УДК 629.3
DOI: https://doi.org/10.31649/2413-4503-2023-17-1-163-169

О. П. Смирнов
А. О. Борисенко

ТЕНДЕНЦІЯ РОЗВИТКУ ПРОГРАМНО-ВИЗНАЧЕНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Програмно-визначені транспортні засоби – це подальша еволюція автомобільного транспорту. Вони є основою багатьох інших досягнень, включно з безпілотними та автомобілями, що підключені в єдину інтелектуальну транспортну мережу та хмарну технологію. У статті проведений аналіз тенденції розвитку та перспектив створення програмно-визначених транспортних засобів, які на принципово новому рівні будуть забезпечувати покращені функції безпеки та захисту, підвищений рівень автономності автопілоту, можливість приймати щоденні оновлення як функціональних, так і пов'язаних з безпекою функцій. Вони отримають програмну платформу для підключених сервісів, включно з інформаційно-розважальними. Розробки у галузі програмно-визначених транспортних засобів пов'язані з кардинальними змінами в електричній та електронній архітектурі автомобіля, яка створює на нових принципах такі функції, як запобігання крадіжкам, оповіщення про екстрену допомогу, навігаційні функції, оновлення програмного забезпечення, оперативне налаштування електронних та електричних систем та комплексів транспортних засобів під час експлуатації. Розвиток програмного забезпечення, ускладнення електронних систем керування та комп'ютерного оснащення сучасного автомобіля наближає його до програмно-визначеного транспортного засобу, який адекватно взаємодіє з навколишнім середовищем за допомогою датчиків, виконавчих пристроїв, системами обробки інформації та зв'язку. Внаслідок проведеного дослідження здійснено визначення нового терміна «Software-Defined Vehicle» (SDV) – «програмно-визначений транспортний засіб»; доведена актуальність дослідження та обґрунтована необхідність створення програмно-визначених транспортних засобів; розглянута перспектива розвитку автомобілів та еволюція програмно-визначених транспортних засобів; визначені напрями створення програмно-визначених транспортних засобів, проведений аналіз концепції компанії Amazon Web Services (AWS) зі створення програмно-визначених транспортних засобів. Взагалі програмно-визначений транспортний засіб створює широкі можливості як для споживачів, так і для виробників транспортних засобів, відкриває нові функціональні можливості транспортним засобам та транспортним системам загалом, багато з яких ще навіть не були задумані.

Ключові слова: програмно-визначений транспортний засіб, електрична та електронна архітектура, програмне забезпечення, хмарна технологія, налаштування, оновлення.

Вступ

У минулому транспортні засоби відрізнялися тільки технічними та механічними характеристиками, наприклад, такими, як тип двигуна, привода, трансмісії, потужність і крутний момент, габаритні розміри та тип кузова, радіус коліс тощо. Сьогодні споживачі все більше шукають функції, які визначені новітніми електронними та електромеханічними системами, програмним забезпеченням, наприклад, автоматичне паркування та автопілот, системи допомоги (асистенти водія), інновації в інформаційно-розважальній сфері та інтелектуальні рішення для підключення в інтелектуальне транспортне середовище.

Наявний на сьогодні апаратно-визначений транспортний засіб поступово перетворюється в програмно-визначений транспортний засіб. Настає ера, коли мобільність (хаос) підкорюється гнучким алгоритмам (порядку). Тому створення програмно-визначених транспортних засобів є актуальнім та своєчасним, що підтверджується як потенційними споживачами таких транспортних засобів, так і виробниками, які вкладають мільярди у розробку безпечного, екологічного, зручного та доброзичливого до учасників дорожнього руху транспортного засобу.

Метою роботи є аналіз тенденцій розвитку сучасних автомобілів та визначення перспективних напрямів їх створення на прикладі програмно-визначеного транспортного засобу.

Для досягнення поставленої мети вирішені такі завдання: визначено новий термін «програмно-визначений транспортний засіб»; доведено актуальність дослідження та обґрунтовано необхідність створення програмно-визначених транспортних засобів; розглянуто перспективу розвитку автомобілів та еволюцію програмно-визначених транспортних засобів; визначено напрями створення програмно-визначених транспортних засобів; проведено аналіз концепції компанії Amazon Web Services (AWS) зі створення програмно-визначених транспортних засобів.

© О. П. Смирнов, А. О. Борисенко, 2023

Аналіз публікацій

Термін «програмно-визначений транспортний засіб» ще не повністю розкритий в українській науковій термінології, тому будемо користуватись аналогічним англомовним терміном «Software-Defined Vehicle» (SDV), який останнім часом знайшов своє стале застосування в англомовних наукових публікаціях:

- міжнародна мережа компаній, що надають послуги в галузі консалтингу та аудиту, Deloitte зазначає, що програмно-визначені транспортні засоби в кінцевому підсумку відображають «поступову трансформацію автомобілів від високоелектромеханічних терміналів до інтелектуальної, розширюваної мобільної електроніки, яку можна постійно оновлювати» [1].
- програмно-визначений транспортний засіб – це термін, який описує транспортний засіб, характеристики та функції якого здебільшого ввімкнені через програмне забезпечення, результат поточної трансформації автомобіля від продукту, який переважно базується на апаратному забезпеченні, до електронного пристрою на колесах, орієнтованого на програмне забезпечення [2];
- програмно-визначений транспортний засіб – це будь-який транспортний засіб, який керує своїми операціями, додає функціональні можливості та вмикає нові функції переважно або повністю за допомогою програмного забезпечення [3];
- програмно-визначені транспортні засоби пропонують значні функції безпеки та зручності, створюючи нові можливості та функції в автомобілі за допомогою програмного забезпечення та надаючи оновлення і послуги по повітрю Over The Air (OTA) [4].

Доктор Томас Іраван на Конференції EclipseCon 2022 в основній доповіді висловив думку: «Існують деякі IT-технології, які наразі є популярними в обговореннях автомобільної промисловості: «containers», «devops», «cloud native» тощо. Сам по собі «програмно-визначений транспортний засіб (SDV)» є чимось на кшталт загального терміна, який використовується як проєкційна поверхня для всіх видів далекоглядних ідей у сфері автомобільного програмного забезпечення... Які кроки потрібно зробити зараз, щоб це бачення стало реальністю?» [5].

«Зараз ми відходимо від розподіленого підходу, коли кожна функція в автомобілі має свій власний електронний блок керування (Electronic Control Unit (ECU). Був один ECU для удосконаленої системи допомоги водію (Advanced driver-assistance systems (ADAS)), один для розваг у салоні тощо. Це означало трохи більше консолідації, але це консолідація навколо функції. Кожна функція має власний мікропроцесор або групу мікроконтролерів. Ось де ми сьогодні знаходимося у світі контролерів домену», – зазначив Роберт Дей, директор партнерства в галузі автомобільної промисловості, бізнес-напрям Automotive and IoT в Arm. «Ми перейшли від доменів до зон, де кожна зона потім спілкується з великим обчислювальним процесором, а потім цей високопродуктивний обчислювальний елемент в автомобілі, який часто називають «data center on wheels» (центр обробки даних на колесах), виконуватиме будь-які необхідні функції з інформацією, що надходить із різних сторін», – доповнив Роберт Дей [6].

Тенденції та технології розвитку транспортних засобів

У сучасному автомобілебудуванні можна визначити такі глобальні тенденції та технології розвитку, які сприяють створенню програмно-визначених транспортних засобів:

- електрифікація, екологічність, енергозбереження (електромобілі, гібридні електромобілі, гібридні транспортні засоби, водневі автомобілі, інфраструктура зарядних станцій, екологічно чисті та відновлювальні джерела енергії);
- безпека та автоматизація (безпека руху, асистенти водія, автономне водіння);
- інтеграція, спільна мобільність, підключення, інтелектуалізація (інтегрування автономного транспортного засобу в інтелектуальну інфраструктуру транспортного середовища, зокрема і через хмарні технології).

Важливою умовою створення програмно-визначених транспортних засобів є комплексна інтеграція автомобілів в єдину транспортну інфраструктуру, яка об’єднує транспортні засоби як між собою, так і узгоджує їх рух в умовах всієї транспортної системи за допомогою хмарних технологій. У міру того, як функції допомоги водієві перетворюються на більш автоматизоване водіння та наближаються до повного автопілоту, потреба в додатковому програмному забезпеченні також зростає. На сьогодні сучасні автомобілі та електромобілі вже мають до 150 мільйонів рядків програмного коду, розподілених між понад 100-ми електронних блоків керування (ECU), зокрема і зі штучним інтелектом, і зростаючим набором датчиків, відеокамер, GPS, ультразвукових сенсорів, радарів, пристроїв виявлення світла та визначення дальності до об’єктів (лідарів) тощо. Транспортні засоби стають

частиною Інтернету речей (Internet of Things (IoT) [7], використовують хмарні технології для взаємного обміну великими обсягами даних. Розвиток програмного забезпечення автомобіля необхідний для обробки, керування та розподілу всіх цих даних за допомогою хмарних технологій. Окрім давачів, транспортна інфраструктура має виконавчі пристрої, вбудовані у фізичні об'єкти транспортної інфраструктури і з'єднуються між собою через дротові чи бездротові мережі. Ці пристрої отримують функцію оперативного перепрограмування, яке пов'язане з ідентифікацією змін у дорожній ситуації [8].

В англомовній науковій літературі можна зустріти подібний термін, який підключає автомобіль в транспортну інфраструктуру – Connected car або Connected Smart Cars & Vehicles (підключений автомобіль) – це автомобіль, який може обмінюватися інформацією з іншими учасниками дорожнього руху та системами транспортної інфраструктури. Це дає змогу автомобілю ділитися доступом до мережі «Інтернет», а отже, і даними з іншими пристроями як усередині автомобіля, так і поза ним (рис. 1) [9–11].

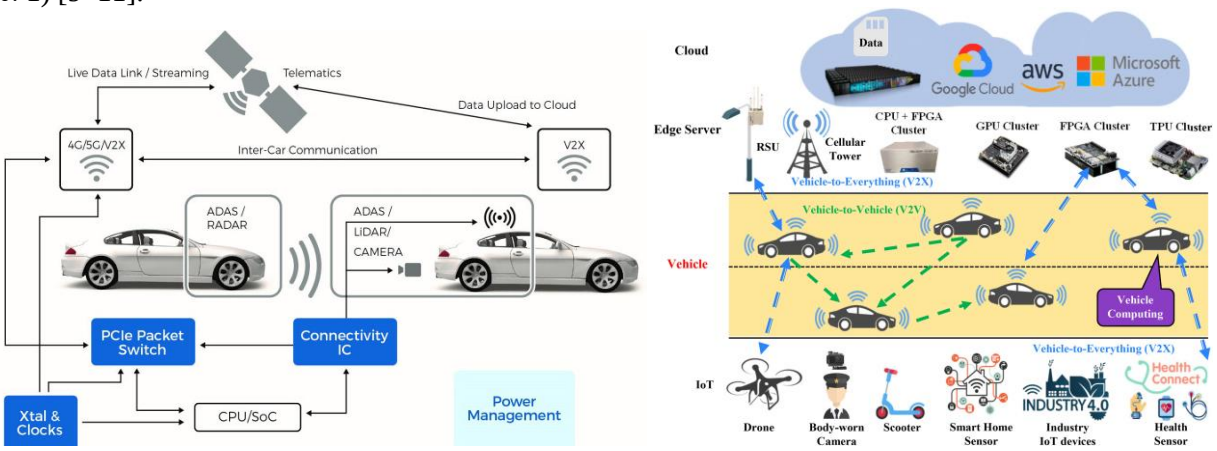

Рис. 1. Парадигма Connected car

Для критично важливих для безпеки додатків очікується, що автомобілі також будуть підключатися за допомогою спеціального зв'язку малого радіусу дії (DSRC) або стільникового радіо, що працює в наданому FCC діапазоні 5,9 ГГц з дуже низькою затримкою. Сценарії підключення Connected car як для США, так і для ЄС зосереджені на зв'язку на частоті 5,9 ГГц, однак сценарій ЄС має чіткіший шлях до використання гібридного зв'язку (через запропонований підхід CALM), ніж сценарій США. Отже, сценарій ЄС вважається більш інтегрованим і масштабованим. Разом з іншими новими автомобільними технологіями, як-от автоматизоване водіння, електрифікація та спільна мобільність, підключений транспортний засіб сприяє новому типу мобільності майбутнього [11, 12].

Саме тому світові автовиробники (Original equipment manufacturer (OEM) – виробники комплектного обладнання) [13], щоб залишатися конкурентоспроможними витрачають свої бюджетні кошти на дослідження та розробку програмного забезпечення (ПЗ), що становить від 1 000 до 3 000 доларів США за проданий автомобіль (таблиця 1.1) [14].

Таблиця 1

Приклади витрат світових автовиробників на дослідження і розробку програмного забезпечення та орієнтована кількість персоналу програмного забезпечення

Світові автовиробники (OEM)	Інвестиції у дослідження та розробку програмного забезпечення на 2021 р., млрд дол.	Приблизна вартість на один транспортний засіб, тисяч доларів	Орієнтовна кількість персоналу програмного забезпечення
BMW	від 1 до 1,5	3 000	від 3 000 до 5 000
Ford	від 1,5 до 1,75	1 500	понад 7 000
GM	від 1,5 до 1,75	1 000	понад 3 000
Mercedes-Benz	від 1,3 до 1,7	3 000	від 4 000 до 7 000
Toyota	від 3,5 до 4	1 100	18 000
Volkswagen	від 3 до 3,5	1 750	понад 10 000

Ці ініціативи охоплюють усі сфери стеку програмного забезпечення – від мікропрограмного забезпечення для конкретного контролера до фактичної операційної системи пристрою (наприклад, Linux, Android, QNX тощо) і до рівнів абстракції, проміжного програмного забезпечення та середовищ

додатків, а також у прикладні шари як на автомобілі, так і поза ним. Свою назву проміжне програмне забезпечення отримало від функції: бути «посередині» між різними компонентами або середовищами. У цьому разі проміжне програмне забезпечення створює межу між апаратним середовищем виконання, операційною системою пристрою на конкретному компоненті та прикладним програмним забезпеченням, розгорнутим для роботи в системі.

На практиці проміжне програмне забезпечення несе тягар розуміння конкретного пристрою виконання під час перекладу специфічних нюансів у стандартизовані інтерфейси для програмного забезпечення вищого рівня. Це може мати форму API (наприклад, платформа Arene від Toyota), SDK (рішення IVY від BlackBerry) та/або цілі платформи додатків (як-от Android Runtime, AUTOSAR Adaptive Runtime for Applications і IVY). Ці середовища виконання повного стеку розроблено для вирішення конкретних проблем в архітектурі програмного забезпечення автомобіля. Середовище виконання AUTOSAR Adaptive використовується для створення специфічних для домену рішень. Середовище виконання Android зазвичай використовується для розміщення додатків (.apks) і забезпечення різноманітного інформаційно-розважального відчуття при користуванні продуктом (User experience (UX) – досвід користувача), а середовище виконання IVY підтримує безпечне виконання робочих навантажень аналітики в автомобілі [14].

Тенденція розвитку програмно-визначених транспортних засобів

Тенденція розвитку програмно-визначених транспортних засобів полягає не тільки у впровадженні нових функцій активної та пасивної безпеки, комфорту та зручності користування, програмно-визначений автомобіль має низку інших переваг та перспектив, порівняно з апаратно-визначеним попередником. Сьогодні для оновлення програмного забезпечення навігаційних, інформаційно-розважальних, телематичних або діагностичних систем автомобіля потрібно відвідати дилерський центр. Бездротова технологія Firmware Over The Air (OTA) (програмне забезпечення по повітрю) дозволить програмно-визначеному транспортному засобу отримувати оновлення, які охоплюють оперативне оновлення функціональної безпеки, покращення інформаційно-розважальної системи, а також моніторинг і налаштування основних функціональних можливостей автомобіля, як-от трансмісія та динаміка. Еволюція традиційної електричної та електронної архітектури автомобіля до програмно-орієнтованої архітектури та еволюція ланцюга взаємозв'язків автовиробників наведена на рис. 2 [6, 11, 15, 16].

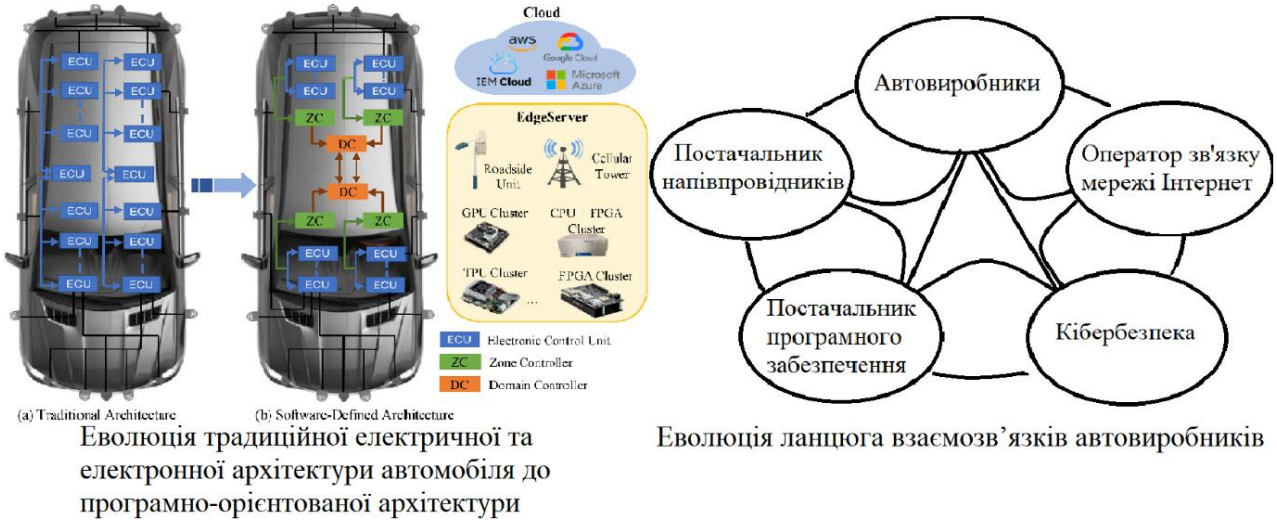

Рис. 2. Тенденція розвитку програмно-визначеного автомобіля

Ключовою частиною в еволюції програмно-визначеного транспортного засобу стає розподіл розробки програмного та апаратного забезпечення. Типовою аналогією є те, що сталося з мобільними телефонами. Спочатку програмне та апаратне забезпечення мобільних телефонів були тісно пов'язані, але смартфон перетворився на програмну платформу, яка підтримує комплекс додатків незалежно від апаратного забезпечення, що лежить в основі. Те саме відбувається з програмним забезпеченням для транспортних засобів, оскільки виробники транспортних засобів починають створювати «walled gardens» («огороджені сади») програм, у яких вони та інші санкціоновані сторони можуть брати участь [2].

Крім того, еволюційний перехід до програмно-визначених транспортних засобів означає, що виробникам автомобілів та їхнім партнерам доведеться зробити кілька важливих змін:

- замість циклу розробки, зосередженого на «модельних роках», необхідно впроваджувати гнучкі методології, які сприятимуть безперервній розробці програмного забезпечення, а автомобільні виробники зможуть оновлювати програмне забезпечення, проводити діагностику та налаштування в процесі експлуатації;
- вимоги до контролерів електронних блоків керування (ECU) зростуть, оскільки транспортні засоби обробляють все більше даних з різних датчиків і взаємодіють із розвинутою транспортною інфраструктурою. Виробникам транспортних засобів доведеться розробити системи аналізу даних, які обробляють цей величезний потік інформації в реальному режимі часу для виконання оперативних завдань;
- автомобільна галузь переосмислить свій підхід до програмного забезпечення автомобіля, електричної та електронної архітектури, перейшовши до моделі більш модульної сервіс-орієнтованої архітектури (service-oriented architecture (SOA)), яка спрощує повторне використання програмних компонентів у форматі будівельних блоків;
- стратегії безпеки стануть ще більш критичними для запобігання, виявлення та захисту від кібератак, і ці стратегії повинні будуть розвиватися, щоб захистити всю систему, а не просто захистити окремі компоненти або системи керування [2].

Програмно-визначені транспортні засоби будуть оснащені системами зв’язку між всіма транспортними засобами та інфраструктурою (інтелектуальні дорожні знаки, розумні світлофори, навігаційні прилади, віртуальні дорожні карти, що змінюються залежно від дорожніх умов, тощо). Інтелектуальні дорожні знаки та розумні світлофори стають інтелектуальним засобом взаємодії програмно-визначених транспортних засобів із хмарним сервісом. Розробкою та моделюванням автомобілів майбутнього цікавляться і проводять дослідження такі компанії: Apple, Google, Tesla, Synopsys, світові автогіганти BMW, VW, Mercedes, Toyota, Ford, Honda. Існує багато наукових центрів із розвитку інфраструктури транспортних засобів та технологій, в яких співпрацюють університети і компанії, наприклад, центр автомобільних досліджень (CAR) в Коледжі інженерії штату Огайо [7].

Концепція компанії Amazon Web Services зі створення програмно-визначених транспортних засобів

Компанія Amazon Web Services (AWS) на виставці re:Invent 2021 вперше представила концепцію AWS для автомобілів – нову ініціативу, що об’єднує нові та наявні автомобільні, хмарні та міжавтомобільні сервіси та рішення від компанії AWS та її партнерів. Ця нова ініціатива AWS для автомобільної промисловості спрощує виявлення хмарних сервісів та рішень в одному онлайн-ресурсі, що полегшує розуміння та розгортання кращого ресурсу для вирішення конкретного завдання. Це дозволяє клієнтам впроваджувати інновації швидше із меншим інвестиційним ризиком [3, 17, 18].

Сфера рішень AWS для клієнтів з автомобільної галузі зі створення програмно-визначеного транспортного засобу допомагає швидше та з меншими витратами розробляти безпілотні транспортні засоби (autonomous vehicle (AV)) [19, 20] та покращувати підключену мобільність, наприклад, передові системи допомоги при водінні (ADAS), наскрізну безпеку від автомобіля до хмари, безшовну розробку та розгортання програмного забезпечення, а також можливість постійного оновлення програмного забезпечення у транспортних засобах (рис. 3) [14, 19, 20].

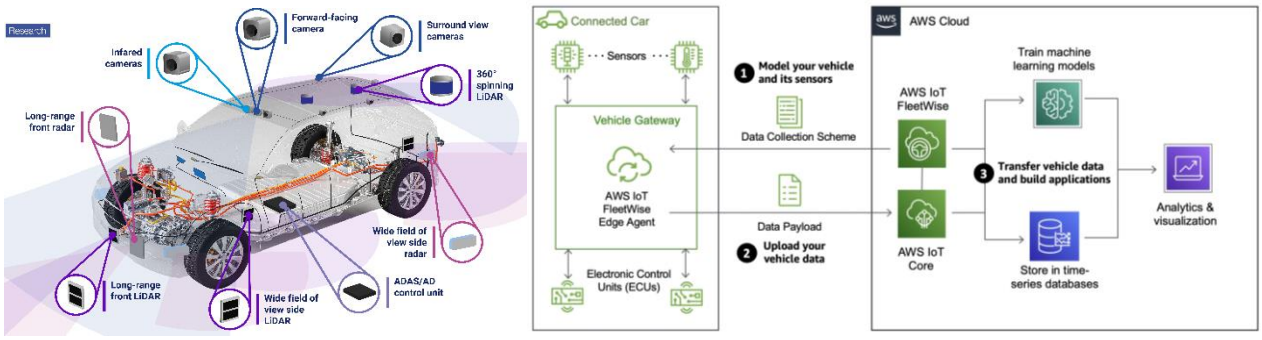

Рис. 3. Концепція безпілотного транспортного засобу та обмін даних між транспортним засобом та хмарою

Компанія AWS для автомобільної галузі впроваджує сервіс AWS IoT FleetWise, який дає змогу автовиробникам простіше та економічніше збирати, перетворювати та передавати дані про транспортні засоби у хмару в реальному часі. Сервіс AWS IoT FleetWise надає структуру моделювання

транспортного засобу, яку можна використовувати для моделювання свого транспортного засобу та його датчиків і виконавчих механізмів у хмарі. Щоб забезпечити безпечний зв'язок між автомобілем і хмарою, AWS IoT FleetWise також надає додаток AWS IoT FleetWise Edge Agent, який можна використовувати для завантаження та встановлення бортових електронних блоків керування (ECU). За допомогою сервісу AWS IoT FleetWise автомобільні компанії можуть легко збирати дані з усього свого автопарку, зберігати їх у хмарі та починати використовувати різними способами, наприклад, віддалено діагностувати проблеми в окремих автомобілях, аналізувати стан автопарку, щоб звести до мінімуму потенційні відмовлення або гарантійні претензії. Також можливим є використання аналітики та машинного навчання для покращення автономного водіння і передових систем допомоги водієві [17, 18].

Висновки

Отже, розвиток програмного забезпечення, ускладнення електронних систем керування та комп'ютерного оснащення сучасного автомобіля наближає його до програмно-визначеного транспортного засобу, який адекватно взаємодіє з навколишнім середовищем за допомогою датчиків, виконавчих пристроїв, систем обробки інформації та зв'язку. У програмно-визначених транспортних засобів кількість і вартість програмного забезпечення (включно з електронним та електричним обладнанням) перевищує механічне обладнання. Електронні блоки керування обробляють великі обсяги даних, надаючи виробникам транспортних засобів інформацію про поточний стан та функціональну стабільність транспортного засобу. Це дає можливість покращити управління життєвим циклом і втілювати нові функції. Сфера рішень у галузі програмно-визначених транспортних засобів надає технології, необхідні для створення наступного покоління програмно-орієнтованих платформ із централізованими високопродуктивними обчислювальними платформами, можливостями безперервної доставки програмного забезпечення протягом усього циклу експлуатації автомобіля, безпекою, керуванням даними та машинним навчанням. Це відображає поступову трансформацію автомобілів від апаратно-визначених до програмно-визначених, які будуть вдосконалюватися через бездротову технологію протягом усього життєвого циклу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

[1] Software-Defined Vehicles – A Forthcoming Industrial Evolution". *Deloitte China*. URL: https://www2.deloitte.com/cn/en/pages/consumer-business/articles/software-defined-cars-industrial-revolution-on-the-arrow.html (дата звернення: 11 квіт. 2023).

[2] What Is a Software-Defined Vehicle?. Aptiv. URL: https://www.aptiv.com/en/insights/article/what-is-a-software-defined-vehicle (дата звернення: 11 квіт. 2023).

[3] Software-Defined Vehicle | Automotive Cloud Solutions | AWS". *Amazon Web Services, Inc*. URL: https://aws.amazon.com/ru/automotive/software-defined-vehicle (дата звернення: 11 квіт. 2023).

[4] Software-defined Vehicles. Arm. *The Architecture for the Digital World.* URL: https://www.arm.com/markets/automotive/software-defined-vehicles (дата звернення: 11 квіт. 2023).

[5] Eclipse Foundation. Software Defined Vehicle – from Hype to Reality. (22 листоп. 2022). Онлайн-відео. URL: https://www.youtube.com/watch?v=Yu51JH8MsOc (дата звернення: 11 квіт. 2023).

[6] Software-Defined Cars. *Semiconductor Engineerin*g. URL: https://semiengineering.com/software-defined-cars/ (дата звернення: 11 квіт. 2023).

[7] What is the Internet of Things (IoT)? *TIBCO.* https://www.tibco.com/reference-center/what-is-the-internet-of-things-iot (дата звернення: 11 квіт. 2023).

[8] Software-Defined Vehicles – A Forthcoming Industrial Evolution. *Deloitte China*. URL: https://www2.deloitte.com/cn/en/pages/consumer-business/articles/software-defined-cars-industrial-revolution-on-the-arrow.html (дата звернення: 11 квіт. 2023).

[9] Automotive IoT: Connected and Smart Cars and Internet of Things. *Aimprosoft.* URL: https://www.aimprosoft.com/blog/automotive-iot-use-cases-for-cars-vehicles/ (дата звернення: 11 квіт. 2023).

[10] Umar Zakir Abdul Hamid. Introductory Chapter: A Brief Overview of Autonomous, Connected, Electric and Shared (ACES) Vehicles as the Future of Mobility. Towards Connected Auton. *Vehicle Highways.* 2022. Т. 1. № 1. С. 3. [Онлайн]. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-030-66042-0_1 (дата звернення: 11 квіт. 2023).

[11] S. Lu та W. Shi. Vehicle Computing: Vision and Challenges. *J. Inf. Intell*, жовт. 2022.. [Онлайн]. URL: https://doi.org/10.1016/j.jiixd.2022.10.001 (дата звернення: 11 квіт. 2023).

[12] Definition of TRANSPORTATION. *Dictionary by Merriam-Webster: America's most-trusted online dictionary*. URL: https://www.merriam-webster.com/dictionary/transportation (дата звернення: 11 квіт. 2023).

[13] What Is an OEM? URL: https://www.cars.com/articles/what-is-an-oem-1420696948647/ (дата звернення: 11 квіт. 2023).

[14] Hidden costs of Software-Defined Vehicles. SBD. URL: https://d1.awsstatic.com/industry/automotive/Hidden-costs-of-software-defined-vehicles.pdf (дата звернення 11 квіт. 2023).

[15] Software-Defined Cars. Semiconductor Engineering. URL: https://semiengineering.com/software-defined-cars/ (дата звернення: 11 квіт. 2023).

[16] Automotive technologies that could make 2023 the year of the software-defined car. TTTech Auto. URL: https://www.tttech-auto.com/knowledge-platform/automotive-technologies-could-make-2023-year-software-defined-car (дата звернення: 11 квіт. 2023).

[17] AWS IoT FleetWise Now Generally Available – Easily Collect Vehicle Data and Send to the Cloud. *Amazon Web Services.* URL: https://aws.amazon.com/ru/blogs/aws/aws-iot-fleetwise-now-generally-available-easily-collect-vehicle-data-and-send-to-the-cloud (дата звернення: 11 квіт. 2023).

[18] Building a Scalable Standardized Pipeline for Automotive OTA on AWS. *Amazon Web Services.* URL: https://aws.amazon.com/ru/blogs/industries/building-a-scalable-standardized-pipeline-for-automotive-ota-on-aws/ (дата звернення: 11 квіт. 2023).

[19] Autonomous Car – A Self Driving Car Integrated With Detection. *InnovateFPGA.* URL: http://www.innovatefpga.com/cgi-bin/innovate/teams.pl?Id=AP078 (дата звернення: 11 квіт. 2023).

[20] Autonomous vehicle trends and milestones from 2022 and what to expect in 2023. *Autonomous Vehicle International.* URL: https://www.autonomousvehicleinternational.com/news/robotaxis/autonomous-vehicle-trends-and-milestones-from-2022-and-what-to-expect-in-2023.html#prettyPhoto (дата звернення: 11 квіт. 2023).

Смирнов Олег Петрович – д-р техн. наук, професор, професор кафедри автомобільної електроніки, e-mail: smirnov1oleg@gmail.com

Борисенко Анна Олегівна – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри автомобільної електроніки

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків

O. Smyrnov
A. Borysenko

Trend in software-defined vehicles

Kharkiv National Automobile and Road University

Software-defined vehicles are the next evolution of road transport. They are the basis of many other advances, including unmanned vehicles and cars connected to a single intelligent transport network and cloud technology. The article analyzes the development trend and prospects for the creation of software-defined vehicles, which at a fundamentally new level will provide improved security and protection functions, an increased level of autopilot autonomy, the ability to accept daily updates of both functional and safety-related functions. They will receive a software platform for connected services, including infotainment. Developments in the field of software-defined vehicles are associated with fundamental changes in the electrical and electronic architecture of the car, which creates on new principles such functions as theft prevention, emergency alerts, navigation functions, software updates, online tuning of electronic and electrical systems, and vehicle complexes during operation. The development of software, the complication of electronic control systems and computer equipment of a modern car brings it closer to a software-defined vehicle that adequately interacts with the environment using sensors, actuators, information processing and communication systems. As a result of the study, a new term "Software-Defined Vehicle" (SDV); the relevance of the study is proved and the need to create software-defined vehicles is substantiated; considered the prospect of development of cars and the evolution of software-defined vehicles; the directions of creation of software-defined vehicles are determined, the analysis of the concept of Amazon Web Services (AWS) for the creation of software-defined vehicles is carried out. In general, a software-defined vehicle creates great opportunities for both consumers and vehicle manufacturers, opens up new functionality for vehicles and transportation systems, many of which have not yet been conceived.

Key words: software-defined vehicle, electrical and electronic architecture, software, cloud technology, customization, update.

Smirnov Oleh Petrovych – Dr.Sc. (Eng.), Professor, Professor of the Department of Automotive Electronics, e-mail: smirnov1oleg@gmail.com

Borysenko Anna Olehivna – Ph.D., Assistant Professor, Assistant Professor of the Department of Automotive Electronics