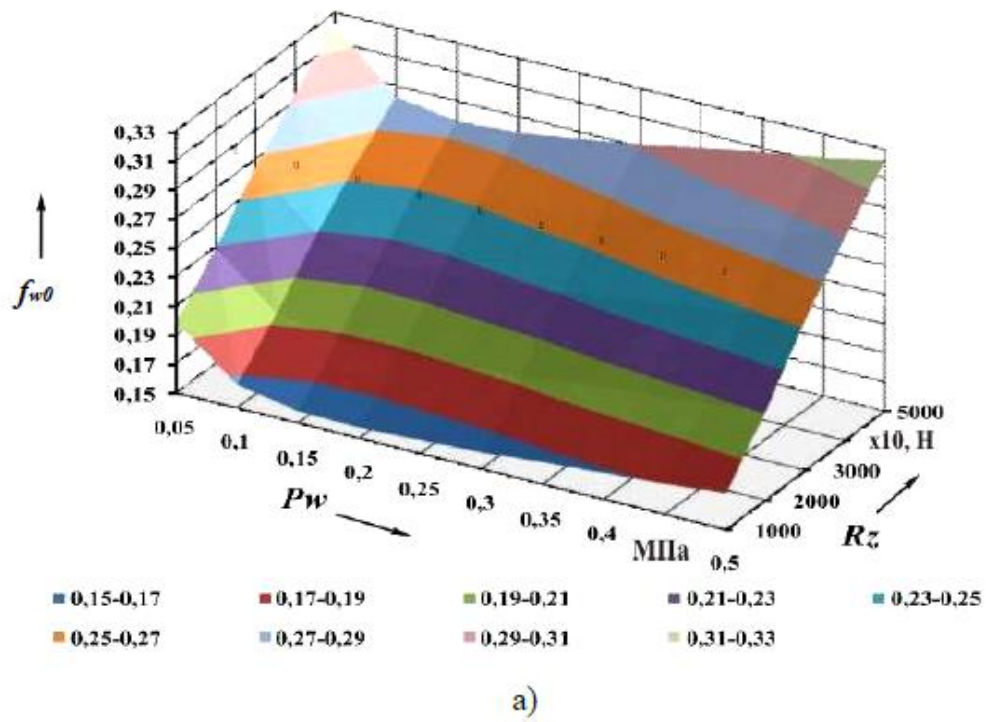
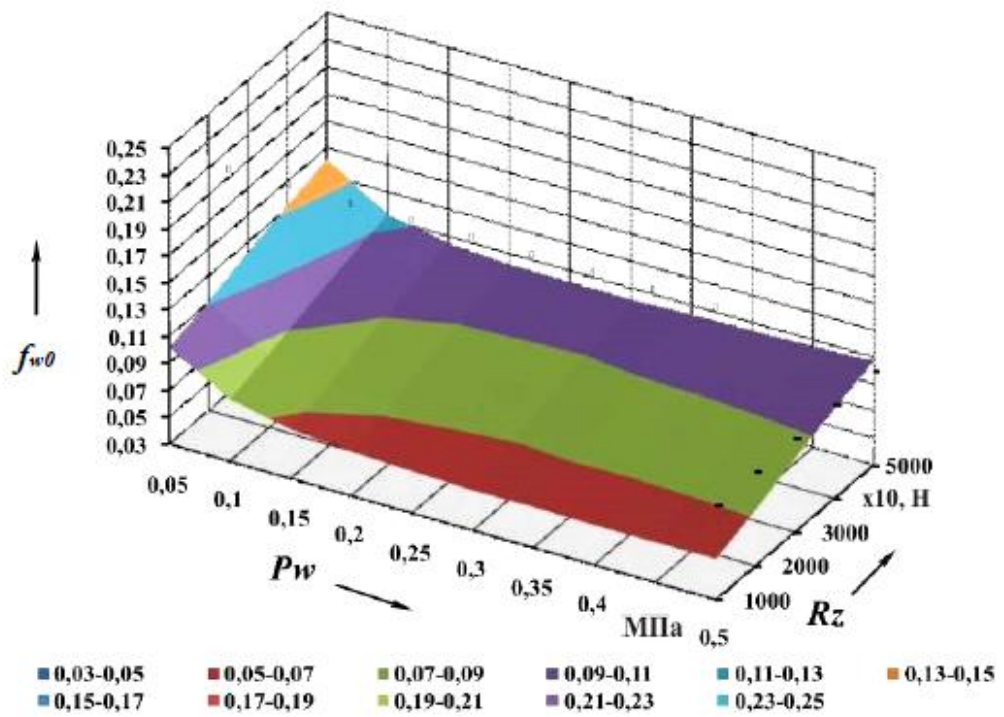
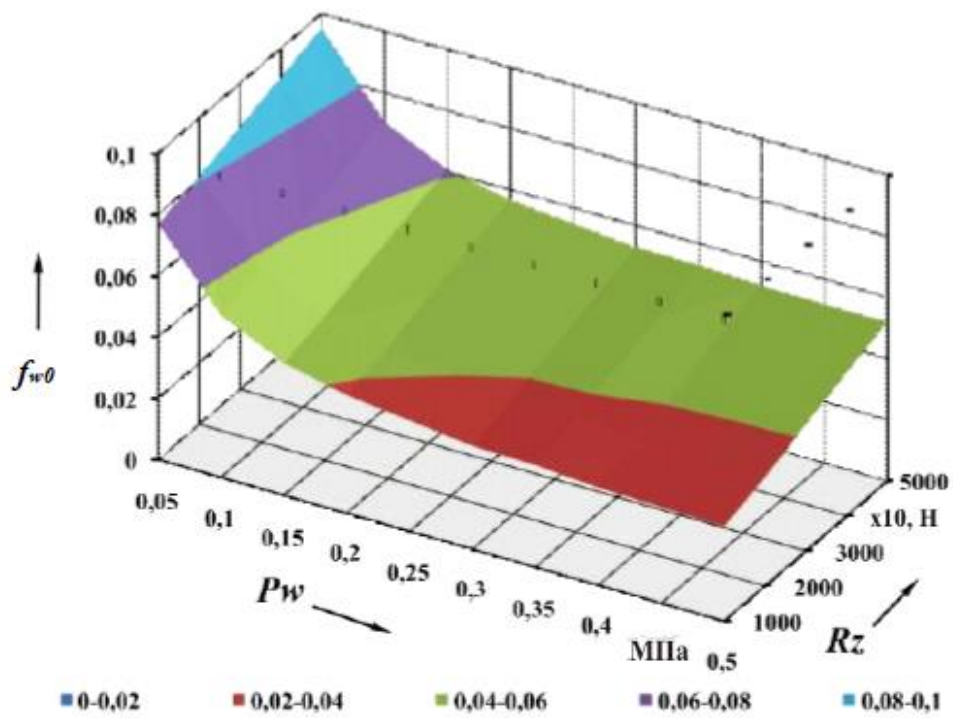


Рис. 3.16. Залежності f_{w0} у функції від R_z та P_w при першому (а) та другому (б) проході колеса по ґрунту «суглинок-35»

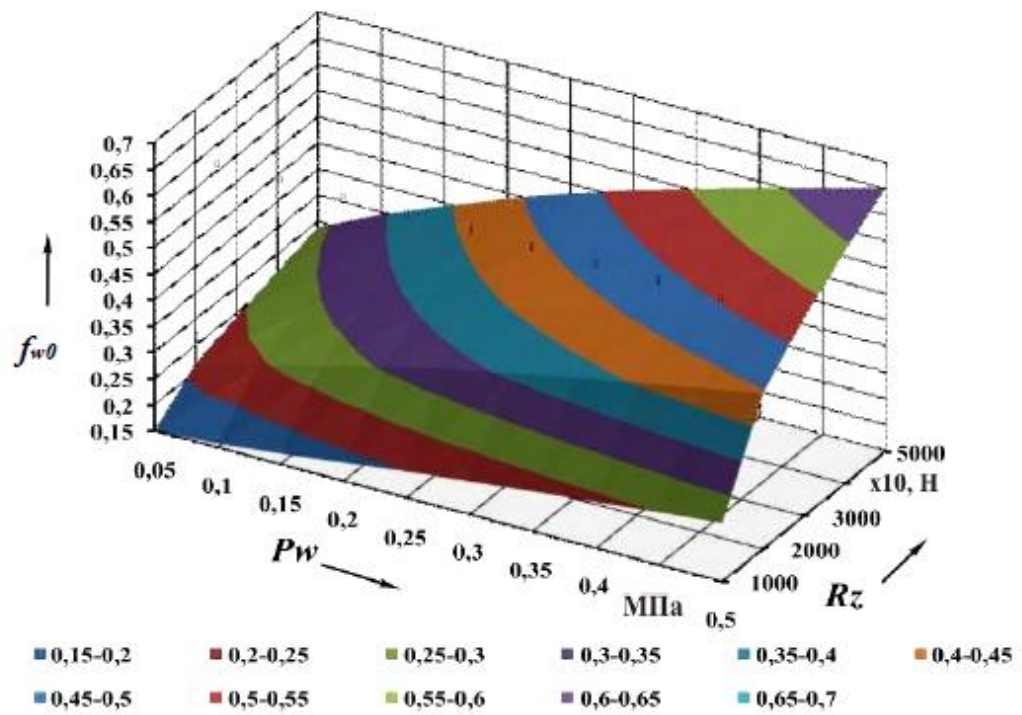


a)

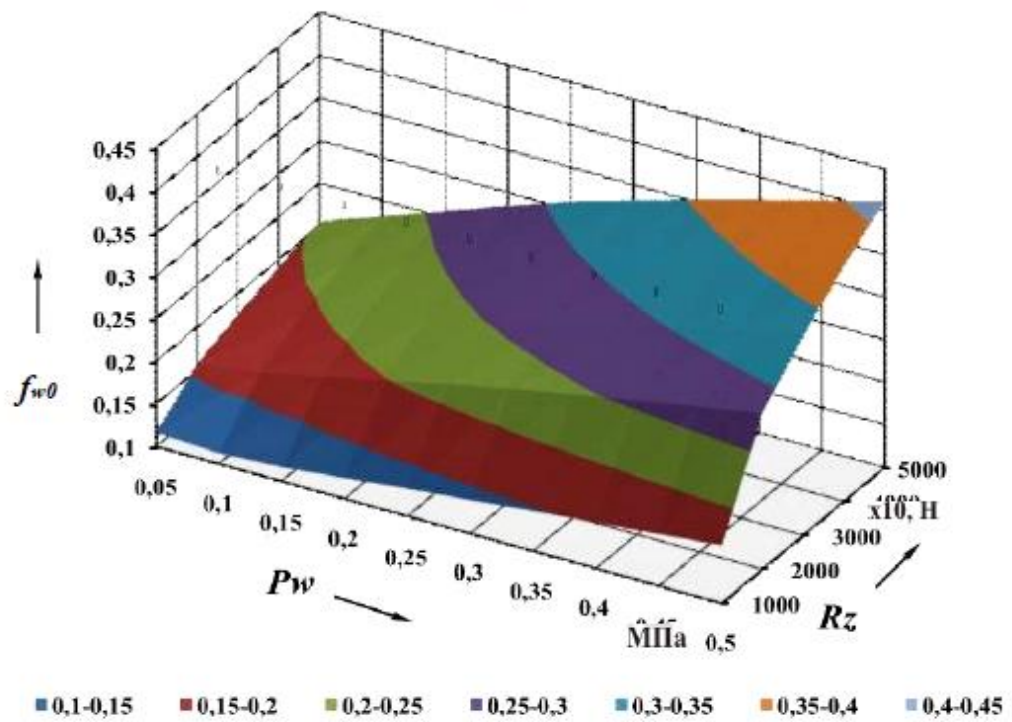


б)

Рис. 3.17. Залежності f_{w0} у функції від R_z та P_w при третьому (а) та четвертому (б) проході колеса по ґрунту «суглинок-35»

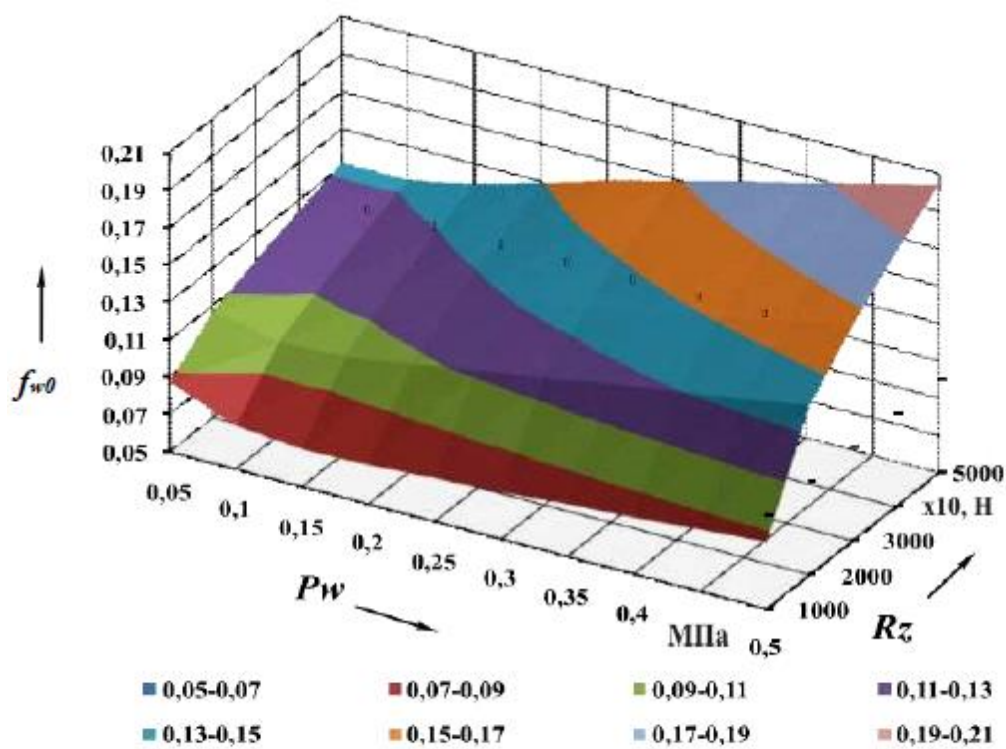


a)

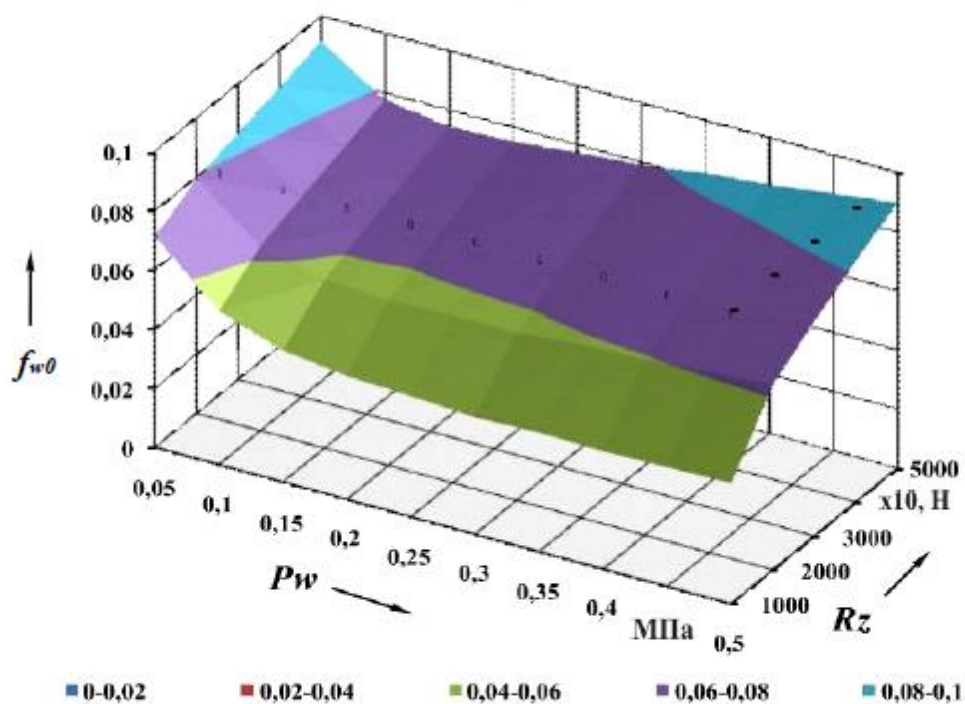


б)

Рис. 3.18. Залежності f_{w0} у функції від R_z та P_w при першому (а) та другому (б) проході колеса по ґрунту «рілля»

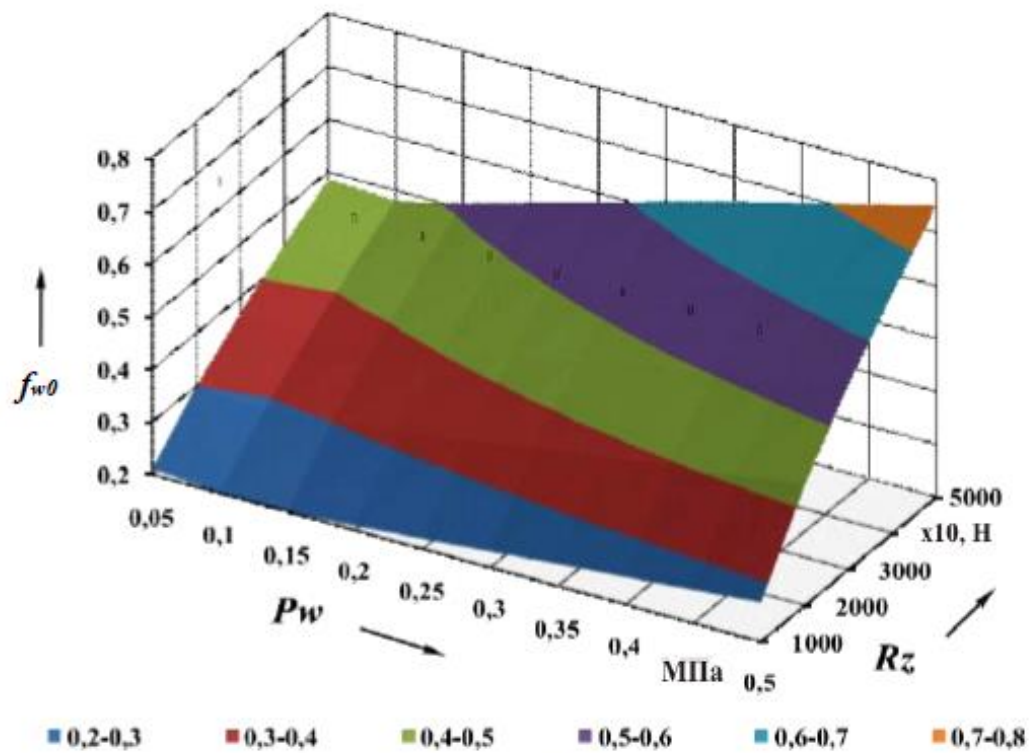


a)

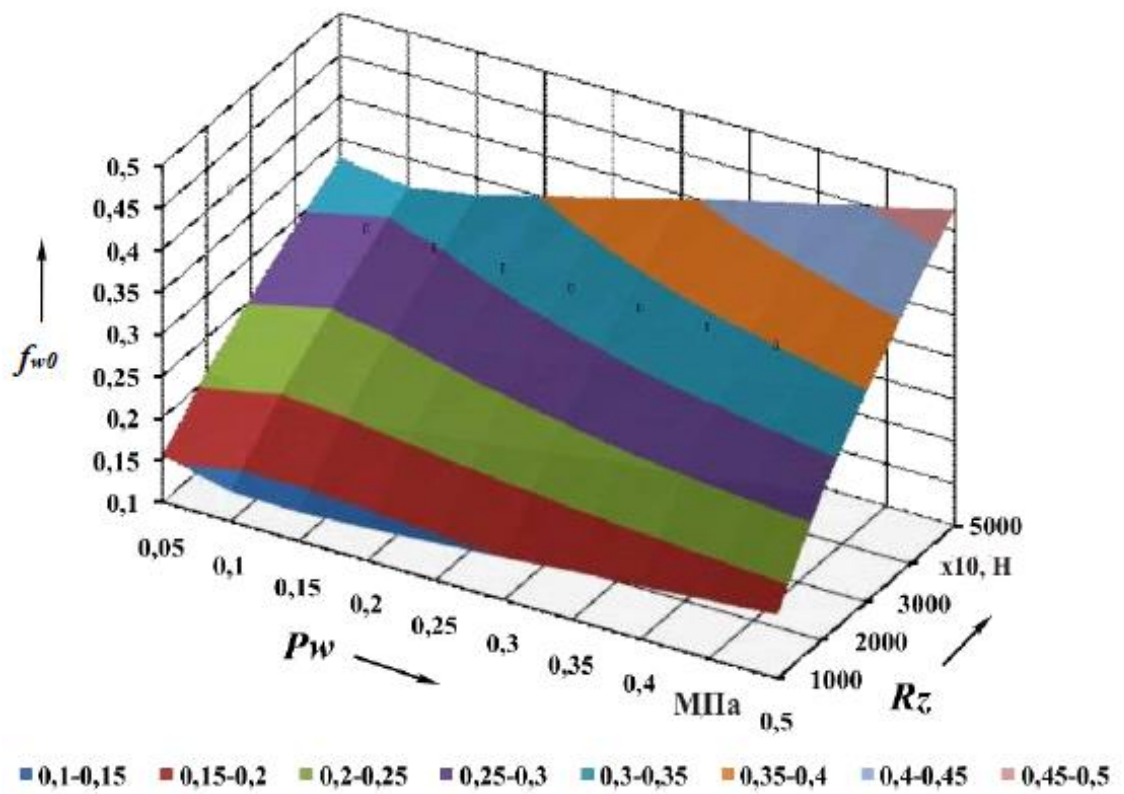


б)

Рис. 3.19. Залежності f_{w0} у функції від R_z та P_w при третьому (а) та четвертому (б) проході колеса по ґрунтовій основі ДОП «рілля»



a)



б)

Рис. 3.20. Залежності f_{w0} у функції від R_z та P_w при першому (а) та другому (б) проході колеса по ґрунту «мокрий пісок»

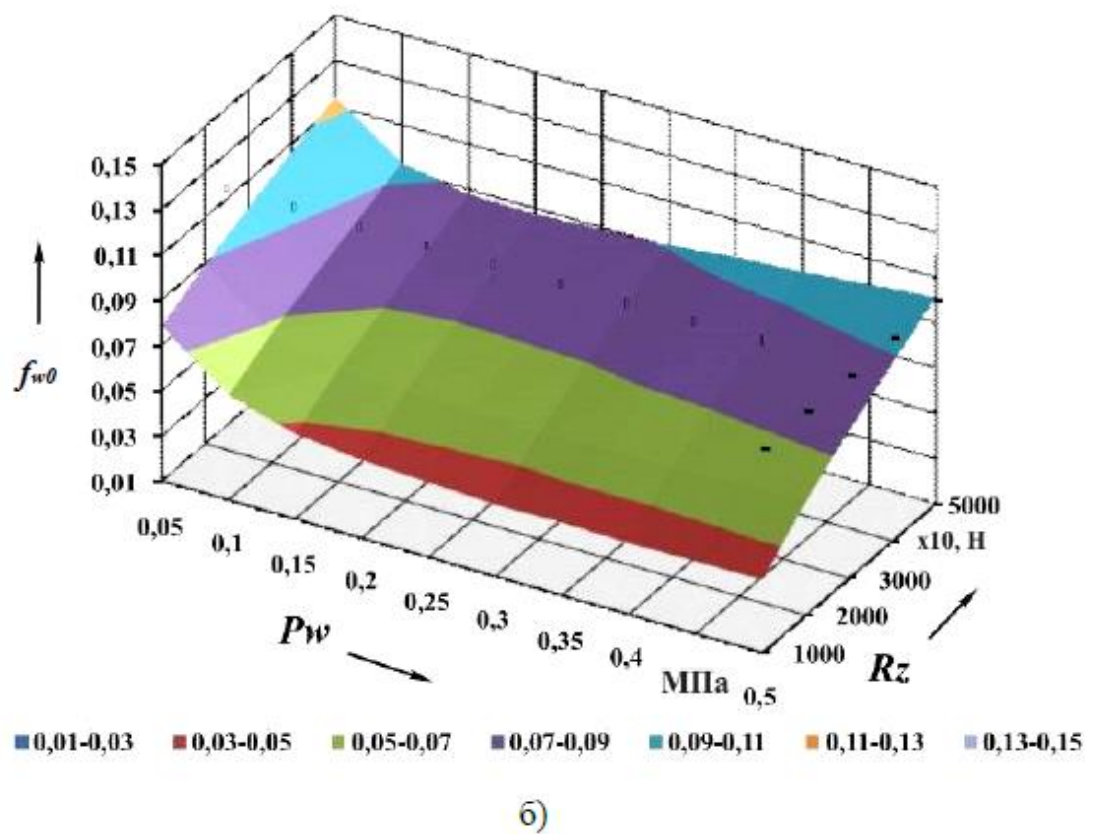
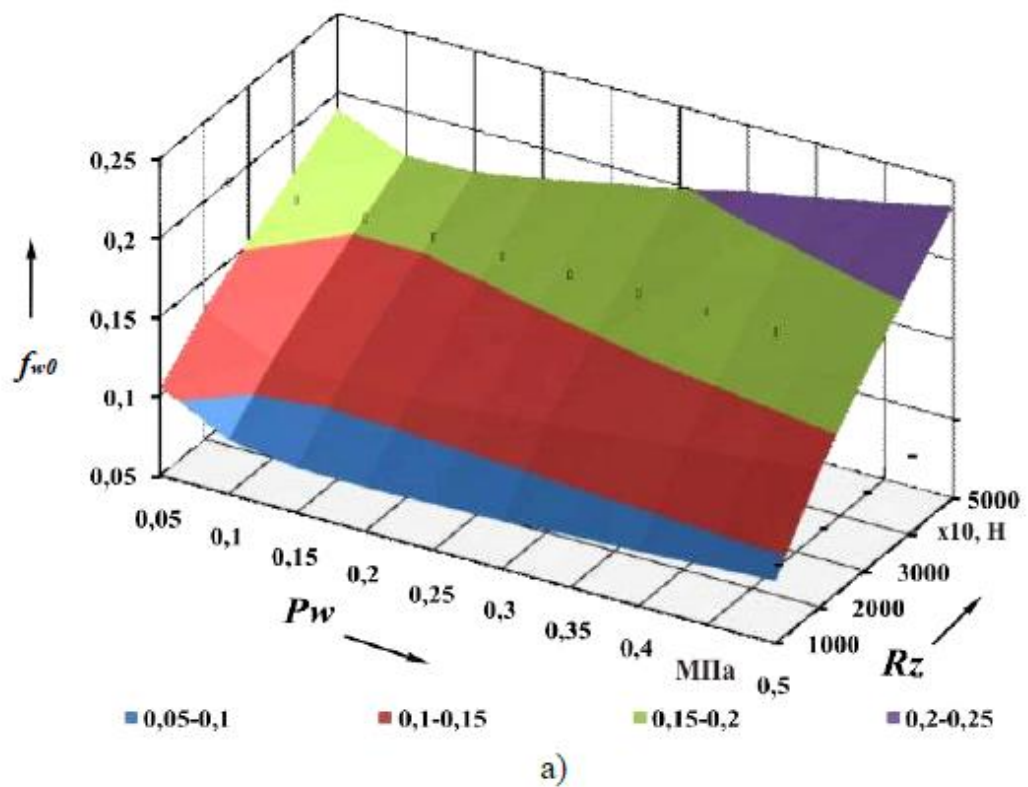


Рис. 3.21. Залежності f_{w0} у функції від R_z та P_w при третьому (а) та четвертому (б) проході колеса по ґрунтовій основі ДОП «мокрий пісок»

Результати моделювання дозволяють визначити раціональний тиск повітря в шинах, що відповідає найменшим значенням коефіцієнта опору коченню під час руху по ґрунті з різним навантаженням на колеса та номером проходу:

- при коченні по ґрунті «суглинок-20» тиск повітря в шині при першому проході з навантаженням у 10000 і 20000 Н повинен бути 0,1...0,15 МПа. При збільшенні навантаження значення тиску рекомендуються 0,05...0,1 МПа. При другому проході з навантаженням 10000 Н значення тиску рекомендуються в межах 0,15...0,20 МПа, це також можна рекомендувати і для третього проходу коліс з навантаженням 10000...30000 Н. для навантаження 20000 Н при другому проході коліс значення раціонального тиску знижуються до 0,10...0,15 МПа і можуть бути незмінними, ці значення можна пропонувати для третього проходу з навантаженням 40000...50000 Н. Для четвертого проходу коліс з навантаженням 10000...20000 Н значення тиску повітря в шинах будуть дорівнювати 0,25...0,30 МПа. При подальшому збільшенні навантаження до 50000 Н рекомендується зниження тиску до 0,15...0,25 МПа;

- при коченні по ґрунті «суглинок-35» значення тиску повітря в шинах при першому проході незалежно від навантаження лежать в межах 0,15...0,20 МПа. При другому проході з навантаженням 10000 і 20000 Н - 0,20...0,25 МПа. Зі збільшенням навантаження до 30000 Н значення тиску знижуються до 0,15–0,20 МПа та залишаються незмінними з подальшим його збільшенням. При третьому проході з навантаженням 10000 і 20000 Н значення тиску повітря знаходяться в інтервалі 0,30...0,35 МПа. Зі збільшенням навантаження до 30000 Н значення тиску знижуються до 0,25...0,3 МПа і залишаються незмінними з його подальшим збільшенням. Для четвертого проходу коліс значення тиску повітря в шинах незалежно від навантаження повинні відповідати 0,45...0,5 МПа;

- при коченні коліс по ґрунті «рілля» значення тиску повітря при першому та другому проходах незалежно від навантаження рекомендовано підтримувати 0,05...0,1 МПа. При третьому проході з навантаженням 10000 Н значення тиску треба тримати в межах 0,15...0,2 МПа. При збільшенні навантаження до 20000...30000 Н значення тиску повинні бути 0,1...0,15 МПа. Подальше

збільшення навантаження до 40000... 50000 Н призводить до необхідності зниження тиску повітря в шинах коліс до 0,05...0,1 МПа. Для четвертого проходу коліс також характерним є зниження значень тиску повітря зі збільшенням навантаження, при цьому при навантаженні в 10000 Н рекомендується тиск 0,3...0,35 МПа, при навантаженні 20000 Н – 0,2–0,25 МПа, а при навантаженні від 30000...50000 Н - 0,15-0,20 МПа;

- при коченні коліс по поверхні «мокрій пісок» тиск повітря в шинах при першому проході з навантаженням 10000...20000 Н, при другому проході з навантаженням від 10000 до 40000 Н, а при третьому проході з навантаженням від 30000 до 50000 Н повинен бути 0,1...0,15 МПа. Зі збільшенням навантаження при першому проході коліс до 30000...50000 Н, а при другому проході до 50000 Н тиск повітря рекомендується 0,05...0,1 МПа. Для четвертого проходу також характерне зменшення значень тиску з збільшенням навантаження.

Значення тиску повітря в шинах коліс (P_w , МПа), що відповідають мінімальному коефіцієнту опору коченню, отримані розрахунковим методом, при встановленому навантаженні та в залежності від номера проходу коліс по відповідному ґрунту наведено в табл. 3.1-3.4.

Таблиця 3.1

Значення P_w під час руху по ґрунту «суглинок-20», МПа

R_z , Н	Номер проходу			
	1	2	3	4
10000	0,10–0,15	0,15–0,20	0,15–0,20	0,25–0,30
20000	0,10–0,15	0,10–0,15	0,15–0,20	0,25–0,30
30000	0,05–0,10	0,10–0,15	0,15–0,20	0,15–0,20
40000	0,05–0,10	0,10–0,15	0,10–0,15	0,15–0,20
50000	0,05–0,10	0,10–0,15	0,10–0,15	0,15–0,20

Таблиця 3.2

Значення P_w під час руху по ґрунту «суглинок-35», МПа

R_z, H	Номер проходу			
	1	2	3	4
10000	0,15–0,20	0,20–0,25	0,30–0,35	0,45–0,50
20000	0,15–0,20	0,20–0,25	0,30–0,35	0,45–0,50
30000	0,15–0,20	0,15–0,20	0,25–0,30	0,45–0,50
40000	0,15–0,20	0,15–0,20	0,25–0,30	0,45–0,50
50000	0,15–0,20	0,15–0,20	0,25–0,30	0,45–0,50

Таблиця 3.3

Значення P_w під час руху по ґрунту «рілля», МПа

R_z, H	Номер проходу			
	1	2	3	4
10000	0,05–0,10	0,05–0,10	0,15–0,20	0,30–0,35
20000	0,05–0,10	0,05–0,10	0,10–0,15	0,20–0,25
30000	0,05–0,10	0,05–0,10	0,10–0,15	0,15–0,20
40000	0,05–0,10	0,05–0,10	0,05–0,10	0,15–0,20
50000	0,05–0,10	0,05–0,10	0,05–0,10	0,15–0,20

Таблиця 3.4

Значення P_w під час руху по ґрунту "мокрый пісок", МПа

R_z, H	Номер проходу			
	1	2	3	4
10000	0,10–0,15	0,10–0,15	0,15–0,20	0,35–0,40
20000	0,10–0,15	0,10–0,15	0,15–0,20	0,25–0,30
30000	0,05–0,10	0,10–0,15	0,10–0,15	0,20–0,25
40000	0,05–0,10	0,10–0,15	0,10–0,15	0,15–0,20
50000	0,05–0,10	0,05–0,10	0,10–0,15	0,15–0,20

Виняток становило лише кочення коліс по ґрунтовій основі «рілля» з навантаженням 40000 і 50000 Н. При цьому значення рекомендованого тиску повітря в шинах 0,05...0,1 МПа для трьох послідовних проходів з кожним навантаженням.

За результатами розрахунку, можна зробити висновок, що при русі автомобіля необхідно проводити зниження тиску повітря в шинах колісного рушія індивідуально для коліс кожної осі. Величина тиску повітря в шинах коліс автомобіля, що відповідає мінімальному коефіцієнту опору коченню, залежить від фізико-механічних характеристик ґрунту, навантаження на колесо і розташування коліс у колісній формулі автомобіля. Таким чином, застосування індивідуального тиску повітря у шинах є необхідним, оскільки дозволяє зменшити силу опору коченню, і відповідно, підвищити прохідність автомобіля в цілому, покращити його паливну економічність та екологічні показники.

3.3. Оцінка ефективності запропонованого способу регулювання тиску повітря в шинах

Результати проведеної роботи дають змогу оцінити ефективність запропонованого способу регулювання тиску повітря в шинах автомобіля в залежності від виду опорної поверхні, навантаження на колеса та схеми розташування коліс в рушії.

Рекомендовані значення тиску повітря в шинах для коліс кожної осі автомобіля при русі в умовах бездоріжжя та в погіршених дорожніх умовах по характерних опорних поверхнях наведено в табл. 3.5.

Порівняння значень сили тяги на гаку під час руху за різними опорними поверхнями з тиском повітря в шинах, що відповідає нормативно-технічній документації заводу-виробника, та тиску у колесах кожної осі, рекомендованим за розрахунками, представлені у табл. 3.6 і рис. 3.22.

Аналіз результатів, представлених у табл. 3.6 і на рис. 30, дозволяє зробити висновок, що використання запропонованого способу регулювання тиску повітря

в шинах при русі по типових опорних поверхнях дає збільшення сили тяги на гаку автомобіля під час руху по ґрунтовій дорозі на 6,6 %, по мокрій ґрунтовій дорозі – на 5,9 %, по ріллю – на 5,5 %, по вологому річковому піску – на 4,9%, що в середньому дорівнює 5,7 % і сприяє підвищенню прохідності автомобіля.

Таблиця 3.5

Рекомендовані значення тиску (P_w) для коліс різних осей автомобіля при русі по опорних поверхнях залежно від навантаження на колесо (R_z , Н), МПа

R_z , Н	Номер осі в колісній формулі автомобіля		
	1	2	3
«суглинок-20»			
10000	0,10–0,15	0,15–0,20	0,15–0,20
20000	0,10–0,15	0,10–0,15	0,15–0,20
30000	0,08–0,10	0,10–0,15	0,15–0,20
40000	0,08–0,10	0,10–0,15	0,10–0,15
«суглинок-35»			
10000	0,15–0,20	0,20–0,25	0,30–0,35
20000	0,15–0,20	0,20–0,25	0,30–0,35
30000	0,15–0,20	0,15–0,20	0,25–0,30
40000	0,15–0,20	0,15–0,20	0,25–0,30
«рілля»			
10000	0,08–0,10	0,08–0,10	0,15–0,20
20000	0,08–0,10	0,08–0,10	0,10–0,15
30000	0,08–0,10	0,08–0,10	0,10–0,15
40000	0,08–0,10	0,08–0,10	0,08–0,10
«мокрый пісок»			
10000	0,10–0,15	0,10–0,15	0,15–0,20
20000	0,10–0,15	0,10–0,15	0,15–0,20
30000	0,08–0,10	0,10–0,15	0,10–0,15
40000	0,08–0,10	0,10–0,15	0,10–0,15

Таблиця 3.6

Результати визначення максимальної сили тяги на гаку АБП КАМАЗ-5350

Опорна поверхня	Сила тяги на гаку, Н		
	1	2	% збільшення
«суглинок-20»	51905	55323	6,6

«суглинок-35»	50304	53249	5,9
«рілля»	49651	52354	5,5
«мокрый пісок»	42527	44631	4,9

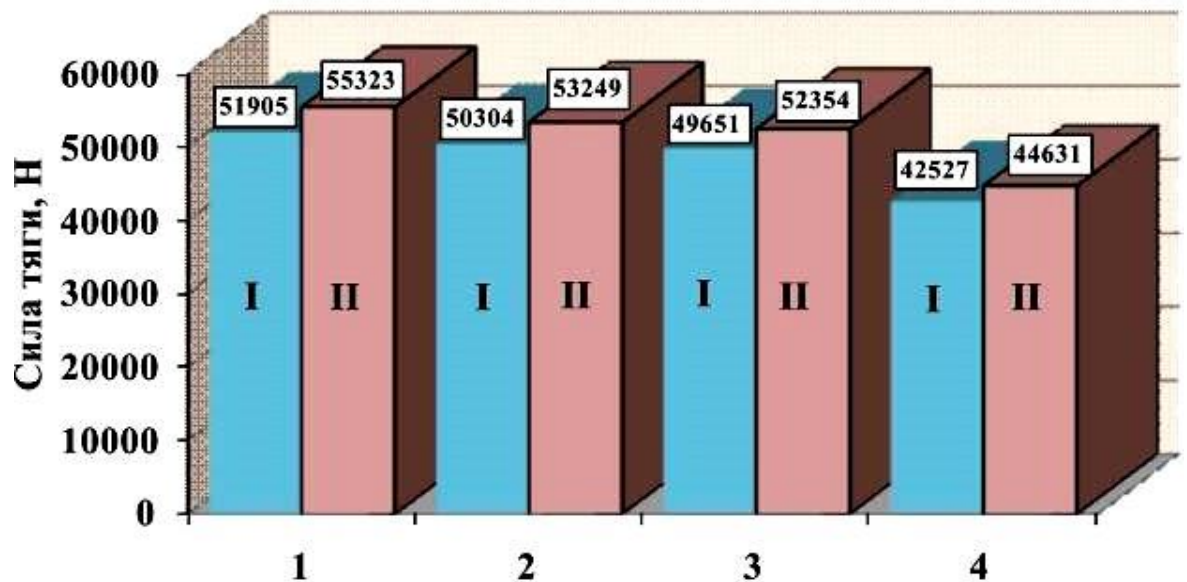


Рис. 3.22. Результати проведених випробувань АБП КАМАЗ-5350 щодо визначення максимальної сили тяги на гаку при русі: 1 - «суглинок-20»; 2 - «суглинок-35»; 3 – «рілля»; 3 – «мокрый пісок». I – тиск повітря у шинах відповідно до [16]; II – рекомендований тиск повітря в шинах

Порівняльні результати щодо визначення витрати палива при русі за характерними опорними поверхнями з тиском повітря в шинах, що відповідає рекомендаціям заводу-виробника, та тиском у шинах коліс кожної осі, рекомендованим в роботі, наведено в табл. 3.7 та рис. 3.23 (1 – рух з тиском повітря у шинах відповідно до [16], 2 – рух з рекомендованим тиском). Аналіз дозволяє зробити висновок, що використання запропонованого способу регулювання тиску повітря в шинах під час руху по типових опорних поверхнях дає зниження витрати палива в середньому на 5,4 %.

Таблиця 3.7

Результати визначення витрати палива автомобіля КАМАЗ-5350

	Витрата палива, л/100 км
--	--------------------------

Опорна поверхня	1	2	%
«суглинок-20»	54,6	51,3	-6,1
«суглинок-35»	55,8	52,1	-6,6
«рілля»	56,2	53,6	-4,6
«мокрый пісок»	55,2	52,9	-4,2

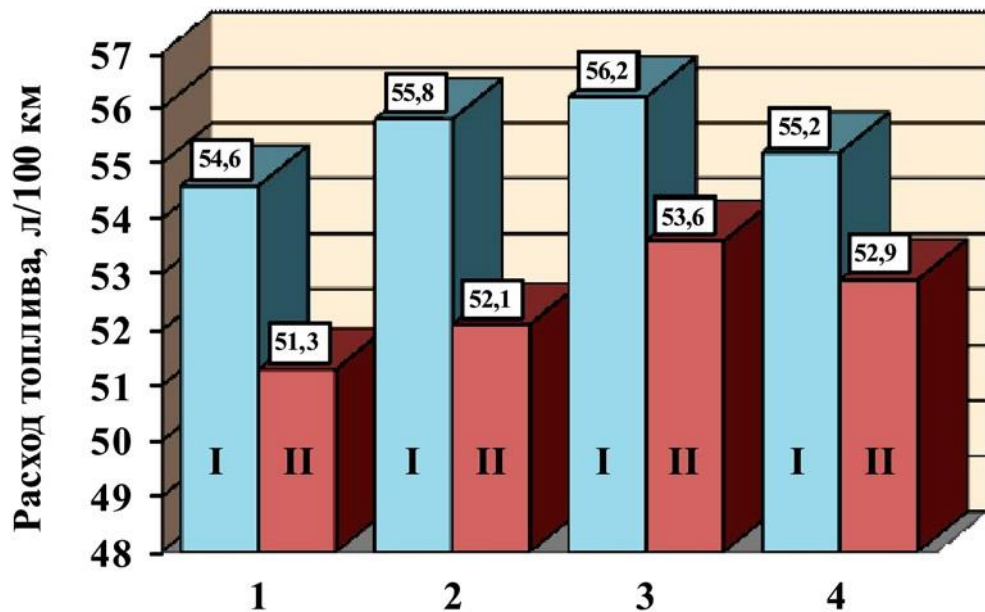


Рис. 3.23. Витрата палива автомобіля КАМАЗ-5350 під час руху по: 1 -«суглинок-20»; 2 - «суглинок-35»; 3 – «рілля»; 3 – «мокрый пісок». І – тиск повітря у шинах відповідно до [2]; ІІ – рух з рекомендованим тиском повітря у шинах)

За отриманими даними можна зробити висновок, що використання запропонованого способу регулювання тиску повітря в шинах автомобіля КАМАЗ-5350 забезпечує в 1,05-1,07 рази більші значення сили тяги на гаку та в 1,04-1,07 рази зниження витрати палива, порівняно з рухом з тиском повітря в шинах відповідно до рекомендацій заводу-виробника.

Висновки до розділу 3:

1. Встановлено, що для кожного типу опорної поверхні в поєднанні з номером проходу одиночного колеса і з встановленим вертикальним навантаженням існують значення тиску повітря в шині, що забезпечують мінімальні енергетичні витрати на його кочення:

- для ґрунтової поверхні «суглинок-20»: при навантаженні на колесо 10000 Н та номері проходу 1, 2, 3, 4 тиск повітря в шині повинен бути, відповідно – 0,1...0,15, 0,15...0,2, 0,15...0,2, 0,25...0,3 МПа. При навантаженні 20000 Н, номері проходу 1, 2, 3, 4 тиск повітря в шині, відповідно – 0,10–0,15 МПа, 0,10–0,15 МПа, 0,15–0,20 МПа, 0,25-0,30 МПа. При навантаженні на колесо 30000 Н та номері проходу 1, 2, 3, 4 - 0,05...0,1, 0,1...0,15, 0,15...0,2, 0,15...0,2 МПа; При навантаженні на колесо 40000 і 50000 Н та номері проходу 1, 2, 3, 4 - 0,05...0,1, 0,1...0,15, 0,1...0,15, 0,15-0,2 МПа;

- для ґрунтової поверхні «суглинок-35»: при навантаженні на колесо 10000 і 20000 Н та номері проходу 1, 2, 3, 4 тиск повітря в шині, відповідно – 0,15... 0,2, 0,2...0,25, 0,3...0,35, 0,4...0,45 МПа. При навантаженні на колесо 30000, 40000 та 50000 Н та номері проходу 1, 2, 3, 4 – 0,15...0,2, 0,15...0,2, 0,25...0,3, 0,45...0,50 МПа;

- для ґрунтової поверхні «рілля»: при навантаженні на колесо 10000 Н та номері проходу 1, 2, 3, 4 – 0,05...0,1, 0,05...0,1, 0,15...0,2, 0,3...0,35 МПа. При навантаженні на колесо 20000 Н та номері проходу 1, 2, 3, 4 – 0,05...0,1, 0,05...0,1, 0,1...0,15, 0,2-0,25 МПа. При навантаженні на колесо 30000 Н та номері проходу 1, 2, 3, 4 – 0,05...0,1, 0,5...0,1, 0,1...0,15, 0,15...0,2 МПа. При навантаженні на колесо 40000 і 50000 Н та номері проходу 1, 2, 3, 4 – 0,05...0,1, 0,05...0,1, 0,05-0,1, 0,15-0,2 МПа;

- для ґрунтової поверхні «мокрый пісок»: при навантаженні на колесо 10000 Н та номері проходу 1, 2, 3, 4 – 0,1...0,15, 0,1...0,15, 0,15...0,2, 0,35-0,4 МПа. При навантаженні на колесо 20000 Н та номері проходу 1, 2, 3, 4 – 0,1...0,15, 0,1...0,15, 0,15...0,2, 0,25...0,3 МПа. При навантаженні на колесо 30000 Н та номері проходу 1, 2, 3, 4 – 0,05...0,1, 0,1...0,15, 0,1...0,15, 0,2...0,25 МПа. При навантаженні на колесо 40000 Н та номері проходу 1, 2, 3, 4 – 0,05...0,10, 0,1...0,15, 0,1...0,15, 0,15...0,2 МПа. При навантаженні на колесо 50000 Н та номері проходу 1, 2, 3, 4 – 0,05...0,1, 0,05...0,1, 0,1...0,15, 0,15...0,2 МПа.

2. Запропоновано спосіб регулювання тиску повітря в шинах в функції від навантаження, що припадає на колесо та конструктивного їх розташування в

колiснiй формулi автомобiля. Показано, що це сприяє пiдвищенню прохiдностi автомобiля через зменшення опору кочення, збiльшення сили тяги, зниженню витрати палива.

РОЗДІЛ 4. СИСТЕМА РЕГУЛЮВАННЯ ТИСКУ ПОВІТРЯ В ШИНАХ АВТОМОБІЛЯ, ЩО ПРОПОНУЄТЬСЯ

Для підвищення ефективності штатної системи регулювання тиску повітря в шинах автомобіля або за її відсутності пропонується система регулювання вказаного тиску в залежності типу опорної поверхні, навантаження, яке припадає на колеса автомобіля та їх розташування в рушії (рис. 4.1).

Система має в своєму складі: компресор 1, пневматичний балон 2, датчик тиску повітря 3, регулятор тиску 4 (за кількістю осей), електромагнітні клапани управління тиском 5, електромагнітні клапани випуску повітря 6 та ежектори 7 за кількістю осей, колісні клапани 8, зв'язані між собою за допомогою трубопроводів та шлангів 9, електронний блок керування 10, з'єднаний електричними ланцюгами 11 з електромагнітними клапанами керування тиском 5.

Система працює наступним чином. Повітря під тиском (створюється за допомогою компресора 1) акумулюється в повітряному балоні 2. Від компресора 1 і повітряного балона 2 воно надходить до електромагнітних клапанів управління тиском 5 через регулятори тиску 4, які змінюють тиск повітря залежно від навантаження на вісь за допомогою механічного зв'язку з підвіскою автомобіля.

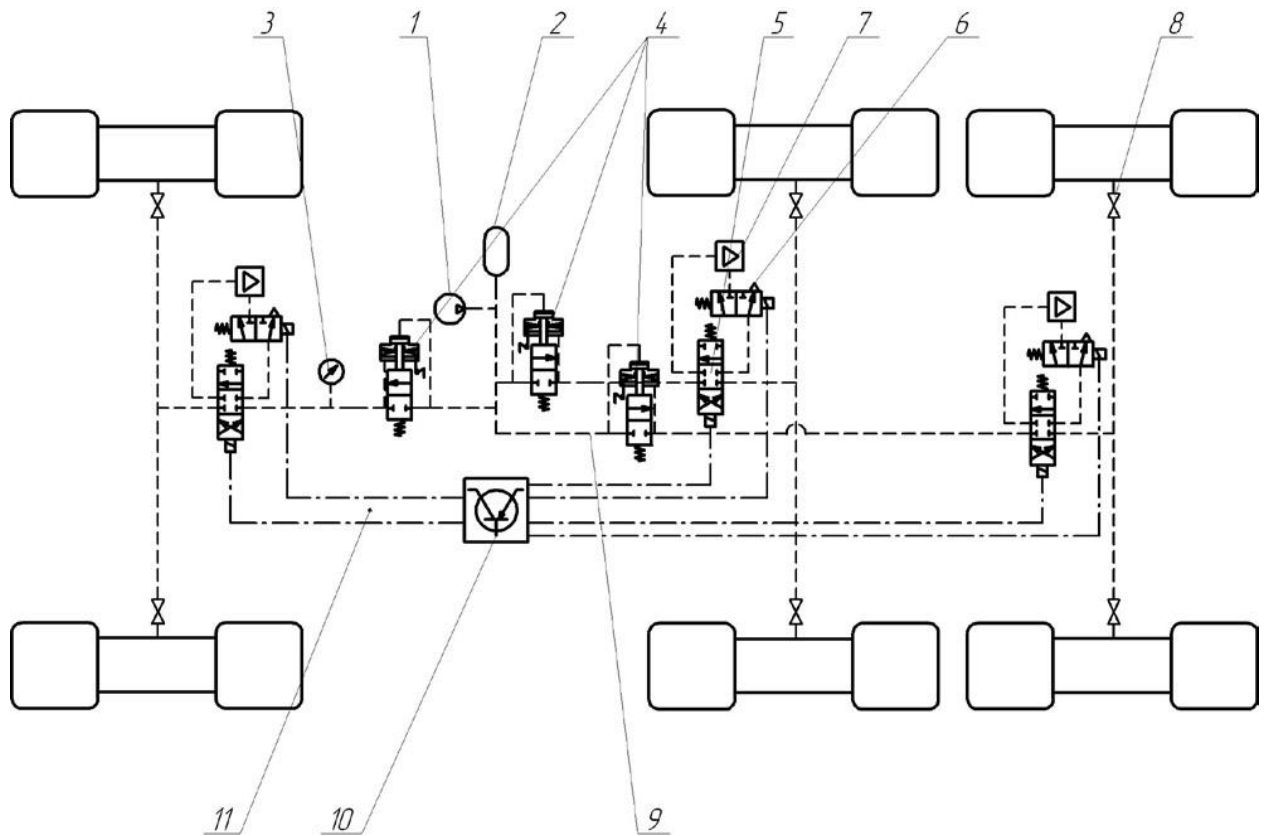


Рис. 4.1. Схема системи регулювання тиску повітря в шинах автомобіля, що пропонується: 1 – компресор, 2 – балон пневматичний, 3 – датчик тиску, 4 – регулятори тиску (встановлено на кожну вісь); 5 – клапани керування тиском електромагнітні; 6 – клапани випуску повітря електромагнітні (встановлено на кожну вісь); 7 – ежектори; 8 – колісні клапани; 9 – трубопроводи та шланги; 10 – електронний блок керування; 11 – електричні кола

В разі несправності електронного блоку управління робота системи регулювання тиску повітря в шинах здійснюється в штатному режимі без автоматичного управління.

Застосування запропонованої системи дозволяє в реальному асі оперативно адаптувати колісний рушій вантажного автомобіля до наявних дорожніх умов, встановлюючи необхідний тиск повітря в шинах коліс кожної осі в залежності від навантаження, що припадає на колеса. Це покращує прохідність вантажного автомобіля при русі по опорній поверхні, що деформується, забезпечує збільшення питомої сили тяги на гаку, зменшує експлуатаційну витрату палива. Для підвищення прохідності автомобілів, які не мають в

конструкції колісних і/або міжосьових диференціалів, що блокуються, регулюванням тиску повітря в шинах можна впливати на розподіл крутного моменту між осями автомобіля або між колесами однієї осі.

В подальшому можна запропонувати розроблену систему об'єднати з системою антибуксування автомобіля, що додатково покращить його прохідність. Оскільки система антибуксування коліс працює за алгоритмом роздільного управління гальмівними механізмами кожного колеса і за необхідністю пригальмовує колесо, якщо воно обертається зі збільшеною частотою, по аналогічному алгоритму можна побудувати роботу систему регулювання тиску повітря в шинах. Тобто колесо, що пробуксовує, має малий коефіцієнт зчеплення з дорожнім покриттям і для збільшення коефіцієнту зчеплення потрібно зменшити тиск повітря в шинах. Це додатково зменшить зношування накладок гальмівних колодок.

Для запобігання саморозбирання колеса при дуже малих значеннях тиску повітря і великих крутних моментах, що підводяться на колесо (наприклад при крутому підйомі транспортного засобу по бездоріжжю), рекомендується використовувати захисні засоби (рис. 4.2).

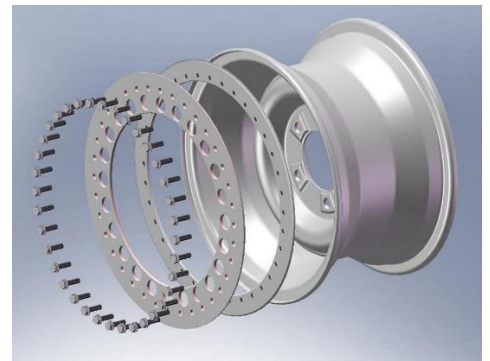


Рис. 4.2. Захисний засіб проти саморозбирання колеса

Такі засоби дозволять зниження тиску повітря в шинах нижче допустимого. Зрозуміло, що при цьому рекомендований пробіг за даних умов повинен бути мінімальним.

Висновки до розділу 4:

1. Розроблено конструкцію системи роздільного регулювання тиску повітря в шинах автомобіля в залежності від типу опорної поверхні, навантаження на колеса та їх розташування в рушії вантажного автомобіля.
2. Запропоновано об'єднання системи роздільного регулювання тиску повітря в шинах вантажного автомобіля із системою антибуксування, що імовірно дасть можливість покращити прохідність вантажного автомобіля.
3. Показано необхідність використання захисних засобів проти саморозбирання колеса під час зниження тиску в шинах до необхідних критичних значень.

ВИСНОВКИ

- 1. Проаналізовано найбільш розповсюджені системи підвищення прохідності колісних транспортних засобів. Доведено, що автоматичним регулюванням тиску повітря в шині кожного окремого колеса за конкретних умов його кочення можна покращити показники прохідності автомобіля.**
2. Встановлені відмінності тиску в різних шинах автомобілів під час їх руху, які визначають необхідність зміни алгоритмів керування цими тисками і переходу від централізованих систем підкачування повітря до диференційованих систем індивідуального керування тиском повітря в шинах автомобілів, що особливо це актуально для покращення прохідності вантажних позашляховиків.
3. Для опорних поверхонь типу «суглинок-20», «суглинок-35», «рілля», «мокрый пісок» встановлено, що в поєднанні з номером проходу одиночного колеса і з відомим вертикальним навантаженням існують значення тиску повітря в шині, що забезпечують мінімальні енергетичні витрати на його кочення. На основі цього запропоновано спосіб регулювання тиску повітря в шинах в функції від навантаження, що припадає на колесо та конструктивного їх розташування в колісній формулі автомобіля. Показано, що це сприяє підвищенню прохідності автомобіля через зменшення опору кочення, збільшення сили тяги, зниженню витрати палива.
4. Розроблено конструкцію системи роздільного регулювання тиску повітря в шинах автомобіля в залежності від типу опорної поверхні, навантаження на колеса та їх розташування в рушії вантажного автомобіля.
5. Запропоновано об'єднання системи роздільного регулювання тиску повітря в шинах вантажного автомобіля із системою антибуксування, що імовірно дасть можливість покращити прохідність вантажного автомобіля. Доведено необхідність використання захисних засобів проти саморозбирання колеса під час зниження тиску в шинах до необхідних критичних значень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бузников С. Е., Шабанова Н. С. Виртуальные датчики температуры нагрева шин и тормозов автомобиля. [Новые информационные технологии в автоматизированных системах.](#) 2009.
2. Гамеляк І. П., Райковський В. Ф. Встановлення експериментальних залежностей між параметрами навантаження на вісь і тиском у шинах транспортних засобів. Автошляховик України. 2014. № 6. С. 27–34.
3. Динамические нормальные реакции на колесах автомобиля. Режим доступа: <https://studfile.net/preview/6163106/page:21/>.
4. Костюк. В. В., Русіло П. О., Бойко О. Д. Підвищення стійкості армійських автомобілів вдосконаленою системою регулювання тиску повітря в шинах. Розроблення та модернізація ОБТ. 2009. № 1. С. 47–52.
5. Озорнин С. П., Масленников В. Г., Замешаев Н. С. Математические модели определения коэффициента сцепления шин автотранспортных средств категории М1 при торможении на мерзлом асфальте.
6. Описание модели ГАЗ-66 (66-01, 66-05). Режим доступа: <http://www.autoopt.ru/auto/encyclopedia/truck/gaz/mark/gaz-66/>.
7. Петренко А. М. Расчет тягово-скоростных свойств и топливной экономичности специальных транспортных средств.
8. Приймак О. В., Биковець О. В. Аналіз факторів, що впливають на фізичне зношення протектора шин. Фактор якості дорожнього покриття українських автошляхів: міжвузівський збірник «НАУКОВІ НОТАТКИ». 2011. Вип. 31. С. 282–286.
9. Казеко Д. М. Децентрализованная система регулирования давления воздуха в шинах автомобиля Урал-4320-31. Агейкин, Я.С. Вездеходные колесные и комбинированные движители / Я.С. Агейкин. – М.: Машиностроение, 1972. – 184 с.
10. Агейкин, Я.С. Проходимость автомобилей / Я.С. Агейкин. – М.: Машиностроение, 1981. – 232 с.

- 11.Автомобильный справочник BOSCH / пер. с англ. – М.: Изд-во За рулем, 2002. – 896 с.
- 12.Водяник, И.И. Работа колеса при многократных проходах по одному следу / И.И. Водяник // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1983. – № 5. – С. 34–36
- 13.Литвинов, А.С., Фаробин, Я.Е. Автомобиль: Теория эксплуатационных свойств: Учебник для вузов по специальности «Автомобили и автомобильное хозяйство» / А.С. Литвинов, Я.Е. Фаробин. – М.: Машиностроение, 1989. – 240 с.
- 14.Автомобили КАМАЗ семейства «Мустанг». Руководство по эксплуатации 4350-390230РЭ / под общ. ред. В.В. Васина. – Набережные Челны: ОАО «КАМАЗ», 2010. – 18-3 с.
- 15.Isermann, R [Fahrdynamik-Regelung: Modellbildung, Fahrerassistenzsysteme, Mechatronik](#)- ATZ/VNZ - Fachbuch Vieweg+Teubner, 2006.
- 16.Gee-Clough, D. The Bekker theory of rolling resistance amended to take account of skid and deep-sinkage. – Journal of Terramechanics, 1976, Vol. 13, №2, P. 87–105.
- 17.Gent A.N., Walter, J.D. The Pneumatic Tire. Washington, D.C. August, 2005.
- 18.Genta, G. Motor Vehicle Dynamics: Modeling and Simulation vol. 43. Singapore: World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd, 2003.
- 19.Morrison, M., Romano, R., Reid, A., Gorsich, D. High-Frequency Terrain Content and Surface Interactions for Off-Road Simulations. SAE, 2004.
- 20.Muro, T., O'Brien, J., Terramechanics: Land Locomotion Mechanics. Lisse: A.A. Balkema, 2004.
- 21.Pytka, J.A. Dynamics of Wheel–Soil Systems. A Soil Stress and Deformation-Based Approach. CRC Press is an imprint of Taylor & Francis Group, an Informa business, 2013.
- 22.Reece, A.R. The shape of the form tractor // Proc. Inst. Mech. Engn. - 1969-1970. – Vol.184, Part 3Q. – P. 45-77.

23. Shoop, S. A. Finite Element Modeling of Tire-Terrain Interaction. PhD Thesis, University of Michigan, 2001.
24. Shmulevich, I. State of the art modeling of soil–tillage interaction using discrete element method. *Soil and Tillage Research*, 2010, 111(1), pp. 41-53.
25. Vantsevich, V.V. All-Wheel Drive Mechatronic Systems: Principle of Wheel Power Management. SAE, 2006
26. Vantsevich, V.V., Amani L. Control of the vehicle's running abilities is a pre-condition for designing wheel drive systems. ASME Annual Congress, 2001.
27. Vantsevich V.V. Inverse Wheel Dynamics. IMECE2006-13787. ASME Congress, November 5-10, 2006, Chicago, Illinois.
28. Vantsevich V.V. Multi-Wheel Drive Vehicle Energy/Fuel Efficiency and Traction Performance: Objective Function Analysis, 2007, *Journal of Terramechanics*, 27p. (accepted for publication).