

важелях – на деяких моделях авто ці деталі міняються тільки повністю в зборі. Ще одна досить часта причина заміни важелів – деформація цих деталей при наїзді на перешкоду або при аварії.

Діагностика і заміна пружин.

Поломка пружин в ходової частини автомобіля – явище досить часте, деталі виходять з ладу з кількох причин:

- автомобіль часто експлуатується по поганих дорогах;
- машина регулярно перевантажується;
- встановлено деталі поганої якості.

Характерні несправності цих елементів підвіски – просідання самої пружини або злам пружинного витка. Від перевантаження зазвичай страждають задні пружини, при цьому задня вісь стає нижче передньої по висоті. Щоб підняти багажник, використовують різні методи:

- ставлять під пружини додаткові проставки;
- змінюють стандартні пружини на посилені.

Якщо ламається одна з пружин, з'являється стукіт в підвісці, а машина просідає в тому місці, де пружинний виток лопнув.

## Висновки

Використання технологій сучасних автомобілів може значно покращити якість та безпеку на дорогах, забезпечити водіям та пасажиром комфортну та безпечну поїздку. Система безпеки ходової частини є невід'ємною частиною сучасних автомобілів, що дозволяє забезпечити ефективно та безпечно керування автомобілем.

**УДК 629.113**

## **СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО РЕМОНТУ ТА КОНТРОЛЮ СТАНУ КУЗОВІВ АВТОМОБІЛІВ ІЗ ЛЕГКИХ СПЛАВІВ І КОМПОЗИТІВ**

**Корнієнко Олексій Сергійович**, магістрант кафедри інжинірингу систем автомобільного транспорту ім. Говоруценка М.Я., Харківський національний автомобільно-дорожній університет

**Павленко В'ячеслав Миколайович**, канд. техн. наук, доцент кафедри інжинірингу систем автомобільного транспорту ім. Говоруценка М.Я., Харківський національний автомобільно-дорожній університет,  
e-mail: [vp.khadi@gmail.com](mailto:vp.khadi@gmail.com), ORCID: [0000-0003-0796-4307](https://orcid.org/0000-0003-0796-4307)

Автомобільна промисловість сьогодні переживає період інтенсивної трансформації, зумовлений глобальними тенденціями зниження викидів CO<sub>2</sub>, підвищення енергоефективності та розвитку електромобілів. У зв'язку з цим дедалі більшу увагу приділяють зменшенню маси транспортних засобів за рахунок використання легких конструкційних матеріалів.

Використання алюмінієвих і магнієвих сплавів, а також полімерних композитів дає можливість зменшити масу кузова на 30–40%, що позитивно впливає на динамічні характеристики автомобіля, витрату палива та стійкість до корозії.

Водночас такі матеріали вимагають принципово нових підходів до ремонту, діагностики та контролю стану. Традиційні методи, що застосовувалися для сталевих кузовів, не підходять через іншу структуру матеріалів, температурну чутливість і специфіку деформацій.

Отже, проблема вдосконалення технологій ремонту та моніторингу кузовів із легких сплавів і композитів є надзвичайно актуальною для сучасних автосервісів і дослідників галузі. 1. Матеріали та їх особливості легкі сплави (Al, Mg, Ti) і композити поєднують високу міцність і низьку густину, однак мають різні фізико-механічні властивості [1].

Алюмінієві сплави характеризуються добрими антикорозійними якостями, але чутливі до локального перегріву під час зварювання. Магнієві сплави відзначаються ще меншою масою, однак схильні до утворення мікротріщин. Композити (наприклад, CFRP – carbon fiber reinforced polymer) мають чудову жорсткість, але низьку ремонтпридатність через шарувату структуру.

Ці особливості диктують потребу у виборі спеціалізованих технологічних процесів для ремонту кожного типу матеріалу.

Ремонт алюмінієвих кузовів зазвичай здійснюється за трьома напрямками [2]:

- зварювання з контролем теплового впливу. Застосовуються технології TIG або MIG з імпульсним режимом, а також фрикційне зварювання з перемішуванням (FSW). Останнє дозволяє уникнути перегріву та зберегти структуру сплаву;

- клейові технології. Адгезивні з'єднання широко використовуються у виробництві Audi, Jaguar, Tesla. Клейові композиції на епоксидній основі забезпечують високу міцність і герметичність, що особливо важливо при з'єднанні алюмінію з композитами;

- заклепкові та комбіновані з'єднання. Використовуються клепальні системи типу SPR (Self-Piercing Riveting), які дозволяють з'єднувати шари матеріалів без попереднього свердління отворів.

Ключовою вимогою є підтримання чистоти ремонтної зони, оскільки контакт сталі й алюмінію може викликати гальванічну корозію.

Ремонт композитів значно складніший через неоднорідність структури. Пошкодження часто мають прихований характер – розшарування, мікротріщини або порушення орієнтації волокон [3].

Сучасні технології передбачають:

- локальну реставрацію за допомогою епоксидних смол;
- термічну полімеризацію з вакуумним формуванням;
- лазерне та ультразвукове 3D-сканування для визначення глибини пошкоджень;

- друк вуглецевих елементів на 3D-принтерах, що дозволяє відновити геометрію деталі з мінімальними втратами міцності.

Багато виробників, зокрема BMW та Lamborghini, використовують модульну конструкцію кузова з можливістю заміни секцій без повного демонтажу.

Контроль стану легких і композитних кузовів базується на неруйнівних методах (NDT).

До основних належать:

- ультразвуковий контроль (UT) — ефективний для виявлення тріщин і розшарувань;

- вихрострумний метод (ET) — дозволяє оцінювати поверхневі дефекти в алюмінієвих конструкціях;

- інфрачервона термографія — використовується для виявлення зон перегріву та внутрішніх порожнин;

- лазерне 3D-сканування та фотограмметрія — застосовуються для відновлення геометрії кузова після ДТП.

У провідних сервісах ЄС такі методи поєднуються з цифровими двійниками (Digital Twin) — віртуальними моделями, які в реальному часі отримують дані від сенсорів і дозволяють прогнозувати технічний стан автомобіля.

Інтеграція інтернету речей (IoT) і штучного інтелекту (AI) у сферу діагностики відкрила новий етап у розвитку кузовного контролю.

Автомобілі нового покоління оснащуються сенсорами деформацій, температури та вібрацій, що дозволяє фіксувати зміни у структурі кузова під час експлуатації. На основі цих даних створюється цифровий профіль зносу, який допомагає визначати момент, коли потрібен ремонт або профілактика.

Системи на базі агентно-орієнтованого моделювання здатні самостійно аналізувати стан вузлів, обмінюватися даними між підсистемами та формувати рекомендації для механіка чи власника автомобіля.

Впровадження сучасних методів ремонту вимагає високого рівня кваліфікації фахівців. Сервіси, що працюють із кузовами з алюмінію та композитів, повинні мати спеціально підготовлені зони, окремі інструменти та діагностичне обладнання. Компанії, такі як Tesla, Jaguar Land Rover, Audi, впровадили сертифікаційні програми для механіків, які проходять навчання в авторизованих центрах.

Стандарти ISO 9001, ISO 10360 і SAE J575 регламентують вимоги до якості ремонтних процесів та точності вимірювань [4].

## **Висновок**

Використання легких сплавів і композитів у конструкції кузовів автомобілів вимагає впровадження спеціалізованих технологій ремонту та діагностики. Традиційні методи ремонту не забезпечують необхідної якості та довговічності через особливості структури цих матеріалів. Сучасні підходи

базуються на застосуванні клейових, заклепкових з'єднань, 3D-сканування, ультразвукової діагностики та цифрових систем моніторингу.

Інтеграція технологій штучного інтелекту й цифрових двійників відкриває нові можливості для створення автоматизованих систем контролю технічного стану кузовів. Подальший розвиток галузі залежить від удосконалення ремонтних матеріалів, розвитку стандартизації та підготовки фахівців нової кваліфікації.

### Література

1. Крамар І. Т. Використання цифрових технологій у прогнозуванні технічного стану автомобіля. — Тернопіль: ТНТУ, 2023.

2. Філатов О. В., Бондаренко С. М. Інноваційні технології ремонту кузовів з алюмінієвих сплавів. — Автомобільний транспорт, № 45, 2022.

3. Bains, N. & Brooks, R. Advanced composite repair technologies in modern automotive engineering. — Journal of Materials & Design, 2021.

4. SAE International. Repair and Inspection of Aluminum Automotive Structures. — SAE Standard J1530, 2020.

УДК 629.113

## ХМАРНІ ТЕХНОЛОГІЇ МОНІТОРИНГУ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ НА ОСНОВІ ДІАГНОСТИЧНИХ ДАНИХ

**Королюк Андрій Олегович**, магістрант кафедри інжинірингу систем автомобільного транспорту ім. Говоруценка М.Я., Харківський національний автомобільно-дорожній університет

**Павленко В'ячеслав Миколайович**, канд. техн. наук, доцент кафедри інжинірингу систем автомобільного транспорту ім. Говоруценка М.Я., Харківський національний автомобільно-дорожній університет,  
e-mail: [vp.khadi@gmail.com](mailto:vp.khadi@gmail.com), ORCID: [0000-0003-0796-4307](https://orcid.org/0000-0003-0796-4307)

Еволюція автомобіля від механічного пристрою до кіберфізичної системи значно ускладнила процеси технічного обслуговування та ремонту. Сучасна станція технічного обслуговування (СТО) має справу з безпрецедентними обсягами діагностичних даних, що генеруються сотнями вбудованих сенсорів та електронних блоків керування (ECU). Успіх СТО сьогодні визначається не лише кваліфікацією механіків, але й здатністю ефективно збирати, обробляти та інтегрувати ці дані для переходу від реактивного до прогнозного та прескриптивного обслуговування.

У цьому контексті технології хмарних обчислень та цифрових близнюків (Digital Twins, ЦБ) набувають вирішального значення. Хмарні платформи забезпечують необхідну масштабованість та обчислювальну потужність для обробки великих даних (Big Data), тоді як цифрові близнюки створюють віртуальну модель автомобіля, яка дозволяє не лише моніторити, але й