

Міністерство освіти і науки України
Департамент науки і освіти Харківської обласної державної адміністрації
Комунальний заклад «Харківська обласна Мала академія наук
Харківської обласної ради»

Відділення інженерії та матеріалознавства
Секція: прикладна механіка і машинобудування

СИСТЕМА ЗМЕНШЕННЯ ТЕМПЕРАТУРНИХ КОЛИВАНЬ ТИСКУ В ШИНАХ

Роботу виконав:

Росляков Данило Русланович, учень
10 класу Комунального закладу
«Харківський ліцей № 152» Харківської
міської ради

Наукові керівники:

Ужва Анатолій Вікторович, доцент кафедри
автомобілів імені А.Б. Гредескула
Харківського національного автомобільно-
дорожнього університету, кандидат
технічних наук

Рудая Алла Борисівна, вчитель фізики
Комунального закладу «Харківський ліцей
№ 152 Харківської міської ради», спеціаліст
вищої категорії, вчитель-методист

Харків – 2024

СИСТЕМА ЗМЕНШЕННЯ ТЕМПЕРАТУРНИХ КОЛИВАНЬ ТИСКУ В ШИНАХ

Росляков Данило Русланович, Харківське територіальне відділення Малої академії наук України, Комунальний заклад «Харківський ліцей № 152 Харківської міської ради », 10 клас, м. Харків;

Ужва Анатолій Вікторович, доцент кафедри автомобілів імені А.Б. Гредескула Харківського національного автомобільно- дорожнього університету, кандидат технічних наук;

Рудая Алла Борисівна, вчитель фізики Комунальний заклад «Харківський ліцей № 152 Харківської міської ради », спеціаліст вищої категорії, вчитель-методист

Вплив автомобільного транспорту на навколишнє середовище дуже значний, оскільки транспорт виступає в якості основного споживача енергії, що можна віднести як до автомобілів з традиційними двигунами внутрішнього згоряння так і до електромобілів. Важливим елементом автомобіля, що впливає на розхід палива є його шини. Основним фактором зміни характеристик шин є тиск в середині шини. Під час сезонних коливань температури, особливо при її зниженні, спадає і тиск в шині. Разом з цим підвищується опір коченню шини, що збільшує витрату палива, збільшує шкідливі викиди та збільшує генерацію мілкодисперсних частинок (PM 2.5; PM 10; PM 20). Запропоновано зменшити коливання тиску в шині шляхом застосування додаткового об'єму для компенсації зміни тиску. Використання такого ресивера дозволить зменшити як зростання так і падіння тиску в шині під час коливань температури в ній.

Об'єкт дослідження – процес зміни тиску в шині під впливом температури.

Предмет дослідження – вплив параметрів додаткового ресивера на зменшення коливань тиску в шині під час коливань температури.

Мета – зменшення витрат палива і викидів в атмосферу забруднюючих речовин за рахунок зменшення опору коченню шини при коливаннях температури навколишнього середовища.

Ключові слова: тиск в шині, коливання температури в шині, коливання температури навколишнього середовища

ЗМІСТ

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ТИСКОМ В ШИНАХ АВТОМОБІЛЯ.....	7
1.1. Приклади ручного керування тиску у шинах	7
1.2. Системи моніторингу тиску у шинах.....	8
1.3. Системи автоматичного керування тиску шин.....	10
1.4. Дослідження зміни тиску у шинах	12
РОЗДІЛ 2. ОЦІНКА ВПЛИВУ ТЕМПЕРАТУРИ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ТА РЕЖИМУ РУХУ ШИНИ НА ТИСК В СЕРЕДИНІ ...	14
РОЗДІЛ 3. РОЗРАХУНОК КОМПЕНСАЦІЇ ПАДІННЯ ТИСКУ В ШИНАХ	19
ВИСНОВКИ.....	23
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	23

ВСТУП

Актуальність теми. Сучасні автовиробники приділяють увагу кожному фактору, що впливає на розхід палива та кількість викидів забруднюючих речовин та парникових газів у навколишнє середовище. Одним з таких факторів є ступінь накаченості шин стиснутим повітрям. Для кожного автомобіля виробник рекомендує оптимальне значення початкового тиску або його діапазон із врахуванням завантаження. Зміна тиску впливає на розхід палива (рис. 1) [9]. Зниження тиску збільшує витрату палива, а його збільшення відповідно сприяє економії палива.

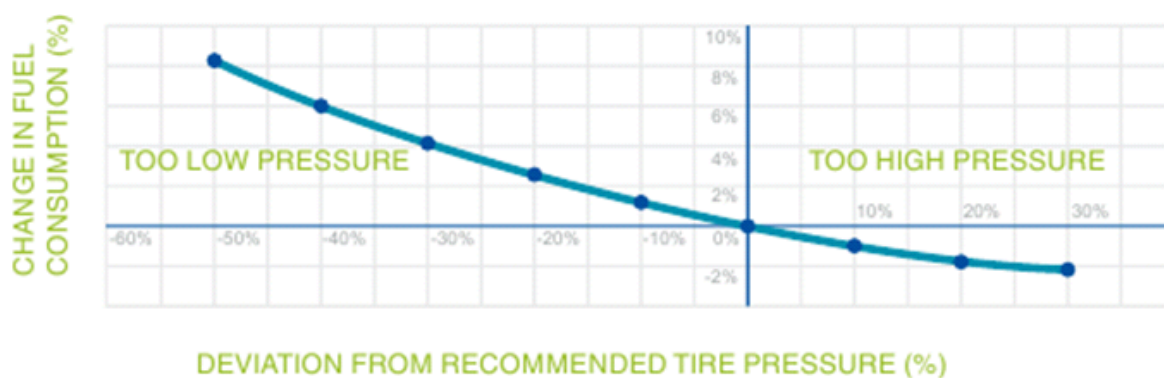


Рис. 1. Зміни у витраті палива в залежності від тиску в шинах автомобіля (за даними фірми WABCO 2012)

Водночас зміна тиску у будь яку сторону призводить до скорочення ресурсу шини (рис. 2) [9].

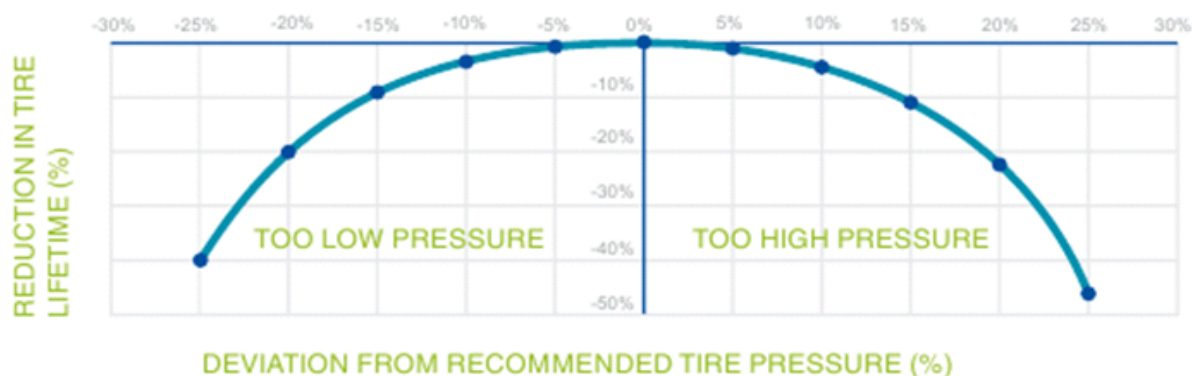


Рис. 2. Скорочення терміну служби шин автомобіля в залежності від тиску в них (за даними фірми WABCO 2012)

Справа в тому, що зниження тиску призводить до збільшення п'ятна контакту шини з дорогою та збільшення тертя в шині (рис. 3), а збільшення тиску в ній призводить до зменшення п'ятна контакту та зменшенню комфорту руху на нерівній дорозі за рахунок більшим ударам по підвісці. В обох випадках протектор шин зношується нерівномірно (рис. 3).

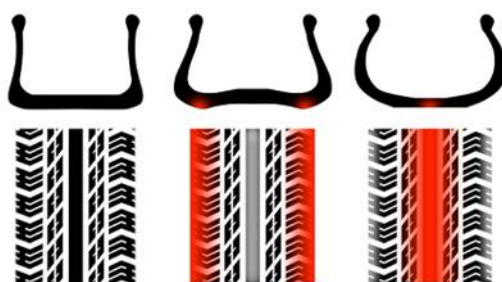


Рис. 3. Проблемні місця покрити при невідповідності тиску повітря [17]

Дослідження Allgemeiner Deutscher Automobil Club показали, що 32 % простоїв у ремонті комерційного транспорту відбувається з вини шин (рис. 4) [9].

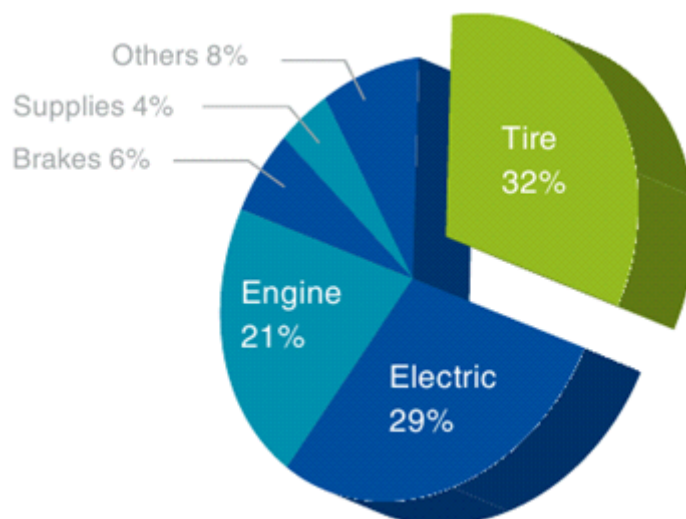


Рис. 4. Розподіл часу простою комерційних автомобілів в ремонті за причинами (за даними Allgemeiner Deutscher Automobil Club, 2011)

Таким чином **практичним значенням** є зменшення діапазону коливань тиску в шині сприяє зменшенню шкідливих викидів та витрати палива і сприяє довготривалій і комфортній роботі шини.

Об'єкт дослідження – процес зміни тиску в шині під впливом температури.

Предмет дослідження – вплив параметрів додаткового ресивера на зменшення коливань тиску в шині під час коливань температури.

Мета – зменшення витрат палива і викидів в атмосферу забруднюючих речовин за рахунок зменшення опору коченню шини при коливаннях температури навколишнього середовища.

Виходячи з мети, об'єкту та предмету дослідження були визначені такі **дослідницькі та винахідницькі завдання**:

- Проаналізувати зміни тиску в шині під впливом температури
- Представити своє технічне рішення, щодо зменшення витрат палива і викидів в атмосферу забруднюючих речовин за рахунок зменшення опору коченню шини при коливаннях температури навколишнього середовища.

Наукова новизна полягає у обґрунтуванні параметрів автономної системи підтримки тиску повітря в шині у відповідності до її розміру та коливань температури навколишнього середовища.

Методом дослідження був збір та аналіз теоретичних даних щодо температурних коливань тиску в шині, та математичне моделювання процесів зміни тиску в об'ємі шини.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ТИСКОМ В ШИНАХ АВТОМОБІЛЯ

1.1. Приклади ручного керування тиску у шинах

Існуючі системи керування тиску в шинах можуть бути як виключно з ручним керуванням так і з автоматичним. Для безпосереднього керування тиском в шинах використовується як механічні крани чи золотники так і клапани з електричним керуванням. Кожна з таких систем забезпечує можливість керувати тиском окремо в кожному колесі або централізовано у всіх колесах. Остання використовується для регулювання прохідності автомобіля в залежності від типу опорного покриття. Так для руху по м'якому ґрунту зазвичай використовують зниження тиску в шинах для зменшення тиску на ґрунт та зменшення прогрізання в нього покриття. Такий підхід використовують на військовій [2] та сільськогосподарській [3] техніці. Для реалізації такого підходу зазвичай використовують механічні золотники або електричні клапани з ручним керуванням. В них водій самостійно контролює рівень тиску, що встановлюється (рис. 1.1) [1, 4].

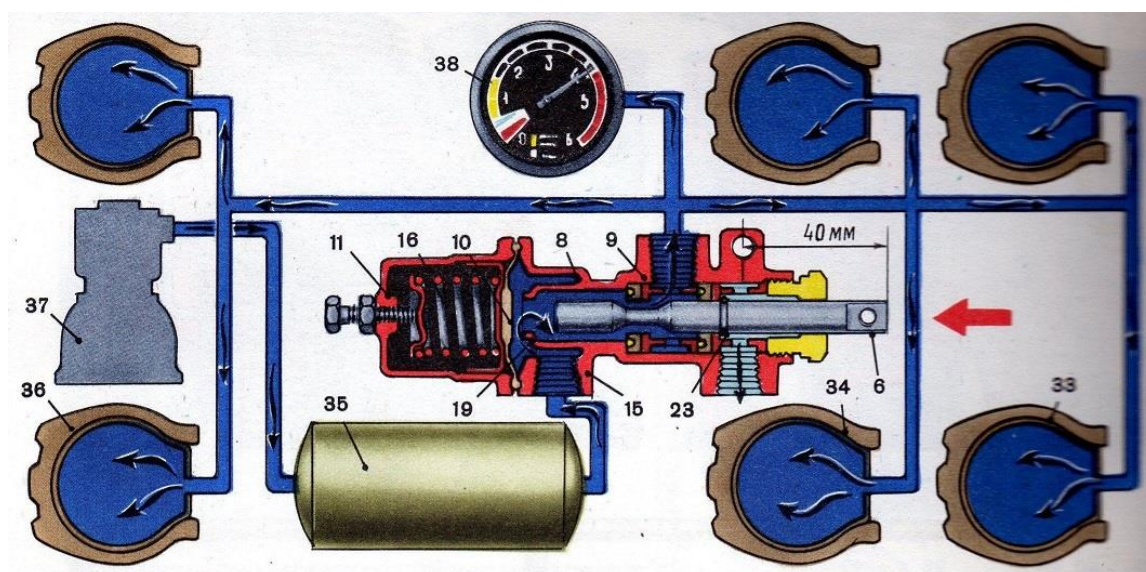


Рис. 1.1. Принципова схема системи централізованого керування тиску в шинах

Останнім часом стали з'являтися розробки систем з індивідуальним керуванням тиску повітря в шинах автомобіля в залежності від різноманітних параметрів. Найбільш поширеним параметром виступає навантаження на колесо [4]. Ключовою особливістю систем регулювання тиску в шині є вузол підводу повітря (рис. 1.2). Недоліком такої конструкції є ущільнення 5.

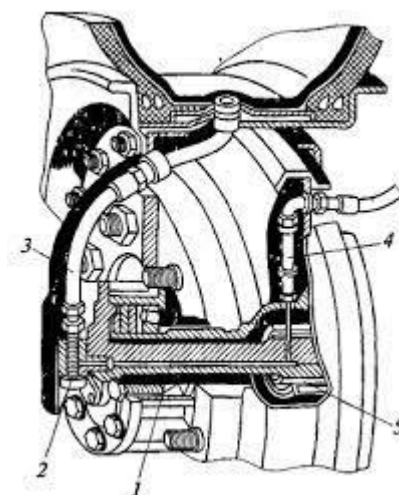


Рис. 1.2. Вузол підводу повітря до покриття колеса

1 – напіввісь; 2 – штуцер кутувий; 3 – шланг з'єднувальний;
4 – трубка; 5 – ущільнення.

Використання розгалуженої системи повітряних трубопроводів та витрати на створення додаткового тиску повітря в шинах, наявність рухомих ущільнень ускладнює та здорожує систему.

1.2. Системи моніторингу тиску у шинах

Для підвищення споживчих властивостей широко використовують системи моніторингу тиску в шинах. В залежності від способу визначення тиску в шинах та системи поділяються на системи опосередкованого визначення тиску та системи безпосереднього визначення тиску в шинах

(рис. 1.3). Останні дозволяють визначати факт проколу покришки за фактичним рівнем тиску та температури або діагностувати проблеми з гальмовою системою або підшипниковим вузлом відповідного колеса. У відповідності до процесу зміни тиску в шині тиск і температура в ній пов'язані. За умови припущення, що об'єм покришки не змінюється можна вважати, що зміна тиску та температури відповідають ізохорному процесу. Тому збільшення температури повітря в шині більше ніж це передбачено співвідношенням

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \quad (1)$$

Може свідчити про проблеми з заклинюванням гальм чи підвищеному опору кочення в підшипнику маточини.

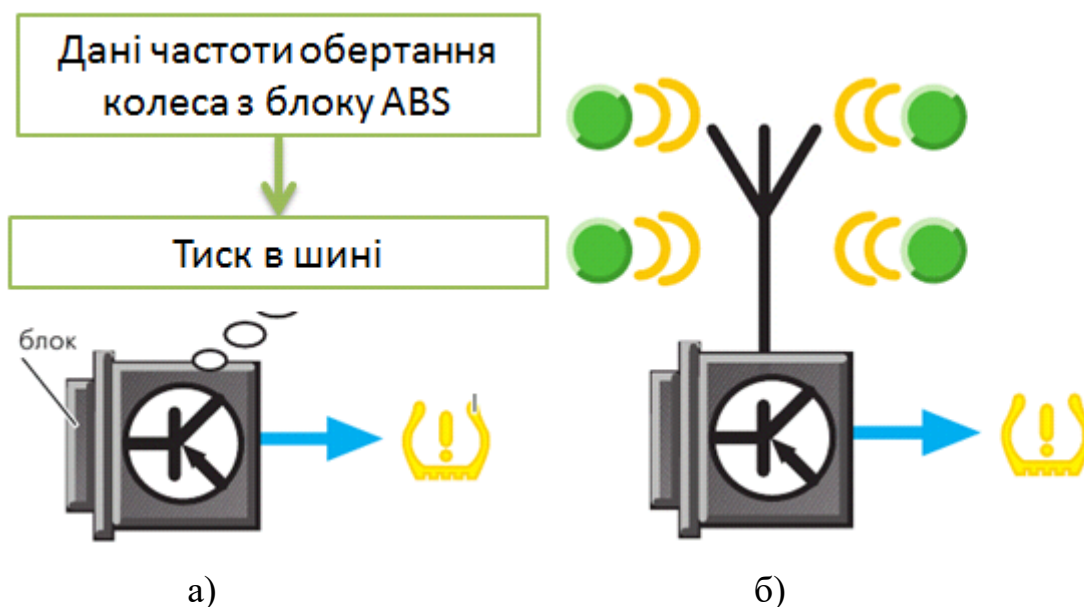


Рис. 1.3. Схеми взаємодії систем контролю тиску повітря в шинах [16]

а) – система опосередкованого вимірювання тиску в шинах;

б) система безпосереднього вимірювання тиску повітря в шинах

В системах опосередкованого вимірювання тиску повітря в шинах немає датчиків тиску та температури. Тому за допомогою таких систем не можна діагностувати нічого окрім спускання шин окремих коліс. Принцип вимірювання таких систем полягає у зчитуванні частоти обертання коліс з колісних датчиків анти блокувальної системи та порівняння цих сигналів. При виявленні значної розбіжності у частоті обертання коліс впродовж певного часу система сигналізує про наявність зниженого тиску в колесі. При цьому така система не може визначити в якому саме колесі проблема. За швидкістю зміни швидкості така система може визначити ступінь спускання шини та попереджає водія різним типом сигналу.

Для безпосереднього вимірювання тиску та температури замість штатного ніпеля вмонтовується спеціальний із електронним блоком, який складається з елемента живлення, датчиків тиску, датчика температури, мікропроцесора та передавача з антеною (рис. 1.4).



Рис. 1.4. Зовнішній вигляд елементів системи безпосереднього вимірювання тиску в шинах [15]

1.3. Системи автоматичного керування тиску шин

В автомобільному секторі зростає усвідомлення проблем навколишнього середовища та потреби в системі контролю та моніторингу, пов'язаної з безпекою, за для того щоб така система приносила користь,

вона повинна бути такою, щоб людині потрібно було тільки її увімкнути, тобто повинна бути автономною.

Тому проблема розробки системи автоматичного керування тиску шин з кожним роком, для сучасних компаній, стає ще більш актуальною. Дуже важливою ця тема є для двоколісних транспортів та вантажівок, де надмірний тиск, чи його дефіцит, може мати більше наслідків, чим для простих автівок, тому такі системи за часту розробляють саме для цих транспортів.

Наприклад, у 2016 році компанія «Aperia Technologies» розробила для вантажних автомобілів. Пристрій кріпиться до осі так само, як вологоміри, які часто можна побачити на причепах, тоді як шланг з'єднується зі штоком клапана шини. Він живиться через внутрішній механізм, подібний до годинника з автопід заводом, тому не потребує зовнішньої системи живлення чи компресора.



Рис. 1.5. Автоматична система контролю тиску у колесах вантажних автомобілів [6, 7]

Параметри тиску попередньо запрограмовані на заводі, і один пристрій може обслуговувати до двох стандартних шин або однієї широкої базової шини. І він працює в обох напрямках, також знижуючи тиск у перегрітих шинах. [6, 7]

А також Кінетична-Повітряно-Тискова-Система (КПТС) компанії «HubTech», розроблений для автоматичного контролю тиску у колесах велосипедів та мотоциклів. Серце KAPS - це невеликий легкий насосний агрегат з можливістю керування тиску. Цей насос приводиться в рух обертанням колеса. Він поставляється в різних конфігураціях для різних застосувань. Потужність насоса була вирівняна з необхідним підвищенням тиску в порівнянні з максимально допустимим споживанням енергії при активній роботі. [8]

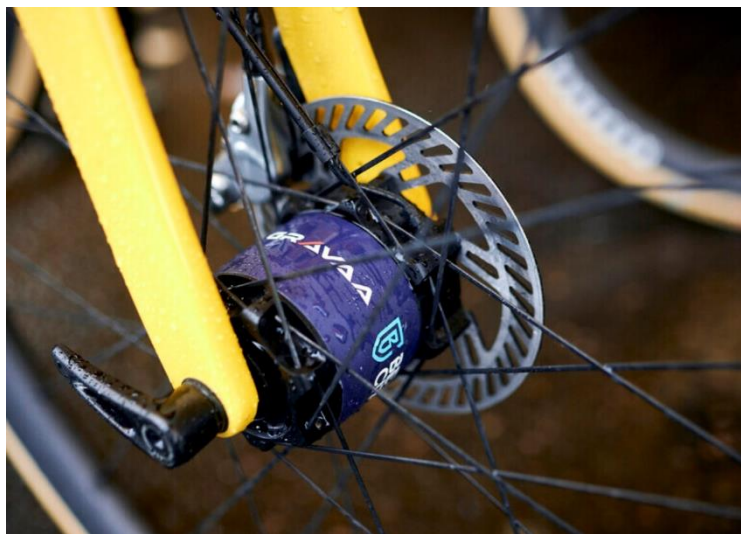


Рис. 1.6. Кінетична-Повітряно-Тискова-Система (КПТС) [8]

1.4 Дослідження зміни тиску у шинах

Розглядаючи таку важливу тему, як керування та моніторинг зміни тиску, не можна не зауважити залежності зміни тиску. На основі даних зібраних під час перегляду джерел, були виявлено, що зміна тиску залежить від багатьох факторів. Одним із найбільш головним фактором є температура. При підвищенні температури газів, які закачані до шини, їх об'єм – зростає, та, як внаслідок, збільшується тиск у шині. І хоча цей фактор має більший прояв у літній сезон, їм не можна нехтувати.

Важливим фактором є спосіб пересування. Найбільш ефективним, за для запобігання зміни тиску у шинах, є лінійний рух. Саме він забезпечує найменше впливання на зміну тиску. Ще елементом цього фактору є наявність таких системи, як «Start-Stop» – перевагою таких систем є те, що в містах де рух зумовлюється постійними зупинками та розгонами, вони запобігають зношуванню шин у цих умовах, але водночас майже ні як не впливаючи на рух по трасі.

Також треба зазначити, що тиск у шині буде змінюватися попри позбавлення усіх цих факторів, а саме, через те, що розміри молекул газів настільки маленький, то під дією власного тиску газу будуть вивільнятися зі шин з плином часу, що буде спричинювати зменшення тиску.

РОЗДІЛ 2

ОЦІНКА ВПЛИВУ ТЕМПЕРАТУРИ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ТА РЕЖИМУ РУХУ ШИНИ НА ТИСК В СЕРЕДИНІ

Під впливом температури навколишнього середовища змінюється тиск в шині у відповідності до співвідношення (1). У залежності від температури при якій було встановлено початковий тиск залежить відсоток відхилення тиску в шині (рис. 2.1).

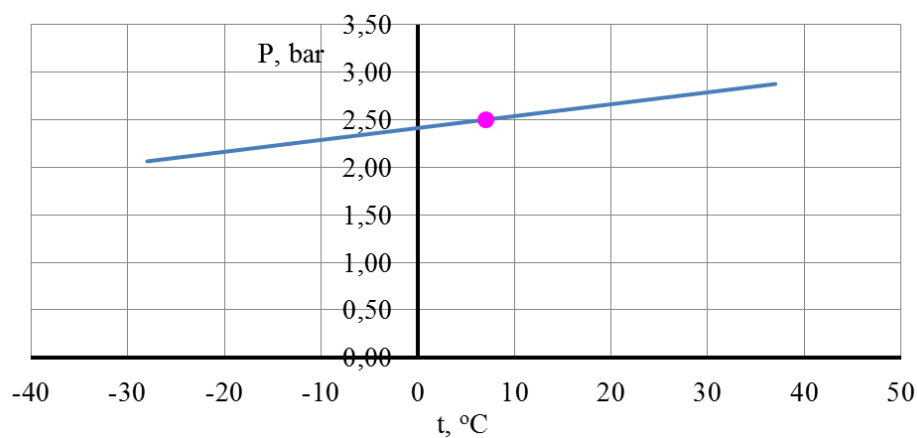


Рис. 2.1. Зміна тиску в шині під впливом температури навколишнього середовища (рис. автора)

З огляду на рисунок 11 допустимою є зміна тиску в шині в межах $\pm 5\%$ відносно рекомендованого, а прийнятною є зміна тиску в межах $0...+5\%$ відносно рекомендованого.

Під час експлуатації спостерігається як зниження тиску взимку коли заміна та первинне накачування шини відбувається при температурі біля $+7\text{ }^{\circ}\text{C}$ так і суттєвий прогрів шини при тривалому русі влітку, коли температура шини може сягати $+50...+60\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Як видно з рисунка 11 при падінні температури до $-13\text{ }^{\circ}\text{C}$, при початковій $+7\text{ }^{\circ}\text{C}$, тиск знижується до 2,25 бар. Таке падіння тиску становить 10 % від початкових 2,5 бар. Так само і під час збільшення температури до

+17 °C тиск підвищиться до 2,63 бар, що становить 5 % від початкових 2,5 бар.

Таким чином зниження температури навколишнього повітря більш негативно впливає на експлуатаційні характеристики шини ніж її можливе підвищення під час сезонних змін температури повітря.

Під час дослідження було визначено значення максимальних, мінімальних та середніх температур впродовж року за даними з сайту [13] (рис. 2.2).

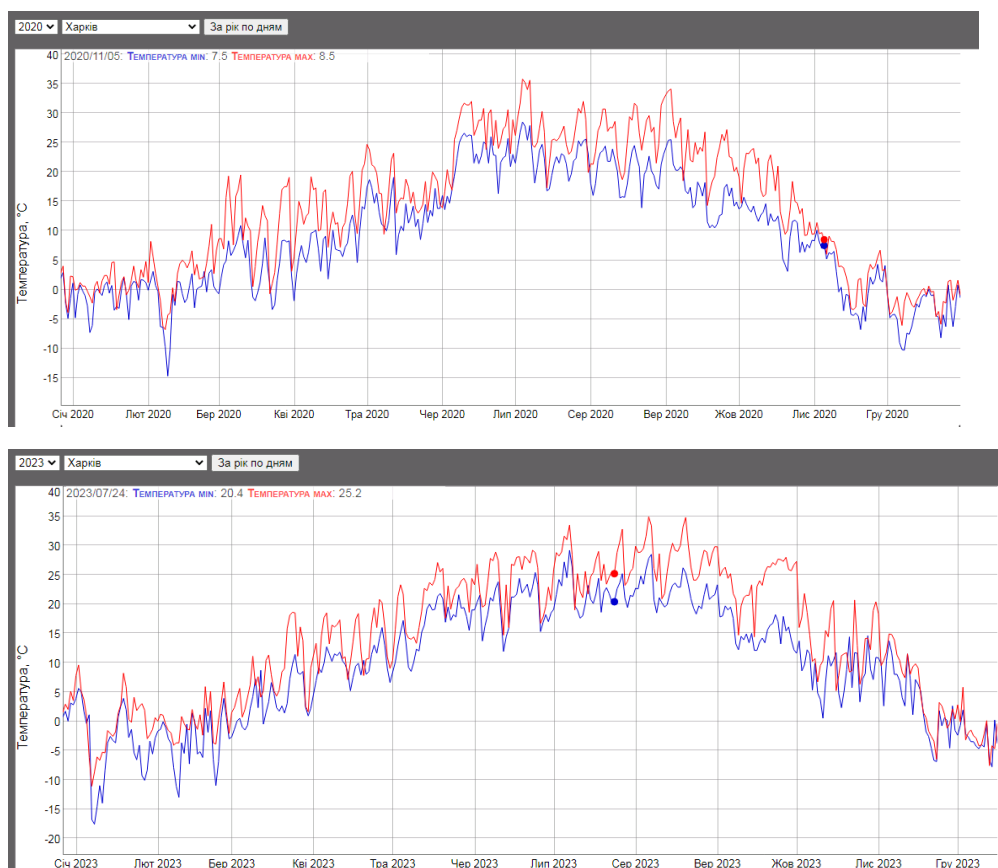


Рис. 2.2. Графік добових коливань температур впродовж року [12]

Також за даними з сайту [12] було отримано значення середніх, максимальних та мінімальних температур кожного місяця впродовж 2020 року (рис. 2.3) та 2023 року (рис. 2.4).

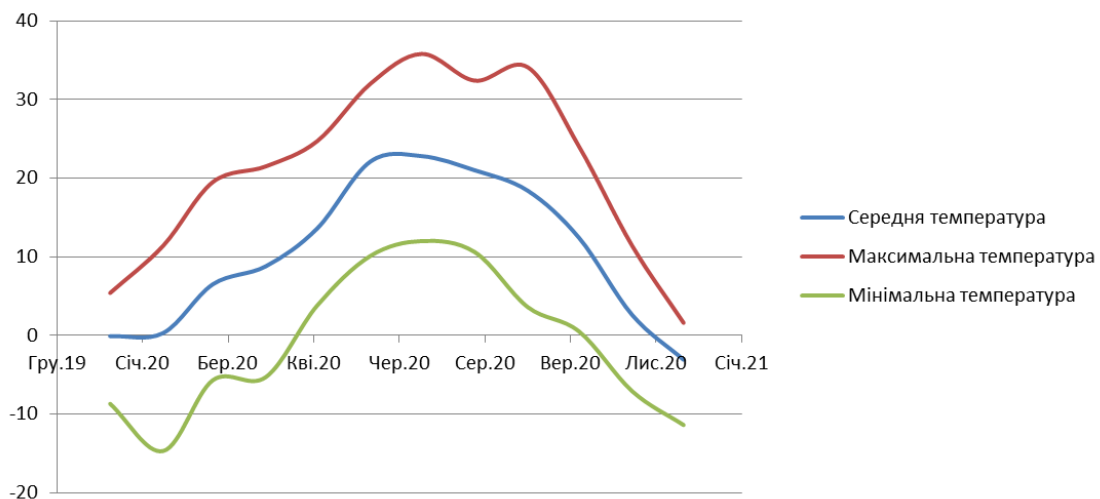


Рис. 2.3. Коливання температур кожного місяця у 2020 році (рис. автора)

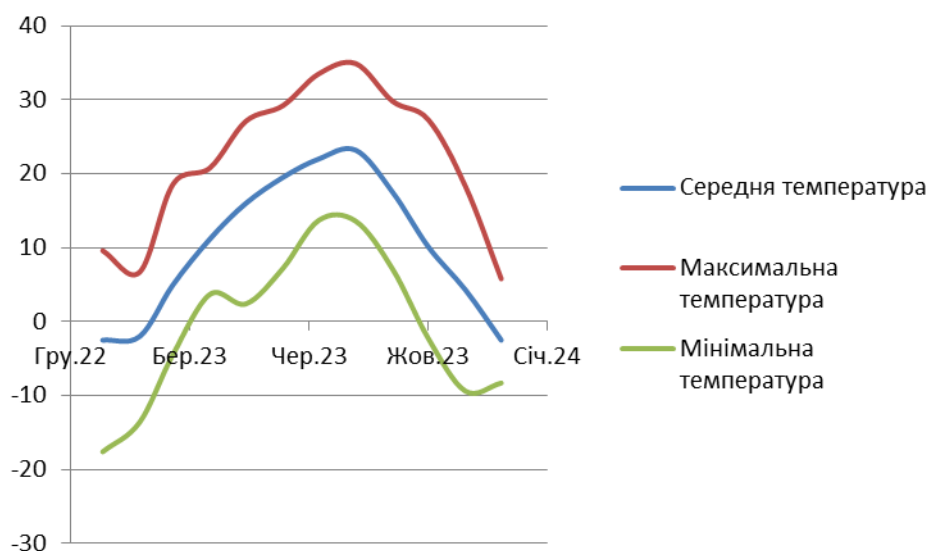


Рис. 2.4. Коливання температур кожного місяця у 2020 році (рис. автора)

Аналіз даних з рисунків 13 та 14 показав зміну температури впродовж кожного місяця що дає можливість проаналізувати можливу зміну тиску в середині шини автомобіля під час експлуатації (рис. 2.5).

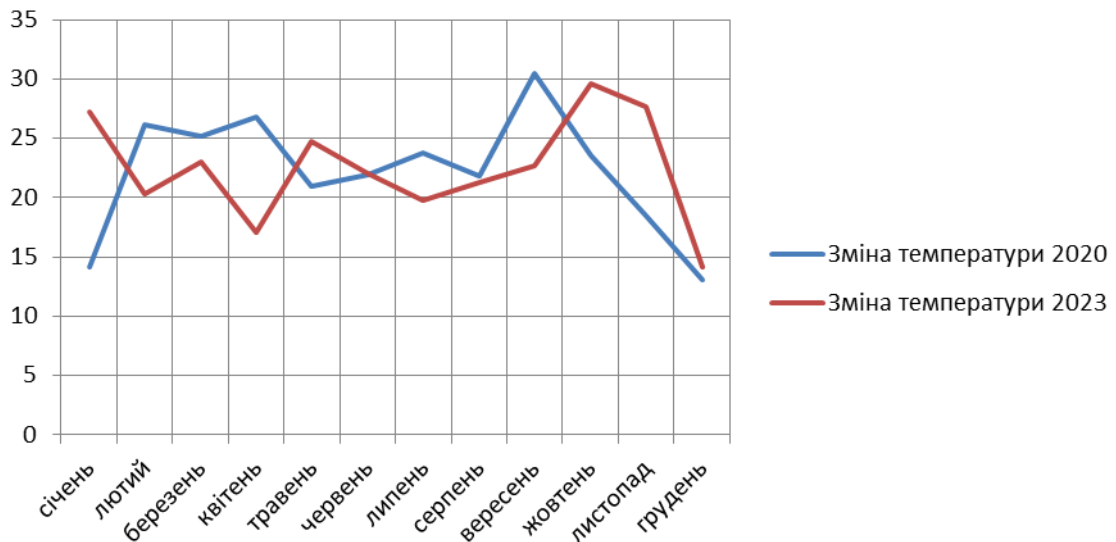


Рис. 2.5. Зміну тиску в середині шини автомобіля під час експлуатації (рис. автора)

Під час експлуатації шини рекомендується періодично перевіряти тиск в шині та доводити його до норми, що наведена в інструкції з експлуатації автомобіля. Таким чином бачимо, що навіть впродовж одного місяця зміна температури в шині між моментом коли її накачують та будь яким моментом експлуатації може сягнути 30 градусів за Цельсієм в залежності від місяця та року. Хоча рекомендується періодично перевіряти тиск в шині уявімо собі песимістичний але цілком реальний сценарій, коли водій зовсім не перевіряє тис в шині між сезонами змінами шин. За умови гарної герметичності шини це цілком реально.

В залежності від року сезонна зміна може відбуватися в різні терміни. Загальновідомою рекомендацією є зміна шин за середньодобової температури 7 градусів за Цельсієм. Так у 2020 році на зимні шини необхідно було перейти у жовтні, а на літні у квітні. Натомість у 2023 році перехід на зимні шини треба було зробити у листопаді, а на літні у квітні. Враховуючи ці дані було побудовано залежність різниці температур між гіпотетичною температурою сезонної зміни шин та температурою в період

їх експлуатації. Як можна бачити з рисунка 2.6 така різниця взимку може сягати навіть 36 градусів за Цельсієм у зимовий період.

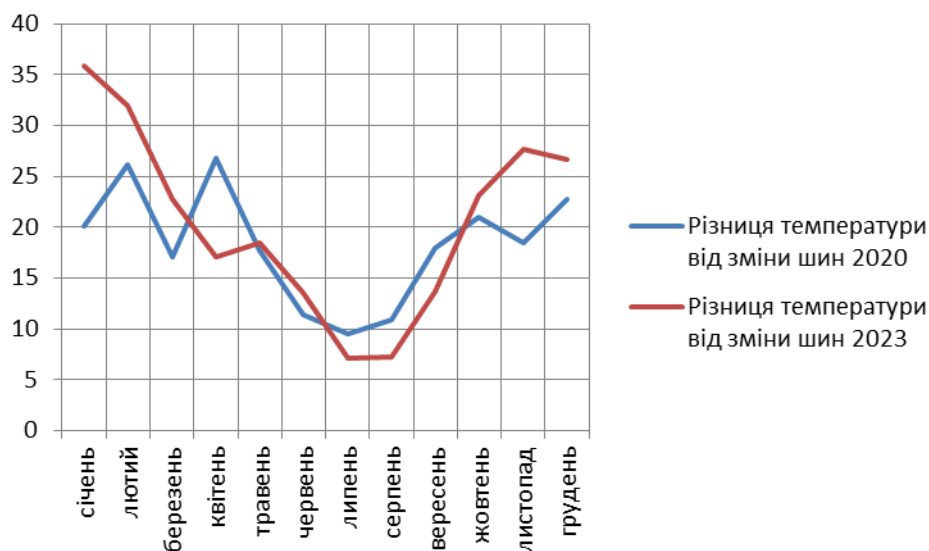


Рис. 2.6. Різниця температур між гіпотетичною температурою сезонної зміни шин та температурою в період їх експлуатації (рис. автора)

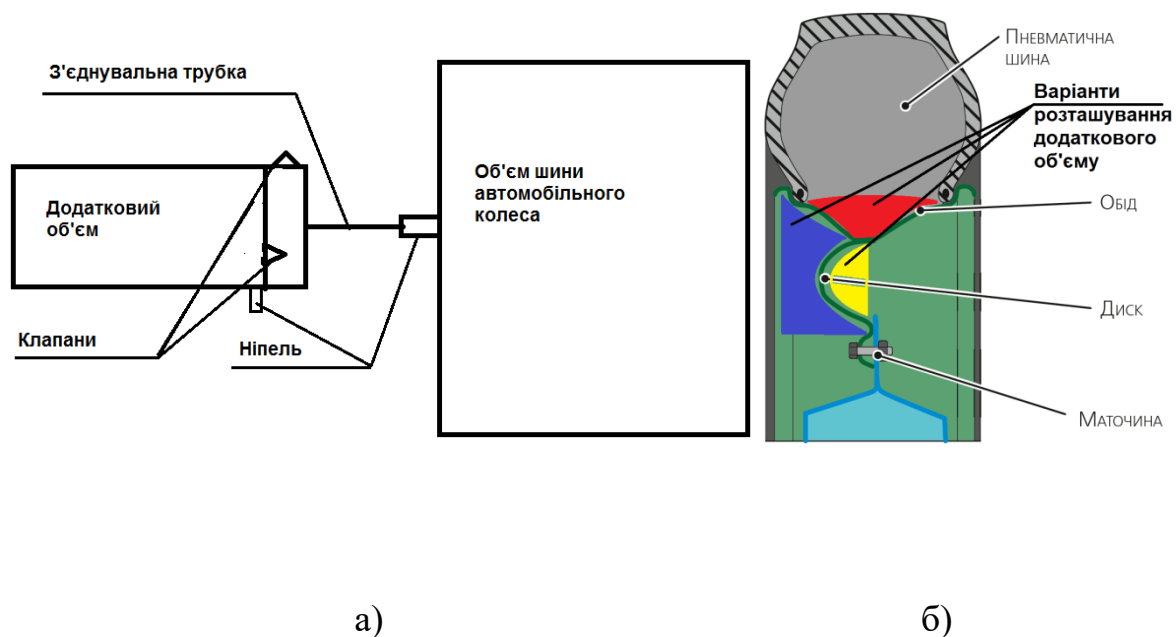
Аналізуючи рисунок 16 можна зазначити, що найбільш проблемним є зимовий період оскільки різниця температур між моментом сезонної зміни шини та поточним моментом в експлуатації найбільша само зимою. Крім того в зимовий період відбувається падіння температури і тиску, що приводить до збільшення опору коченню і витрати палива.

РОЗДІЛ 3

РОЗРАХУНОК КОМПЕНСАЦІЇ ПАДІННЯ ТИСКУ В ШИНАХ

Використовуючи математичний апарат, що наведено у [14], з допомогою наукового керівника були проведені розрахунки зміни тиску із врахуванням коливань температури навколишнього середовища та в шині.

Для оцінки параметрів запропонованої системи було обрано розрахункову схему, що наведено на рисунку 3.1.



а) – Розрахункова схема; б) – можливі зони розташування додаткового об'єму

Рис. 3.1. Розрахункова схема системи (рис. автора)

На схемі (рис. 3.2) зображено під'єднання додаткового об'єму для компенсації зміни тиску в середині шини, а праворуч від неї на малюнку варіанти можливого розташування додаткового об'єму. Для нормальної роботи системи потрібні два клапани. Один забезпечує скидання тиску у додатковий об'єм при збільшенні тиску в шині, а інший забезпечує наповнення шини при зниженні в ній тиску в результаті коливань температури в ній.

Розрахуємо значення додаткового об'єму для компенсації падіння тиску в шині розміром 13 дюймів і орієнтовним об'ємом 22 літри (0,022 м³). Для цього розрахуємо падіння тиску в шині за умови зниження її температури з +14 до -20 градусів за Цельсієм. Як видно з рисунка 18 тиск при температурі -20 градусів за Цельсієм складе 1,54 атмосфери.

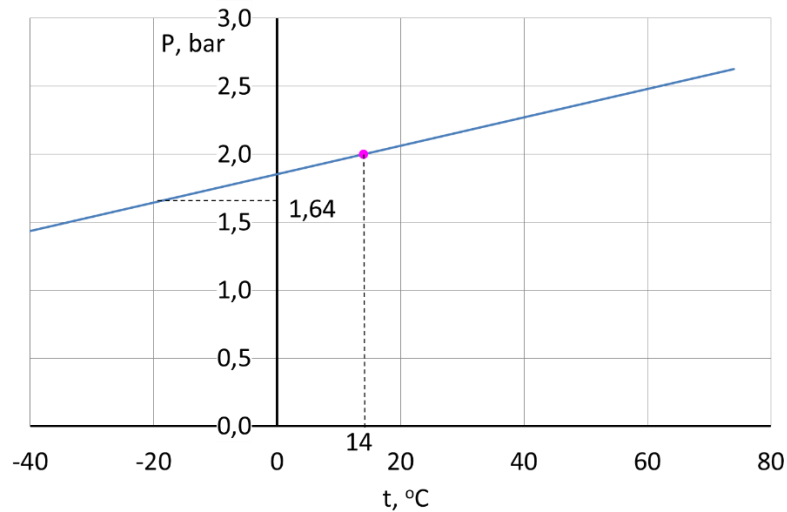


Рис. 3.2. Зміна тиску в шині при падінні температури з +14 до -20 градусів за Цельсієм (рис. автора)

В той же час, раціонально використовувати тиск в додатковому об'ємі на рівні 8,5 атмосфери, що відповідає номінальному тиску звичайного компресора, які використовуються на шиномонтажних станціях. Так само як і в шині в додатковому об'ємі буде зниження тиску внаслідок падіння температури. Як видно з рисунка 19 при -20 градусів за Цельсієм складе 7,73 атмосфери.

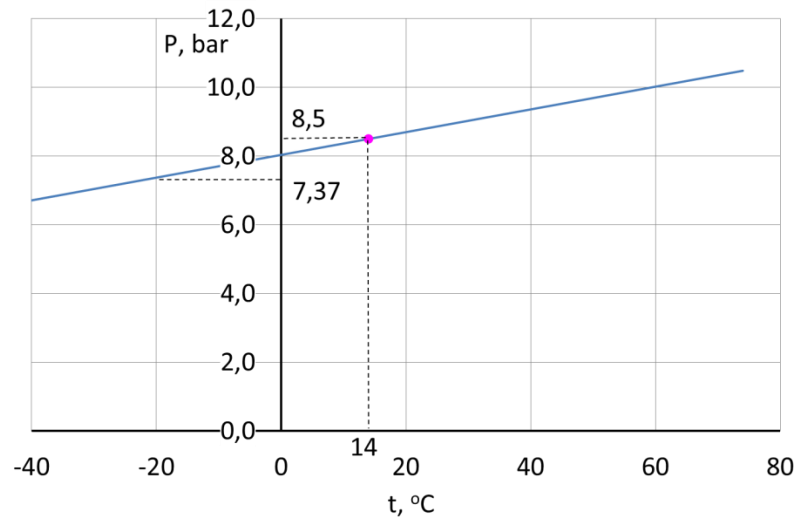


Рис. 3.3. Зміна тиску в додатковому об'ємі при падінні температури з +14 до -20 градусів за Цельсієм (рис. автора)

Саме при таких початкових умовах було розраховано вирівнювання тиску в обох об'ємах при температурі навколишнього середовища -20 градусів за Цельсієм. Як видно з рисунка 20 тиск після вирівнювання склав трохи більше 2,0 атмосфери, що достатньо для компенсації тиску в об'ємі шини.

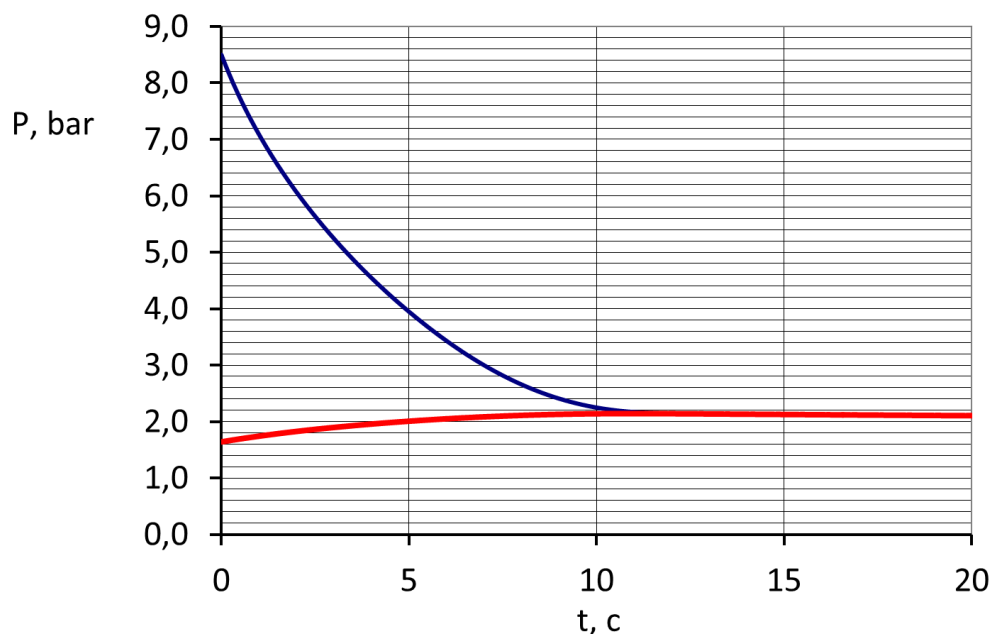


Рис. 3.4. Вирівнювання тисків у шині та додатковому об'ємі (рис. автора)

Зазначеного характеру вирівнювання тиску вдалося досягти при значенні додаткового об'єму $0,0015 \text{ м}^3$, або 1,5 літри.

Додатковий Об'єм 1,5 літри цілком реально розмістити в одній із зон що виділені кольором на рисунку 17б. Об'єм 1,5 літри складає кільце діаметром 50 мм з внутрішнім діаметром кільця 255 мм.

Важливим напрямком подальших досліджень є визначення параметрів алгоритму роботи клапанів, що розділяють додатковий об'єм та шину, а також шину та навколишнє середовище, які показані на рисунку 17а.

Враховуючи дослідження [10] та [11], а також той факт що штатній шині автомобіля при експлуатації при -20 градусах за Цельсієм і підкачці її при +14 градусах відбувається падіння тиску на 17,8% то можна прогнозувати економію палива до 2% – 2,5%. Таке значення для легкового автомобіля буде відповідати скороченню витрат палива на 0,14 – 0,18 л/100 км, а для вантажного автомобіля 0,7 – 1,2 л/100км.

ВИСНОВКИ

1. Найбільш проблемним з точки зору експлуатації є зимовий період, коли тиск знижується по відношенню з моментом міжсезонної зміни шини до 0,36 атмосфери.
2. Використання додаткового об'єму для поповнення тиску в шині може компенсувати втрати тиску, що обумовлені зниженням температури навколишнього середовища.
3. Для компенсації падіння тиску в діапазоні температур з +14 до -20 градусів за Цельсієм знадобиться ємність об'ємом 1,5 літри та початковим тиском 8,5 атмосфери.
4. Для реалізації зазначеного підходу до компенсації втрати тиску в шині необхідно визначити параметри та алгоритм роботи клапанів для керування тиском в шині.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Caban, J., Drożdziel, P., Barta, D., Liščák, Š. (2014). Vehicle tire pressure monitoring systems. *Diagnostyka*, 15(3), 11-14.
2. Будова й експлуатація автомобілів: Підручник. — 6-те вид. - К.: Либідь, 2006. — 400 с
3. Головчук А.Ф. Експлуатація та ремонт сільськогосподарської техніки: Підручник: У 3 кн. / А.Ф. Головчук, В.Ф. Орлов, О.П. Строков; за ред. А.Ф. Головчука. – К.: Грамота, 2003 – Кн. 1: Трактори. – 336 с
4. Мельников Д.І. Трактори і автомобілі / Д.І. Мельников – Київ, головне видавництво видавничого об'єднання "Вища школа", 1978. – 264 с.
5. Mavtech's Tyre Pressure Control system (CTIS) Режим доступу <https://online.fliphtml5.com/nfgyx/iktt/#p=1>
6. Ryder, Aperia partner to introduce Automatic Tire Inflation Systems режим доступу <https://www.fleetequipmentmag.com/ryder-aperia-partner-introduce-automatic-tire-inflation-systems/>
7. New self-inflating tire tech comes to heavy duty trucks Режим доступу <https://www.foxnews.com/auto/new-self-inflating-tire-tech-comes-to-heavy-duty-trucks>
8. Kinetic Air Pressure System (KAPS) Режим доступу <https://www.hubtech.nl/portfolio/kinetic-air-pressure-system/>
9. Szczucka-Lasota, Bożena & Kaminska, Joanna & Krzyżewska, Iwona. (2019). INFLUENCE OF TIRE PRESSURE ON FUEL CONSUMPTION IN TRUCKS WITH INSTALLED TIRE PRESSURE MONITORING SYSTEM (TPMS). *Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport*. 103. 167-181. 10.20858/sjsutst.2019.103.13
10. OptiTire™ ADVANCED TIRE PRESSURE MONITORING. WABCO

11. Карпенко, В., & Нескреба, Е. (2022). Уточнена оцінка опору коченню автомобільної шини в стартовий період руху. *Автомобільний транспорт*, (51), 5–13. <https://doi.org/10.30977/AT.2219-8342.2022.51.0.01>
12. Карпенко, В., Воропай, О., & Нескреба, Е. (2022). Непряма оцінка опору коченню автомобільної шини в режимі стартового руху. *Автомобільний транспорт*, (50), 5–13. <https://doi.org/10.30977/AT.2019-8342.2022.50.0.01>
13. Сайт Метеопост. Статистика погоди. Кліматичні дані за роками та місяцями. <https://meteopost.com/weather/climate/>
14. Yarita, A., Mikhalevich, N., Leontiev, D., Gritsuk, I., Bogomolov, V., Klimenko, V., Saravas, V. (2019). Selection of Rational Parameters of Automated System of Robotic Transmission Clutch Control on the Basis of Simulation Modelling. SAE Technical Paper. 2019-01-0029
15. <https://rwtrade.in.ua/ua/p1486556126-tpms-sistema-kontrolya.html>
16. https://www.vag-technique.fr/ext_files/ssp/vw/SSP_347_Les_systemes_de_surveillance_de_la_pression_des_pneus.pdf
17. <https://shina.ua/uk/articles/izmerenie-davleniya-riski-nedokachannyh-shin>