

## ВСТУП

Тенденція зростання питомої частки спеціальних і технологічних колісних ТЗ у загальному парку колісної техніки разом з автомобілями усіх категорій та наявність традиційного для західного регіону України потенціалу виробничих потужностей у цій сфері, зумовлюють актуалізацію проблеми розвитку і осучаснення методологій проектування та параметричної оптимізації таких ТЗ, а, відповідно, і дослідження динаміки їх руху та виконання технологічних процесів.

Згідно з сучасною законодавчою нормативною базою [1–3] в Україні до спеціальних колісних машин належать машини, призначені виключно для вузькоспеціалізованих функцій, що ґрунтуються на автомобільних чи технологічних колісних шасі з правом руху на дорогах загального користування. Спеціально спроектовані для використання на виробничих, лісо- чи сільськогосподарських територіях технологічні КТЗ щоразу вимагають оформлення дозволу на проїзд дорогами загального користування за відповідних обмежень щодо безпеки дорожнього руху. У Західній Україні впродовж десятиліть наявні виробництва з відповідними конструкторськими бюро технологічних колісних машин, як от автовантажників різного модельного типуажу, машин для будівництва та ремонту автомобільних доріг (Львівський та Луцький заводи комунального машинобудування), будівельних кранів на автомобільному шасі (ДЗАК, м. Дрогобич), колісних машин розвідувального буріння та ремонту свердловин, як на автомобільних, так і на технологічних шасі (Діскавері, м. Стрий) та розробки фронтальних колісних навантажувачів (ВАТ “Коломия-сільмаш”). Наявне і виробництво спеціальних АТЗ, де потрібно виділити напівпричепи-цистерни для перевезення харчових рідин (компанія “Яблуневий дар”, м. Городок) та скрапленого газу (КарбоГАЗ, м. Львів) – розробника ВАТ “Укравтобуспром”, на якому розроблено модельний ряд чотирьох типів багатопільових напівпричепів та напівпричепи-автовоза, пересувних телевізійних станцій, автогідропідйомників (ДЕМЗ “Карпати”, м. Новий Розділ), карет швидкої медичної допомоги та комунальних прибиральних машин (концерн “Електронтранс”, м. Львів), автопоїздів-трубовозів (Львівський механічний завод), колісних лісовозів із закабінним краном-маніпулятором (ВАТ “Коломия-сільмаш), аварійні чи ремонтні майстерні на автомобільних шасі (РМЗ, м. Чортків, ВАТ “Укравтобуспром”, м. Львів).

Очевидно, що реалії останніх 15–20 років в Україні не сприяли інноваційному розвитку вітчизняного машинобудування, що потребує довгострокових і капіталомістких інвестицій. Разом із тим у європейських та загалом

світових виробників цієї техніки з'явилися істотні концептуальні тенденції оновлення типу та модельного ряду, а, відповідно, і практики проектування. Зокрема:

- поступова відмова від використання автомобільних вантажних шасі з переходом на спеціально проєктовані колісні шасі, що компоновально і технічно опрацьовані виключно під відповідні варіанти забудови навісного обладнання і сфери використання;
- модульний принцип розбудови уніфікованих сімейств таких спеціальних технологічних шасі відповідно до певного діапазону змін допустимої повної маси, навісного обладнання і переважної сфери використання;
- розроблення і освоєння спеціальних агрегатів і систем шасі, що не використовуються у автомобільних шасі загального призначення та забезпечують кращу відповідність спеціальних і технологічних машин базовій сфері використання.

Варто зазначити, що спеціальні технологічні шасі були характерними для багатьох виробників спецтехніки і раніше, – автовантажники фактично від початку їхнього масового виробництва і застосування, а також великотоннажні колісні крани Liebherr і Tadano. Провідний американський виробник пожежних машин [4] вже давно перейшов на спеціальні технологічні шасі, але впродовж останніх одного–двох десятиліть ця тенденція стала очевидною і для провідних світових автовиробників, які, як правило, не займаються виробництвом вищезазначеної вантажнопідіймальної чи дорожньо-будівельної, комунальної техніки, а здійснюють поставки шасі для відповідних спеціалізованих виробників.

Стосовно сфери існуючого в Україні виробництва цієї спецтехніки, що досі ґрунтується на використанні автомобільних вантажних шасі (ДЗАК, Кредмаш, Турбівський і Київський “Комунальні”, Стрійський “Діскавері” і ін.), знаковою можна вважати появу спеціального технологічного шасі Daimler – MB Econic [5], призначеного виключно як колісної платформи під спецтехніку (першопочатково – під сміттєвози). Саме за Daimler виробництво технологічних спеціальних шасі розпочали і такі провідні європейські виробники – MAN [6], Scania [7]. Зазначимо, що Daimler ще з 1950-х рр. у класі мало- і середньотоннажних машин виробляє і багатоцільові повнопривідні автомобілі-шасі Unimog підвищеної прохідності, незначна частка яких використовується в арміях НАТО як вантажні автомобілі. Основні сфери збуту – власне шасі для спеціальної техніки, насамперед комунальної, і для лісо-сільськогосподарських сфер.

З часів СРСР і у країнах СНД було відсутнє виробництво шасі машин такого типу. У 1990-их рр. з'явилося виробництво повнопривідних шасі в Чехії: Praha UVCO та Praha Alpa [8,9]; однак через фінансові і конкурентні обставини на відкритому ринку ЄС з Unimog Daimler не змогла розгорнути свою діяльність, а технологічне обладнання і виробництво порталних ведучих осей, що є відмінною ознакою машин цього класу, було продано іншому виробнику – Tatra, з використанням яких останній засвоїв виробництво нової моделі військових автомобілів – Tatra T810 [10]. Тема власного виробництва мало- і середньотоннажної військової автотехніки, замість ГАЗ, ЗиЛ, Урал, КамАЗ, УАЗ, є актуальною для України, разом з відповідною повнопривідною колісною технікою для сільського і лісового господарства та інших сфер економіки.

Очевидно, Україна залишилась фактично єдиною з постсоціалістичних країн з розвиненим потенціалом машинобудування, не реалізованим через дорожньо-будівельну та комунальну техніку.

Життєва необхідність виживання і розвитку кількох десятків заводів спеціальних та колісних машин, наявний проектно-конструкторський і науковий потенціал, насамперед у Харкові, Львові, Кременчуці, Запоріжжі, зумовлюють особливу актуальність досліджень і розроблення власне спеціальних та технологічних шасі, з паралельним оновленням традиційного типуажу навісного та технологічного обладнання на існуючих заводах, принаймні у трьох класах: мало-, середньо- і великотоннажних технологічних шасі.

Малотоннажні повною масою до 3,5 т, зокрема повнопривідні, необхідні з умов імпортозаміщення шасі УАЗ, ГАЗ та з умов якісного стану розвитку підйимально-транспортної, дорожньо-будівельної та комунальної техніки на понад двох десятках заводів, які виготовляють спеціальну та спеціалізовану техніку, передусім для комунальних та ремонтних служб. Аналогами у цьому плані є багато європейських виробників, насамперед Multicar та ін.

Очевидна цільова функція заміни на якісно новому рівні домінуючих в існуючих парках комунальних, енергетичних, ремонтно-будівельних компаній, що ще з часів СРСР ґрунтуються на шасі ГАЗ, ЗиЛ, Урал, КамАЗ 40–60-річної давності розробки середньотоннажних повнопривідних багатофункціональних шасі з двома–трьома системами приводу відбору потужності для більшості існуючого модельного типуажу спеціальних та технологічних колісних машин. Ці аналоги типуажу Unimog та Praha не є єдиними, шасі такого типу віднедавна виробляються і у КНР, а з 1950-х років в Австрії та Італії.

Дво- і чотиринавісні великотоннажні технологічні шасі уніфікованого сімейства під повну масу від 18 до 40 т необхідні для існуючих в Україні виробництв сміттєвозів, автомобільних кранів, автогідропідйомників.

Очевидно, що сфера використання і функціональні вимоги до усіх трьох вищезазначених класів шасі істотно відрізняється від звичних вантажних автомобілів і шасі до них, саме тих, що досі використовувались. Відповідно це зумовлює і зміну формування як самої концепції, так і компонування шасі з урахуванням специфіки, сфери та умов експлуатації. Своєю чергою, ці проектні завдання спричиняють необхідність опрацювання методології науково-дослідних робіт, яка б включала комп'ютерне моделювання і параметричну оптимізацію шасі з урахуванням технологічного навісного обладнання та специфіки умов роботи. Власне ці питання і розглядаються в монографії.

Окрім трьох зазначених груп шасі виділено проблематику традиційної для регіону сфери розробки та виробництва автовантажників з об'єктивною необхідністю не тільки оновлення існуючого модельного ряду, але і переходу від ще існуючої практики використання ведучих мостів та трансмісій до спеціалізованої агрегатної бази, характерної для провідних міжнародних виробників автовантажників. В певний спосіб ця проблема стосується і фронтальних колісних навантажувачів виробництва ВАТ "Коломиясільмаш".

Аналогічно це стосується і розробки та освоєння самохідних технологічних колісних машин-обприскувачів, як логічного стану збереження і розвитку ще одного, характерного для регіону, виробництва причіпних обприскувачів (ГСКБ "Сільмаш" – "Агромашпроект", ВАТ "Львівхімсільмаш").

Виробництво спеціалізованих та спеціальних КТЗ – автомобільних напівпричепів (зокрема цистерн), що розгортається у Західній Україні (ВАТ "Укравтобуспром", ТОВ "Яблуневий дар", ТОВ "Трансмаш") теж зумовлює актуальність науково-дослідних робіт у цій сфері – починаючи з дослідження питань динаміки і стійкості руху та взаємопов'язаного компонування, систем підвіски, гальм, охолодження і обігріву.

Усі ці п'ять груп колісної техніки об'єднує проблема формування відповідної наукової школи та системної методології конструкторського синтезу спеціальних чи технологічних колісних шасі, і оцінки агрегатно-вузлової уніфікації з серійною автотехнікою та визначенням раціональних меж використання автомобільних шасі, передусім у сфері спеціальних машин.

В основу методології синтезу покладено тріаду взаємовпливів технологічних процесів використання/функціонування колісних спеціальних і технологічних машин, домінуючих та красвих/граничних умов їхнього використання і конструкції машин, насамперед, шасі як основи, їхніх технологічних характеристик і конструктивних параметрів.

Фактично, процес створення нової машини структурно можна розділити на декілька основних взаємопов'язаних етапів авант-проектних маркетингових досліджень та робочого проектування.

Маркетингові і наукові дослідження з порівняльним аналізом конструкторських аналогів, формуванням загальної концепції машин, технічним завданням є основою авант-проектної пропозиції. Цей етап разом з дизайном та загальним компонуванням реалізує, як правило, бюро компонування головного конструктора з двома–трьома групами на конкурентних засадах у тісній взаємодії з відділами маркетингу, збуту, науково-технічної інформації та кількома наявними у виробника довіреними споживачами чи потенційними клієнтами, у яких і відбуватиметься підконтрольна експлуатація промислово-дослідної партії нових машин чи машин нової генерації. У сучасній практиці проектування цей етап часто називають зовнішнім проектуванням, оскільки в ньому задіяна значна частина учасників з-поза меж безпосередньо конструкторського бюро. Авант-проект/технічне завдання розглядається на науково-технічній раді/правлінні заводу-виробника і після його коректив/схвалення передається на робоче проектування у конструкторські підрозділи. Фактично, на цьому етапі формуються потенційні властивості проектованої машини, що з певними уточненнями і корегуванням під час робочого проектування, виготовлення дослідних зразків, випробувань та підконтрольної експлуатації реалізуються в експлуатаційні властивості. Безперечно, одним із визначальних чинників цього етапу є методологічні засади аналізу і синтезу загальної концепції колісної машини/шасі.

Робоче проектування, т. зв. внутрішнє, проводиться під керівництвом головного конструктора проекту спеціалізованими бюро-кузова/коробки, шасі, електроустаткування, технологічного обладнання, зокрема із залученням конструкторських бюро заводів-виробників кінцевої продукції САТМ, якщо завод-виробник шасі не є виробником безпосередньо спеціальних і технологічних колісних машин. Безперечно, цей етап характерний, окрім трьох основних етапів процесу розробки конструкторсько-технологічної документації, також нормативною базою і зворотними зв'язками взаємодії спеціалізованих бюро/відділів головного конструктора в уточненні/коректуванні конструкторської документації із умов суміщення різних систем і агрегатів, реалій виробничої та підконтрольної експлуатації. Однак визначальним є третій етап:

- розробка ЕКД для виготовлення і випробувань дослідних зразків (партії);
- корегування ЕКД за результатами виготовлення і випробувань дослідних зразків та присвоєння КД, т. зв. літер “О” чи “ОГ” для виготовлення промислово-дослідної партії в умовах серійного виробництва з використанням спеціалізованого під цю модель машини технологічного оснащення;

- корегування КД з літерами “О”/“ОІ” з урахуванням технології серійного виробництва та результатів підконтрольної експлуатації, присвоєнням КД т. зв. літери “А” для серійного виробництва.

Безперечно, впродовж цього терміну виробництва машин відбувається корегування і зміна конструкторсько-технологічної документації у зв’язку з:

- появою нових матеріалів, агрегатів і систем, технологій;
- змінами законодавчих нормативних вимог Правил ЄЕК ООН, Директив ЄС, національної нормативної бази ДСТУ, ДБН, СанПЕС та інших щодо безперечності конструкції і екології;
- змінами–розвитком систем навісного, технологічного обладнання (власне у випадку САТМ);
- розширенням сфери використання САТМ або появою традиційної сфери використання/збуту з суттєво відмінними атмосферно-кліматичними чи дорожніми умовами.

Згідно з вітчизняною законодавчою нормативною базою [1, 2] зрештою і міжнародною (добровільною ISO 26262 “Транспорт дорожний. Функціональна безпека” [11]), та окремими державними стандартами, що базуються на стандарті ISO, наприклад у РФ [12], потрібно вирізнити щодо автомобілів у широкому тлумаченні, окрім загального призначення (пасажирських та вантажних), ще два типи:

- спеціалізовані автомобілі, що ґрунтуються на шасі/агрегатах моделей загального призначення, але конструктивно адаптовані для розміщення і перевезень певного виду вантажів або (і) пасажирів з відповідною конструкцією кузова (у ширшому розумінні, не тільки вантажної платформи) або відповідно дообладнані (наприклад, вантажопідйомником чи насосом для рідин). Класичними прикладами цього типу є автосамоскиди (в основі яких є шасі вантажних автомобілів з бортовою платформою, але з короткою колісною базою, посиленою рамою, механізмом відбору потужності і гідроприводом, піднімання/опускання вантажної платформи тощо; спеціалізовані під перевезення сипких вантажів із забезпеченням саморозвантаження. Аналогічно усі типи автоцистерн (спеціалізовані машини транспортування і завантаження/розвантаження цементу, борошна тощо). Щодо пасажирського транспорту – це, наприклад, шкільні автобуси, машини для перевезення персоналу органів правопорядку (сил спеціального призначення) чи людей, взятих під варту;

- спеціальні автомобілі, що призначені і відповідно обладнані для виконання певних технологічних робіт (функцій), транспортні функції яких зводяться до перевезення забудованого у колісне шасі технологічного облад-

нання і обслуговуючого персоналу (операторів) автодорогами загального користування у місця відповідної дислокації робіт. До них належать т. зв. автокрани, автогідропідійомники (різних типів), ремонтні машини–майстерні дорожніх комунальних, енергетичних служб. Це пасажирські КТЗ – від перевесувних кав'ярень до діагностичних лабораторій, пунктів перевесувної торгівлі або розміщення/тимчасового проживання ремонтних чи будівельних бригад.

Підсумовуючи, можна констатувати, що якщо у спеціалізованих автомобілях домінують транспортні функції, але тільки під певні види/категорії вантажів чи пасажирів з відповідним дообладнанням, то у спеціальних домінуючою сферою роботи/використання є певні технологічні операції, що зводяться тільки до перевезення забудованого у колісне шасі обладнання до місць призначення.

Спільною ознакою для цих обидвох типів є безперешкодний доступ до мережі автодоріг загального призначення, визначальною умовою чого є відповідність законодавчим нормативним обмеженням щодо масо-габаритних характеристик (зокрема допустимих навантажень на осі, максимально допустимих габаритів тощо) щодо безпеки руху та екології КТЗ.

Технологічні колісні машини (ТКМ) відрізняються від спеціальних колісних транспортних засобів обмеженим доступом до автодоріг загального користування – відповідно і відсутністю обов'язкових для КТЗ законодавчих обмежень, зокрема і масо-габаритних. Технологічно сфера і функції їхнього використання можуть бути близькими до спеціальних КТЗ (САТМ), але рух на автодорогах загального призначення може здійснюватись тільки за спеціальними дозволами, здебільшого і з умовою супроводу машинами дорожньої поліції (як правило, за відчутного перевищення звичних законодавчо-нормативних обмежень для КТЗ щодо габаритних характеристик чи повної маси). Швидкість руху при цьому обмежується і формалізується у дозволі на певний маршрут. Як приклад розмежування – переходу від спеціалізованих КТЗ до ТКМ – можна навести функціонально ідентичні колісні самоскиди – за обмеження допустимих навантажень на осі щодо національної норми чи міжнародної (під час міжнародних перевезень) та неперевищення максимально допустимих габаритних розмірів це КТЗ з вільним доступом руху на автодорогах, однак великотоннажні самоскиди повною масою понад 40 т (чи з перевищенням допустимого навантаження на вісь) – це ТКМ для роботи у кар'єрах чи на будівельних майданчиках із заборонаю вільного доступу до автодоріг загального користування.

Фактично ТКМ – це колісні самохідні машини з технологічним обладнанням, що і формує основну сферу використання цих машин на технологічних, виробничих майданчиках. І прикладом у цьому плані є автовантажувачі,

більшість з яких вписується у граничні масо-габаритні нормативні обмеження щодо КТЗ, які, однак, важко собі уявити на автострадах. До того ж, агрегатна база шасі цих машин, як правило, є уніфікованою до масового автомобільного виробництва.

Монографія розглядає методологію первинного етапу проектних робіт – методологію науково-дослідних робіт щодо формування загальної концепції колісних шасі САТМ та параметричної оптимізації силового приводу методами комп'ютерного моделювання динаміки та енерговитрат машин у типових та граничних умовах застосування. Очевидно, що до предмета дослідження включена і оцінка комп'ютерного моделювання відповідності ряду законодавчих нормативних вимог стосовно конструкцій спеціальних КТЗ щодо безпеки руху (Правила ЄЕК ООН та ін.).