

Проблема комплексного забезпечення якості та безпеки функціонування транспортних засобів

Тараненко М. Є.¹, Мигаль Г. В.¹, Кобріна Н. В.¹, Маковецький А. В.¹

¹Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут»

Анотація. У роботі аналізуються теоретико-методологічні засади управління якістю продукції. Проблема якості та безпеки функціонування транспортних засобів системно розглядається з позицій ергономіки та забезпечення людино-машинної взаємодії в системі «водій – автомобіль – дорога – середовище». Запропонована методика комплексної оцінки якості транспортних засобів. Показана можливість представлення показників якості в багатомірному просторі, в якому кожна мірність відповідає певній групі властивостей. Для підвищення об'єктивності комплексної оцінки описаний ряд одиниць показників властивостей якості, що мають метричну розмірність і що базуються на фізичному та матеріальному представленні процесів.

Ключові слова: якість; показники якості; безпека; кількісна оцінка якості; транспортні засоби; телематика; ергономіка; ергономічність; навчання.

Вступ

Однією з важливіших проблем сучасних технологій є проблема безпеки. Сучасна проблематика безпеки робить все більш необхідним ускладнення вимог до науково-технічних розробок. Це в свою чергу приводить до появи нових, більш безпечних сучасних технологій. Проблема безпеки безпосередньо пов'язана з проблемою забезпечення якості – автомобільної техніки, доріг, водіїв та робітників доріг тощо.

Відомо, що якість – це системна характеристика, а якісні характеристики складної системи не зводяться до суми властивостей і особливостей складових її елементів і зв'язків, а залежать від їх взаємозв'язків (рис. 1). Якість – це сукупність характеристик об'єкта, що відносяться до його здатності задовольняти встановленим або передбачуваним вимогам [1-4]. Якість продукції останнім часом набуває все більшого значення у зв'язку з інтеграцією ринку, науково-технічним прогресом і, як наслідок, постійно зростаючими вимогами споживачів [1-4]. Управління якістю продукції (послуги) – це цілеспрямований

процес впливу на об'єкти управління, здійснюваний при створенні і використанні продукції (послуги), з метою встановлення, забезпечення і підтримки необхідного її рівня якості, що задовольняє вимогам споживачів і суспільства в цілому [1-4].

Тож вочевидь, проблема перетину площин якості та безпеки в середовищі системи «водій – автомобіль – дорога – середовище» (ВАДС) може бути розглянута під трьома кутами зору. Перша – це безпосередньо проблема якості та надійності транспортних засобів як продукції. В даний час у всьому світі інтенсивно розвиваються розробка, виробництво та використання автомобільних перевезень. Відомо використання автомобілів у міських та міжміських перевезеннях людей та вантажів. При цьому постійно збільшуються швидкості руху, зростає кількість людей, що перевозяться в автобусах різного призначення і застосування, а також вартість вантажів, що перевозяться. Але розвиток якості автошляхів часто відстає від необхідного рівня якості.



Рис. 1. Взаємозв'язки якості продукції і якості суспільства

У таких умовах актуалізуються проблеми безпеки експлуатації та надійності транспортних засобів (ТЗ). Але водночас відома проблема економічного характеру – за вищу якість, безпеку та комфорт треба платити більше. На що орієнтуватися споживачеві транспортних засобів після ухвалення рішення про вибір того чи іншого транспортного засобу? Таке рішення відомо – треба орієнтуватися на найкраще поєднання ціни та якості. Тому кількісне оцінювання якості колісного транспортного засобу є актуальним завданням та буде розглянуто у статті. Другий аспект – це людино-машинна взаємодія в системі ВАДС та безпосередньо якість людини-виконавця, що управляє автомобілем. Цей аспект напряму залежить від ергономічних якостей автомобіля та системи ВАДС. Сучасні тенденції розвитку суспільства та, зокрема, використання транспортних засобів, диктують необхідність вирішення зазначених проблем у системі «людина – машина – середовище». Отже, в роботі розглянемо ергономічні властивості автомобіля як складної системи, що визначають його якість.

Третій аспект стосується якості суспільства. Завдяки японському економічному чуду та 20-річним працям та здобуткам Дьомінга, Фейгенбаума та Кроссбі відомо, що якість продукції чи виробництва базується на кваліфікації виконавців, а саме на безперервно-

му навчанні. Безперервному навчанні персоналу – від директора до робітника щодо механізмів управління якістю. Проблема безпеки також напряму залежить від навчання персоналу, якості персоналу та його кваліфікації. Цей факт доведено Чорнобильською катастрофою, численними авіаційними катастрофами та подіями, що пов'язані на 90% з людським фактором. Напряму є залежність якості суспільства та якості навчання членів цього суспільства. Отже, розглянемо питання, від чого залежить якість спеціаліста для проектування якісних ТЗ.

Мета та постановка задачі

У цьому зв'язку *актуальним* є розгляд питань безпеки автомобільної техніки виходячи з першопричин – взаємодії в системі ВАДС, розробки якісних транспортних систем та автомобільної техніки з урахуванням принципів якості та проблем її забезпечення. Ці питання тісно пов'язані з оцінкою якості, що дозволяє забезпечити зворотній зв'язок та цикл якості Дьомінга. *Головною метою* дослідження є обґрунтування методологічних засад щодо управління якістю транспортних засобів як продукції. *Практичною ціллю* даної роботи є розробка методики комплексного кількісного оцінювання якості, надійності та безпеки колісних транспортних засобів.

Основними практичними *завданнями* є: формування переліку основних властивостей ТЗ, що впливають на їхню якість; обґрунтування кількісних показників цих властивостей; пошук підходів для їхньої комплексної оцінки.

Аналіз публікацій

Проблема підвищення якості продукції та необхідність кількісної оцінки такого підвищення виникла на початку 50-х років ХХ століття.

Термін «кваліметрія» вперше був застосований наприкінці 60-х років 20 століття для кількісної оцінки якості об'єктів природи [6]. Термін «*wert*» – кваліметрія» виник від лат. «*gualis*» – який, якої якості та грец. «*міряю, вимірюю*». Кваліметрія тісно пов'язана з метрологією. При здійсненні кількісної оцінки якості однією із головних операцій є визначення абсолютних показників якості. Якість об'єкта не зводиться до окремих його властивостей, а є системною, емерджентною характеристикою.

Цікаво, що якість також є філософською категорією. Ще Аристотель описав якість як відмінність між предметами та писав про диференціацію за ознакою «гарний – поганий» (III ст. до н. е.). Інший філософ, Гегель (XIX ст. н. е.), описав якість як характеристику, що є тотожна з буттям. Серед ієрогліфів Китаю є такий, що визначає якість. Він визначається цікавим поєднанням елементів «гроші» і «рівновага». Вочевидь філософи описували аналогії щодо конкурентоздатності, ціни та якості.

Вчені, що заклали засади японського економічного дива, Шухарт (1931), Ісікава К. (1950) описували якість як «має два аспекти: об'єктивні фізичні характеристики; суб'єктивна сторона: наскільки рідч «хороша», та «властивість, що реально задовольняє споживачів». Якість як придатність для використання описував Джуран Дж. М. (1979).

У ряді дослідників підвищення якості відомі такі імена як: У. Дьомінг, Дж. Джуран, А. Фейгенбаум (США), К. Ісікава, С. Синго, Г. Тагуті (Японія), К. Меллер (Данія), А. Л. Гастеев. У сфері кваліметрії товарів відомі імена Г. Г. Азгольдова [5], Ю. М. Ан-

дріанова [6]. Позитивний ефект застосування методів кількісної оцінки якості в різних сферах людської діяльності показані в роботах [6-11]. Теоретичні та методологічні аспекти управління якістю продукції розкриті у наукових працях таких авторів: Р. В. Бичківський, Л. І. Боженко, І. М. Бойчик, Н. А. Даниленко, С. О. Заїка, А. І. Момот, Г. А. Саранча, В. Г. Сиченко, М. І. Шаповал [1-4].

Єдність термінології, показників та методів встановлення рівня якості була встановлена в останній версії міжнародного стандарту ISO 9000:2005 (ДСТУ ISO 9000:2007 Системи управління якістю. Основні положення та словник термінів). Згідно зі міжнародним стандартом ISO 9000:2007, «якість - ступінь, до якого сукупність власних характеристик задовольняє вимоги». Термін «якість» вживають з такими прикметниками, як низька, добра або відмінна.

Дослідження взаємозв'язків якості з безпекою, а також з ефективністю та конкурентоздатністю показали велику роль людського фактора у цьому зв'язку. Наприклад, на рис. 2 показані зв'язки якостей автомобільної техніки з людським фактором та безпекою транспортних систем.

Необхідно відзначити, що у зазначених роботах показано, що оцінку якості продукції необхідно проводити на етапі її проектування (складання ТЗ на виробництво продукції) та на етапах виробництва та випуску. Останнє зумовлено тим, що при технологічних перетвореннях змінюються її дуже високі властивості в результаті прояву технологічного успадкування (мікро-, і макроструктура матеріалів, залишкові напруги тощо) [7, 8].

Також, в даний час широкий та інтенсивний розвиток телекомунаційних технологій та створення інтелектуальних систем управління дозволяє значно підвищити якість експлуатації ТЗ [12, 13], що дозволяє створювати та ефективно застосовувати «безпілотні» транспортні засоби. Застосування телематичних технологій обумовлює появу у ТЗ різноманітних властивостей, які необхідно кількісно оцінювати та порівнювати ефективність їх застосування із традиційними транспортними засобами.

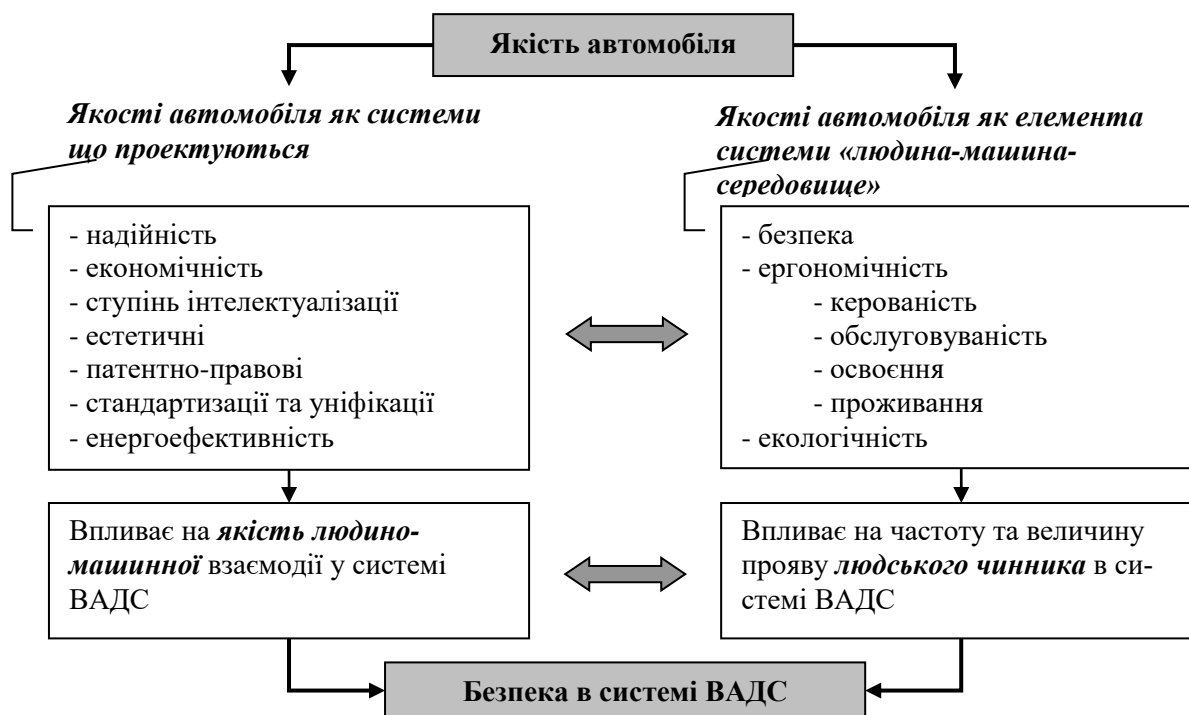


Рис. 2. Взаємозв'язок якості автомобіля, безпеки системи ВАДС і якостей, що проектуються

Систематизація властивостей ТЗ та системи ВАДС

Для вирішення завдання оцінювання комплексних властивостей якості ТЗ необхідно велика кількість властивостей, властивих цій техніці, представити у вигляді «дерева» властивостей, на верхньому рівні якого представляється найбільш повне узагальнене властивість, що включає ряд комплексних властивостей різних сторін такої техніки. У свою чергу всі зазначені властивості є складними, що включають властивості нижчого рівня.

Найбільшими групами властивостей узагальноної якості є (рис. 3):

- група властивостей, що закладаються у конструкцію ТЗ при його проектуванні. Властивості цієї групи формуються на основі запитів ринку, маркетингових досліджень та досвіду отримання властивостей у попередніх конструкціях;

- група фактично реалізованих властивостей. Слід зазначити, що показники властивостей цієї групи можуть повністю відповідати номенклатурі властивостей першої групи. Вони можуть змінюватися залежно від місця виробництва ТЗ, тривалості його виробництва та обсягів випуску, а також розуміння розробників цілей та завдань проектування;

- група ергономічних властивостей, реалізованих з урахуванням принципів інженерії людського фактора. Реалізацію вимог безпеки у певній галузі діяльності здійснюють спеціалісти, які проводять науково-технічні розробки – створюють нові технології, розробляють високотехнологічну продукцію, здійснюють її реалізацію та обслуговування. Саме тому актуальним та необхідним елементом підготовки майбутніх інженерів в технічних вишах є ознайомлення та аналіз студентами питань безпеки складних систем, що проектуються, та зв'язку цих питань з людським чинником [14].

Серед властивостей першої групи досить легко виявити кілька груп властивостей, що визначаються різними процесами, що відбуваються у системі «людина – машина – середовище». У цій системі безперервно взаємодіють три об'єкти – людина керує машиною, яка рухається дорогою (взаємодіє з нею) і реакція цього руху передається через машину людині, яка приймає рішення про режими подальших дій. Такі дії визначаються призначенням транспортної мети та завдань.

Так, властивості призначення включають такі властивості: групу паспортних властивостей; маневреність; прохідність; керуваність; розгінна здатність; пристосованість; стійкість. Слід чітко визначити фізичну сутність цих властивостей.

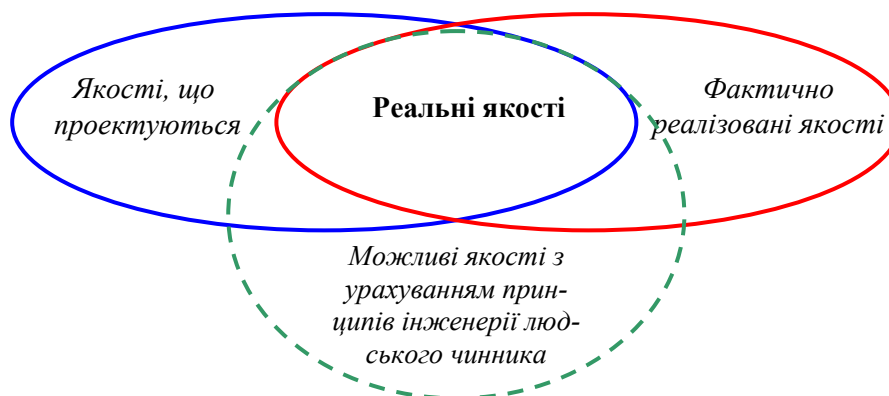


Рис. 3. Узагальнені якості автомобіля як системи, що проектується

Маневреність як здатність автомобіля виконувати розворот на можливо малій площі, рухатися з мінімальним радіусом повороту і вписуватися в задану ширину коридору, оцінюється через відношення мінімального радіусу повороту до величини колісної бази.

Прохідність як здатність транспортного засобу пересуватися дорогами низької якості та поза дорогами, а також долати природні перешкоди без залучення допоміжних засобів, визначається сукупністю власних параметрів автомобіля. До них відноситься довжина, ширина, висота та розмір колісної бази, а також розмір дорожнього просвіту, кути в'їзду та рампи та перекидання. Крім цього до оцінних параметрів можна віднести параметри експлуатаційної прохідності: максимальний долаючий ухил; глибину перебореного броду; хід та артикуляція підвіски; тип приводу; характеристики покришок.

Керованість як властивість реагування автомобіля на дії водія (змінювати і утримувати напрямок руху), оцінюється швидкістю проходження поворотів безпеки, зриву коліс та руйнування конструкції автомобіля. Однією з характеристик керованості є повертаність.

Стійкість як здатність автомобіля рухатися без перекидання та бічного занесення, має такі показники як: величина та напрямок поступальної швидкості центру мас, величини та напрямки кутових швидкостей щодо двох осей.

Динамічними властивостями двигуна автомобіля є такі властивості.

Розгінна здатність – час зміни режиму роботи двигуна у бік заданого збільшення обертів, тобто здатність швидко змінювати швидкість руху. Оціночні параметри: максима-

льно можливе прискорення, час та шлях розгону до певної швидкості.

Пристосованість двигуна – здатність двигуна зі зростанням зовнішнього навантаження зберігати частоту обертання коленвала. Визначається коефіцієнтом пристосовності K_{np} :

$$K_{np} = M_{кр}^{max} / M_{кр}^{ном}, \quad (1)$$

де $M_{кр}^{max}$ і $M_{кр}^{ном}$ – максимальний і номінальний крутні моменти. Чим більше K_{np} , тим краще пристосованість автомобіля до збільшення зовнішнього навантаження. У бензинових двигунів $K_{np}=1,25\dots 1,35$; у дизельних – $K_{np}=1,05\dots 1,20$.

Відлімо, що властивість надійності включає: безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність, безпеку і добротність транспортного засобу, довжина пробігу до першого ТО.

Безвідмовність як властивість визначається такими параметрами: ймовірністю безвідмовної роботи; ймовірністю відмов; густиною ймовірності безвідмовної роботи; середнім наробітком до відмови; параметром потоку відмов, провідною функцією потоку відмов.

Довговічність як властивість автомобіля зберігати працездатність до настання граничного стану за встановленого способу проведення ТО та ремонту, має такі показники: середній ресурс, термін служби, γ -процентний ресурс та γ -процентний термін служби.

Ремонтпридатність або експлуатаційна технологічність – властивість автомобіля, що

полягає в пристосованості до попередження і виявлення причин відмов і підтримці (відновленню) працездатного стану шляхом проведення ТО і ремонтів. Оцінювальні параметри – можливість відновлення, γ -процентний час відновлення, середній час відновлення, інтенсивність відновлення та середня трудомісткість відновлення. Приватними показниками є: легкознімність та доступність.

Безпека – якість автомобіля зберігати показники безвідмовності, довговічності і ремонтопридатності протягом терміну зберігання або транспортування.

Технологічність конструкції транспортного засобу можна розглядати з двох сторін – технологічність конструкції при виготовленні та технологічність при ТО та ремонті. Враховуючи, що технологічність конструкції визначається як здатність конструкції до перетворення від предметів природи до предмета споживання у задані терміни, кількості та якості за відомої програми випуску на даному підприємстві, слід включити до складу властивостей технологічності відповідні властивості.

Досить важливими є властивості уніфікації та стандартизації при виготовленні та експлуатації. Ці відомі властивості давно враховуються (тим чи іншим методом) в оцінці якості ТЗ.

Останнім часом у зв'язку з бурхливим розвитком автоматичних систем управління (інформатики), зростанням швидкостей руху, підвищенням вимог до екологічної безпеки та рівнем комфорту водія починає виявлятися необхідність наданням автомобілям та системам їх управління інтелектуальних телепатичних властивостей. Параметрами, що оцінюють ці властивості, можуть бути [12]:

- ступінь інтелектуалізації систем керування;
- інформаційна надійність системи управління чи інтелектуальних морфологічних ознак;
- інформаційна надійність морфологічної структури систем керування.

У роботі [7] оцінювати ці властивості пропонується експертним способом за бальними шкалами. На нашу думку, така оцінка є лише першим кроком до достовірного оцінювання. У цьому випадку слід використовувати критерії оцінки, прийняття при розробці комп'ютерної техніки.

Ергономічні властивості якості транспортних засобів

Особливою категорією для сучасних ТЗ є група ергономічних якостей. Ергономіка як наука вивчає проблеми, що виникають в системі «людина-техніка-середовище», з метою оптимізації трудової діяльності людини, створення для неї комфортних і безпечних умов, підвищення за рахунок цього його продуктивності, збереження здоров'я і працездатності [15, 16].

При проектуванні нової складної системи (товару, продукції) виходять із принципу відповідності ергономічним показникам якості. Тобто враховують, що людина має комплекс фізіологічних, психологічних, антропометричних, біомеханічних характеристик та гігієнічних вимог. Ергономічність – системне поняття, яке охоплює надійність, безпечність, ефективність, комфортність та інші властивості, які характеризують пристосованість системи до взаємодії з людиною в ній [15, 16].

Ергономічну якість людино-машинних систем можна визначити як сукупність властивостей техніки, що відповідають фізичним, психічним, біологічним, когнітивним властивостям людини, що проявляються у процесі трудової діяльності. Рівень ергономічної якості характеризує відповідність існуючих параметрів нормативним.

Безпосередньо оцінювання рівня якості продукції складається з: вибору номенклатури показників якості продукції, визначення значень цих показників і зіставлення їх з нормативними. Наприклад, розрахунок ергономічних якостей устаткування підприємства дозволяє отримати ергономічний портрет промислового підприємства. Показники ергономічної якості обладнання класифікуються за такими властивостями людини-оператора:

1) антропометричними (висота, ширина, глибина пульта, висота розміщення стільниці пульта, розміщення засобів відображення інформації та органів управління; характеристики крісла людини-оператора; показники відповідності органів управління формі та розмірам частин тіла людини тощо);

2) біомеханічними (зусилля, величина, напрямок переміщення органів управління та частота їх використання);

3) психофізіологічними (відповідність зоровому, слуховому та ін. аналізаторам людини);

4) психологічними (відповідність можливостям людини щодо прийому, обробки інформації та прийняття рішень).

Психофізіологічні характеристики визначають такі параметри аналізаторів людини як чутливість, адаптаційні можливості і т. д.

До фізіологічних характеристик людини відносяться характеристики функцій, що забезпечують життєдіяльність організму в цілому та окремих його підсистем (функції дихання, кровообігу, теплообміну, регуляторні механізми рівня неспання головного мозку, обмінні процеси у скелетній мускулатурі і т. і.). Вони визначають такі важливі властивості людини, як фізичну силу, витривалість, працездатність і т. д., і повинні враховуватися, наприклад, при виборі тривалості безперервної діяльності, при проектуванні умов діяльності (наприклад, треба знати, що розумова працездатність людини починає помітно знижуватися при температурі навколишнього середовища більше 30...35 °) [19, 20].

Морфологічні характеристики виражають особливості форми та будови людського тіла. Визначаються за антропометричними показниками (вага, лінійні розміри тіла тощо), дозволяють розрахувати зони досяжності органів управління, здійснювати конструювання робочих місць, крісел тощо.

Біомеханічні характеристики являють собою параметри функціонування опорно-рухової системи (сила та швидкість скорочення груп м'язів, характеристики руху частин тіла, властивості, межі статичних та динамічних навантажень тощо), рухи біологічних рідин та газових середовищ в організмі. Облік біомеханічних характеристик необхідний при проектуванні органів управління для запобігання або компенсації таких впливів на організм людини, як перевантаження, вібрації, зміни барометричного тиску і т. д.

Номенклатура показників ергономічної якості є відкритою, т. е. може бути доповнена зі створення нових технічних засобів і виробів, і навіть накопичення експериментальних даних про них.

Для забезпечення якості проектування та інших етапів життєвого циклу продукції існують стандарти, міжнародні та державні. Так, початок дав стандарт ГОСТ 15895-77 «Статистические методы управления качест-

вом продукции. Термины и определения». Державний стандарт від 1994 року ДСТУ 2429-94 «Система «людина-машина». Ергономічні та техніко-естетичні вимоги. Терміни та визначення». Стандартів, що регламентують ергономічні властивості, існує багато. Наприклад, ДСТУ 3899-99. Дизайн і ергономіка. Терміни та визначення (61797); ДСТУ 3899:2013 Дизайн і ергономіка. Терміни та визначення основних понять (на заміну ДСТУ 3899-99 та ДСТУ 2429-94; Чинний від 2014-01-01); ДСТУ EN 894-3:2017 (EN 894-3:2000 + A1:2008, IDT) Безпечність машин. Ергономічні вимоги до проектування індикаторів і органів керування. Частина 3. Органи керування; ДСТУ 3649 : 2010. Колісні транспортні засоби (33994) Вимоги щодо безпечності технічного стану та методи контролювання.

Ергономічні властивості автомобіля. Автомобілі створюються перш за все для людей. Для забезпечення конкурентоздатності сучасний автомобіль повинен відповідати ергономічним властивостям (антропометрії людського тіла; силовим, руховим можливостям людини, а також можливостям та обмеженням людини сфері сприйняття інформації).

Найбільш розповсюджено, що ергономічні якості повинні забезпечувати зручність та комфорт використання ТЗ. Не забезпечення цих властивостей призводить до втоми людини, розосередження уваги і, зрештою, до зниження безпеки руху. Однак для забезпечення питань безпеки найбільш важливим є оптимальне узгодження людино-машинної взаємодії. Таким чином, ергономічні показники характеризують автомобіль як техніку в системі «людина – техніка – середовище» (СЛТС) і враховують її пристосованість до фізіологічних, психологічних, психофізіологічних властивостей людини.

Також до ергономічної площини стосуються системи допомоги водію, що включають системи інтелектуальної допомоги прийняття рішення, системи контролю стану водія та системи заміни водія чи його окремих дій. Сьогодні кожен п'ятий легковий автомобіль оснащений такими системами, тому що вони безпосередньо впливають на безпеку.

Можна виділити наступні групи ергономічних характеристик автомобіля, що обумовлені [17, 18]:

- анатомічною будовою, розмірами ме-

ханікою (біомеханікою) людського тіла, його органів руху. До них відносяться: розміри і форма кабіни, сидіння, розміри, форма, розташування, кінематика і динаміка органів управління автомобілем, розташування щитка приладів, дзеркал заднього виду, особливості конструкції автомобіля і робочого місця водія, що обумовлюють оглядовість.

- фізіологічними особливостями людського організму, мікроклімат кабіни: склад, вологість і рух повітря, температура, шум і вібрація на робочому місці.

- психофізіологічними і психологічними особливостями людини. Ці характеристики пов'язані, перш за все, з отриманням та передачею інформації водієм. До них відносяться оглядовість автомобіля, прозорість стекол кабіни, читабельність приладів, розміри і форма дзеркал заднього виду, ефективність освітлювальних пристроїв автомобіля, інформативність органів управління, що забезпечує регуляцію впливів на них водія. Фізіологічні і психофізіологічні характеристики діяльності водія з управління автомобілем в великій мірі залежать і від дорожньо-транспортних умов. Так, нерівне покриття викликає значне посилення вібрації; загазованість повітря на дорозі впливає на склад повітря в кабіні, освітленість і розподіл світла на дорозі – на роботу зору і т. і., однак вплив дорожньо-транспортних умов на фізіологію і психофізіологію водійського праці значною мірою залежить від ергономічних характеристик автомобіля. Ці характеристики можуть нейтралізувати несприятливий вплив багатьох дорожньо-транспортних умов.

Оцінювання ергономічності. Ергономічні вимоги до якості промислового виробу мають бути представлені як конкретні кількісні вимоги, виражені, зазвичай, як обмеження параметрів конструкції. У разі неможливості встановлення кількісних обмежень необхідно використовувати якісний опис ергономічних вимог, виходячи з необхідності максимальної конкретності, а також забезпечення можливості перевірки ступеня реалізації ергономічних вимог при ергономічній оцінці та випробуваннях. Найбільш відомим є метод ергономічної оцінки СЛТС. Основу становить оцінка різних показників систем, що характеризує дотримання принципів інформаційної, біофізичної, просторово-антропометричної та техніко-естетичної сумісності людини-оператора та машини. Як

правило, ергономічна оцінка системи проводиться за певною схемою [19]. Щоб виконати оцінку системи необхідно знати нормативні значення ергономічних показників. При виконанні ергономічної оцінки системи кожна з обраних характеристик кількісно описується двома параметрами:

1) α – оцінка показника, що вимірюється в балах від 0 до 5;

2) β – питома вага показника, встановлюється залежно від значущості даного показника для системи, що оцінюється, і приймається у відсотках.

Параметр α надається характеристиці виходячи з того, що 0 – найнегативніший варіант, 5 – найбажаніший. Наприклад, характеристика – освітленість. Якщо у оцінюваній системі освітленість дуже низька, то присвоюється $\alpha = 0$, погана – $\alpha = 1, 2$, задовільна – $\alpha = 3$, хороша – $\alpha = 4$, відмінна – $\alpha = 5$.

Параметр β присвоюється так, щоб сума рна питома вага всіх вибраних показників дорівнювала 100 %. При цьому найбільший відсоток надається тому показнику, який є найважливішим для даного виду діяльності.

Загальну ергономічну оцінку системи визначають за формулою

$$\gamma = \sum \frac{\alpha_n \beta_n}{100}. \quad (2)$$

При цьому γ має бути в межах 0–5. Якщо ергономічна оцінка має низьке значення, оптимізують систему таким чином, щоб поліпшити ергономічні показники і тим самим отримати необхідну ергономічну оцінку [21].

Внести певну частку об'єктивності в оцінку рівня психофізіологічних властивостей групи можуть окрім відомих і психофізіологічні закони, наприклад закон Вебера-Фехнера. Закон Вебера-Фехнера – психофізіологічний закон, що описує закономірність сприйняття органами чуттів (аналізаторами) різних фізичних величин-стимулів. Цей закон полягає в тому, що коли інтенсивність якоїсь фізичної величини збільшуватиметься в геометричній прогресії, то відчуття цієї величини буде збільшуватися в арифметичній прогресії. Іншими словами, при збільшенні інтенсивності стимулу його відчуття зростає на певну величину згідно логарифмічній закономірності. Тобто, відчуття пропорційне логарифму інтенсивності стимулювання. Відповідно до цього закону залежність рівня

почуття, реєстрованого органами чуття людини від значення подразника записується як

$$x = a \lg \beta + b, \quad (3)$$

де a , b – константи, залежні від властивостей, що оцінюються.

Освіта як основа якості суспільства

Безпека технологій та обладнання, безпека діяльності людини в цьому середовищі – ознака найвищої кваліфікації людини, що присутня в усіх етапах життєвого циклу будь якої технології. Уміння запобігти ризикам, мінімізувати їх наслідки, пов'язані із людським чинником, це сьогодні є одним з суттєвіших професійних навичок. Відомо, що досягнення абсолютної безпеки є неможливим. При цьому також відома сумна статистика аварій та катастроф на транспорті (70-90 %) пов'язана з людським чинником. Однак навчання у галузі інженерії (промислової, військової, біо, системної, програмної, безпекової) відбувається практично без врахування людського чинника, тобто особливостей взаємодії людини та техніки у системі «людина – техніка – середовище» [14, 22]. Вочевидь, сьогодні між інженерною і освітньою галузями та потребами суспільства сформувалось протиріччя: необхідність забезпечувати безпеку на транспорті намагаються вирішити без первинної ланки – навчання спеціалістів, що будуть забезпечувати безпеку, розумінню природи виникнення феномену людського чинника та принципів зменшення його проявів. Статистично виявлено внесок окремих чинників у проблеми безпеки: помилки при проектуванні складають 40...45 %, при виробництві 20 %, умови експлуатації 20% та природні процеси старіння 5...7 %. Можна було би заперечити: адже саме під час експлуатації автомобілів відбувається вся значна кількість ДТП та аварій. Однак, саме помилки при проектуванні автомобілів, не врахування психофізіологічної специфіки людини-водія та людини-пішохода при розробці внутрішньої ергономіки автомобіля та його технічних якостей та можливостей, є підґрунтям для створення проблеми безпеки на дорогах. Таким чином, сьогодні наслідком стрімкого розвитку технологій є очевидна необхідність приділення уваги не тільки технологіям проектування та виготовлення автомобілів, менеджменту, правового регулю-

вання питань безпеки, але й надзвичайно **актуальним** є акцент на питання навчання людини на усіх етапах життєвого циклу технологій для забезпечення їх якості [14, 23]. Так, сьогодні при проектуванні складних систем, до яких відноситься автомобіль, необхідно враховувати індивідуальні можливості та обмеження людини як головної ланки системи, що потім приймає рішення в складних умовах управління транспортним засобом. Ці обмеження необхідно враховувати при проектуванні та функціонуванні машин, транспортних систем, систем управління та джерел інформації (сенсорів тощо), та навіть інтер'єру. Знання, які потрібні розробникам автомобілів, включають розділи когнітивної ергономіки, нейроергономіки, когнітивної психології, біоінженерії людини. Конвергентне об'єднання інженерних наук, інформаційних технологій, психології, нейро- та когнітивних наук дозволяють створити умови для забезпечення безпеки, надійності і стійкості складних людино-машинних систем, що проектуються. Актуальна проблема забезпечення якості – це кваліфікація робітників, особливо на етапі проектування. Проводяться нейроергономічні дослідження, що спрямовані на вирішення актуальних проблем людино-машинної взаємодії в складних системах, що функціонують в складних та екстремальних умовах [23-25]. Також відбувається пошук засобів для підвищення безпеки складних систем на всіх рівнях їх проектування (рис. 4).

Актуальність міждисциплінарних знань для майбутніх інженерів – проектувальників складних систем обумовлює необхідність отримання знань в сфері ергономіки та людського чинника (ЛЧ). Адже прогнозування ризиків та запобігання їх реалізації це інтенсивний шлях до якості, що лежить в основі японської моделі витрат на якість. На відміну від класичного екстенсивного «розгрібання проблем» (рис. 5).

Це обумовило необхідність впровадити дисципліну «Інженерія людського чинника» у навчальний план інженерних спеціальностей Національного аерокосмічного університету ім. М. С. Жуковського «Харківський авіаційний інститут». Її завдання – підготовка студентів щодо застосування сучасних концепцій і системоутворюючих принципів в інженерії людських чинників, когнітивної ергономіки і нейроергономіки для оптимізації взаємодії в системі «здобувач-

інформаційне навчальне середовище» та підвищення життєздатності складних систем вже на етапі проектування [14, 23, 25, 27, 28]. Але нагальною потребою є також впрова-

дження ергономіки як обов'язкової дисципліни для інженерів – проектувальників складних систем.

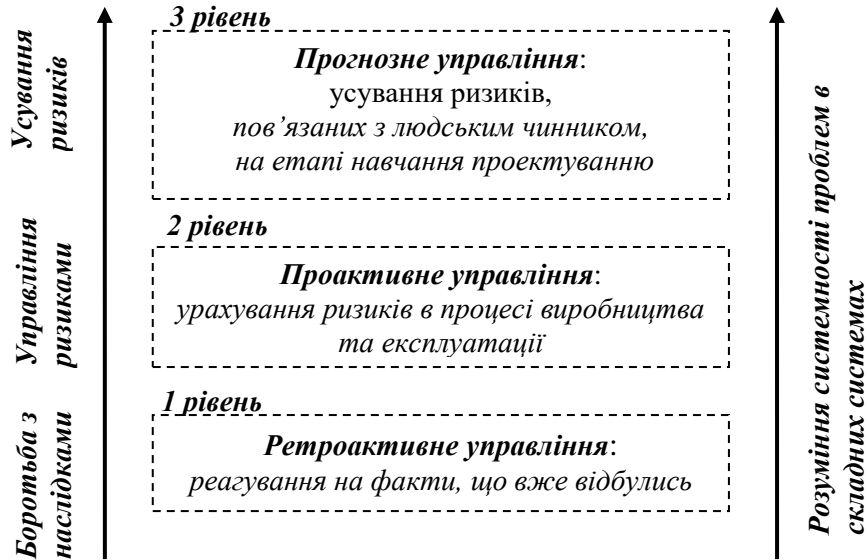


Рис. 4. Взаємозв'язок рівнів управління безпекою в складних системах та інженерної «зрілості» проектувальника, що напряду залежить від системності його знань

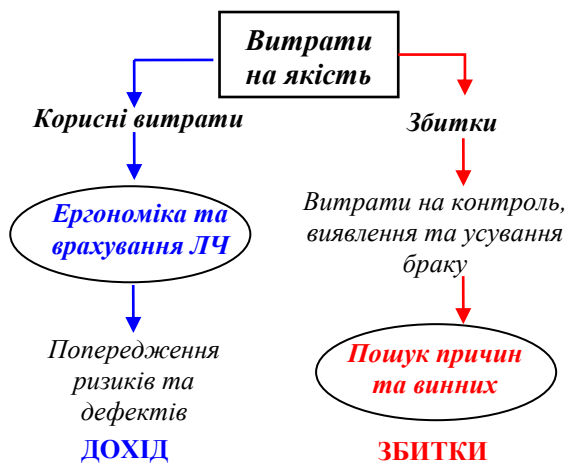


Рис. 5. Модифікована японська модель витрат на якість з урахуванням ЛЧ

Саме розвитку ергономічного мислення у майбутніх інженерів треба приділяти значну увагу, тому що це система поглядів індивіда на розвиток складних людино-машинних систем та ролі людини в них; це розуміння складних процесів людино-машинної взаємодії; вміння прогнозувати ризики в цих системах та планувати розробку систем з попереднім урахуванням цих ризиків. Зрештою ергономічне мислення для інженера сьогодення, а тим більше майбутнього, наряду з

екологічним та критичним мисленням є ознакою освіченості, є фундаментом високої кваліфікації спеціаліста [14, 15, 22, 24, 25].

Комплексне кількісне оцінювання якості, надійності та безпеки колісних транспортних засобів

"Тран" відображає відомі закони природи, згідно з якими робота витрачається на подолання сил опору, які змінюються за квадратичним законом від швидкості руху, а потужність, потрібна для цього, змінюється в кубі від швидкості руху. Звідси випливає: щоб підвищити швидкість руху вдвічі, необхідно потужність збільшити у 8 разів.

Це робить цей критерій дуже перспективним у застосуванні його до різних аспектів кваліметрії транспортних засобів будь-якої складності, навіть до оцінки цілих транспортних комплексів, видів транспорту. Більш глибоке опрацювання можливостей «трана» показало, що спираючись на його енергетичну сутність, цей критерій може бути з успіхом застосований для вирішення багатьох практичних завдань кваліметрії: кількісної оцінки абсолютної величини всіх основних, допоміжних, приватних та узагальнених критеріїв, що характеризують технічний рівень

транспортної техніки у вузькому, і у широкому розумінні.

З усіх відомих зараз критеріїв оцінки транспортних засобів лише нова одиниця «тран» дає реальну можливість побудувати єдину концепцію об'єктивної оцінки технічного рівня зразків транспортних машин, що базується на енергетичній оцінці споживчих властивостей будь-якого транспортного засобу взагалі.

Абсолютна величина узагальненого технічного рівня транспортного засобу має бути деякою функцією від часних критеріїв, вираженої в абсолютних величинах трьох споживчих факторів: корисного ефекту застосування, матеріальних витрат на даний рейс $G_{p.m.}$, коефіцієнта добротності конструкції ϕ .

Цей логічний висновок можна математично записати у загальній формі так:

$$T = f(A, G_{p.m.}, \phi), \quad (4)$$

де частинних критеріїв, як змінні величини функції T , мають певну розмірність. Розмірність величини A (корисної послуги транспорту) буде у «транах», тобто т×км³/ч²; величини $G_{p.m.}$ (матеріальних витрат на рейс) – у тоннах; величина ϕ (коефіцієнт добротності конструкції) – безрозмірним числом.

Завдання у тому, щоб знайти «робочу розмірність» для узагальненого критерію технічного рівня T за сукупністю частинних критеріїв оцінки будь-якого транспортного засобу. Для цього необхідно мати номенклатуру параметрів оцінки, як це заведено в кваліметрії машин. При виборі номенклатури параметрів необхідно скористатися світовим досвідом, де з метою кваліметрії необхідно і достатньо мати в наявності обмежену кількість таких параметрів, за кількістю не більше 8-10, але найважливіших об'єктів оцінки.

Оцінювати кількість шкідливих викидів для забезпечення економічної безпеки зручно (за аналогією з попереднім) підходом, м×кг×с:

$$\frac{\text{Кількість шкідливих викидів}}{\text{Кількість виконаної транспортної роботи}} = \frac{m_{ep}}{A} = \frac{m_{ep}}{L} \cdot \frac{1}{QV^2}, \quad (5)$$

де перший співмножник $\frac{m_{ep}}{L}$ – відповідає

розмірності нормам Євро-5 (-6 і т. і.); а другий співмножник $\frac{1}{QV^2}$ – відповідає кількості

транспортної роботи. За аналогією з попереднім, цей параметр можна назвати «екотраном».

У роботі [12] для оцінки експлуатаційної ефективності, у «системі колісних транспортних засобів «Інфраструктура» рекомендується використовувати середній інтегральний критерій ефективності на одиницю колії:

$$I_s^{cp} = \alpha \frac{V_a^{cp}}{V_a^{\max cp}} + \beta \frac{g_s^{\min cp}}{g_s^{cp}} + \gamma K_E^{cp}, \quad (6)$$

де V_a^{cp} – середня швидкість руху автомобіля;

$V_a^{\max cp}$ – середня максимально допустима швидкість руху, МДж/км;

g_s^{cp} – середня питома витрата енергії на одиницю колії;

$g_s^{\min cp}$ – середня мінімальна витрата енергії на одиницю колії;

K_E^{cp} – середній сумарний екологічний критерій ефективності на одиницю колії; α , β , γ – коефіцієнти відносної значущості динамічного (0,1...0,4), економічного (0,1...0,4) та сумарного екологічного (0,1...0,4) критеріїв оцінювання відповідно $\sum(\alpha, \beta, \gamma) = 1,0$.

Середній сумарний екологічний критерій ефективності на одиницю шляху K_E^{cp} визначається як сума добутоків коефіцієнтів відносної значущості викидів відповідних речовин на відношення середніх та середніх мінімальних питомих викидів за відповідним відповідним: CO, CH, NO, CO₂.

Аналіз описаних у роботі [12] критеріїв показує, що вони синтезовані без урахування виконаної транспортної роботи.

Для оцінювання ступеня інтелектуалізації системи управління у роботі [12] передбачено таку процедуру. Вся система інтелектуалізації транспортного засобу подається у вигляді кількох елементів загальної системи. Рівень телепатичного забезпечення функціонального елемента «колісний транспортний засіб» характеризується такими морфологічними ознаками:

- наявність засобів ідентифікації технічних характеристик об'єкта пересування та

його підсистем;

- безперервного моніторингу технічного стану транспортного засобу;
- контролю поточних швидкості переміщення; витрат енергії та забруднюючих викидів, просторової ідентифікації режимів руху;
- контролю характеристик оператора, параметрів внутрішнього та зовнішнього середовища;
- присутність сучасних телекомунікаційних технологій та зв'язку з іншими елементами системи;
- рівнем автоматизації управління рухом транспортного засобу.

Рівень телематичного забезпечення функціонального елемента "Інфраструктура" характеризується:

- наявністю елементів (пристроїв) ідентифікації зовнішніх метеоумов, технічних характеристик дороги, виду транспортних засобів та швидкості їх руху;
- пристроїв контролю складу транспортного потоку та його інтенсивності;
- рівнем організації дорожнього руху, інформаційного забезпечення учасників руху, системи телекомунікацій;
- присутністю телекомунікаційних технологій з учасниками руху.

Для оцінки конкретної морфологічної структури у роботі [12] запропоновано визначення рівня розвитку телематичного забезпечення системи функціональних елементів, що враховує рівень розвитку варіантів реалізації основних морфологічних ознак телематичного забезпечення та інфраструктури. Метод ґрунтується на принципі рівнозначності морфологічних ознак. Він дозволяє оцінювати морфологічну структуру системи за шкалою від 0 до 5 (0 – базовий рівень, 5 – повна автономність).

Як видно, оцінка ступеня телематичного забезпечення визначається лише наявністю певної кількості інтелектуальних систем, що визначають та вносять інформацію в загальну систему за відповідним параметром, наприклад, стану дорожнього полотна або метеообстановки у середовищі руху. Але кожна з цих систем, що виконує свої функції, можуть бути простими або складними, надійними або менш надійними тощо, тому ступінь досконалості окремої інтелектуальної системи потрібно оцінювати окремо.

Для оцінки досконалості інтелектуальної системи, тобто її якості слід використовувати такі параметри:

- кількість логічних елементів в інтелектуальній системі та кількість зв'язків між ними;
- кількість реалізованих функцій системою чи кількість розв'язуваних задач.

Але в сучасних інтелектуальних системах значення цих параметрів досить велике та їх складно визначити.

Тому ступенем досконалості всіх інтелектуальних систем у системі керування автомобілем при їх кількісній оцінці можна вважати обсяг пам'яті бортового комп'ютера та його швидкодію.

В результаті короткого огляду основних властивостей автомобілів, що оцінюються кількісно за об'єктивними параметрами або за бальною оцінкою, встановлено, що їх кількість наближається до кількох десятків властивостей та їх комплексна оцінка традиційними методами кваліметрії неможлива. Тому для комплексного оцінювання якості надійності та безпеки функціонування сучасних автомобілів усю безліч властивостей необхідно розбивати на окремі групи за ознаками призначення автомобіля.

Методика комплексної оцінки якості ТС

У загальному вигляді методика оцінки якості будь-якої продукції представлена у роботі [10]:

1. Опис ситуації оцінювання: угруповання об'єктів оцінювання та контролю.
2. Визначення рішень.
3. Генерація показника якості. Побудова деревини властивостей. Розробка шкал показників.
4. Визначення коефіцієнтів вагомості.
5. Визначення взаємодій.
6. Конструювання алгоритму кількісного показника.
7. Перевірка надійності алгоритму.

У додатку до системи «людина – машина – середовище» дуже багато властивостей, що визначають якість всіх об'єктів системи, призводить до необхідності розчленування загальної оцінки характерні комплекси. Варіанти комплексів властивостей можуть бути представлені у вигляді, показаному на рис. 2 це дає можливість уявити значну кількість «дерев» властивостей у багатовимірному просторі, вибираючи відповідні поверхні

(осі) на вирішення поставлених завдань комплексної оцінки. При цьому математичним апаратом, який дозволяє отримувати конкретні значення комплексної оцінки, є векторна алгебра.

Для зручності розрахунків за такого підходу можна рекомендувати використання відносного показника властивостей

$$\overline{P}_i^{комп} = \frac{Q_i - Q_i^{бр}}{Q_i^{эт} - Q_i^{бр}}, \quad (7)$$

де Q – розмірний чи безрозмірний фактичний показник властивостей; індекси: i – комплексні властивості; $бр$ – бракувальний (найгірший); $эт$ – еталонний (кращий).

Такий відносний показник властивості представляє відношення величини діапазону відмінності фактичного показника від його гіршого значення у світовій практиці до всього діапазону значень між найкращим значенням показника та найгіршим. За відсутності значень $Q_i^{бр}$ формула спрощується для відношення двох значень параметрів.

При визначенні узагальненого показника комплексу властивостей використовують відому формулу:

$$P^{общи} = \varphi(K_i^{комп}; g; k_{эф}), \quad (8)$$

де функція згортки φ виражена різними номіналами, середніми та іншими видами математичних залежностей (математичні моделі); $k_{эф}$ – коефіцієнт збереження ефективності, що включає в себе основні показники продукції, часу прояву властивостей та інші особливості аналізу якості.

При виборі функції згортки φ слід користуватись відомими рекомендаціями [10, 11].

Висновки

Управління якістю продукції згідно з циклом Дьомінка – це безперервний, цілеспрямований, циклічний процес впливу на всіх рівнях на чинники, що забезпечують створення якісної продукції.

Незважаючи на значні зусилля розробників забезпечити відмовостійкість та надійність складних систем, наслідки недостатньої уваги та знань щодо питань людського чинника при розробці сучасних людино-

машинних систем вражають. Тому постійно зростаючий список проявів людського чинника свідчить про не обізнаність спеціалістів з когнітивними аспектами людино-машинної взаємодії, що не дозволяє належним чином спроектувати життєздатні динамічні системи. Особливо це стосується автомобільної галузі, де проектування й автомобілів й транспортних систем не може відбуватись без врахування особливостей існування та сприйняття людини оточуючого середовища та його впливу на прийняття рішення.

У роботі сформовано та структуровано комплекс властивостей транспортного засобу, що характеризують його якість, економічну та інтелектуальну безпеку. Для низки властивостей цього комплексу представлені залежності, що визначають ці властивості. В основу залежності цих показників покладено фізичні, геометричні (конструктивні) характеристики транспортних засобів.

Показано сформульовані одиниці виміру параметрів низки властивостей, що відповідають сучасним нормативним документам.

Запропоновано методику комплексної кількісної оцінки узагальнених показників якості, в основу якої покладено уявлення про «дерево» властивостей та їх уявлення у багатовимірному просторі.

Особливою категорією для сучасних ТЗ є група ергономічних якостей. Для забезпечення конкурентноздатності сучасний автомобіль повинен відповідати ергономічним властивостям. Нагальною потребою є також впровадження ергономіки як обов'язкової дисципліни для інженерів – проектувальників складних систем. Саме розвитку ергономічного мислення у майбутніх інженерів треба приділяти значну увагу, тому що це система поглядів індивіда на розвиток складних людино-машинних систем та ролі людини в них; це розуміння складних процесів людино-машинної взаємодії; вміння прогнозувати ризики в цих системах та планувати розробку систем з попереднім урахуванням цих ризиків. Зрештою ергономічне мислення для інженера сьогодення, а тим більше майбутнього, наряду з екологічним та критичним мисленням є ознакою освіченості, є заставою високої кваліфікації спеціаліста.

Конфлікт інтересів

Автори заявляють, що немає конфлікту інтересів щодо публікації цієї статті.

Література

1. Боженко, Л. І. & Гутта, Л. І. (2005) Управління якістю, основи стандартизації та сертифікації продукції. Bozhenko, L., Hutta, O. (2005) Upravlinnia yakistiu, osnovy sta-ndartyzatsii ta sertyfikatsii produktsii [Quality management, basics of standardization and certification of products]. Lviv, [in Ukrainian].
2. Сиченко, В. Г. & Ткаченко, О. П. (2006). Управління якістю продукції. Sychenko, V., Tkachenko, O. (2006). Upravlinnia yakistiu produktsii. [Product Quality Management]. Monohraf. Kyiv : Viche.
3. Мережко, Н. В., Осієвська, В. В. & Ясинська, Н. С. (2010). Управління якістю. Merezko, N., Osievska, V., Yasynska, N. (2010). Upravlinnia yakistiu [Quality management]. Kyiv : KNTEU [in Ukrainian].
4. Бичківський, Р. В., Столярчук, П. Г., Сопільник, Л. І. & Калинський, О. О. (2005.). Управління якістю. Сертифікація. Vychkivskiy, R., Stoliarchuk, P., Sopilnyk, L., Kalynskiy, O. (2005.). Upravlinnia yakistiu. Sertyfikatsiia [Quality management. Certification]. Kyiv : Shkola [in Ukrainian].
5. Azgaldov, Garry G., Kostin Alexander V., Padilla Omiste, Alvaro E. (2015). The ABC of Qualimetry Toolkit for measuring the immeasurable. Fonts kindly provided by ParaType, Inc. : Ridero. 167. ISBN 978-5-4474-2248-6
6. Argotti, Y., Baron, C., Esteban, P., Chaton, D. (2020). Quality Quantification Applied to Automotive Embedded Systems and Software Advances with qualimetry science. Embedded Real Time Systems (ERTS 2020), Toulouse. 1. [in France] [hal-02382316](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02382316)
7. Найзабеков, А. Б., Талмазан, В. А., & Шмидт, Н. Ю. (2005). Квалиметрия в обработке металлов давлением. Nauzabekov A., Talmazan V., Shmidt N. (2005) Kvalimetriya v obrabotke metallov davleniem [Qualimetry in metal forming]. Almatyi : RIK po UiML [in Kazakhstan]
8. Ковтун, Ю. Г. Мазаренко, Д. Г. Пестухов, В. Т. & ін. (2000). Агроквалиметрия. Kovtun, Yu., Mazarenko, D., Pestukhov, ta in. (2000). Ahrokvalimetriia [Agroqualimetry]. Kharkiv : DVP «Oryhinal» [in Ukrainian].
9. Бурдаков, В. Д. (1990). Квалиметрия транспортных средств. Методика оценки эффективности использования. Burdakov V. (1900). Kvalimetriya transportnyih sredstv. Metodika otsenki effektivnosti ispolzovaniya [Qualimetry of vehicles. Methodology for evaluating the effectiveness of use]. Moskow: Izd-vo standartov [in Russia].
10. Panchenko, S., Lavrukhin, O., Shapatina, O. (2017). Creating a qualimetric criterion for the generalized level of vehicle. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 1 (3 (85)), 39–45. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.92203> [in Ukrainian].
11. Тараненко, М. Е. (2015). Квалиметрия в листовой штамповке. Taranenko, M. (2015) Kvalimetriya v listovoy shtampovke [Qualimetry in sheet stamping]. Harkov : Nats. aerokosm. un-t im. N. E. Zhukovskogo «Hark. aviats. in-t», ISBN 978-966-662-380-8 [in Ukrainian].
12. Симоненко, Р. В. (2021). Підвищення ефективності експлуатації комплексних транспортних засобів на основі інтелектуальних телепатичних технологій : автореф. дис. ... док. техн. наук: 05.22.20 / Симоненко Роман Володимирович, НТУ : Київ. 44. Symonenko, R. (2021). Pidvyshchennia efektyvnosti ekspluatatsii kompleksnykh transportnykh zasobiv na osnovi intelektualnykh telepatychnykh tekhnolohii [Improving the efficiency of operation of complex vehicles based on intelligent telepathic technologies] : avtoref. dys. ... dok. tekhn. nauk: 05.22.20 / Symonenko Roman Volodymyrovych, NTU : Kyiv, 44. [in Ukrainian].
13. Куць, В. Р. (2006). Развитие нормативной базы по оценке качества продукции : автореф. дис. ... канд. техн. наук: 02.00.06 / Куць Владимир Романович; Львов. гос. ун-т. : Львів, 20. Kuts, V. (2006) Razvitie normativnoy bazyi po otsenke kachestva produktsii [Development of the regulatory framework for assessing the quality of products] : avtoref. dys. ... kand. tekhn. nauk: 02.00.06 / Kuts Vladimir Romanovich; Lvov. gos. un-t. : Lviv, 20. [in Ukrainian].
14. Мигаль, Г. В., & Мигаль, В. П. (2020) Полідисциплінарний підхід до інженерії людського чинника. Науково-технічний збірник "Комунальне господарство міст", серія: Технічні науки та архітектура, 3 (156). 149-157. Myhal, H., Myhal, V. (2020) Polidystyplinar-nyi pidkhid do inzhenerii liudskoho chynnyka [Polydisciplinary approach to human factor engineering]. Naukovotekhnichniy zbirnyk "Komunalne hospodarstvo mist", seriia: Tekhnichni nauky ta arkhitektura, 3 (156). 149-157. [in Ukrainian].
15. Dul, Jan. (2012.) A strategy for human factors/ergonomics: developing the discipline and profession. Ralph Bruder and all. Ergonomics. 55 (4). 377–395.
16. Lee, J. D.; Wickens, C. D.; Liu Y.; Boyle, L. N. (2017). Designing for People: An introduction to human factors engineering. Charleston, SC : CreateSpace.
17. Гаврилов, Э. Г. Эргономика на автомобильном транспорте. (1976). Gavrilov, E. (1976).

- Ergonomika na avtomobi-lnom transporte [Ergonomics in road transport]. Kiev: Tehnika. [in Ukrainian].
18. Parasuraman, R., Mehta, R. (2013). Neuroergonomics: a review of applications to physical and cognitive work. *Front Hum Neurosci*, 7, 889. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00889>.
 19. Wickens, C. D., Lee, J. D., Liu, Y., S. E., Becker, G. (2003). *An Introduction to Human Factors Engineering*. 2-nd Edition. Prentice Hall. ISBN 978-0-321-01229-6.
 20. Stanton, N. (2020). *Advances in Human Factors of Transportation Proceedings of the AHFE 2019 International Conference on Human Factors in Transportation*, July 24-28, 2019, Washington D. C., USA, Springer, 964, 852. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-20503-4>
 21. Мигаль, Г. В. & Протасенко, О. Ф. Эргономическая оценка проектируемых систем «человек-техника-среда» (2007). Migal, G., Protasenko, O. (2007). *Ergonomicheskaya otsenka proektiruemyih sistem «chelovek-tehnika-sreda»* [Ergonomic evaluation of the "man-technology-environment" system designed by the system]. Harkov : Nats. aerokosm. un-t «Hark. aviats. in-t». [in Ukrainian].
 22. Mygal, V., Mygal, G. & Mygal, S. (2021) Transdisciplinary convergent approach – human factor. *Radioelectronic and computer systems*, 4 (100), 7-21. doi: 10.32620/reks.2021.4.01
 23. Мигаль, Г. В. & Протасенко О. Ф. (2019) Інженерія людського чинника в сучасній освіті. Вчені записки Таврійського національного університету ім. В. І. Вернадського. Серія: Технічні науки, Прикладна геометрія, інженерна графіка та ергономіка. 30 (69). Ч. 1 (6). 9-14. Mygal, H., Protasenko, O. (2019). *Inzheneriia liudskoho chynnyka v suchasniy osviti* [Engineering of the human factor in modern education]. *Vcheni zapysky Tavriiskoho natsionalnoho universytetu im. V. I. Vernadskoho. Serii: Tekhnichni nauky, Prykladna heometriia, inzhenerna hrafika ta erhonomika*. 30 (69). Ch. 1 (6). 9-14. ISSN 2663-5941 (Print) ISSN 2663-595X (Online) [in Ukrainian].
 24. Mygal, V., Mygal, G. (2020). Cognitive and ergonomics aspects human interactions with a computer. *Radioelectronic and computer systems*, 1 (93), 90-102. <https://doi.org/10.32620/reks.2020.1.09>
 25. Parasuraman, R. (2003) Neuroergonomics: research and practice. *Theor. Issues Ergon. Sci.*, 4 (1-2). 5-20. <https://doi.org/10.1080/14639220210199753>
 26. Mygal, V., Mygal, G., Illiashenko, O. (2021) Intelligent Decision Support – Cognitive Aspects. *Digital Transformation, Cyber Security and Resilience of Modern Societies*. Cham: Springer. 84, 395-411. https://doi.org/10.1007/978-3-030-65722-2_25
 27. Illiashenko, O., Mygal, V., Mygal, G., Protasenko, O. (2021). A convergent approach to the viability of the dynamical systems: The cognitive value of complexity. *International Journal of Safety and Security Engineering*, 11 (6). 713-719. <https://doi.org/10.18280/ijssse.110612>
 28. Emerald Gems. *New perspectives in employee engagement in human resources*. (2015). Emerald Group Publishing Limited, Bingley. 217. ISBN: 1785608738.
- Тараненко Михайло Євгенійович**¹, д.т.н., проф. каф. автомобілів та транспортної інфраструктури, m.taranenko@khai.edu, тел. +38 096-287-43-08, ORCID: 0000-0002-3819-6948
- Мигаль Галина Валеріївна**¹, д.т.н., проф. каф. автомобілів та транспортної інфраструктури, g.mygal@khai.edu, тел. +38 050-636-87-17, ORCID: 0000-0002-9862-9338
- Кобріна Наталія Віталіївна**¹, к.т.н., доц. каф. автомобілів та транспортної інфраструктури, n.kobrina@khai.edu, тел. +38 050-733-03-57, ORCID: 0000-0001-9499-2079,
- Маковецький Андрій Володимирович**¹, к.т.н., доц. каф. автомобілів та транспортної інфраструктури, a.makoveckiy@khai.edu, тел. +38 050-624-09-33, ORCID: 0000-0002-5982-8983,
- ¹Національний аерокосмічний університет ім. Н. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», 61070, Україна, м. Харків, вул. Чкалова, 17.

The problem of integrated quality assurance and safety of vehicle operation

Abstract. Problem. The article analyzes the theoretical and methodological foundations of product quality management. The problem of the quality and safety of the operation of vehicles is considered from three angles. The first is directly the problem of the quality and reliability of vehicles as products. Therefore, a quantitative assessment of the quality of a wheeled vehicle is an urgent task and will be discussed in the article. The second aspect is the human-machine interaction in the "man - car - road - environment" system and directly the quality of the human performer driving the car. This aspect depends immediately on the ergonomic qualities of the car. The third aspect concerns the quality of the society and the issues that affect the quality of a quality vehicle designer. **Goal.** The main purpose of the research is to substantiate the methodological foundations of vehicle quality management as a

product. The practical purpose of this work is to develop a methodology for a comprehensive quantitative assessment of the quality, reliability and safety of wheeled vehicles. **Methodology.** The paper considers groups of product quality characteristics. The possibility of a comprehensive qualitative assessment of the quality of vehicles is determined. The relevance of such an assessment is due to the wide variety of vehicles, the improvement of their technical characteristics against the backdrop of a slower development of the characteristics of the environment in which they are used. Another important circumstance is slow development of methods for assessing the quality of vehicles, which makes it difficult to choose the best option in accordance with the goals of their operation. **Originality.** The paper shows an extensive range of vehicle properties. A technique for a comprehensive assessment of the quality of vehicles is proposed. An assumption is made about the representation of quality indicators in a multidimensional space, in which each dimension corresponds to a certain group of properties. **Practical value.** To improve the objectivity of a comprehensive assessment, a number of units of property characteristics are described that have a metric dimension and are based on the physical and material representation of actions. It is concluded that it is necessary to develop and refine

the methodology for a comprehensive quantitative assessment of quality in the area under research.

Key words: quality; quality indicators; safety; quantitative assessment of quality; vehicles; telematics; ergonomics; ergonomics; education.

Taranenko Mykhailo¹, professor, Doct. of Science, Department of Automobiles and Transport Infrastructure, m.taranenko@khai.edu, тел. +38 096-287-43-08, ORCID: 0000-0002-3819-6948

Mygal Galyna¹, professor, Doct. of Science, Department of Automobiles and Transport Infrastructure, g.mygal@khai.edu, тел. +38 050-636-87-17, ORCID: 0000-0002-9862-9338

Kobrina Natalia¹, Ph.D., Assoc. Prof. Department of Automobiles and Transport Infrastructure, n.kobrina@khai.edu, тел. +38 050-733-03-57, ORCID: 0000-0002-4672-2880

Makovetsky Andriy¹, Ph.D., Assoc. Prof. Department of Automobiles and Transport Infrastructure, a.makoveckiy@khai.edu, тел. +38 050-624-09-33, ORCID: 000-0002-5982-8983

¹National Aerospace University, 61070, Ukraine, Kharkiv, Chkalova str., 17.