

В. М. Павленко¹**В. П. Кужель²****А. Г. Буда²****П. В. Черненко³****О. В. Корнєв³**

ІНТЕЛЕКТУАЛІЗАЦІЯ ЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМ ТА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СУЧАСНИХ АВТОМОБІЛІВ

¹Харківський національний автомобільно-дорожній університет²Вінницький національний технічний університет³Національна академія Національної гвардії України

Наведена робота спрямована на дослідження питання насичення та вдосконалення програмного забезпечення та електронних систем в межах розвитку сучасних автомобілів. Тенденції, які сьогодні існують в автомобільній галузі, створюють складності та невизначеності, пов'язані з апаратним забезпеченням. Найближче свідоме майбутнє скоріш за все буде руйнівним для програмного забезпечення та електронної архітектури.

Вже зараз автомобіль змінився безповоротно. Електрифікація та штучний інтелект дозволили підвищити безпеку, ефективність і продуктивність на автомобільному транспорті. У той час як більшість водіїв думають, як швидко вони перемістяться туди, куди вони рухаються, в технічному плані на зараз все більше уваги приділяється умовам руху та безпеці при пересуванні в подорожі – як саме пасажери почуватимуться, та на скільки безпечно дістануться до кінцевого місця призначення, а також контроль працездатності всіх систем автомобіля.

Авторами статті обґрунтовано актуальність проблеми та доведено, що головна вимога до автомобілів, це безпека і якість автомобільної електроніки та програмного забезпечення для гарантування безпеки, які створюють ще більший рівень автономності. Все це вимагає від автомобільної галузі переосмислення сучасних кроків до розробки програмного забезпечення автомобіля, електронної та електричної архітектури.

Метою роботи є дослідження стану і перспективи розвитку різноманітних електронних систем та технологічного програмного забезпечення сучасних автомобілів з розглядом гіпотез майбутньої електричної та електронної архітектури автомобільного транспорту.

В підсумку роботи доведено, що інтелектуальні транспортні засоби створені за допомогою напівпровідників, бази даних і штучного інтелекту для прийняття рішень, що веде до експоненціального росту ускладнення автомобільних систем і потребує більш складних технологій проектування та тестування. Щоб досягти необхідної продуктивності, а також цілей сталого дизайну та безпечної роботи, ці елементи більше не можна проектувати окремо. Необхідно прийняти нову парадигму співпраці в дизайні, де інженери з різних дисциплін об'єднуються для досягнення спільної мети.

Ключові слова: автомобіль, автомобільна промисловість, електроніка, електронна система, програмне забезпечення автомобілів, датчики, гіпотеза.

Постановка проблеми

Автомобільна промисловість переживає революцію, мотивовану електрифікацією та дистанційною роботою. Технології, як бездротовий зв'язок, радар міліметрового діапазону хвиль і штучний інтелект, створюють новий досвід для користувачів і змінюють очікування пасажирів. Ці досягнення роблять наші автомобілі безпечнішими, ефективнішими, комфортнішими та загалом приємнішими. Звичайний автомобіль тепер може похвалитися понад тисячею мікросхем. Хоча більшість із них використовуються для інформаційно-розважальних систем, автономне водіння та пов'язана з ним безпека займають друге місце за кількістю використання чіпів.

Виходячи з цих тенденцій, на зараз існує три способи, як технології роблять автомобілі розумнішими та безпечнішими.

Автомобільний інтелект. Щоб допомогти під час водіння, автомобіль повинен знати наше місцезнаходження та оточення. Ключові передові технології використовують потужність датчиків штучного інтелекту для збору інформації та зору, інформації для прийняття рішень та аналізу для прийняття рішень автономно, тобто датчики збирають дані та поєднуються з умовами навколишнього середовища. Ці знання, або модель, є базою даних про дороги, карти, швидкості, правила дорожнього

руху та правила безпечної експлуатації. Аналіз оцінює як умови навколишнього середовища, так і модель, щоб визначити дії, необхідні для безпечного керування транспортним засобом. Камери, радары, лідари та GPS генерують величезну кількість даних для виявлення навколишнього середовища, включаючи місцезнаходження, місцевість, тротуар, знаки, сигнали світлофора, пішоходів, автомобілі та інші об'єкти. Об'єднання цих даних – процес, який називається злиттям датчиків – представляє сукупність середовища та статус автомобіля. Ці уніфіковані дані потім аналізуються на основі моделі автоматизованої поведінки автомобіля, великої бази даних, яка представляє практично всі можливі варіанти та їхні наслідки.

Продуктивність системи. Проектування для оптимальної продуктивності тепер означає набагато більше, ніж максимальна швидкість, прискорення від нуля до 60 миль/год. Автомобілі тепер є комп'ютерами на колесах і програмне забезпечення, і електроніка мають обробляти всі ці дані в режимі реального часу. Робота залежить від високопродуктивного бездротового зв'язку в автомобілі, транспортному засобі між транспортними засобами та між глобальними центрами обробки даних. Дані, що передаються сенсорною мережею, варіюються від 10 Мбіт/с до 25 Гбіт/с і зазвичай передаються через високошвидкісний Ethernet. Водіння та навігація вимагають бездротової передачі великих наборів даних, коли автомобіль переміщується через регіони. Автомобіль може генерувати один терабайт даних щодня. Щоб забезпечити безпечну навігацію кількома транспортними засобами, автомобілі вже безпосередньо спілкуються один з одним, щоб керувати відстанню та приймати рішення [1].

Напівпровідникова електроніка. Нещодавні збої в сфері постачання електроніки посилюються вищим, ніж очікувалося, попитом, та недостатньою виробничою потужністю та довшими термінами виконання. Автомобільні мікросхеми виготовляються з використанням старих процесів виробництва напівпровідників, щоб заощадити кошти. Революція в автомобільній електроніці, однак, зумовлена певними функціями, які вимагають впровадження в найдосконаліші процеси виробництва напівпровідників через необхідну продуктивність, конструктивний розмір і енергоспоживання. Використання штучного інтелекту для подолання цієї дедалі складнішої конструкції є перспективним як для продуктивності, так і для оптимізації [2].

Основна частина

У той час як автомобіль продовжує свій перехід від машини, що керується апаратним забезпеченням, до електронного пристрою, керованого програмним забезпеченням, правила конкуренції в автомобільній промисловості змінюються.

Двигун був технологічним та інженерним ядром автомобіля 20-го століття. Сьогодні програмне забезпечення, велика обчислювальна потужність і вдосконалені датчики все частіше виконують цю роль. Вони забезпечують найсучасніші інновації, від ефективності до підключення до автономного водіння, до електрифікації та нових мобільних рішень. Однак із зростанням значення електроніки та програмного забезпечення зростає складність. Надзвичайна складність спричиняє значні проблеми з якістю програмного забезпечення, про що свідчать мільйони автомобілів які були відкликани за останні роки.

В міру того, як автомобільна промисловість переходить від транспортних засобів з апаратним забезпеченням до програмно-визначених, актуальність програмного забезпечення для основних технологічних тенденцій швидко зростає. Не дивно, що гравці в цифровому автомобільному ланцюжку створення вартості намагаються заробити на інноваціях, доступних за допомогою програмного забезпечення та електроніки (рис. 1). Компанії з програмного забезпечення та інші гравці цифрових технологій залишають свої поточні позиції другого та третього рівнів, щоб залучити автовиробників як постачальників першого рівня. Вони розширюють свою участь у «стеку» автомобільних технологій, виходячи за межі функцій і програм до операційних систем. У той же час традиційні виробники електронних систем першого рівня сміливо виходять на територію оригінальних функцій і додатків технічних гігантів, а автовиробники преміум-класу просуваються в наступні області, такі як операційні системи [3–8].

Одним із наслідків цих стратегічних кроків є те, що архітектура автомобіля стане сервісно-орієнтованою архітектурою (COA), заснованою на узагальнених обчислювальних платформах. Розробники додають нові рішення для підключення, додатки, елементи штучного інтелекту, розширену аналітику та операційні системи. Диференціація буде полягати не в традиційному апаратному забезпеченні автомобіля, а в інтерфейсі користувача та елементах досвіду, які базуються на програмному забезпеченні та передовій електроніці.



Рис. 1. Приклади програмних інновацій

Автомобілі завтрашнього дня перейдуть на платформу нових відмінностей. Ймовірно, вони включатимуть інновації в інформаційно-розважальній сфері, можливості автономного водіння та інтелектуальні функції безпеки, засновані на поведінці «відмов у роботі» (наприклад, система, здатна виконувати свою ключову функцію, навіть якщо частина її виходить з ладу). Програмне забезпечення переміститься далі в цифровий стек для інтеграції з апаратним забезпеченням у формі розумних датчиків. Стеки стануть горизонтально інтегрованими та отримують нові рівні, які перетворюють архітектуру на COA.

Зрештою, нове програмне забезпечення та електронна архітектура стануть результатом кількох мінливих тенденцій, які спричиняють складність і взаємозалежність. Наприклад, нові інтелектуальні датчики та програми створять «вибух даних» у транспортному засобі, з яким гравці повинні працювати шляхом ефективного обробки та аналізу даних, якщо вони сподіваються залишитися конкурентоспроможними. Модульна система COA та оновлення бездротового зв'язку стануть ключовими вимогами для підтримки складного програмного забезпечення в парках і створення нових бізнес-моделей функцій за запитом. Інформаційно-розважальні системи та, меншою мірою, вдосконалені системи допомоги водієві Advanced Driver Assistance System (ADAS) дедалі більше будуть «прикладними», оскільки все більше сторонніх розробників додатків будуть цим наповнювати вміст автомобіля [3]. Вимоги до цифрової безпеки перенесуть фокус зі стратегії чистого контролю доступу на інтегровану концепцію безпеки, яка призначена для передбачення, уникнення, виявлення та захисту від кібератак. Поява можливостей високоавтоматизованого водіння Highly Automated Driving (HAD) вимагатиме конвергенції функціональності, чудової обчислювальної потужності та високого ступеня інтеграції [4–6].

Майбутнє електричної та електронної архітектури автомобілів

Шлях вперед як для технології, так і для бізнес-моделі ще далеко не визначений. Але ґрунтуючись на численних дослідженнях і думках експертів, можливо висунути гіпотези щодо завтрашньої архітектури автомобільної електрики та електроніки та її наслідків для галузі (рис. 2).

1. Відбудеться все більша консолідація електронних блоків керування (ECU). Замість безлічі конкретних ECU для певних функцій (поточна модель «додайте функцію, додайте коробку») галузь перейде до консолідованої архітектури ECU автомобіля. На початку більшість функціональних можливостей буде зосереджена на консолідованих контролерах домену для основних доменів транспортних засобів, які частково замінять функціональність, яка зараз працює в розподілених ECU. Ці розробки вже ведуться і вийдуть на ринок через два-три роки. Ця консолідація особливо вірогідна для стеків, пов'язаних із функціональністю ADAS і HAD, тоді як більш базові функції транспортного засобу можуть зберігати вищий ступінь децентралізації.

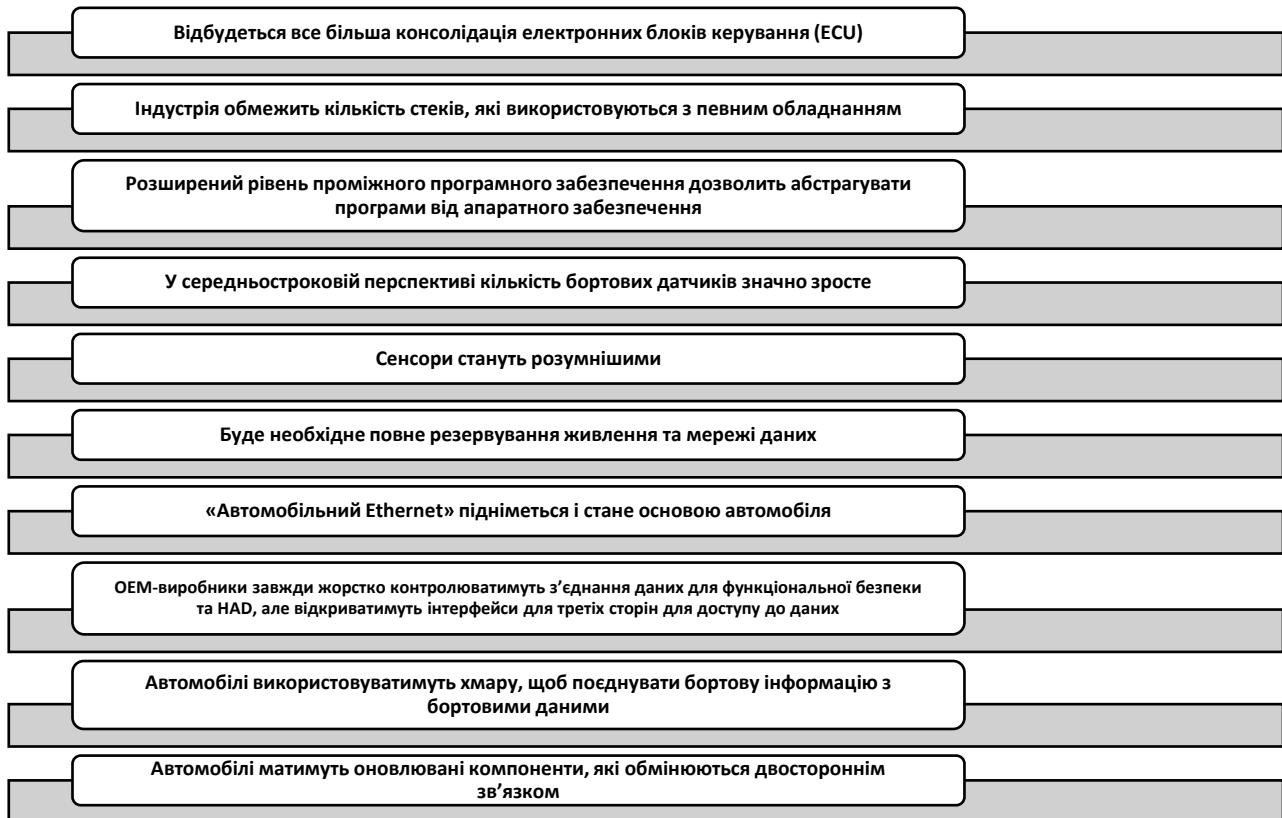


Рис. 2. Гіпотези майбутньої електричної та електронної архітектури автомобільного транспорту

В еволюції до автономного водіння віртуалізація функцій програмного забезпечення та абстрагування від апаратного забезпечення стануть ще більш необхідними. Цей новий підхід може матеріалізуватись у кількох формах. Одним із сценаріїв є консолідація апаратного забезпечення в стеки, що задовольняють різні вимоги щодо затримки та надійності, наприклад високопродуктивний стек, що підтримує функції HAD і ADAS, і окремих, орієнтованих на час стек із низькою затримкою для основних функцій безпеки. За іншим сценарієм ECU замінюється одним резервним «суперкомп'ютером», тоді як за третім концепція блоку керування повністю відмовляється на користь обчислювальної мережі з розумними вузлами. Зміни викликані насамперед трьома факторами: витратами, новими учасниками ринку та попитом через HAD. Зменшення витрат як на розробку функцій, так і на необхідне обчислювальне обладнання, включаючи комунікаційне обладнання, прискорить консолідацію [3, 4].

2. Індустрія обмежить кількість стеків, які використовуються з певним обладнанням. Консолідація супроводжуватиметься нормалізацією обмежених наборів, що дозволить розділити функції автомобіля та апаратне забезпечення ECU, що включає посилену віртуалізацію. Апаратне забезпечення та вбудоване мікропрограмне забезпечення (включно з операційною системою) залежатимуть від основних функціональних вимог, не пов'язаних із транспортним засобом, замість того, щоб бути частиною функціонального домену автомобіля. Щоб забезпечити поділ і орієнтовану на обслуговування архітектуру, слід мати як мінімум чотири групи стеків, які можуть стати основою для майбутніх поколінь: стек, керований часом; стек, керований подіями та часом; керований подіями стек; хмарний (позабортовий) стек.

Яскравими прикладами є інформаційно-розважальна система (стек, керований подіями), де компанії розробляють комунікаційні можливості, такі як 3D і доповнена навігація. Другим прикладом є штучний інтелект і датчики для високопродуктивних програм, де постачальники об'єднуються з ключовими автовиробниками для розробки обчислювальних платформ.

3. Розширений рівень проміжного програмного забезпечення дозволить абстрагувати програми від апаратного забезпечення. У міру того, як транспортні засоби продовжують розвиватися в мобільні обчислювальні платформи, проміжне програмне забезпечення дозволить змінювати конфігурацію автомобілів, установлювати й оновлювати програмне забезпечення. На відміну від сьогодення, коли проміжне програмне забезпечення в кожному ECU полегшує зв'язок між блоками, у

наступному поколінні автомобілів воно зв'язуватиме контролер домену з функціями доступу. Працюючи поверх апаратного забезпечення ECU в автомобілі, рівень проміжного ПЗ забезпечить абстракцію та віртуалізацію, SOA та розподілені обчислення. Докази вже свідчать про те, що гравці автомобільної промисловості рухаються до більш гнучких архітектур, включаючи загальне проміжне програмне забезпечення.

4. У середньостроковій перспективі кількість бортових датчиків значно зросте. У наступних двох-трьох поколіннях автомобілів автовиробники встановлюватимуть датчики з аналогічними функціями, щоб забезпечити наявність достатньої кількості резервів, пов'язаних з безпекою. Проте в довгостроковій перспективі автомобільна промисловість розроблятиме спеціальні сенсорні рішення, щоб зменшити кількість використовуваних датчиків і їхню вартість.

У довгостроковій перспективі ми бачимо різні можливі сценарії щодо кількості датчиків у автомобілях: подальше збільшення, стабільні цифри чи зменшення. Який сценарій реалізується, залежить від регулювання, технічної зрілості рішень і можливості використовувати кілька датчиків для різних випадків використання. Нормативні вимоги можуть, наприклад, вимагати більш ретельного моніторингу водія, що приведе до збільшення кількості датчиків усередині транспортного засобу. Можна очікувати, що в салоні автомобіля буде використовуватися більше датчиків побутової електроніки. Датчики руху та моніторинг здоров'я таких показників, як частота серцевих скорочень і сонливість, а також розпізнавання обличчя та відстеження райдужної оболонки ока – це лише деякі з потенційних випадків використання. Однак, оскільки збільшення або навіть стабільна кількість датчиків вимагатиме вищої кількості матеріалів, не лише в самих датчиках, але й у мережі транспортних засобів, стимул до зменшення кількості датчиків високий.

5. Сенсори стануть розумнішими. Системні архітектури вимагатимуть інтелектуальних інтегрованих датчиків для керування величезними обсягами даних, необхідних для високоавтоматизованого водіння. У той час як високорівневі функції, такі як об'єднання датчиків і 3D позиціонування, працюватимуть на централізованих обчислювальних платформах, попередня обробка, фільтрація та цикли швидкої реакції, швидше за все, будуть знаходитися на периферії або здійснюватися безпосередньо в датчику. За однією з оцінок, кількість даних, які автономний автомобіль буде генерувати щогодини, становить чотири терабайти. Отже, інтелект переміститься з блоків керування у датчики для виконання базової попередньої обробки, що вимагає низької затримки та низької продуктивності обчислень, особливо якщо зважити витрати на обробку даних у датчиках порівняно з витратами на передачу великого обсягу даних у транспортному засобі. Щоб забезпечити правильну роботу датчика в будь-яких умовах, знадобиться новий клас програм для очищення датчиків, таких як засоби для видалення обледеніння та видалення пилу чи бруду.

6. Буде необхідне повне резервування живлення та мережі даних. Критично важливі для безпеки та інші ключові додатки, які потребують високої надійності, використовуватимуть повністю резервовані кола для всього, що є життєво важливим для безпечного маневрування, наприклад для передачі даних і живлення. Впровадження технологій електромобілів, центральних комп'ютерів і енергоємних розподілених обчислювальних мереж вимагатиме нових резервних мереж керування живленням. Відмовостійкі системи, що підтримують бездротове керування та інші функції HAD, вимагатимуть проектування системи резервування, що є значним архітектурним покращенням у порівнянні з сучасними реалізаціями безвідмовного моніторингу.

7. «Автомобільний Ethernet» підніметься і стане основою автомобіля. Сучасні транспортні мережі недостатні для вимог майбутніх транспортних засобів. Підвищені швидкості передачі даних і вимоги до резервування для HAD, безпеки та захисту в підключених середовищах, а також потреба в міжгалузевих стандартизованих протоколах, швидше за все, приведуть до появи автомобільного Ethernet як ключового засобу, особливо для резервної центральної шини даних. Рішення Ethernet знадобляться для забезпечення надійного міждоменного зв'язку та задоволення вимог у режимі реального часу шляхом додавання розширень Ethernet, таких як аудіо-відео міст (AVB) і чутливі до часу мережі (TSN). У майбутньому ми очікуємо, що автомобільна промисловість також охопить майбутні технології Ethernet, такі як продукти з високою затримкою пропускної здатності (HDBP) і 10-гігабітні технології.

8. OEM-виробники завжди жорстко контролюватимуть з'єднання даних для функціональної безпеки та HAD, але відкриватимуть інтерфейси для третіх сторін для доступу до даних. Центральні шлюзи з'єднання, які передають і отримують критично важливі для безпеки дані, завжди під'єднуюватимуться безпосередньо та виключно до серверної частини OEM, доступної третім сторонам для доступу до даних, за винятком випадків, коли цього вимагає нормативне регулювання. Сьогоднішній порт бортової діагностики буде замінено підключеними телематичними рішеннями.

Фізичний доступ до мережі транспортного засобу для технічного обслуговування більше не буде потрібен, але він може проходити через серверні частини OEM-виробників. Виробники комплектного обладнання нададуть порти даних у своїх транспортних засобах для конкретних випадків використання, таких як відстеження втраченого автомобіля або індивідуальне страхування.

9. Автомобілі використовуватимуть хмарне сховище, щоб поєднувати бортову інформацію з бортовими даними. Неконфіденційні дані (тобто дані, які не є особистими чи пов'язаними з безпекою) дедалі частіше оброблятимуться в хмарі для отримання додаткової інформації, хоча доступність для гравців поза OEM-виробниками залежатиме від майбутнього регулювання та переговорів. У міру того, як обсяги даних зростатимуть, аналітика даних стане критично важливою для обробки інформації та перетворення її на ефективні ідеї. Досі незрозуміло, як і ким це буде зроблено, але основні традиційні постачальники та технологічні гравці вже створюють інтегровані автомобільні платформи, здатні обробляти цей новий масив даних.

10. Автомобілі матимуть оновлювані компоненти, які обмінюються двостороннім зв'язком. Бортові тестові системи дозволять автомобілям автоматично перевіряти функції та оновлення інтеграції, таким чином забезпечуючи керування життєвим циклом і вдосконалення або розблокування функцій післяпродажного обслуговування. Усі ECU надсилатимуть і отримуватимуть дані до та від датчиків і приводів, отримуючи набори даних для підтримки інноваційних випадків використання, таких як розрахунок маршруту на основі параметрів автомобіля.

З появою високоавтоматизованих або повністю автоматизованих транспортних засобів майбутні передові алгоритми та машинне навчання можуть підвищити ефективність і надійність датчиків. У поєднанні з більш потужними та ефективними сенсорними технологіями можна очікувати зменшення кількості зайвих датчиків. Датчики, які використовуються сьогодні, можуть застаріти, оскільки їхні функції переймаються більш потужними датчиками (наприклад, помічник паркування на основі камери чи лідара може замінити ультразвукові датчики).

Щоб досягти можливості оновлення, подібної до смартфонів, галузі потрібно подолати обмежувальні контракти з дилерами, нормативні вимоги, а також проблеми безпеки та конфіденційності. OEM-виробники стандартизуватимуть свої парки, тісно співпрацюючи з постачальниками технологій у цьому просторі. Транспортні засоби отримають оновлення програмного забезпечення та функцій, а також оновлення безпеки протягом передбаченого терміну служби. Регулятори, ймовірно, забезпечуватимуть технічне обслуговування програмного забезпечення, щоб забезпечити цілісність безпеки конструкцій транспортних засобів. Зобов'язання оновлювати та підтримувати програмне забезпечення приведе до нових бізнес-моделей технічного обслуговування та експлуатації транспортних засобів.

Перехід від продуктів, орієнтованих на апаратне забезпечення, до світу, орієнтованого на програмне забезпечення та обслуговування, є особливо складним для традиційних автомобільних компаній. Проте, враховуючи описані тенденції та зміни, нікому в галузі не залишається іншого вибору, як підготуватися. Ось декілька кроків поступового, антишокового переходу до інтелектуалізації в автомобільній галузі:

- розподілити цикли розробки транспортного засобу та його функцій. Виробники комплектного обладнання та постачальники першого рівня повинні визначити, як розробляти, пропонувати та розгортати функції, значною мірою незалежно від циклів розробки автомобіля як з технічної, так і з організаційної точки зору;

- визначити додаткову вартість для розробки програмного забезпечення та електроніки. Виробники комплектного обладнання повинні визначити відмінні ознаки, для яких вони можуть встановити контрольні точки;

- сформувані чіткий цінник до програмного забезпечення. Відокремлення програмного забезпечення від апаратного забезпечення вимагає від виробників оригінального обладнання переглянути свої внутрішні процеси та механізми незалежного придбання програмного забезпечення;

- розробити конкретну організаційну структуру навколо нової архітектури електроніки. Окрім зміни внутрішніх процесів для доставки та продажу передової електроніки та програмного забезпечення, спільноті автомобільної промисловості слід також розглянути іншу організаційну структуру, пов'язану з електронікою для транспортних засобів.

Висновки

Підсумовуючи проведену роботу, можна констатувати, що починаючи нову еру автомобільного програмного забезпечення та електроніки, вона кардинально змінює широкий спектр попередніх уявлень про бізнес-моделі, потреби клієнтів і природу конкуренції. Можливі багато стратегічних кроків в цьому напрямку: автовиробники можуть створити галузеві консорціуми для стандартизації архітектури транспортних засобів, цифрові гіганти можуть запровадити бортові хмарні платформи, мобільні гравці можуть виробляти власні транспортні засоби або розробляти стеки транспортних засобів із відкритим вихідним кодом і функції програмного забезпечення, а автовиробники можуть представити все більш складні підключені та автономні автомобілі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Harmon P. The AI Tools Market. The Market for Intelligent Software Building Tools. Part I. Intelligent Software Strategies., 1994.
- [2] Autonomous vehicle data storage: We grill self-driving car experts about sensors, clouds ... and robo taxis [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://blocksandfiles.com/2020/02/03/autonomous-vehicle-data-storage-is-a-game-of-guesses/> (дата звернення 15.09.2022).
- [3] What is ADAS? [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.synopsys.com/automotive/what-is-adas.html> (дата звернення 18.09.2022).
- [4] Автомобиль-робот Baidu совершил автоматический пробег по улицам Пекина [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://dailytechinfo.org/auto/7656-avtomobil-robot-baidu-sovershil-avtomaticheskij-probeg-po-ulicam-pekina.html> (дата звернення 18.09.2022).
- [5] В. М. Павленко, В. П. Кужель, В. М. Мануйлов, «Алгоритмізація бази знань при обслуговуванні легкових автомобілів», *Вісник машинобудування та транспорту*, № 2(14), с. 87-95, 2021.
- [6] В. М. Павленко, В. М. Мануйлов, В. П. Кужель, «Case-системи для розробки мультиагентної системи (MAC) в системі діагностування та технічного обслуговування автомобілів», *Вісник Машинобудування та транспорту*. № 1(13), с. 87-94, 2021. DOI: <https://doi.org/10.31649/2413-4503-2021-13-1-87-93>.
- [7] В. М. Павленко, В. П. Кужель, С. В. Калашніков, Д. П. Комар, «Моделювання онтологій для організації технічного обслуговування автомобілів», *Вісник Машинобудування та транспорту*. № 1(9), с. 89-97, 2019. DOI <https://doi.org/10.31649/2413-4503-2019-9-1-89-97>.
- [8] В. П. Волков, В. М. Павленко, В. П. Кужель, «Дослідження агентного підходу контролю технічного стану транспортних засобів», *Вісник Машинобудування та транспорту*. № 2(10), с. 16-23, 2019. DOI <https://doi.org/10.31649/2413-4503-2019-10-2>.

Павленко В'ячеслав Миколайович – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри технічної експлуатації та сервісу автомобілів, e-mail: vp.khadi@gmail.com

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків

Кужель Володимир Петрович – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, e-mail: kuzhel2017@gmail.com

Буда Антоніна Героніївна – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри опору матеріалів, теоретичної механіки та інженерної графіки, e-mail: antbu@ukr.net

Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

Черненко Павло Володимирович – викладач кафедри автомобільної бронетанкової техніки, e-mail: pav.chernenko@ukr.net

Корнєв Олександр Васильович – викладач кафедри автомобільної бронетанкової техніки, e-mail: naumenko197@ukr.net

Національна академія Національної гвардії України, м. Харків

V. Pavlenko¹
V. Kuzhel²
A. Buda²
P. Chernenko³
O. Korniev³

Intellectualization of electronic systems and software of modern cars

¹Kharkiv National Automobile and Highway University

²Vinnitsia National Technical University

³National Academy of the National Guard of Ukraine

This work aims to study the issue of saturation and improvement of software and electronic systems within the development of modern cars. The trends that exist today in the automotive industry create complexities and uncertainties associated with hardware, the near foreseeable future is likely to be disruptive for software and electronic architecture.

Already now, the car has changed irrevocably. Electrification and artificial intelligence have improved safety, efficiency and productivity in road transport. While most drivers think about how fast they will get to where they are going, in technical terms, more and more attention is now being paid to traffic conditions and safety while traveling - how passengers will feel, and how they will get to their final destination, and monitoring the performance of all vehicle systems.

The authors of the article substantiate the urgency of the problem and prove that the main need for cars is the safety and quality of automotive electronics and safety software that create an even greater level of autonomy. All this requires the automotive industry to rethink the current steps towards the development of car software, electronic and electrical architecture.

The aim of the work is to study the state and prospects of development of various electronic systems and technological software of modern cars and to consider hypotheses of the future electrical and electronic architecture of road transport.

In the result of the work, it is proved that intelligent vehicles created with the help of semiconductors, databases and artificial intelligence for decision-making, leads to an exponential increase in the complexity of automotive systems and requires more sophisticated design and testing technologies. To achieve the required performance as well as the goals of sustainable design and safe operation, these elements can no longer be designed separately. A new paradigm of collaborative design must be adopted, where engineers from different disciplines come together to achieve a common goal.

Key words: car, automotive industry, electronics, electronic system, car software, sensors, hypothesis.

Pavlenko Viacheslav – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor of Technical operation and service of cars department, e-mail: vp.khadi@gmail.com

Kuzhel Volodymyr – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor of Automobiles and transport management department, e-mail: kuzhel2017@gmail.com, kuzhel_v@vntu.edu.ua

Buda Antonina – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Resistance of Materials, Theoretical Mechanics and Engineering Graphics, e-mail: antbu@ukr.net

Chernenko Pavlo – Lecturer, Department of Automotive Armored Equipment, e-mail: pav.chernenko@ukr.net

Korniev Oleksandr – Lecturer, Department of Automotive Armored Equipment, e-mail: naumenko197@ukr.net