

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Автомобільний факультет

НАУКОВІ ПРАЦІ

**86-ї Міжнародної
наукової конференції
студентів університету**

8-12 квітня 2024 р.

(Посвідчення УкрІНТЕІ від 5 грудня 2023 року № 498)



Харків, 2024

ЗМІСТ

Секція 1. ДЕТАЛІ МАШИН ТА ТЕОРІЯ МЕХАНІЗМІВ І МАШИН

Босенко Ю.	4
Розвідні мости з противагою	
Бражник М. А., Сахно В. О.	8
ORC як рішення підвищення ресурсу лопаток турбін та альтернативної енергетики	
Губарьков О.	11
Система відведення продуктів згоряння при різці та гравіюванні з використанням малопотужного лазера	
Пивовар Д.О., Шарапата А.С.	15
Особливості моделювання базових елементів корпусів редукторів у INVENTOR	
Саркісов С., Саркісов М.	23
Використання вантових конструкцій при будівництві мостів	
Ткаченко А.	32
Механізми впливу змін у надходженні сонячної енергії на кліматичні системи	
Чернов В.М.	35
Визначення похибки вимірювання дальності польоту гідравлічного струменя	
Шапка В.Є.	38
Щодо питання розгону багатовісного автомобіля з електроприводом ведучих коліс	

Секція 2. ЕНЕРГЕТИЧНЕ МАШИНОБУДУВАННЯ

Дробязко В.А., Кас'яненко С.О.	42
Підвищення потужності автомобільного дизеля бчм 8,8/8,2 шляхом покращення аеродинамічних характеристик його впускних каналів	
Журавель О.А.	47
Технологія організації робочого процесу ДВЗ: HOMOGENOUS CHARGE PROGRESSIVE COMBUSTION (HCPC)	
Орлов М.А.	51
Технологія організації робочого процесу ДВЗ: HOMOGENOUS CHARGE PROGRESSIVE COMBUSTION (HCPC)	

Секція 3. АВТОМОБІЛІ

Аршинніков Б.В.	54
Огляд та аналіз головної передачі автомобілів категорії М1	
Будник А.Р.	60
Аналіз перспективних напрямків розвитку головного світла фар автомобілів категорії М1	
Гефтер О.	66
Аналіз роботи та конструкції цифрової системи курсової стійкості автомобіля	
Головань О.	70
Огляд та аналіз типів підвісок транспортних засобів категорії М1	
Жовнер І.С.	77
Сучасні активні безпеки автомобіля	
Каченков А.В.	81
Рестайлінг автомобілей категорії М1 аеродинаміка	
Кравченко О.С.	86
Еволюція гальмівного керування транспортних засобів	
Токарєв В.М.	92
Інновації в області пневмопідвіски вантажних автомобілей та автобусів	
Холод А.В.	100
Аналіз конструкції синхронізаторів транспортних засобів категорії М1	

РОЗВІДНІ МОСТИ З ПРОТИВАГОЮ

З розвитком міст зростає кількість транспорту, пасажирського і вантажного. Як приклад пасажирського транспорту найчастіше можна зустріти автомобілі, як водний транспорт – судна. Коли ці дві стихії поєднуються разом задля зменшення ціни та підвищення ефективності ми отримуємо розвідні мости. Розвідні мости стали важливою складовою міст з активним водним трафіком. Також причинами використання мостів є необхідність забезпечення безпеки для кожного з учасників руху, з цього витікає пункт про забезпечення найширшої можливої ширини для водного транспорту, також важливим аспектом є мінімальна затримка руху.

Оригінальні рухомі мости, так звані цапфові базисні мости, що використовувалися для перекриття ровів навколо фортець або замків, і які, будучи закритими, фактично перекривали комунікації фактично. Ці мости або оберталися на шарнірних опорах чи цапфах у вертикальному напрямку, або врівноважувалися за принципом гойдалки. У першій половині XIX століття було збудовано низку розвідних мостів, прольоти яких коливалися від 20 до 50 футів (від 6 до 15,24 м). У 1869 році в Копенгагені, Данія, було завершено найбільшого балкового мосту, який був побудований для того часу. Міст мав загальну ширину 31 фут (9,45 м), складався з двох рухомих ступок, що приводилися в рух гідравлічною силою і давав вільний канал завширшки майже 57 футів (17,37 м). Через дев'ять років по тому честь називатися найбільшим мостом цього типу перейшла до споруди, зведеної в Роттердамі, Голландія, яка мала загальну ширину 34 фути (10,36 м) і давала вільний канал завширшки понад 75 футів (22,86 м). Це міст залишався найбільшим опорно-балковим мостом аж до зведення Тауерського мосту в Лондоні.

Існує декілька типів розвідних мостів:

- складний міст;
- похилий міст;
- занурювальний міст;
- розсувний міст;
- вертикально-підйомний міст.

На жаль не кожний з типу мостів повністю відповідає переліку критеріїв, проте є ще один тип, який є одним з найкращих – це підйомний міст з противагою (bascule bridge) такий тип мостової конструкції відповідає переліченим раніше критеріям додатковими перевагами даного типу моста є те, що він не обмежує судно, через використання інших типів з'являються певні обмеження, чи по висоті чи по осадці (глибина занурення у воду).

Також відмінністю такого типу є можливість підійматися та опускатися внаслідок гідроциліндрів (рис. 1), а також наявність противаги, що полегшує процеси підняття та опускання споруд (рис. 2).



Рис. 1. Гідроциліндр



Рис. 2. Міст з противагою

Найбільш поширеними прикладами таких мостів є Міст Вольгаста (Wolgast Bridge) (рис. 3) та загородження затоки Кардіфф (Cardiff Bay barrage) (рис. 4). Ці мости відіграють важливу роль у забезпеченні безперешкодного руху водного транспорту та ефективного функціонування портових та річкових інфраструктур.

Міст Вольгаста (Wolgast Bridge) — це розвідний міст, розташований у місті Вольгаст, Німеччина. Робота проводилася над мостом з 1995 по 1997 роки, він перетинає річку Пене.

Повна довжина мосту – 255,90 м, кількість прольотів 5, довжини прольотів 52,00 м; 55,15 м; 46,50 м; 49,95 м та 52,30 м. Використовується як дорожній міст. Приблизна ціна 104 000 000 німецьких марок.

Міст став важливою транспортною артерією, сприяючи розвитку туризму та економіки регіону. (рис. 3)



Рис. 3. Міст Вольгаста

Загородження Кардіффської затоки (Cardiff Bay Barrage) – це масштабний інженерний проєкт, завершений у 1999 році, який розташований у Кардіффі, столиці Уельсу. Ця споруда перекриває гирло річок Тафф і Елі, створюючи постійне прісноводне озеро в Кардіффській затоці. Метою будівництва було сприяння регенерації старих доків і створення нових можливостей для розвитку міської інфраструктури, туризму та рекреаційної діяльності.

Висота 7,96 м, довжина 1100 м, використовується як протипаводковий бар'єр, а приблизна ціна 120 000 000 фунтів стерлінгів.

Загородження включає в себе систему шлюзів, що дозволяють суднам проходити в обидва боки, а також прогулянкові доріжки та зони для відпочинку, що роблять цю споруду привабливою для мешканців та туристів. Загородження Кардіффської затоки стало символом сучасного розвитку і трансформації міста, поєднуючи функціональність з естетичним дизайном (рис. 4).



Рис. 4. Загородження Кардіфської затоки

Процес підняття та опускання моста: підняття моста здійснюється за рахунок розширення гідроциліндрів, міст приймає вертикальне положення. Після того як міст було піднято судна можуть безперешкодно проходити по воді. Після проходження суден або коли міст більше не потрібен у піднятому вигляді гідравлічні циліндри стискаються, опускаючи міст на місце.

Підйомні мости з противагою є ключовими елементами для забезпечення ефективного та безперешкодного руху водного транспорту, особливо в областях з великим портовим або річковим трафіком. Вони дозволяють великим суднам проходити під мостом, забезпечуючи безперервність торгівлі та транспортування. Крім того, ці мости відіграють важливу роль у забезпеченні безпеки судноплавства, дозволяючи суднам уникати перешкод та небезпек, таких як навігаційні канали та інші судноплавні споруди. Їх конструкція та принцип роботи роблять їх важливою складовою інфраструктури у місцях, де важливий морський або річковий транспорт.

Література

1. FAWCETT, WALDON. «ROLLING LIFT BRIDGES.» Scientific American 85.13 (1901): 198-198.
2. «Bridge Basics – A Spotter’s Guide to Bridge Design» by Julie M. Schmidt (2008)

Науковий консультант: д.т.н., проф. Воропай О. В., зав. каф. деталей машин та теорії механізмів і машин.

Бражник Максим Анатолійович, студент групи М-21-22,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет
Сахно Віталій Олександрович, студент групи М-22-22,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ОРС ЯК РІШЕННЯ ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСУ ЛОПАТОК ТУРБІН ТА АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

Безліч технологічних процесів у промисловості супроводжується виділенням значного обсягу високотемпературних газів, що відходять. Найчастіше їх тепло викидається і розсіюється в атмосфері через димові труби, або утилізується в градирнях. В умовах, коли ціни на паливо та електроенергію неухильно зростають, подібна практика поводження з цінним джерелом тепла виглядає марнотратною. Тим більше, що коло технологій, які дозволяють використовувати вторинні енергоресурси, постійно розширюється. Одне з перспективних рішень, яке широко й досить давно застосовується у зарубіжній практиці, що базується на технології Organic Rankine Cycle (ORC), є метою даної роботи.

Принцип органічного циклу Ренкіна досить простий: контур із низькокиплячим робочим тілом (далі НРТ – органічна або синтетична речовина з низькою температурою кипіння) нагрівається від джерела «непрямого» тепла через теплообмінник. Залежно від температур скидного тепла як НРТ можуть бути використані термомасло, пропан, пентан, бутан, фреони R-134a, R-245f, R-22 і т.д.

Тепло газів, що відходять, передається органічній рідині (НРТ). Переходячи в газоподібний стан, вона проходить по контуру і подібно до водяної пари приводить в рух турбіну, яка може бути з'єднана з електрогенератором або виступати механічним приводом для технологічного обладнання.

Відпрацьована пара органічної рідини здійснює зворотний фазовий перехід у контурі мережної води (конденсується, перетворюючись на рідину), де після охолодження готова до повторного використання.

Органічний цикл Ренкіна дуже схожий з циклом Ренкіна, яким будується процес більшості паротурбінних установок (рис.1), але замість води використовується низькокипляча органічна рідина, що забезпечує за рахунок низької молекулярної ваги роботу турбіни на низьких оборотах при меншому тиску.

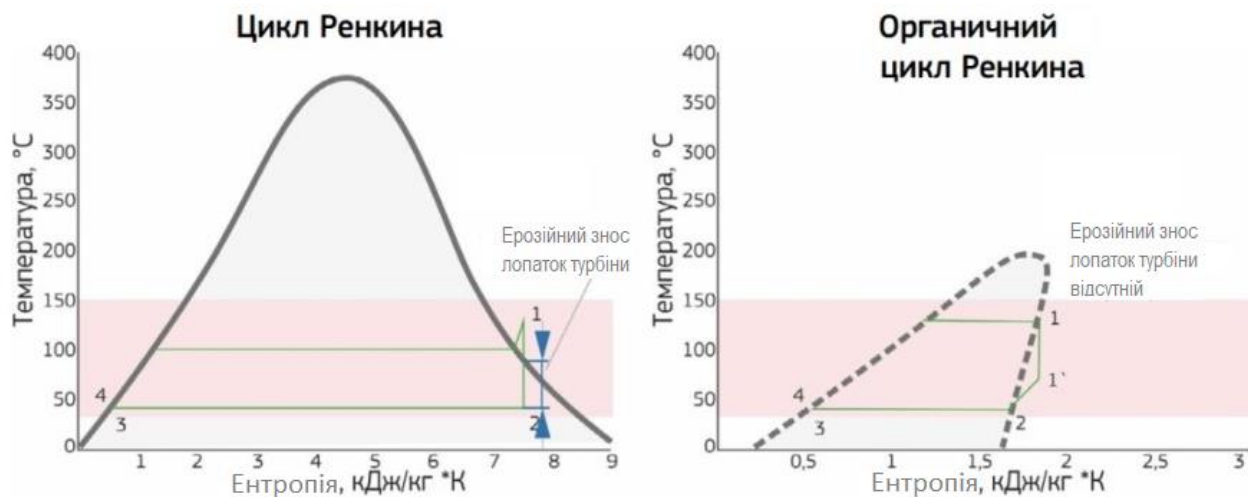


Рисунок 1 – Ентропія циклу Ренкина та органічного циклу Ренкина.

Термоолія (або друга НРТ), яка використовується в первинному контурі такої системи, стійка до високих температур, а потім нагрівається не вище 280-310 °С при роботі на різних джерелах тепла. Завдяки цьому ORC-технології здатні виробляти електроенергію, використовуючи вторинне тепло від багатьох промислових процесів.

До того ж процес Ренкина має особливості, що дозволяють знизити ерозію та знос обладнання:

- процес спрацьовування пари знаходиться в області сухої пари;
- конденсація НРТ відбувається за тиску вище атмосферного.

Джерелами тепла для власної ORC-генерації можуть стати пара, вода, гази ГТУ, що йдуть, і котлів з температурою від 85 до 500 °С:

- Відпрацьовані гази плавильних печей у металургії, скляній промисловості та виробництві цементу.
- Гази, що відходять від установок утилізації відходів.
- Вихлопні гази двигунів.
- Пар, вода чи інші води з охолодних контурів на промислових виробництвах.

Різноманітність можливих джерел тепла робить цю технологію доступною та економічно привабливою для широкого кола галузей, де будівництво власної міні-ТЕЦ із застосуванням електрогенеруючих установок на базі ORC-циклу може стати чудовою альтернативою або доповненням до традиційного енергопостачання.

Розглянемо, у чому переваги виробітку ORC-генерації з її «традиційним конкурентом» – паротурбінною технологією.

Ефективність.

ORC-модулі мають більш високий порівняно з традиційними паровими турбогенераторами електричний КПД, у тому числі на змінних режимах роботи, і високий відносний внутрішній КПД турбіни (до 85 %); широкий діапазон регулювання: 10-100% забезпечує можливість гнучкості в експлуатації та відмінну роботу при частковому завантаженні.

Оснащення системи та експлуатація.

Паротурбінова електростанція – складна система з великою кількістю допоміжного обладнання: системами водопідготовки, охолодження, численними насосами та розгалуженою мережею трубопроводів. Пуск та експлуатація обладнання пов'язані з великою кількістю ручних операцій, а, отже, і значними витратами на обслуговуючий персонал та високим ризиком помилок в управлінні.

Схема ORC-установки значно простіше, тому її запуск та зупинка не вимагають спеціальної підготовки, а робота в автоматичному режимі виключає необхідність у присутності оператора, забезпечуючи більшу надійність при менших витратах на персонал (тимчасові витрати на технічне обслуговування системи становлять 5-6 годин на тиждень).

Строк служби.

Термін служби ORC-установок – 25 років та більше. Досягається він за рахунок:

- Застосування неагресивних органічних рідин, що знижують ризик корозії.
- Конструктивні особливості (невелика механічна напруга турбіни внаслідок низької окружної швидкості; відсутність редуктора між турбіною та генератором).
- Роботи при нижчих тисках та температурах.

Вартість та впровадження.

Вибираючи ORC-технологію, підприємство може суттєво скоротити бюджет та термін реалізації проекту порівняно з впровадженням енергоцентру на базі паротурбінних технологій:

- склад обладнання, довжина трубопроводів та кількість регулюючої та запірної арматури на ORC-установці значно менша, ніж на паротурбінній;
- за рахунок розміщення на відкритому повітрі виключаються витрати на будівництво будівлі;
- більшість виробників реалізує ORC-об'єкти з модулів високого ступеня заводської готовності, що суттєво скорочує час на БМР.

Згадавши витрати, не можна залишити без уваги економіку проектів у сфері ORC-генерації.

Бюджет їх визначають відразу кількох факторів:

- встановлена електрична потужність;
- комплектація системи (наявність градирні, рекуператора, АСУ ТП тощо);
- використовувана технологія утилізації тепла та вид НРТ.

А економічна доцільність переважно залежить від:

- підключеного теплового та електричного навантаження, графіків їх споживання;
- доступного виду палива;
- регіональних тарифів на електроенергію та тепло.

У світовій практиці широкого поширення ORC-генерація набула на підприємствах скляної промисловості, металургійних, цементних заводах, деревообробних підприємствах. Причому, що цікаво, ORC-установки сьогодні все частіше вибирають навіть там, де основні теплові процеси побудовані з

використанням паросилового обладнання. В Україні випадки впровадження цієї технології поки що поодинокі, але з огляду на світову тенденцію та галузеву структуру промисловості в недалекій перспективі можна прогнозувати, що найближчим часом після війни ми станемо очевидцями активного розвитку ОРС-генерації, а першопрохідниками стануть енергоємні металургія та нафтопереробка.

Науковий консультант: Красніков С.В., доц. каф. Деталей машин і теорії механізмів і машин

Губарьков Олексій, ст. гр. АА-21мб-22
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

СИСТЕМА ВІДВЕДЕННЯ ПРОДУКТІВ ЗГОРЯННЯ ПРИ РІЗЦІ ТА ГРАВІЮВАННІ З ВИКОРИСТАННЯМ МАЛОПОТУЖНОГО ЛАЗЕРА

Лазери знайшли дуже широке розповсюдження. Вони можуть використовуватись у спеціальних датчиках контролю, в дальномірах, для передачі інформації (оптоволоконний інтернет), медицині (лазерний ніж, лазерна корекція зору) і звісно завдяки високій щільності енергії вони широко застосовуються в обробці матеріалів.

Лазери у промисловості використовуються для розкрою матеріалу, гравіювання, зварювання, поверхневої термообробки, зняття покриттів, в згинальних верстатах та у пристроях адитивного виробництва.

Основними перевагами лазерної обробки матеріалів є:

- висока точність та контрольованість процесу, що дозволяє створювати складні геометричні форми та вирізати деталі з максимальною акуратністю;
- незначна деформація матеріалу в процесі обробки;
- велике різноманіття оброблюваних матеріалів;
- відсутність фізичного контакту з матеріалом, що зменшує знос обладнання та забезпечує тривалий термін служби верстатів.

В залежності від активного середовища, що використовується, виділяють газові лазери, напівпровідникові лазери (лазерні діоди), рідинні лазери, твердотільні лазери, волоконні лазери.

Серед названих особливої уваги заслуговують напівпровідникові лазери. Наряду з волоконними лазерами вони мають високу ефективність перетворення енергії (20-40%) і вирізняються компактністю та простотою будови, що в свою чергу обумовило їх доступність. На основі таких модулів розроблена значна кількість верстатів з ЧПУ для лазерного розкрою, гравіювання та маркування (рис.1).

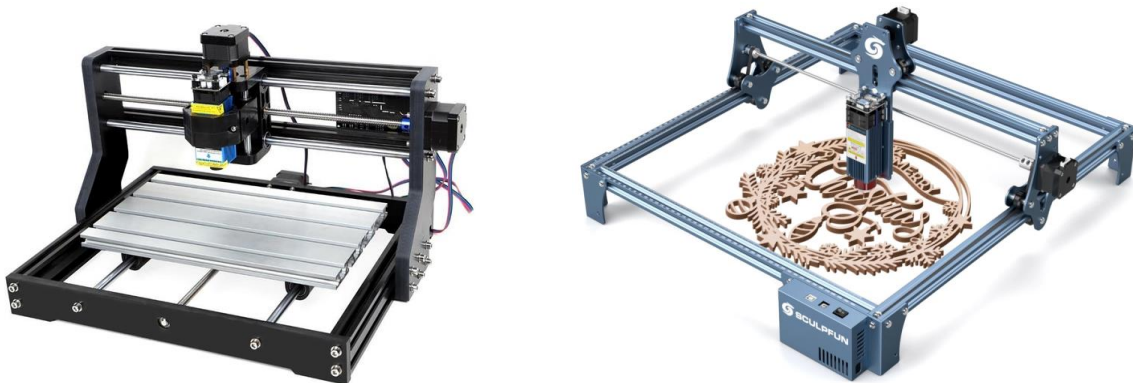


Рис.1. Приклади конструктивної реалізації ЧПУ верстатів з лазерним модулем.

В процесі роботи лазера під дією високої температури відбувається руйнування оброблюваного матеріалу з утворенням хмари летючих речовин. Наявність такої хмари у проміжку між лінзою лазерного модуля та оброблюваною поверхнею веде до розфокусування та заломлення променя і, як наслідок, виникнення дефектів на оброблюваній поверхні. Крім того продукти згоряння можуть осідати на лінзі та затьмарювати її, що призведе до зниження оптичної потужності і додаткового нагріву модуля. Щоб уникнути згаданих негативних явищ рекомендується забезпечувати примусову циркуляцію повітря (рис. 2). Професійні лазерні модулі з оптичною потужністю від 5Вт комплектуються відповідними соплами (рис. 3) для організації примусової циркуляції повітря. Пристрій, що буде забезпечувати таку циркуляцію до стандартної комплектації не входить.

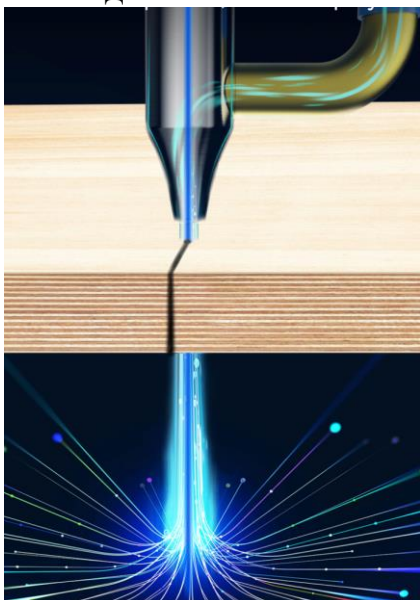


Рис. 2. Примусова циркуляція повітря при лазерній різці



Рис. 3. Лазерний модуль LT-40W-AA з оптичною потужністю 5Вт

Вартість спеціалізованих компресорів (рис. 4) співставна із вартістю самого лазерного модуля з оптичною потужністю 5Вт. Тому було запропоновано використати альтернативний пристрій для забезпечення примусової циркуляції

повітря на базі відцентрового вентилятора Nidec 20N704R310 (рис. 5), вартість якого становить приблизно 1/8 вартості лазерного модуля LT-40W-AA.



Рис. 4. Спеціалізований компресор для примусової циркуляції повітря

Для з'єднання вихідного отвору вентилятора із соплом лазерного модуля було використано гнучку трубу із внутрішнім діаметром 6 мм, при цьому для під'єднання труби до вентилятора було спроектовано та виготовлено на 3D-принтері відповідний перехідник (рис. 6).

Додатково для регулювання частоти обертання валу вентилятора було встановлено ШІМ-контролер.

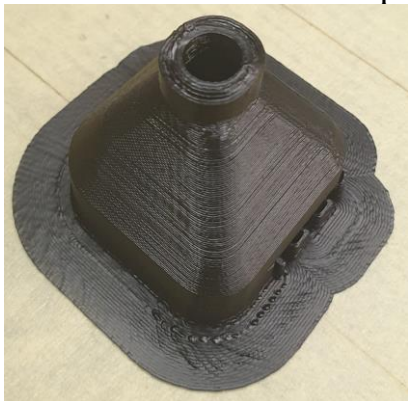


Рис. 6. Перехідник для під'єднання гнучкої труби до вентилятора

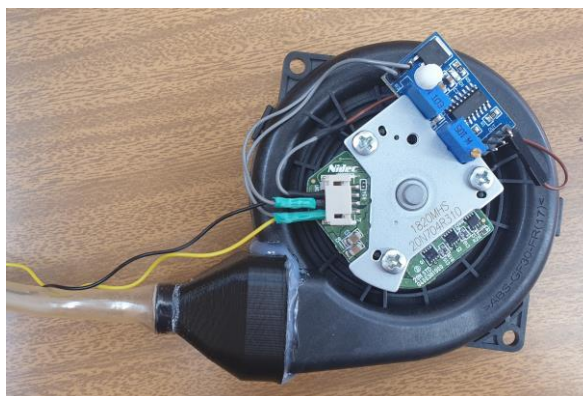


Рис. 7. Вентилятор із встановленим перехідником, гнучкою трубою та регулятором обертів

Ефективність використання пропонованого нагнітача було перевірено в режимі гравіювання та різки. На рис. 8 представлено результат обробки картону за потужності лазера 0,5 Вт та подачі 500 мм/хв. Як видно з рисунку використання примусової циркуляції повітря сприяє якості гравіювання.

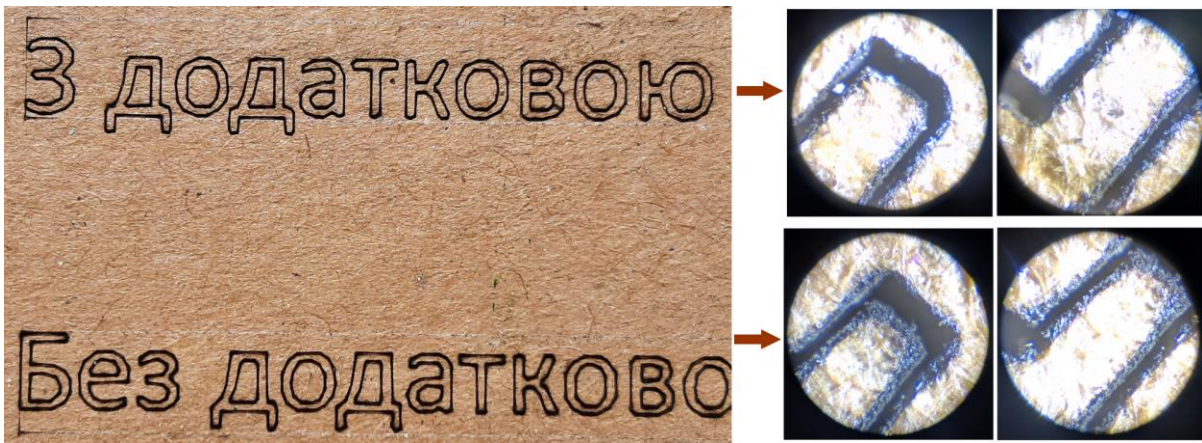


Рис. 8. Результат гравіювання

На рис. 9 та 10 представлено результати обробки заготовки з деревини товщиною 10 мм за потужності лазера 5 Вт та подачі 20 мм/хв.

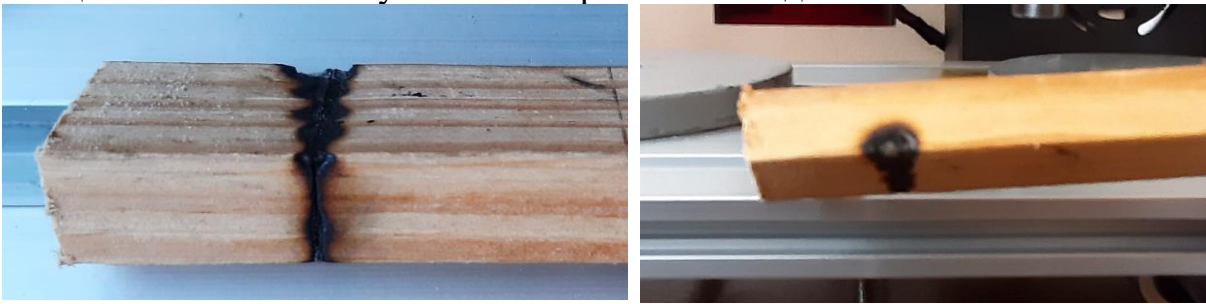


Рис. 9. Результат лазерної обробки без використання примусової циркуляції повітря

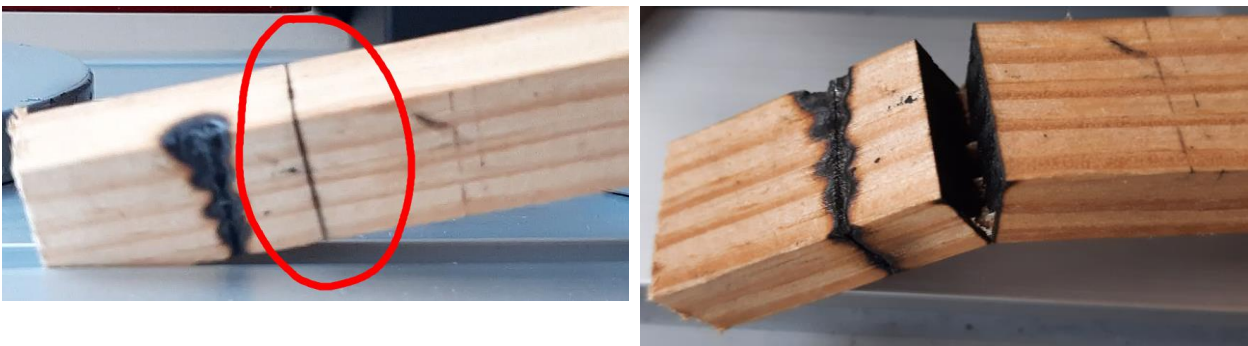


Рис. 10. Результат лазерної обробки з використанням примусової циркуляції повітря

Аналізуючи рис. 9 та 10, можна зробити висновок, що запропонований пристрій для видалення продуктів розпаду матеріалу є ефективним при лазерній різці деревини. Застосування такого пристрою дозволило отримати чистий різ та за один прохід виконати майже наскрізний різ заготовки з деревини товщиною 10 мм. В той же час відсутність примусової циркуляції повітря не дозволяє виконати різання через значне розфокусування та заломлення лазерного променя у середовищі хмари летючих продуктів розпаду матеріалу.

Незважаючи на ефективність та відносну дешевизну пропонованої конструкції, слід також відмітити, відносно високий рівень шуму при роботі, який в той же

час залежить від частоти обертання ротора вентилятора. Тому окремий інтерес представляє дослідження якості лазерної обробки в залежності від частоти обертання ротора, а також дослідження якості лазерної обробки інших матеріалів.

Література

1. <https://lasergrbl.com>
2. <https://github.com/gnea/grbl/wiki>

Науковий консультант: *Єгоров П. А., доц. каф. деталей машин та ТММ*

Пивовар Дмитро Олегович, студент групи АА-31-21

Шарапата А.С., доцент

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ОСОБЛИВОСТІ МОДЕЛЮВАННЯ БАЗОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ КОРПУСІВ РЕДУКТОРІВ У INVENTOR

Анотація: Корпус редуктора – найбільш складна деталь і під час моделювання виникають складності і питання при прийнятті конструктивних рішень, а також у використанні інструментів і алгоритмів створення тривимірної моделі деталі. Необхідно розробити алгоритм, способи, прийоми з підвищення ефективності тривимірного моделювання корпусу двоступеневого циліндричного редуктора за кінематичною схемою для спрощення процедури моделювання і скорочення часу на виконання моделі, а також запропонувати способи діагностування помилок. Використовується практичний досвід і напрацювання в класичних технологіях виготовлення корпусів механічних редукторів за допомогою лиття і сучасні технології механічної обробки деталей. Для виконання 3D моделі деталі і перевірки роботи алгоритма використовується Inventor – програмне забезпечення від компанії Autodesk [1]. Розроблений алгоритм і запропоновані способи підвищення ефективності моделювання корпусу в короткий термін, забезпечена варіативність елементів конструкції простим і швидким шляхом.

Мета і завдання: розробити ефективний алгоритм створення тривимірної моделі корпусу редуктора, який враховуватиме властивості симетричності конструктивних елементів деталі, забезпечить уклон нижньої стінки, створить нижній фланець з посиленням уклоном, створить верхній фланець, опори і бобишки та кріпильні отвори.

Побудова основної частини корпусу

В даній роботі ми розглянемо особливості тривимірного моделювання корпусу двоступеневого циліндричного редуктора за розгорнутою схемою згідно кінематичної схеми, яка зображена на рис. 1,а. На рис. 1,б,в,г показані варіанти реальних, виготовлених редукторів. Корпуси редукторів на наш погляд

найбільш складні елементи зубчастих редукторів. Перед моделюванням потрібно ретельно ознайомитися з конструкцією корпусу і спробувати скласти певну послідовність побудови ескізів з використанням засобів тривимірного моделювання і з урахуванням наявних симетричних елементів конструкції редуктора. У редукторі, що розглядається ми маємо такі симетричні конструктивні елементи і можемо позначити площину симетрії червоною лінією (рис. 1,а).

Це в подальшому дуже допоможе скоротити час на моделювання, спростить внесення конструктивних змін, підвищить рівень технологічності моделі, допоможе суттєво скоротити кількість помилок, в двічі скоротить кількість елементів в дереві побудов. Але послідовність побудов конструктивних елементів треба спланувати так, щоб спочатку побудувати елементи з симетрією, а потім після віддзеркалення усієї деталі (усіх попередніх елементів) можна додавати елементи, які не мають властивостей симетрії. Складання плану допомагає спростити процедуру віддзеркалення в частині вибору конструктивних елементів. У разі, якщо в нас побудовані тільки ті конструктивні елементи, які потрібно віддзеркалити, ми маємо можливість обрати режим «віддзеркалити усі попередні елементи». Це також, крім того, дає можливість бачити два види корпусу: з віддзеркаленням і без нього.

Перед моделюванням були виконані відповідні розрахунки з вибору електродвигуна і розрахунки передач за методиками наданими у [2-4], а також враховані рекомендації надані у іноземних виданнях [5-8]. Геометричні розрахунки корпусу редуктора виконані за методиками і рекомендаціями наданими в [2].

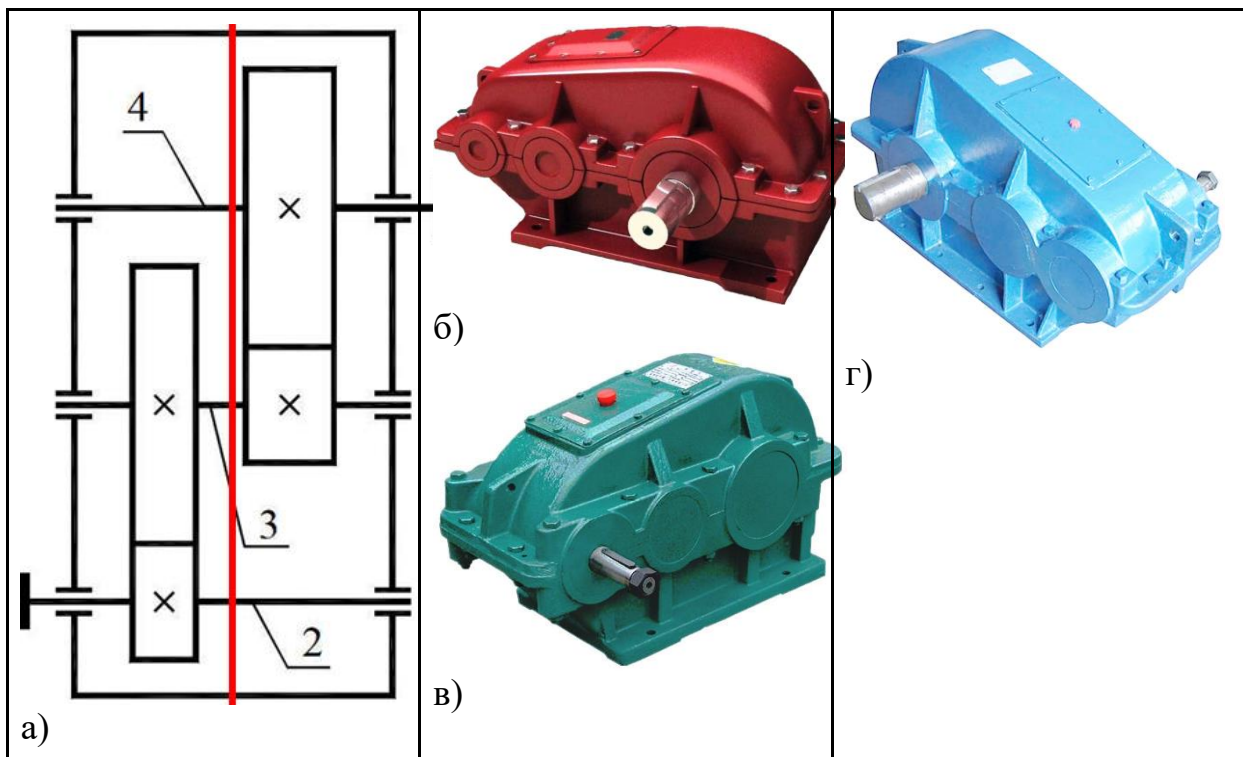


Рисунок 1 – Циліндричний двоступеневий редуктор

а – кінематична схема; б, в, г – варіанти виготовлення редуктора

На рис. 2 показано перший ескіз, з якого ми радимо починати побудову корпусу циліндричного двоступеневого редуктора згідно розгорнутої схеми. Цей ескіз розташований в площині симетрії корпусу.

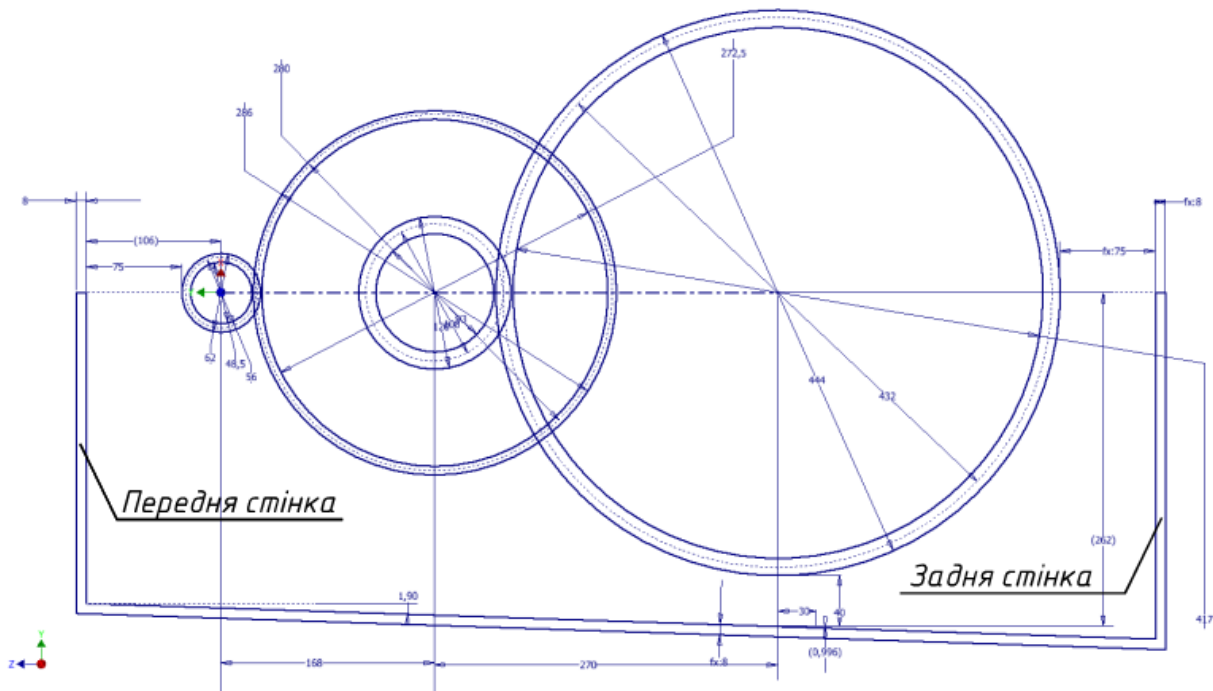


Рисунок 2 – Перший ескіз

На цьому рисунку ми бачимо, з першого погляду, достатньо складний ескіз. Але слід сказати, що тут треба відокремлювати дві частини. Перша частина – це 12 окружностей певних радіусів і розташованих в певних місцях, які обумовлені наявністю в редукторі двох послідовних циліндричних зубчастих передач. А друга частина – це елемент у вигляді перевернутої літери П, яка означає передню і задню стінки редуктора, а також нижню стінку редуктора з уклоном.

Починаючи саме з цього ескізу (рис. 2) ми можемо перевірити точність і правильність геометричних розрахунків зубчастих зачеплень, врахувати симетричність редуктора відносно поздовжньої вертикальної площини (рис. 1,а), вказати у першому наближенні довжину внутрішньої порожнини редуктора і виконати нижню стінку редуктора з уклоном для злива мастила і для влаштування природної вентиляції завдяки конструктивним особливостям. У разі впевненості в розрахунках можна оменувати першу частину.

На рис. 3 і 4 показаний результат вичавлення ескізу (рис. 2) з різних сторін.

Наступним кроком ми пропонуємо зробити нижній фланець корпусу редуктора. Цей елемент конструкції можна виконати за допомогою вичавлення ескізу, який зображений на рис. 5. Цей ескіз складніший за другу частину у попередньому і потребує підвищеної уваги з боку розробника для створення замкненого контуру, накладання всіх геометричних і розмірних залежностей.

Результати створення нижнього фланця корпусу редуктора ми можемо бачити на рис. 6.

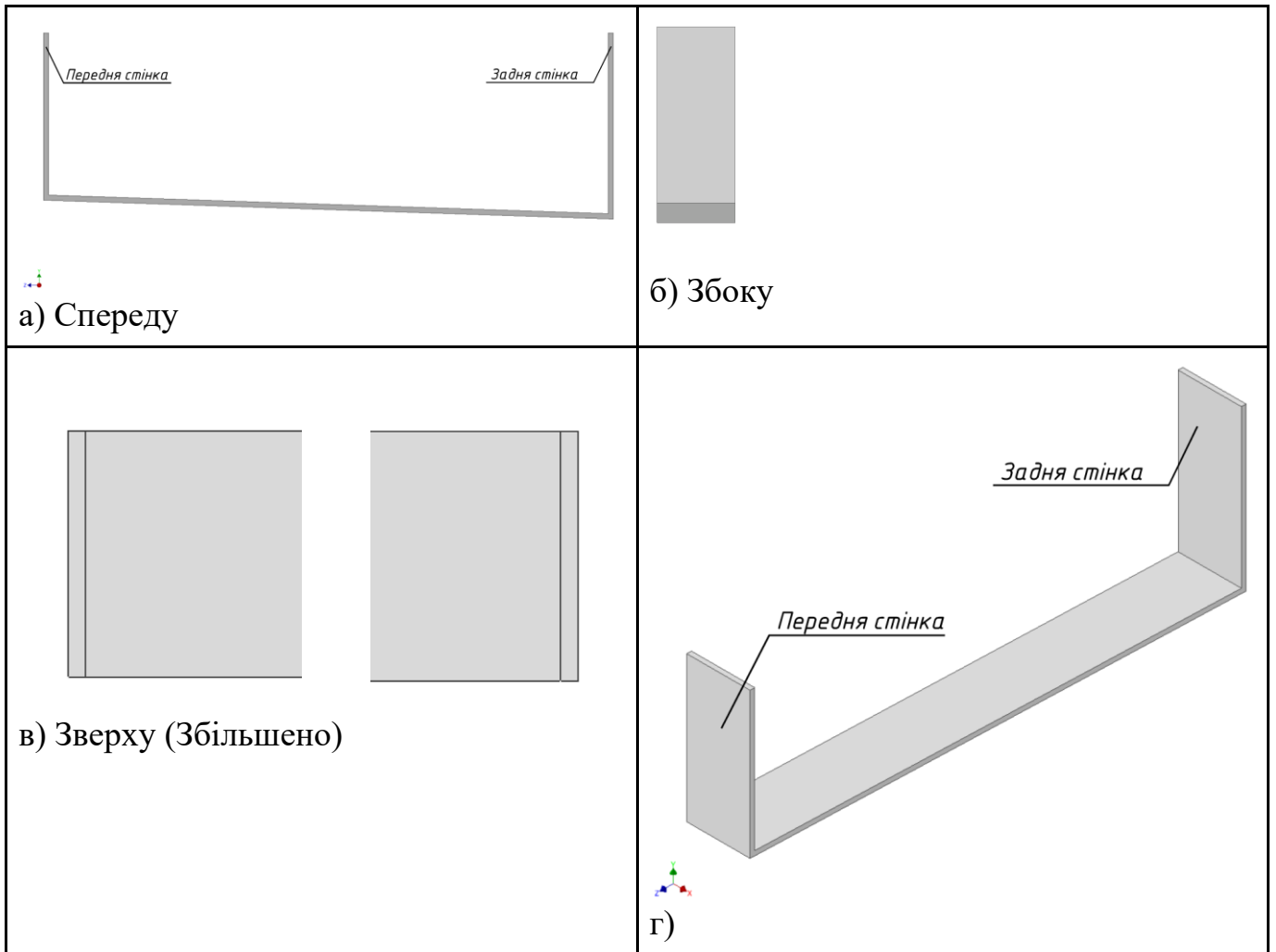


Рисунок 3 – Результат вичавлення першого ескізу

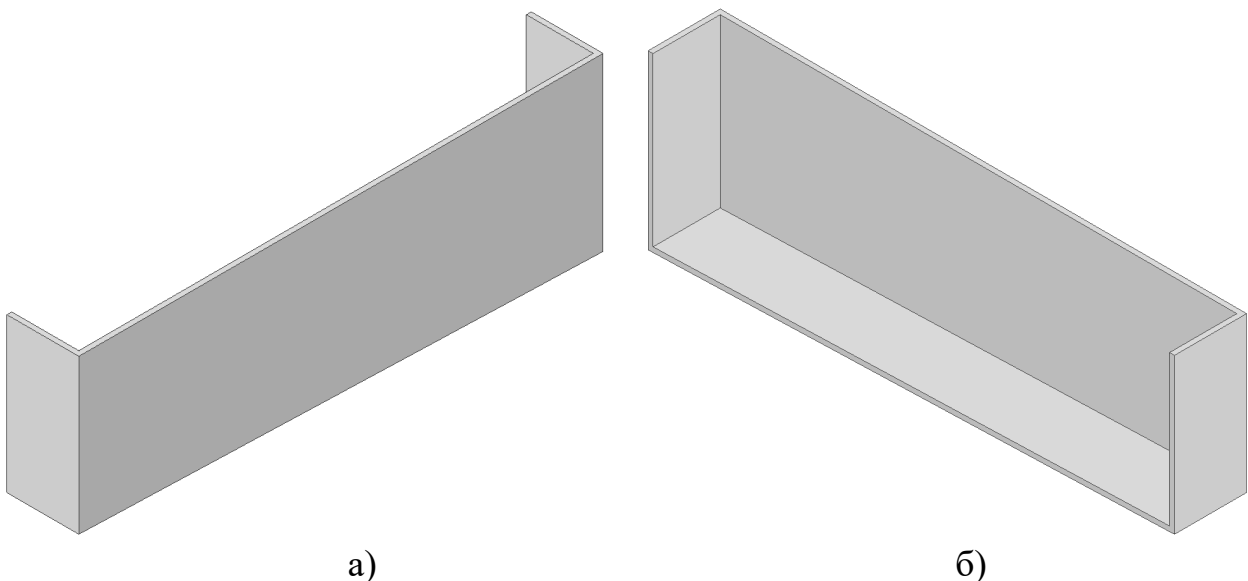


Рисунок 4 – Результат створення бокової вертикальної стінки

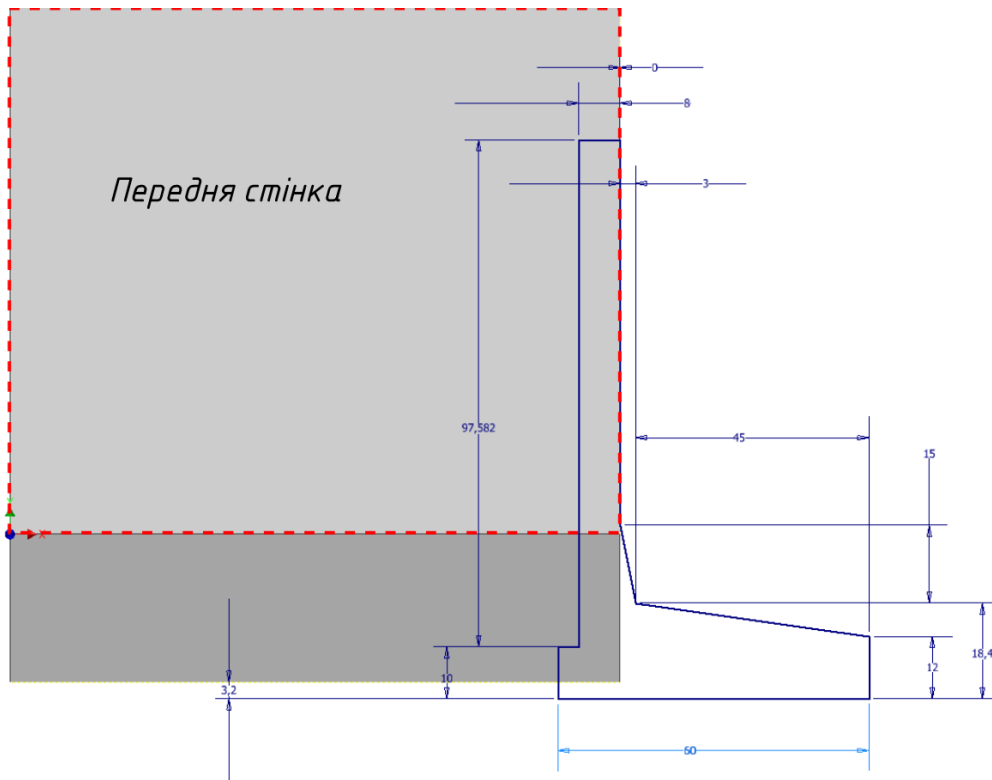


Рисунок 5 – Ескіз нижнього фланця

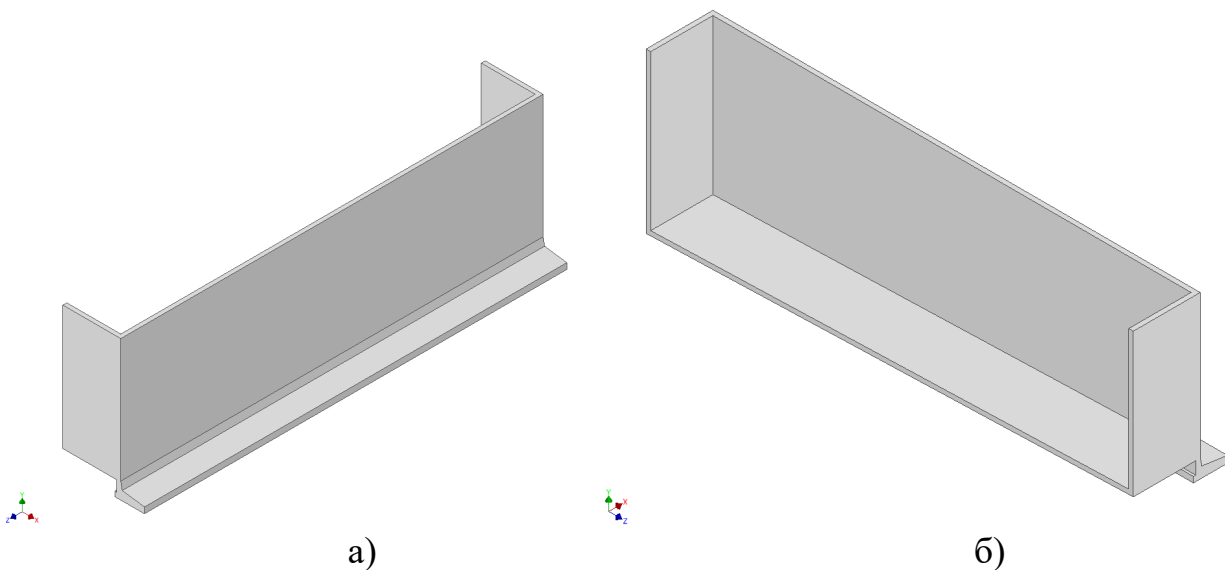


Рисунок 6 – Нижній фланець

На рис. 6,а і б ми вже можемо бачити ледь помітний, небажаний, конструктивний артефакт у нижній частині на стику стінки редуктора і фланця. У разі уклону нижньої стінки корпусу нам ніяк не вдалося запобігти виникненню цього артефакту, якщо розраховувати геометричні параметри за стандартними методиками. Він може з'явитися або назовні редуктора або в середині. Але в будь якому разі цей артефакт можна усунути вичавлюванням або вирізанням відповідно.

Логічна схема алгоритму послідовності побудови конструктивних елементів корпусу редуктора зображена на рис. 7. Ця схема запропонована на основі багаторічного досвіду моделювання корпусів редукторів при викладанні дисципліни «Деталі машин».

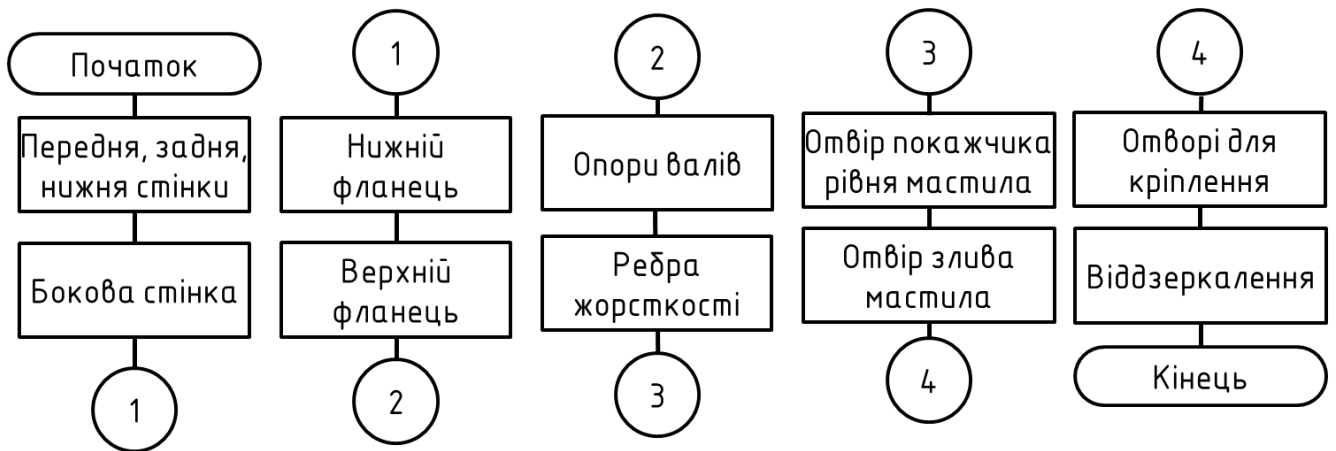


Рисунок 7 – Структурна схема алгоритму створення корпусу

Побудова верхнього фланця

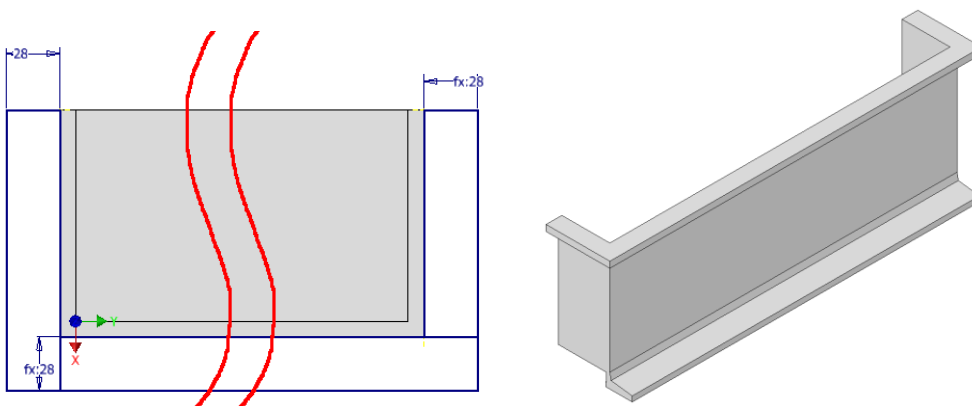


Рисунок 8 – Верхній фланець корпусу

Далі можемо створити простий конструктивний елемент – верхній фланець корпусу редуктора. Відповідний ескіз і результат показані на рис. 8.

Ось таким послідовним нашаровуванням конструктивних елементів за запропонованим алгоритмом ми досягаємо нашої мети на рис. 9.

На рис. 9,а видно зображення готової тривимірної моделі корпусу редуктора. Можна побачити нижній фланець з посиленням уклоном і місця отворів для кріплення корпусу фундаментними болтами до рами тощо. У верхній частині зображення ми бачимо верхній фланець з конструктивними корпусними елементами, бобишками і отворами для опор валів та отворами для кріплення кришки корпусу і кришок підшипників до корпусу.

На рис. 9,б ми бачимо частину корпусних елементів редуктора, яка зрештою віддзеркалюється відносно вертикальної поздовжньої площини для

утворення повної замкненої конструкції корпусу і внутрішньої його порожнини.

На рис. 9,в на задній стінці ми можемо бачити більший отвір для кріплення корпусу покажчика рівня мастила і знизу невеличкий отвір для злива масла.

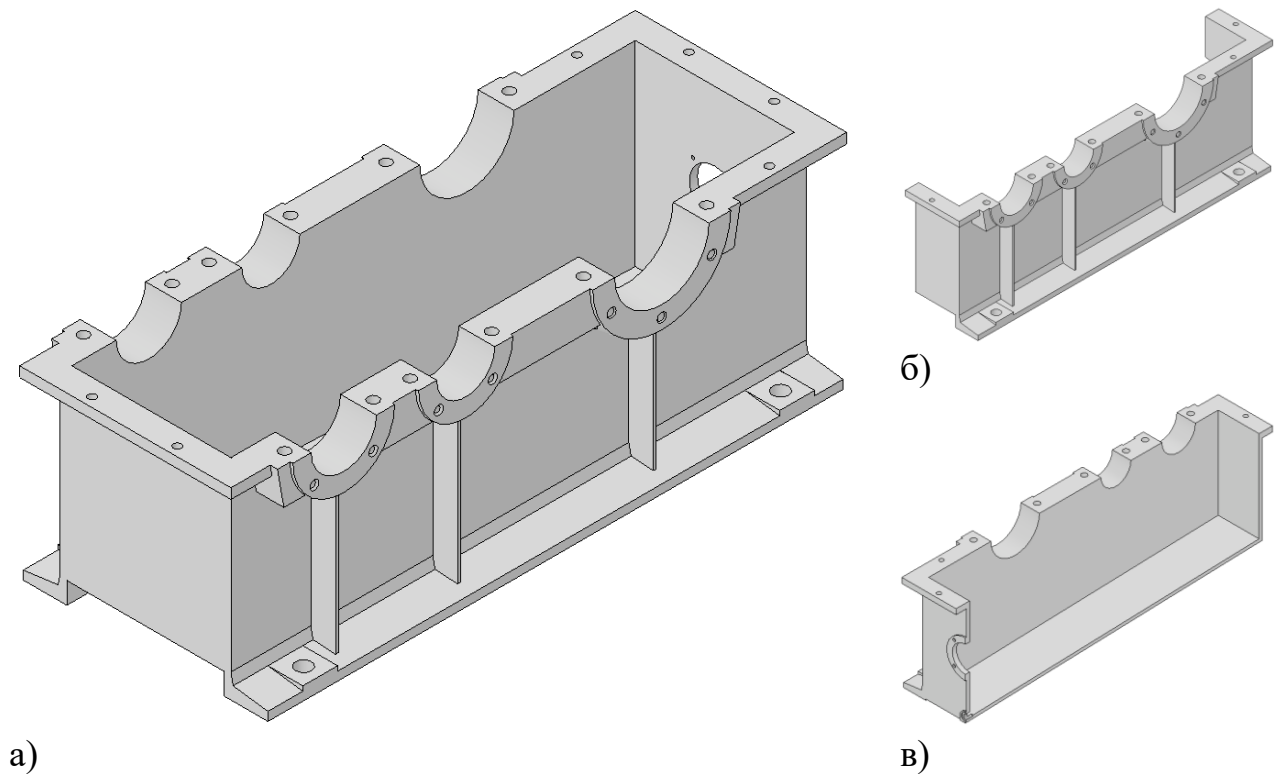


Рисунок 9 – Готовий корпус редуктора

a – корпус редуктора; *б* – базова частина корпусу; *в* – симетрична частина корпусу

Далі покажемо приклад використання інструменту «переріз деталі» для аналізу наближення отворів кришок підшипників і отворів у бобишках (рис. 10). Це допомагає проаналізувати відстань між отворами і уникнути їх сполученню.

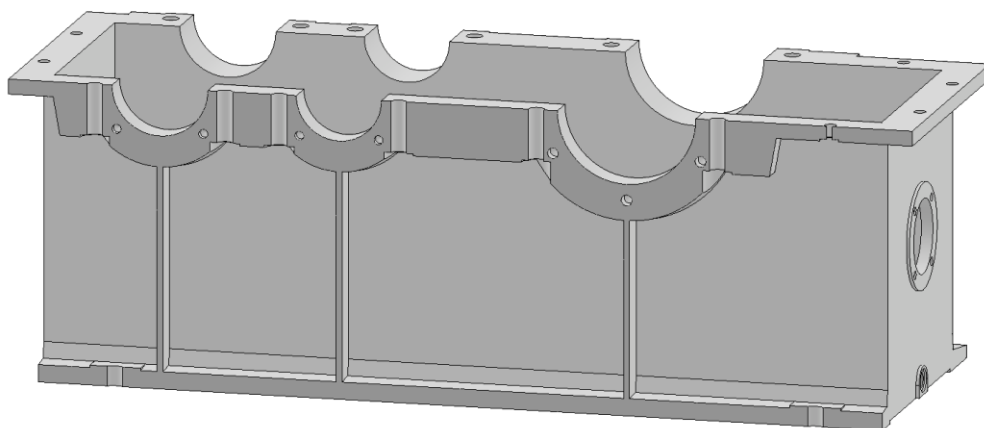


Рисунок 10 – Аналіз наближення отворів кришок підшипників і отворів у бобишках

Висновок

Створений алгоритм тривимірного моделювання (рис. 7) і сама модель корпусу циліндричного двоступеневого редуктора (рис. 9,а). Запропоновані способи і прийоми скорочення часу моделювання і спрощення процедури моделювання. Врахована симетричність елементів конструкції корпусу, а також запропонований спосіб створення віддзеркалення і подальшого його використання. Забезпечений уклон нижньої стінки редуктора (рис. 2, рис. 3,а). Створений нижній фланець з посиленням уклоном і запропонований спосіб усунення небажаних артефактів (рис. 5 і 6). У верхній частині корпусу створені: верхній фланець, корпусні конструкції опор і бобишок для валів (рис. 8, 9 і 10). Назовні створені ребра жорсткості (рис. 9,а,б і 10). На задній стінці створені отвори: для злива масла і монтажу покажчика рівня масла (рис. 9,в і 10). Також проведений аналіз перетинання отворів кріплення корпусу і отворів кріплення кришок підшипників (рис. 10).

Таким чином ми досягли не тільки поставленої мети і виконали завдання, а і показали, що тривимірне моделювання допомагає студентам у створенні, вивченні і аналізі будови деталей складної форми, в пошуку і усуненні розрахункових, конструктивних помилок і помилок моделювання.

Література

1. Autodesk | 3D Design, Engineering Construction Software : веб-сайт. URL: <https://www.autodesk.com/> (дата звернення: 25.03.2024)
2. Курмаз Л. В. (2010) Основи конструювання деталей машин. Kurmaz L. V. (2010) Osnovy konstruyuvannya detaley mashyn [Fundamentals of designing machine parts]
3. Момот Д. І., Шарапата А. С. Передачі зачепленням. Розрахунок на міцність. Харків, ХНАДУ, 2007, 183 с.
4. Бучинський М. Я., Горик О. В., Чернявський А. М., Яхін С. В. Основи творення машин / [За редакцією О.В. Горика, доктора технічних наук, професора, заслуженого працівника народної освіти України]. – Харків : Вид-во «НТМТ», 2017. — 448 с.
5. Farag M. M. Materials and process selection for engineering design. – CRC Press, 2020.
6. Wickert J., Lewis K. An introduction to mechanical engineering. – Cengage Learning, 2020.
7. Robert C., JUVINALL M., KURT M. FUNDAMENTALS OF MACHINE COMPONENT DESIGN. – John Wiley & Sons, 2019.
8. Ugural A. C., Chung Y., Ugural E. A. Mechanical design of machine components: SI version. – Taylor & Francis, 2018.

Саркісов Сергій, студент групи Д-12-23
Саркісов Микола, студент групи Д-12-23
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ВИКОРИСТАННЯ ВАНТОВИХ КОНСТРУКЦІЙ ПРИ БУДІВНИЦТВІ МОСТІВ

Від початку повномасштабної війни в Україні зруйновано 346 мостів, майже половина з них – на дорогах державного значення. Найбільше постраждали переправи на території Київської, Чернігівської, Херсонської, Сумської, Харківської, Миколаївської та Донецької областей. Відбудова на цих територіях почалась у 2022 році. Деякі об'єкти потребували капітального ремонту, ще частину вдалось реконструювати або встановити там тимчасові переправи. Деякі мости нині відбудувати неможливо – через близькість до лінії фронту [1].

Міст – це споруда, яка призначена для перетину природних або штучних перешкод, таких як річки, озера, долини, дороги, залізниці, або інші водоймища та простори. Основна функція моста полягає в забезпеченні шляху для транспортних засобів (автомобілів, поїздів, пішоходів) з одного берега на інший.

Мости мають важливе значення у різних аспектах суспільного життя та розвитку, як стратегічні об'єкти для країни, зокрема це:

– забезпечення зв'язку – мости забезпечують зв'язок між різними районами, об'єктами та територіями, які розташовані по обидва береги водоймища або іншій перешкоді. Вони дозволяють людям, транспортним засобам та товарам легко та швидко перетинати ці перешкоди, що сприяє ефективному руху людей та розвитку економіки;

– розвиток транспортної інфраструктури – мости є важливою складовою транспортної інфраструктури. Вони дозволяють розвивати транспортні мережі, забезпечуючи зручний доступ до різних регіонів та об'єктів;

– економічний розвиток – мости сприяють розвитку економіки, стимулюючи торгівлю, туризм, розвиток місцевих галузей промисловості та послуг. Вони полегшують перевезення товарів та людей, що сприяє росту бізнесу та інвестицій;

– соціальна інтеграція – мости сприяють соціальній інтеграції, сприяючи спілкуванню та обміну між різними групами людей, регіонами та культурами. Вони забезпечують можливість для спільного життя, роботи та розвитку спільнот;

– безпека та зручність – мости дозволяють уникнути довгих об'їздів та скорочують час подорожі, що полегшує життя людей та поліпшує їхню якість життя. Крім того, вони сприяють зменшенню транспортних заторів та аварій, забезпечуючи безпечний та ефективний рух.

Отже, мости відіграють важливу роль у соціальному, економічному та культурному розвитку суспільства, забезпечуючи зв'язок, рух та інтеграцію між різними регіонами та спільнотами.

Мости можуть мати різні конструкції та форми, залежно від їхнього призначення, місцевих умов, матеріалів, доступних технологій та дизайну. Деякі основні типи мостів включають:

- аркові мости, які складаються з арки, яка підтримує мостову дорогу, зазвичай вони будуються з каменю або бетону.
- балкові мости мають прямокутні або прогнуті балки, які підтримують дорожню або залізничну платформу.
- пролетові мости складаються з пролетів, які покладені на опори та підтримують дорожню або залізничну платформу.
- вантові мости мають один або кілька вантів (або кабельних стрижнів), які простягаються від опори до опори і підтримують мостову дорогу.
- ланцюгові мости, які складаються з ланцюгів, які підтримують мостову дорогу, зазвичай вони будуються зі сталі.

Розглянемо більш детально особливості використання вантових конструкцій при будівництві мостів.

Вантові конструкції – це форма інженерних споруд, що складаються з вантів або кабельних стрижнів, які підтримують та утримують мостову платформу, дорожню або залізничну дорогу. Основна риса вантових конструкцій полягає в тому, що вони простягаються від опори до опори, утримуючи мостову споруду у повітрі.

Використання вантових конструкцій є дуже поширеним при будівництві мостів, оскільки ці конструкції мають кілька переваг:

- висока міцність і стабільність. Вантові конструкції здатні переносити великі навантаження, оскільки вони базуються на принципі розподілу сил. Це робить їх ідеальними для будівництва мостів, які перетинають широкі водні корпуси або об'єкти з великою кількістю транспортних засобів;
- естетичний вигляд. Вантові мости мають естетичний вигляд і можуть бути використані для створення вражаючих архітектурних споруд. Їх граційність та легкість вигляду роблять їх популярними серед дизайнерів.
- економія матеріалів. Вантові мости можуть бути побудовані з використанням меншої кількості матеріалів порівняно з іншими типами мостів. Це робить їх більш економічними та придатними для будівництва на великі відстані.
- швидкість будівництва. Будівництво вантових мостів може бути швидшим і ефективнішим порівняно з іншими типами мостів, оскільки вони можуть бути збудовані за допомогою передових технологій і механізмів монтажу.
- можливість пристосування до різних умов. Вантові мости можуть бути спроектовані і побудовані з урахуванням різних умов експлуатації, таких як сейсмічна активність або погодні умови.

Загалом, вантові конструкції є ефективним та надійним вибором для будівництва мостів, які вимагають перетину великих просторів та навантажень (рис. 1).

Вантові мости можуть мати різні форми та конфігурації, в залежності від специфіки проекту, архітектурних вимог та умов місцевості.

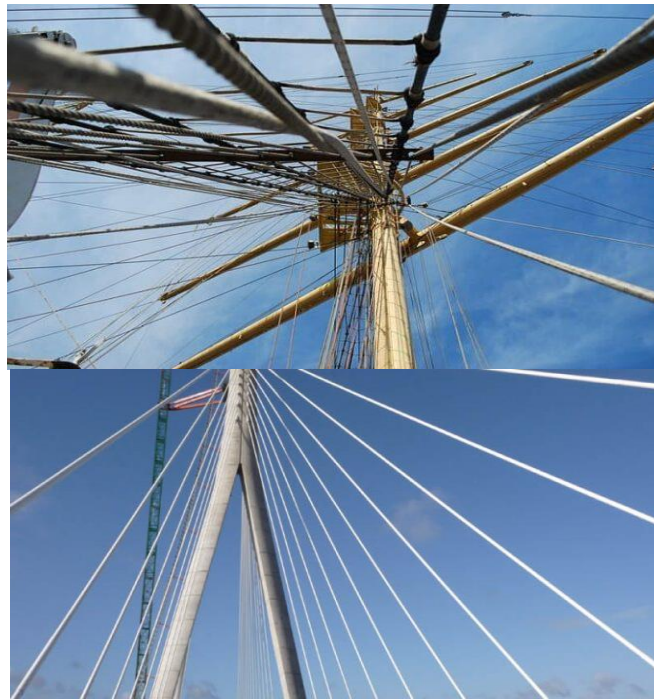


Рис. 1. Вантові конструкції

Основні компоненти вантової конструкції включають (рис. 2) [2]:

1. Ванти (кабельні стрижні) – це троси або кабелі, які простягаються від опори до опори та підтримують мостову платформу. Вони можуть бути виготовлені зі сталі, алюмінію або інших міцних матеріалів.
2. Опори (стовпи) – вертикальні структури, на яких встановлюються ванти. Опори можуть мати різні форми та розміри в залежності від архітектурного та інженерного дизайну моста.
3. Мостова платформа – частина моста, яка переносить дорожній або залізничний трафік. Вона може бути зведена зі сталевих балок, бетонних плит або інших матеріалів.
4. Підтримуюча конструкція – це додаткові елементи, які підтримують мостову платформу та забезпечують її міцність та стійкість. Вони можуть включати в себе балки, стійки, зварні частини та інші деталі.

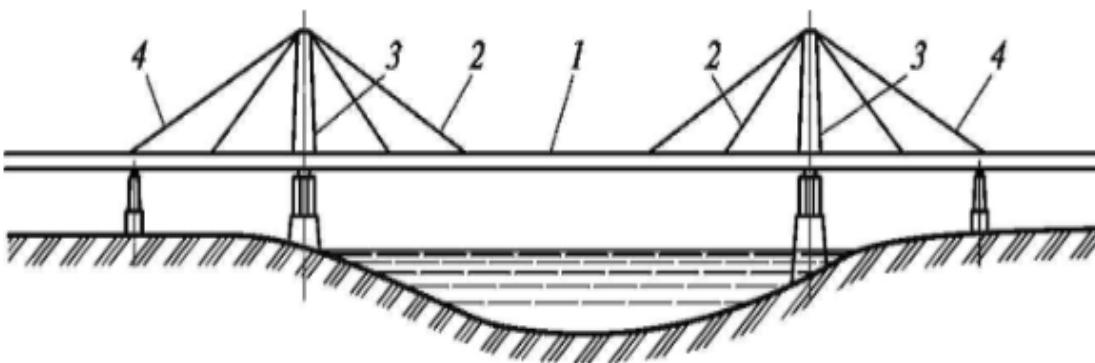


Рис. 2. Елементи вантового моста
(1 – балка жорсткості; 2 – ванта; 3 – пілон; 4 – крайня ванта)

Вантові конструкції часто використовують у будівництві мостів через їхню ефективність, міцність та естетичну привабливість (рис. 3). Вони дозволяють перетинати великі водні простори або глибокі ущелини, забезпечуючи швидкий та безпечний рух транспорту та людей.



Рис. 3. Вантовий міст у Києві

Вантовий міст – це тип моста, який складається з одного або декількох вантів (або кабельних стрижнів), що простягаються від опори до опори і підтримують дорожню або залізничну платформу. Основна ознака вантових мостів – це велика пролітність, що дозволяє їм перетинати великі водні простори або глибокі ущелини без потреби встановлення стовпів у воді або на дні ущелини (рис.4).



Рис. 4. Вантовий міст в Ризі в Латвії через Даугаву з прольотом 312 м
Основні компоненти вантового моста включають ванти (кабельні стрижні), які підтримують мостову платформу, опори (або стовпи), на яких встановлені ванти, і мостову платформу, яка переносить транспортні засоби або пішоходів. Вантові мости можуть мати різні конструкції і форми, включаючи прості вантові мости з одним вантом і складніші конструкції з декількома вантами і додатковими підтримками (рис. 5).

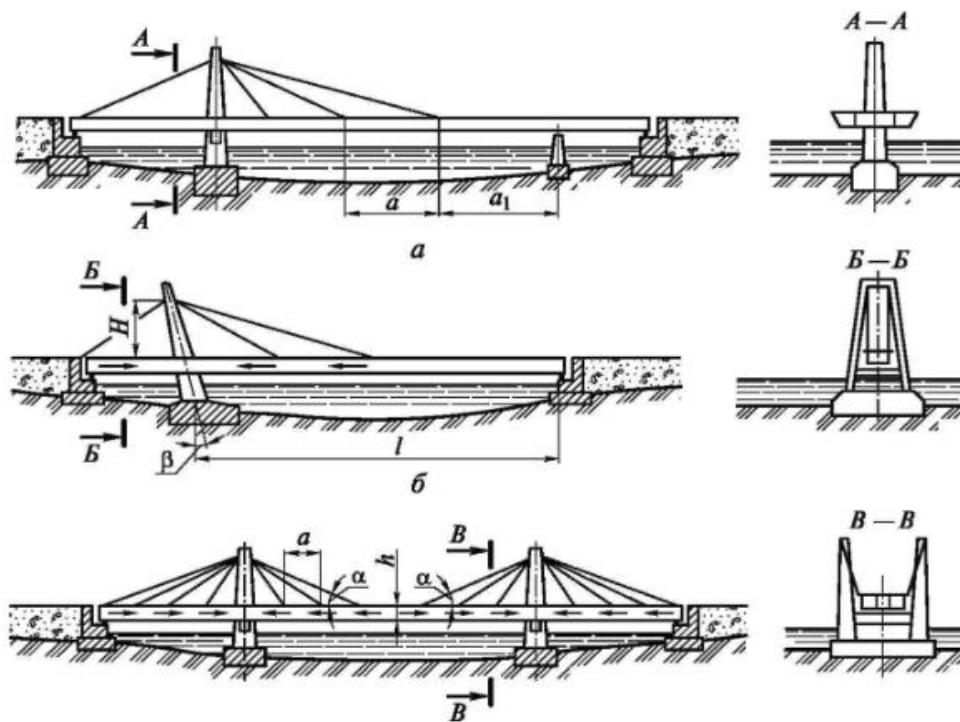


Рис. 5. Схеми вантових мостів розрізняють залежно від кількості пілонів, системи і кількості площин вант (з одним (а, б) і двома (в) пілонами) Вантові мости є дуже популярними через їхню велику пролітність, естетичний вигляд і високу міцність. Вони використовуються для перетину річок, проток, ущелин, а також для підвішення доріг і залізниць через великі водні простори (рис. 6).



Рис. 6. Вантовий міст Erasmus Bridge, Rotterdam

Конструктивні форми пілонів з двома і однією площинами вант представлено на рис. 7.

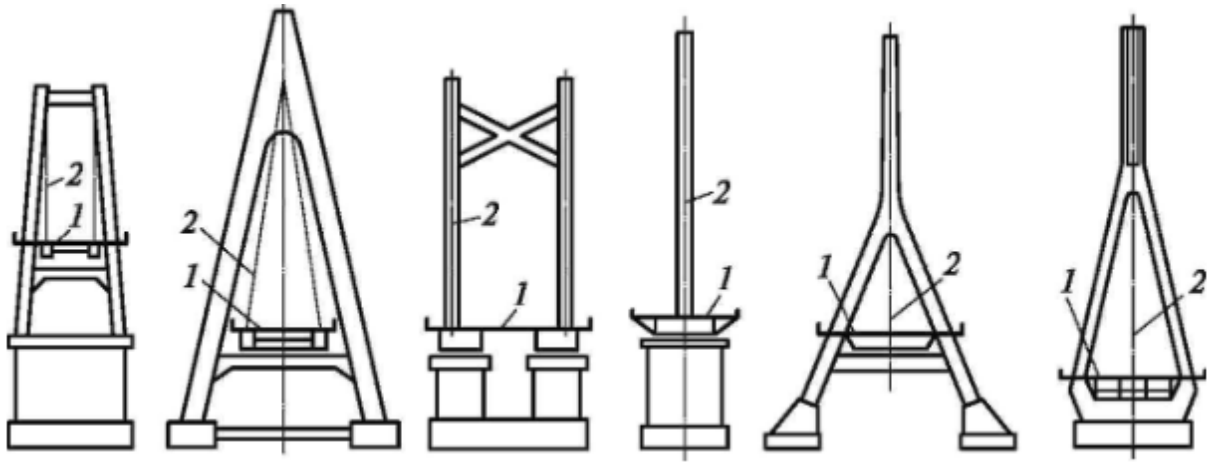


Рис. 7. Конструктивні форми пілонів
(1 – балка жорсткості; 2- площина розташування вант)

При розташуванні вант в двох площинах використовують П-подібні, А-подібні і двустійкові пілони, проїжджаюча частина розміщується між ними, а тротуари виносяться на консолі за площини вант.

Споруди з вант вражають уяву грандіозністю і масштабами (рис. 8), а також технічними характеристиками [3]:

- ✓ міцність і довговічність матеріалів;
- ✓ низька матеріаломісткість;
- ✓ безпеку споруд;
- ✓ економічність;
- ✓ легкість і хороша транспортабельність елементів;
- ✓ простота в монтажі, без витрат на ліси і додаткове обладнання;
- ✓ можливість створення довгих безопорних прольотів.

Вони можуть бути виконані з різних матеріалів, таких як сталь, бетон або комбінації різних матеріалів.



Рис. 8. Вантовий міст Pont de Normandie, Франція

Схеми розташування вант в мостах: «пучок» та «арфа» зображено на рис. 9. У системі «пучок» ванти сходяться у верхній частині пілона в одній горизонтальній площині. У системі «арфа» ванти кріпляться до пілону в декількох рівнях і мають однаковий нахил до балки жорсткості.

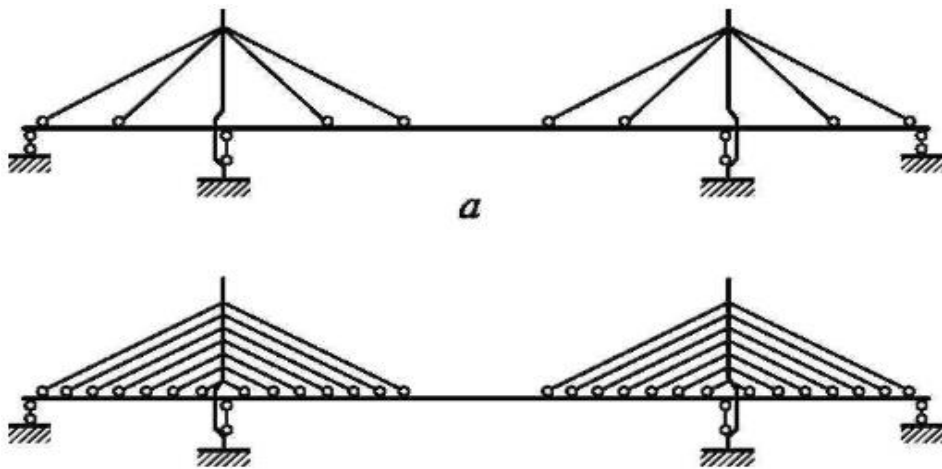


Рис. 9. Схеми розташування вант в мостах: «пучок», «арфа»

Завдяки можливостям вантових конструкцій різновиди пристроїв все частіше використовуються при будівництві мостів.



Рис. 10. Міст Акасі в Японії найдовший з усіх підвісних в світі (3911 м)

Покриття проїжджої частини вантових мостів є найважливішим елементом прогонової будови автодорожнього моста з ортотропної плитою. Воно повинно бути довговічним, трещиностойким, стійким проти зсуву, відповідати загальним вимогам, що пред'являються до дорожнього покриття (рис. 11).



Рис. 11. Мост Стоункаттерс

Покриття бувають товстими і тонкими. Від тонких в останні роки відмовляються через їх швидкого зносу і труднощів при усуненні нерівностей плити. Крім того, тонке покриття гірше розподіляє зосереджене тиск від колеса. Найбільш відповідальними елементами є шари захисту і зчеплення, безпосередньо укладаються на плиті.

Вантові мости продовжують залишатися символом інженерної майстерності та вражають своєю красою та ефективністю (рис. 12-14).



Рис. 12. Слауэрхофбруг. Був побудований в 2000 році. Ця унікальна споруда піднімається і опускається 10 раз за день за допомогою гідравліки.



Рис. 13. Міст Нормандія був побудований в 1995 році у Франції. Він перетинає річку Сену між Нормандією і Гавром. Центральний проліт становить 935 м. Вся довжина – більше 2-х км



Рис. 14. Міст без єдиного цвяха – Шеньян. Міст Вітру і Дощу Шеньян, розташований серед китайських рисових полів і гір, знаходиться в провінції Гуангкси.



Рис. 15. Вантові мости в Україні

Отже, вантові мости відіграють важливу роль у забезпеченні зв'язку між різними районами, розвитку транспортної інфраструктури та економічному зростанні. Вони є символами інженерної майстерності та архітектурної краси.

Література:

1. <https://sviydim.media/articles/rebuilt/yak-v-ukrayiny-vidnovlyuyut-mosty-zrujnovani-vijnoyu/>
2. <https://studfile.net/preview/7516846/page:27/>
3. <https://metallservice.com.ua/uk/vantovi-konstruktsiyi.html>

Науковий консультант: д.т.н., проф. Воропай О. В., зав. каф. деталей машин та теорії механізмів і машин.

Ткаченко А, студентка групи ДЕ-16т-23,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

МЕХАНІЗМИ ВПЛИВУ ЗМІН У НАДХОДЖЕННІ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ НА КЛІМАТИЧНІ СИСТЕМИ

Навіть короткий опис моделей механізму впливу змін у надходженні сонячної енергії на кліматичні системи виходить за межі курсу кліматології, тому розглянемо тільки окремі приклади на тему про те, яку інформацію і яке розуміння може дати якісний аналіз простих математичних моделей клімату. Зосередимося на проблемах оледеніння у четвертичному періоді і на механізмах, які дозволяють кліматичній системі посилювати слабкі змінення у надходженні сонячної енергії.

Розглянемо випадок, коли сонячне випромінювання, що надходить на Землю, не врівноважується інфрачервоним випромінюванням, що повертається у космосічний простір. Температура випромінювання Землі описується рівнянням теплового балансу

$$C \frac{dT}{dt} = I_0(1 - A(T)) - a\sigma T^4,$$

де C - теплоємність системи, I_0 - сонячна стала, $A(T)$ - планетарне альbedo землі, a індекс сірості, σ - стала Стефана-Больцмана.

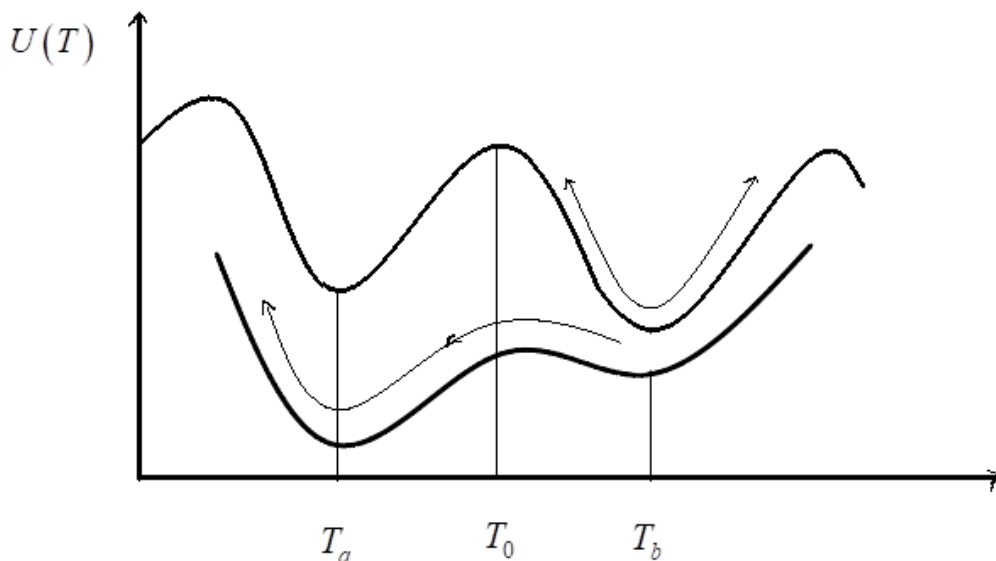
Якщо провести апроксимацію планетарного альbedo поліномом третього порядку, то система може мати до трьох стаціонарних станів. Два з них, T_b і T_a , є стійкими, вони відповідають сучасному клімату і холодному клімату, який нагадує глобальне оледеніння. Третій стан, T_0 , нестійкий - він розділяє стійкі режими.

Як і інші фізичні системи, кліматична система безперервно знаходиться під дією статистичних флуктуацій (випадкових відхилень) відповідних потоків $F(T)$. Тому попереднє рівняння енергетичного балансу стає стохастичним диференціальним рівнянням вигляду

$$\frac{dT}{dt} = -\frac{\partial U(T)}{\partial T} + F(t),$$

де $U(T)$ - так званий кліматичний потенціал, який визначається за формулою

$$U(T) = -\frac{1}{C} \int dT [I_0(1 - A(T)) - a\sigma T^4].$$



Такий розширений опис вносить новий важливий елемент – між різними станами тепер здійснюється зв'язок за допомогою флуктуацій. Іншими словами, який би не був початковий стан системи, рано чи пізно вона досягне будь-якого іншого стану. Масштаб часу такого явища визначається двома факторами-висотою потенціального бар'єра

$$\Delta U_{a,b} = U(T_0) - U(T_{a,b}),$$

й інтенсивністю флуктуацій, яка зазвичай характеризується дисперсією q^2 функції $F(t)$. Оцінка цього часу за порядком величини дає

$$\tau_{a,b} = \exp \frac{\Delta U_{a,b}}{q^2},$$

де $\tau_{a,b}$ - середній час переходу зі стану T_a у стан T_b через нестійкий стан T_0 . Якщо ці флуктуації достатньо малі, то, очевидно, при будь-яких поміркованих висотах потенціального бар'єра цей час буде дуже великим. Одержані таким чином значення мають порядок 10^4 - 10^5 років, що входить до діапазону характерного часу обмерзання у четвертичному періоді. Але стверджувати, що рівняння дає пояснення льодовиковим циклам, неможливо, тому що перехід між двома стійкими кліматичними станами залишається процесом випадковим, який не має чіткої періодичності. Як раз у цьому вплив слабких зовнішніх силових факторів стає вирішальним.

Додамо до сонячної постійної I_0 малий член у вигляді $I_0 \varepsilon \sin \omega t$, період якого збігається з періодом коливань середньорічної величини поглиненої Землею радіації. Якщо цей період значно менший перехідного часу $\tau_{a,b}$, то зовнішній фактор практично не впливає на динаміку системи. Але якщо цей період близький до $\tau_{a,b}$, то відклик системи на зовнішній вплив дуже посилюється. По суті, зовнішній вплив призводить до зниження потенційного бар'єру і тим саме до полегшення переходу між кліматичними станами. Більше того, внаслідок періодичного характеру такого впливу система змушена виконувати ритмічні переходи. Таким чином, виявляється якісний механізм виникнення льодовикових періодів, в якому важливу роль відіграють як внутрішні процеси, так і зовнішні фактори.

Природно, що, зважаючи на схематичність даної моделі, необхідна розробка більш докладного опису, який би мав додаткові ключові змінні. Особливо цікавий клас таких моделей утворюється при урахуванні взаємодії між середньою температурою поверхні і континентальним або морським льодом. Ці

моделі також дають періодичні рішення з періодом, який приблизно збігається з характерним часом наступу льодовиків.

Корисним також є порівняння зареєстрованих кліматичних змін з теорією динамічних систем. Аналіз змінень об'єму льоду на Землі за останні 800 000 років, які було одержано з ізотопних досліджень глибоководних осадових порід, вказує на те, що еволюція клімату за останій мільйон років може розглядатися як прояв детерміністичної динаміка, яка має хаотичний атрактор (притягуючу множину у просторі змінних) розмірністю більше трьох і менше чотирьох. Тобто у кліматичній системі повинні спостерігатися хаотичні коливання, які характеризуються високою чутливістю до початкових умов і суттєвою непередбачуваністю. Мінімальна розмірність простору, в якому може існувати згаданий атрактор, дорівнює чотирьом. Це означає, що мінімальна кількість змінних, необхідних для опису кліматичної динаміки, дорівнює чотирьом. Але конкретну природу цих змінних поки що встановити не вдається.

Література

1. Біловол О.В., Метеорологія і кліматологія: Навчальний посібник, Харків: ХНАДУ, 2006. – 312 с.

Науковий консультант: Біловол О.В., доц. Каф. Деталей машин та теорії механізмів і машин.

Чернов Вячеслав Миколайович, студент гр. А-23-22
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ВИЗНАЧЕННЯ ПОХИБКИ ВИМІРЮВАННЯ ДАЛЬНОСТІ ПОЛЬОТУ ГІДРАВЛІЧНОГО СТРУМЕНЯ

Для гасіння зовнішніх пожеж часто використовуються вільні (незатоплені) гідравлічні струмені, які утворюються за допомогою насадок різної форми і діаметру. Питання розрахунку струменів розглянуто в літературі з гідравліки й протипожежного водопостачання. За напрямом дії розрізняються вертикальні, нахилені та горизонтальні струмені. У разі, коли суцільний водяний струмінь вилітає з насадки з деякою початковою швидкістю і рухається в повітряному просторі подібно до твердого тіла, кинутого під кутом до горизонту, його теоретична траєкторія буде параболою. Внаслідок дії на струмінь сили опору повітря дійсна траєкторія руху струменя відрізнятиметься від теоретичної. Вказана сила діє за дотичною до траєкторії в кожній точці і спрямована убік, протилежний до руху. Урахування цієї сили робиться введенням коефіцієнта опору повітря, який визначається експериментально. У роботі [1] детально розглянуто урахування сили опору повітря залежно від ступеня, у який підноситься швидкість в рівнянні руху струменя.

Струмені горизонтального початкового витікання часто зустрічаються на практиці. Вони виникають при контрольовану зливі рідини з резервуару, аварійному утворенні отворів у стінках судин, заповнених рідиною, при гасінні пожеж, мийці вулиць і доріг рухливими засобами тощо. Тому їхній розрахунок становить практичний інтерес. Для малих початкових швидкостей витікання струменя розглядались варіанти лінійного та квадратичного опору [1], аналізуючи які був зроблений висновок про наближеність сили опору повітря до лінійної залежності.

При аналізі траєкторії польоту гідравлічного струменя в класичному варіанті опір повітря не враховується. В цьому випадку, використовуючи методи теоретичної механіки, отримують траєкторію руху струменя у вигляді параболи. Якщо струмінь вилітає паралельно поверхні Землі, рівняння її траєкторії, за умови пропорціональності сили опору повітря першому ступеню швидкості руху, в декартовій системі координат записується у вигляді [1] при спрямуванні вертикальної осі донизу:

$$y = \frac{1}{2} \left(\frac{g}{V^2} + \frac{k}{2d_H} \right) x^2,$$

де k – коефіцієнт опору повітря, d_H – діаметр насадки, V – швидкість витікання струменя з насадки, g – прискорення вільного падіння.

Задачу визначення коефіцієнту опору повітря k , наближеного до істинного в певних умовах, необхідно вирішувати за допомогою експерименту, що складається з серії вимірювань дальності польоту гідравлічного струменя в реальних умовах. Шуканий коефіцієнт представляється у вигляді функції декількох змінних і визначається за формулою:

$$k = 4d_H \left(\frac{h_{\Pi} + L_{max} \cdot \operatorname{tg}\theta}{L_{max}^2} - \frac{g}{2V^2} \right) = f(d_H, L_{max}, V, h_{\Pi}, \theta, g),$$

в якій h_{Π} – відстань по вертикалі від осі насадки до похилого лотка, θ – кут нахилу лотка, L_{max} – дальність польоту струменя (рис. 1, на якому цифрами позначені: 1 – бак з водою, 2 – вентиль, 3 – похилий лоток, 4 – насадка, 5 – гідравлічний струмінь).

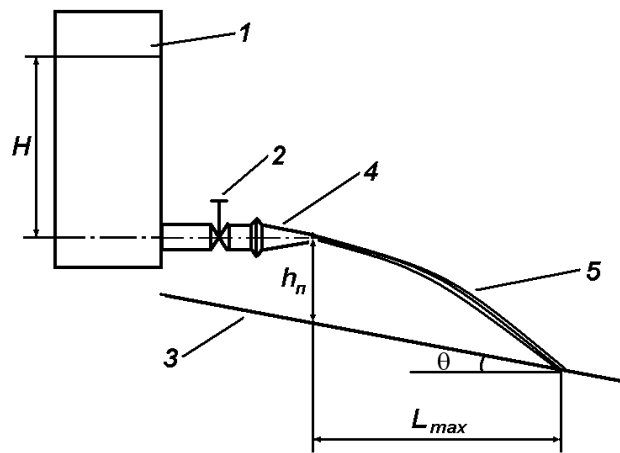


Рисунок 1.

Проте, як і при будь-якому експериментальному дослідженні, виникає проблема, що ніколи не втрачає своєї актуальності і важливості, – проблема точності та достовірності отриманих результатів. Неминучі похибки вимірювань (як систематичного, так і випадкового характеру) шуканих параметрів приводять у разі непрямих вимірювань до великих похибок. Для складних функціональних залежностей внесок похибок при вимірюванні окремих параметрів в загальну похибку є неочевидним і точніший її розрахунок вимагає залучення математичного апарату теорії похибок [2]. При цьому слід розрізняти підхід до цієї проблеми при проведенні одноразових і багаторазових вимірювань.

Отримані результати вимірювань містять систематичну і випадкову похибку. Перша з них в роботі не розглядається, оскільки може бути оцінена при аналізі засобів вимірювань, використовуваних при проведенні необхідних вимірювань. Оцінка другої є складнішим завданням і вимагає залучення математичного апарату теорії похибок. У цій роботі ставиться задача оцінки випадкової складової похибки непрямих вимірювань, аналізу вказаної похибки при проведенні одноразових і багаторазових вимірювань, а також побудови довірчого інтервалу для оцінки коефіцієнта опору повітря при розрахунках гідравлічних струменів.

Для визначення похибок вимірювань на експериментальній установці при деякому постійному напорі H проведено $N=10$ дослідів, в ході яких проводилися прямі вимірювання діаметру насадки d_H , дальності польоту струменя L_{max} , і непрямі вимірювання швидкості V (за результатами прямих вимірювань об'єму рідини W , що витікає за час t , а, отже, і об'ємної витрати Q) витікання струменя.

Вказані параметри є випадковими, на відміну від геометричних характеристик лотка (відстань по вертикалі від осі насадки до похилого лотка $h_{\Pi}=23,5$ см, тангенс кута нахилу лотка до горизонту $tg\theta=0,121$), що приймаються

постійними. Прискорення вільного падіння $g = 9,81 \text{ м/с}^2$. Обсяг вибірки при кількості проведених вимірювань N відповідно до критерію багаторазових вимірювань вважаємо дуже малим.

Під час проведення експерименту було отримано результати безпосередніх вимірювань і результати розрахунків вказаних параметрів. Вимірювання діаметру насадки проводилися в різних напрямках, що із-за деякої овальності вихідного отвору і привело до розкиду результатів. Значення швидкості V отримано з рівняння нерозривності потоку

$$Q = \frac{W}{t} = V\omega = V \frac{\pi d_H^2}{4}$$

Для різної довірчої імовірності β і $N - 1 = 9$ були отримані величини лівої і правої границь довірчого інтервалу для оцінки \bar{k} коефіцієнту опору повітря.

Висновки. В роботі розглянута задача оцінки випадкової складової похибки непрямих вимірювань, аналізу вказаної похибки при проведенні одноразових і багаторазових вимірювань, а також побудови довірчого інтервалу для оцінки коефіцієнта опору повітря. Поставлена задача розв'язана з використанням математичного апарату, що дозволяє оцінити похибки при одноразових і багаторазових вимірюваннях. Побудовано довірчі інтервали для оцінки коефіцієнта опору повітря при визначенні дальності польоту гідравлічного струменя.

Література

1. Єременко, С.А. Розрахунок пожежних гідравлічних струменів [Текст] : навчальний посібник / С.А. Єременко, В.П. Ольшанський, В.М. Халипа та ін. – К.: 2005. – 124 с.
2. Прокопов, О.В. Метрологія, стандартизація та сертифікація [Текст] : курс лекцій / О.В. Прокопов, С.О. Вамболь, І.В. Міщенко. – Х.: НУЦЗУ, 2013. – 274 с.

Шапка Владислав Євгенійович, ст. гр. А-23-22

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Апроксимація похідної при кінематичному дослідженні механізмів

Поняття похідної від функції широко використовується у механіці. Так, наприклад, перша похідна від функції переміщення за часом – це функція швидкості, друга похідна від функції переміщення за часом – це функція прискорення, похідна від функції роботи за часом – це сила чи момент сили.

Визначення похідної від функції є одним із важливих етапів вирішення прикладних завдань і може бути реалізовано аналітично, чисельно або графічно

залежно від способу завдання вихідної функції, а також від вимог до точності отриманих результатів.

У цій роботі розглянуто метод графічного диференціювання функції, заданої графічно чи таблично.

Відповідно до визначення, похідна функції – це границя відношення приросту функції до приросту її аргументу коли приріст аргументу прямує до нуля, якщо така границя існує [1, 2]:

$$\frac{df}{dx} = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\Delta f}{\Delta x}$$

Чисельні методи диференціювання засновані на розбитті інтервалу, на якому розглядається функція, на певну кількість ділянок з кроком Δx і апроксимації похідної на кожній ділянці в наступному вигляді:

$$\frac{df}{dx} \approx \frac{\Delta f}{\Delta x}$$

Найбільш часто $\Delta x = \text{const}$, тобто використовується рівномірна сітка. Якщо $\Delta x \neq \text{const}$, то ми маємо справу з нерівномірною сіткою.

Існує кілька способів апроксимації похідної – це апроксимація з кроком вперед (3), апроксимація з кроком назад (4) та центральна апроксимація (5) [1, 2].

$$\frac{df(x_0)}{dx} \approx \frac{f(x_0) - f(x_0 - \Delta x)}{\Delta x}$$

$$\frac{df(x_0)}{dx} \approx \frac{f(x_0 + \Delta x) - f(x_0)}{\Delta x}$$

$$\frac{df(x_0)}{dx} \approx \frac{f(x_0 + \Delta x) - f(x_0 - \Delta x)}{2\Delta x}$$

Результати використання цих апроксимацій показані на рис. 1. Чорним кольором показано вихідну функцію; червоним кольором показана її похідна; синім кольором показана похідна, отримана з використанням апроксимації похідної з кроком уперед; фіолетовим кольором показана похідна, отримана з використанням апроксимації похідної з кроком назад; зеленими точками показані результати диференціювання вихідної функції, отримані за допомогою центральної апроксимації похідної.

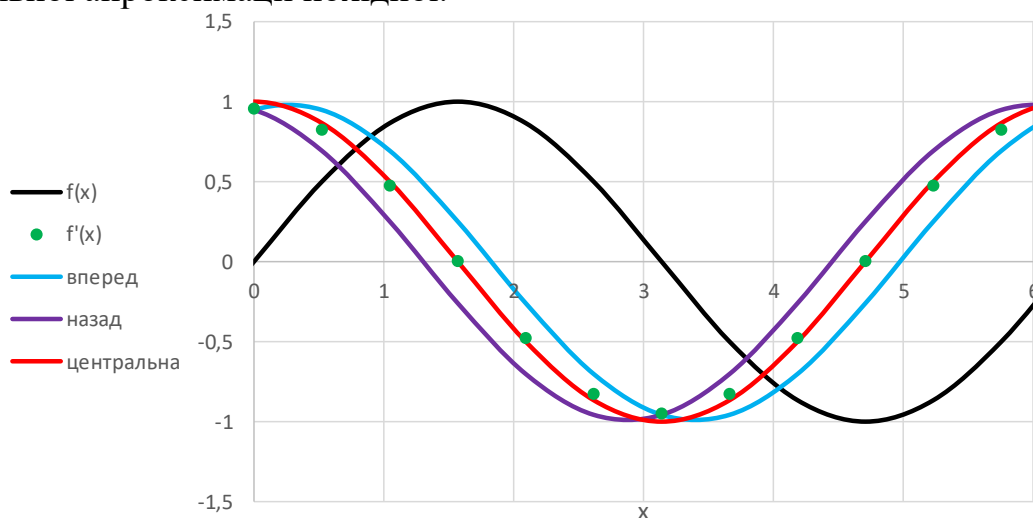


Рисунок 1 – Результати диференціювання з використанням різних апроксимацій похідної

Як видно із рис. 1 найбільш точні результати диференціювання вихідної функції забезпечує центральна апроксимація похідної.

Саме на використанні центральної апроксимації похідної заснований метод графічного диференціювання, що використовується в курсовій роботі з теорії механізмів та машин при отриманні графіка швидкості та прискорення вихідної ланки механізму на основі графіка переміщення.

На рис. 2 показаний принцип використання методу графічного диференціювання на основі центральної апроксимації похідної.

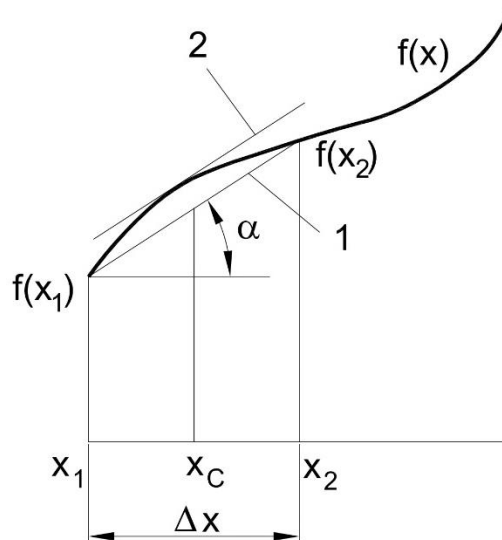


Рисунок 2 – Принцип графічного диференціювання функції

Метод графічного диференціювання ще відомий як метод хорд. Прямими лініями – хордами з'єднуються значення функції у двох сусідніх точках. Як відомо, похідна від функції у деякій точці дорівнює тангенсу кута нахилу дотичної до функції в даній точці.

З рис. 2 видно, що кут нахилу проведеної хорди 1 близький до кута нахилу дотичної 2 до функції посередині відповідної ділянки.

На підставі цього можна зробити висновок, що тангенс кута нахилу хорди, що з'єднує значення функції у двох сусідніх точках, дорівнює похідній від функції у точці x_c посередині відповідної ділянки

Використовуючи цей принцип, у курсовій роботі з дисципліни теорія механізмів та машин на основі функції переміщення вихідної ланки механізму знаходяться графіки його швидкості та прискорення (рис. 3) [3].

При відображенні похідної від функції на відповідному графіку вибирається полюсна відстань H_1 і H_2 , що визначає масштаб графіка (рис. 3).

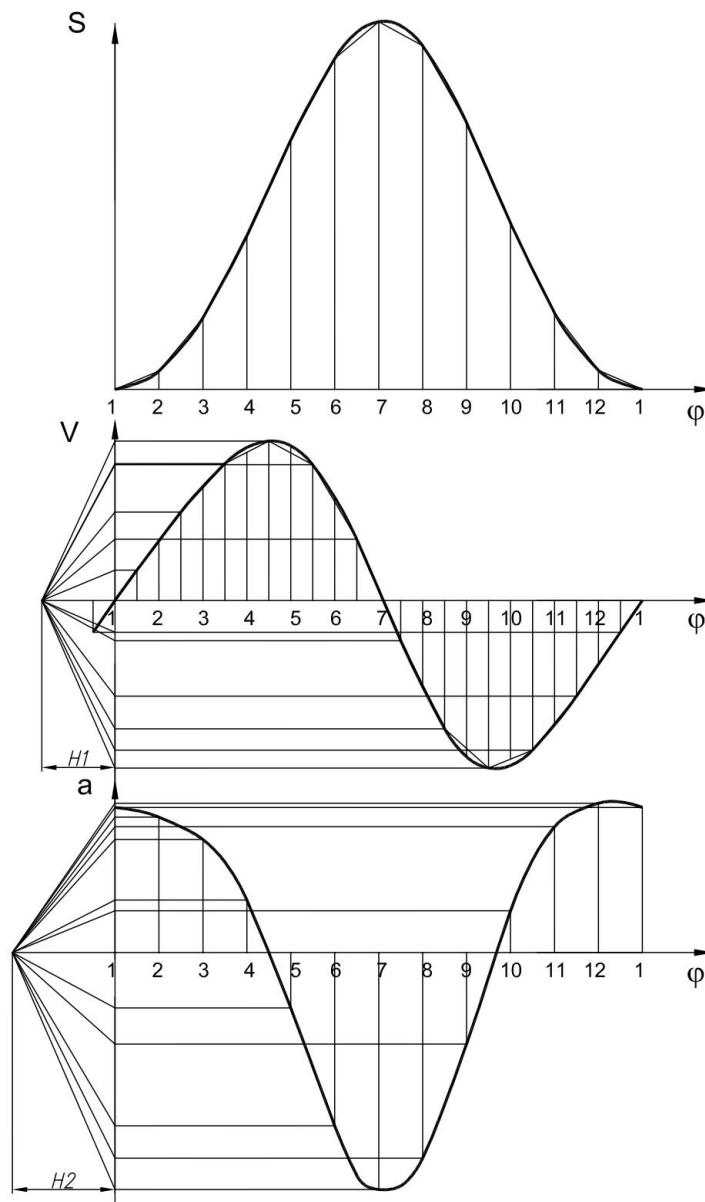


Рисунок 3 – Графічне визначення швидкості та прискорення вихідної ланки
Серед трьох основних методів кінематичного аналізу, а це – аналітичний, графічний та комбінований, графічний метод має найнижчу точність.

При його використанні нахил хорди приймається за нахил дотичної до графіка в середній точці інтервалу, але це не зовсім так. В результаті похибка може в окремих точках досягати 10%. Крім того, точність даного методу залежить від кількості розбиття досліджуваного інтервалу часу.

Незважаючи на це, даний метод набув досить широкого поширення в інженерних розрахунках завдяки простоті, наочності, прийнятній точності та можливості програмної реалізації на комп'ютері.

Література

1. Юстименко, Є. А., Труханська, В. О., & Потапова, Н. А. (2023). Порівняльний аналіз чисельних методів диференціювання функцій. *Прикладні інформаційні технології*, 240-241.

2. Колесницький, О. К., Арсенюк, І. Р., & Месюра, В. І. (2017). Чисельні методи. Вінниця: ВНТУ.
3. Перегон В.А., Воропай О.В., Коряк О.О., Поваляєв С.І. (2023). Синтез механізмів і динаміка машин: навчальний посібник. Харків: ФОП Бровін О.В. 164 с.

Науковий консультант: Поваляєв С.І., доц. Каф. Деталей машин і ТММ

Дробязко Владислав Андрійович, ст. гр. АД-36т1-21
drobyazko2002@gmail.com

Кас'яненко Олександр Сергійович, ст. гр. АД-36т1-21
kasuanenko.sasha2002@gmail.com

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ПІДВИЩЕННЯ ПОТУЖНОСТІ АВТОМОБІЛЬНОГО ДИЗЕЛЯ 6ЧНМ 8,8/8,2 ШЛЯХОМ ПОКРАЩЕННЯ АЕРОДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЙОГО ВПУСКНИХ КАНАЛІВ

Існує багато шляхів підвищення потужності автомобільних дизелів, але ефективними є тільки ті, які покращення енергетичних показників ув'язують з одночасним збільшенням вигод щодо показників паливної економічності та екології. Отже, натеper настав час до базових засад двигунобудування ввести принцип еквівалентності чотирьох E , а саме:

$$E_4 = E_1 + E_2 + E_3, \quad (1)$$

Де E_4 – безрозмірний аналог ефективності будь якого заходу покращення експлуатаційної якості ДВЗ;

E_1 – безрозмірний аналог покращення енергетичних показників ДВЗ;

E_2 – безрозмірний аналог покращення паливно-економічних показників ДВЗ;

E_3 – безрозмірний аналог покращення екологічних показників ДВЗ.

Із багатьох заходів, що впливають на експлуатаційні показники автомобільного дизеля, до раціонального співвідношення усіх чотирьох E може привести подальше вдосконалення сумішоутворення і згоряння палива у циліндрі двигуна. Отже, організація ефективного сумішоутворення для забезпечення якісного робочого процесу є актуальною задачею, і тому один із шляхів її реалізації за рахунок покращення аеродинамічних характеристик впускних каналів вдосконалюємого автомобільного дизеля 6ЧНМ 8,8/8,2 і став метою цієї роботи авторів.

Суть реалізованої авторами ідеї полягає у тому, щоб максимально (як цього дозволяють існуючі конструктивні параметри) збільшити довжину та поліпшити геометрію вхідної частини впускного тракту двоклапанної головки циліндрів вітчизняного дизеля 6ЧНМ 8,8/8,2 (рис.1). Конструктивно авторам вдалося змістити розподільний вал 2 оба клапани 3 кожного циліндра блоку 21 таким чином, що площа, яка проходить через вісь вала 2 і клапанів 3

змістилась у головці циліндрів 25 відносно осі циліндра та поршня 24 на 8 мм (рис.2, 3).

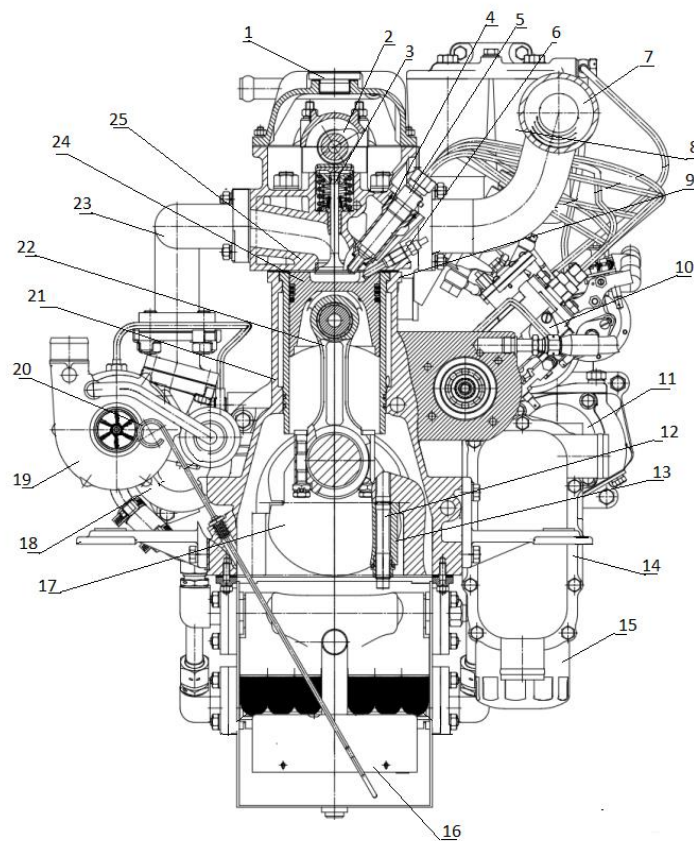


Рисунок 1 – Поперечний переріз дизеля 6ЧНМ 8,8/8,2:

1 – пробка маслозаливної горловини; 2 – розподільний вал; 3 – клапан; 4 – адаптер форсунки; 5 – форсунка; 6 – свічка розжарювання; 7 – колектор впускний; 8 – фільтр паливний; 9 – гільза; 10 – паливний насос; 11 – повітряний компресор; 12 – шпилька силова; 13 – підвіска корінної опори з підігрівачем; 14 – охолоджувач масла; 15 – фільтр масляний; 16 – маслозбірний відсік з підігрівом; 17 – вал колінчастий; 18 – стартер; 19 – турбокомпресор; 20 – масляний щуп; 21 – блок; 22 – шатун; 23 – колектор випускний; 24 – поршень; 25 – головка циліндрів

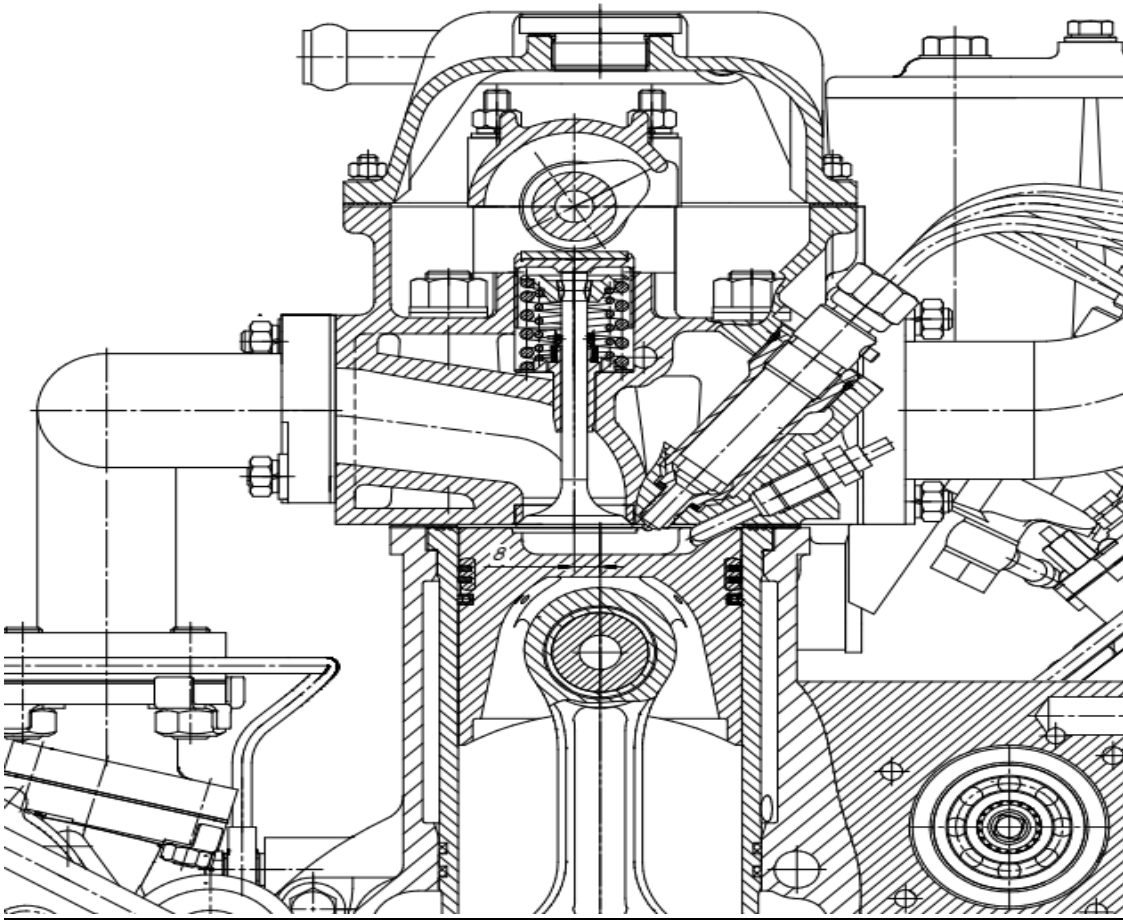


Рисунок 2 – Фрагмент поперечного перерізу вдосконаленої конструкції дизеля 6ЧНМ 8,8/8,2

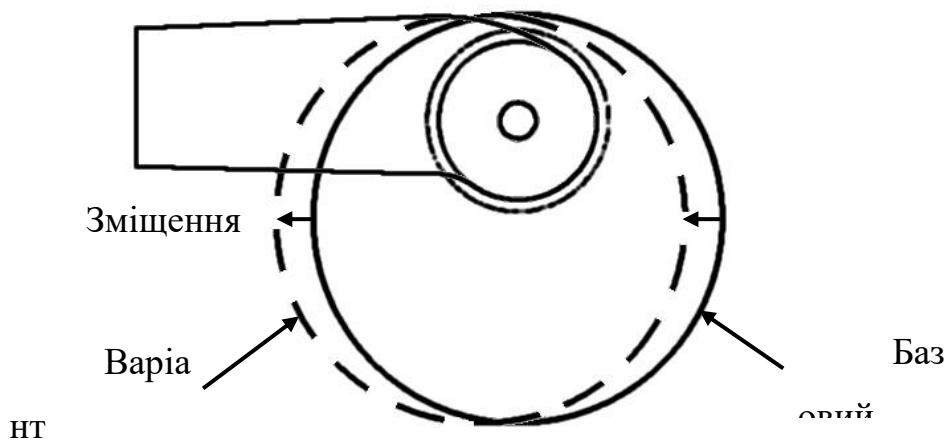


Рисунок 3 – Варіант зі зміщенням осі гільзи на 8 мм.

Водночас була вдосконалена вхідна частина впускного каналу (рис.4).

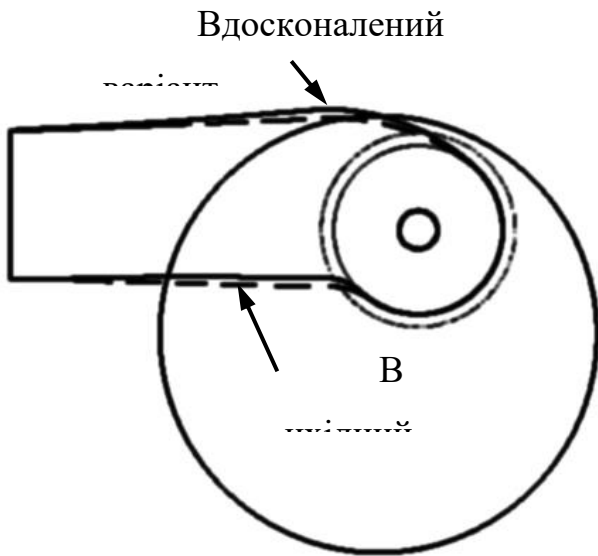


Рисунок 4 – Схема вдосконаленого впускного каналу

Наступним кроком просування цієї роботи повинна стати кількісна оцінка показників виразу (1). Відповідним сучасним методичним забезпеченням, яке є доступним і вже використовується здобувачами всіх рівнів освіти кафедри ДВЗ ХНАДУ, можна вважати програмні пакети WP.exe [1] та Simcenter Amesim [2]. Але жоден з них виявився не в змозі дати комплексну оцінку вищезазначеному заходу з вдосконалення конструкції. Тому на початковому етапі для попередньої оцінки будь-якої ефективності цього заходу автори були вимушені скористатися добре відомими наборами рівнянь з вирішення задач газу – та термодинаміки ДВЗ з виходом на спрощений розрахунок параметрів робочого процесу для побудови та подальшої обробки індикаторних діаграм.

Розраховані параметри робочого процесу дизеля 6ЧНМ 8,8/8,2 визначили ефективну номінальну потужність 103 кВт для базового варіанту впускного каналу та 110 кВт для вдосконаленої конструкції цього дизеля при однаковій частоті обертання колінчастого вала 3800 хв^{-1} . Водночас прогнозовано збільшення індикаторного ККД з 43,4 % до 45,9 %, що при умові застосування якісного палива здатне поліпшити і два інших показника виразу (1), а саме E_2 і E_3 .

Проте вищенаведені попередні результати потребують цієї публікації виключно для збереження можливості їх подальшого вдосконалення як авторами цього матеріалу, так і його читачами. В цьому сенсі вже обговорена можливість майбутньої співпраці з автором сучасного програмного продукту Blitz-PRO [3]

Мінчевим Д.С. – професором кафедри «Суднові енергетичні установки і технічна експлуатація» Одеського національного морського університету.

Таким чином, захід з покращення аеродинамічних характеристик впускних каналів вдосконалюємого автомобільного дизеля 6ЧНМ 8,8/8,2 опрацьовано від конструктивної можливості його реалізації до виявлення напрямку подальшого удосконалення програмних продуктів розрахункових досліджень ДВЗ.

Висновки. Подальший розвиток вітчизняних автомобільних дизелів повинен передбачати одночасне поліпшення усіх трьох складових ефективності вдосконалення експлуатаційної якості ДВЗ, а саме:

- покращення енергетичних показників;
- покращення паливно-економічних показників;
- покращення екологічних показників.

Запропонований для збільшення потужності з одночасним підвищенням і інших показників ефективності захід щодо покращення аеродинамічних характеристик впускних каналів вдосконалюємого автомобільного дизеля 6ЧНМ 8,8/8,2 опрацьовано від конструктивної можливості його реалізації до виявлення напрямку подальшого удосконалення програмних продуктів розрахункових досліджень ДВЗ.

Література

1. Прохоренко А.О. Методичні вказівки для виконання дипломних проєктів та впускних кваліфікаційних робіт бакалаврів «Розрахунок робочого процесу чотиритактного дизеля за допомогою ЕОМ» / А.О. Прохоренко. – Харків: НТУ «ХПІ», 2002. – 20с

2. Компанія Siemens. // Офіційний сайт. – 2019 р. – Режим доступу до сайту:<https://www.plm.automation.siemens.com/global/ru/products/simcenter/simcenter-amesim.html>

3. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір №82786 Україна. Комп'ютерна програма «Комп'ютерна програма для розрахунку робочих процесів двигунів внутрішнього згоряння, з інтерфейсом у вигляді веб-сайту Blitz-PRO» / Мінчев Д.С.; заявл. 11.09.2018 р., опубл. 30.11.2018 р., дата реєстрації 12.11.2018 р.

Керівник комплексного дипломного проєкту Грицюк О.В., професор кафедри ДВЗ, проф., докт. Техн. Наук.

ТЕХНОЛОГІЯ ОРГАНІЗАЦІЇ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ ДВЗ: HOMOGENOUS CHARGE PROGRESSIVE COMBUSTION (HCPC)

Організація однорідної паливо-повітряної суміші є ключовим у зниженні викидів твердих частинок та сумарних викидів азоту. Завдяки дуже короткому проміжку часу, доступному для формування суміші, стає складно сформувати однорідну паливо-повітряну суміш при зміні швидкості та навантаження від циклу до циклу. Ефективна підготовка суміші для займання від стиску гомогенного заряду Homogenous Charge Compression Ignition (HCCI) відноситься як до однорідності паливо-повітря, так і до контролю температури під час горіння. Розглянуто різні стратегії для спалювання дизельного палива при використанні робочого процесу HCCI. Зовнішнє сумішоутворення має недолік – низький коефіцієнт наповнення, тоді як внутрішнє сумішоутворення в циліндрах схильне до розрідження моторного масла.

Ефективне спалювання дизельного палива з використанням процесу HCCI можна досягти за допомогою різних методів, таких як багаторазове впорскування, висока щільність або високий наддув, контрольована рециркуляція відпрацьованих газів Exhaust Gas Recirculation (EGR), змінний ступінь стиснення, гнучка подача палива, зміна фаз газорозподілу і технологія реформування палива [1].

Прогресивне згоряння однорідного паливо-повітряного заряду Homogenous Charge Progressive Combustion (HCPC) – це інноваційний спосіб керування запалюванням від стиснення однорідного заряду (HCCI) у дизельних двигунах. HCCI є базовим для виробників ді використовується, якщо всі фактори для згоряння ідеальні. Коли двигун працює в цьому режимі, викиди шкідливих речовин з відпрацьованими газами практично знижуються до мінімуму. У нинішніх дизельних двигунах такий тип згоряння теоретично можливий. Цей двигун використовує принцип розділеного циклу та один клапан, який контролює стиснення та згоряння в циліндрі. При цьому попередньо стиснуту однорідну паливо-повітряну суміш необхідно формувати поза циліндром двигуна, та слід поступово вводити в циліндр під час процесу згоряння. Таким чином, горіння палива можна регулювати швидкістю потоку і високою інтенсивністю зростання тиску в циліндрі, які є характерними ознаками звичайного спалювання у процесі HCCI. Незначний викид сажі (твердих часток) до коефіцієнтів еквівалентності, близьких до 0,85, із зазначеною ефективністю становить близько 46%.

Сам спосіб організації робочого процесу полягає у формуванні попередньо стиснутого однорідного заряду поза циліндром і поступовому поданні його в циліндр під час процесу згоряння. Таким чином, горіння можна керувати швидкістю потоку подачі паливо-повітряної суміші, і можна уникнути високої інтенсивності зростання тиску в циліндрі, характерних для стандартного

спалювання з використанням процесу НССІ. Цей новий метод згоряння назвали прогресивним згорянням з однорідним зарядом (НСРС).

НСРС заснований на принципі розділеного циклу (рис. 1) [2]. Фази впорскування та стиснення здійснюються у зовнішньому поршневому компресорі, який під час процесу згоряння подає повітря в циліндр камери згоряння через перехідний канал. Перепускний клапан розташований між циліндром компресора та передавальним каналом. Поршень компресора має фіксовану затримку, виражену в градусах кута повороту кривошипа, відносно положення поршня в камері згоряння. Згоряння відбувається після ВМТ в камері згоряння, таким чином, під час процесу згоряння поршень камери згоряння рухається вниз, а поршень компресора рухається вгору. Як наслідок, повітря переміщується з циліндра компресора в циліндр камери згоряння. Одночасно з повітряним транспортуванням паливо впорскується в транспортний канал, випаровується та змішується з повітрям, створюючи умови, необхідні для однорідного горіння.

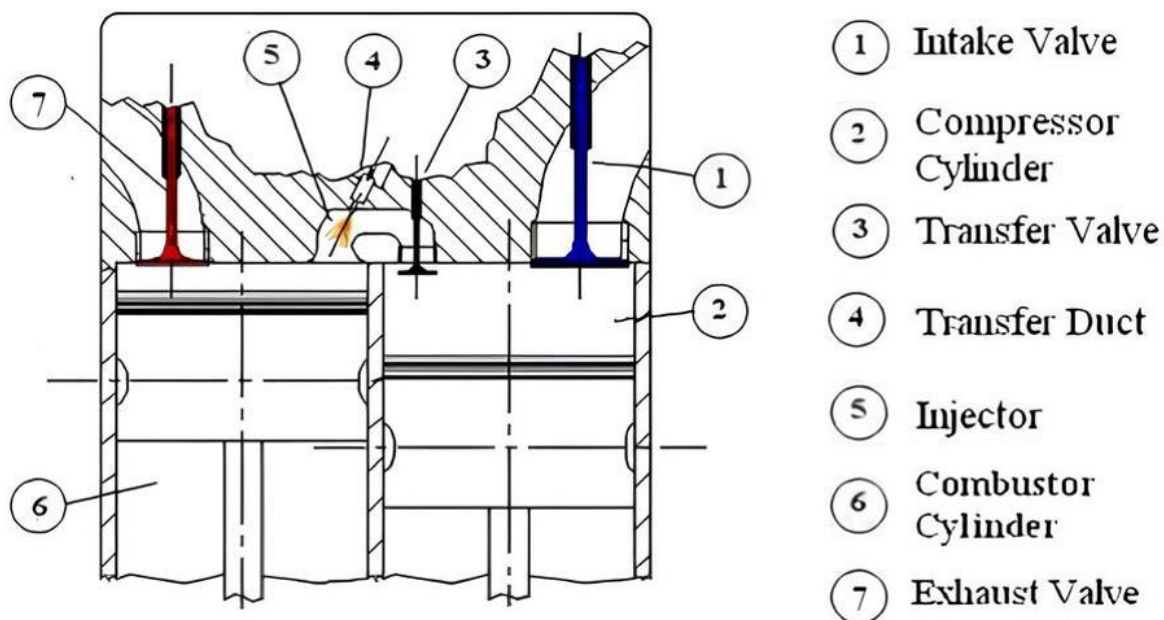


Рисунок 1 – Схема двигуна НСРС

1 – впускний клапан; 2 – компресор циліндра; 3 – перепускний клапан; 4 перепускний канал; 5 – інжектор; 6 – циліндр камери згоряння; 7 – випускний клапан.

У концепції організації робочого процесу НСРС стиснення виконується в поршневому зовнішньому компресорі, який виконує таку ж роботу стиснення, що і в чотиритактному поршневому двигуні. Високотемпературне стиснене повітря передається в циліндр камери згоряння під час фази згоряння двигуна. В сучасній передачі повітря, паливо впорскується в передавальний канал, випаровується і змішується з повітрям, створюючи необхідні умови для однорідного горіння. Відновлення роботи компресора відбувається під час

такту розширення поршня за рахунок робота двигуна, вироблена перенесеним повітрям.

В цій роботі представлено аналіз зосереджений на підвищенні ефективності та зменшення викидів забруднюючих речовин двигуна з процесом НСРС при забезпеченні середнього та максимального навантаження. Результати емісії показали, що зменшення об'єму транспортного каналу призводить до помітного зниження вуглекислого газу та викиду сажі. Температурні характеристики показали, що зменшення об'єму транспортного каналу спалювання має тенденцію поширюватися по всій камері. Датчики показали, що значна частина кисню не використовується із-за геометрії транспортного каналу та паливо-повітряний заряд є більш розшарованим. Натомість у геометрії концентрація кисню набагато більш рівномірна, що призводить до кращого окиснення сажі та вуглекислого газу.

Якість горіння при організації НСРС не погіршується при підвищенні частоти обертання колінчастого валу двигуна, на відміну від звичайних дизельних двигунів. При максимальному навантаженні (значення коефіцієнту надлишку повітря близько 0,85) для різних обертів колінчастого валу двигуна швидкість впорскування та час були використані при збільшенні тиску впорскування до 190 Мпа при $n = 4000 \text{ хв}^{-1}$. Результати показали, що змінюючи швидкість обертання колінчастого валу двигуна, викиди залишаються такого ж порядку, але питома витрата палива збільшується від 184 г/(кВт·год) при $n = 2000 \text{ хв}^{-1}$ до 205 г/(кВт·год) при $n = 4000 \text{ хв}^{-1}$. Датчики показали помітне збільшення тиску в компресорі під час горіння. Цей ефект обумовлений значно більшими втратами тиску під час переміщення повітря від компресора до камери згоряння при збільшенні роботи подачі. При цьому потік майже не змінився, але величина швидкості досягла 500 м/с у горловині транспортного каналу. Ці результати свідчать про те, що геометрія транспортного каналу покращена, вона зменшує втрати тиску, що є необхідним для типових дизельних двигунів. Як і повітропостачання, роботу можна зменшити, зменшивши робочий об'єм компресору і використанням турбокомпресору для збільшення повітря і відновити масовий потік вхідного повітря.

На рис. 2 показані змодельовані геометрії транспортного каналу. В першому каналі об'єм було зменшено від $9,1 \text{ см}^3$ до $6,6 \text{ см}^3$, для другої геометрії зменшено до $4,8 \text{ см}^3$, так само для третьої геометрії. В третій геометрії передавальний клапан був нахилений на 25° і мертвий об'єм в компресорі був знижений завдяки спеціальному поршню.

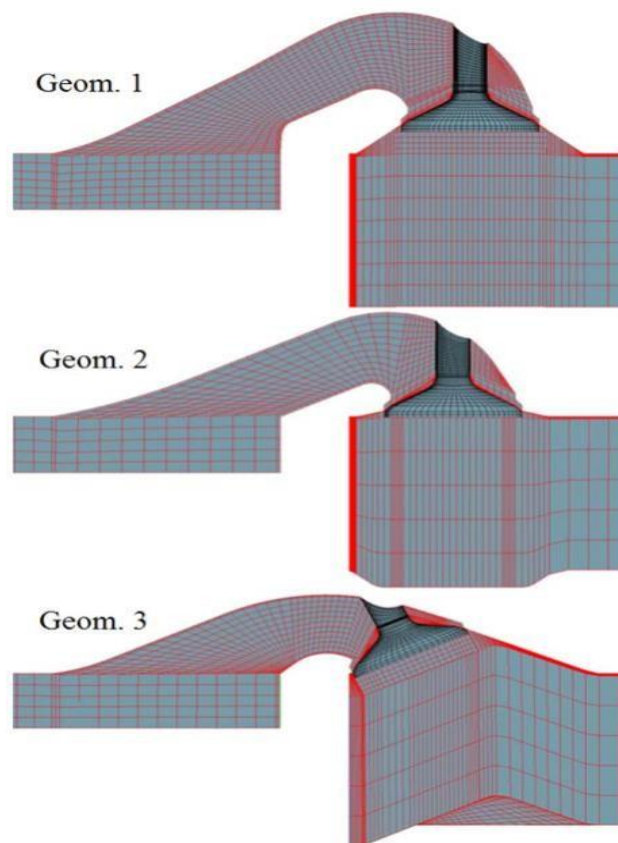


Рисунок 2 – Геометрії транспортного каналу

Зменшення мертвого об'єму в компресорі при розширенні виконується в коротшій фазі кута кривошипа, тому вхідний отвір клапанів може бути відкрито раніше, збільшуючи захоплену масу повітря і, отже, підвищується питома потужність. Моделювання проводилося при частоті обертання – 2000 хв⁻¹, починаючи з відкриття передавального клапана до закриття передавального клапана і, отже, розрахункові області не включають впускні та випускні отвори.

Два корпуси з різною кількістю палива (16 і 22 мг), розглядалися з використанням розпилювача з одним отвором. Це повний цикл камери згоряння і компресора. Два повні цикли були розраховані, щоб зменшити залежність від результатів на початкових умовах. Отримано шість коефіцієнтів надлишку повітря від 0,4 до 0,96, де розглянуто впорскування від 16 до 27 мг палива за кожен цикл.

Нинішнє дослідження показує, що обмеження дизеля з горінням НССІ (компресійне займання гомогенного заряду) можна подолати за допомогою інноваційного НСРС (прогресивного спалювання однорідного заряду), яке полягає у формуванні попередньо стисненої однорідної паливо-повітряної суміші поза циліндром і поступового надходження робочого заряду в циліндр під час роботи двигуна.

Якість горіння з процесом НСРС не погіршується при підвищенні частоти обертання колінчастого валу двигуна, але геометрія транспортного каналу все

ще повинна бути покращена для зменшення втрат тиску, щоб підтримувати питому індикаторну витрату палива дизельних двигунів при таких обертах колінчастого валу.

Висновок

Якісне згоряння дизельного палива можна досягти за допомогою помірною рівня зовнішнього охолодження EGR, що дозволяє зменшити викиди азоту.

Шляхом ізоляції стінок двигуна можна збільшити зазначену термічну ефективність до ідеальних 56 % (витрата палива при цьому становить 151 г/(кВт·год)), коли всі стінки камери згоряння та компресора (окрім гільзи циліндрів) вважаються адіабатичними.

Література

1. <https://p300.zlibcdn.com/dtoken/a158fadfbcb7d395ec2e16fd98152b3/2010-01-1256.pdf>

2. <https://www.iosrjournals.org/iosr-jmce/papers/vol11issue6/Version2/H011624767.pdf>

Науковий консультант Корогодський В.А., професор кафедри двигунів внутрішнього згоряння, д-р техн. Наук.

Орлов Микита Анатолійович, ст. гр. АД-36т1-21

nikita_orlov@ukr.net

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ОСОБЛИВОСТІ ОРГАНІЗАЦІЇ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ ДВЗ: PARTIALLY PREMIXED CHARGE COMPRESSION IGNITION (PPCCI)

У всьому світі докладається багато зусиль для підвищення теплової ефективності двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ).

Одним із відносно нових підходів організації робочого процесу в ДВЗ є запалювання від стиснення з частковим попереднім сумішоутворенням, це стратегія у якій використовується раннє впорскування палива [1].

Високооктанове паливо впорскується на початку такту стиснення у форсованому дизельному двигуні, який працює з високим рівнем рециркуляції відпрацьованих газів.

Процес впорскування завершується до початку горіння, що дозволяє частково змішати паливо і повітря перед виділенням теплоти. Було зафіксовано дуже низьке споживання палива та викидів шкідливих речовин з відпрацьованими газами.

ПЕРЕВАГИ

Робочий процес Partially Premixed Charge Compression Ignition (PPCCI) (рис. 1) продемонстрував високий потенціал для отримання високої паливної ефективності з низькими викидами NO_x та твердих часток при використанні

дизельного палива (ДП). Визначена можливість використання ДП з низьким цетановим числом.

НЕДОЛІКИ

Потрібні подальші розробки систем газорозподільчастого механізму, впорскування, наддуву та випуску.

При низькій ентальпії відпрацьованих газів двигунів з нижчою температурою, що використовують робочий процес РРССІ, важко створити газодинамічний наддув на впуску.

При організації робочого процесу РРССІ були проведені дослідження з використанням трьох видів палива, а саме: 20% біодизеля, змішаного з мінеральним ДП (В20), 40% біодизеля, змішаного з мінеральним ДП (В40), та мінеральний ДП [2].



Рисунок 1. – Двигун з робочим процесом РРССІ

Серед трьох досліджуваних палив В40 продемонстрував найкращі характеристики згоряння та ефективності, а В20 продемонстрував характеристики викидів шкідливих речовин, вищі за базове мінеральне дизельне паливо.

Через неякісне змішування палива й повітря в камері згоряння В20 та В40 показали відносно вищу кількість викидів твердих часток, порівняно з мінеральним ДП за однакових умов.

Щоб дослідити характеристики та оцінити викиди шкідливих речовин з відпрацьованими газами двигуна із запалюванням робочої суміші від стиснення із високим ступенем стиснення, який працює в режимі запалювання від стиснення з частковим попереднім змішуванням паливо-повітряного заряду (РРССІ), було проведено серію експериментів з використанням одноциліндрового двигуна (рис. 2), оснащеного системою впорскування палива під високим тиском типу Common rail [3]. Це включало помірно просунуту стратегію безпосереднього впорскування для спроб спалювання палива при організації робочого процесу РРССІ в умовах низького навантаження шляхом зміни часу впорскування між 25 і 35 градусами повороту колінчастого валу

(гр. п.к.в.) до верхньої мертвої точки (ВМТ) з кроком 2,5 гр. п.к.в. Крім того, під час експерименту тиск впорскування палива, частота обертання колінчастого валу та крутний момент двигуна підтримувалися постійними. Параметри ефективності та рівень викидів шкідливих речовин були виміряні та проаналізовані за допомогою нуль-вимірної моделі виділення теплоти.

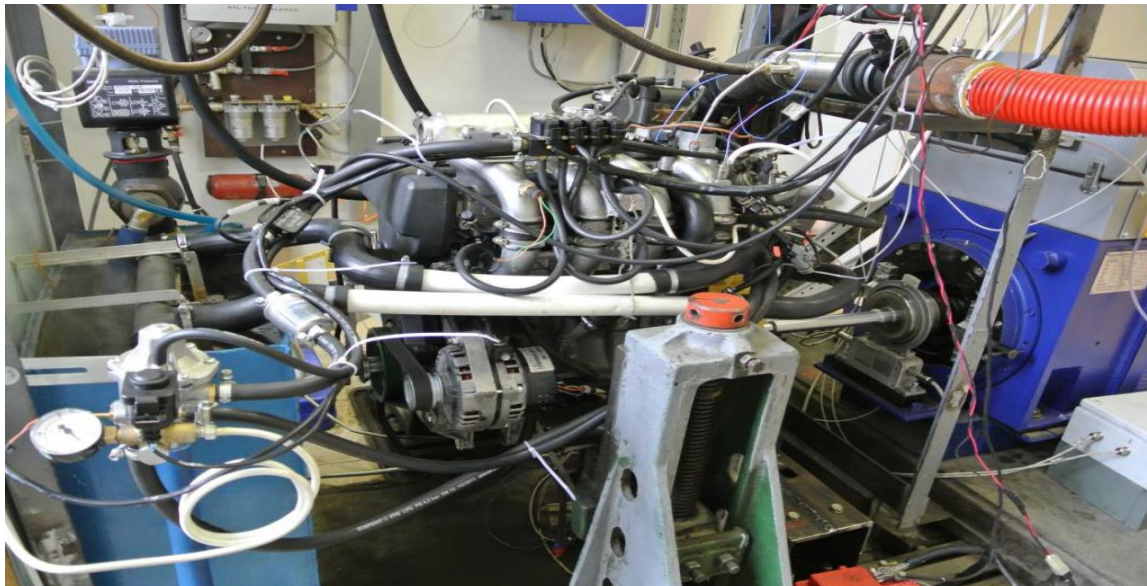


Рисунок 2. – Експериментальна установка на базі двигуна з робочим процесом РРССІ

Порівняно з базовим звичайним впорскуванням 12,5 гр. п.к.в. до ВМТ, тиск та температура в циліндрі були вищими при розширених синхронізаціях для всіх розглянутих умов навантаження. Крім того, NO_x , тверді частки, CO та загальний вуглеводень (CH) були вищими за звичайні результати за умови навантаження 0,5 Н·м. У той час як викиди твердих часток були нижчими, а викиди CO та CH були порівнянними з результатами традиційного впорскування за умови навантаження 1,5 Н·м між 25 і 30 гр. п.к.в. до ВМТ, викиди NO_x були відносно високими. Отже, був обмежений успіх у подоланні компромісу No_x та твердих часток був обмежений. Крім того, оскільки початок згоряння відбувається в ВМТ, результуючі вищі пікові тиски згоряння обмежували робочі умови меншими навантаженнями.

Висновок

Для досягнення високої ефективності з низьким рівнем викидів шкідливих речовин з відпрацьованими газами при організації робочого процесу РРССІ у двигуні із запалюванням робочої суміші від стиснення із високим ступенем стиснення потрібні подальші дослідження, включаючи рециркуляцію відпрацьованих газів та/або підвищення цетанового числа палива.

Література

1. https://ebrary.net/200302/engineering/partially_premixed_charge_compression_ignition_ppci
2. <https://www.slideshare.net/ASIMMANZOOOR7/2-a-premixed-charged-engines>

3. https://www.researchgate.net/publication/376159362_Effects_of_using_a_novel_fuel_vaporizer_on_partially_premixed_charge_compression_ignition_PPCCI_engine_emissions_performance_and_combustion_characteristics

Науковий консультант Корогодський В.А., професор кафедри двигунів внутрішнього згорання, д-р техн. Наук.

Аршинніков Богдан Вячеславович, ст. гр. АА-41-20

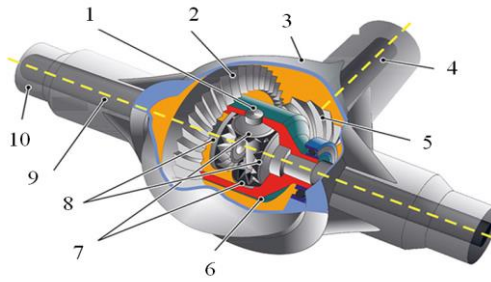
b.arshynnikov@gmail.com

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ГОЛОВНОЇ ПЕРЕДАЧІ АВТОМОБІЛІВ КАТЕГОРІЇ M₁

Важливість дослідження принципів роботи, варіантів конструкцій та будови головних передач автомобілів полягає в тому, що на сьогоднішній день даний вузол залишається невід'ємним елементом трансмісії майже будь-якого транспортного засобу, незалежно від типу його двигуна чи коробки передач, адже завжди існує потреба в належній передачі крутного моменту від передуючих вузлів трансмісії на ведучу пару коліс. Крім цього, від того, як влаштована головна передача, напряду залежать тягово-швидкісні характеристики автомобіля та його паливна економічність.

Головна передача (ГП), яка за конструкцією є зубчастим редуктором постійного зачеплення, що складається з ведучої шестерні та веденого колеса різних діаметрів (рис.1), призначена для реалізації двох основних функцій. Перша з них пов'язана з тим, що діапазон частот обертання валу автомобільного двигуна (від мінімально стійкої до частоти обертання, що відповідає максимальній потужності двигуна) складає кілька тисяч обертів за хвилину, що в декілька разів перевищує діапазон частот обертання ведучих коліс. А встановивши між двигуном та двигителем певний редуктор, а саме головну передачу, можна отримати як належне узгодження цих величин, так і підвищення крутного моменту, що підводиться до ведучих коліс, забезпечивши таким чином необхідні тягові та паливно-економічні властивості автомобіля. Друга функція ГП полягає в зміні напрямку вектора крутного моменту відповідно до компоновальної схеми автомобіля та розподілі цього моменту між ведучими колесами. Тобто у випадку, коли вісь валу двигуна паралельна поздовжній осі автомобіля, вектор моменту має бути повернутий на 90°, а далі, відповідно, завдяки вбудованому у вузол механізму диференціалу відбувається спрямування тягового зусилля на піввісі, які в свою чергу передають його на колеса автомобіля.



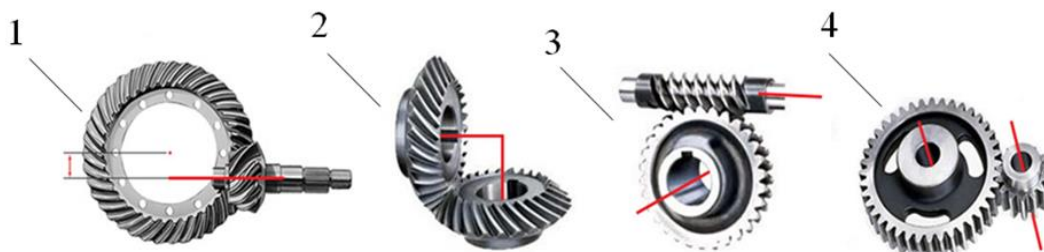
1 – вісь сателітів; 2 – ведене колесо; 3 – картер головної передачі;
 4 – вал шестерні; 5 – ведуча шестерня; 6 – корпус диференціалу;
 7 – сателіти; 8 – півосьові шестерні; 9 – піввісь; 10 – кожух півосі.

Рисунок 1 – Загальна будова головної передачі

Один з найсуттєвіших параметрів головної передачі – передавальне число. Його значення залежить від типу і призначення автомобіля, потужності і швидкохідності двигуна. Зазвичай воно складає від 3,5 до 5,5 у легкових автомобілів та від 6,5 до 9,0 у вантажних. Варто згадати про те, що передавальне число ГП підбирають таким чином, що в результаті отримуються найбільш оптимальні значення по величинах максимального крутного моменту та частоти обертання ведучих коліс для конкретного автомобіля. Загальновідомо, що застосовуються різні типи головних передач для різних видів автомобілів.

Головна передача є одним з найбільш навантажених агрегатів автомобіля, так як є кінцевим вузлом трансмісії. У зв'язку з цим до неї висувається низка вимог, серед яких: забезпечення оптимальних тягово-швидкісних і паливно-економічних характеристик автомобіля при відповідному виборі передавальних чисел; високий коефіцієнт корисної дії (ККД) у широкому діапазоні швидкісних, навантажувальних і теплових режимах роботи; бажані масогабаритні показники; плавність та безшумність роботи; мінімальні розміри по висоті задля якомога більшого дорожнього просвіту; висока надійність (безвідмовність, довговічність та ремонтпридатність) [6].

Одинарні головні передачі складаються з однієї пари шестерень (з малої та великої конічних). Для безшумної і плавної роботи в них застосовуються спіральні зуби шестерень. До них належать такі основні види ГП: циліндрична, конічна, гіпоїдна, черв'ячна (рис.2).



1 – гіпоїдна передача; 2 – конічна; 3 – черв'ячна; 4 – циліндрична.

Рисунок 2 – Основні типи ГП

Циліндрична головна передача зазвичай застосовується в передньопривідних легкових автомобілях і розміщується в загальному картері з коробкою передач і

зчепленням. Її передавальне число може бути від 3,5 до 4,2, а шестерні прямозубими, косозубими або шевронними. Має високий ККД – не менше 0,98, але даний тип передачі зменшує дорожній просвіт і є більш шумним.

Конічну головну передачу застосовують на легкових і вантажних автомобілях малої та середньої вантажопідйомності. Осі шестерень в такій передачі лежать в одній площині і перетинаються, а самі шестерні мають спіральні зуби. Редуктор має підвищену міцність зубів, відносно невеликі габарити і робить можливим зниження центру ваги автомобіля. Значення передавальних чисел таких передач знаходяться в межах від 3,5 до 4,5 (у легкових авто).

Гіпоїдна головна передача досить широко застосовується на легкових і вантажних автомобілях. Її особливість в тому, що осі її ведучої та веденої шестерень перехреснюються, а не лежать в одній площині і перетинаються, як це має місце у випадку передачі конічного типу. Дана передача може мати верхнє або нижнє гіпоїдне зміщення. Гіпоїдна ГП, що має верхнє зміщення, знайшла своє застосування на багатовісних автомобілях, так як в цьому випадку вал ведучої шестерні повинен бути прохідним. Також вона може бути встановлена і на передньопривідних автомобілях, але тут це зумовлено певними умовами компоновання. У свою чергу гіпоїдна передача з нижнім гіпоїдним зміщенням надає можливість нижче розташувати карданну передачу. А таке рішення дозволяє знизити центр тяжіння автомобіля, підвищивши його стійкість. У порівнянні з іншими гіпоїдна передача є більш міцною і довговічною, менш шумна, має високу плавність зачеплення. Крім того, вона також сприяє більш зручній компоновці приводу. Однак гіпоїдна ГП вимагає високої точності виготовлення, складання та регулювання. Також, у зв'язку з підвищеним коефіцієнтом ковзання зубів шестерень з нею обов'язково використовують спеціальні мастила з різними присадками, що утворюють на зубах шестерень міцну масляну плівку. Серед недоліків: підвищений нагрів в процесі роботи через тертя та наявність осьових навантажень на ведучий вал.

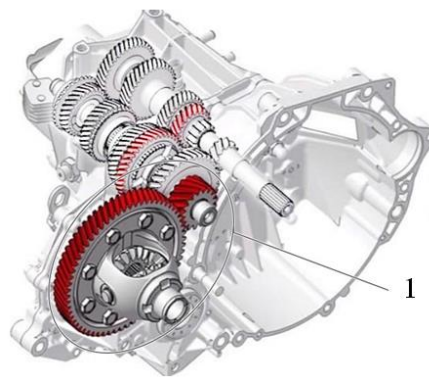
Черв'ячна головна передача може виконуватись з верхнім або нижнім розташуванням черв'яка щодо черв'ячної шестерні. Наразі застосовується рідко, найчастіше – на деяких багатовісних багатопривідних автомобілях. Її передавальне число становить від 4 до 5. Має певні переваги, такі як: незначні габарити, плавне зачеплення і мінімальні динамічні навантаження. Проте вона є трудомісткою у виготовленні та дорогою по використанню матеріалів. Крім того, вона має нижчий ККД, що лежить в межах 0,9...0,92.

Подвійні головні передачі особливі тим, що у своїй будові мають дві зубчасті пари. А саме, вони часто являють собою пару конічних шестерень зі спіральними зубами і пару циліндричних шестерень з прямими або косими зубами. Присутність саме циліндричної пари дозволяє збільшити передавальне число ГП, підвищити міцність і довговічність конічної пари. Даний механізм встановлюють на вантажних автомобілях середньої й великої вантажопідйомності, а також на повнопривідних тривісних автомобілях і автобусах. Його застосування дозволяє вирішити важливу задачу – збільшення передавального числа трансмісії для забезпечення передачі крутного моменту дуже значних величин. Виконання головної передачі у вигляді двох частин

дозволяє зменшити габарити середньої частини мосту, а також зменшити навантаження на піввісь та деталі диференціалу. Як і будь-яке рішення, рознесена передача має певні недоліки, серед яких складність будови, коштовність у виготовленні, більш складне обслуговування.

Варто зазначити, що зміна робочих параметрів редуктора ГП є одним з основних видів так званого тюнінгу трансмісії. Наприклад, за рахунок установки шестерень зі зміненим передавальним числом можна істотно вплинути на динаміку авто, максимальну швидкість, витрату палива, навантаження на коробку передач (КП) і силовий агрегат. Крім того, за рахунок підвищення якості виготовлення зубів, жорсткості деталей, використання підшипників кочення досягають кращих значень ККД головної передачі. У випадку з легковими автомобілями також часто турбуються про суттєве скорочення шуму та вібрацій під час роботи редукторів головних передач. Цього можна досягти шляхом належного змащування зубів, покращення точності зачеплення, збільшення діаметрів валів, підвищення жорсткості окремих частин [2].

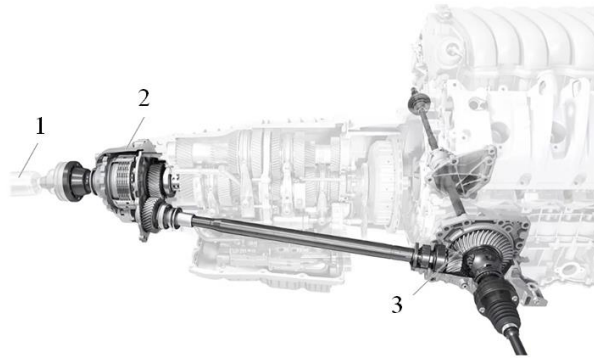
Як відомо, від конструктивних особливостей самого автомобіля залежить те, як влаштована головна передача. Одна з основних відмінностей – в розміщенні агрегата. Передача може бути або окремим вузлом, що встановлений у власному картері, як це зазвичай у задньопривідних моделей, або входити до конструкції коробки КП (рис.3), що характерно для авто з переднім приводом (той випадок, коли вихідний вал КП і приводні вали коліс розташовані паралельно).



1 – вузол головної передачі;

Рисунок 3 – Циліндрична головна передача з диференціалом, виконана в одному корпусі з 2-х вальною коробкою передач

У випадку автомобілів з повним приводом, можуть мати місце різні компоновки. Якщо в такому автомобілі силова установка має поперечне розміщення, то головна передача передньої осі входить до устрою коробки передач, а задньої – знаходиться в окремому картері. Тоді як у автомобіля, що має поздовжнє компонування, головні передачі на обох осях відокремлені від КП і роздавальної коробки (рис.4).



1 – привід задньої осі; 2 – роздавальна коробка; 3 – головна передача передньої осі.

Рисунок 4 – Частина головного приводу автомобіля Audi (при поздовжньому розташуванні двигуна).

Незважаючи на різні типи і розташування, призначення головної передачі залишається незмінним [5].

При огляді та аналізі головних передач автомобілів обов'язково варто звернути увагу на способи виконання та важливі особливості будови цього агрегату, що мають місце у сучасних автомобілях. Особливо вагоме місце серед них займає функція блокування диференціалу. Блокування диференціалу є додатковим конструктивним рішенням, що дозволяє компенсувати його основні недоліки. Справа в тому, що завдяки диференціалу при русі по сухій та рівній дорозі автомобіль здатен безпечно маневрувати та бути комфортним, тоді як в умовах бездоріжжя чи слизької поверхні диференціал іноді може зовсім позбавити автомобіль можливості руху. Варто нагадати, що диференціал слугує для розподілу крутного моменту, що йде від головної передачі, між півосями ведучих колес. Цей крутний момент має постійне значення, але співвідношення його величини на ведучих колесах в певних ситуаціях має різнитися. Для досягнення перерозподілу крутного моменту диференціалом на користь коліс з кращим зчепленням були створені різні способи блокування диференціалу (часткове чи повне блокування, ручне чи автоматичне). Про деякі з них йтиметься нижче.

Один з хороших прикладів – це активний диференціал. Тоді як звичайні вузли мають пропорційний розподіл обертання, активний диференціал здатний підкоректувати ці пропорції. Принцип його роботи полягає в наступному – при проходженні повороту швидкість обертання на зовнішньому колесі штучно робиться більшою, ніж її може забезпечити диференціал, і таким чином відбувається ефект підрулювання, що дозволяє автомобілю краще увійти в поворот, зокрема на високих швидкостях. Реалізується це шляхом встановлення додаткових планетарних редукторів на півосі, які спрацьовують у потрібний момент завдяки встановленим на них муфтам з електроприводом. Втім, дане рішення має і певні недоліки: подібні системи мають значну вагу, є досить складними та дорогими [4].

Ще одним поширеним та важливим способом керування роботою диференціалу є управління з допомогою електронних систем контролю гальмівних зусиль. Електронні системи контролю за рухом автомобіля в теперішній час знаходять

все більше і більше поширення в автомобільній індустрії. Так, наприклад, вже починаючи з кінця 1980-х років деякі передові моделі відомих виробників почали оснащуватись системами контролю тяги та зчеплення коліс, відомими як Traction Control. Сутність роботи такої системи нескладна – датчики обертання, встановлені на підконтрольних колесах, фіксують початок пробуксовування одного колеса осі відносно іншого, і тоді система автоматично пригальмовує колесо, що забуксовало, таким чином збільшуючи на нього навантаження і змушуючи диференціал еквівалентно збільшити крутний момент на колесі з кращим зчепленням з дорогою. За сильного пробуксовування система також здатна обмежувати подачу палива в циліндри двигуна. Робота такої системи досить ефективна, особливо на задньопривідних автомобілях. Зазвичай, таку систему можна примусово деактивувати кнопкою на панелі приладів. З часом, дані системи почали встановлюватись на повнопривідні автомобілі та позашляховики, причому в деяких випадках вони є єдиним засобом контролю тяги та перерозподілу крутного моменту між осями та колесами. У випадку, якщо позашляховик оснащений більш серйозними засобами розподілу крутного моменту (самоблокуючими диференціалами, жорсткими блокуваннями), то електронна система контролю гальмівних зусиль дуже вдало їх доповнює. Яскравий приклад – гарна керованість та прохідність одного з останніх поколінь позашляховиків від Toyota (4Runner, Prado, Lexus GX470). Будучи представниками однієї платформи, вони володіють міжосьовим диференціалом Torsen T-3 з можливістю жорсткого блокування, а також електронною системою контролю гальмівних зусиль і тяги з багатьма функціями, що допомагають водію керувати автомобілем [3].

Отже, блокування диференціалу – вкрай важлива функція, яка забезпечує безпеку руху та покращує керованість автомобіля в критичних ситуаціях.

В загальному сенсі, наразі найбільш доцільними і поширеними рішеннями для легкових автомобілів і не тільки є застосування гіпоїдних та циліндричних головних передач з похилим зубом, у зв'язку з тим, що вони цілком або в достатній мірі задовольняють основним вимогам, таким як, наприклад, силова здатність, плавність передачі моменту та незначна шумність, що робить досвід керування автомобілем більш ефективним та комфортним. Звичайно, ідеального варіанту не існує, тому конструктори при виборі типу головної передачі вдаються до пошуку компромісів. Відмовитись від використання головної передачі в конструкції трансмісії поки не виходить, а це означає, що напрацювання в цій сфері в основному спрямовані саме на підвищення експлуатаційних показників.

Література

1. <https://green-way.com.ua/uk/dovidniki/pidruchnyk-po-vlashtuvannju-avtomobilja/rozdil24-golovna-peredacha-i-dyferencial>
2. https://www.khadi.kharkov.ua/fileadmin/P_vcheniy_secretar/%D0%90%D0%92%D0%A2%D0%9E%D0%9C%D0%A2%D0%A0%D0%90%D0%9D%D0%A1%D0%9F/%D0%90%D0%A2/R_golovna_peredacha.pdf

3. <https://blokirovka.ua/product/vidy-differencialov-ot-4runnersovintel>
4. <http://autoleek.ua/transmissija/differencialy-i-mufty/differencial-raspredelyaem-krutyashhij-moment.html>
5. <https://yak-zrobyty.in.ua/shho-take-golovna-peredacha-v-avtomobili>
6. <https://studfile.net/preview/8892233/page:6/>

Науковий консультант: доцент кафедри автомобілів імені А.Б. Гредескула, кандидат технічних наук Дон Є.Ю.

Будник Артем Романович, група АА-41-20

qrteleo@gmail.com

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

АНАЛІЗ ПЕРСПЕКТИВНИХ НАПРЯМКІВ РОЗВИТКУ ГОЛОВНОГО СВІТЛА ФАР АВТОМОБІЛІВ КАТЕГОРІЇ М₁

Автомобільні фари, як невід’ємна частина автомобіля, були розроблені дуже давно і мають багатий історичний шлях розвитку. Вони є не лише засобом освітлення доріг, але й важливим аспектом безпеки та дизайну автомобільної індустрії. Відомо, що перші автомобілі були оснащені лампами на палеві, які допомагали водіям освітлювати шлях уночі. З того часу фари пройшли довгий шлях в своїй еволюції, змінюючись від ламп на палеві до електричних ламп на основі розжарювання і, нарешті, до сучасних світлодіодних систем головного світла світло-техніки транспортних засобів.

Сьогодні під час проектування та фактичного виробництва транспортних засобів застосовуються конструктивні рішення за різноманітними типами автомобільних фар» за конструкцією оптичної частини (відбивні, рефлекторні, лінзовані, матричні та комбіновані) та використання самого випромінювача світла, таких як галогенові, ксенонові, світлодіодні. Кожен тип має свої переваги і особливості експлуатації, що впливають на освітленість частини дорожнього полотна, розширення зон видимості на дорозі та комфорт сприйняття світлового потоку водіями.

Однак, самим передовим типом фар є матричні фари. Вони використовують сучасні технології керування світлодіодами, щоб забезпечити максимальну видимість та безпеку на дорозі, з використанням мінімальної сили струму та потужності світлового елемента із світловим потоком приближеним до денного світла. За своїм функціоналом матричні фари можуть розділяти випромінюване світло на різні сегменти, регулювати інтенсивність та напрямок освітлення, що дозволяє водіям більш точно контролювати освітлення частин доріг і уникати засліплення інших учасників дорожнього руху.

Матрична фара має кілька варіантів роботи, залежно від зовнішньої інтенсивності освітлення, експлуатаційних факторів та режиму експлуатації транспортного засобу. Конструктивно світлодіодна матриця такої фари має 25 світлодіодів, по п’ять у кожній секції матриці, кожна з секцій регулюється за рівнем інтенсивності освітлення за спеціальними датчиками та має окрему

лінзу, здатну змінювати фокус. У салоні автомобіля встановлюється фотоелектричний датчик, який керує роботою фар та інтенсивністю світлового потоку. Особливістю сучасних матричних фар можна вважати «анти-осліплюваність», тобто при наближенні зустрічного автомобіля водіїв не потрібно робити світло фар тьмянішим, водій продовжує рух з яскравим світлом, адже воно не засліплює зустрічний транспорт і повністю безпечно за кольором і інтенсивністю світловим потоком. Таким чином сучасні матричні фари будова яких наведена на рис.1 прикладі *Audi*, реалізують можливість керування ними за функцією динамічного слідування за об'єктами та віртуального перемикання світла. При якому реалізовані багато режимів роботи такої фари. Також реалізовано можливість за рахунок вбудованої в транспорний засіб навігаційної системи, переміщувати світло від фар у бік повороту транспортного засобу, що важливо в умовах малої оглядовості та освітленості вулиці що дуже зручно для водія [1, 4].

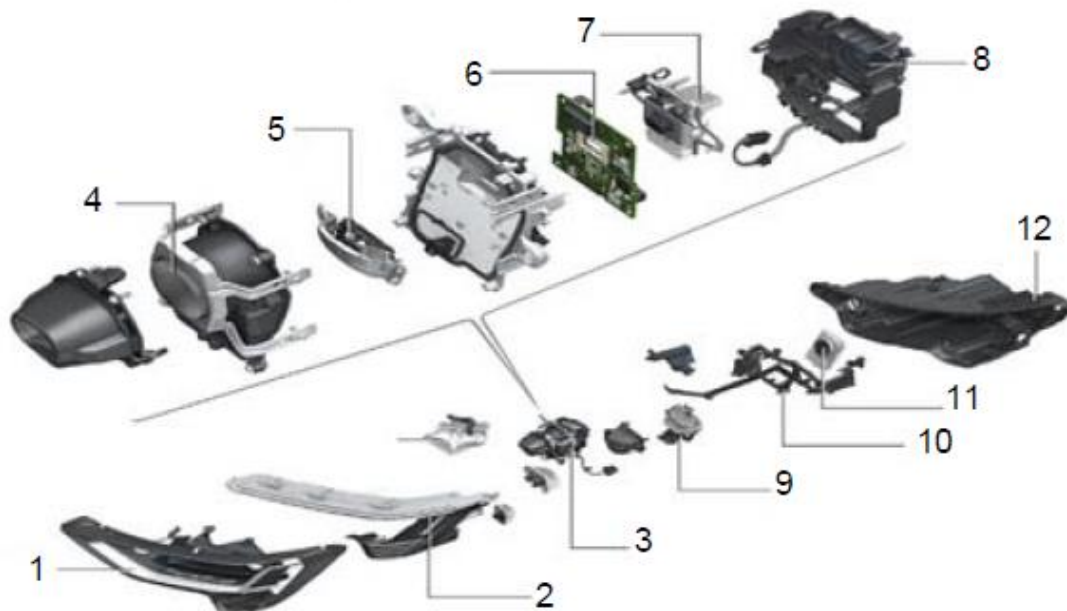
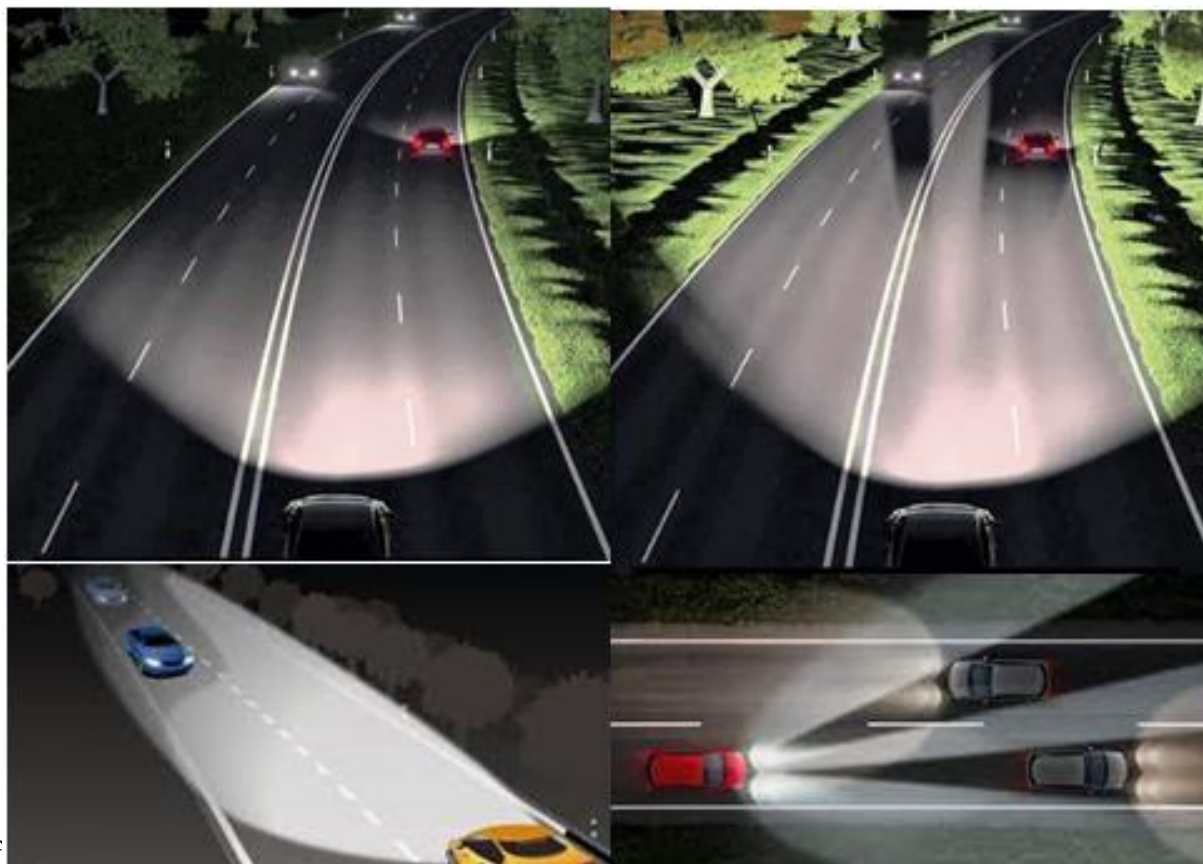


Рисунок 1 Будова сучасних матричних фар автомобіля сімейства Audi

1 – дизайнерське пластикове оздоблення блок фари, 2 – денні ходові вогні, 3 – світлодіодне освітлення поворотів, 4 – проекційний об'єктив, 5 – первинна оптика з відхиляючим дзеркалом і світлодіодне джерело світла, 6 – електроніка управління з мікросхемою DMD, електроніка з чіпом DMD, 7 – охолодження чипів мікросхем, 8 – охолодження модуля фари, 9 – DML – модуль, 10 – комбінований світлодіодний модуль ближнього світла, кріплення опорної рами блоків, 11 – блок управління та електроніки, 12 – корпус блок-фари

Світлодіодний модуль головного світла матричних фар з 25 світлодіодами фізично розділений на 2 блоки, об'єднаних у групи по 5 світлодіодів показано на рис.1 і в сукупності утворюють цільну матрицю. Кожна група має свій відбивач та металевий радіатор для охолодження. За допомогою матриці із

світлодіодів реалізовано близько одного мільярда різних комбінацій розподілу світла, як показано на рис.3 [1, 5].



Ff

а

а) Звичайні фари

б

б) Матричні фари

Рисунок 2 Порівняння світлотіньової границі від звичайних фар з матричними у різних проекціях

Таким чином конструктивно, модуль ближнього світла фар розташований під модулем дальнього світла фар та складається з 15 світлодіодів, поділених на кілька сегментів. У нижній частині корпусу блок-фари розміщено модуль денних ходових вогнів (ДХВ), габаритних вогнів та покажчика повороту. Конструктивно в цілому модуль сучасної матричної блок-фари включає 30 послідовних світлодіодів, а саме розташування модулів освітлення підкреслено дизайнерським обрамленням. У матричній фарі розташований і електронний блок керування. Для примусового охолодження світлодіодів фара оснащена повітроводом з вентилятором. Всі конструктивні елементи сучасної матричної фари поміщені в пластиковий корпус, який є основою розміщення елементів, захищає їх від зовнішніх впливів та стійкий до корозії. З лицьової частини корпус закритий світло прозорим пластиковим кожухом із нанесеними – сегментарно, ділянками розсіювачами для модулів світлодіодів з ДХВ та покажчиків поворотів. Електронна система керування такої фари – включає вхідні пристрої, блок управління та виконавчі елементи, які показані на рис.3 [4, 5].

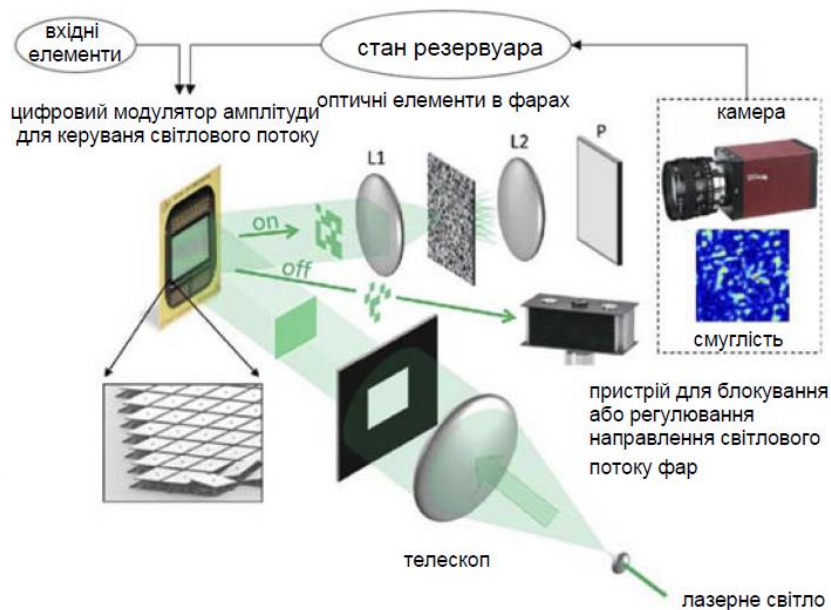


Рисунок 3 Електронний блок керування матричної фари з сегментацією відбивача

Вхідними пристроями наведеної фари є відеокамера та ряд датчиків що показані на рис.3. Відеокамера надає інформацію про інші транспортні засоби на дорозі. Разом з цим в керуванні такого типу матричних фар задіяні датчики інших систем автомобіля, таких як: датчик кута повороту рульового колеса, датчик швидкості руху транспортного засобу, датчик дорожнього просвіту, датчик зовнішньої освітленості, датчик дощу. В сучасних версіях матричних фар також використовуються відповідні дані з навігаційної системи транспортного засобу і різного типу маршрутні дані (характер руху, швидкість, тип і рельєф дорожнього покриття, населені пункти). Електронний блок керування ЕБК на рис.1 обробляє отриману оперативну інформацію від вхідних пристроїв та датчиків і в залежності від дорожньої ситуації активує/деактивує певні світлодіоди матричного блоку фари показано на рис.4 [4,5].

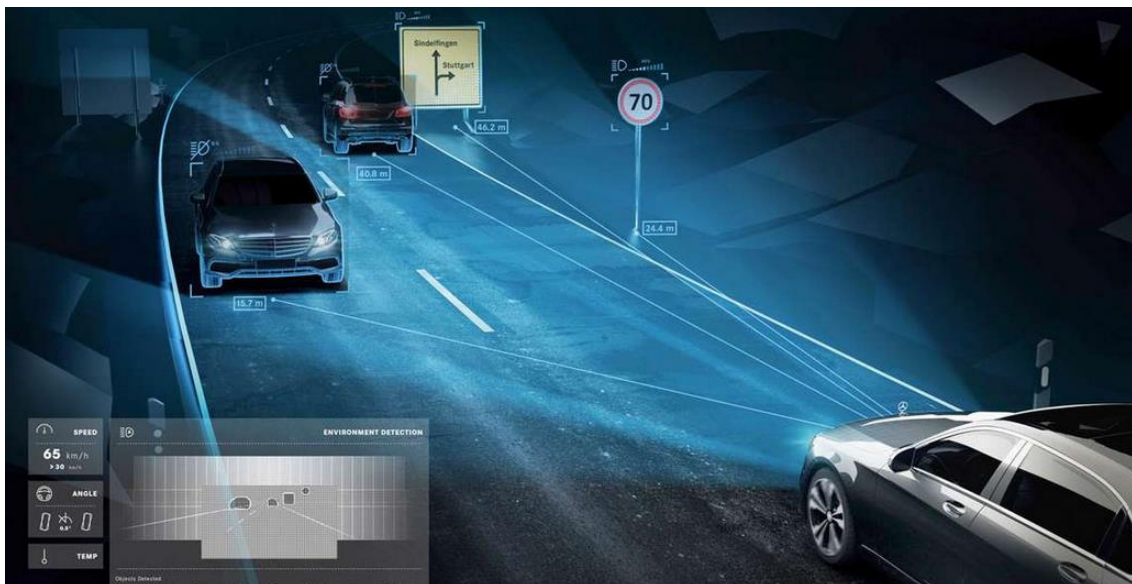


а) – Відображення роботи секцій світлодіодного модуля блок фари при зустрічному роз'їзді.
 Б) – загальний вигляд матричної блок фари під час її роботи у різних режимах.
 Рисунок 4 Загальний вид роботи секцій сучасної світлодіодної оптики

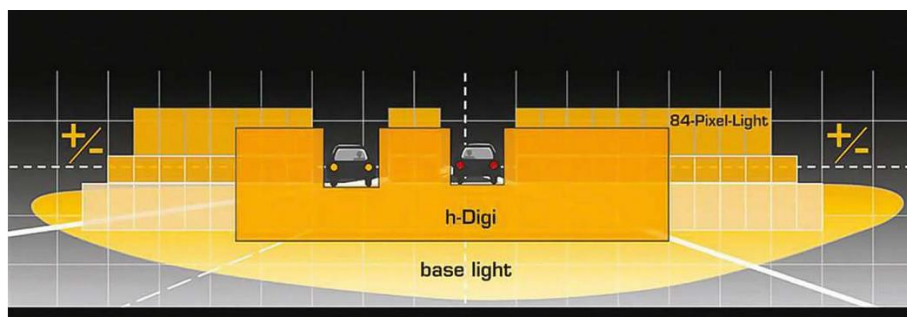
У наведених матричних фарах не використовуються поворотні механізми із сервоприводами, як у попередніх версіях ксенонових та лінзованих фар. Усі робочі функції виконуються за допомогою електроніки та статичних світлодіодів, зведених в матричний модуль, які і реалізують почерговим вмиканням комбінації світлодіодів в матриці різні режими освітлення дороги в автоматичному режимі [1, 2]. За винятком останнього покоління матричних фар в яких реалізовано також сегментарну дію пікселів відбивача світла від світлодіодів показано на рис.3.

Таким чином водію достатньо увімкнути автоматичний режим на панелі курування головним світлом, фара самостійно підбирає режим освітлення дороги та пристосовується до зовнішніх факторів експлуатації автомобіля.

Переваги матричних фар серед конкурентів: збільшення комфорту і безпеки руху; автоматичний вибір та адаптування режиму роботи освітлення; відсутність засліплення для зустрічних водіїв; адаптивна робота світла при русі по прямій і в поворотах; виявлення пішоходів; динамічні покажчики поворотів. Габаритні розміри – галогенна і газорозрядна лампи вимагають великого простору для установки в оптиці блок-фари та необхідність її лінзування, а світлодіоди легко розміщуються на маленькій платі модульного блоку. Мала сила струму при великому світловому потоці із кольором близьким до денного, що позитивно впливає на сприйняття його водієм та зменшення зорової втоми під час довгої їзди. Разом з цим сучасні лед фари головного світла мають багато можливих комбінацій освітлення дорожнього покриття, роблять рух максимально комфортним і безпечним [2, 4].



а) Сучасне моделювання відображення піктограм та символів обстановки під час дорожнього руху, бортовим комп'ютером зв'язаним з матричними фарами та камерою.



б) Розподіл світлового потоку електронним блоком керування матричних фар під час дорожнього руху.

Рисунок 5 Цифрова адаптивна оптика на основі Digital Micromirror Device

Цифрова адаптивна оптика від компанії *Mercedes* з поверхнями із мікродзеркалами за технологією (*DLP*) — спеціальна матриця *Digital Micromirror Device*, мікросхема з поверхнею із мікродзеркал, які ведуть себе як модуль пам'яті *SRAM* в комп'ютерах.

Однак, на сьогодні у матричного лед освітлення автомобіля є і недолік – його вартість. Таке освітлення складається з великої кількості додаткових елементів, починаючи з електронного блоку керування і закінчуючи відеокамерами для фіксації руху транспортного засобу на дорозі. Однак саме матричне освітлення фарами сучасних автомобілів після випробовувань та апробації на автомобільних шляхах загального призначення, показало себе тільки з найкращого боку [4, 5].

Можна зробити загальний висновок – матричні фари є суттєвим проривом серед оптики за рахунок збільшення комфорту керування автомобілем, підвищення обзорності у нічний час і максимально автоматизується режим роботи головного освітлення, що прямо впливає на безпеку руху: відсутність ефекту засліплення для зустрічних водіїв, адаптивна робота світла при русі по прямій з різними швидкостями та рельєфом і в поворотах, виявлення у темну добу пішоходів, динамічні покажчики поворотів. Матричні фари крім того мають футуристичний дизайн, що надає автомобілю позитивного маркетингового «забарвлення» виділення із загального потоку автомобілів це є концептуальним рішенням, встановлюючи на різні категорії автомобілів.

Література

1. © 2015-2020 Auto.Today/bok/4802
2. Jiang Li A Matrix Headlamp Design Based on Artificial Intelligence Controller Control. 2020 J. Phys.: Conf. Ser. 1574 012091. Doi:10.1088/1742-6596/1574/1/012091
3. Audi-technology-portal.de(electrics-electronics/lighting-technology/matrix-led-headlights)
4. <https://oborudow.ru/uk/suspension/matrichnye-fary-audi-matrix-led-kak-eto-rabotaet-matrichnye-fary-progressivnye>
5. <https://autotopik.ru/obuchenie/chto-takoe-matrichnye-fary.html>

Науковий консультант: доцент кафедри автомобілів ім. А.Б. Гредескула, к.т.н. Дон. Є. Ю.

АНАЛІЗ РОБОТИ ТА КОНСТРУКЦІЇ ЦИФРОВОЇ СИСТЕМИ КУРСОВОЇ СТІЙКОСТІ АВТОМОБІЛЯ

Система курсової стійкості – активна система безпеки, яка служить, головним чином, для запобігання заносів під час руху автомобіля. Робота системи забезпечує курсову стійкість автомобіля під час маневрів, запобігаючи виникненню бічного ковзання та зриву в занос. Дана система може мати різні назви, які відображають її призначення: система курсової стійкості (система підтримки курсової стійкості), система динамічної стабілізації (йдеться про поперечну динаміку автомобіля), електронний контроль стійкості, а також просто протизаносна система. Система курсової стійкості показала свою високу ефективність, вона була визнана одним із найважливіших винаходів, який багаторазово підвищив безпеку автомобілів. Розберемо систему ESP (Electronic Stability Program).

Робота ESP взаємопов'язана з гальмівними механізмами автомобіля, ABS, а також з антибуксовувальною системою та електронним блоком керування двигуном. У своїй роботі система активно використовує всі ці компоненти, комплексно поєднуючи їх дії та забезпечуючи кілька контраварійних заходів під час виникнення поперечної динаміки або, простіше кажучи, ковзання задньої осі автомобіля, що не керується. У систему ESP входить багато датчиків: швидкості обертання коліс, положення рульового колеса, тиску в гальмівній системі, вимірювання кутової швидкості щодо вертикальної осі та поперечного прискорення (G-сенсор). Інформація з цих датчиків надходить до головного блок-контролера, який, обробляючи інформацію, при виникненні критичної ситуації сприяє відновленню положення авто в траєкторії шляхом пригальмовування одного або кількох коліс. ESP тісно пов'язана із системою ABS та блоком управління двигуном.

Основними елементами системи ESP є (рис. 1): -

- Датчики швидкості: Вони вимірюють швидкість обертання кожного з коліс. Якщо одне з коліс обертається швидше або повільніше за інші, це може свідчити про втрату зчеплення з дорогою.
- Гіроскопи та акселерометри: Вимірюють кутові швидкості та прискорення автомобіля. Ця інформація використовується для визначення напрямку руху та кута нахилу автомобіля.

Компоненти системи ESP

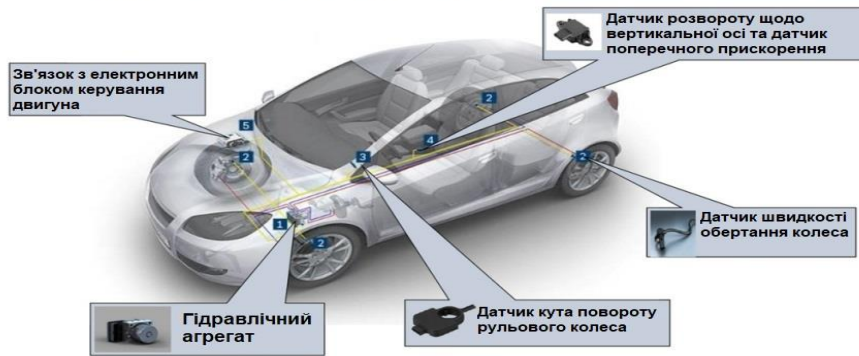


Рисунок 1 – Схема системи ESP

1 – Гідравлічний агрегат; 2 – Датчик швидкості обертання колеса; 3 – Датчик кута повороту рульового колеса; 4 – Датчик розвороту щодо вертикальної осі та датчик прискорення; 5 – Зв'язок з електронним блоком керування двигуна;

- Електронний блок керування (ECU): Це центральний пристрій, який приймає дані від датчиків та приймає рішення про активацію гальм на окремих колесах для відновлення стійкості автомобіля.

- Активатори гальм: Електроніка ESP керує гальмами окремих коліс, щоб запобігти ковзному або занесеному руху. Це робиться шляхом автоматичного регулювання гальмівного тиску на кожному колесі.

- Двигунний регулятор: В деяких випадках ESP може впливати на роботу двигуна, щоб зменшити потужність і запобігти додатковим втратам стійкості.

- Система антиблокування гальм (ABS): Часто ESP інтегрована з системою ABS, що дозволяє керувати гальмуванням окремих коліс для покращення керуваності та запобігання блокуванню коліс.

Система ESP працює, контролюючи гальма на окремих колесах і впливаючи на момент обертання, щоб запобігти заносу, ковзанню або втраті стійкості автомобіля. Це покращує безпеку водіння, особливо в умовах несприятливих погодних умов або за різких маневрів (рис. 2).

Принцип роботи ESP

Надмірна повертаність

- Автомобіль обертається (задня вісь ковзає до зовнішньої дуги повороту)
- Швидкість рискання занадто велика
- Стабілізація за рахунок гальмування на передньому колесі зовнішнього радіуса



Недостатня повертаність

- Передня вісь ковзає до зовнішньої дуги повороту
- Швидкість рискання занадто мала
- Стабілізація за рахунок гальмування на задньому колесі внутрішнього радіуса



Рисунок 2 – Принцип роботи ESP

Система Hill Assist (НАС; HSA; Hill Holder; HLA) , або система допомоги при старті на підйомі, є технологічним пристроєм в автомобілі, який запобігає його відкочуванню при старті на підйомі. Ця система активується, коли автомобіль стоїть на поверхні, і водій починає відпускати зчеплення. Завдяки Hill Assist автомобіль затримується на місці без додаткового використання гальм, що полегшує старт на підйомі та запобігає відкоченню назад.

Принцип роботи системи Hill Assist базується на використанні гальм. Коли водій відпускає зчеплення на підйомі, система автоматично задіє гальма на короткий час, щоб утримати автомобіль на місці. Після того, як водій починає активно рухатися вперед, система автоматично вимикається (рис. 3.).

Renault's Hill Start Assist Technology

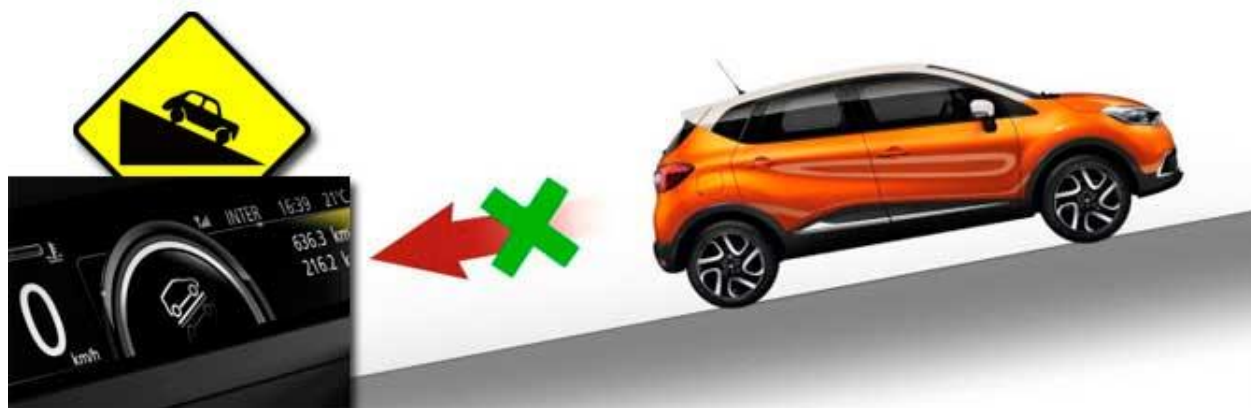


Рисунок 3 – Концепт роботи системи Hill Assist

Основними компонентами системи Hill Assist є:

- Датчики нахилу: Система зазвичай використовує датчики нахилу для визначення, чи знаходиться автомобіль на підйомі.
- Гальма: HSA використовує гальма для утримання автомобіля на місці після того, як водій відпустив гальмівну педаль.
- Електронний блок управління: Це комп'ютер, який керує системою HSA. Він обробляє дані від датчиків нахилу та керує гальмами таким чином, щоб запобігти відкату автомобіля.

Система екстреного гальмування (Brake Assist) – Електронна система управління тиском у гідравлічній системі гальм, яка у разі необхідності екстреного гальмування та недостатнього при цьому зусилля на педалі гальма самостійно підвищує тиск у гальмівній магістралі.

Принцип роботи системи Brake Assist: система розпізнає ситуації, коли водій задіє гальма в екстреному порядку – звертає увагу на швидкість натискання педалі і посилює цей вплив. Через електронний блок управління відбувається активація електромагніту приводу штока та вакуумного підсилювача гальм. По

суті, система BAS гарантує, що в екстреній ситуації педаль гальма буде натиснута з необхідною силою незалежно від людського фактора (рис. 4).

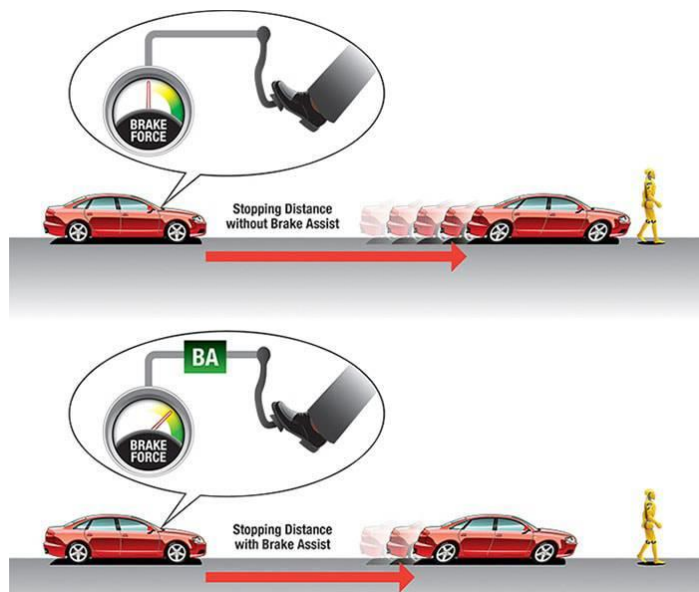


Рисунок 4 – Демонстрація роботи системи екстреного гальмування

Основними елементами системи Brake Assist є:

1 – Датчики гальмування: Система Brake Assist використовує датчики, які постійно моніторять швидкість гальмування, тиск на педаль гальмів, а також інші параметри, пов'язані з процесом гальмування.

2 – Керуючий блок: Цей блок відповідає за обробку даних від датчиків та ухвалення рішення про те, коли активувати систему Brake Assist. Він також може взаємодіяти з іншими системами безпеки автомобіля.

3 – Гідравлічна система гальм: Brake Assist використовує існуючу гідравлічну систему гальм автомобіля для активації додаткової сили гальмування в екстрених ситуаціях.

4 – Активатор гальмування: Цей компонент відповідає за застосування додаткової сили гальмування. У деяких системах це може бути реалізоване шляхом збільшення тиску в головному гальмівному циліндрі.

5 – Алгоритм активації: Brake Assist працює на основі алгоритму, який визначає коли водій виконує екстрене гальмування. Якщо система виявляє, що водій занадто слабо натискає на гальмоу ситуації, що вимагає швидкого та ефективного гальмування, вона активує Brake Assist для надання додаткової сили гальмування.

Література

1. <https://webshop-ua.intercars.eu/>
2. <https://www.infocar.ua/>
3. <https://www.autocentre.ua/>
4. <https://mercedes-benz-kiev.com/>

Науковий консультант професор кафедри автомобілів ім. А.Б. Гредескула, д.т.н. Александров Є.Є.

ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ТИПІВ ПІДВІСОК ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ КАТЕГОРІЇ М₁

Підвіска автомобіля є сукупністю елементів, що забезпечують пружний зв'язок між кузовом (рамою) і колесами (мостами) автомобіля. Головним чином підвіска призначена для зниження інтенсивності вібрації і динамічних навантажень (ударів, поштовхів), що діють на людину, вантаж або елементи конструкції автомобіля, що перевозиться, при його русі по нерівній дорозі. Правильна робота підвіски забезпечує керування автомобілем комфортним та безпечним. Тобто підсумовуючи, можна сказати, що підвіска автомобіля це – сукупність пристроїв, що забезпечують пружний зв'язок між несучою системою та колесами (або мостами) автомобіля, зменшення динамічних навантажень на несучу систему та колеса та загасання їх коливань, а також регулювання положення кузова автомобіля під час руху [1]. Властивості підвіски конкретного автомобіля залежать від різних параметрів, налаштувань, виду підвіски та взаємодії окремих деталей [1-4].

Основними елементами підвіски автомобіля є (рис. 1):

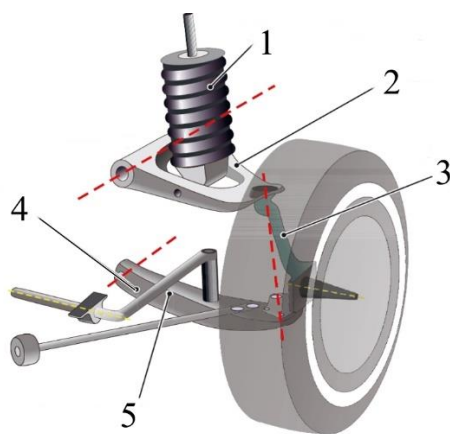


Рисунок 1 – Схема важільної підвіски

1 – пружина разом із амортизатором; 2 – верхній важіль; 3 – поворотний кулак; 4 – стабілізатор поперечної стійкості; 5 – нижній важіль

- пружні елементи, які сприймають і передають нормальні (спрямовані по вертикалі) сили реакції дороги, що виникають при наїзді колеса на її нерівності;
- напрямні елементи, які задають характер переміщення коліс і їх зв'язку між собою і з тримальною системою, а також передають поздовжні і бічні сили та їх моменти.

- Амортизатори, які слугують для гасіння коливань тримальної системи, що виникають внаслідок дії дороги.

Пружини, їхня основна функція полягає в гасінні механічної енергії автомобіля. Кількість запасеної енергії залежить здебільшого від їхнього матеріалу та довжини.

Пружини відповідають за підтримку ваги автомобіля та виконують амортизацію нерівностей на дорозі. Пружини виготовляються з спеціальної пружинної сталі.

Амортизатори, відповідають за зниження коливань підвіски та більш м'яку їзду на нерівних дорогах, їхньою метою є захист від вібрацій та великих навантажень. Амортизатори знаходяться між колесами і рамою автомобіля. Верхня частина амортизаторів прилягає до автомобіля, а нижня – до коліс.

Стабілізатор поперечної стійкості представляє собою металевий елемент, який сполучає обидва кінці підвіски та запобігає збільшенню поперечного нахилу кузова у поворотах.

Проаналізуємо два типи підвісок які являються найпопулярнішими на легкових автомобілях (рис. 2).

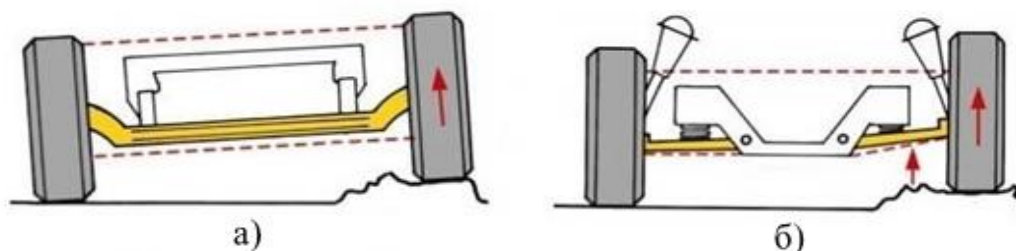


Рисунок 2 – Схема залежної та незалежної підвіски

а – залежна підвіска; б – незалежна підвіска.

Залежна підвіска (рис.2 а) – це підвіска, в якій вісь жорстко пов'язує між собою два колеса і переміщення одного з них приводить до зміни положення іншого. Перевагами такої підвіски є простота конструкції, менша вартість, але вона має більш жорсткі характеристики, що може дати кращу стабільність на дорозі. Із недоліків має великовагові деталі, малу ефективність гасіння дрібних нерівностей дороги [1-4].

Незалежна підвіска (рис.2 б) – це підвіска, в якій колеса автомобіля не мають зв'язку один з одним, де переміщення одного не впливає на положення іншого, що забезпечує більш рівномірний та стабільний хід автомобіля на нерівних дорогах та підвищує контакт колеса з дорогою.

Із переваг має кращу стабільність та контроль автомобілем під час руху, менші вібрації та більш гладкий хід автомобіля оскільки кожне колесо працює незалежно від іншого, краща маневреність та широкі можливості регулювання. Недоліками є вища вартість, складність конструкції, більшу регулярність ремонту чим залежна підвіска та має більшу вразливість до пошкоджень при їзді по бездоріжжям.

Торсіонна підвіска – це тип підвіски, де головною деталлю є торсіонна пружина. Балка, яка має з'єднання одним кінцем з нижнім опорним важелем, другим до рами (рис. 3) скручується під тиском, щоб мати певну незалежність руху кожного колеса.

Така конструкція має свої переваги, включаючи компактність, підвищену комфортність та легкість керування. Недоліками торсійної підвіски є, незмога зробити якісну шумоізоляцію, а також є виникнення додаткових вібрацій на кузов, які гарно відчуються на задньому сидінні.

Гідропневматична підвіска (рис. 4) – це тип підвіски, яка використовує гази та рідини, для здійснення комфортної їзди на автомобілі. Ця система складається з гідравлічних демпферів, інтегрованих у циліндр або асистент, та центрального блоку управління, який регулює тиск рідини, що проходять через систему

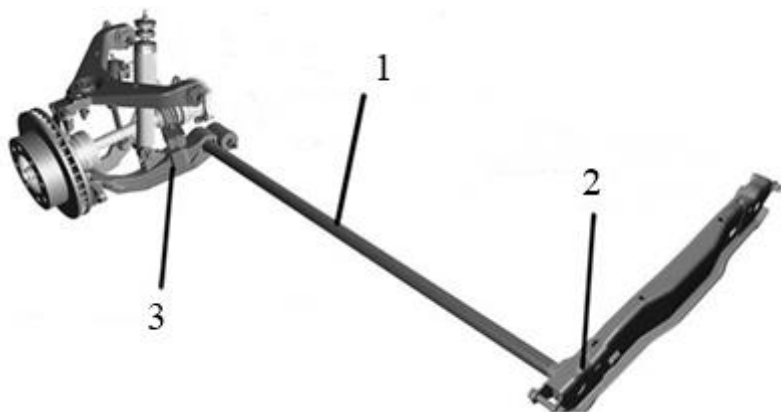


Рисунок 3 – Торсійна підвіска

1 – стержень торсіона; 2 – кріплення торсіону до рами; 3 – нижній опорний важіль підвіски

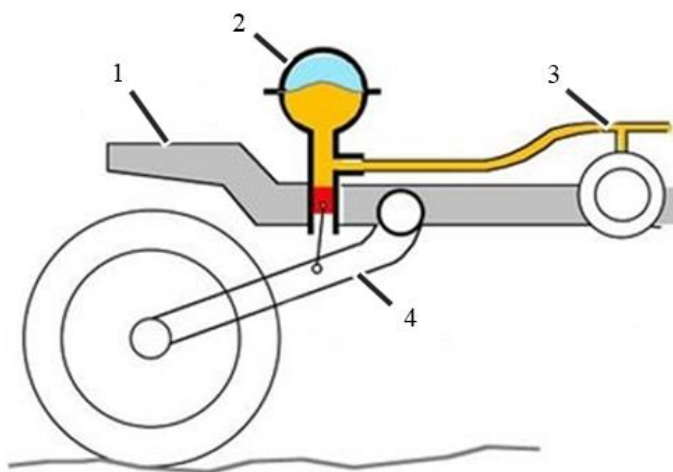


Рисунок 4 – Структурна схема гідропневматичної підвіски

1 – шасі; 2 – гідроаккумулятор; 3 – насос; 4 – важіль підвіски.

Кожне колесо автомобіля має свій власний гідравлічний демпфер, що дозволяє кожному колесу працювати незалежно від інших коліс.

Пневматична підвіска автомобіля (рис. 5) – підвіска, яка використовує пневмобалони для регулювання і підтримки кліренсу автомобіля, а також амортизації поштовхів, ударів і вібрацій на дорозі.

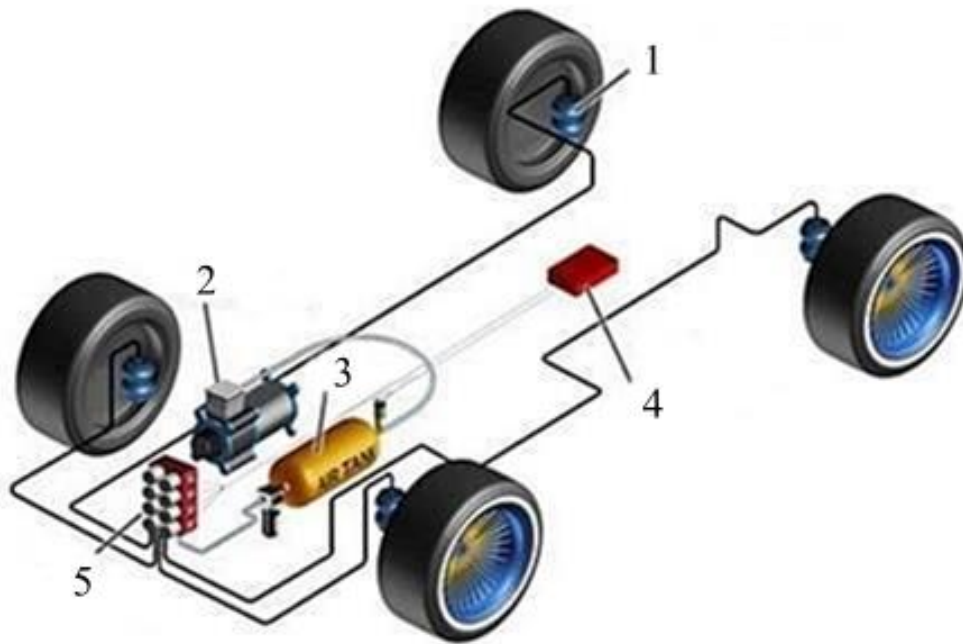


Рисунок 5 – Схема пневматичної підвіски

1 – пневмоелемент; 2 – компресор; 3 – ресивер; 4 – блок керування;
5 – блок клапанів.

Основна ідея пневматичної підвіски полягає у використанні стисненого повітря в якості амортизаційного матеріалу, що гарантує комфортну їзду, кращу маневреність автомобіля а також пневматична підвіска забезпечує зміну кліренсу в залежності від умов дорожнього руху. Недоліком є чутливістю до пошкоджень [1-4].

Підвіска Макферсона (рис. 6) – це тип підвіски, який зазвичай використовується на передній осі автомобіля, також може використовуватись і на задніх колесах. Направляючий пристрій кожного колеса має телескопічний механізм, який у верхній частині з'єднується з кузовом шарнірно, а в нижній через шарнірно під'єднаний важіль. Амортизаційна стійка включає амортизатор і пружину яка затиснута між опорними чашками.

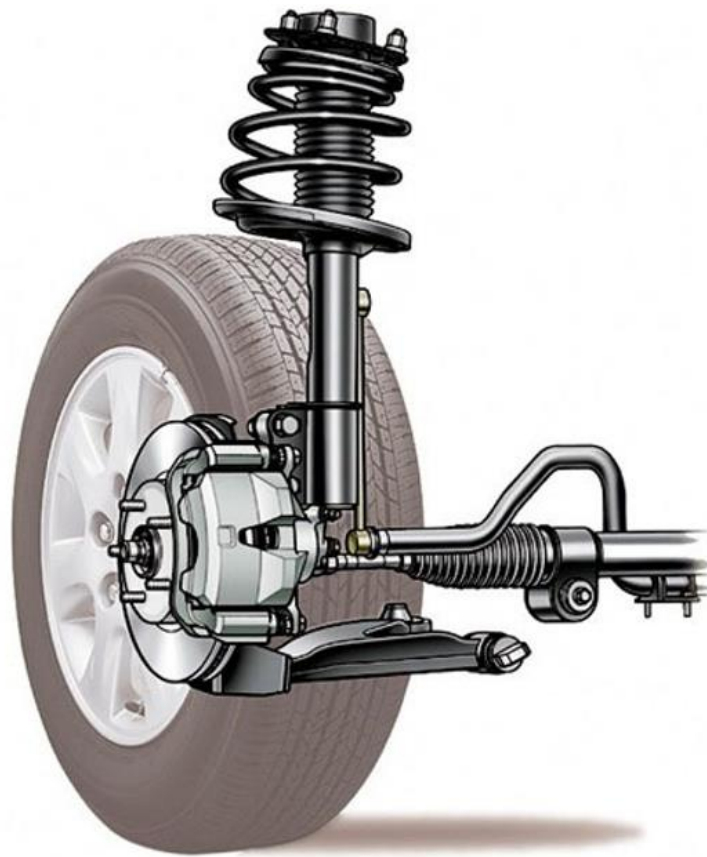


Рисунок 6 – Схема підвіски типу Макферсон

Підвіска Макферсона компактна, має меншу масу невідвіснених частин та вихід її з ладу легко діагностувати. З недоліків має складність до ізоляції дорожніх шумів, тертя між штоком і напрямною погіршує роботу підвіски, через майже вертикальне положення амортизатора, на кузов надходять вібрації від дороги.

Адаптивна підвіска автомобіля – це сучасна технологія підвіски, у якій вертикальне переміщення колеса при русі автомобіля контролюється бортовою системою керування, яка за допомогою сенсорів, датчиків та камер дає змогу заздалегідь підготувати підвіску до поганої ділянки дороги.

Принцип роботи адаптивної підвіски (рис. 7) полягає в тому, що вона використовує датчики та електронні системи для автоматичного регулювання жорсткості і кліренсу підвіски в залежності від дорожніх умов, швидкості руху та стилю водіння забезпечуючи максимальний комфорт і безпеку пасажирів.

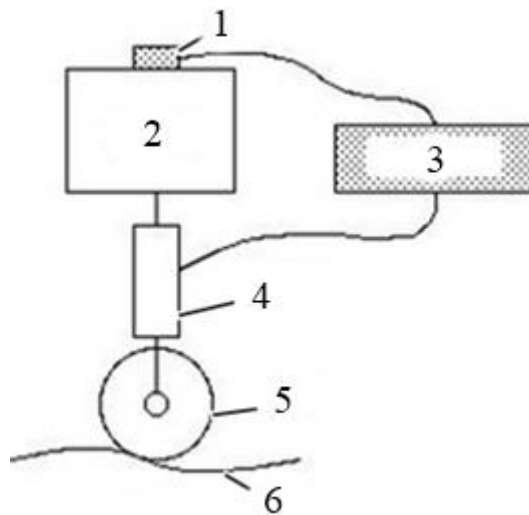


Рисунок 7 – Схема активної підвіски

1 – Сенсор; 2 – пружний елемент підвіски; 3 – блок керування; 4 – електронно керований амортизатор; 5 – колесо; 6 – опорна поверхня.

Електронні датчики збирають та надсилають інформацію про дорожні умови в блок керування. Він аналізує дані, надсилає команди виконавчим механізмам. Рідина, яка використовується в амортизаторах адаптивних підвісок, зазвичай називається адаптивною рідиною або електромагнітною рідиною. Ця рідина має особливі властивості, які дозволяють амортизаторам швидко реагувати на зміну дорожнього покриття та інші фактори [1-4]. Одним з великих проривів адаптивних підвісок можна назвати технологію амортизації – Magic body control (рис. 8).

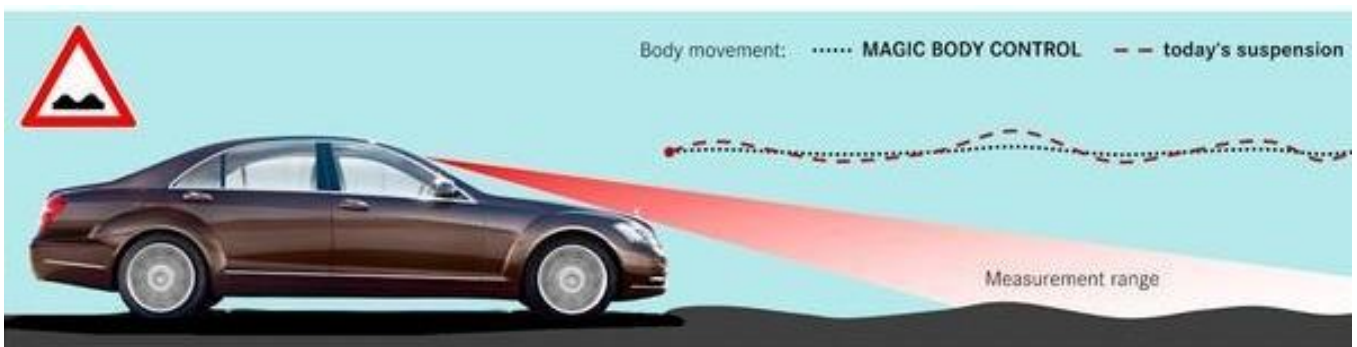


Рисунок 8 – Принцип роботи реагування

Основна ідея Magic Body Control полягає в тому, що система виявляє нерівності на дорозі за допомогою камери, розташованої на передньому склі (рис. 9) автомобіля, та передає цю інформацію на комп'ютер, який здійснює регулювання підвіски. За допомогою спеціальних гідравлічних амортизаторів, система може контролювати рівень жорсткості підвіски на кожному колесі окремо, що дозволяє пасажиром не відчувати ніяких поштовхів та турбулентностей, які виникають на нерівних дорогах.

Для того, щоб система працювала ефективно, автомобіль повинен бути обладнаний спеціальними камерами, які виявлять нерівності на дорозі для здійснення точного регулювання підвіски. Однак, Magic Body Control має свої обмеження та не може пристосуватися до усіх видів доріг та умов їзди [1-4].

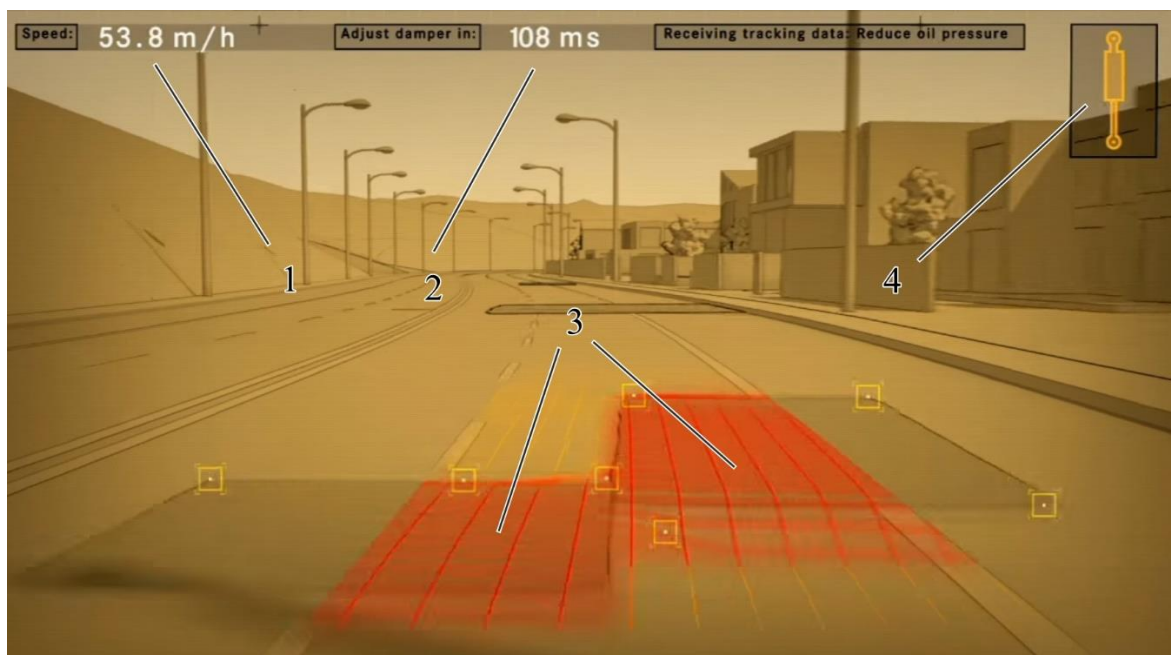


Рисунок 9 – Вигляд зі стерео камери

1 – швидкість автомобіля; 2 – час спрацювання; 3 – нерівність дороги;
4 – положення амотризатора.

Узагалі, Magic Body Control є дорогим та складним рішенням для підвіски автомобіля, і тому він не є стандартним обладнанням на більшості авто Mercedes-Benz. Однак, ця технологія може знайти своє застосування в майбутніх автомобілях вищого класу, які будуть обладнані більш новітніми технологіями підвіски.

Література

1. https://uk.wikipedia.org/wiki/Підвіска_автомобіля
2. <http://autopark.pp.ua/906-scho-take-torsonna-pdvaska.html>
3. <https://webshop-ua.intercars.eu/chitaite/News/shcho-take-pidviska-makferson-i-yak-yona-pratsiue>
4. https://wiki.tntu.edu.ua/Гідравлічна_підвіска_транспортного_засобу

*Науковий консультант асистент кафедри автомобілів імені А.Б. Гредескула,
канд. Техн. Наук: Дон Є.Ю.,*

Жовнер Ілля Сергійович, ст. гр. АА-41

zhovner.ilya@icloud.com

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

СУЧАСНІ АКТИВНІ БЕЗПЕКИ АВТОМОБІЛЯ

Активна безпека автомобіля спрямована на попередження та запобігання дорожньо-транспортним пригодам. Вона включає в себе комплекс технологій та систем, що дозволяють підвищити контроль водія над автомобілем, поліпшити керуваність та стійкість, а також автоматизувати деякі функції для зниження ймовірності помилок водія. Головне завдання активних систем безпеки – це відчувати небезпечну ситуацію на дорозі і не допустити зіткнення або мінімізувати його наслідки шляхом гальмування. Якщо раніше організації з тестування автомобілів орієнтувались лише на краш-тести, то в останні роки ефективність саме електронних систем активної безпеки набуває все більшої ваги в їх оцінках.

Після багаторічних досліджень, прототипом першої електронної системи активного захисту автомобіля, яку в майбутньому почали масово встановлювати в автомобілі, стала антиблокувальна система гальм (ABS), ця система призначена для запобігання блокуванню коліс при екстремому гальмуванні, ABS відчуває початок блокуванню коліс за допомогою спеціальних датчиків на кожному колесі і автоматично регулює гальмівне зусилля так, щоб колеса обертались на межі заносу. Це дозволяє зберегти керуваність авто, поліпшити курсову стійкість на гальмуванні та скоротити гальмівний шлях в екстремальних ситуаціях. Розробка основного виду ABS який до наших днів удосконалюється розпочався ще в 1960-х роках німецькою компанією Teldix GmbH, до 1970-х інженер Гейнц Лібер вже розробив основу майбутньої антиблокувальної системи, пізніше він очолив відділ електрики та електроніки концерну Daimler-Benz. Даймлер пустив у тестування антиблокувальну систему гальм, поставлена задача була виконана. Проте оскільки ці пристрої будувалися на базі аналогових процесорів, вони виявилися надто дорогими у виробництві та не дуже надійними при експлуатації автомобілів. За пропозицією Daimler-Benz, до проекту долучилися інженери компанії Bosch, які мали великий досвід розробок в галузі автомобільної електроніки і працювали незалежно від команди Лібера. Задля підвищення надійності та здешевлення виробництва, на зміну аналоговим процесорам компанія Bosch представила цифрові електронні блоки на інтегральних мікросхемах. Саме така вдосконалена система з'явилася у 1978 році і пропонувалася як додаткова опція автомобіля. З кожним роком система охоплювала все більше автомобілів, так у 1987-х роках вже всі моделі Mercedes-Benz були оснащені антиблокувальною системою гальмування, а з 2004 року всі нові автомобілі, які продавались в країнах Євросоюзу повинні були оснащені ABS, ось такий довгий шлях тільки лиш однієї електронної системи.

Вслід за ABS почалася розробка електронної системи стабілізації (ESP), за основу якої стала вже відома нам антиблокувальна система гальм. Крім інтеграції з гальмівною системою та АБС, електронний блок керування ESP потребує дані від датчика кута повороту керма та гіроскопа, котрий фіксує реальну траєкторію руху авто. За умови розбіжності цих показань, система ініціює гальмування певних коліс для стабілізації і недопущення виникнення заносу чи зносу. Тобто ESP спрацьовує в небезпечних ситуаціях при втраті керованості, або загрози такої втрати. Шляхом пригальмовування окремих коліс вона вирівнює траєкторію руху автомобіля. Наприклад, якщо на великій швидкості передні колеса виносить із курсу через дію інерції, система гальмує внутрішнє заднє колесо, підвищуючи повертаність і стабілізуючи проходження повороту, час реакції ESP займає 20 мілісекунд. За будь-яких швидкісних режимів та умов руху система забезпечує курсову стабілізацію, проте не може допомогти, якщо радіус і швидкість маневру перевищують граничні межі стійкості автомобіля. На сьогоднішній день ESP є одним з найбільш ефективним електронним помічником у критичних ситуаціях.

Першими у 1995-х роках представили електронну системи стабілізації компанія Mercedes-Benz, яка комплектувалася електронною системою фірми Bosch. С цього моменту застосування пішло в гору і вже у 2009 році Європейський Союз вирішив зробити ESP обов'язковим на всіх нових автомобілях.

В добавок к ESP є другорядна функція під назвою система контролю тяги (TCS) , призначена вона для попередження буксування та втрати зчеплення з дорогою під час прискорення. TCS діє за допомогою гальмування окремих пробуксовуючих коліс та зниження обертового моменту двигуна. Вона запобігає ривкам і рушанню з місця із закручуванням, дозволяє плавно розігнатися на слизькій дорозі. Датчики системи контролю тяги визначають перевищення частоти обертання окремого колеса порівняно з іншими і вмикають гальмо цього колеса для збільшення зчеплення. Також передається сигнал на зниження крутного моменту двигуна. Зазвичай TCS є складовою комплексних систем курсової стабілізації. Вона покращує стартову прискорюваність і прохідність позашляховиків та вантажівок. В легкових авто TCS сприяє безпеці під час ривків та маневрів. Загалом, основне обладнання для контролю тяги та ABS здебільшого однакове. У багатьох автомобілях трекшн-контроль передбачений як додаткова опція для ABS, та має такі компоненти, та послідовність роботи :

- Кожне колесо оснащено датчиком, який визначає зміни його швидкості через втрату зчеплення.
- Виявлена швидкість від окремих коліс передається на [електронний блок керування](#) (ECU). ECU обробляє інформацію від коліс і ініціює гальмування відповідних коліс через кабель, підключений до клапана автоматичного контролю тяги(АТС).

У всіх транспортних засобах, оснащених TCS, її активація відбувається автоматично після того, як датчики зафіксують відсутність необхідного тягового зусилля на будь-якому з коліс.

Розглянувши базові системи активного захисту слід перейти до сучасних електронних систем, які допомагають водію уникнути ДТП. Першою сучасною системою розглянемо автоматичне екстрене гальмування (АЕВ), взагалі вона дуже схожа на систему попередження про лобове зіткнення (FCW), але є декілька нюансів які розрізняють ці дві системи. Головна відмінність полягає в тому, що АЕВ може сама застосовувати гальма перед моментом ДТП, щоб уникнути його або максимально зменшити його жорсткість. В той час FCW тільки попереджає водія звуковими сигналами, вібрацією на руль. Система автоматичного екстреного гальмування оснащена такими компонентами :

- Камера в решітці переднього бампера, та лідар (оптико-електронна система, що використовує лазерне випромінювання для визначення дальності, швидкості та фізичних характеристик віддалених об'єктів);
- високопродуктивний процесор обробки зображень;
- блок керування.

АЕВ функціонує на швидкості від 5 до 250 км/год, залежно від версії системи. Вона здатна розпізнавати як стаціонарні перешкоди, так і автомобілі чи пішоходів на відстані до 100 м, а в нових версіях жо 200 м. У разі виявлення загрози зіткнення, система спочатку попередить водія звуковим сигналом чи вібрацією, як це робить FCW. Якщо він не зреагує, автоматично задіюється гальма різною силою залежно від ситуації. Завдяки АЕВ завдається уникнути приблизно до 60% фронтальних зіткнень і значно зменшити тяжкість ДТП у разі неминучого удару. Система особливо ефективна в умовах розсіяної уваги водія.

Система сліпої зони в дзеркалах заднього виду – в них інтегровані сенсори та сигнальними лампами для контролю так званих «сліпих зон». Сенсори можуть відслідковувати автомобілі в сліпих зонах, дорожню розмітку, і якщо ви її перетинаєте, не включивши при цьому сигналу повороту, система подає попереджувальний знак. Залежно від системи це може бути звуковий або світловий сигнали, вібрація керма або невеликий натяг ремня безпеки.

При ситуації коли сенсори фіксують транспортний засіб, що рухається в сліпій зоні, спалахує сигнальна лампа на корпусі дзеркала, попереджаючи водія, якщо автомобіль укомплектовано адаптивним круїз контролем то він сам зможе уникнути зіткнення.

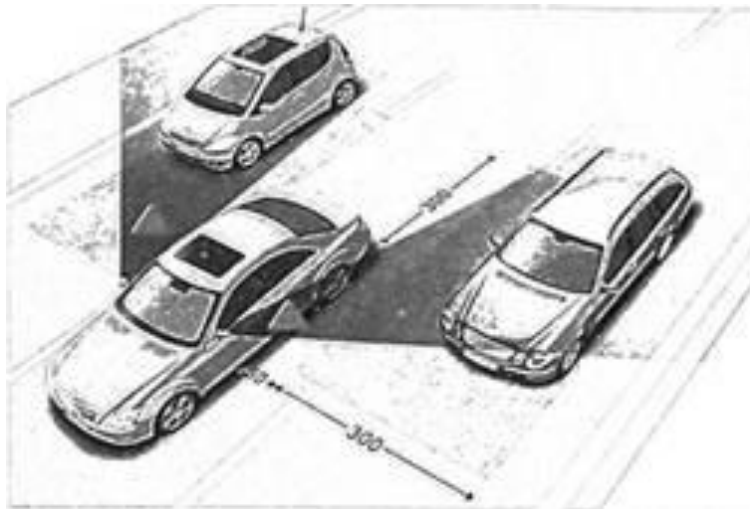


Рис 1. Приклад зони зчитування системи сліпої зони.

Системи контролю тиску у шинах. Тиск в шинах дуже значний фактор, від нього не тільки хороша керованість і безпека автомобіля, але це ще і значна економія палива, підвищення терміну експлуатації покришок та елементів підвіски. Принцип роботи :

- датчики тиску встановлюються на ободі колеса або всередині шини.

Вони вимірюють тиск повітря в реальному часі під час руху;

- інформація з датчиків надходить до блоку керування автомобіля;

- у разі виявлення відхилень від норми (наприклад, проколу), система сповіщає водія світловими індикаторами або звуковою сигналізацією;

- деякі системи можуть автоматично активувати гальмування для

безпечної зупинки авто.

Також є система контролю тиску у шинах працююча у складі ABS, означає падіння тиску через різницю у частоті обертів коліс (спущене колесо має дещо менший радіус кочення і тому обертається швидше). Іншим способом визначення падіння тиску у шинах, це виділення із сигналів колісного датчика швидкості параметрів, які характеризують рівень коливань шини при обертовій деформації.

Література

1. Антиблокувальна система :

https://en.wikipedia.org/wiki/Anti-lock_braking_system

2. Електронний контроль стійкості :

https://en.wikipedia.org/wiki/Electronic_stability_control

3. Системи активної безпеки автомобіля :

<https://kz.pro-sensys.com/info/articles/obzornye-stati/cistemy-aktivnoy-bezopasnosti-avto/>

4. Система запобігання зіткненням :

https://en.wikipedia.org/wiki/Collision_avoidance_system

Науковий консультант: професор кафедри автомобілів ім. А.Б. Гредескула, д.т.н. Сараєв О.В.

РЕСТАЙЛІНГ АВТОМОБІЛЕЙ КАТЕГОРІЇ М1 АЕРОДИНАМІКА

Аеродинаміка має велике значення для покращення ефективності споживання пального та зменшення опору повітря для автомобілів. Високоякісний дизайн кузова та ретельно продумані деталі, що сприяють плавному руху повітря, можуть суттєво знизити опір, з яким автомобіль стикається під час їзди. Завдяки використанню передових аеродинамічних розробок можна досягти заощаджень у споживанні палива від 5 до 15%. Зменшення опору повітря призводить до зменшення навантаження, якому мотору доводиться протидіяти для переміщення автомобіля. Це дає можливість авто витратити менше палива при подоланні опору повітря на дорозі, збільшити його максимальну швидкість і знизити рівень шуму тим самим підвищивши комфорт під час поїздок. Такі технології як активні аеродинамічні системи та оптимізація форми відіграють ключову роль в досягненні високої ефективності пального та зниженні викидів CO₂. Завдяки використанню передових аеродинамічних рішень, автомобільна індустрія не тільки покращує показники ефективності використання палива, але й сприяє більш екологічному виробництву автомобілей. Це є важливим кроком у напрямку сталого розвитку автотранспорту.

Вивчення, як повітря взаємодіє з автомобілями, - це необхідна частина їхнього проектування та вдосконалення. Щоб отримати точні дані, використовують два основних підходи: комп'ютерне моделювання та практичні випробування в аеродинамічній трубі. Комп'ютерні методи, такі як обчислювальна гідродинаміка (CFD), дозволяють інженерам вивчати, як повітря рухається навколо автомобіля, не використовуючи фізичні моделі. Це ефективний спосіб прогнозування аеродинамічних характеристик без проведення фізичних експериментів. Проте точність таких моделей залежить від правильного врахування усіх факторів і умов (рис. 1, 2)

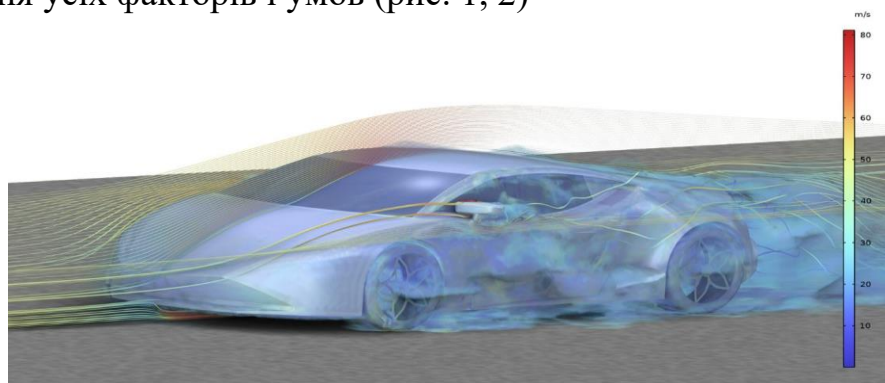


Рисунок 1 Моделювання обтікання корпусу спортивного автомобіля виконано методом великих вихорів з використанням автоматичного вибору моделі пристінкової області.

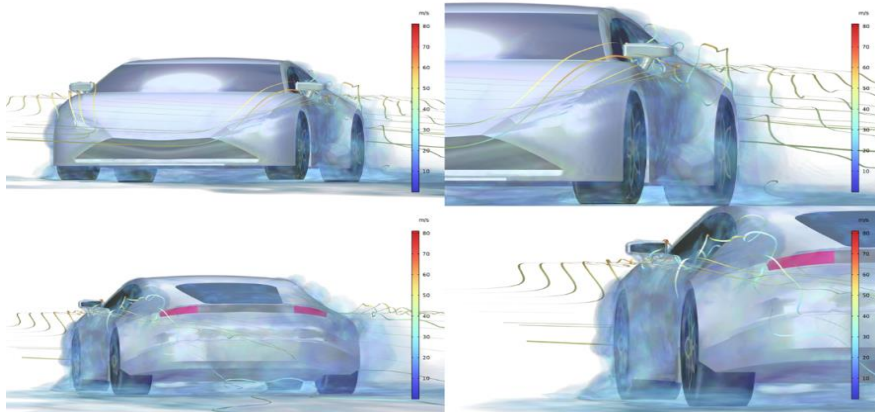


Рисунок 2 Поле потоку навколо автомобіля і збільшення біля бічних дверей

Фізичні дослідження включають використання вітрових тунелів та тестових стендів для прямих вимірювань аеродинамічних параметрів. Для подібних випробувань простір труби оснащується рухомою доріжкою – вона імітує рухому дорожню поверхню. У той час як колеса тестованого автомобіля штучно приводяться в обертання. В результаті створюються умови, ідентичні їзді автомобіля по трасі – і в цей час інженери вивчають вплив дорожнього полотна і крутих коліс на потоки повітря. Такий метод дає можливість перевірити результати комп’ютерних розрахунків і отримати докладні дані про вплив аеродинаміки на автомобіль в реальних умовах (рис. 3, 4).



Рисунок 3 Mercedes-Benz CLA Coupe 2019 в аеродинамічній трубці технологічного центру Mercedes-Benz в Зіндельфінгені



Рисунок 4 Mercedes-Benz CLA Coupe 2019 в аеродинамічній трубці технологічного центру Mercedes-Benz в Зіндельфінгені

Поєднання комп'ютерних методів та фізичних досліджень дозволяє інженерам отримати повну інформацію, необхідну не тільки для оптимізації форми та деталей автомобіля з метою покращення його аеродинамічної ефективності, економії пального, комфорту, збільшення максимальної швидкості та безпеки, що є ключовим фактором у вимогах до сучасного транспорту.

Використання сучасних автомобільних технологій, що базуються на легких та аеродинамічних матеріалах, грає важливу роль у поліпшенні ефективності та зменшенні витрат пального. Ця стратегія має на меті оптимізацію ваги автомобіля та зниження опору повітря для досягнення високої продуктивності. Застосування легких матеріалів, таких як вуглецеві композити та алюміній, дозволяє відчутно зменшити вагу автомобіля, не втрачаючи при цьому його міцності та безпеки. Це призводить до покращення маневреності, реакції на керування та загальної продуктивності.

Використання аеродинамічних матеріалів у кузові та інших елементах конструкції спрямоване на оптимізацію потоку повітря навколо автомобіля. Це сприяє зменшенню опору повітря під час руху, що в свою чергу призводить до зменшення витрат пального. Впровадження легких та аеродинамічних матеріалів у конструкцію автомобілів є важливим кроком у напрямку створення більш продуктивних та екологічно чистих транспортних засобів, сприяючи зниженню викидів CO₂ та підвищенню загальної енергоефективності автопарку.

Не варто забувати, що оптимізація аеродинаміки може суттєво вплинути на безпеку та стійкість автомобіля на дорозі. При мінімізації опору повітря збільшується швидкість автомобіля, що може вплинути на його управління та стабільність. Зокрема, на великих швидкостях зміни в аеродинаміці можуть породжувати нестабільність та підвищувати ризик аварій. Для досягнення оптимального компромісу між ефективністю аеродинаміки та стійкістю авто на дорозі потрібно дотримуватись комплексного підходу та ретельного проектування (рис. 5)



Рисунок 5 Тестування першого електричного Porsche Taycan у кузові Cross Turismo

Автовиробники мають уважно інтегрувати зміни в аеродинаміку з іншими деталями дизайну автомобіля. Увага має приділятися не тільки опору повітря, а і до сил, які виникають під час руху (рис.6).



Рисунок 6 Зимові випробування електричного кросовера Porsche Taycan Cross Turismo

Для адаптування автомобіля до різних умов їзди можна використовувати регульовані аеродинамічні елементи елементи які можуть залежати від швидкості, температури тощо.

Після проектування на папері та екрані слід провести тести на реальних дорогах в різні погодні умови (дощ, вітер, сніг), різні темпи їзди та різні дорожні умови (рис. 7, 8, 9, 10).



Рисунок 7 Програма випробувань Porsche Taycan Cross Turismo проводилася на тестових майданчиках



Рисунок 8 Розширена програма випробувань Porsche Taycan Cross Turismo проводилася на тестових майданчиках у всьому світі



Рисунок 9 Випробування електричного кросовера Porsche Taycan Cross Turismo



Рисунок 10 Porsche Taycan Cross Turismo на випробуваннях

В сучасних реаліях стрімкого розвитку технологій та переосмислення транспортної мобільності, питання оптимізації та ефективності стає вкрай актуальним для електричних авто. Власники ідуть на деякі компроміси використовуючи такий тип автомобіля, один з цих цей компромісів – дальність ходу. Тому під час рестайлінгу електричних автомобілів велика увага приділяється вдосконаленню їх аеродинамічних характеристик з метою максимізації дальності ходу. Проектувальники спрямовують свої зусилля на оптимізацію форми кузова та деталей, які можуть викликати опір повітря, що дозволяє знизити енерговитрати та максимізувати дальність ходу. Паралельно з цим проводиться дослідження впливу аеродинамічних змін на роботу батареї, що є суттєвим аспектом для підвищення загальної ефективності та стійкості електромобіля. Такий підхід сприяє не лише збільшенню дальності ходу, а й підвищенню загальної продуктивності електротранспортного засобу.

У галузі аеродинаміки автомобільного дизайну сьогодні виблискує низка викликів і обіцянок, які будуть формувати напрямок подальших досліджень. Актуальною задачею залишається зниження викидів та паливна ефективність. Запровадження електромобілів розширило арсенал аеродинамічних викликів, оскільки тепер необхідно забезпечити оптимальну аеродинаміку для більш різноманітних форм та конструкцій транспортних засобів. Вдосконалення аеродинамічного дизайну визначить подальший етап розвитку транспортних засобів, спрямованих на високу продуктивність, стабільність та дбайливе ставлення до довкілля.

Література

1. Інтернет-ресурс [Mercedes-Benz](#)
2. Інтернет-ресурс [Porsche](#)
3. Інтернет-ресурс [UAMOTORS](#)
4. Інтернет-ресурс [wikipedia](#)
5. Інтернет-ресурс [COMSOL](#)

Науковий консультант: доцент кафедри автомобілей ім. А. Б. Гредескула, к.т.н. Авершин А. Г.,

Кравченко Олексій Сергійович, ст. гр. АА-41-20

krav4enko.a.s@gmail.com

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ЕВОЛЮЦІЯ ГАЛЬМІВНОГО КЕРУВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Гальмівне керування – важливий та необхідний елемент будь-якого сучасного транспортного засобу, на який покладено не лише функції зменшення його швидкості або зупинки. Елементна база сучасного гальмівного керування використовується для роботи різних систем активної безпеки. Необхідність використання гальмівних систем стала очевидною, як тільки людина змогла досягати значимих швидкостей, ще у період використання кінних екіпажів.

Перші гальма мали вигляд дерев'яної колодки, яка притискала до ободу колеса через систему важелів. Звісно, на сьогоднішній день гальмівне керування має набагато складнішу будову та відіграє вирішальну роль у питанні організації безпеки дорожнього руху, воно включають в себе різні підсистеми та наділено додатковими функціями.

Та все ж, слід згадати про основні функції гальмівного керування, які за ним зберігаються на протязі багатьох десятиліть: зниження швидкості руху транспортного засобу, повна його зупинка та утримання нерухомого транспортного засобу на місці. У відповідності до вказаних функцій, гальмівне керування включає в себе декілька гальмівних систем, а саме робочу, аварійну (або запасну), стоянкову та допоміжну. Робоча гальмівна система слугує для зниження швидкості руху автомобіля аж до повної його зупинки, незалежно від швидкості, навантаження ухилу дороги та інших факторів. Аварійна гальмівна система призначена для повної зупинки автомобіля у разі відмови чи поломки робочої системи. Вона може бути виконана у вигляді окремого контуру, також її функції може виконувати стоянкова система. Завданням стоянкової гальмівної системи є утримання транспортного засобу в нерухомому положенні. Допоміжна гальмівна система призначена для зниження навантаження на робочу систему під час тривалого гальмування. Як правило, вона встановлюється для великовантажних автомобілях, водії використовують її під час руху у гірських районах та на зтяжних спусках [1].

Від моменту винаходу гальмівного керування тип виконання гальмівних механізмів використовувався різний, відомі різноманітні варіанти конструкцій. Найбільш відомі випадки використання стрічкових, барабанних та дискових гальм, але, за відмінності у конструкції, в основу їх роботи покладено один принцип – перетворення кінетичної енергії руху в теплову шляхом тертя. Кожен із перерахованих видів гальмівних механізмів мав свої переваги та недоліки, тому майже на протязі всього ХХ століття барабанні та дискові гальма використовувалися приблизно у рівному співвідношенні. Але за останні десятиліття відчутну перевагу у використанні отримали саме дискові гальмівні механізми, оскільки їх потенціал для створення гальмівного моменту виявився вищим, ніж у барабанних. Наявні переваги та недоліки кожної з конструкцій можна виокремити на основі аналізу їх будови (рис. 1, рис. 2).

Розпочнемо із переваг барабанних гальмівних механізмів, наявність яких зумовила їх використання на багатьох транспортних засобах. У даному контексті потрібно відзначити закриту конструкцію, за якої фрикційні накладки колодки у середині барабану захищені від бруду, пилу та вологи, що сприяє підвищенню їх ресурсу та стабільності характеристик. Але така будова водночас є причиною низки недоліків. родукт износу та бруд, який потрапив у середину барабану, залишаються там погіршуючи роботу механізму та пришвидшуючи знос поверхонь тертя. Вигнута форма фрикційної поверхні гальмівної колодки не дозволяє забезпечити рівномірність її притискання до барабану, через що знижується ефективність та ресурс механізму. Окремим недоліком барабанних гальмівних механізмів, який не дозволяє

використовувати їх на швидкісних автомобілях, є погане відведення тепла від поверхонь тертя [2].

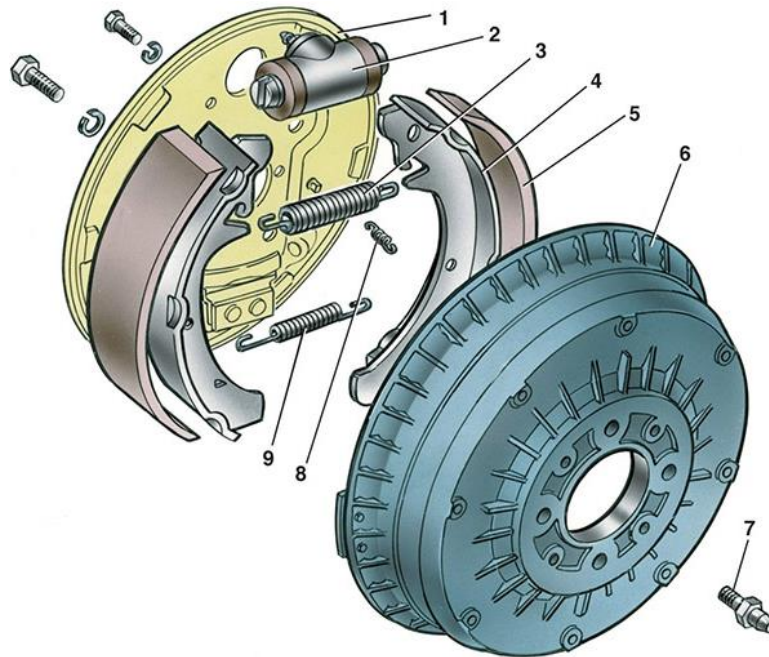


Рисунок 1 – Загальна вигляд барабанного гальмівного механізму
1 – опорний диск, 2 – гідравлічний циліндр, 3 – верхня стяжна пружина, 4 – гальмівні колодки, 5 – фрикційні накладки, 6 – гальмівний барабан, 7 – штифт, 8 – напрямна пружина, 9 – нижня стяжна пружина.

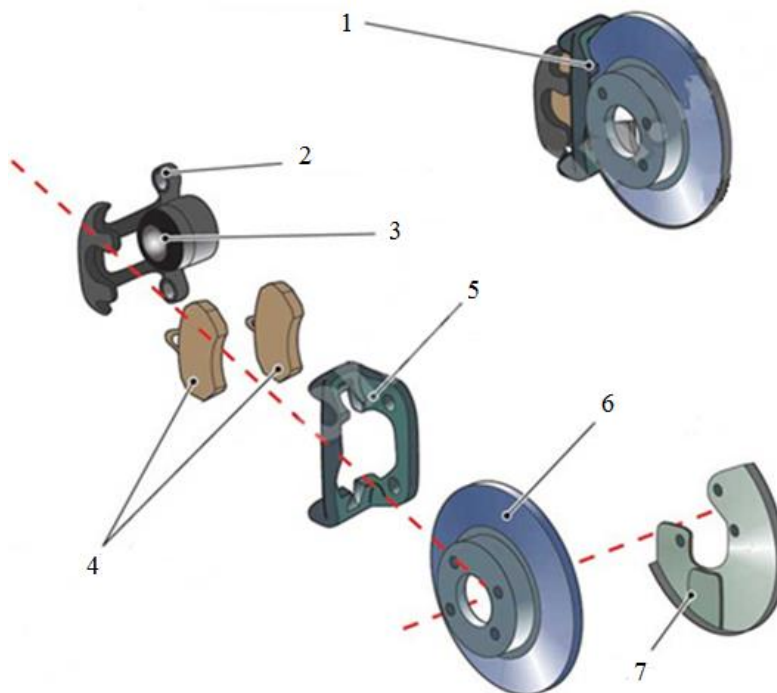


Рисунок 2 – Загальна будова дискового гальмівного механізму
1 – дисковий гальмівний механізм у збірці, 2 – гальмівний супорт, 3 – поршень, 4 – гальмівні колодки, 5 – кронштейн гальмівного супорту, 6 – гальмівний диск, 7 – захисний щиток

Сукупність недоліків барабанних гальмівних механізмів спонукали інженерів активно шукати варіанти подальшого вдосконалення гальмівних систем. Цей процес знайшов своє відображення у розвитку конструкції дискових гальмівних механізмів та поширення їх використання. У порівнянні з барабанними, вони мають більше можливостей для реалізації гальмівного моменту, що дозволяє їх використовувати на різноманітних транспортних засобах, незалежно від швидкостей та умов експлуатації. До основних переваг дискових гальмівних механізмів можна віднести їх компактність та хорошу тепловіддачу, що обумовлено відкритістю конструкції. Подібна будова також сприяє більш легкому обслуговуванню. В процесі гальмування фрикційна поверхня колодки рівномірно притискається до поверхні диску, що сприяє підвищенню гальмівного моменту та забезпечує рівномірний знос поверхонь тертя. До недоліків дискових гальмівних механізмів слід віднести необхідність реалізації більш високого зусилля для притискання колодки та підвищений знос фрикційних накладок. Проте слід констатувати, що переваги дискових гальмівних механізмів забезпечили поступовий перехід виробників практично всіх типів транспортних засобів саме до їх застосування [3].

Не менш важливою для роботи гальмівного керування була і еволюція гальмівного приводу. Механічний привод, який використовувався з моменту появи автомобілів, виявився не здатним забезпечити більш високе зусилля на гальмівному механізмі, яке було потрібне з урахуванням збільшення швидкостей та маси транспортних засобів. Тож приблизно із середини минулого сторіччя, на зміну механічному гальмівному приводу прийшли гідравлічний та пневматичний приводи. Кожен із них мав свої конструктивні та експлуатаційні особливості, що обумовило сферу їх застосування. Так пневматичні приводи переважно використовують на вантажних автомобілях, автопоїздах та автобусах, а гідравлічні – на легкових транспортних засобах. Слід відзначити, що на даний момент активно розвивається електронний гальмівний привод. У порівнянні із існуючими системами, електронний привод має ряд суттєвих переваг, основними з них є: відсутність робочого тіла, що значно спрощує конструкцію; зменшення ваги та гарна потенціальна інтегрованість у конструкцію електромобілів [4].

Однак швидкість та потужність транспортних засобів постійно підвищується, що сприяє подальшому розвитку гальмівного керування. Підвищення ефективності процесу гальмування досягають, з-поміж іншого, і за рахунок оптимізації вже існуючих систем шляхом застосування нових підходів до їх виконання. Одним із прикладів подібної оптимізації можна вважати появу вентильованого гальмівного диска (рис. 3).

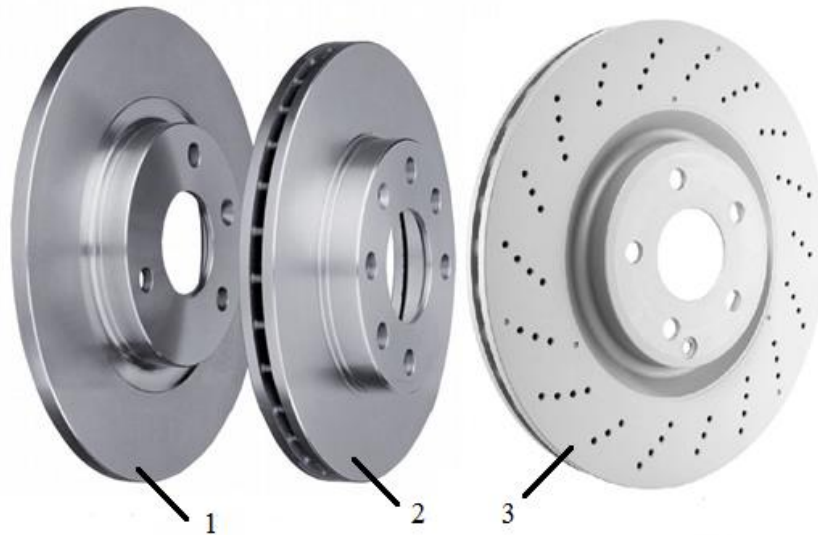


Рисунок 3 – Різновиди конструкцій гальмівних дисків

1 – гальмівний диск. 2 – вентиляований гальмівний диск, 3 – перфорований гальмівний диск.

На відміну від свого попередника, вентиляований диск складається із двох дисків, поєднаних між собою ребрами, між якими може вільно циркулювати повітря. За рахунок подібного виконання гальмівний диск стає легшим та здатним відводити більшу кількість тепла і швидше охолоджуватися, показники міцності при цьому суттєво не знижуються. Також для ще більш інтенсивного охолодження та видалення із поверхні гальмівної колодки продуктів зносу використовують перфоровані диски. Вони мають у своїй конструкції отвори, що сприяють підвищенню ефективності гальмування і кращому очищенню. Перфоровані гальмівні диски гарно себе зарекомендували на автомобілях для спорту, проте мало придатні до щоденного використання на дорогах загального користування через значне зниження довговічності [5, 6].

Ще одним важливим кроком у розвитку гальмівного керування стала поява антиблокувальної системи (АБС). Вона дозволяє зберегти водію контроль над транспортним засобом під час процесу гальмування. Як це не парадоксально, але виявилось, що навмисне зменшення гальмівного моменту у певний момент часу підвищує загальну ефективність гальмування. Оскільки гума, з якої вироблені шини, доволі специфічна, то коефіцієнт тертя ковзання набуває максимальних значень не при повній зупинці обертання колеса, як це інтуїтивно можна очікувати, а при мінімальному коченні. Електронний блок керування АБС дозволяє точно контролювати цей параметр і досягати підвищення ефективності гальмування.

Одним із останніх етапів у процесі розвитку гальмівного керування стала спроба поєднати колесо та гальмівний диск у одній деталі. Таку незвичну концепцію запропонувала компанія Continental. Вона розробила прототип нового колеса, яке отримало назву New Wheel Concept. Суть ідеї полягає у поєднанні самого колеса та гальмівного диску. При цьому, гальмівний супорт буде знаходитися на внутрішній стороні диска, що спроектовано у формі кільця. Як кажуть інженери, які розробили даний концепт, така будова знизить

масу колеса, що позитивно впливає на усю динаміку руху автомобіля (рис.4) [7].



Рисунок 4 – Схема будови New Wheel Concept від Contenintal

1 – шина, 2 – обід, 3 – несуча зірка, 4 – кільцевий гальмівний диск, 5 – супорт, 6 – ступиця.

Тож, у якості підсумку хочеться сказати, що спостерігаючи за змінами, які сьогодні відбуваються у автомобілебудуванні, можна побачити загальну тенденцію подальшого розвитку і вдосконалення гальмівного керування. Інженери з усього світу намагаються підвищити ефективність гальмування, одночасно з тим покращуючи комфорт та безпеку водіїв. На мою думку, у найближчий час гальмівне керування зазнає значних перевтілень та покращень, враховуючи швидкі темпи розвитку новітніх технологій у сфері електроніки та композитних матеріалів.

Література:

1. Електронний ресурс: <http://surl.li/nrqht>.
2. Електронний ресурс: <http://surl.li/ntszn>.
3. Електронний ресурс: <http://surl.li/ntttt>.
4. Електронний ресурс: <http://surl.li/ntuld>.
5. Електронний ресурс: <http://surl.li/ntwvl>.
6. Електронний ресурс: <http://surl.li/ntwwx>.
7. Електронний ресурс: <http://surl.li/ntwyc>.

Науковий консультант: доцент кафедри автомобілів ім. А.Б. Гредескула, к.т.н. Ярета О.О.

Токарев Владислав Максимович, студент групи АА 41-20

dkflnrjfhtd@gmail.com

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ІННОВАЦІЇ В ОБЛАСТІ ПНЕВМОПІДВІСКИ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛЕЙ ТА АВТОБУСІВ

Пневматичні пружні елементи (пневмоподушки або пневморесори) поступово витісняють сталеві ресори з конструкцій підвісок сучасних вантажівок, причепів і автобусів.

У 1955 р. концерн Continental AG першим у Європі почав розробку пневматики для підвісок автобусів і залізничних вагонів. Сьогодні практично неможливо собі уявити сучасну модель магістрального тягача без пневмоподушок та інтелектуальної підвіски, здатної підлаштовуватися під робочі умови, в міру необхідності змінюючи висоту підресореної частини транспортного засобу.

У пневмопідвісці пружні елементи з системою регулювання забезпечують змінну жорсткість, реагуючи на зміну навантаження.

Підвіска сучасного (вантажного) автомобіля та автобусів складається з трьох основних вузлів:

1. Пружні елементи, що сприймають динамічні навантаження між кузовом або рамою автомобіля і дорожнім полотном;
2. Елементи, що гасять коливання підвіски;
3. Вузол, що відповідає за стабілізацію автомобіля щодо площини дороги.

В ці ж роки цікава конструкція підвіски, з точки зору зниження навантаження кузова, застосована на автобусах фірм Ван-Холл (рис. 1, 2) і Вольво Б59 (рис. 3, 4). Якщо на автобусі Б59 напрямні пристрої, як підвіски керованих коліс, так і ведучих коліс виконані у вигляді трикутних підрамників (А-подібна тяга – 1), шарнірно приєднаних передньою частиною до рами автобуса, то в автобусі Ван-Холл підвіска керованих коліс – звичайна. Бічні зусилля сприймають поперечні важелі. На підрамнику закріплені мости, а в задній частині на траверсі встановлені амортизатори і рукавні пружні елементи.



Рисунок 1. Автобус Van Hool T916

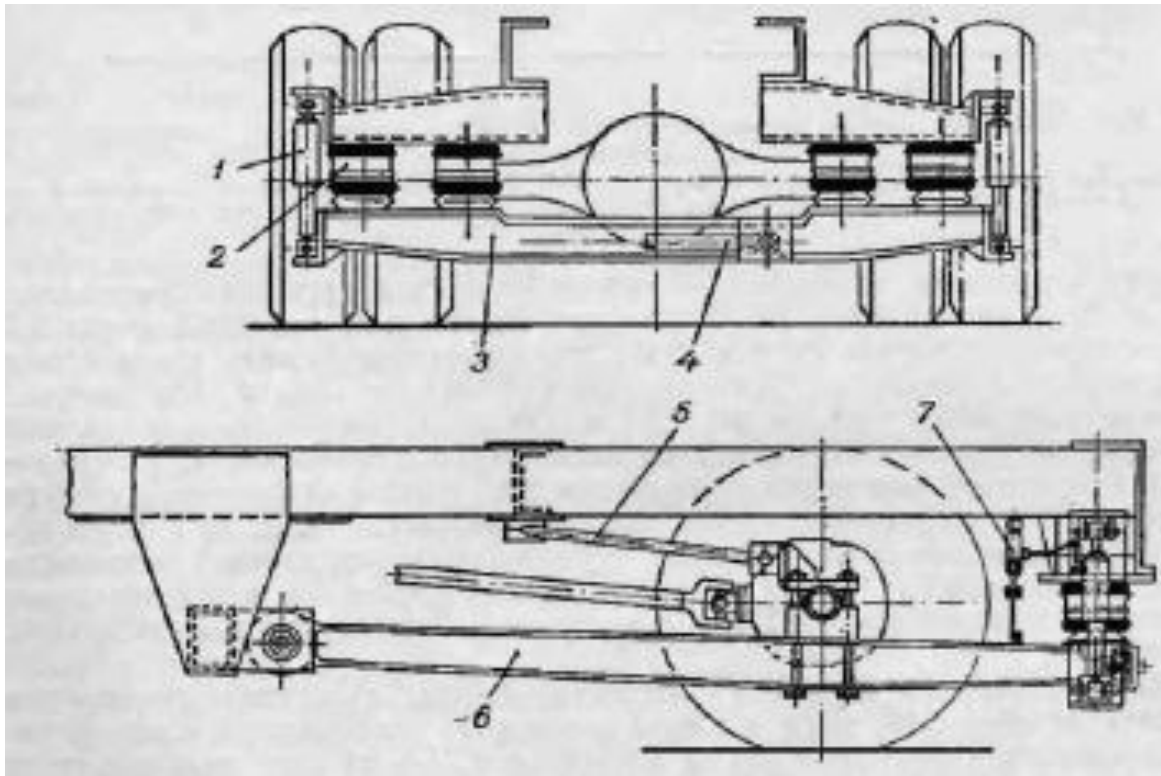


Рисунок 2. Пневматична підвіска ведучих коліс автобуса Ван-Холл:
 1 – амортизатор; 2 – діафрагмовий пружний елемент; 3 – траверса;
 4 – поперечна тяга; 5 – стабілізатор поперечної стійкості;
 6 – А-подібна тяга; 7 – регулятор положення кузова



Рисунок 3. Автобус Volvo B59

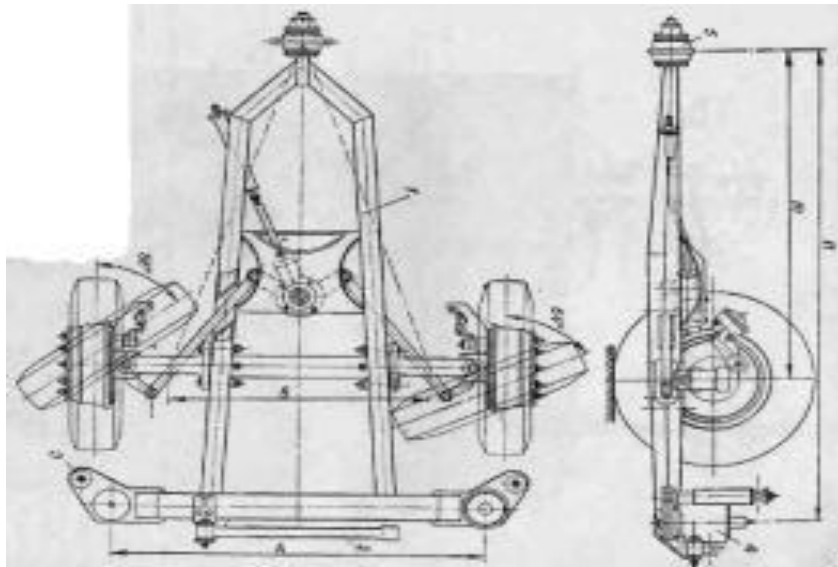


Рисунок 4. Пневматична підвіска керованих коліс автобуса Б59 фірми Вольво:
 1 – А-подібна тяга; 2 – поперечна тяга; 3 – траверса;
 4 – рукавний пружний елемент; 5 – запчастини

Загальною рисою обох автобусів є то, що висота підлоги салону автобусів істотно знижена, кут повороту керованих коліс збільшено до 60 градусів. Але слід підкреслити, що навряд чи використання чотирьох пружних елементів у підвісці ведучих коліс автобуса Ван-Холл доцільніше, ніж двох у підвісці автобуса фірми Вольво. Зазначимо, що підвіска туристського автобуса Б58 з подвійними балонами (два балони в передній підвісці і чотири ззаду) не могла бути використана для перспективного міського автобуса Б59 більшої місткості, оскільки була невдалим удосконаленням ресорної підвіски з листовими ресорами. Загалом підвіски міських, приміських і туристських автобусів фірми Вольво виявилися неуніфікованими.

Розрізняють два типи пневматичних пружних елементів:

- зі змінною ефективною площею, що залежить від переміщення опорних фланців елемента (зазвичай гумово-кордні);
- поршневого типу, у яких у процесі деформації ефективна площа залишається постійною.

Найбільшого поширення набули гумово-кордні подвійні пневмобалони. Такий балон встановлюється між опорними фланцями (пластинами) підвіски та кріпиться до них за допомогою гвинтів, при цьому бортики оболонки затискаються між фланцями, герметизуючи внутрішню порожнину. Кільце обмежує радіальне розширення, забезпечує правильне складання оболонок при стисканні, сприяє підвищенню несучої здатності та зносостійкості балона. Власна частота коливань зі збільшенням статичного навантаження дещо зменшується, тим повільніше, що вищий тиск газу, тому плавність ходу порожнього і наповненого людьми автобуса може бути однаковою. Довговічність балонів визначається не тільки їхньою власною конструкцією та якістю поліамідних матеріалів та гуми, але також і конструкцією направляючого апарату підвіски. Його кінематика має бути такою, щоб балони працювали лише на стиск. Число шарів корду (зазвичай це нейлон і капрон)

дорівнює двом – чотирьом. Внутрішній шар гуми має бути не тільки повітронепроникним, а й стійким до олії. Зовнішній шар повинен чинити опір впливу променів сонця, озону, бензину – для нього застосовують неопрен. Таким чином, пневмобалон складається з декількох шарів прогумованої кордної тканини (каркас) з внутрішнім герметизуючим та зовнішнім захисним шарами.

Пневматичний пружний елемент доцільно застосовувати у двох випадках: коли підресорна маса при завантаженні автомобіля змінюється в широких межах (задні підвіски вантажних автомобілів, у тому числі сідельних магістральних тягачів, автобусів, причепів), або коли до плавності ходу пред'являються особливі вимоги, для виконання яких необхідно регулювання характеристики підвісок.

Останнім часом широке застосування пневмопідвіски, в комбінації з системою електронного контролю за рівнем підлоги вантажної платформи (ELC), допомагає водію та вантажникам при вантажно-розвантажувальних роботах. Вона дозволяє підняти передок тривісної вантажівки на 220 або опустити на 80 мм. Пневмобалони задньої осі здатні підняти кузов над звичайним рівнем відносно дороги на 134 мм і опустити його на 100. В кузові вантажівки.

Пневмопідвіски також прижилися на задніх осях сідельних магістральних тягачів. Забезпечуючи підйом та опускання задньої частини рами зі зчіпним пристроєм, вони полегшують процеси зчеплення та розчеплення.

Пневмопідвіски широко застосовуються на міських і міжміських автобусах, причому спереду пневмоелементи є складовою як залежних, і незалежних по кінематиці підвісок. При підвищенні числа пасажирів у салоні регулятори направляють повітряний потік у балони до того часу, поки рівень підлоги досягне необхідної величини. При зниженні зусилля на підлогу частину повітря випускають у навколишній простір. Завдяки такому регулюванню, жорсткість підвісок змінюється у широкому діапазоні.

На даний момент на автобусах та вантажівках використовуються різноманітні конструкції підвіски автомобіля та інженерні рішення пружних елементів.

Різновиди конструкцій пневмопідвісок автобусів та вантажних автомобілів:

1) Незалежні пневматичні підвіски – єдиною відмінністю яких від балонів пневматичної підвіски з діафрагмою, що обкатує, з металевою частиною є наявність в незалежних пневматичних підвісках металевого або пластикового поршня. У деяких видах підвісок обсяг поршня використовується як повітряний резервуар з метою збільшення комфорту пересування. Також цей вид підвісок може виготовлятися із вбудованим вкладишем або без нього.

2) Пневматичні підвіски із пневмоелементами рукавного типу - класифікуються на групи з одним, двома та трьома пневмоелементами рукавного типу, швидко витісняють пневматичні циліндри в промисловості. Завдяки більшій робочій висоті, необхідності в меншій площі для встановлення, простоті використання та низьким витратам на технічне обслуговування, пневматичні підвіски з пневмоелементами рукавного типу, поряд із попередженням вібрації у транспортних засобах та механізмах, також

забезпечують високу ефективність у вирішенні питань компресії та підвішування.

3) Пневматичні підвіски для водійських кабін водія – використовуються в кабінах вантажівок і тягачів для забезпечення підвішування в 4 точках. Забезпечують більший комфорт, у порівнянні з їхніми «предками» – сталевими пружинними амортизаторами. При заміщенні сталевих пружин у традиційних амортизаторах пневматичними підвісками, таке рішення, яке ми можемо назвати «гібридом», значною мірою запобігає виникненню вібрації.

4) Пневматичні підвіски для крісел водія – надають альтернативу підвішування, яка, знижуючи вібрацію, позитивно впливає на найголовніший аспект автомобіля – тобто на водія, збільшує комфорт пересування, а також попереджає нездужання в області попереку та спини, з якими найчастіше стикаються водії. Одночасно з цим також забезпечує утримання крісла водія на потрібній висоті.

5) Багатосекційний пневмобалон (гармошка), що складається, як правило, із двох секцій. Пневмукав ділиться на рівні секції металевим оперізуючим кільцем, що дозволяє зменшити діаметр. Гумова частина зазвичай кріпиться до верхньої та нижньої основи за допомогою притискних кілець та болтів. Свого часу таку конструкцію дуже активно використовували у підвісках міських автобусів. Порівняно з «односкатним» пневмобалоном такий пружний елемент більш впевнено почувається на малій висоті і дозволяє досягти порівняно більших величин прогину. Зараз він частіше застосовується на причепах чи промислового устаткування.

Пневматичні підвіски розробляються відповідно до таких певних умов, як навантаження, характеристики та відхилення буферної пружини. У автобусах та вантажних автомобілях, як правило, використовуються пневматичні підвіски двох типів: балон пневматичної підвіски з діафрагмою, що обкатує, і пневматична підвіска з пневмоелементами рукавного типу.

Балон пневматичної підвіски з діафрагмою, що обкатує (стандартна пневматична підвіска без металевої частини). Як правило, використовується у автобусах. Балон пневматичної підвіски з діафрагмою, що обкатує, оснащений конусоподібними поглибленнями для простоти демонтажу або установки балона на поршень і опорний фланець. В автобусах питання комфорту пересування поставлене гостріше, ніж в інших транспортних засобах. А це означає, що оригінальна висота транспортного засобу (висота посадки пасажира) повинна залишатися постійно на тому самому рівні, незалежно від чинного навантаження.

Актуальність пневматичних підвісок полягає в тому, що її наявність в автомобілі впливає на безліч експлуатаційних якостей:

- підвищення вантажопідйомності при незмінній масі транспортного засобу. Збільшення маси навантаженого автомобіля, порівняно з порожнім, сягає 100 і більше відсотків;
- збільшення стійкості та керованості транспортного засобу при зростанні швидкості руху. Для досягнення цієї мети виникає необхідність зміни становища кузова і підвищення жорсткості

штатної підвіски. Установка допоміжних пневматичних подушок тут дуже актуальна (рис. 5);

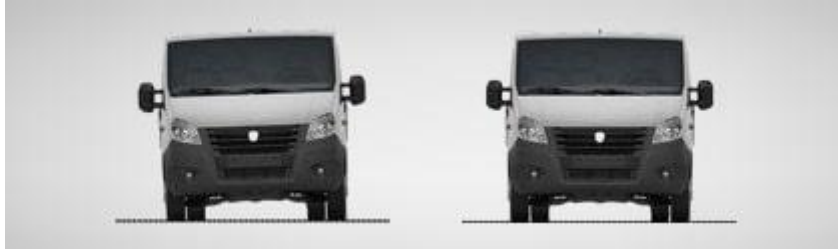


Рисунок 5. Установка допоміжних пневматичних подушок

- підвищення показників плавності ходу та комфортабельності пересування;
- використання додаткових пневматичних елементів підвіски дає додаткові переваги та зручності порівняно із звичайною підвіскою. Наприклад, регулювати висоту кузова щодо поверхні для подолання перешкод чи інших функціональних потреб (рис. 6).



Рисунок 6 Регулювання висоти кузова щодо поверхні для подолання перешкод

Наявність в автомобілі пневматичних підвісок також вирішує безліч проблем, а саме допомагає:

1) Усунути

- бічний крен та просідання кузова;
- розгойдування кузова при поворотах;
- трясіння під час їзди нерівними дорогами;
- просідання автомобіля.

2) Захистити

- кузов від ударів
- ресори від поломки
- підвіску від пробою
- раму та колеса автомобіля від удару

3) Поліпшити

- рульове керування та гальмування навантаженого автобуса
- збільшити кліренс та вантажопідйомність автомобіля
- зчеплення шини з дорогою

- зменшити гальмівний шлях

- продовжити термін служби як самої машини, так і цілого ряду її вузлів та деталей.

У важких дорожніх умовах саме можливості підвіски, а зовсім не потужність двигуна, визначають середні та максимальні швидкості руху. Досвід експлуатації вантажних автомобілів показує, що на нерівних дорогах середня швидкість руху знижується на 35-40%, витрата палива збільшується на 50-70%, міжремонтний пробіг зменшується на 35-40%. У цьому продуктивність автотранспорту знижується на 32-36%, а вартість перевезень зростає на 50-60%. До цього слід додати втрати, зумовлені перевитратою металу, палива, гуми та додатковими витратами робочої сили. Для зменшення цих втрат можна або покращувати дороги, що дорого, або вдосконалювати підвіски автомобіля, що ще дорожче, але у перерахунку на тисячі автомобілів виявляється дешевшим.

Все ж таки і дороги з рівною поверхнею пред'являють до підвіски дуже жорсткі вимоги. Адже швидкості постійно зростають, а вимоги до керованості та стійкості автомобілів та автопоїздів посилюються. При лінійних характеристиках традиційних пружних елементів не вдається досягти прийнятної частоти власних коливань, що дорівнює 90-120 хв, що змушує конструкторів звертатися до пружних елементів з нелінійною, прогресивною характеристикою: пневматичним або гідропневматичним.

По-перше, ці пружні елементи мають велику енергоємність в основному робочому діапазоні і при великих прогинах, а значить забезпечують зниження амплітуди коливань, зменшення кількості енергії, що поглинається амортизаторами, спрощують регулювання. При цьому у підвісках зі сталевими пружними елементами прогресивна характеристика досягається лише за рахунок сильного ускладнення конструкції.

Друга перевага – легкість автоматичного регулювання жорсткості та динамічного ходу підвіски відповідно до умов навантаження, що дозволяє отримати більшу плавність ходу та покращити інші експлуатаційні якості.

При однакових розмірах пружного елемента підвіска дозволяє мати високий рівень уніфікації для автомобілів різної вантажопідйомності зі значною різницею у величині підресорених мас. Це третя перевага.

По-четверте, пневмоелементи мають надзвичайно високу довговічність, недосягну для сталевих пружних елементів. Наприклад, балони автобусів GMS виходжують до 1 млн км.

Постійне положення кузова полегшує забезпечення правильної кінематики підвіски та рульового приводу, знижується центр ваги автомобіля та, отже, підвищується його стійкість. За будь-якого навантаження забезпечується належне положення фар, що підвищує безпеку руху в нічний час. Це – п'ять.

По-шосте, для покращення стійкості автомобіля при гальмуванні на пневмопідвіску часто покладається ще одна функція: точно регулювати гальмівні зусилля на колесах залежно від зміни навантажень на них. Практично пневмопідвіска робить це точніше, ніж механічні системи регулювання гальмівного тиску і не має недоліку електронних систем, що допускаяють збої в

роботі в умовах підвищеної вологості. І, нарешті, завдяки їй збільшується термін служби автомобіля загалом.

Під час руху по нерівностях дороги на колеса вантажного автомобіля діють ударні навантаження. Ці навантаження через систему підресування та напрямні елементи передаються на кузов автомобіля. Одне із завдань підвіски – демпфування (штучне придушення коливань) цих навантажень. При розгляді конструкції системи підресори слід завжди розрізняти її пружні демпфуючі елементи. Завдяки їх спільній дії досягаються:

-безпека;

-зберігається постійний контакт колеса з дорогою, що має велике значення для ефективної роботи гальм та точності кермового керування;

-захист пасажирів від впливу коливань, що загрожують їхньому здоров'ю або створюють неприємні відчуття, а також збереження цілісності вантажу, що перевозиться;

-захист кузова та агрегатів автомобіля від високих ударних та вібраційних навантажень. При русі автомобіля його кузов відчуває не тільки поступальні переміщення вгору і вниз, а й коливання навколо поздовжньої, поперечної та вертикальної осей і вздовж них. Поряд з кінематикою підвіски, система підресорування також істотно впливає на ці переміщення і коливання. Тому правильний підбір пружних елементів підвіски (компонентів системи підресорування), що демпфують, має важливе значення.

Підсумок: з огляду на те, що вартість виготовлення пневмопідвісок майже зрівнялася з вартістю ресорних підвісок, застосування перших дозволяє отримати великий техніко-економічний ефект.

Література

1.Електронний ресурс:

https://studwood.net/1824508/tehnika/harakteristika_pnevmpodvesok

2.Електронний ресурс: <http://licey58.zp.ua/lesson/tema-pidviska-zagalna-budova-i-princip-di%D1%97>

3.Електронний ресурс: <https://avtoshark.com/article/repairs/chassis-repairs/adaptivnaya-podveska-avtomobilya>

4.Електронний ресурс: <https://jak.koshachek.com/articles/adaptivna-pidviska-napivaktivna-pidviska-pristriij.html>

5.Електронний ресурс: <https://www.drive2.ru/b/499237653711946388/>

6.Електронний ресурс: <https://pnevma.ru/bardachok/?p=2342>

Науковий консультант: доцент кафедри автомобілів імені А.Б. Гредескула, канд. Техн. Наук Холодов М.П.

АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ СИНХРОНІЗАТОРІВ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ КАТЕГОРІЇ М₁

Синхронізатор коробки передач – це пристрій, який використовується в автомобільних коробках передач для полегшення переключення передач і уникнення їхнього зносу. Головна функція синхронізатора полягає в тому, щоб вирівнювати швидкість обертання між валами в коробці передач під час переключення передач.

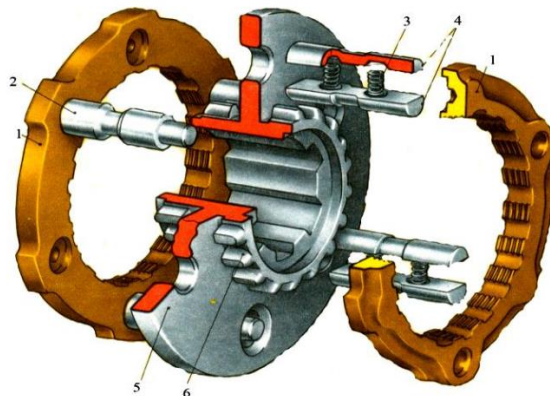
Історія синхронізаторів коробки передач налічує понад століття і пов'язана з постійним розвитком автомобільної техніки. Перші автомобілі мали дуже прості коробки передач, які вимагали ручного втручання водія для переключення. У 1928 році Чарльз Камерон отримав патент на синхронізатор, який був першим промисловим рішенням. Він використовував конічні обійми, що дозволяли забезпечувати постійну швидкість вихідного валу, що полегшувало переключення передач.

Метою статті є огляд та аналіз конструкції синхронізатора.

Синхронізатор коробки передач складається з декількох основних елементів, які спільно працюють для забезпечення плавного та ефективного переключення передач. Основні елементи синхронізатора включають такі компоненти: блокувальні, синхронізуючі та передавальні пристрої.

Проаналізуємо види блокуючих пристроїв.

Синхронізатор з блокуючими пальцями – це тип синхронізатора, який використовує блокуючі пальці та спеціальне кільце для досягнення точного та надійного з'єднання валів під час переключення передач в коробці передач автомобіля [1] (рис.1.).



1 – конусне кільце; 2 – блокувальний палець синхронізатора; 3 – пружина сухарів; 4 – сухарі синхронізатора; 5 – каретка синхронізатора; 6 – зубчасті вінці каретки синхронізатора;

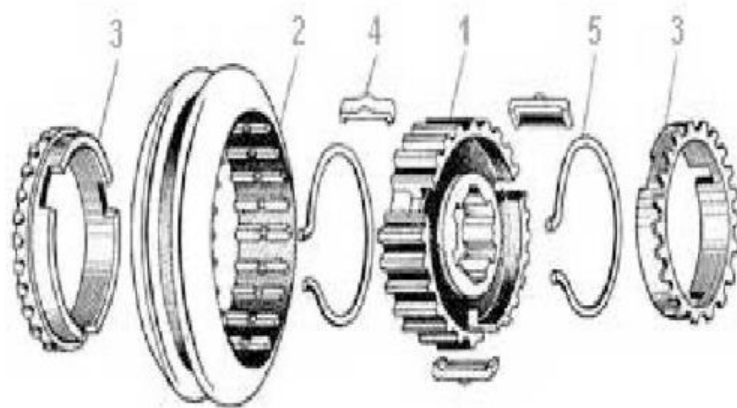
Рисунок 1 - Синхронізатор з блокуючими пальцями

Блокувальні пристрої синхронізатора коробки передач призначені для забезпечення правильного функціонування синхронізатора та плавного переключення передач.

Під час переключення передачі зовнішні блокуючі пальці рухаються так, що блокують рух внутрішніх блокуючих пальців. Це забезпечує точний контакт і з'єднання між валами та дозволяє передавати обертовий момент від одного вала до іншого.

Мають складну конструкцію, що може ускладнювати їх обслуговування та ремонт [2].

Синхронізатор з зубчастими кільцями - це тип синхронізатора, який використовує зубчасті кільця для досягнення точного з'єднання валів під час переключення передач в коробці передач автомобіля (рис. 2).



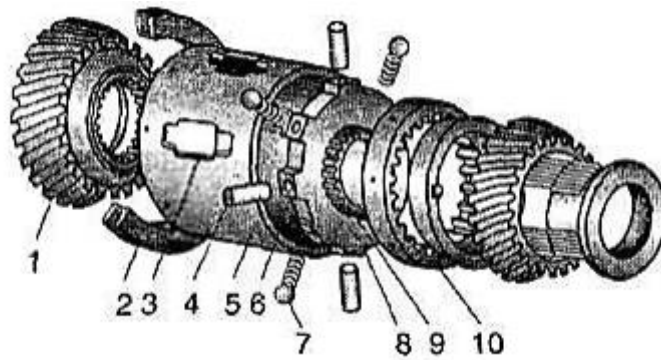
1 – ступиця; 2 – муфта синхронізатора; 3 – блокувальне зубчасте кільце; 4 – сухарі синхронізатора; 5 – пружинне кільце;

Рисунок 2 - Синхронізатор з блокуючими зубчастими кільцями

Під час переключення передачі конусна муфта рухається вздовж валу так, щоб зубці на внутрішній стороні кільця встановили контакт з зовнішніми зубцями на зубчастому кільці. Це дозволяє плавно з'єднати вихідний вал з новою передачею, забезпечуючи плавне і безшумне переключення.

Проте недоліками можуть бути складність конструкції та високі витрати на виробництво через використання високоякісних матеріалів та точності виготовлення зубчастих кілець і конусної муфти [3].

Синхронізатор з блокуючими вікнами - це тип синхронізатора, який використовує блокуючі вікна для забезпечення точного і надійного переключення передачі. Ця конструкція сприяє легкому та швидкому встановленню контакту між валами при переключенні передач. Цей тип синхронізатора може бути також відомий як "синхронізатор із затворами" або "синхронізатор з блокуючими пластинами" (рис.3.).



1 – шестерня; 2 – кільце перемикання; 3 – фігурний виріз; 4 — палець; 5 – корпус; 6 – виступ; 7 – кулька; 8 – муфта; 9 – зубчастий вінець; 10 – конічне кільце;

Рисунок 3 - Синхронізатор з блокуючими пластинами

Даний пристрій має внутрішні вікна або отвори в своїй конструкції. Ці вікна зазвичай розташовані на зовнішньому кільці синхронізатора або на муфті, які мають бути з'єднані під час переключення передач. Вал, який обирається для переключення передач, має внутрішні блокуючі муфти або зубці, які входять в ці внутрішні вікна або отвори під час переключення передач. Цей тип синхронізатора може використовуватися в сучасних автомобільних коробках передач для поліпшення водійського досвіду і підвищення надійності коробки передач.

Отже, блокуючі пристрої синхронізатора допомагають покращити точність та ефективність переключення передач, знижуючи тертя та запобігаючи помилкам водія. Включають високу надійність при різних навантаженнях та температурних умовах.

До синхронізуючих пристроїв відносяться конусні поверхні.

Конусні поверхні синхронізаторів є важливими компонентами коробки передач автомобіля. Їх основною метою є забезпечення плавного та безперебійного переключення передач. Існують різні види конусних поверхонь синхронізаторів.

Проаналізуємо види конусних поверхонь.

Синхронізатори з однорівневими конусами мають спеціальну конструкцію, що включає в себе один конус на кожному валу (зазвичай на валу передачі і на валу вибору передачі). Основна функція полягає в тому, щоб забезпечити вирівнювання швидкостей між валами передачі і вибору передачі перед їхнім з'єднанням. Ці конуси повинні бути добре змащені, оскільки це допомагає знижувати тертя і знос, забезпечуючи плавну роботу. Вони прості у виготовленні і дешеві. Синхронізатори з однорівневими конусами є поширеними в більшості легкових автомобілів і допомагають робити водіння більш комфортним і ефективним, дозволяючи плавно перемикаєти передачі без великих навантажень на трансмісію.

Синхронізатори з двох рівнів конусів. У цих синхронізаторів є два рівні конуси. Один конус закріплений на валу коробки передач, а інший на валу, який пов'язаний з вибраною передачею. Кожен конус має два рівні: верхній і нижній,

і обидва рівні мають спеціальний профіль. Конус на валу передачі розташований зазвичай нижче конуса на валу вибору передачі. Вони складніші у виготовленні та можуть бути дорожчими від однорівневих. Застосовуються в багатьох легкових і менших комерційних автомобілях. Наприклад, Ford Focus і Ford Escape - це автомобілі, які можуть мати такі синхронізатори.

Синхронізатори з трьох рівнів конусів використовуються для забезпечення більш ефективного і плавного перемикання передач в автомобільній трансмісії. Ці синхронізатори мають три конуси на кожному валу.

Синхронізатори з трьох рівнів конусів не є стандартними компонентами в більшості легкових автомобілів і використовуються в дуже обмеженому числі автомобільних моделей. Вони зазвичай застосовуються в автомобілях преміум-класу або спортивних автомобілях, де високоякісна трансмісія та плавне перемикання передач вважаються важливими. Наприклад, деякі моделі Audi, такі як Audi R8 і Audi S4, також використовують синхронізатори з трьох рівнів конусів, деякі спортивні моделі BMW, такі як BMW M3 і M4, можуть також включати синхронізатори з трьох рівнів конусів для кращого керування передачами та збільшення продуктивності.

До передавальних пристроїв зазвичай відноситься зубчастий вінець. Використовується для синхронізації обертового моменту між відновлювальним і ведучим валами при перемиканні передач. Він має спеціальні зубці, які взаємодіють з відповідними зубцями на ведучому валу та дозволяють вільному обертовому моменту передаватися між цими валами. Зубчастий вінець синхронізатора дозволяє поступово з'єднувати відновлювальний та ведучий вали, що забезпечує плавну і безшумну зміну передачі без різких ударів або шуму.

Зубчасті вінця синхронізаторів можуть виготовлятися зі сталі або інших високоміцних матеріалів, які витримують великі навантаження та тертя. Вони є важливою складовою трансмісії автомобілів і допомагають забезпечити ефективну та безперебійну роботу автомобільного обладнання [4].

Актуальність синхронізаторів коробки передач залежить від багатьох факторів. Ось деякі основні аспекти їх актуальності:

- Зручності водіння: Синхронізатори дозволяють плавно та безперервно перемикати передачі без надмірного зусилля або шуму.
- Покращення показників пального споживання: Правильне використання синхронізаторів допомагає зменшити знос і обертовий момент на коробці передач, що може позитивно позначитися на показниках пального споживання.
- Вплив на безпеку: Спритність в переключенні передач може бути важливою в екстрених ситуаціях на дорозі, коли потрібно швидко реагувати на зміну умов руху.
- Розвиток технологій: Спеціалісти по автомобільній трансмісії постійно працюють над вдосконаленням синхронізаторів, використовуючи нові матеріали та технології.

В майбутньому синхронізатори можуть стати ще більш автоматизованими, здатними виявляти несправності та виконувати діагностику без залучення людини. Розвиток синхронізаторів може спрямовуватися на створення більш

міцних та надійних рішень, здатних витримувати великі навантаження та швидкості. Легких та компактних, що допоможе зменшити вагу автомобілів та поліпшити їхню паливну ефективність.

Література

1. Герасименко В.В. Моделювання зубчастих коліс та валів, навчальний посібник / Герасименко В.В., Д.Ю. Бородін, І.М. Бєлих. – Харків. НТУ “ХПІ”, 2019. – 164с.
2. Калязін Ю. В., Титаренко В. М. Машинознавство. Частина III. Робочі машини: навчальний посібник. Полтава: ПП «Астрая», 2023. 168с.
3. Кисляков В.Ф., Луцик В.В. Будова й експлуатація автомобілів: підручник. Київ: Либідь 2018. 400 с.
4. Кубіч В.І. Складові частини колісних та гусеничних тракторів : навч. посіб.. Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2021. 324 с.

Науковий консультант: професор кафедри автомобілів ім. А.Б. Гредескула, д.т.н. Шуклінов С.М.

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНІЙ УНІВЕРСИТЕТ

Автомобільний факультет

НАУКОВІ ПРАЦІ

**86-ї Міжнародної
наукової конференції
студентів університету**

8-12 квітня 2024 р.
(Посвідчення УкрІНТЕІ від 5 грудня 2023 року № 498)

Комп'ютерна верстка

О. В. Біловол

Всі матеріали збірника представлені в авторській редакції.