

А.І. Коробко, к.т.н., доц.  
О.О. Назарько, к.т.н.  
Ю.А. Радченко, магістрант  
В.С. Шеїн, асист.

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет*

## ВАЛІДАЦІЯ УСТАТКУВАННЯ ДЛЯ ВИПРОБУВАНЬ КОМПЛЕКТУЮЧИХ АТЗ

*В статті викладена модель процесу оцінювання придатності (валідації) і верифікації випробувального устаткування з точки зору процесного підходу. Наведено стандартні операційні процедури валідації стенду для випробувань фрикційних пар.*

**Ключові слова:** валідація, верифікація, випробування, фрикційні пари.

**Постановка проблеми.** При створенні складних об'єктів, якими є об'єкти автомобільної техніки важливе місце займають процеси випробування і контролю, метою яких є підтвердження здатності об'єктів контролю виконувати задані функції в повному обсязі з заданими в нормативній документації показниками якості. В цих умовах неухильно зростають вимоги до якості випробувальних стендів і комплексів. Також підвищуються вимоги до способів оцінювання якості випробувальних стендів, так як від цього залежить достовірність результатів випробувань і прийняття відповідних рішень щодо придатності виробів автомобільної техніки.

Одним із способів оцінювання якості випробувальних стендів і комплексів є їх атестація і сертифікація, покликана гарантувати наявність у них певних, заздалегідь оголошених властивостей і якостей. При цьому висока вартість об'єктів випробувань, тривалість їх виготовлення, значні витрати на підготовку і проведення самих випробувань вимагають від випробувального обладнання гарантованого отримання достовірних і точних результатів.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Для проведення випробувань використовується велика кількість випробувальних стендів і устаткування від стану яких значною мірою залежить якість і ефективність проведених випробувань. Підтвердити що результати випробувань отримані на даному випробувальному обладнанні достовірні, можна в ході процесу валідації.

Валідація – це підтвердження наданням об'єктивних доказів, що вимоги щодо конкретного передбаченого використання або застосування виконано [1]. Відповідно під терміном валідація (оцінювання придатності) випробувального обладнання можна розуміти процес визначення повноти відповідності розробленого обладнання його функціональним призначенням та отримання документальних доказів того, що випробувальне обладнання дозволяє стабільно отримувати результати із заданою точністю. Валідація випробувального обладнання є одним із важливих елементів системи забезпечення якості при виробництві продукції. Процес валідації розповсюджується і на методики випробувань. В ДСТУ ISO/IEC 17025:2006 [2] сказано, що валідація вимог і прийнятих допущень являє собою процес, який гарантує, що вони є досить правильними (коректними) і повними, забезпечуючи відповідність вимогам. Процес валідації підтримує розробку вимог, що впливають з необхідності виконання функціональних завдань та забезпечення безпеки.

Найбільш застосовуваним процес валідації випробувального обладнання є при створенні засобів випробувань авіаційної і ракетно-космічної техніки. Так в [3] з позиції системного підходу показано роль і місце випробувань в процесі створення науково-ємних виробів. Також в [3] узагальнено модель формування похибок лабораторно-стендових випробувань виробів авіаційної і ракетно-космічної техніки і встановлено, що основну їх частку складають похибки випробувальних стендів і комплексів.

В [4] розроблено основні принципи забезпечення якості випробувального обладнання в залежності від терміну його експлуатації і технічного стану, а також розроблено методики оцінювання (валідації) стендів для випробувань авіаційної техніки в процесі їх експлуатації, що відповідають вимогам [2].

Літературних джерел, присвячених створенню випробувальних стендів різного призначення (в тому числі стендів для випробувань продукції автомобілебудівної промисловості), вкрай мало. А спеціальна література по сертифікації і валідації випробувального устаткування взагалі майже відсутня.

**Мета і постановка задач дослідження.** Випробувальні стенди і устаткування, так як і методики випробувань перед їх застосуванням повинні проходити процес валідації, тобто повинно бути проведено їх оцінювання на можливість застосування за призначенням

© А.І. Коробко, О.О. Назарько, Ю.А. Радченко, В.С. Шеїн, 2014

валідації і верифікації випробувального устаткування. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- розробити загальну модель процесів валідації і верифікації випробувального устаткування;
- показати можливість застосування розробленого процесу валідації при оцінюванні відповідності стенду для випробувань гальмівних механізмів дорожніх транспортних засобів.

**Валідація і верифікація випробувального устаткування.** Процес створення випробувального устаткування (ВУ) складається із взаємодоповнюючих етапів планування-проекування-виробництва, а також верифікації і валідації – сертифікації. Кожен етап розробки – це складова частина всього процесу створення комплексу ВУ, результатом виконання якого є деякий проміжний продукт (технічна документація, програмне забезпечення ВУ, комплектуючі тощо). Ці продукти є вхідною інформацією для відповідного їм етапу верифікації і наступних етапів розробки або доопрацювання на відповідних етапах створення ВУ.

Внаслідок складності процесу розробки ВУ валідація зазвичай являє собою багатоступінчастий процес, що виконується на всіх етапах життєвого циклу, включаючи етап експлуатації. На кожному етапі заходи з валідації забезпечують зростаючу впевненість у правильності і повноті вимог. Цілями процесу валідації є перевірка правильності та повноти виконання вимог. Також завдання валідації полягає в запобіганні появи надлишкових функцій у розроблюваному ВУ.

Перевірка повноти і коректності вимог при валідації можуть зажадати інженерної оцінки, проведення аналізу або випробування окремих елементів і компонентів ВУ. У більшості випадків при проектуванні вводяться деякі допущення, правильність яких не можна безпосередньо довести в момент їх використання. Допущення повинні бути ідентифіковані, а їх обґрунтованість повинна бути показана стосовно до конкретного елемента об'єкта проектування. У процесі валідації цих прийнятих допущень доводиться, що вони точно викладені, відповідним чином розподілені і оцінені з використанням представлених даних.

Розглянемо валідацію з точки зору процесного підходу [5].

Взаємозв'язок процесу валідації ВУ з процесом його проектування показано на рисунку 1.

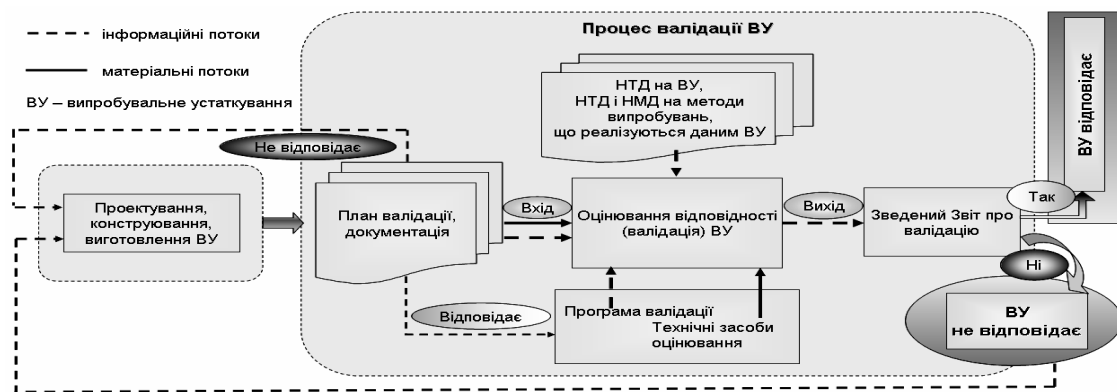


Рис. 1. Модель процесу валідації випробувального устаткування

Вхідна інформація процесу валідації може включати в себе опис випробувального стенду, вимоги до архітектури програмного забезпечення блоків керування і автоматизованої системи управління стендом в цілому і рівень гарантії проектування. У плані валідації мають бути вказані методи, що застосовуються при валідації вимог до системи і допущення.

При проведенні валідації обов'язковим є наявність документального підтвердження вхідних вимог. Без наявності цієї документації недопустимо проводити подальшу кваліфікацію ВУ. Обов'язковими є:

- конструкторські кресленики, гідро- і пневмосхеми, електричні схеми;
- розрахунки на міцність, надійність, тощо вузлів і елементів ВУ;
- документація (інструкції, кресленики, сертифікати) на усі покупні вироби;
- розрахунки фундаменту (для ВУ, яке встановлюється стаціонарно);
- документи на програмне забезпечення;
- список запасних частин і витратних матеріалів;
- список контрольно-вимірювальних приладів і документація на них (затвердження типу, свідоцтва метрологічної повірки, калібровки, тощо);
- інструкція з експлуатації;
- інструкція з техніки безпеки при роботі з ВУ.

Після перевірки наявності перерахованої документації, складається програма валідації. Ця програма повинна включати стандартні операційні процедури і форми звітних протоколів. В стандартних операційних процедурах містяться критерії прийнятності і послідовні кроки проведення випробувань ВУ. Програма валідації повинна розроблятися лише за наявності перерахованої документації. Зміст Програми визначається конкретним призначенням ВУ і його особливостями. У загальному випадку документація стандартних операційних процедур має містити:

- перевірку правильності зборки і з'єднань елементів ВУ;
- перевірка герметичності пневмо і гідросистем;

- перевірка вхідних і вихідних цифрових сигналів системи управління;
- калібрування засобів вимірювальної техніки;
- перевірка зворотних зв'язків системи управління;
- перевірка послідовності вмикання елементів ВУ при його роботі;
- перевірка систем звукової сигналізації, автоматичного блокування і роботи ВУ в аварійних ситуаціях.

Цей перелік може змінюватись або доповнюватись в залежності від технічного завдання на ВУ. Вихідною інформацією є зведений звіт (висновок) з валідації випробувального обладнання. Цей звіт повинен гарантувати, що валідація була проведена належним чином.

Під зовнішніми керуючими факторами розуміються вимоги нормативно-технічної документації (стандарти на методи випробувань, технічні умови на продукцію, тощо) яким повинно відповідати ВУ, тобто умови навантаження об'єкту випробувань які повинні створюватись випробувальним устаткуванням. Крім валідації, випробувальне устаткування повинно проходити процедуру верифікації. Тобто підтвердження на основі об'єктивних даних того, що встановлені вимоги виконані [6]. Завдання верифікації ВУ – демонстрація відповідності комплексу устаткування технічним вимогам проекту.

В результаті верифікації ВУ підтверджується, що передбачені функції і вимоги з безпеки ВУ в цілому і до його комплектуючих виробів правильно/неправильно реалізовані.

Верифікацію ВУ доцільно проводити на трьох рівнях: розробника компонентів і комплектуючих, розробника ВУ в цілому, користувача (рис. 2). На рисунку 2 наведено також примірний перелік документації за результатами верифікації.



Рис. 2. Рівні верифікації ВУ і звітна документація

Розробник компонентів і комплектуючих повинен оцінити реалізацію вимог відповідно до технічного завдання на розробку. Таке оцінювання проводиться за участі розробника ВУ. Оцінювання проводиться як на окремому етапі проектування, так і на ВУ в цілому.

Розробник сумісно із замовником: проводить валідацію ВУ, експериментальну перевірку методики випробування, перевіряє функціонування ВУ в цілому. На рівні розробника проводиться його метрологічна атестація і сертифікація.

На рівні користувача проводиться підконтрольна експлуатація. Перевіряються показники ергономічності. Періодично проводиться оцінювання точності (правильність і прецизійність) результатів отриманих на даному ВУ [7], проводяться міжлабораторні порівняльні випробування. Також на цьому рівні оцінюються естетичні показники (вимоги до дизайну). Для ВУ, що виготовляється серійно, замовник передає дані щодо його функціонування розробнику для удосконалення.

Кількість технічних перевірок і критерії їх прийнятності визначаються розробником ВУ спільно з постачальниками (розробниками) компонентів (комплектуючих виробів) в рамках конкретного проекту, а також організаціями, що проводять метрологічну атестацію і сертифікацію.

**Практичне застосування методики валідації ВУ.** В Харківському національному автомобільно-дорожньому університеті було спроектовано унікальний універсальний інерційний стенд для випробування фрикційних пар гальмівних механізмів автомобілів категорії М1, М2 [8]. Методика випробувань гальмівних механізмів на розробленому стенді в повній мірі відповідає вимогам ДСТУ UN/ECE R90-01:2005 [9]. Унікальність і універсальність заключається в наступному:

- можливість проведення випробувань фрикційних пар гальмівних механізмів автомобілів категорій М1, М2 (великий діапазон швидкостей і маси);
- розроблена методика випробувань моделює реальні умови руху автомобіля, в тому числі і сили опору.

Перелік операційних процедур валідації наведено на рисунку 3.



Рис. 3. Операційні процедури валідації стенду для випробувань фрикційних пар

Перевірка монтажу і функціонування – це процедури, які детально описані в експлуатаційній документації.

Особливостями етапу постановки експерименту з оцінювання точності є таке:

- оскільки стенд являється принципово новим і універсальним, то для методу випробувань на ньому відсутній задовольняючий вимогам еталон;
- лабораторії, які залучаються до експерименту повинні мати випробувальні стенди у всьому діапазоні вимірюваних параметрів на розробленому стенді;
- в ході внутрішньолабораторного експерименту повинні оцінюватись наступні фактори: «час» і «оператор»;
- кількість повторних випробувань повинно бути не менше семи. Це необхідно для визначення впливу різних факторів при статистичній обробці з використанням контрольних карт Шухарта [10].

У разі виявлення невідповідностей на будь-якому етапі валідації складається відповідний акт з детальною її ідентифікацією. Можливість продовження робіт по валідації після виявлення невідповідностей визначається комісією з умови забезпечення безпеки життєдіяльності. Після цього проводяться роботи по усуненню невідповідностей і проводиться повторна валідація.

**Висновки.** Валідація і верифікація випробувального обладнання являються довготривалим і дорогостоячим процесом. Належна організація проведення цих робіт вимагає залучення висококваліфікованих спеціалістів, а також дорогостоячих приладів і апаратури. Розробка програм валідації і верифікації передбачає детальне знання процесів і ВУ.

Процедура постановки експерименту по визначенню показників точності потребує подальшої деталізації і вивчення.

#### Список використаної літератури:

1. Системи управління якістю. Основні положення і словник термінів : ДСТУ ISO 9000:2007 (ISO 9000:2007, IDT). – Чинний від 2007-07-01. – К. : Держспоживстандарт України, 2007. – VI, 26 с.
2. Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій : ДСТУ ISO/IEC 17025:2006 (ISO/IEC 17025:2005, IDT). – Чинний від 2007-07-01. – К. : Держспоживстандарт України, 2007. – VI, 26 с.
3. Александровская Л.Н. Теоретические основы испытаний и экспериментальная отработка сложных технических систем / Л.Н. Александровская, В.И. Круглов, А.М. Шолом. – М. : Логос, 2002. – 748 с.
4. Мосин Н.С. Разработка методики управления качеством испытательного оборудования в процессе эксплуатации : дис. ... к.т.н. : 05.02.23 / Мосин Николай Сергеевич. – М., 2010. – 142 с.
5. Системи управління якістю. Вимоги : ДСТУ ISO 9001:2009 (ISO 9001:2008, IDT). – Чинний від 2009-09-01. – К. : Держспоживстандарт України, 2009. – VIII, 28 с.

6. Федюкин В.К. Основы квалиметрии. Управление качеством продукции : учеб. пособие / В.К. Федюкин. – М. : Информационно-издательский дом «Филинь», 2004. – 296 с.
7. Точність (правильність і прецизійність) методів та результатів вимірювань. – Ч. 1. – Основні положення та визначення : ДСТУ ГОСТ ISO 5725.1:2005 (ISO 5725.1, IDT). – Чинний від 2006-07-01. – К. : Держспоживстандарт України, 2006. – 31 с.
8. Пат. 72709 Україна, МПК В 60 Т 17/22 (2006.01). Універсальний стенд для випробування фрикційних пар гальмівних механізмів / М.А. Подригало, М.М. Альокса, Ю.В. та ін. ; заявник Харківський національний автомобільно-дорожній університет. – № у 2012 01920; заявл. 20.02.12; опубл. 27.08.12, Бюл. № 16.
9. Єдині технічні приписи щодо офіційного затвердження змінних гальмових накладок у зборі і гальмових накладок барабанних гальмових механізмів колісних транспортних засобів та їхніх причепів : ДСТУ UN/ECE R 90-01:2005 (UN/ECE R 90-01:2001, IDT). – Чинний від 2006-07-01. – К. : Держспоживстандарт України, 2007. – IV, 29 с.
10. Статистичні методи. Контрольні карти Шухарта : ДСТУ ISO 8258:2001 (ISO 8258-91, IDT). – Чинний від 2003-07-01. – К. : Держспоживстандарт України, 2003. – IV. – 26 с.

КОРОБКО Андрій Іванович – кандидат технічних наук, начальник відділу управління якістю навчання і стандартизації, доцент кафедри технології машинобудування і ремонту машин Харківського національного автомобільно-дорожнього університету.

Наукові інтереси:

- системи і комплекси для випробувань дорожніх транспортних засобів;
- метрологічне забезпечення випробувань;
- системи управління якістю (ISO 9001, ISO/IEC 17025).

Тел.: (066)833–34–43.

E-mail: ak82\_andrey@mail.ru.

НАЗАРЬКО Ольга Олександрівна – кандидат технічних наук, викладач кафедри інженерної і комп'ютерної графіки Харківського національного автомобільно-дорожнього університету.

Наукові інтереси:

- 3D-моделювання процесів випробувань дорожніх транспортних засобів;
- стійкість дорожніх транспортних засобів.

Тел.: (066)668–38–96.

E-mail: nazmail@yandex.ru.

РАДЧЕНКО Юлія Андріанівна —магістрант Харківського національного автомобільно-дорожнього університету.

Наукові інтереси:

- забезпечення якості випробувань;
- системи управління якістю випробувальних лабораторій.

Тел. (066)833–34–43.

E-mail: yulyasha.radchenko.92@mail.ru.

ШЕЇН Віталій Сергійович – асистент кафедри технології машинобудування і ремонту машин Харківського національного автомобільно-дорожнього університету.

Наукові інтереси:

- динаміка гальмування автотранспортних засобів;
- метрологічне забезпечення випробувань.

Тел.: (063)497–75.

E-mail: vitalik-mt@yandex.ua

Стаття надійшла до редакції 05.08.2014