

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНІЙ
УНІВЕРСИТЕТ
МІНІСТЕРСТВА ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

КОРОБКО АНДРІЙ ІВАНОВИЧ

УДК 005; 628.052; 629

ДИСЕРТАЦІЯ

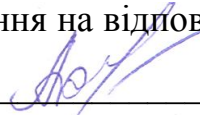
НАУКОВО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ
ТРАКТОРІВ НА СТАДІЯХ ПОСТАНОВКИ НА ВИРОБНИЦТВО
ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДУ
ПАРЦІАЛЬНИХ ПРИСКОРЕНЬ

Спеціальність 05.22.02 – автомобілі та трактори

Галузь знань – 27 «Транспорт»

Подається на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

 А. І. Коробко

Харків – 2023

АНОТАЦІЯ

Коробко А. І. Науково-методологічні основи забезпечення якості тракторів на стадіях постановки на виробництво та експлуатації з використанням методу парціальних прискорень. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.22.02 – автомобілі та трактори. – Харківський національний автомобільно-дорожній університет МОН України. Харків, 2023.

У дисертаційному дослідженні виконано теоретичне узагальнення і нове розв'язання актуальної науково-прикладної проблеми підвищення якості тракторів за рахунок створення системи організації і методів їх випробувань..

За результатами аналізу наукових концепцій і тенденцій в галузі технічного регулювання з оцінювання відповідності та випробувань продукції сільськогосподарського машинобудування (зокрема тракторів) встановлено, що актуальними є питання розвитку наукових досліджень у галузі машиновипробувань, а саме фундаментальних досліджень в галузі машиновипробувань, науково-методологічного забезпечення випробувань, диверсифікації випробувань, що направлені на підвищення якості тракторів на стадіях їх постановки на виробництво та експлуатації. Аналіз галузевої системи випробувань показав необхідність розробки нових підходів і методів випробувань, із застосуванням сучасних методів (парціальних прискорень) та теорій (теорії невизначеності вимірювання) і синтезу нових визначаючих показників якості та критеріїв їх оцінювання.

Напрямок дослідження визначено необхідністю формування універсального підходу до розробки нових методів випробувань та нормування показників якості тракторів.

Сформульовано концепцію розробки нових методів випробувань тракторів, головна ідея якої – визначення характеристик продукції, враховуючи поєднання вимог обов'язкових нормативних документів і вимог споживача (замовника) в частині їх бачення щодо важливості тієї або іншої характеристики на основі реальних досягнень науково-технічного прогресу. Це дало можливість виділити чотири основні рівні формування системи метрологічного забезпечення випробувань: вимоги до продукції і формулювання загальних напрямів щодо дослідження її якості, основний теоретичний апарат дослідження якості продукції і формування задач подальших прикладних досліджень, інструментарій реалізації прикладних задач, практика використання реалізованих рішень, їх верифікація, валідація і удосконалення. Запропонована концепція розробки методів випробувань, яка передбачає формування нового адаптивного простору метрологічного забезпечення випробувань. реалізація такого підходу здійснюється з використанням адаптивної інформаційно-логістичної системи метрологічного забезпечення випробувань, що акумулює в собі усі необхідні елементи для забезпечення якості проведення випробувань та здатна своєчасно реагувати, адаптуватися і ухвалювати відповідні рішення в залежності від потреб. Практична реалізація такого підходу дала можливість синтезувати віртуальний тренажер випробувальної лабораторії (сфера – випробування тракторів), що, за його використання, здатен сформувати у тих, хто навчається професійні компетентності, здатність самостійно приймати рішення та формувати індивідуальні рішення розв'язання ситуацій, здобуття надпрофесійних навичків (soft skills), здобуття професійних навичків роботи з нормативними документами (зокрема, стандартами), випробувальним устаткуванням, засобами вимірювальної техніки, роботи з адміністрування систем управління якістю. Указаний підхід забезпечує системну реалізацію управління якістю продукції від навчання до практики.

Розроблено методологію проектування нових методів випробувань на основі нечітких когнітивних карт, що дозволяє описувати складні

багатокритеріальні інтелектуальні системи прийняття рішення в умовах ризику під час розробки нових методів випробувань та передбачає запис моделі нового методу випробувань кінечною множиною об'єктів, які є значимими для методу випробувань характеристиками, встановлення між об'єктами причинно-наслідкових зв'язків, які можуть позитивно/негативно впливати на характеристики методу, що розробляється, встановлення значень показників придатності і спостережності методу, встановлення метрологічного допуску на показники, що визначаються, співставлення показників похибки і невизначеності при вимірюваннях з економічною доцільністю їх досягнення та виробничою необхідністю.

Розроблений спосіб оцінювання впливу випадкової і методичної похибок на результат вимірювання за показниками невизначеності вимірювання. В якості кількісного показника впливу методичної похибки запропоновано відношення різниці між теоретичними і експериментальними даними до середньої похибки їх визначення k_m . При значенні $k_m=0,68$ ймовірність співпадіння теоретичних і експериментальних результатів буде 50 %. При значенні $k_m=1$ ймовірність неспівпадіння теоретичних і експериментальних результатів буде 68 %. У випадку $k_m<1,3$ (ймовірність співпадіння результатів більше 80 %) можна вважати, що методична похибка незначно впливає на результати, а самі результати є співставними. В якості кількісного показника впливу випадкової похибки запропоновано відношення невизначеності вимірювання експериментальних даних до «невизначеності вимірювання теоретичних даних» k_b . За значень $k_b\geq 2$ значення випадкової похибки буде перевищувати значення систематичної похибки. У цьому випадку можна зробити висновок про те, що випадкова похибка суттєво впливає на результат вимірювання. Зменшити її можна шляхом здійснення ще однієї серії вимірювань. Якщо після додаткових вимірювань значення k_b не зменшилось, необхідно здійснити міри з усунення зовнішніх факторів, що впливають на точність вимірювання.

Розроблено математичну модель вимірювання, що дозволяє визначити такі параметри руху, як лінійне прискорення, лінійна швидкість, кутове прискорення, кутова швидкість, миттєвий радіус повороту, використовуючи в якості вхідних даних лінійне прискорення і кутову швидкість руху об'єкту випробувань. Технічний результат зменшення похибки вимірювання досягається шляхом зміни складу інформаційного обладнання, яке використовується при вимірюванні за рахунок чого спрощуються модельні рівняння вимірювання указаних параметрів. Запропонований спосіб дозволяє зменшити неадекватність моделі вимірювання, підвищити автономність і універсальність та зменшити похибку вимірювання параметрів руху рухомих об'єктів при випробуваннях і в системах навігації при визначенні просторово-часової орієнтації об'єктів та при управлінні ними, за рахунок зміни складу інформаційного обладнання і спрощення непрямих вимірювань.

Розроблений метод встановлення нормативних (номінальних) значень показників при розробці нових методів випробувань дає можливість експериментально-аналітичним способом встановити їхні базові, граничні і допустимі значення при використанні похибок і невизначеності вимірювання. Запропоноване поняття «метрологічний допуск» характеризує інтервал в межах якого вважається, що показник відповідає певному рівню.

Розроблено експрес-метод випробувань гідрооб'ємного рульового керування тракторів із застосування методу парціальних прискорень, що дозволяє без наявності спеціального майданчика для ходових випробувань робити висновок про технічний стан елементів і вузлів його приводу. В якості діагностичних запропоновані показники – подовжня складова прискорення, що виникає при повороті направляючих коліс. Трудомісткість випробувань за цим методом у порівнянні з відомими знижується у 3,28 рази, також знижується витрата робочої рідини на 2,7 кг, так як усувається операція демонтажу агрегатів.

Удосконалено дорожній метод гальмівних випробувань робочих гальмівних систем та метод випробувань стоянкових гальмівних систем

еквівалентним навантаженням. Дорожній метод випробувань робочих гальмівних систем, за рахунок використання нового інформаційного обладнання та введення нового показника ефективності – приріст наростання сповільнення – дозволяє робити висновок за результатами випробувань про технічний стан вузлів і агрегатів приводу гальмівної системи та визначати відхилення машини у процесі гальмування. Запропонований показник рекомендується виробникам для визначення і внесення його кількісного значення в технічну характеристику машини при проведенні приймальних випробувань і встановлення його нормативного значення. Розроблені рекомендації щодо випробувального устаткування для випробувань стоянкових гальмівних систем методом еквівалентного навантаження сприяють підвищенню безпечності випробувальних стендів. Запропоновані конструкції випробувальних стендів і методик випробувань стоянкових гальмівних систем забезпечують підвищення безпеки проведення випробувань за рахунок відсутності необхідності в маневруванні тракторного поїзду, зниження тиску в системі приводу стенду за рахунок почергового випробування кожної вісі і розділення тиску за кожним опорним майданчиком, відсутність необхідності в розагрегативанні тракторного поїзду, вимірювання нерівномірності дії гальмівних механізмів; силовий циліндр приводу стенду двосторонньої дії виключає необхідність в повторюванні операцій процедури випробувань за встановлення машини на стенд в зворотному напрямку. Крім цього конструкції стенду дозволяють встановлювати їх в потокову лінію контролю технічного стану.

Розроблений експрес-метод і технологічні засоби для оцінки якості агрегатів і вузлів приводу активних робочих органів через вал відбору потужності трактора дозволяють під час випробувань і в експлуатації прискорено оцінювати їх технічний стан і розробляти рекомендації про направлення машини на поглиблену діагностику. Розроблений метод дозволяє зменшити у порівнянні з відомими технологіями трудомісткості в

2,9 рази, так як за запропонованою технологією усувається операція демонтажу агрегатів.

Синтезовано експериментально-аналітичний метод вимірювання кута поперечної стійкості машин, що забезпечує похибку вимірювання указанного параметру на рівні існуючого методу ($1,5^\circ$ для машин масою 2000–2300 кг, $1,0^\circ$ для машин масою 2300–10000 кг, $0,5^\circ$ для машин масою 10000 кг і більше) за одночасного підвищення безпеки проведення експериментальних досліджень та збільшення мобільності методу. Запропоновано структуру і конструкції стендів для вимірювання кута поперечної стійкості тракторів та причіпних машин, що забезпечують підвищення безпеки випробувань за рахунок відсутності необхідності підйому трактора (причіпних машин) на критичний кут, утримування трактора у піднятому положенні, забезпечують оперативність проведення випробувань за рахунок скорочення трудоемності виконання робіт з випробувань, забезпечують підвищення точності вимірювання кута поперечної стійкості трактора (причіпних машин) за рахунок відсутності необхідності розрахунку координати положення центру мас трактора.

Результати дисертаційної роботи використовуються ТОВ «Завод Кобзаренка» при проведенні заводських випробувань продукції, що виготовляється ними; акредитованими випробувальними лабораторіями Харківської, Львівської та Південно-Української філій Державної наукової установи «Український науково-дослідний інститут прогнозування і випробування техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва імені Леоніда Погорілого» при організації системи управління лабораторії та в практиці проведення визначальних, приймальних та експлуатаційних випробувань тракторів; Державним підприємством «Український державний центр по випробуванню та прогнозуванню техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва» прийняті до впровадження ризик-орієнтований підхід до організації діяльності з оцінки відповідності органів затвердження типу тракторів, випробувальних лабораторій та виробництва і

методологічні основи розробки нових методів випробувань. Харківським національним автомобільно-дорожнім університетом використовуються в навчальному процесі система метрологічного забезпечення випробувальної лабораторії, теорія розробки методів випробувань, методи випробувань мобільних машин при викладанні дисциплін «Якість та її забезпечення» та «Комплексна система випробувань автомобілів».

Ключові слова: трактор, якість, випробування, парціальні прискорення, нормування показника, рульове керування, гальмові властивості, поперечна стійкість.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації

1. Лебедев А. Т., Лебедев С. А., Коробко А. І. Кваліметрія та метрологічне забезпечення випробувань тракторів / Під. ред. А. Т. Лебедева. Х. : Вид-во «Міськдрук», 2018. 394 с.
2. Коробко А. І. та ін. Розроблення нестандартизованих технічних засобів для випробувань сільськогосподарських машин та обладнання. *Науково-випробувальні дослідження сільськогосподарської техніки і технологій: розвиток і диверсифікація. Наукове видання. Дослідницьке* : УкрНДПІВТ ім. Леоніда Погорілого, 2018. С. 32–43.
3. Коробко А. І., Подригало М. А, Абрамов Д. В., Тарасов Ю. В., Оліярник Б. О., Власюк П. С. Спосіб вимірювання параметрів руху рухомих об'єктів : пат. на винахід 119037 Україна : МПК G01P 3/00, G01P 15/00, G01P 15/14 (3013.01), G01P 15/18 (2013.01), G01P 3/50 (2006.01). № а 2015 10855 ; заявл. 06.11.2015 ; опубл. 25.04.2019, Бюл. № 8.
4. Korobko, A., Podrigalo, M., Turenko, A., Bogomolov, V., Klets, D., Sergiyenko, O., Vakarpenko, V., Gritsuk, I., Turenko, O., Bulgakov, N.,

- Boboshko, O. "Increase of Stability for Motor Cars in Service Braking," SAE Technical Paper 2018-01-1880, 2018, doi:10.4271/2018-01-1880. (Scopus)
5. Korobko, A., Kashkanov, A., Kashkanova, A., Podrigalo, M., Klets, D., Saraiev, O., Mikhalevich, M. "Estimation Parameters of Braking of Vehicles Category M1 at Definition of Circumstances Road Accidents" *SAE Technical Paper*. 2022-01-1166, 2022, doi: 10.4271/2022-01-1166. (Scopus)
 6. Korobko, A., Podrigalo, M., Bogomolov, V., Abramov, D., Tarasov, Y., Kholodov, M., Shein, V., Tkachenko, A., Efimchuk, V. "Increasing Energy Efficiency and Improving Dynamic Properties through Improved Vehicle Design Methods," *SAE Technical Paper*. 2022-01-5076, 2022, doi: 10.4271/2022-01-5076 (Scopus)
 7. Коробко А. І. Нормування показників при розробці нових методів випробувань. *Перспективні технології та прилади. Збірник наукових праць*. 2017. № 10 (1). С. 76–80.
 8. Коробко А. Удосконалення методу вимірювання кута поперечної стійкості машин. *Метрологія та прилади. Науково-виробничий журнал*. 2017. № 4 (66). С. 32–35.
 9. Коробко А. І. Методологія розроблення нових методів випробувань. *Журнал інженерних наук. Науковий журнал*. 2017. Том 4, Випуск 1. С. Н7–Н13.
 10. Коробко А. І. Новий підхід до формування метрологічного забезпечення випробувань. *Перспективні технології та прилади. Збірник наукових праць*. 2017. № 11 (2). С. 53–57.
 11. Korobko A. The system for measurement of the moving objects parameters. *Метрологія та прилади. Науково-виробничий журнал*. 2017. № 6 (68). С. 10–13.
 12. Коробко А. І. Концептуальні основи метрологічного забезпечення випробувань: загальні положення. *Методи та прилади контролю якості*. 2017. № 2 (39). С. 75–82.

13. Коробко А. І. Оцінювання впливу випадкової і методичної похибок на результат вимірювання (в порядку обговорення). *Перспективні технології та прилади. Збірник наукових праць*. 2018. № 12 (червень). С. 87–92.
14. Коробко А. Вимоги до стенда для визначення кута поперечної стійкості методом послідовного зважування. *Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва України. Збірник наукових праць*. 2018. № 22 (36). С. 101–106. DOI: 10.31473/2305-5987-2018-1-22(36)-90-98.
15. Коробко А. І. Валідація методу вимірювання кута поперечної стійкості тракторів і сільськогосподарських машин. *Метрологія та прилади. Науково-виробничий журнал*. 2019. № 4 (78). С. 68–72.
16. Коробко А., Радченко Ю. Система управління лабораторії з випробувань дорожніх транспортних засобів. *Стандартизація, сертифікація, якість. Науково-технічний журнал*. 2014. № 2. С. 39–43.
17. Коробко А., Подригало М., Радченко Ю. Система метрологічного забезпечення випробувальної лабораторії. *Метрологія та прилади. Науково-виробничий журнал*. 2014. № 6 (50). С. 24–28.
18. Коробко А. І., Подригало М. А., Шуляк М. Л. Експрес-метод випробувань агрегатів і вузлів приводу активних робочих органів мобільної сільськогосподарської техніки. *Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті*. 2017. № 2 (9). С. 107–112.
19. Коробко А. І., Подригало М. А., Назарько О. О., Радченко Ю. А., Михайлова О. О. Стенд для випробувань стоянкових гальмівних систем. *Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті*. 2016. № 1 (5). С. 127–132.
20. Коробко А., Михайлова О., Радченко Ю. Стендові випробування стоянкових гальмівних систем сільськогосподарських тягових і причіпних машин. *Метрологія та прилади. Науково-виробничий журнал*. 2016. № 5 (61). С. 20–24.

21. Коробко А. І., Лебедев С. А., Подригало М. А., Шеїн В. С. Стенд для вимірювання кута поперечної стійкості машини методом послідовного зважування. *Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті*. 2018. № 2 (11). С. 84–89.
22. Коробко А. І., Михайлова О. О., Назарько О. О., Радченко Ю. А. Управління якістю випробувань автотракторної техніки з використанням нечіткої логіки. *Вісник Житомирського державного технологічного університету. Технічні науки*. 2016. № 2 (77). С. 109–114.
23. Коробко А. І., Подригало М. А., Назарько О. О., Радченко Ю. А. Експериментально-аналітичний метод вимірювання кута поперечної статичної стійкості колісних машин. *Перспективні технології та прилади. Збірник наукових праць*. 2016. № 9 (2). С. 49–52.
24. Коробко А., Кравчук В., Погорілий В., Подригало М., Лебедев С., Диверсифікація метрологічного забезпечення випробувань сільськогосподарської техніки в умовах реформування технічного регулювання допуску продукції на ринок. *Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва України. Збірник наукових праць*. 2017. № 21 (35). С. 4–14.
25. Коробко А. І., Лебедев С. А., Козлов Ю. Ю. Нормативне і методичне забезпечення випробувань сільськогосподарських машин. Стан і перспективи. *Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. Науковий журнал*. 2017. № 9. С. 42–49.

Наукові праці, які засвідчують апробацію наукових результатів

26. Коробко А. І., Шеїн В. С. Формування задач метрологічного забезпечення випробувань мобільних машин. *Modern methods, innovations, and experience of practical application in the field of technical sciences : materials International research and practice conference, December 27–28 2017. Radom,*

- Republic of Poland : Radom Academy of Economics, 2017. С. 148–151. (дистанційна участь)
27. Korobko A. I., Shein V. S. Measuring the movement of moving objects. *The development of technical sciences: problems and solution* : the international research and practical conference, April 27-28 2018 : Proceedings of the Conference. Brno : European Network for Academic Integrity, 2018. P. 109–110. (дистанційна участь)
 28. Korobko A. Measurement Uncertainty as a Test Model Assessment Tool. *Advanced Optoelectronics and Lasers CAOL*2019: 2019 IEEE 8th International Conference with XVI Scientific Workshop “Measurement Uncertainty: Scientific, Normative, Applied and Methodical Aspects” UM*2019* : Conference Proceedings. Sozopol, Bulgaria 06-08 September 2019. P. 707–710. DOI: 978-1-7281-1814-7/19/31:00. (Scopus), (очна участь)
 29. Коробко А. І., Радченко Ю. А. Точність і простежуваність вимірювання при випробуваннях стоянкових гальм мобільних машин. *Приладобудування та метрологія: сучасні проблеми, тенденції розвитку* : матеріали II-ї Всеукраїнської науково-практичної конференції Луцького національного технічного університету, 6–7 жовтня 2016 р. Луцьк : ЛНТУ, 2016. С. 45–46. (очна участь)
 30. Коробко А. І., Шатіхіна В. Є. Віртуальний тренажер метрологічного забезпечення випробувальної лабораторії. *Приладобудування та метрологія: сучасні проблеми, тенденції розвитку* : IV Всеукраїнська науково-практична конференція : матеріали, 29-30 жовтня 2020 р.; Луцьк : ЛНТУ. С. 36–38. (дистанційна участь)
 31. Коробко А. І. Диверсифікація випробувань сільськогосподарської техніки в умовах технічного регулювання. *Технічне регулювання, метрологія та інформаційні технології* : матеріали Сьомої Міжнародної науково-практичної конференції, 10–11 жовтня 2017 р. Одеса : ОДАТРЯ, 2017. С. 202–203. (очна участь)

32. Коробко А. І. Диверсифікація метрологічного забезпечення випробувань. *Metrology, information measuring technologies and systems MIMTS-2017* : тези доповідей VI-ї Міжнародної науково-практичної конференції, 24–25 жовтня 2017. Харків : ХНУРЕ, ННЦ «Інститут метрології», 2017. С. 76. (очна участь)
33. Коробко А. І. Шляхи розвитку системи технічного регулювання в галузі з випробувань сільськогосподарських машин. *Якість та безпечність товарів* : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених та студентів Луцького національного технічного університету, 23 березня 2018 р. Луцьк : ЛНТУ, 2018. С. 84–86. (очна участь)
34. Коробко А. І. До питання оцінювання співпадіння теоретичних і експериментальних досліджень. *Технічне регулювання, метрологія та якість: виклики сучасності* : матеріали Дев'ятої Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених і студентів, 17–18 травня 2018 р. Одеса: ОДАТРА, 2018. С. 41–42. (очна участь)
35. Коробко А., Назарько О., Радченко Ю. Удосконалення методів діагностування рульового керування шарнірно-зчленованих машин. *Науково-технічні засади розробки, випробування та прогнозування сільськогосподарської техніки і технологій* : XVI Міжнародна наукова конференція присвячена пам'яті академіка Л. В.Погорілого, 16–17 вересня 2015 р. : Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва України. Збірник наукових праць. Дослідницьке : УкрНДІПВТ ім. Леоніда Погорілого. 2015. № 19 (33). С. 136–141. (очна участь)
36. Коробко А., Лебедев С., Михайлова О., Радченко Ю. Визначення основних параметрів стенду для випробувань стоянкових гальмівних систем. *Науково-технічні засади розробки, випробування та прогнозування сільськогосподарської техніки і технологій* : XVII Міжнародна наукова конференція присвячена пам'яті академіка Л.

- В.Погорілого, 13–14 вересня 2016 р. : Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва України. Збірник наукових праць. Дослідницьке : УкрНДПІВТ ім. Леоніда Погорілого. 2016. № 20 (34). С. 23–29. (очна участь)
37. Коробко А. І. Оцінювання відповідності математичних і експериментальних моделей вимірювань при наукових дослідженнях. *Технічне регулювання, метрологія, якість та транспортні технології* : матеріали Десятої Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених і студентів, 16–17 травня 2019 р. Одеса : ОДАТРЯ, 2019. С. 30–31. (очна участь)
38. Коробко А. І. Система управління випробувальної лабораторії. *Технічне регулювання, метрологія, якість, інформаційні та транспортні технології* : матеріали Одинадцятої Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених і студентів, 04-05 червня 2020 р., Одеса : ОДАТРЯ, 2020. С. 8–9. (дистанційна участь).
39. Коробко А. І., Подригало М. А., Назарько О. О., Радченко Ю. А. Конструкція стенду для випробувань стоянкових гальмівних систем. *Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту* : матеріали IV-ї Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, 14–15 квітня 2016 р. Вінниця : ВНТУ, 2016. С. 13–14. (дистанційна участь)
40. Коробко А. І., Подригало М. А., Назарько О. О., Радченко Ю. А. Спосіб вимірювання кута поперечної стійкості машини. *Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту* : матеріали V-ї Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, 13–14 квітня 2017 р. Вінниця : ВНТУ, 2017. С. 103–104. (дистанційна участь)
41. Korobko A. To the question of measuring the parameters of motion. *Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту* : матеріали VI-ї

- Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, 12-13 квітня 2018 р. Вінниця : ВНТУ, 2018. С. 224–225. (дистанційна участь)
42. Коробко А. І., Подригало М. А. Управління процесом випробувань військової та спеціальної техніки. *Актуальні питання матеріального забезпечення військових формувань та правоохоронних органів* : збірник тез доповідей Науково-практичної конференції Національної академії Національної гвардії України, 26 жовтня 2017 р. Харків : НАНГУ, 2017. С. 77–79. (очна участь)
43. Коробко А. І., Козлов Ю. Ю. Удосконалення методу вимірювання кута поперечної стійкості автомобіля. *Автомобільний транспорт в аграрному секторі: проектування, дизайн та технологічна експлуатація* : матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції ХНТУСГ ім. П. Василенка, 24-25 травня 2018 р. Харків : ХНТУСГ ім. П. Василенка, 2018. С. 9. (очна участь).

Наукові праці, які додатково відображають наукові результати

44. СОУ-П УкрНДІПВТ ім. Леоніда Погорілого 71.2-37-046043090-017:2015. Сільськогосподарська техніка. Визначення тягових показників тракторів. Метод парціальних прискорень. Дослідницьке : УкрНДІПВТ ім. Леоніда Погорілого, 2015. III, 9 с. (Стандарт організації України).
45. А. с. 62326. Твір науково-практичного характеру «Інформаційно-логістична система метрологічного забезпечення випробувальної лабораторії» / Подригало М. А., Коробко А. І., Назарько О. О., Радченко Ю. А. ; дата реєстрації 30.10.2015.
46. Коробко А. І., Подригало М. А., Лебедев А. Т., Лебедев С. А., Шеїн В. С., Радченко Ю. А., Мазін О. С. Спосіб діагностування агрегатів і вузлів рульового керування шарнірно зчленованих машин : пат. 105176 UA : МПК G01M 17/007 (2006.01), G01M 17/06 (2006.01), G01P 15/00. № u 2015 07889 ; заявл. 07.08.2015 ; опубл. 10.03.2016, Бюл. № 5.

47. МВ 1-01:2017 Методика випробувань. Вимірювання кута поперечної стійкості машин. [Чинна з 2018-01-01]. // Коробко А. І. Харків : ХФ УкрНДІПВТ ім. Леоніда Погорілого. 6 с.
48. Коробко А. І., Лебедев С. А., Подригало М. А., Радченко Ю. А., Тарасов Ю. В., Шеїн В. С. Стенд для випробування стоянкових гальм транспортних засобів : пат. 109002 UA : МПК В60Т 17/22 (2016.01). № у 2016 00862 ; заявл. 03.02.2016 ; опубл. 10.08.2016, Бюл. № 15.
49. Коробко А. І., Лебедев А. Т., Лебедев С. А., Назарько О. О., Подригало М. А., Радченко Ю. А. Спосіб діагностування агрегатів і вузлів гальмівних систем транспортних засобів : пат. 110316 UA : МПК G01М 17/00 (2016.01). № у 2016 01837 ; заявл. 26.02.2016 ; опубл. 10.10.2016, Бюл. № 19.
50. Коробко А. І., Лебедев А. Т., Лебедев С. А., Михайлова О. О., Радченко Ю. А. Стенд для випробування стоянкових гальм мобільних (тягових) і причіпних сільськогосподарських машин : пат. 114957 UA : МПК В60Т 17/22 (2006.01). № у 2016 10524 ; заявл. 17.10.2016 ; опубл. 27.03.2017, Бюл. № 6.
51. Коробко А. І., Лебедев А. Т., Лебедев С. А., Назарько О. О., Подригало М. А., Радченко Ю. А. Спосіб вимірювання кута поперечної стійкості тягово-транспортних і причіпних машин : пат. 119256 UA : МПК G01М 17/007, G01М 17/06 (2006.01). № у 2016 12010 ; заявл. 28.11.2016 ; опубл. 25.09.2017, Бюл. № 18.
52. Коробко А. І., Лебедев А. Т., Лебедев С. А., Подригало М. А., Стенд для вимірювання кута поперечної стійкості машин методом послідовного зважування : пат. 122871 UA : МПК G01М 1/00, G01М 17/00 (2017.01), G01В 5/24 (2006.01). № у 2017 08976 ; заявл. 08.09.2017 ; опубл. 25.01.2018, Бюл. № 2.
53. Коробко А. І., Лебедев А. Т., Лебедев С. А., Подригало М. А. Стенд для вимірювання кута поперечної стійкості машин, що рухаються, методом послідовного зважування : пат. UA 122872 : МПК G01М 1/00, G01М 17/00

(2017.01), G01B 5/24 (2006.01). № и 2017 08979 ; заявл. 08.09.2017 ; опубл. 25.01.2018, Бюл. № 2.

54. Коробко А. І., Козлов Ю. Ю. Лебедев А. Т., Лебедев С. А., Спосіб вимірювання тягового зусилля трактора в складі комбінованого агрегату з активними робочими органами : пат. UA 144883 : МПК G01M 17/00 (2020.01). № и 2020 03822 ; заявл. 25.06.2020; опубл. 26.10.2020, Бюл. № 20.

ABSTRACT

A. Korobko. Scientific and Methodological Principles of Ensuring the Quality of Tractors at the Stages of Production and Operation Using the Partial Acceleration Method. – Qualifying scientific work as a manuscript.

Doctoral thesis in Engineering Science in specialty 05.22.02 – cars and tractors. – Kharkiv National Automobile and Highway University of the Ministry of Education and Science, Kharkiv, 2023.

This thesis work is a theoretical generalization and solution of an urgent scientific and applied problem of improving the quality of tractors through the creation of a tractor testing organization and methods system.

Based on the results of the review of scientific concepts and trends in the field of technical regulation regarding conformity evaluation and testing of agricultural engineering products (including tractors), it has been found that the issues of development of scientific research in the field of machinery testing, specifically, fundamental studies in the field of machinery testing, scientific and methodological framework for testing, diversification of testing aimed at improving the quality of tractors at the stages of their production and operation, have relevance. An analysis of the industry testing system has revealed the need to develop new approaches and test methods using modern methods (partial accelerations) and theories (measurement uncertainty theory) and to synthesize new defining quality indicators and criteria for their evaluation.

The direction of the study has been determined by the need to form a universal approach to the development of new test methods and standardization of tractor quality indicators.

The concept of developing new tractor test methods has been formulated, with the central idea of determining product performance characteristics, taking into account the combination of requirements of mandatory regulatory documents and expectations of the consumer (customer) in terms of their vision with respect

to the importance of certain characteristics based on the tangible achievements of scientific and technological advances. This allowed us to identify four fundamental levels of establishing the system of metrological support for testing: product requirements and the formulation of general lines of quality studies, the basic theoretical framework of product quality studies and the formation of tasks for further applied research, tools for the implementation of applied tasks, the practice of using the solutions implemented, their verification, validation and improvement. A concept of test method development, involving the formation of a new adaptive space of testing metrological framework, has been proposed. The implementation of this approach is carried out using the adaptive information and logistic system of testing metrological framework, which accumulates all necessary elements to ensure the testing quality and is able to respond, adapt and make appropriate decisions in a timely manner depending on the existing needs. Practical implementation of this approach enabled us to synthesize a virtual testing laboratory simulator (area - tractor testing), which is able to form professional competencies, ability to make independent decisions and develop individual solutions to resolve situations, obtaining super professional competencies (soft skills), vocational skills of working with regulatory documents (in particular, standards), testing equipment, measuring equipment, work on the administration of quality management systems, when used by trainees. This approach ensures the consistent implementation of product quality management from training to practice.

A methodology for designing new test methods based on fuzzy cognitive maps to describe complex multicriteria smart decision-making systems in risky conditions when developing new test methods has been developed and provides for recording the model of a new test method using a finite set of objects, which are significant for the test method, establishment of cause-effect relationships between objects, which can positively/negatively affect the characteristics of the method being developed, establishment of values of the method applicability and observability indicators, establishment of metrological tolerance for the indicators

to be determined, comparison of inaccuracy and uncertainty indicators in measurements with economic feasibility of their achievement and production necessity.

A method for evaluating the impact of random and methodological error on the measurement result by the indices of measurement uncertainty has been developed. The ratio of the difference between the theoretical and experimental data to the average error in their determination k_M was proposed as a quantitative indicator of the impact of methodological error. If $k_M=0.68$, the probability of agreement between the theoretical and experimental results is 50%. If $k_M=1$, the probability of disagreement between theoretical and experimental results is 68%. If $k_M<1.3$ (probability of agreement between the results is more than 80%), we can assume that the methodological error insignificantly affects the results, and the results themselves are consistent. The ratio of the measurement uncertainty of experimental data to the measurement uncertainty of theoretical data has been suggested as a quantitative indicator of the effect of random error" k_B . When $k_B\geq 2$, the value of random error will be greater than the value of systematic error. In this case, it can be concluded that the random error has a significant impact on the measurement result. It can be reduced by carrying out an additional series of measurements. If the value of k_B is not reduced after additional measurements were taken, it is necessary to take steps to eliminate the external factors affecting the accuracy of the measurement.

We have developed a mathematical measurement model that allows us to determine the following motion parameters, such as linear acceleration, linear speed, angular acceleration, angular speed, instantaneous turning radius, by using linear acceleration and angular speed of the test vehicle motion as input data. The technical result of measurement error reduction is achieved by modifying the composition of the information equipment used in the measurement, thereby simplifying the model equations for measuring the parameters specified. The technical result of measurement error reduction is achieved by modifying the composition of the information equipment used in the measurement, thereby

simplifying the model equations for measuring the specified parameters. The suggested method allows to reduce inadequacy of the measurement model, to increase autonomy and universality and to reduce inaccuracy of measuring motion parameters of moving objects during tests and in navigation systems when determining the spatial and temporal orientation of objects or when controlling them, by modifying the composition of information equipment and simplifying indirect measurements.

The developed method for establishing standard (nominal) values of the indicators in the development of new testing methods allows establishing their basic, limiting and permissible values for each vehicle type (in particular, for tractors) in an experimental and analytical manner. The concept of “metrological tolerance” is suggested to characterize the interval within which an indicator is considered to correspond to a certain level.

The express method for testing tractor hydrostatic steering by using the partial acceleration method which has been developed , allows to infer the technical condition of elements and units of its drive with no special test site available. Longitudinal acceleration component, which occurs during the rotation of the guide wheels, has been suggested as diagnostic indicators. The labor intensity of testing using this method is reduced by 3.28 times as compared to the well-known methods, the working fluid consumption is also reduced by 2.7 kg, since the operation of unit disassembly is omitted.

The road brake test method of service brake systems and the parking brake system test method with equivalent load have been improved. The road working brake system test method, due to the use of new information equipment and introduction of a new performance indicator — deceleration progression gain — enables us to draw a conclusion on the technical condition of the brake system drive units and assemblies and to determine vehicle deviations in the braking process based on the test results. We recommend that manufacturers use the indicator proposed to determine and quantify its value in the vehicle specification when conducting acceptance tests and to establish its standard value. The

recommendations for testing equipment used in parking brake system tests with the equivalent load method that have been developed contribute to improved safety of test benches. The proposed test bench designs and procedures for testing parking brake systems ensure increased safety of testing by eliminating the need to maneuver the tractor train, reducing the pressure in the test bench drive system by testing each axle one-by-one and distributing the pressure over each support area, eliminating the need to dismantle the tractor train, measurement of the braking system irregularities; the double-acting power cylinder of the stand drive eliminates the need to repeat the test procedure for installing the vehicle on the stand in the opposite direction. In addition, the construction of the stand allows for installation in an in-line system for technical condition checks.

The express method developed and technological means for quality assessment of units and drive assemblies of active working elements through the tractor's power take-off shaft allow to assess their technical condition faster in the process of testing and operation and to develop recommendations regarding the need for conducting an in-depth vehicle diagnostics. The method developed allows reducing the labor intensity by 2.9 times as compared to the well-known technologies, as the proposed technology eliminates the step of dismantling the units.

An experimental and analytical method for measuring the angle of transverse stability of vehicles, which provides for an inaccuracy of measuring the specified parameter (1.5° for vehicles weighing 2000-2300 kg, 1.0° for vehicles weighing 2300-10000 kg, 0.5° for vehicles weighing 10000 kg and more) while improving the safety of experimental studies and increasing the mobility of the method, has been synthesized. We propose a structure and design of test benches for measuring the transverse stability angle of tractors and trailed vehicles, ensuring increased test safety by eliminating the need to lift the tractor (trailed vehicles) to the critical angle, holding the tractor in an elevated position, ensuring testing efficiency by reducing the labor intensity of testing operations, providing increased accuracy of

measuring the angle of transverse stability of the tractor (trailed vehicles) by eliminating the need to calculate the coordinate of the tractor's center of gravity.

The results of the thesis are used by Kobzarenko Plant LLC in carrying out factory tests of their products; by accredited testing laboratories of Kharkiv, Lviv and South-Ukrainian branches of the State Scientific Institution “Leonid Pohorilyi Ukrainian Research Institute for Forecasting and Testing of Equipment and Technologies for Agricultural Production” in the organization of the laboratory management system and the practice of determination, acceptance and operational testing of tractors; the State Enterprise “Ukrainian State Center for Testing and Forecasting of Machinery and Technologies for Agricultural Production” adopted the risk-based approach to the organization of conformity assessment activities of tractor type approval bodies, testing laboratories and production and methodological principles for the development of new testing methods; The Kharkiv National Automobile and Highway University uses the system of metrological support of the test laboratory, the theory of development of test methods, the methods of testing mobile machines in the teaching of the disciplines "Quality and its assurance" and "Comprehensive vehicle testing system" in the educational process..

Key words: tractor, quality, testing, partial accelerations, indicator standardization, steering, braking properties, lateral stability.

LIST OF PUBLICATIONS OF THE APPLICANT

Scientific works in which the main scientific results are published

1. Lebedev A. T., Lebedev S. A., Korobko A. I. Qualimetry and metrological support of tractor tests / Under. ed. A. T. Lebedev. Kh. : Publishing House “Miskdruk”, 2018. 394 p.
2. Korobko A. I. etc. Development of non-standard technical means for testing agricultural machines and equipment. *Scientific and test research for*

- agricultural machinery and technologies: development and diversification. Scientific publication.* Doslidnytske : Leonid Pogorilyy UkrNDIPVT, 2018. pp. 32–43.
3. The method for measurement of the moving objects parameters : patent for the invention 119037 UA : IPC G01P 3/00, G01P 15/00, G01P 15/14 (3013.01), G01P 15/18 (2013.01), G01P 3/50 (2006.01). № a 2015 10855 ; stated 06.11.2015 ; published 25.04.2019, bulletin № 8.
 4. Korobko A., Podrigalo, M., Turenko, A., Bogomolov, V., Klets, D. et al., “Increase of Stability for Motor Cars in Service Braking,” *SAE Technical Paper* 2018-01-1880, 2018, doi:10.4271/2018-01-1880.
 5. Korobko, A., Kashkanov, A., Kashkanova, A., Podrigalo, M., Klets, D., Saraiev, O., Mikhalevich, M. “Estimation Parameters of Braking of Vehicles Category M1 at Definition of Circumstances Road Accidents” *SAE Technical Paper*. 2022-01-1166, 2022, doi: 10.4271/2022-01-1166. (Scopus)
 6. Korobko, A., Podrigalo, M., Bogomolov, V., Abramov, D., Tarasov, Y., Kholodov, M., Shein, V., Tkachenko, A., Efimchuk, V. “Increasing Energy Efficiency and Improving Dynamic Properties through Improved Vehicle Design Methods,” *SAE Technical Paper*. 2022-01-5076, 2022, doi: 10.4271/2022-01-5076 (Scopus)
 7. Korobko A. I. Rationing of indicators in the formulation new test methods. *Perspective technologies and devices. Collection of scientific works*. 2017. 10 (1). pp. 76–80.
 8. Korobko A. Measuring angle of lateral stability of the machine: improvement of method. *Metrology and instruments. Scientific and production journal*. 2017. № 4 (66). pp. 32–35.
 9. Korobko A. I. Methodology for developing new test methods. *Journal of Engineering Sciences: notes the young scientist*. 2017. Vol 4, Issue 1. pp. H7–H13.

10. Korobko A. I. Metrological support of test: new approach for forming. *Perspective technologies and devices. Collection of scientific works*. 2017. № 11 (2). pp. 53–57.
11. Korobko A. The system for measurement of the moving objects parameters. *Metrology and instruments. Scientific and production journal*. 2017. № 6 (68). pp. 10–13.
12. Korobko A. I. Conceptual basis for metrological support of tests: general provisions. *Methods and devices of quality control*. 2017. № 2 (39). pp. 75–82.
13. Korobko A. I. Influence of methodological and random errors to the result of measurement (in the order of discussion). *Perspective technologies and devices. Collection of scientific works*. 2018. № 12. pp. 87–92.
14. Korobko A. Stand for determination of the angle of cross-situated stability by the method of sequence weighing. *Technical and technological aspects of development and testing of new machinery and technologies for agriculture of Ukraine. Collection of scientific works*. 2018. 22 (36). pp. 101–106. DOI: 10.31473/2305-5987-2018-1-22(36)-90-98.
15. Korobko A. I. Validation for the method measuring lateral stability angle belonging tractors and agricultural machines. *Metrology and instruments. Scientific and production journal*. 2019. № 4 (78). pp. 68–72.
16. Korobko A. I., Radchenko Yu. Control system for road vehicle testing laboratory. *Standardization, certification, quality. Scientific and technical journal*. 2014. № 2. pp. 39–43.
17. Korobko A. I., Podrigalo M., Radchenko Yu. The system of metrological assurance testing laboratory. *Metrology and instruments. Scientific and production journal*. 2014. № 6 (50). pp. 24–28.
18. Stand for testing of Parking brake systems. Korobko A. I. etc. *Advances in mechanical engineering and transport*. 2016. № 1 (5). pp. 127–132.
19. Korobko A. I., Mikhailova O. O., Nazarko O. O., Radchenko Yu. A. The use of fuzzy logic in quality control testing of automotive and tractor equipment.

- Bulletin of Zhytomyr State Technological University. Technical sciences.* 2016. № 2 (77). pp. 109–114.
20. Korobko A. I., Mikhailova O., Radchenko Yu. The test of system parking brake of the machine towed and traction agricultural on the laboratory bench. *Metrology and instruments. Scientific and production journal.* 2016. № 5 (61). pp. 20–24.
 21. Korobko A. I., Podrigalo M. A., Nazarko O. O., Radchenko Yu. A. Method of measuring angle of lateral static stability experimental and analytical of wheeled vehicle. *Perspective technologies and devices. Collection of scientific works.* 2016. 9 (2). pp. 49–52.
 22. Korobko A. Diversification of metrological support of tests for agricultural machinery in the conditions of reforming technical regulation of admission production to the market / В. Кравчук та ін. *Technical and technological aspects of development and testing of new machinery and technologies for agriculture of Ukraine. Collection of scientific works.* 2017. 21 (35). pp. 4–14.
 23. Коробко А. І., Подригало М. А., Шульяк М. Л. Express method for testing the units and drive units of active working bodies in the mobile agricultural machinery. *Advances in mechanical engineering and transpor.* 2017. № 2 (9). pp. 107–112.
 24. Korobko A. I., Lebedev S. A., Kozlov Yu. Yu. Ю. Normative and methodological provision for tests agricultural machines. State and perspective. *Technical service of agriculture, forestry and transport systems.* 2017. № 9. pp. 42–49.
 25. Коробко А. І., Лебедев С. А., Подригало М. А., Шейн В. С. Stand for measuring the angle of lateral stability machines by successive weighing. *Advances in mechanical engineering and transpor.* 2018. № 2 (11). pp. 84–89.

Scientific works that certify the approbation of scientific results

26. Korobko A. I., Shein V. S. Formulation of the tasks of metrological safety in the testing of mobile machines. *Modern methods, innovations, and experience of practical application in the field of technical sciences : materials International research and practice conference*, December 27–28 2017. Radom, Republic of Poland : Radom Academy of Economics, 2017. pp. 148–151. (remote participation)
27. Korobko A. I., Shein V. S. Measuring the movement of moving objects. *The development of technical sciences: problems and solution : the international research and practical conference*, April 27-28 2018 : Proceedings of the Conference. Brno : European Network for Academic Integrity, 2018. P. 109–110. (remote participation)
28. Korobko A. Measurement Uncertainty as a Test Model Assessment Tool. *Advanced Optoelectronics and Lasers CAOL*2019: 2019 IEEE 8th International Conference with XVI Scientific Workshop “Measurement Uncertainty: Scientific, Normative, Applied and Methodical Aspects” UM*2019 : Conference Proceedings*. Sozopol, Bulgaria 06-08 September 2019. P. 707–710. DOI: 978-1-7281-1814-7/19/31:00. (face-to-face participation)
29. Korobko A. I., Radchenko Yu. A. Accuracy and traceability of measurement at tests of parking brakes of mobile cars. *Instrument making and metrology: modern problems, development trends : materials of the II All-Ukrainian scientific-practical conference of Lutsk National Technical University*, October 6-7, 2016. Lutsk : LNTU, 2016. pp. 45–46. (face-to-face participation)
30. Korobko A. I., Shatikhina VE Virtual simulator of metrological support of the testing laboratory. *Instrument making and metrology: modern problems, development trends : IV All-Ukrainian scientific-practical conference: materials*, October 29-30, 2020; Lutsk : LNTU. pp. 36–38. (remote participation)

31. Korobko A. I. Diversification of tests of agricultural machinery in terms of technical regulation. *Technical regulation, metrology and information technologies* : materials of the Seventh International scientific-practical conference, October 10-11, 2017. Odessa: ODATRYA, 2017. C. 202–203. (face-to-face participation)
32. Korobko A. I. Diversification of metrological support of tests. *Metrology, information measuring technologies and systems MIMTS-2017* : abstracts of the VI International Scientific and Practical Conference, October 24-25, 2017. Kharkiv: KNURE, NRC "Institute of Metrology", 2017. p. 76. (face-to-face participation)
33. Korobko A. I. Ways to develop a system of technical regulation in the field of testing of agricultural machinery. *Quality and safety of goods* : materials of the International scientific-practical conference of young scientists and students of Lutsk National Technical University, March 23, 2018. Lutsk: LNTU, 2018. pp. 84–86. (face-to-face participation)
34. Korobko A. I. On the question of evaluating the coincidence of theoretical and experimental research. *Technical regulation, metrology and quality: modern challenges* : materials of the Ninth All-Ukrainian scientific-practical conference of young scientists and students, May 17-18, 2018. Odessa: ODATRYA, 2018. pp. 41–42. (face-to-face participation)
35. Korobko A. I., Nazarko O. O., Radchenko Yu. A. Improvement of methods of diagnosing the steering of articulated machines. *Scientific and technical principles of development, testing and forecasting of agricultural machinery and technologies* : XVI International Scientific Conference dedicated to the memory of Academician L. V. Pogorily, 16–17, September 2015 p. : Technical and technological aspects of development and testing of new machinery and technologies for agriculture of Ukraine. Collection of scientific works. Doslidnytske : Leonid Pogorilyy UkrNDIPVT. 2015. № 19 (33). pp. 136–141. (face-to-face participation)

36. Korobko A., Lebedev S., Mikhailova O., Radchenko Yu. Determination of the main parameters of the stand for tests of parking brake systems. *Scientific and technical principles of development, testing and forecasting of agricultural machinery and technologies* : XVII International Scientific Conference dedicated to the memory of Academician LV Pogorily, September 13-14, 2016. : Technical and technological aspects of development and testing of new machinery and technologies for agriculture of Ukraine. Collection of scientific works. Doslidnytske : Leonid Pogorilyy UkrNDIPVT. 2016. № 20 (34). pp. 23–29. (face-to-face participation)
37. Korobko A. I. Evaluation of conformity of mathematical and experimental models of measurements at scientific researches. *Technical regulation, metrology, quality and transport technologies* : materials of the Tenth All-Ukrainian scientific-practical conference of young scientists and students, May 16-17, 2019. Odessa: ODATRYA, 2019. pp. 30–31. (face-to-face participation)
38. Korobko A. I. Test laboratory control system. *Technical regulation, metrology, quality, information and transport technologies* : materials of the Eleventh All-Ukrainian scientific-practical conference of young scientists and students, June 04-05, 2020, Odessa: ODATRYA, 2020. pp. 8–9. (remote participation).
39. Korobko A. I., Podrigalo M. A., Nazarko OO, Radchenko Yu. A. Design of a stand for tests of parking brake systems. *Modern technologies and prospects for the development of road transport* : materials of the IV International Scientific and Practical Internet Conference, April 14-15, 2016. Vinnytsia: VNTU, 2016. pp. 13–14. (remote participation)
40. Korobko A. I., Podrigalo M. A., Nazarko OO, Radchenko Yu. A. A method of measuring the angle of transverse stability of the machine. *Problems and prospects for the development of road transport* : materials of the V International Scientific and Practical Internet Conference, April 13-14, 2017. Vinnytsia: VNTU, 2017. C. 103–104. (remote participation)

41. Korobko A. To the question of measuring the parameters of motion. *Problems and prospects for the development of road transport* : materials of the VI International Scientific and Practical Internet Conference, April 12-13, 2018. Vinnytsia: VNTU, 2018. pp. 224–225. (remote participation)
42. Korobko A. I., Podrigalo M. A. Management of the process of testing military and special equipment. *Current issues of material support of military formations and law enforcement agencies* : a collection of abstracts of the Scientific and Practical Conference of the National Academy of the National Guard of Ukraine, October 26, 2017. Kharkiv: NANGU, 2017. pp. 77–79. (face-to-face participation)
43. Korobko A. I., Kozlov Yu. Yu. Improving the method of measuring the angle of lateral stability of the car. *Road transport in the agricultural sector: design, design and technological operation* : materials of the All-Ukrainian scientific-practical conference Petro Vasylenko KhNTUA, 24-25, May 2018. Kharkiv : Petro Vasylenko KhNTUA, 2018. p. 9. (face-to-face participation).

Scientific works that additionally reflect scientific results

44. SOU-P Leonid Pogorilyy UkrNDIPVT 71.2-37-046043090-017:2015. Agricultural machinery. Determination of traction parameters of tractors. Method of partial accelerations. Doslidnytske : Leonid Pogorilyy UkrNDIPVT, 2015. III, 9 c. (Standard of organization of Ukraine).
45. C. c. 62326. Work of scientific and practical nature "Information and logistics system for metrological support of the test laboratory / Podrigalo M. A., Korobko A. I., Nazarko O. O., Radchenko Yu. A. ; registration date 30.10.2015.
46. Method for diagnosing units and steering units of articulated machines : patent 105176 UA : IPC G01M 17/007 (2006.01), G01M 17/06 (2006.01), G01P 15/00. № u 2015 07889 ; stated 07.08.2015 ; published 10.03.2016, bulletin № 5.

47. TM 1-01:2017 Test methodology. Measurement of the angle for transverse stability of machines. [Valid with 2018-01-01]. Kharkiv : Leonid Pogorilyy UkrNDIPVT KhB. 6 p.
48. Stand for testing parking brakes of vehicles : patent 109002 UA : IPC B60T 17/22 (2016.01). № u 2016 00862 ; stated 03.02.2016 ; published 10.08.2016, bulletin № 15.
49. A method for diagnosing units and components of vehicle brake systems : patent 110316 UA : IPC G01M 17/00 (2016.01). № u 2016 01837 ; stated. 26.02.2016 ; published 10.10.2016, bulletin № 19.
50. Stand for testing parking brakes of mobile (traction) and trailer agricultural machines : patent 114957 UA : IPC B60T 17/22 (2006.01). № u 2016 10524 ; stated 17.10.2016 ; published 27.03.2017, bulletin № 6.
51. Method of measuring the angle of lateral stability of traction and trailer machines : patent 119256 UA : IPC G01M 17/007, G01M 17/06 (2006.01). № u 2016 12010 ; stated 28.11.2016 ; published 25.09.2017, bulletin № 18.
52. Stand for measuring the angle of transverse stability of machines by sequential weighing : patent 122871 UA : IPC G01M 1/00, G01M 17/00 (2017.01), G01B 5/24 (2006.01). № u 2017 08976 ; stated 08.09.2017 ; published 25.01.2018, bulletin № 2.
53. Stand for measuring the angle of transverse stability of moving machines by sequential weighing : patent UA 122872 : IPC G01M 1/00, G01M 17/00 (2017.01), G01B 5/24 (2006.01). № u 2017 08979 ; stated 08.09.2017 ; published 25.01.2018, bulletin № 2.
54. A method of measuring the traction force of a tractor as part of a combined unit with active working bodies : patent UA 144883 : IPC G01M 17/00 (2020.01). № u 2020 03822 ; stated 25.06.2020; published 26.10.2020, bulletin № 20.

ЗМІСТ

Вступ	37
Розділ 1 Аналіз системи випробувань продукції сільськогосподарського машинобудування	46
1.1 Аналіз нормативних документів в сфері регулювання допуску на ринок і підтвердження відповідності тракторів, причепів та сільськогосподарських машин.	46
1.2 Тенденції розвитку систем випробувань тракторів та сільськогосподарських машин	55
1.3 Система управління випробуваннями тракторів та сільськогосподарських машин	61
1.4 Нормативно-методичне забезпечення випробувань тракторів та сільськогосподарських машин	69
1.5 Аналіз характеристик точності методів випробувань тракторів та сільськогосподарських машин	78
1.6 Нестандартизовані засоби і методи випробувань тракторів та сільськогосподарських машин	91
1.7 Висновки за розділом 1 та постановка задач дослідження	97
Розділ 2 Концепція розробки нових методів випробувань тракторів	99
2.1 Метрологічне забезпечення випробувань	99
2.2 Концепція розробки методів випробувань	102
2.3 Новий підхід до класифікації випробувань та формування їх метрологічного забезпечення	107
2.4 Методологія розробки нових методів випробувань	116
2.5 Синтез адаптивної інформаційно-логістичної системи метрологічного забезпечення випробувань	124

2.6 Принципи побудови віртуальної випробувальної лабораторії та побудова на їх основі навчальних тренажерів	135
2.7 Формування «ризик-профілю» випробувальної лабораторії.....	147
2.8 Висновки за розділом 2	159
Розділ 3 Нормування показників якості продукції	162
3.1 Встановлення нормативного значення показника	1562
3.2 Оцінювання співпадіння експериментальних і теоретичних моделей випробувань	167
3.2.1 Показник і критерій оцінювання впливу методичної похибки на результат вимірювання із застосуванням невизначеності вимірювання	167
3.2.2 Показник і критерій оцінювання впливу випадкової похибки на результат вимірювання із застосуванням невизначеності вимірювання	173
3.3 Альтернативний спосіб оцінювання співпадіння експериментальних і теоретичних моделей випробувань	174
Висновки за розділом 3	178
Розділ 4 Спосіб вимірювання просторово-часової орієнтації об'єктів випробувань	180
4.1 Математична модель визначення просторово-часової орієнтації об'єктів випробувань	180
4.2 Алгоритм визначення просторово-часової орієнтації об'єктів випробувань	183
4.3 Сфера застосування вимірювальної системи	185
4.4 Висновки за розділом 4	186
Розділ 5 Розробка методу вимірювання ефективності рульового керування тракторів	187
5.1 Експериментально-аналітичне обґрунтування визначального показника якості гідрооб'ємного рульового керування тракторів	187

5.2 Експериментально-аналітичне нормування показника кваліметрії рульового керування тракторів	196
5.3 Нормативно-технічна документація на випробування за розробленим експрес-методом	205
5.4 Висновки за розділом 5	208
Розділ 6 Розробка методу гальмівних випробувань тракторів	210
6.1 Обґрунтування визначального показника якості гальмівних властивостей	210
6.1.1 Забезпечення ефективності гальмування трактора	210
6.1.2 Забезпечення необхідної ефективності гальмування	212
6.1.3 Обґрунтування показника ефективності за критерієм працездатності гальмівних осей	214
6.1.4 Визначальний показник технічного стану гальмівного керування	216
6.1.5 Алгоритм кваліметрії гальмівного керування трактора	222
6.2 Експериментально-аналітичне нормування показника кваліметрії гальмівного керування тракторів	225
6.3 Нормативно-технічна документація на випробування за розробленим експрес-методом	231
6.4 Вимірювання ефективності стоянкових гальмівних систем	232
6.4.1 Розрахункова схема для визначення еквівалентного зусилля ..	232
6.4.2 Вимоги до конструкції стенду	235
6.5 Вимірювання ефективності стоянкових гальмівних систем причіпних машин	241
6.5.1 Розрахункова схема для визначення еквівалентного зусилля ..	241
6.5.2 Вимоги до конструкції стенду	244
6.6 Висновки за розділом 6	248

Розділ 7 Розробка методу випробувань приводу активних робочих органів сільськогосподарських машин	250
7.1 Обґрунтування визначального показника якості приводу активних робочих органів сільськогосподарських машин	250
7.2 Експериментально-аналітичний метод випробувань приводу активних робочих органів сільськогосподарських машин	252
7.2.1 Загальна методика	252
7.2.2 Спосіб вимірювання тягового зусилля на гаку трактора	253
7.2.3 Експериментальне дослідження	258
7.3 Нормативно-технічна документація на випробування агрегатів і вузлів приводу активних робочих органів	261
7.4 Висновки за розділом 7	262
Розділ 8 Розробка експериментально-аналітичного методу вимірювання кута поперечної стійкості машин	264
8.1 Обґрунтування методу послідовного зважування для вимірювання кута поперечної стійкості	264
8.2 Стенд для вимірювання кута поперечної стійкості трактора методом послідовного зважування стаціонарний	270
8.3 Стенд для вимірювання кута поперечної стійкості тракторів методом послідовного зважування у поточній лінії діагностики	274
8.4 Валідація методу вимірювання кута поперечної стійкості	278
8.5 Експериментальне дослідження методу вимірювання кута поперечної стійкості послідовним зважуванням.....	288
8.5 Висновки за розділом 8	294
Висновки	296
Перелік посилань	300
Додаток А Перелік наукових праць за темою дисертації	339
Додаток Б Акти впровадження	350
Додаток В Копії патентів на винахід та корисні моделі	357

Додаток Г СОУ-П УкрНДПВТ ім. Леоніда Погорілого 71.3-37-046043090-017:2015 Сільськогосподарська техніка. Визначення тягових показників тракторів. Метод парціальних прискорень	374
Додаток Д МВ 1-01:2017 Методика випробувань. Вимірювання кута поперечної стійкості машин	375

ВСТУП

Обґрунтування вибору теми дослідження. Актуальність теми та її доцільність обґрунтовуються необхідністю підвищення й забезпечення споживчих, експлуатаційних показників та показників безпеки тракторів при їх виробництві та експлуатації на основі інформації отриманої в ході випробувань.

Одним із важливих резервів підвищення виробничих і економічних можливостей машинно-тракторних агрегатів – є найбільш повне використання ресурсу за одночасного зниження затрат на їх ремонт і технічне обслуговування. Перехід на новий організаційний рівень випробувань (що обумовлено переходом від обов'язкової сертифікації до підтвердження відповідності вимогам Технічних регламентів) вимагає удосконалення системи випробувань, її диверсифікації та удосконалення системного підходу до розробки нових показників і критеріїв оцінювання якості тракторів. Це потребує більш повного та якісного методичного і технічного забезпечення для реалізації гармонізованих підходів до методів натурних та модельних випробувань тракторів у транспортному режимі та з технологічним обладнанням.

В зв'язку з цим виникає проблема розроблення і впровадження ефективних систем організації випробувань, методів і засобів їх проведення та розробки нових показників якості та критеріїв їх оцінювання. Дослідження в даному напрямку регламентовані паспортом спеціальності 05.22.02 – автомобілі та трактори.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконана згідно: Закону України «Про стимулювання розвитку вітчизняного машинобудування для агропромислового комплексу» № 5478-VI (5478-17) від 06.11.2012 р.; «Стратегії розвитку аграрного сектору економіки на період до 2020 року» затвердженої Розпорядженням Кабінету Міністрів України від

17 жовтня 2013 р. № 806-р., «Концепції Державної цільової програми розвитку аграрного сектору економіки на період до 2020 року» затвердженої Розпорядженням Кабінету Міністрів України від 30 грудня 2015 р. № 1437-р.

Робота є складовою частиною досліджень Харківського національного автомобільно-дорожнього університету «Удосконалення системи метрологічного забезпечення випробувань дорожніх транспортних засобів» (державний реєстраційний номер 0114U006544), щодо якої дисертант був керівником роботи.

Також дослідження виконувалися в рамках наукових держбюджетних досліджень за Тематичним планом науково-випробувальних робіт УкрНДІПВТ ім. Леоніда Погорілого на 2014–2016 роки, тема «Розроблення експрес-методів і технічних засобів оцінювання якості агрегатів і вузлів мобільної сільськогосподарської техніки» державний реєстраційний номер 0217U000847), щодо якої дисертант був відповідальним виконавцем; Тематичного плану науково-випробувальних робіт УкрНДІПВТ ім. Леоніда Погорілого на 2017–2019 роки, тема «Проведення досліджень та оцінювання невизначеності вимірювань при проведенні випробувань сільськогосподарської техніки» щодо якої дисертант був відповідальним виконавцем.

Мета і завдання дослідження. Метою дослідження є підвищення якості тракторів шляхом удосконалення системи їх випробувань на основі методу парціальних прискорень.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- сформулювати концепцію інформаційно-логістичної системи метрологічного забезпечення випробувань тракторів;
- синтезувати методологію встановлення нормативного значення показника та методологію перевірки відповідності теоретичної моделі вимірювання експериментальній;
- розробити модель та алгоритм вимірювання просторово-часової орієнтації об'єктів випробувань на основі методу парціальних прискорень;

– обґрунтувати оціночні показники та розробити метод випробувань гідрооб'ємного рульового керування тракторів із застосуванням методу парціальних прискорень;

– розробити метод випробувань та оціночні показники гальмівних систем тракторів і причіпних машин із застосуванням методу парціальних прискорень;

– сформулювати оціночні показники та метод випробувань елементів приводу активних робочих органів машин із застосуванням методу парціальних прискорень;

– синтезувати експериментально-аналітичний метод вимірювання кута поперечної стійкості машин.

Об'єкт дослідження – процеси випробувань тракторів при забезпеченні якості на етапах постановки на виробництво та експлуатації.

Предмет дослідження – удосконалення, за допомогою метода парціальних прискорень, системи оцінювання технічного стану і забезпечення технічного рівня при випробуваннях тракторів на стадіях постановки на виробництво та експлуатації.

Методи дослідження. Методологічною основою дисертаційної роботи є узагальнення та аналіз відомих наукових результатів щодо організації системи випробувань, розроблення та застосування критеріїв ефективності, раціональне поєднання теоретичних і експериментальних досліджень та використання системного підходу. Для формуванні наукової проблеми, визначення мети і постановки задач дослідження використовувався аналітичний метод та порівняльний аналіз.

У теоретичній частині дисертації використовувалися методи системного аналізу, методи теорії похибок і невизначеності вимірювання. В експериментальній частині використовувалися методи виконання наукових випробувань, парціальних прискорень, електричного вимірювання механічних величин.

Наукова новизна отриманих результатів полягає у вирішенні актуальної науково-прикладної проблеми підвищення якості тракторів за рахунок створення системи організації і методів їх випробувань.

При цьому *вперше*:

- синтезовано інформаційно-логістичну систему метрологічного забезпечення випробувань тракторів, що дає можливість формування адаптивного простору управління якістю продукції;

- сформульовано методологію нових підходів до проведення випробувань на основі нечітких когнітивних карт, що дозволяє описувати складні багатокритеріальні інтелектуальні системи прийняття рішення;

- на основі отриманого взаємозв'язку між лінійним прискоренням і кутовою швидкістю та іншими кінематичними параметрами руху об'єкта випробувань запропоновано спосіб оцінки просторово-часової орієнтації об'єктів, що дозволяє зменшити похибку вимірювання цих кінематичних параметрів руху при випробуваннях.

Одержала подальший розвиток теорія оцінки адекватності теоретичного розрахунку і результатів натурних випробувань в напрямку використання теорії невизначеності вимірювань.

Удосконалено:

- методологію встановлення нормативних (номінальних) значень показників при розробці нових методів випробувань тракторів, яка, на відміну від відомих базується на використанні невизначеності вимірювання та застосування метрологічного допуску;

- метод визначення поперечної стійкості тракторів, який на відміну від відомих більш безпечний та володіє більшою точністю через відсутність необхідності визначення координат центру мас машини.

Особистий внесок здобувача. Всі наукові результати дисертаційної роботи отримані особисто автором [7–15]. В сумісних роботах автору належать:

– у колективній монографії [1] підготував підрозділи 5.6.5, 5.7, розділи 6, 7, 9, 10 пов'язані з розробкою концепції нових методів метрологічного забезпечення випробувань;

– у колективній монографії [2] приймав участь у підготовці підрозділу 2.3, в якому обґрунтував експрес-методи та критерії ефективності випробувань рульового керування шарнірно-складених машин, робочих гальмівних систем тракторів та елементів приводу активних робочих органів причіпних машин;

– запропонував спосіб і засоби вимірювання просторово-часової орієнтації рухомих об'єктів [3];

– обґрунтував межі показника стабільності гальмівної системи, що є її оціночним показником за стендових випробувань та обґрунтував метод гальмівних випробувань [4, 5, 6];

– здійснив аналіз існуючої галузевої системи випробувань тракторів, виділив фактори, що впливають на якість випробувань [16];

– запропонував модель метрологічного забезпечення випробувальної лабораторії [17];

– обґрунтував експрес-методи та критерії ефективності випробувань елементів приводу активних робочих органів [18];

– обґрунтував вимоги до стендів для випробувань стоянкових гальмівних систем тракторів [19], стоянкових гальмівних систем причіпних машин [20] та до стенду для вимірювання кута поперечної стійкості машин методом послідовного зважування [21];

– обґрунтував принцип роботи інформаційно-логістичної системи для випробувань тракторів з використанням нечіткої логіки [22];

– обґрунтував метод вимірювання кута поперечної стійкості машин [23];

– обґрунтував на основі системомиследяльнісної методології підхід до організації випробувань сільськогосподарських машин і тракторів [24];

– здійснив аналіз нормативного і методичного забезпечення випробувань сільськогосподарських машин і тракторів [25].

Практичне значення отриманих результатів. Отримані в роботі результати, а саме система метрологічного забезпечення випробувальної лабораторії та методи випробувань тракторів дають можливість забезпечити їх якість на етапі проектування, допуску на ринок та експлуатації й формувати відповідні сучасному технічному рівню споживчі показники та показники безпеки.

ТОВ «Завод Кобзаренка» прийняті до впровадження в практичну діяльність методика прогнозування і вимірювання кута поперечної стійкості машин методом послідовного зважування та стенд для вимірювання кута поперечної стійкості машин.

Випробувальними лабораторії Харківської, Південно-Української та Львівської філій Державної наукової установи «Український науково-дослідний інститут прогнозування і випробування техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва імені Леоніда Погорілого» прийняті до впровадження інформаційно-логістична система метрологічного забезпечення випробувальної лабораторії, методологія розробки нових методів випробувань та методи випробувань;

Державним підприємством «Український державний центр по випробуванню та прогнозуванню техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва» прийняті до впровадження ризик-орієнтований підхід до організації діяльності з оцінки відповідності органів затвердження типу, випробувальних лабораторій та виробництва і методологічні основи розробки нових методів випробувань.

Харківським національним автомобільно-дорожнім університетом використовуються в навчальному процесі система метрологічного забезпечення випробувальної лабораторії, теорія розробки методів випробувань, методи випробувань мобільних машин при викладанні

дисциплін «Якість та її забезпечення» та «Комплексна система випробувань автомобілів».

Апробація матеріалів дисертації. Основні результати дисертації доповідалися й обговорювалися на:

– International research and practice conference «Modern methods, innovations, and experience of practical application in the field of technical sciences», Radom, Republic of Poland, December 27–28 2017; [26]

– The international research and practical conference «The development of technical sciences: problems and solution», Brno, Czech Republic, April 27-28 2018; [27]

– Конгресі SAE International по гальмівних системах, 2018, Каліфорнія, USA. [4]

– Advanced Optoelectronics and Lasers CAOL*2019: 2019 IEEE 8th International Conference with XVI Scientific Workshop “Measurement Uncertainty: Scientific, Normative, Applied and Methodical Aspects” UM*2019 : Conference Proceedings. Sozopol, Bulgaria 06-08 September 2019. [28]

– II, IV Всеукраїнських науково-практичних конференціях Луцького національного технічного університету «Приладобудування та метрологія: сучасні проблеми, тенденції розвитку», 6-7 жовтня 2016 р. [29], 29-30 жовтня 2020 р. [30]

– Сьома Міжнародна науково-практична конференція «Технічне регулювання, метрологія та інформаційні технології», м. Одеса, 10-11 жовтня 2017 р. [31]

– VI Міжнародна науково-технічна конференція «Метрологія, інформаційно-вимірювальні технології і системи. MIMTS-2017», Харків, жовтень, 24-25, 2017; [32]

– Міжнародній науково-практичій конференції молодих вчених та студентів Луцького національного технічного університету «Якість та безпечність товарів», м. Луцьк, 23 березня 2018 р.; [33]

– Дев'ятій Всеукраїнській науково-практичній конференції молодих учених і студентів «Технічне регулювання, метрологія та якість: виклики сучасності», м. Одеса, 17-18 травня 2018 р.; [34]

XVI, XVII, XVIII Міжнародних наукових конференціях присвячених пам'яті академіка Л. В.Погорілого «Науково-технічні засади розробки, випробування та прогнозування сільськогосподарської техніки і технологій», смт. Дослідницьке, 2015, 2016, 2017 рр.; [35], [36], [25].

– Десятій та одинадцятій Всеукраїнських науково-практичних конференціях молодих учених і студентів «Технічне регулювання, метрологія, якість та транспортні технології», м. Одеса, 16-17 травня 2019 р. [37], 04-05 червня 2020 р. [38]

– IV, V, VI Міжнародних науково-практичних інтернет-конференціях «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту», 14-15 квітня 2016, 2017, 2018 рр.; [39], [40], [41]

– Науково-практичній конференції Національної академії Національної гвардії України «Актуальні питання матеріального забезпечення військових формувань та правоохоронних органів», м. Харків, 26 жовтня 2017 р.; [42]

– Всеукраїнській науково-практичній конференції ХНТУСГ ім. П. Василенка «Автомобільний транспорт в аграрному секторі: проектування, дизайн та технологічна експлуатація», м. Харків, 24-25 травня 2018 р.; [43].

Публікації. За матеріалами дисертаційної роботи опубліковано 25 наукових робіт. З них 2 монографії, 1 патент України на винахід, 3 публікації у закордонних періодичних виданнях, що входять до наукометричної бази даних Scopus, 19 статей у наукових фахових виданнях України, що включені до інших міжнародних наукометричних баз даних. За матеріалами досліджень опубліковано 18 тезу у збірниках доповідей міжнародних наукових конференцій (зокрема 3 конференції, що проходили за кордоном). Отримано 8 патентів України на корисні моделі, 1 авторське свідоцтво. Затверджено і введено в дію 1 стандарт організації України та методику випробувань.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата наук:
«Удосконалення методів та метрологічного забезпечення проведення динамічних випробувань автомобілів», дата захисту – 26.06.2013 р.
Матеріали та висновки у тексті докторської дисертації використані в оглядовій частині.

Структура й об'єм дисертації. Дисертаційна робота складається з анотацій, вступу, восьми розділів, висновків, списку використаних джерел та п'яти додатків. Загальний обсяг дисертації становить 375 аркушів друкованого тексту. Обсяг основного тексту дисертаційної роботи становить 262 аркушів, у тому числі 76 рисунків і 34 таблиці, список використаних джерел з 310 найменувань на 38 аркушах.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ТА ВЛАСТИВОСТЕЙ ПРОДУКЦІЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО МАШИНОБУДУВАННЯ І МЕТОДІВ ЇХ ОЦІНЮВАННЯ

1.1 Аналіз нормативних документів у сфері регулювання допуску на ринок і підтвердження відповідності тракторів, причепів та сільськогосподарських машин

В умовах Європейської інтеграції (що задекларовано Україною Угодою про асоціацію між Україною і Європейським Союзом в 2014 р. [55]) випробування стали невід'ємною частиною регулювання технічної політики та модернізації агропромислового комплексу. Основними напрямками наукових досліджень стали розвиток нормативної, методологічної і технічної бази випробувань.

Крім цього, підписання Україною Угоди [55] році стало переломним моментом у реформуванні системи технічного регулювання в Україні і переходу на нові форми підтвердження відповідності продукції. Ключовими моментами були відміна обов'язкової сертифікації продукції, прийняття Закону України «Про стандартизацію» [56], Закону України «Про метрологію та метрологічну діяльність» [57], Закону України «Про технічні регламенти та оцінку відповідності» [58] та скасування протягом декількох років міждержавних стандартів розроблених до 1992 року. Суттєвих змін набула процедура допуску продукції на ринок (Закон України «Про ринковий нагляд» [59]). Суттєвими нововведеннями стали введення нового поняття «вимірювання», яке базується на концепції невизначеності, відмова від поняття «атестація» методик вимірювання і випробувального устаткування, введення обов'язкового калібрування засобів вимірювальної техніки [59]. Крім цього, вкладено нове розуміння в терміни «повідка» і «калібрування».

Детальний аналіз цих нововведень з точки зору нормативних документів і метрологічного забезпечення проведено в [60].

Поява технічного регулювання, як механізму подолання торгівельних бар'єрів між різними країнами світу, викликана процесами поширення вільної торгівлі, які зумовили потребу в узгодженні та уніфікації процедур і вимог, що застосовуються до товарів та послуг. Вимоги до безпечності продукції традиційно співвідносилися з ознаками якості та корисності. Однак з початком 21-го століття на перше місце виходять параметри сумісності продукції (за умов міжнародного розподілу ланцюгів виробництва та постачання). Первинним доказом безпечності та сумісності продукції слугує її маркування, що виконується за вимогами технічного регулювання різного секторального типу, з дотриманням певної ієрархії світових вимог. [61].

Технічне регулювання – це правове регулювання відносин у сфері визначення та виконання обов'язкових вимог до характеристик продукції або пов'язаних з ними процесів та методів виробництва, а також перевірки їх дотримання шляхом оцінки відповідності та/або ринкового нагляду і контролю нехарчової продукції чи інших видів державного нагляду (контролю) [58]. Призначення технічного регулювання – максимальна міжнародна уніфікація процедур підтвердження якості, безпечності і сумісності продукції, за максимального охоплення всіх галузей і різноманітних чинників біо (техногенних) загроз, в процесі виробництва, надання послуг чи утилізації, відходів, викидів. [58].

Технічне регулювання направлене на оцінювання та підтвердження відповідності продукції шляхом випробувань вимогам технічних регламентів в яких визначено характеристики продукції або пов'язані з ними процеси та методи виробництва, включаючи відповідні процедурні положення, дотримання яких є обов'язковим [61].

Технічний регламент – це нормативно-правовий акт, в якому визначено характеристики продукції або пов'язані з ними процеси та методи виробництва, включаючи відповідні процедурні положення, додержання

яких є обов'язковим [58]. Технічні регламенти встановлюють мінімальні вимоги, що гарантують безпеку.

Реформування системи технічного регулювання передбачає:

- приведення системи технічного регулювання до міжнародних та європейських норм і правил;
- усунення технічних бар'єрів у торгівлі;
- дерегуляція ведення бізнесу;
- сприяння підвищенню конкурентоспроможності продукції вітчизняного виробництва;
- забезпечення добросовісної конкуренції;
- захист прав споживачів щодо безпеки продукції.

Основою реалізації нових технічних моделей стає технічна модернізація АПК на базі впровадження новітніх технологій, технологічних матеріалів (з вимогами забезпечення сталого виробництва і безпеки), організація ефективного інженерно-технічного забезпечення АПК на основі Європейських норм та підтверджених фундаментальними та прикладними науковими дослідженнями [62].

Основні завдання на цьому шляху наступні [62]:

- забезпечення на науковому рівні впровадження новітніх технологій і технологічних матеріалів на основі Європейських норм;
- диверсифікація випробувань в умовах євроінтеграції: повна гармонізація до Європейських вимог, процедур та норм, що регулюють допуск на ринок та введення в експлуатацію сільськогосподарської техніки і використання поновлювальних джерел енергії.

Певні досягнення з цього напрямку викладені в роботах наукового колективу Державної наукової установи «Український науково-дослідний інститут прогнозування і випробування техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва імені Леоніда Погорілого» (УкрНДІПВТ ім. Леоніда Погорілого), зокрема [63]–[75].

В УкрНДІПВТ ім. Леоніда Погорілого було проведено ряд досліджень і робіт з створення в Україні механізму реалізації [58]. Було розроблено:

- Технічний регламент затвердження типу сільськогосподарських та лісогосподарських тракторів, їх причепів і змінних причіпних машин, систем, складових частин та окремих технічних вузлів [76].

- Технічний регламент щодо складових частин і характеристик колісних сільськогосподарських та лісогосподарських тракторів [77].

Технічний регламент [76] є процедурним (розроблений на основі Директиви 2003/37/ЕС) і встановлює процедури затвердження типу, правила використання її результатів, номенклатуру складових частин, вузлів та характеристик транспортних засобів, які є об'єктом регулювання, та положення щодо встановлення вимог до зазначених об'єктів. Поширюється цей технічний регламент на трактори, причепа і причіпні машини. Порівняльний аналіз щодо відповідності Технічного регламенту [76] і Директиви 2003/37/ЕС наведено в [78].

Технічний регламент [77] встановлює вимоги до окремих частин і характеристик колісних сільськогосподарських і лісогосподарських тракторів та методи визначення зазначених показників. Поширюється цей технічний регламент на баластний вантаж, форму, розміри та розташування номерного знаку, бак для палива, пристрій звукової сигналізації, рівень зовнішнього шуму, масу трактора та розподіл її за осями

Для реалізації положень і вимог [76] та [77] проводились окремі наукові дослідження. В результаті було складено перелік стандартів [79], застосування яких є доказом відповідності сільськогосподарських та лісогосподарських тракторів, причепів і змінних причіпних машин вимогам (рис. 1.1) [80].

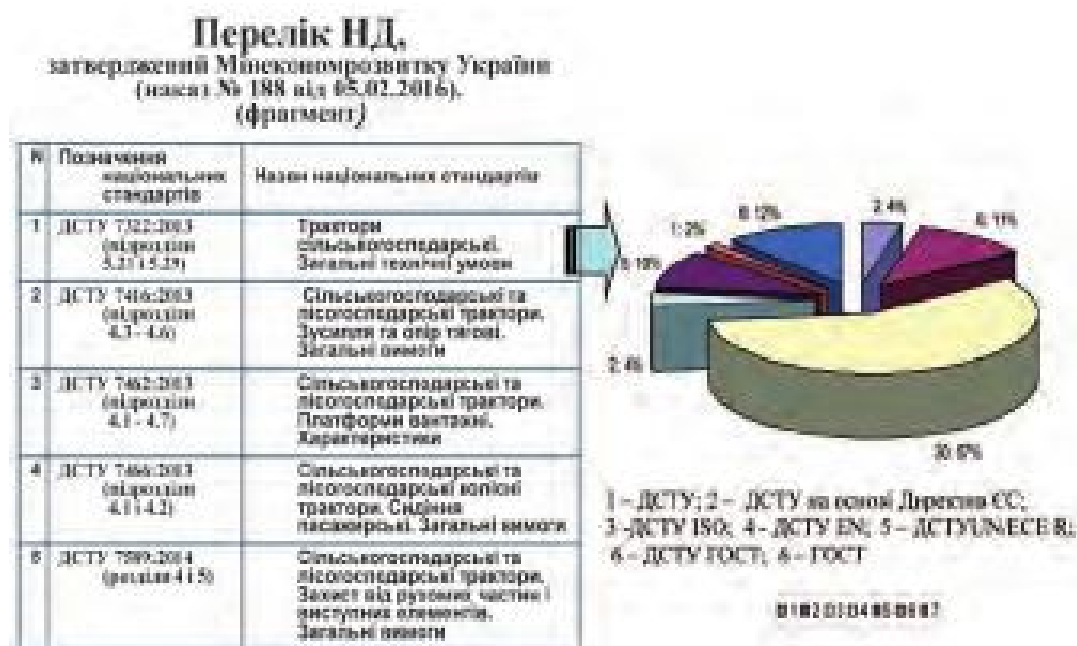


Рисунок 1.1 – Перелік НД та розподіл включених до нього стандартів за видами [80]

Цей перелік нормативних документів складається із 52 стандартів, 82 % із яких – це стандарти гармонізовані з міжнародними та європейськими нормами [81]. Крім цього, вимоги визначені Технічним регламентом, що не охоплені стандартами регулюються чинними нормативно-правовими актами за профілем, та визначено перелік Правил ЄЕК ООН, що необхідно використовувати для оцінювання та підтвердження відповідності сільськогосподарських та лісогосподарських транспортних засобів [82] (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Перелік складових частин, підтвердження відповідності яких може здійснюватись окремо від транспортного засобу [82]

№ п/п	Складова частина	Нормативний документ чи нормативно-правовий документ, що встановлює вимоги
1	Пристрій звукової сигналізації	Правила ЄЕК ООН № 28-00
2	Дзеркала заднього огляду	Правила ЄЕК ООН № 46-02
3	Захисний пристрій (кабіна) для водія	ДСТУ ISO 3463:2005 (динамічні випробування); ДСТУ ISO 5700:2004 (статичні випробування)

Продовження табл. 1.1

4	Сидіння для водія	ДСТУ ISO 4253:2008; ГОСТ 20062-96; ДСТУ ISO 26322-1:2013; ДСТУ ISO 26322-2:2013; ДСТУ ISO 5007:2012; ДСТУ ISO 4254-1:2012
5	Пристрої освітлення та звукової сигналізації	
5.1	Фари ближнього світла	Правила ЄЕК ООН № 8-05
5.2	Задні (бокові) габаритні вогні	Правила ЄЕК ООН № 7-02
5.3	Передні габаритні вогні	Правила ЄЕК ООН № 7-02
5.4	Показчики поворотів	Правила ЄЕК ООН № 6-01
5.5	Світловідбивачі	Правила ЄЕК ООН № 3-00
5.6	Ліхтарі освітлення номерного знаку	Правила ЄЕК ООН № 4-00
5.7	Стоп-сигнали	Правила ЄЕК ООН № 7-02
5.8	Фари дальнього світла	Правила ЄЕК ООН № 1, 2-01
5.9	Передні протитуманні фари	Правила ЄЕК ООН № 19-02
5.10	Задні протитуманні фари	Правила ЄЕК ООН № 38-00
5.11	Фари заднього ходу	Правила ЄЕК ООН № 23-00
5.12	Стоянкові вогні	Правила ЄЕК ООН № 7-02
5.13	Габаритні (контурні) вогні	Правила ЄЕК ООН № 7-02
6	Скло кабіни	Правила ЄЕК ООН № 43-00
7	Механічний зчіпний пристрій	ДСТУ 7818:2015; ДСТУ ISO 5692:2007 (3 частини); ДСТУ ISO 6489:2006 (5 частин); ДСТУ ISO 20019:2006; ДСТУ ISO 21224:2013
8	Двигун (обсяг викидів забруднювальних речовин)	Правила ЄЕК ООН № 96-00; Правила ЄЕК ООН № 49-02; Правила ЄЕК ООН № 24-03
9	Шини	Правила ЄЕК ООН № 106-00; ДСТУ 4140-2002/ГОСТ 7463-2003
10	Ремені безпеки	ДСТУ ISO 3776-3:2013; ГОСТ 26879-88
11	Пристрій для обмеження швидкості	Правила ЄЕК ООН № 89-00
12	Спідометр	Правила ЄЕК ООН № 39-00

Також в роботі [80] наведено позначення стандартів та нормативно-правових актів для визначення вимог щодо інших частин і характеристик (рис. 1.2).

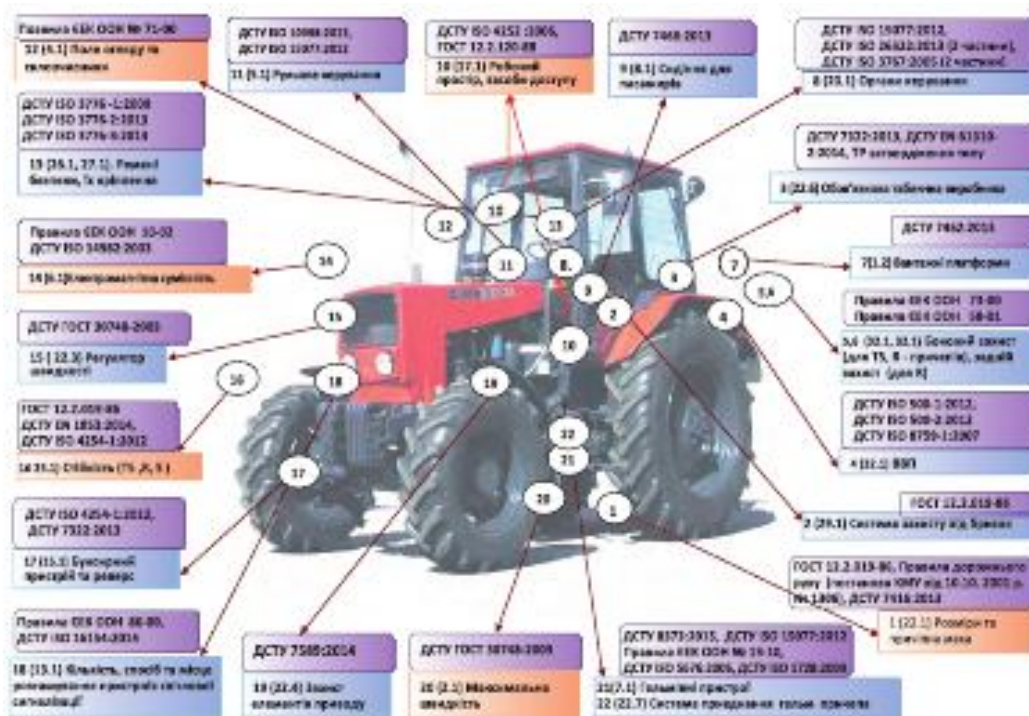


Рисунок 1.2 – Номенклатура складових частин і характеристик та позначення національних стандартів, що установлюють вимоги до них [80]

Аналіз законодавства Європейського Союзу щодо підходів у забезпеченні безпеки сільськогосподарських і лісгосподарських транспортних засобів показує, що воно базується на основі «Старого підходу». Проте спостерігається тенденція до стійкого розвитку «Нового і Глобального підходів». Основна мета Європейського законодавства – забезпечення достатнього рівня безпеки та захисту довкілля [83]–[89].

В 2016 році у Європейському Союзі (на заміну Directive 2003/37/EU та 23 окремих директив) було запроваджено Regulation (EU) №167/2013 [83] щодо атвердження типу та нагляду за ринком сільськогосподарських та лісгосподарських транспортних засобів та п'ять делегованих Регламентів Комісії ЄС, що за. Цей документ є основним процедурним документом щодо введення в обіг сільськогосподарських та лісгосподарських транспортних засобів у країнах ЄС. У ньому чітко розмежовується сфера дії Directive 2006/42/EU [86] та Regulation (EU) №167/2013 [83]. А саме, він вносить зміни до [84] щодо сфери дії і він тепер не поширюється на сільськогосподарські та

лісогосподарські трактори, за винятком машин, змонтованих на таких транспортних засобах.

Процедура затвердження типу, що описана в [83] розглядає, в тому числі, і змішане затвердження типу, що не є принциповою відмінністю від процедури описаної в [76].

Слід сказати, що [85] встановлює лише фундаментальні положення про загальні вимоги і вимоги до конструкції, функційної безпеки, охорони праці та довкілля. Конкретні вимоги та методи їх визначення викладено в делегованих актах (Commission Delegatet Regulation (EU) 1322/2014 [85], Commission Delegatet Regulation (EU) 2015/208 [90], Commission Delegatet Regulation (EU) 2015/96 [87], Commission Delegatet Regulation (EU) 2015/68 [90]), які є невідомою його частиною.

Адміністративні вимоги наведено в Commission Delegatet Regulation (EU) 2015/504 [89]. В цьому документі встановлено вимоги до форм інформаційних документів та сертифікатів, протоколів випробувань, тощо.

У [89] вимоги розділено на адміністративні та технічні.

Технічні вимоги до об'єктів регулювання, показники яких потребують оцінки відповідності розділено на чотири окремі групи і викладено в [85]–[88]:

- загальні вимоги та вимоги до конструкції [83];
- вимоги функційної безпеки [86];
- вимоги до гальмівних систем [87];
- вимоги до охорони довкілля та експлуатаційні характеристики двигунів [88].

Крім цього у [83] встановлено додаткові вимоги до:

- цілісності структури транспортного засобу;
- рульового керування швидкісних тракторів;
- систем інформування водія;
- джерел світла пристроїв освітлення і світлової сигналізації;

- захисту водія та пасажирів транспортного засобу, в тому числі внутрішнього спорядження, підголовників, ременів безпеки, дверей;
- зовнішнього виду і аксесуарів транспортного засобу;
- систем опалення;
- пристроїв для запобігання несанкціонованому використанню;
- електробезпеки, у тому числі статичної електрики;
- гусениць трактора;
- ROPS гусеничного трактора, конструкції захисту на випадок перекидання;
- конструкції захисту водія від об'єктів, що падають – FOPS;
- конструкції захисту водія трактора від проникнення об'єктів – OPS;
- витяжної системи для захисту водія від небезпечних речовин;
- настанови щодо експлуатування;
- захисту від інших механічних небезпек, у тому числі захисту від шорстких поверхонь, гострих країв та кутів, від пошкодження (розриву) гідропроводів під тиском, некерованого руху транспортного засобу;
- інформації, попереджень та маркувань, що пов'язані з захистом водія від небезпечних речовин;
- експлуатування та технічного обслуговування, у тому числі безпечного очищення транспортного засобу;
- матеріалів та виробів;
- елементів зовнішнього живлення (акумуляторів);
- вентиляції кабіни і системи фільтрації повітря для захисту водія від небезпечних речовин;
- швидкості горіння матеріалу кабіни.

Запровадження в Україні [83] сприяє більш повній гармонізації з міжнародними вимогами і правилами, розширює застосування Правил ЄЕК ООН, збільшує кількість застосовних кодів Організацій економічної співпраці і розвитку (ОЕСР), визнання протоколів випробувань за кодами ОЕСР, розширює застосування міжнародних стандартів.

1.2 Тенденції розвитку систем випробувань тракторів та сільськогосподарських машин

При виробництві сільськогосподарської техніки, як і інших видів виробів, важливе місце займають процеси випробувань і контролю, метою яких є забезпечення високої надійності і здатність виконувати в повному обсязі задані функції. Проведення випробувань – це складний процес, основними складовими якого є методи і засоби, в результаті якого експериментально визначаються кількісні і/або якісні характеристики (властивості) об'єкту як наслідок дії на нього зовнішнього впливаючого фактору [90]. Випробування і контроль проводяться на всіх етапах виготовлення техніки, починаючи з контролю вихідних матеріалів, поставок і закінчуючи виробництвом [91]. Випробування машин – експериментальне визначення конструктивних і експлуатаційних властивостей машин для виявлення їх відповідності технічним вимогам або для досвідченого вивчення реальні процесів, що відбуваються в машинах без зміни параметрів і виробничих умов, для яких вони створені. Випробування значно розрізняються за способом проведення, призначенням, характером і навіть термінологією в різних галузях машинобудування. [90], [92]–[93].

Світовий досвід показує, що проблеми оптимального проектування машин і обладнання можуть вирішуватися більш якісно у випадку, якщо теоретичні твердження підтверджуються або коригуються експериментальними дослідженнями і натурними випробуваннями машин, а результати випробувань аналізуються і узагальнюються [65].

Методичні і теоретичні принципи випробувань починають розвиватись з 1950 р. Базуються вони на основі теорії ймовірності, математичної статистики та інших наук.

У роботі [94] здійснено аналіз розвитку системи випробувань. Там підкреслено, що загальні принципи випробувань сільськогосподарських

машин були сформульовані академіком В. П. Горячкіним і в подальшому отримали розвиток в працях М. Н. Летошнева, А. Н. Карпенко, А. Б. Лур'є, Л. В. Погорілого, С. В. Кардашевського, І. Є. Янковського та інших провідних вчених. Вони полягають у відпрацюванні видів і впорядкування системи основних показників і критеріїв оцінки машин в різних зональних умовах, розробці методів оптимізації режимів їх роботи, плануванні експерименту, застосуванні відповідної вимірювальної апаратури, тощо.

Випробування є продовженням науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт зі створення нових машин, сприяють підготовці їх до серійного виробництва. Особливістю випробувань сільськогосподарської техніки, в широкому розумінні, є те, що її ефективність залежить від місцевих умов використання, кваліфікації механізаторів і кліматичних факторів, що постійно змінюються [69]. Усе це вносить значну частку невизначеності під час аналізування результатів випробувань.

Також у роботах [94], [95] з посиланням на [96]–[100] здійснено аналіз диверсифікації системи машиновипробувань за своїм призначенням, який умовно можна поділити на п'ять основних періодів.

Період організації та становлення машиновипробувань в Україні відбувався у 1948–1958 рр. Основним завданням машиновипробувань у цей період було підвищення якості нових сільськогосподарських машин і техніки, зменшення строків їх розроблення проведенням державних випробувань в спеціалізованих зональних машиновипробувальних станціях професіональними випробувачами, а не тимчасовими міжгалузевими комісіями.

Період інтенсивного розвитку наукових основ випробувань (1959–1976 рр.). Головним у цей період було підвищення достовірності випробувань сільськогосподарських машин розробленням більш сучасних і вірогідних методів постановки експериментів, аналізу їхніх результатів, обґрунтованості висновків. Було впроваджено у практику випробувань

статистичну обробку отриманих результатів, упорядковано галузеву стандартизацію методів і програм випробувань нової техніки і інші роботи.

Період поглиблених науково-випробувальних досліджень комплексної механізації рослинництва, тваринництва і кормовиробництва (1976–1990 рр.). Основними завданнями в цей період було розроблення наукових основ, методів і технічних засобів випробування нової сільськогосподарської техніки для тваринництва і кормовиробництва, удосконалення на цій основі технологій виробництва в рослинництві й тваринництві та наукова координація діяльності 17-ти машиновипробувальних станцій.

Період реформування вітчизняної системи машиновипробувань та розвитку технічного регулювання (1991–2007 рр.). Пріоритетними напрямками наукових досліджень були розроблення нормативно-методичної бази, удосконалення систем управління якістю сільськогосподарської техніки і технічних послуг, тощо.

Період подальшого розвитку та диверсифікації вітчизняної системи машиновипробувань в контексті євроінтеграції (з 2008 до теперішнього часу). Основні завдання сьогодення:

- забезпечення на науковому рівні впровадження новітніх технологій, технологічних матеріалів (з вимогами забезпечення сталого виробництва, безпеки продукції, безпеки праці, енергетичної та економічної безпеки), організація ефективного інженерно-технічного забезпечення АПК і його складових на основі Європейських норм технічного регулювання;

- диверсифікація випробувань в умовах євроінтеграції.

Сьогодні машиновипробування визнаються як основна складова розвитку машинознавства, машинобудування [94], [95], [101]–[110], машиновикористання та формування ринку техніки, об'єднаних законодавчою та нормативно-технічною базою (технічне регулювання), формують технічну політику АПК, що має сприяти виконанню продовольчої політики шляхом впровадження новітніх агротехнологій та технічних засобів

і забезпечити стале виробництво, безпеку продукції і праці, а також енергетичну та екологічну безпеку.

Крім цього, у роботі [111] з посиланням на роботи [112]–[117] акцентовано увагу на розвитку інженерного менеджменту у механізації рослинництва, ообґрунтовано диференціальні рівняння, які характеризують зміни станів сільськогосподарських машин в сукупності системотехніки рослинництва, аналогічні яким у теорії марківських процесів називаються рівняннями розмноження та загибелі.

У більш профільному розумінні особливістю випробувань сільськогосподарської техніки є фізична різнохарактерність отримуваної інформації, значний діапазон зміни параметрів [118]. Крім цього в [119] показано, що кожен окремий зразок мобільної машини, навіть однотипних, які були виготовлені на заводі і пройшли період обкатки, мають індивідуальні особливості і потребують індивідуального підходу при оцінюванні їх технічного стану. Тобто, фактично відсутній стандартний зразок, що в свою чергу створює труднощі при оцінюванні професійного рівня випробувальної лабораторії (ВЛ), що проводить випробування.

В умовах модернізації сільськогосподарського виробництва в Україні надзвичайно важливим стає наукове супроводження інтенсифікації розроблення та підготовки до серійного виробництва нових машин і обладнання на усіх етапах їх створення, в тому числі і на етапі їх експериментальних досліджень [94], [120]

Аналізуючи сучасний стан розвитку сільськогосподарської техніки спостерігається тенденція до збільшення потужності тракторів, їх енергонасиченості [121]. При цьому, особливу увагу слід приділяти забезпеченню відповідних умов праці оператора (людини, що працює з машиною) [122]. Тому питанням оцінювання відповідності (випробувань) машин з точки зору їх ергономічності і безпечності приділяється особлива увага. А ускладнення конструкцій машин, підвищення їх наукового рівня

сприяє необхідності розробки нових наукоємких методів випробувань [123]–[126].

Реагуючи на зміни структури ринку сільськогосподарських машин змінилась і структура видів випробувань на замовлення виробників та постачальників сільськогосподарських машин (табл. 1.1) [127].

Таблиця 1.1 – Динаміка зміни структури та кількості випробувань у 2011–2016 р.р. [127 с. 82]

Види випробувань	Кількість випробувань 2011–2013	Середня річна кількість	Кількість випробувань 2011–2013	Середня річна кількість
На замовлення виробників техніки (поставлення нової техніки на виробництво та контроль якості)				
Приймальні, періодичні, контрольні, кваліфікаційні, типові, попередні, тощо	477	159	284	95
Нові види випробувань на замовлення виробників та споживачів техніки				
Випробування з метою достовірного висвітлення споживчих характеристик с.-г. техніки (визначальні, функційні, фокус-тести, нормальні на безпечність продукції)	23 (2012–2013 рр.)	12	84 (2015–2016 рр.)	42
Всього:	500	171	367	137

Розроблення нестандартизованих методів випробувань сільськогосподарських машин і обладнання дозволяє суттєво знизити трудомісткість та фінансові витрати на оцінювання якості агрегатів і вузлів сільськогосподарської техніки [128].

У роботі [128] зроблено акцент на тому, що реформування агропромислового комплексу призвело до зміни відносин власності на основні засоби виробництва, в тому числі на землю, машини і обладнання, що вимагає уточнення пріоритетів розвитку систем інженерно-технічного

забезпечення, удосконалення її структури, а також взаємовідносин між виробниками технічних засобів, постачальниками, сервісними підприємствами та споживачами. За таких умов випробування сільськогосподарської техніки, як процес визначення її характеристик, в тому числі і споживчих якостей, експериментальними методами збору та накопичення об'єктивних даних за встановленими процедурами, набуває особливої уваги. Випробування повинні бути націлені на виконання науково-прогнозних та пізнавальних завдань.

Передумовою для розробки нових (нестандартизованих) методів випробувань є дослідження зміни технічного рівня машин. Такі дослідження викладені в [128]. Там зазначено, що розглядаючи динаміку процесів в агровиробництві за відносно короткі часові проміжки, зміни можна розглядати як статично стійкі процеси. І, саме, ця умова статичної стійкості дозволяє використовувати теорію Марковських процесів для прогнозування можливих змін. На основі цих досліджень запропоновано методологія оцінки відповідності світовому рівню та прогнозування тенденцій розвитку техніки [129].

Наукоємкі випробування розробляються з метою достовірного висвітлення споживчих характеристик та сприяння реалізації сільськогосподарської техніки на ринку України. Замовником таких випробувань виступають як виробники, так і постачальники сільськогосподарських машин та обладнання.

Традиційні та наукоємкі методи випробувань є основою для створення нових конструкцій машин, технологічних ліній та комплексів у рослинництві й тваринництві, визначення рівня їх якості та сприяння реалізації сільськогосподарської техніки на ринку [60].

Узагальнюючи вищесказане, з посиланням на [127], можна сформулювати перспективні напрямки наукових досліджень у галузі машиновипробувань (рис. 1.3):

– фундаментальні дослідження в галузі машиновипробувань;

- науково-методологічне забезпечення випробувань;
- диверсифікація випробувань.



Рисунок 1.3 – Технічна політика модернізації АПК
в умовах євроінтеграції [127]

1.3 Система управління випробуваннями тракторів та сільськогосподарських машин

Система управління випробувальної лабораторії є складною системою, що включає в себе комплексне вимірювання сукупностей різних явищ, оперативне аналізування інформації, вироблення і отримання керуючих сигналів, що забезпечують розробку і впровадження відповідних коригувань і коригувальних дій. Вирішення указаних задач можливе лише при застосуванні системного підходу з використанням адаптивного управління,

що дасть можливість вирішувати задачі з урахуванням конкретних умов. Адаптація у такій постановці являє собою вибір оптимального варіанту в умовах недостатньої апіорної інформації, а адаптивний алгоритм розглядається як алгоритм, що дозволяє уточнювати прийняте рішення у міру надходження нової інформації [130].

Класичний підхід до управління системами базується на тому припущенні, що можна отримати складну, але точну аналітично задану форму функціональної залежності вхідних і вихідних сигналів з послідуочим уточненням значень коефіцієнтів [131]. Проте сферою застосування таких методів управління є відносно прості об'єкти управління.

Активно розвивається некласичний підхід до управління [132], [133]. Його суть заключається в тому, що при недостатній кількості відомих параметрів, управління здійснюється по стану системи, який повністю відображає її подальшу поведінку.

Система управління випробувальної лабораторії (метрологічне забезпечення випробувань) є складною системою з багатьма входами і виходами. Metroлогічне забезпечення випробувальної лабораторії є одним із важливих елементів її системи управління [134], [135] і відіграє роль інформаційно-аналітичної основи про фактичний стан об'єктів випробувань. Воно відрізняється значним об'ємом вимог в рамках систем управління [134], що включають не тільки безпосередні вимірювання, а і діяльність з оцінювання точності і якості вимірювань, простежуваності вимірювань, оцінювання придатності методик випробувань, оцінювання випробувального устаткування після його монтажу і в процесі експлуатації, тощо

В законодавстві України, зокрема в [58], відсутнє поняття «метрологічного забезпечення випробувань». Проте, в роботі [135] з посиланням на [136] дано наступне визначення поняття «метрологічне забезпечення випробувань» – встановлення та застосування наукових і організаційних основ, технічних засобів, метрологічних норм і правил, що необхідні для отримання достовірної інформації про вимірювання значень

показників якості і безпеки продукції та послуг, а також про значення характеристик режимів функціонування об'єкту та/або впливаючих факторів при випробуваннях.

Основною метою метрологічного забезпечення випробувань є отримання достовірної інформації про вимірювання значень показників якості і безпеки продукції.

Відповідно з [135] основними задачами метрологічного забезпечення випробувань є розробка методик і програм випробувань, калібрування засобів вимірювальної техніки, підготовка персоналу до виконання вимірювань, технічне обслуговування засобів вимірювальної техніки і випробувального устаткування, тощо.

Аналізуючи [135] і [136] можна зробити висновок, що метрологічне забезпечення відіграє найголовнішу роль у забезпеченні якості випробувань і містить в собі організаційну і технічну складову цього процесу, в тому числі і забезпечення достовірності отриманих при випробуваннях результатів, організація порівняльних випробувань, тощо.

Слід сказати, що не усі методи випробувань сільськогосподарських машин і тракторів сприяють ефективній реалізації вимог нормативних документів, у тому числі і міжнародних, щодо міжлабораторних порівняльних випробувань [137]. Тому такі лабораторії у своїй діяльності обмежуються визначенням лише проміжних показників прецизійності [138]. Проте показники відтворюваності є надійними показниками, що характеризують сумісність лабораторій, що займаються випробуваннями одного виду продукції (у тому числі й у різних країнах), або характеристикою досконалості або недосконалості тієї або іншої методики випробувань в умовах, коли випробування виконують різні лабораторії, тобто формалізує становище випробувального процесу у певній галузі [138].

Технічний стан об'єктів випробувань залежить від багатьох факторів. В найбільшій мірі це недосконалість, безпосередньо, конструкції вузлів і агрегатів, недостатній рівень технічного обслуговування і ремонту в процесі

його життєвого циклу, невиконання вимог по забезпеченню необхідної точності і достовірності вимірювань при технічному обслуговуванні, діагностиці і випробуваннях [139], [140].

Саме останній фактор є найбільш вагомим. Це обумовлено тим, що недотримання вимог до точності і єдності вимірювань може впливати на технічний стан об'єкту протягом усього його життєвого циклу, від розробки конструкції до закінчення терміну експлуатації. Недостатня точність вимірювання може неправильно охарактеризувати технічний стан вузлів і агрегатів, а в процесі експлуатації недостовірні результати діагностики і випробувань можуть призвести до значних економічних втрат і людських жертв.

В Україні забезпечення якості випробувань для деяких галузей економічного сектору регламентовано на законодавчому рівні. Так, наприклад, в галузі автомобільного транспорту вимоги до метрологічних характеристик засобів вимірювальної техніки (ЗВТ) і випробувального устаткування (ВУ), що використовується при технічному контролі, діагностиці і випробуваннях дорожніх транспортних засобів регламентовані Наказом Міністерства інфраструктури від 15.02.2012 № 106 [141] і відповідними стандартами на методи випробувань.

Особливістю вимірювань при випробуваннях автомобілів і інших транспортних засобів, у тому числі тракторів та сільськогосподарських машин є фізична різнохарактерність отримуваної інформації, значний діапазон зміни параметрів [142], [143]. Крім цього в [119], як уже зазначалось вище, показано, що кожен окремий зразок автомобілів, навіть однотипних, які були виготовлені на заводі і пройшли період обкатки, мають індивідуальні особливості і потребують індивідуального підходу при оцінюванні їх технічного стану. Тобто, фактично відсутній стандартний зразок, що в свою чергу створює труднощі при оцінюванні професійного рівня лабораторії з випробувань автомобілів. Указана проблема стосується і лабораторій з випробувань продукції сільськогосподарського

машинобудування. Особливо цей ефект проявляється для таких транспортних об'єктів випробувань, що були у користуванні. Найбільше проявляється фактор різнорідності отримуваної інформації. А для випробувальних лабораторій постає проблема оцінювання якості випробувань через їх малі об'єми; фактично відсутність стандартного зразка; використання лише показників проміжної прецизійності [144]. Тому забезпечення якості випробувань в кожній випробувальній лабораторії має індивідуальний характер, наприклад [145], і залежить від конкретних умов роботи лабораторії.

Слід сказати, що вторинний ринок техніки займає досить значний сегмент. У дослідженнях проведених в [146]–[148] говориться про наступне.

В умовах дефіциту техніки, її інтенсивного старіння і зниження надійності істотного значення набуває розвиток і ефективне функціонування вторинного ринку машин і обладнання для агропромислового комплексу. Одним із основних елементів у системі підвищення якості сільськогосподарської техніки на вторинному ринку є організація передпродажного входного контролю цієї продукції.

Ринок тракторів України зосередив у собі різноманітність пропонованих моделей і видів як за основними технічними характеристиками, так і за географією країн-виробників [147]. Найбільшим попитом у теперішній час користуються трактори потужністю від 80 до 135 к.с. «Беларус», що виготовляються офіційними дилерами в Україні ТОВ «ТД МТЗ-Білорусь-Україна», ТОВ «Техноторг-Дон», ТОВ «Укравтозапчастина». У сегменті потужності тракторів від 200 до 300 к.с. домінують торгівельні марки «Deutz Fahr» (27 %), «Case IH» (20 %), «John Deere» (16 %), «Claas» (13 %); потужності більше 300 к.с. лідерами ринку є «John Deere» (43 %), «Case IH» (22 %), «New Holland» (16 %).

Структура закуплених у 2017 р. тракторів відображає той факт, що вітчизняні трактори не є присутніми ні в одному сегменті ринку тракторів.

Висока вартість імпортованих тракторів визначила напрям оснащення аграрного сектору України вживаною технікою (ринок вторинної техніки), тобто технікою що була в експлуатації, але така, що не повністю втратила споживчі якості [149]. В Україні у 2017 р. куплено 723 трактори на вторинному ринку. У економічно розвинених країнах Західної Європи та Америки торгівля вживаною технікою є загально прийнятою практикою. Понад 50 % механізованих польових робіт фермерські господарства США, Німеччини, Великобританії, Франції та інших країн виконують тракторами, що були придбані на вторинному ринку сільськогосподарської техніки. Для України виникла необхідність у створенні та розвитку вторинного ринку тракторів, які можуть бути затребувані у фермерських господарствах та в економічно слабких сільськогосподарських підприємствах. Формування вторинного ринку тракторів визначається, перш за все, об'ємами реалізації агрохолдингами морально застарілих тракторів, орієнтуючись на потужні трактори, в основному імпортованого виробництва; реалізації так званого вилученого за борговими зобов'язаннями майна при зниженні ефективності господарської діяльності і банкрутства великої кількості підприємств у аграрному секторі, які одержали кредити під заставу основних засобів, до яких відносяться сільськогосподарська і автомобільна техніка. Значні об'єми тракторів на вторинний ринок можуть бути поставлені внаслідок удосконалення або повної зміни вторинної спеціалізації багатьох промислових підприємств, які супроводжуються виведенням з господарського обігу і необхідністю наступної реалізації значної кількості автотракторної і спеціальної техніки [148].

Виконання вимог [76] щодо тракторів вторинного ринку є обов'язковим для застосування як виробниками вітчизняної техніки, так і постачальниками техніки іноземного виробництва. Для тракторів обов'язковим є проведення вхідного контролю якості продукції, що запобігає потраплянню на ринок продукції такої, що не відповідає вимогам конструкторської і нормативно-технічної документації. Указаний фактор говорить на користь удосконалення

існуючих і створення нових методів і засобів випробувань, що відповідають відповідному рівню розвитку науки і техніки.

Указану проблему, забезпечення професійного рівня випробувань, можна вирішити використовуючи методи запропоновані в [149], що базуються на проведенні міжлабораторних випробувань на базі перехресних схем, які дозволяють проводити оцінювання професійного рівня випробувальної лабораторії за відсутності базової лабораторії та єдиного стандартного зразка. Представлені методи дозволяють роздільно оцінювати правильність роботи випробувальної лабораторії та однорідність набору контрольних зразків.

Проте методи і методики запропоновані в [149] застосовні при використуванні стандартних методів і методик. Сучасний же розвиток науки і техніки при випробуваннях транспортних засобів, тракторів і сільськогосподарських машин потребує застосування нових методів випробувань і вимірювально-реєстраційних комплексів, наприклад [150]. Особливо це стосується динамічних (ходових) випробувань, результати яких найбільш залежать від випадкових похибок.

Описані фактори є зовнішніми у відношенні до системи метрологічного забезпечення випробувань. І на вирішення сформульованих проблем повинні бути націлені внутрішні фактори.

Основними факторами, що впливають на результати випробувань у випробувальній лабораторії є [135], [144], [151]–[155]:

- оператор (суб'єкт випробувань, особа або декілька осіб, що проводять випробування);
- випробувальне устаткування, засоби вимірювальної техніки (точність, характеристики калібрування);
- умови навколишнього середовища (температура, вологість, атмосферний тиск, забрудненість повітря, наявність вітру, тощо);
- інтервал часу між окремими вимірюваннями.

Усі перелічені фактори є індивідуальними для кожної лабораторії і оцінюються за показником лабораторного зміщення [135], [144], [151]–[155].

Крім лабораторного зміщення на результат випробувань у будь-якій випробувальній лабораторії буде впливати випадкова похибка [144], [151]–[155]:

$$y = x + B + e, \quad (1.1)$$

де x – істинне значення величини, що вимірюється;

B – лабораторне зміщення;

e – випадкова похибка вимірювання.

В [144], [151]–[155] наведено наступну структуру показників точності – рис. 1.4

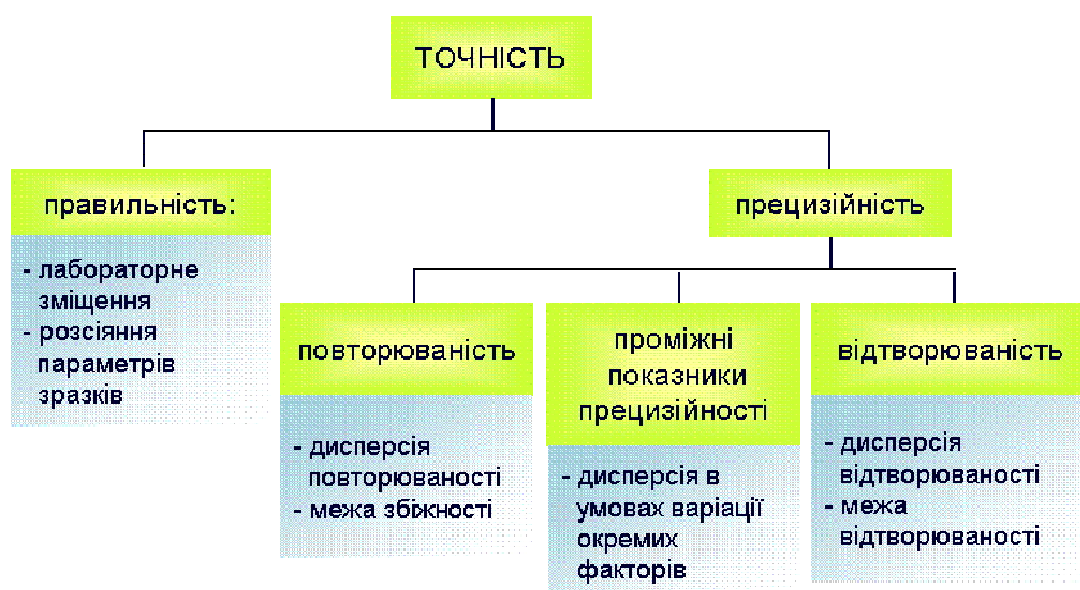


Рисунок 1.4 – Структура показників точності [144], [151]–[155]

Головною задачею при оцінюванні метрологічного забезпечення випробувальної лабораторії (як інтегрального показника) є забезпечення порівняння між собою результатів отриманих різними випробувальними лабораторіями. Для цього необхідно забезпечити правильність результатів випробувань, а саме єдність стандартних або однорідність контрольних зразків. Як наголошувалось вище, для випробувальних лабораторій, що

проводять випробування сільськогосподарських машин це надто складна задача. В [149] говориться про те, що не обов'язково мати стандартні зразки з відомими параметрами. Достатньо мати контрольний зразок зі стабільними характеристиками. Проте для сільськогосподарських машин це теж є складною задачею.

1.4 Нормативно-методичне забезпечення випробувань тракторів та сільськогосподарських машин

Ретельний аналіз метрологічного і нормативного забезпечення методів випробувань сільськогосподарської техніки (станом на 01.09.2017 р.) показує, що серед нормативних документів на методи випробувань налічується 36 % міждержавних стандартів ГОСТ розроблених до 1992 р. Це достатньо значний відсоток, враховуючи ту ситуацію, що майже всі ці нормативні документи повинні бути відмінені впродовж декількох подальших років, відповідно до Державної політики в галузі технічного регулювання і перейти в статус довідкових [156].

Всі методи випробувань якими користуються лабораторії, що проводять випробування сільськогосподарської техніки є стандартизованими, валідованими і їх ефективність підтверджена тривалим часом їх використання. Майже 3/4 показників при випробуваннях вимірюються прямим методом [157]. Тобто не потребують застосування будь-яких розрахунків. Це є перевагою методу вимірювання, оскільки забезпечується необхідна похибка результату. Окрім цього, всі методи вимірювань, які застосовуються у випробувальних лабораторіях передбачають проведення трьох, а в окремих випадках і п'яти спостережень. У зв'язку з цим, самі методи випробувань сприяють обґрунтованому встановленню всіх джерел невизначеності, а сам розрахунок невизначеності

таких вимірювань не супроводжується складними математичними операціями.

Проте наріжним каменем стає відмова від поняття «похибка вимірювання» і введення обов'язкового калібрування засобів вимірювальної техніки [58]. Усі методи випробувань, що задекларовані у сферах акредитації випробувальних лабораторій, що аналізувались дають вказівку щодо похибки з якою повинні вимірюватися ті або інші показники. Інформація про невизначеність вимірювань, її допустимі межі, відсутня. Це ускладнює (робить неможливим) процедуру оцінювання точності вимірювань за показником невизначеності.

Крім того, окремі методи випробувань потребують застосування складної процедури вимірювань, громіздкого випробувального устаткування, складної процедури реалізації зовнішнього впливаючого фактора. Пряме застосування міжнародних стандартів не завжди є ефективним, оскільки вимагає значних зусиль від вітчизняних випробувальних лабораторій в плані переоснащення матеріально-технічної бази і навчання персоналу. Використовування стандартизованих методів випробувань не сприяє розвитку науково-технічного прогресу. Це пов'язано з тим, що стандарт, як філософська категорія, відображає вимогу суспільства в даний конкретний момент часу.

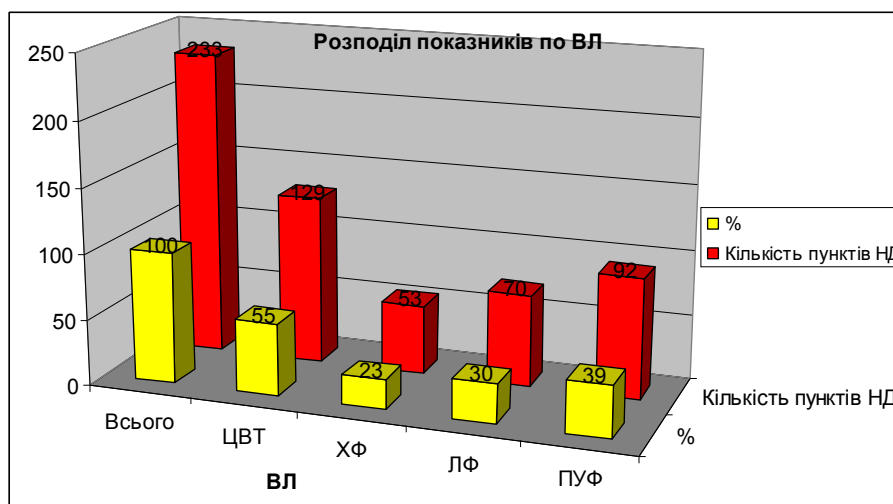
У той же час, у відомих публікаціях робиться наголос на ту обставину, що при випробуваннях мобільних машин (якими є трактори та машинотракторні агрегати), об'єкт випробувань повинен бути повністю спостережним. Тобто, кожній ступені його свободи повинна відповідати вимірювальна вісь давача [158]–[160]. Інакше модель вимірювання буде неповною, а їх результати не будуть адекватно характеризувати стан об'єкту і ступінь довіри до таких результатів буде низькою.

У роботі [137] регламентовано питання досягнення співставності і взаємного визнання результатів випробувань, що забезпечується їх єдністю.

Приведено обґрунтування вибору уніфікованих показників точності результатів випробувань і форм їх представлення.

Аналіз сфер акредитації випробувальних лабораторій Державної наукової установи «Український науково-дослідний інститут прогнозування і випробування техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва імені Леоніда Погорілого (УкрНДІПВТ ім. Леоніда Погорілого) і його філій за видами випробувань і вимірювань показав наступне.

Загалом випробувальні лабораторії УкрНДІПВТ ім. Леоніда Погорілого і його філії проводять вимірювання показників за 233 пунктами нормативних документів. При цьому самих нормативних документів – 97. Розподіл кількості показників, що вимірюються за лабораторіями показано на рис. 1.5. При проведенні випробувань використовуються міждержавні стандарти, національні, міжнародні (прийняті в якості національних) і галузеві стандарти (затверджені і введені в дію до прийняття [57]). Розподіл нормативних документів на методи випробувань за видами показано на рис. 1.6.



ЦВТ – центр випробувань техніки; ХФ – Харківська філія;

ЛФ – Львівська філія; ПУФ – Південно-Українська філія

Рисунок 1.5 – Розподіл кількості показників між лабораторіями

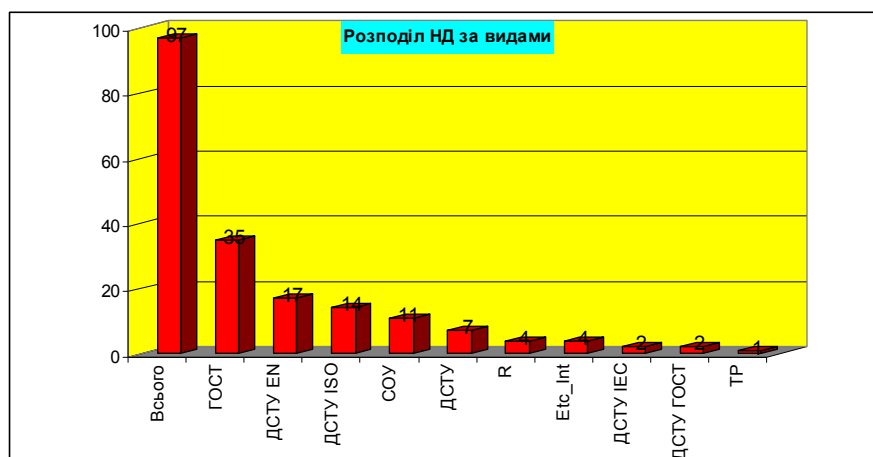
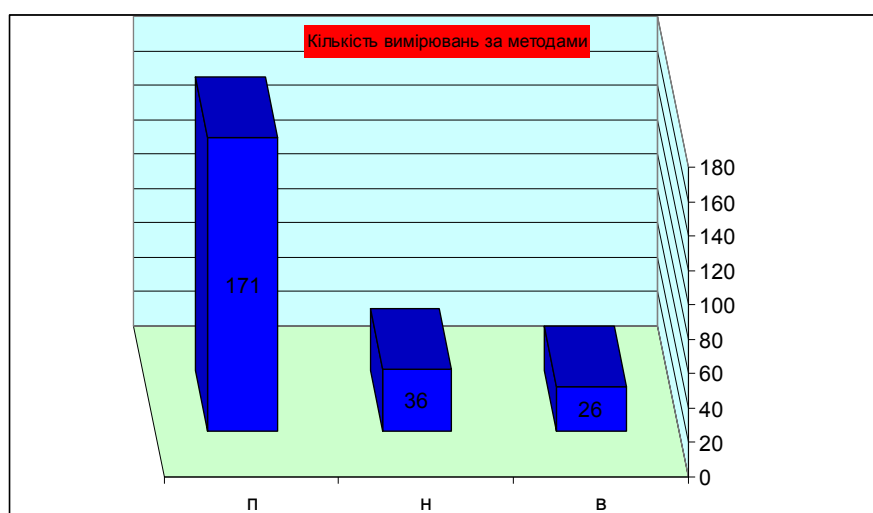


Рисунок 1.6 – Розподіл нормативних документів на методи випробувань за видами



п – прямі вимірювання; н – непрямі вимірювання;
в – візуальне оцінювання

Рисунок 1.7 – Розподіл вимірювань за методами

Розподіл показників, вимірювання яких проводиться у ВЛ, за методами вимірювання і видами фізичних величин (рис. 1.7, рис. 1.8)

Як видно із рис. 1.6, більше третини (35 із 97) показників визначаються за методами встановленими в НД розроблених до 1992 р. Це досить значний відсоток, враховуючи [156]. Така ситуація склалась через те, що випробувальні лабораторії проводили роботу з підготовки до акредитації у

2009-2014 роках. На той час ще діяв «Перелік продукції, що підлягає обов’язковій сертифікації в Україні».

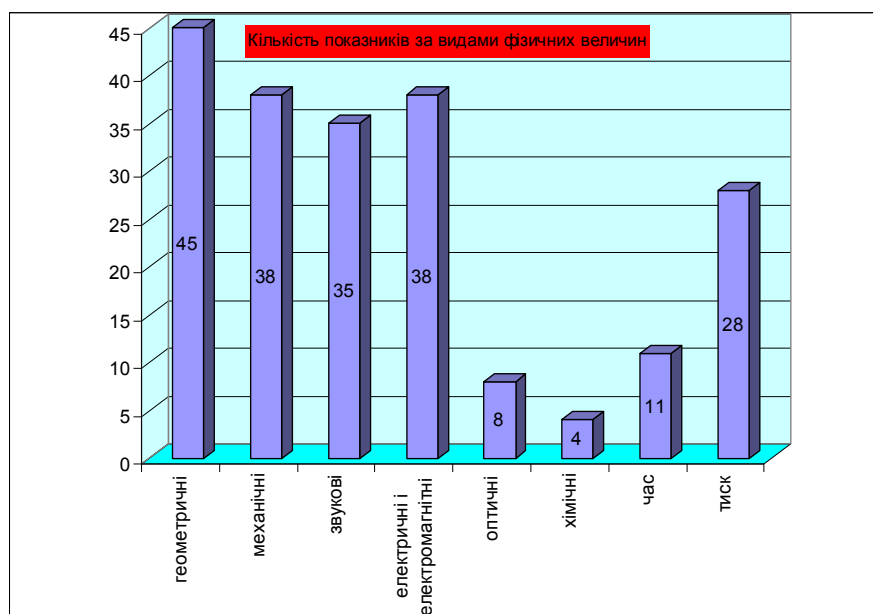


Рисунок 1.8 – Розподіл показників за видами фізичних величин

Суттєвим недоліком методів випробувань, що внесені до сфер акредитації випробувальних лабораторій УкрНДІПВТ ім. Леоніда Погорілого є відсутність будь-яких вказівок про невизначеність вимірювання. Це дещо ускладнює саму процедуру оцінювання невизначеності [161]–[164]. Відповідно до останніх вимог, Паспорти випробувальних лабораторій не містять вказівок про те, яка повинна бути похибка у засобу вимірювальної техніки, а указується невизначеність його калібрування. Це, на початковому етапі, може стати перепорою у виборі засобу вимірювальної техніки. Оскільки незрозуміло, чи відповідає указаний діапазон невизначеності значенню похибки яке наведене у паспорті засобу вимірювальної техніки.

У профільних випробувальних лабораторіях є достатньо інформації про технологічні процеси випробувань, закономірності технічного розвитку продукції, випробування якої вона проводить. Тому вона (лабораторія) може пропонувати кожному замовнику свої підходи до оцінювання якості продукції: які показники необхідно вимірювати, з якою точністю, яка буде

достовірність і адекватність отриманих результатів. Відповідно, лабораторія захищає свої підходи як перед Національним агентством акредитації України, так і перед ринком замовників її послуг. Лише постійне удосконалення методів та засобів випробувань дозволить підвищити адекватність, точність та достовірність вимірювання параметрів та забезпечити якість продукції і, як наслідок, задовольнити вимоги споживачів різного рівня (держава, виробник, користувач, тощо).

Вимірювання є невід'ємним елементом в переважній більшості випробувань. При цьому достовірність рішень, прийнятих на основі результатів вимірювань, залежить від точності останніх. Підвищення точності метрологічних робіт в умовах ринкової економіки є не стільки технічним, скільки матеріальним фактором. Крім того, точність вимірювань найчастіше визначає рівень матеріальних витрат в виробничих і невиробничих сферах. Саме тому підвищення точності вимірювань є однією з найважливіших проблем сучасної метрології.

Підвищення точності вимірювань є однією з найважливіших проблем сучасної метрології. Один з шляхів вирішення цієї проблеми – удосконалення методів оброблення і оцінювання точності результатів вимірювань. Прийняття Україною міждержавного документа ДСТУ-Н РМГ 43 [162], введення в дію ДСТУ EN ISO/IEC 17025:2019 [134], а також підписання Угоди про взаємне визнання (MRA) національних еталонів одиниць і протоколів калібрування і вимірювань, що видаються національними метрологічними інститутами, стало початком законодавчому використанню підходу невизначеності (ПН) на території України.

На сьогоднішній день в метрології існують два підходи до оцінювання точності вимірювань: класичний підхід на основі похибки і підхід на основі невизначеності.

В основі класичного підходу лежить поняття істинного значення вимірюваної величини [165]. Підхід на основі невизначеності опирається на результат вимірювання. В цьому сенсі відмінність між похибкою і

невизначеністю вимірювань, зводиться до відмінності систем координат, щодо яких розглядають істинне значення вимірюваної величини і результат вимірювання.

Найбільш повним документом в цій сфері на сьогоднішній день є «Керівництво по вираженню невизначеності вимірювань» (GUM) [162]. Створення GUM було продиктовано гострою практичною необхідністю. Одним з приводів його розробки послужило невідповідність метрологічних характеристик однорідних еталонів різних країн при міжнародних звіреннях.

При розгляді похибки вимірювань Δ , систему координат прив'язують до істинного значення вимірюваної величини, спостерігаючи розсіювання результату вимірювань.

В цьому випадку вимірювана величина є перемінною і варіація результату вимірювання дорівнює варіації похибки.

Термінологічна основа підходу до невизначеності істотно більш певна і лаконічна. Крім того, класифікація характеристик точності не за характером мінливості (випадкова і систематична), а по способу їх оцінювання (А і В), набагато природніше, оскільки позбавляє від плутанини при оцінюванні випадкової похибки одноразових вимірювань.

Рівняння точності в класичному підході засноване на методі лінеаризації, а в підході за невизначеністю – на законі поширення невизначеності. Обидва рівняння представляють собою перший член в розкладанні в ряд Тейлора модельного рівняння (рівняння вимірювання). Відмінність в рівняннях точності спостерігається під час врахування вищих членів розкладання при істотно нелінійних моделях.

В табл. 1.3 наведено результати аналізування і порівняння підходів до оцінювання точності [166]–[176].

Аналіз літературних джерел [166]–[176] показує, що в даний час перспективним з точки зору застосування є метод оцінювання невизначеності – метод моделювання. Він є найбільш розробленим. Метод полягає у встановленні моделі вимірювань, яка пов'язує величину, що вимірюється з

величинами, що впливають на їх точність, розрахунку стандартної невизначеності кожної величини, що впливає і оцінки, з урахуванням коефіцієнтів чутливості, стандартної невизначеності вимірюваної величини.

Таблиця 1.3 – Порівняльний аналіз двох підходів до оцінювання точності [166]–[176]

	Класичний підхід	Підхід невизначеності
Постулати	а) існує істинне значення вимірюваної величини y_0 ; б) істинне значення визначити неможливо; в) істинне значення – величина не випадкова	результат вимірювання y – величина не випадкова.
Характеристики точності	якісні	
	точність: істинність (правильність); прецизійність	невизначеність
	кількісні	
	невизначувані	
	похибка $\Delta = y - y_0$; систематична похибка $\Delta = y - y_0$	
	Визначаються	стандартна невизначеність типу А.
	випадкова похибка: оцінка стандартного відхилення; довірчі межі; невиключена систематична похибка (НСП): межі НСП; СКВ НСП; сумарна похибка: СКВ сумарної похибки; довірчі межі сумарної похибки	стандартна невизначеність типу В. сумарна стандартна невизначеність (невизначеність вихідної величини) розширена невизначеність
Рівняння точності	метод лінеаризації	закон поширення невизначеності
Підсумовування складових	різними способами для різних видів вимірювань	єдине правило сумування дисперсій і коваріацій
Інтервальна оцінка	в залежності від способу сумування складових	добуток сумарної невизначеності на коефіцієнт охоплення

При використанні цього методу передбачається, що поправки на значущі систематичні ефекти включені в модель. Застосування закону поширення невизначеності дає можливість оцінити сумарну невизначеність, пов'язану з результатом. Підхід залежить від часткових похідних для кожної впливаючої величини, отже, залежить від виду функціональної залежності результату або, якщо формою є алгоритм, від чисельного диференціювання.

При проведенні випробувань і оцінюванні їх точності не менш важливим є питання оцінювання адекватності результатів випробувань, тобто оцінювання співпадіння результатів досліджень, що отримані різними методами. Особливо ці питання є актуальними при розробці нових методів випробувань, коли випробувальна лабораторія володіє лише теоретичними основами проведення випробування і наявним випробувальним устаткуванням. Інакше кажучи, актуальним є питання становлення наскільки експериментальний розподіл даних відповідає теоретичному. Розв'язання указаних задач базується на основних положеннях теорії ймовірності і математичної статистики.

Питанню дослідження збігу теоретичних і експериментальних розподілів присвячено значна кількість робіт, як фундаментальних посібників з теорії ймовірності та теорії експерименту [177]–[188]. Слід відмітити, що до сьогоденішнього дня у відомій літературі немає єдиного підходу до термінів і визначень з цього питання. У зв'язку з цим виникають розбіжності у трактуванні окремих понять.

Показники встановлення відповідності теоретичного розподілу експериментальному мають назву «критерії погодження». Це критерії Пірсона χ^2 , Колмогорова-Смірнова, Крамера-фон Мізера-Смірнова, Андерсена-Дарлігна, Купера і інші. Також, для перевірки адекватності математичної моделі даним експерименту застосовують критерій на основі співставлення дисперсії відтворюваності середнього значення функції відгуку і дисперсії адекватності. Крім цього є показник, що характеризує універсальну функцію густини ймовірності. Проте вона є досить складною

практичного застосування. Для вирішення задачі підвищення точності прогнозування надійності запропоновано показник за яким аналізується тільки та ділянка емпіричної кривої, що характеризує кількість бракованих деталей, тобто кінець гілки.

Кожний із розглянутих критеріїв має свою сферу застосування. Проте, в якості спільного недоліку можна виділити те, що вони потребують необхідності наявності великої вибірки (від 50, а в окремих випадках від 300 спостережень). Існуючі критерії не в повній мірі дають відповідь на питання щодо того, на скільки у кількісному виді співпадають теоретичні і експериментальні дані. Також до недоліку можна віднести те, що існуючі критерії враховують метрологічні характеристики вимірювань інтегрально, тобто при оцінюванні збігу розподілів окремо не розглядається невизначеність або похибка з якою проводяться вимірювання.

1.5 Аналіз характеристик точності методів випробувань тракторів та сільськогосподарських машин

При випробуваннях і технічному діагностуванні встановлюють кількісні та якісні значення параметрів станів. Ці параметри несуть в собі інформацію, яка дозволяє оцінювати не тільки технічний стан виробів в момент контролю, а й можливість їх подальшого використання в перебігу певного часу [189]–[190]. Більшість показників, що визначаються при випробуваннях є адитивними показниками і характеризують стан машини або окремого вузла в цілому, без надання інформації про стан окремих вузлів або агрегатів, відповідно. Це, в свою чергу, викликає подальші витрати на поелементне діагностування, а, можливо, і додаткові розбірно-складальні роботи. Сучасний же рівень розвитку науки і техніки вимагає використання

нових вимірювальних систем, які дозволять без втручання в конструкцію машини з мінімальними витратами робити відповідні висновки.

Вимоги до методів випробувань сільськогосподарської техніки, у загальному виді, регламентуються [191], [192].

Указані нормативні документи регламентують два види методів випробувань: методи безпосереднього огляду і випробування та методи вимірювання і розрахунку.

Методом безпосереднього огляду і випробування оцінюють:

- безпеку входу на робоче місце і виходу з нього;
- наявність засобів забезпечення безпеки вузлів машин, працюючих під тиском і (або) при високій температурі;
- наявність і роботу сигнальних пристроїв;
- безпеку перекладу машини з робочого положення в транспортне і назад;
- наявність і забарвлення огорожень небезпечних місць;
- безпеку приєднання і від'єднання сільськогосподарських машин і знаряддя;
- наявність і роботу пристроїв, що виключають запуск основного двигуна при включеній передачі;
- наявність засобів забезпечення умов і безпеки праці операторів пристроями нормалізації мікроклімату, склоочистників, склоомивачів, ременів безпеки, тощо;
- наявність пристроїв, які фіксують навісні машини в транспортному положенні;
- наявність засобів освітлення для роботи в темний час доби;
- наявність пристроїв і місць для стропування машини і складальних одиниць, а також місць для установки домкратів, які забезпечують безпеку при підйомі і переміщенні машини;
- наявність схеми стропування і піддомкращування;
- наявність майданчиків, поручнів і упорів для ніг.

Методами вимірювання і розрахунку оцінюють:

- захисні властивості кабін і каркасів;
- огороження небезпечних місць;
- навантаження на керовані колеса;
- поперечну статичну стійкість машини;
- люфт рульового колеса;
- ефективність дії робочих гальм;
- ефективність дії стоянкових гальм;
- габаритні розміри машин;
- розміри робочого місця оператора;
- оглядовість з робочого місця оператора;
- сили опору переміщенню органів керування;
- шум на робочому місці оператора,
- зовнішній шум;
- вібрацію на робочому місці;
- мікроклімат на робочому місці;
- вміст пилу в повітрі робочої зони;
- вміст шкідливих речовин в повітрі робочої зони;
- освітленість робочої зони і пульта керування;
- герметичність кабіни;
- пожежна безпека;
- ефективність роботи іскрогасника (глушника) випускної системи двигуна внутрішнього згоряння;
- надійність захисту молотильних пристроїв зернозбиральних комбайнів і навісних молотарок від попадання в них сторонніх предметів.

Похибки вимірювання параметрів тракторів та сільськогосподарських машин при випробуваннях встановлені в [192] (табл. 1.4):

Більш детально зупинимося на методах випробувань рульового, керування, гальмівних систем, елементів приводу активних робочих органів

та кута поперечної стійкості машин, як таких, що є одними із основних показників, що впливають на безпеку.

Таблиця 1.4 – Похибки вимірювання параметрів тракторів та сільськогосподарських машин при випробуваннях [192]

Показник, що вимірюється	Похибка	
	абсолютна	відносна
лінійні розміри, м: від 0 до 10^{-2} від 10^{-2} до 1 понад 1,0	$\pm 10^{-4}$ $\pm 10^{-3}$	$\pm 0,5 \%$
маса, кг від 0 до 10^{-3} від 10^{-3} до 10^{-2} від 10^{-2} до 10^4 понад 10^4	$\pm 10^{-5}$ $\pm 10^{-4}$ ± 50	$\pm 5 \%$
час, с: від 10^{-2} до 10^4 понад 10^4	$\pm 0,2 \%$	$\pm 0,6 \%$
кутова величина, град	$\pm 1,0$	
температура, °C	$\pm 0,5$	
рівень звуку, дБ А	± 2	
рівень звукового тиску, дБ	± 2	
рівень вібрації, дБ	± 2	
сила, Н		$\pm 5 \%$
освітленість, лк		$\pm 10 \%$
вологість (відносна) понад 30 % (за 10 °C)		$\pm 10 \%$
тиск, кПа	$\pm 1,0$	
швидкість: – лінійна, м/с – об'ємна, л/хв. – частота обертання, s^{-1}	$\pm(0,1 \pm 0,5)$	$\pm 5 \%$ $\pm 1 \%$
напруга, В		$\pm 2 \%$

1.5.1 Рульове керування. Рульове керування – одна із найважливіших складових частин трактора. Його технічний стан істотно впливає на безпеку дорожнього руху, а також на безпеку і якість виконання польових механізованих робіт. Крім цього, рульове керування є основним споживачем м'язової енергії оператора і тому в найбільшій мірі впливає на його

стомлюваність, здоров'я і здатність правильно виконувати задані функції протягом всього робочого часу [193].

На сьогоднішній день, до показників технічного стану механізмів управління тракторів відносяться [194], [196]:

- вільний хід рульового колеса і зусилля на ньому;
- збіжність напрямних коліс.
- тиск відкриття запобіжного клапана в системі гідропідсилювача;
- продуктивність насоса;
- герметичність пневмо і гідросистеми.

Вільний хід рульового колеса і зусилля на ньому, є одними із показників за якими приймається рішення про допуск техніки до експлуатації при контрольних чи інспекційних перевірках.

Відповідно до існуючих вимог з безпеки праці вільний хід рульового колеса за працюючого двигуна не повинен перевищувати 25 град. Однак згідно статистичних даних в сільськогосподарських підприємствах 50-60 % тракторів типу МТЗ експлуатується з вільним ходом рульового колеса, що перевищує допустиме значення цього параметра. Однією з причин даної ситуації є відсутність доступних за вартістю і зручних в експлуатації приладів для діагностування рульового керування, що зумовлює необхідність їх вдосконалення.

В останні роки вітчизняною промисловістю створено понад 10 моделей приладів для вимірювання вільного ходу рульового колеса. В процесі їх вдосконалення абсолютна похибка вимірювання залишилася на одному і тому ж рівні ± 1 град., габаритні розміри збільшилися в 10 разів, маса – в 5 разів, вартість – в 4,3 рази, а трудомісткість вимірювання параметра в 2,3 рази. При цьому створені електронні прилади, але вони можуть бути затребувані тільки органами Держтехнагляду та в господарствах застосування не знаходять. Цим пояснюється відсутність в господарствах доступних за вартістю і зручних в експлуатації приладів для діагностування рульового керування.

В останній час було обґрунтовано і розроблено декілька критеріїв направлених на вдосконалення засобів вимірювання вільного ходу рульового колеса [195]–[198]. А саме, розроблено критерій вдосконалення і вибору засобів вимірювання вільного ходу рульового колеса. Він являє собою функцію обернено пропорційну питомій вартості надійності від кількості обслуговуваних машин і виражається в грошових одиницях на одиницю діагностування. При цьому враховані параметри: вартість придбання і використання коштів, витрати на відновлення їх працездатності, на перевірку, зберігання і утилізацію, а також витрати раннього і пізнього обслуговування, обумовлені випадкової похибкою засобів вимірювання. Відповідно до указанного критерію обґрунтовані параметри приладів для вимірювання вільного ходу рульового колеса, що були перевірені експериментально і представлені у вигляді найпростіших механічних – на основі вимірювальної лінійки і оптико-механічних – на базі кутоміра КІ-13926-ГОСНИТИ. В результаті експериментальної перевірки було встановлено, що всі запропоновані прилади працездатні. При цьому, найменшу випадкову похибку (1,59 град.) Мають прилади на основі лінійки, найбільшу (1,86 град.) – на базі кутоміра. Трудомісткість вимірювань найбільша за приладами з лінійкою (6,1 люд.-хв.) і найменша – з кутоміром (5,0 люд.-хв.).

Проте, не дивлячись, на переваги і недоліки указаних приладів, залишається один суттєвий недолік: вільний хід рульового колеса є інтегральним показником і за результатами його вимірювання неможна зробити висновок про технічний стан окремих вузлів рульового керування. Тому питання розробки показників технічного стану рульового керування, з можливістю оцінювання технічного стану окремих його вузлів, та критеріїв і засобів проведення випробувань є актуальним.

1.5.2 Гальмівні системи. До питань безпеки учасники транспортного процесу стали звертати увагу відразу ж як на дорогах з'явилася велика

кількість транспортних засобів і почали відбуватися дорожньо-транспортні пригоди. Їх причини були найрізноманітнішими, але більшість були пов'язані з несправностями тієї чи іншої системи. І одним з перших факторів було – це здатність транспортного засобу загальмувати в потрібний момент. Тому гальмівним системам почали приділяти особливу увагу. Вони стали об'єктом сертифікаційних випробувань і, згодом, об'єктом підтвердження відповідності [76, 201].

Гальмівні механізми є найбільш важливими елементами гальмівного керування, що поглинають і розсіюють енергію яка виділяється при гальмуванні. Тому якість, ефективність і стабільність роботи гальмівних механізмів є об'єктом уваги вчених і конструкторів, які працюють в галузі сільськогосподарського машинобудування та інших транспортних галузей.

Гальмівна система транспортного засобу є активною системою безпеки і тому до неї пред'являються особливі вимоги. Ці вимоги обумовлені в різних нормативних документах, що регламентують обов'язкове проведення випробувань всіх елементів гальмівної системи, оскільки від ефективності їх роботи залежать людські життя [200]–[201].

Дослідженню методів і розробці засобів діагностування гальмівних систем присвячено безліч робіт, в яких увага приділяється як розробці стендів для визначення ефективності гальмівних систем [202]–[203], так і дослідженню процесу створення гальмівного зусилля і поведінки транспортного засобу в процесі гальмування [204]–[215].

Показниками ефективності роботи гальмівних систем є питома гальмівна сила (за стендового методу випробувань) і гальмівний шлях або усталене сповільнення (за дорожнього методу випробувань [202]. Показник питомої гальмівної сили не є достатньо інформативним. Крім того, випробування на стенді в недостатній мірі імітують реальні умови руху, випробування передньої і задньої осей проводяться окремо, що збільшує час проведення випробувань.

Дослідження проведені в [202] дозволили виявити переваги стендів з біговими барабанами у порівнянні з майданчиковими на основі їх метрологічних властивостей.

В роботі [204] запропоновано науково-обґрунтовані режими експрес-перевірки гальмівної ефективності колісних тракторів типу ХТЗ, що здійснюється під час приймально-здавальних випробувань тракторів на виході з конвеєра. Отримані в ході дослідження дані формують вимоги до коефіцієнту тертя між накладками і гальмівним барабаном із умов виконання вимог [200], [201].

Роботи Туренко О. І. [210]–[215] направлені на вивчення закономірностей формування гальмівного керування, створення перспективних гальмівних систем і можливості дослідження їх в практичних умовах (проведення гальмівних випробувань на стендах).

Унікальним є універсальний інерційний стенд для випробувань фрикційних пар гальмівних механізмів [216]. Його унікальність заключається в універсальності, а саме можливості випробовування широкої номенклатури машин завдяки використанню двох редукторів, що регулюють оберти махових мас які створюють момент інерції.

Не дивлячись на явні, на перший погляд, переваги стендового методу випробувань гальмівних систем, він має і недоліки. Головний недолік – недостатнє моделювання реальних режимів експлуатації транспортних засобів. Основну увагу необхідно приділяти розвитку дорожнього методу випробувань мобільних машин в напрямку підвищення відтворюваності і повторюваності випробувань, а також розвитку методів, які дозволять без додаткових розбірно-складальних робіт робити висновок про стан елементів і вузлів гальмівних систем (експрес-методи). Такі методи випробувань повинні за найменших затрат часу і матеріалів гарантувати точність і достовірність вимірювання і базуватися на досягненнях сучасної науки і техніки.

Стоянкові гальмівні системи, аналогічно робочим, випробовуються дорожнім і стендовим методами.

За випробувань дорожнім методом [217]–[219] транспортний засіб повинен утримуватись стоянковою гальмівною системою на ухилі нормованого значення протягом заданого інтервалу часу. Для легкових автомобілів і автобусів – 23 %, вантажних – 31 %, тракторів – 20°, сільськогосподарських причепів і напівпричепів – 20 %. В якості випробувального устаткування використовується естакада нормованого ухилу.

Недоліком даного способу є те, що сучасні транспортні засоби мають низьку посадку і великі передній і задній звиси, які обмежують можливість в'їзду на естакаду. Реалізація постійного приросту величини ухилу естакади збільшує її габаритні розміри (2–3 довжини транспортного засобу). Випробування на гірках стоянкової гальмівної системи авто- і тракторних поїздів через їх великі габаритні розміри затруднено з указаних причин, крім того складність маневрування при в'їзді і виїзді.

Стендовий метод випробувань гальмівних систем реалізується на роликівих стендах силового типу. Транспортний засіб встановлюється на стенді, вмикається привід стенду, вмикають стоянкову гальмівну систему і вимірюють реактивний момент від гальмівних сил, що виникає на осі ведучого ролика [202].

Недоліком такого способу є те, що, у випадку дії гальмівних систем на усі колеса, вимірювання одночасно може проводитись лише для однієї вісі. Тобто не можна визначити сумарну гальмівну силу. Доводиться проводити вимірювання послідовно для усіх осей транспортного засобу, а потім розраховувати сумарну гальмівну силу, що збільшує тривалість випробувань і сумарну похибку вимірювання. Крім того, стенди, що реалізують даний спосіб досить дорогі.

При випробуваннях сільськогосподарських транспортних засобів пропонується альтернативний спосіб випробувань стоянкових гальмівних систем на прямолінійній ділянці шляхом прикладання еквівалентного зусилля [Пат. 2244911 : МПК G 01 M 17/00, B 60 T 17/22. № 2000120604/28 ;

заявл. 07.08.2000 ; опубл. 20.01.2005, Бюл. № 2.]. Проте у відомій літературі та нормативних документах немає чіткого опису стендів, які можуть реалізувати даний спосіб.

Еквівалентне навантаження може створюватись з допомогою лебідки і з допомогою системи вантажів.

Згідно цих способів, транспортний засіб встановлюється на рівну горизонтальну поверхню, тросом через динамометр з'єднують з лебідкою і вмикають стоянкову гальмівну систему. Вмикають привід лебідки і тягнуть транспортний засіб до величини заданого зусилля. Якщо транспортний засіб залишається нерухомим при прикладеному зусиллі, то стоянкова гальмівна система справна.

Указаний спосіб можна реалізувати, прикладаючи зусилля, з допомогою набору вантажів (баласту).

Такі способи мають переваги над дорожнім і стендовим (естакада) методами, оскільки не вимагають великогабаритних споруд, додаткових площ і дорогого устаткування, виключають можливість маневрування. Проте вони мають і недоліки.

При створенні еквівалентного навантаження баластом необхідно мати складну систему рухомих блоків, щоб зменшити масу самого баласту. Наприклад, для створення еквівалентного навантаження при випробуваннях трактора Т-150К необхідно мати баласт масою 2,7 т. Такий великогабаритний баласт потребує окрему систему навантаження-розвантаження, випробування супроводжуються підвищеною небезпекою. І, крім сказаного, баласт повинен бути різної маси, щоб забезпечити метрологічну складову випробувань.

Щоб забезпечити безпеку і точність випробувань необхідно мати привід лебідки з малими обертами (до 1 оберту за хв.). Проте моторредуктори, що здатні забезпечити такі оберти і необхідне тягове зусилля мають великі масові показники

У зв'язку з цим актуальними є питання удосконалення методу випробувань стоянкових гальмівних систем тракторів шляхом обґрунтування

вимог до конструкцій стенду для їх випробувань і оцінки метрологічних характеристик таких стендів.

1.5.3 Поперечна стійкість. Однією з важливих властивостей транспортно-тягових (автомобіль, трактор) та причіпних сільськогосподарських машин є поперечна стійкість, яка характеризує здатність працювати на поперечних ухилах без перекидання. Поперечна стійкість положення оцінюється статичним кутом поперечного ухилу, на якому може стояти загальмована машина без перекидання.

Вимірювання показників поперечної статичної стійкості транспортно-тягових і причіпних сільськогосподарських машин регламентовано [218], [220], [222]. Оціночним показником поперечної статичної стійкості машини є кут поперечної статичної стійкості. Існують три основних методи вимірювання кута поперечної статичної стійкості: інструментальний, математичного моделювання і дослідно-аналітичний.

Випробування на платформеному стенді [218] дають найбільш достовірні результати, оскільки проводяться в реальних умовах. Прикладами стендів для визначення кута поперечної стійкості машин є спеціальний стенд СУ-40, що розроблений і виготовлений Кубанським науково-випробувальним інститутом з випробувань тракторів. Стенд СУ-40 має вантажну платформу розміром 6000×4000 мм, яка монтується на фундаменті і може змінювати кут нахилу до горизонтальної площини, повертаючись навколо своєї горизонтальної вісі під дією гідроциліндрів гідравлічної системи стенду. Машина, що випробується, встановлюється на робочій площині платформи таким чином, щоб її повздовжня вісь була паралельною вісі повороту платформи. До коліс або гусениць машини приставляють упори проти її зсуву під час поперечного нахилу, а з протилежного боку машину страхують стропами з деяким провисанням. Кут нахилу платформи збільшують плавно до тих пір, поки будь-яке з коліс або гусениць машини не «відірветься» від платформи, тобто коли машина перейде в стан нестійкої

рівноваги. У цей момент подальший рух платформи стенду припиняється і за допомогою маятникового кутоміра вимірюється кут нахилу робочої площини платформи до горизонтальної площини, який є граничним кутом поперечної статичної стійкості машини під час її нахилу на відповідний бік. Аналогічно визначається граничний кут поперечної статичної стійкості машини під час її нахилу на протилежний бік. Найменший з граничних кутів поперечної статичної стійкості машини в результаті її нахилу на лівий та правий боки приймається в якості оцінного значення. Проте недоліком таких випробувань є те, що необхідно утримувати дороговартісне випробувальне устаткування і машину, що випробовується, необхідно доправляти до місця розташування стенду. А в нинішніх умовах випробувальні лабораторії декларують випробування на місці розташування замовника (поза межами випробувальної лабораторії).

Науковими співробітниками Південно-Української філії УкрНДПІВТ ім. Леоніда Погорілого розроблено метод визначення кута поперечної стійкості колісних машин із застосуванням фізичного моделювання [222]–[225]. Спосіб полягає у визначенні кутів між горизонтальною площиною і площиною опори машини, коли машина перебуває у стані нестійкої рівноваги в результаті її поперечного нахилу на лівий або правий бік, і виборі найменшого з кутів як оцінного значення. Спосіб виконується у два етапи. На першому етапі з горизонтально розташованою машиною зв'язують просторову прямокутну систему координат, в якій визначають координати вершин контуру опорної площі та центр ваги машини. На другому етапі за визначеними координатами на робочій площині відповідного пристрою вздовж горизонтальної осі її обертання у зменшеному масштабі будують фізичну модель взаємного просторового розташування контуру опорної площі та центру ваги машини. До точки розташування змодельованого центру ваги підвішують висок, а робочу площину зазначеного пристрою повертають навколо її горизонтальної вісі до того моменту, коли висок перетне змодельований контур опорної площі, що відповідає положенню

машини в стані нестійкої рівноваги. Спосіб забезпечує можливість визначення граничного кута поперечної стійкості колісних машин незалежно від її габаритних розмірів, без застосування спеціальних стендів, з економією витрат енергії, матеріалів, робочого часу та із зниженням рівня небезпеки процесу випробувань. Проте недоліком такого способу можна назвати те, що доводиться визначати горизонтальну і вертикальну координати центру мас машини, що призводить до збільшення похибки вимірювання.

Дослідно-аналітичні методи вимірювання кута поперечної стійкості [226], [227] забезпечують необхідну точність проведення вимірювання. Проте в указаних роботах не наведено інформації щодо числових значень показників точності вимірювань досліджуваного параметру. Стенд для реалізації указаних методів складається з тягово-енергетичної машини, причепа на якому розміщуються елементи стенду в транспортному положенні і, безпосередньо, саме пристосування для підйому машини, що перевіряється. В якості тягово-енергетичної машини запропоновано використовувати трактор ЮМЗ-6. При виконанні способу трактор спеціальним пристосуванням піднімає один борт машини, що випробовується, на кут не більше 15° . При цьому відбувається зважування борту протилежного від підйому. Розраховуються координати центру тяжіння машини і далі методом математичного моделювання, представивши машину у виді кубу рівної густини, проводяться розрахунки умов перекидання машини. Проте такий стенд теж має недоліки. А саме те, що для його роботи необхідно мати окрему тягово-транспортну машину і причіп, на якому він розміщується в транспортному положенні. Математична модель об'єкту випробувань розглядається у виді кубу рівної густини, координати центру мас якого відомі. Непряме вимірювання координат центру мас машини суттєво збільшує похибку вимірювання кінцевого результату.

Дубінін Є. О. [228], розглядаючи концепцію забезпечення стійкості положення шарнірно-зчленованих колісних машин, удосконалив метод оцінювання статичної стійкості з урахуванням взаємного складання секцій

шарнірно-зчленованих машин, що дозволило врахувати особливості зміни опорного контуру. Розробив рекомендації у нормативні документи стосовно підвищення точності оцінювання кутів поперечної статичної стійкості для шарнірно-зчленованих машин та програмне забезпечення SPSAV (Static Position Stability of Articulated Vehicles) для експрес-оцінювання стійкості положення без використання високовартісних стендів. Аналітичним і експериментальним шляхом довів, що врахування кутів повороту секцій шарнірно-зчленованого колісного трактора з номінальним тяговим зусиллям 30 кН у площині дороги в межах до 15° дозволяє підвищити точність оцінювання кутів статичної стійкості до 5° . Крім цього, в [229] удосконалено метод оцінювання стійкості колісної машини за довільного встановлення давачів лінійних прискорень, отримано відповідну залежність для визначення поточних значень кутової швидкості у вертикальній поперечній площині. На її основі вперше визначено критерій динамічної стійкості положення шарнірно-зчленованих колісних машин у вигляді відношення поточного значення кутової швидкості у вертикальній поперечній площині до граничного за умовою перекидання.

1.6 Нестандартизовані засоби і методи випробувань тракторів та сільськогосподарських машин

В останні роки з'явилися ряд публікацій направлених на дослідження питання спостережності об'єктів випробувань при динамічних випробуваннях [150], [160], [229]–[232].

А саме, для отримання достовірної (повної) інформації про рухомий об'єкт при динамічних випробуваннях необхідно, щоб кількість вимірювальних осей встановлених на нього давачів відповідала кількості усіх можливих незалежних переміщень, тобто числу степеней рухливості об'єкту.

Співвідношення між дійсною кількістю вимірювальних осей акселерометрів і кількістю степеней рухливості механічної системи характеризує спостережність об'єкту і можливість управління ним. Спостереження кінематичних параметрів за усіма координатами, що характеризують можливі переміщення, роблять об'єкт повністю спостережуваним.

Для отримання достовірної (повної) інформації про рухомий об'єкт необхідно, щоб кожній степені свободи вказаного об'єкту відповідала певна вимірювальна вісь.

Мінімально необхідна кількість вимірювальних осей, що необхідна для забезпечення простежуваності [150]

$$N = H, \quad (1.2)$$

де H – кількість степеней рухливості об'єкту.

При використуванні багатоосьових акселерометрів, їх необхідну кількість можна визначити таким чином:

$$K_D = \frac{H}{n} \quad (1.3)$$

де n – кількість осей чутливості в одному акселерометрі.

Співвідношення між дійсною кількістю вимірювальних осей акселерометрів і кількістю степеней рухливості механічної системи характеризує спостережність об'єкту і можливість повного управління ним. Спостереження кінематичних параметрів за усіма координатами, що характеризують можливі переміщення, роблять об'єкт повністю спостережуваним. Під час використання акселерометрів, як давачів для системи керування рухом, це дозволяє зробити об'єкт повністю керованим [150].

Для того, щоб об'єкт був повністю спостережуваним необхідно, щоб всі вимірювальні вісі встановлених на нього акселерометрів відповідали всім можливим незалежним переміщенням, тобто степеням рухливості машини.

Таким чином, для оцінки рівня спостережності машини в [150] пропонується показник – коефіцієнт спостережності, рівний відношенню сумарного числа недубльованих вимірювальних осей N_1 акселерометрів, встановлених на об'єкті, до числа його степеней рухливості H

$$K_H = \frac{N_1}{H}. \quad (1.4)$$

За $K_H < 1$ об'єкт не є повністю спостережуваним, а за $K_H = 1$ – повністю спостережуваним.

Для обліку можливого дублювання вимірювальних осей акселерометрів пропонується досліджувати наступний коефіцієнт дублювання:

$$K_{\text{Дубл}_i} = \frac{N_{\text{Дубл}_i}}{N_1}, \quad (1.5)$$

де $N_{\text{Дубл}_i}$ – кількість дубльованих вимірювальних осей акселерометрів у напрямі i -го незалежного переміщення.

За $K_{\text{Дубл}_i} > 1$ з'являється можливість підвищення точності вимірювань за всіма або частиною напрямів незалежних переміщень за рахунок використання методу паралельних спостережень.

Для можливості реалізації запропонованого методу оцінювання спостережності об'єкту випробувань можна використовувати вимірювальні системи іноземних розробок [233]–[235], так і вітчизняні розробки у цьому напрямку [236]–[238]. Принцип дії указаних вимірювальних систем базується

на вимірюванні прискорення (основний показник) об'єкту випробувань і подальшої обробки результатів вимірювання із застосуванням результатів спостережень додаткових показників (час, швидкість, координати GPS, тощо). Кожна із вимірювальних систем, що аналізувались має як переваги, так і недоліки.

Також існують системи вимірювання параметрів руху здійснюється за допомогою системи для вимірювання швидкості об'єкту, що містить в собі вимірювальний провідник, розташований в горизонтальному напрямку, перпендикулярному напрямку руху об'єкту, з можливістю впливу на цей провідник магнітного поля Землі, і бортовий обчислювач, виконаний з можливістю визначення швидкості руху об'єкту в залежності від різниці електричного потенціалу між різними точками вимірювального провідника, додатково може бути встановлений давач магнітного поля і інклінометр або акселерометр. Недоліком цього способу є понижена точність вимірювання, відсутність універсальності в застосуванні і підвищена складність встановлення на об'єкті вимірювального обладнання внаслідок необхідності обладнання спеціальних посадочних місць під різні давачі та неможливість визначення напрямку вектору лінійної швидкості.

Відомо також спосіб визначення швидкості руху наземного транспортного засобу [235], що полягає в тому, що при використанні двох вимірювачів швидкості (основного і додаткового) здійснюють безперервне вимірювання швидкості руху об'єкта основним і періодичні вимірювання з високою точністю додатковим вимірювачем, використовуючи вимірювання часу затримки сигналу другого каналу щодо першого високоточним вимірювачем в певних межах часових інтервалів, попередньо обумовлених менш точним вимірювачем швидкості. Недоліком цього способу є неможливість визначення напрямку вектору швидкості, що потребує застосування додаткових приладів і відповідно обмежує універсальність в застосуванні.

Схожий принцип дії і аналогічні недоліки мають і інші вимірювальні системи.

Сигнальна реєстраційно-вимірювальна система [236], що складається з двох акселерометрів і інформаційно-програмного комплексу забезпечує спостережність об'єкту випробувань, але має обмежену сферу застосування, а саме, гальмівні випробування.

Найбільш достовірною вимірювальною системою є [237]. Вимірювання параметрів руху, здійснюється вимірювальною системою в якій для вимірювання параметрів руху, в тому числі і швидкості руху, використовують два трикоординатні датчики лінійного прискорення. Інформація про параметри руху транспортного засобу одержується шляхом математичної обробки сигналів з датчиків прискорень. Інформація про швидкість руху об'єкту випробувань одержується шляхом математичної обробки без застосування інтегрування сигналів з датчиків прискорень. Однак така вимірювальна система теж має недоліки, а саме на результат вимірювання значно впливають подовжній і поперечний ухили поверхні, якою рухається об'єкту випробувань, що вимагає застосування складних методів коригування похибки вимірювання і застосування додаткових технічних засобів. Необхідність їх застосування підвищує трудові і матеріальні затрати.

Для підвищення точності вимірювання параметрів руху тракторів і машинотракторних агрегатів авторами в роботі [238] запропоновано, на основі сучасних досягнень науки і техніки, вимірювальний комплекс моніторингу буксування і швидкості машинно-тракторних агрегатів. У порівнянні з існуючими, цей комплекс має ряд переваг. А саме, підвищено універсальність і автономність, за рахунок можливості проведення моніторингу буксування в режимі реального часу та інформування оператора машинно-тракторного агрегату про буксування і абсолютну швидкість для оптимізації режиму руху агрегату і зменшено похибку вимірювання буксування і швидкості машино-тракторного агрегату при випробуваннях та

в умовах експлуатації шляхом зміни складу інформаційного обладнання і спрощення непрямих вимірювань.

Поставлена задача вирішена тим, що комбінований вимірювальний комплекс моніторингу буксування і швидкості машино-тракторного агрегату, що включає систему збору і оброблення даних, дозволяє провести оцінювання зміни коефіцієнту буксування і дійсної швидкості руху машино-тракторного агрегату в режимі реального часу і підвищити точність вимірювань. Це досягається за рахунок використання комбінації безконтактного і контактного вимірювачів швидкості на основі когерентного радару міліметрового діапазону і давача Холу, сигнал яких після синхронізації і оброблення в цифровому блоці виводиться на дисплей в кабіні машино-тракторного агрегату. Сфера застосування [238] може бути, крім випробувань, в системах автоматичного контролювання енергетичних показників машинно-тракторних агрегатів

З огляду на те, що змінюється парадигма організації і проведення випробувань (див. р.1.1, 1.2), актуальним стає питання пошуку нових методів випробувань, перспективним, з точки зору застосування в практиці випробувань є метод парціальних прискорень, розроблений під керівництвом проф. Подригало М. А. та проф.Лебедева А. Т., інструментарій для застосування якого розроблено в [239]. Цей метод засновано на зворотному переході від вектору суми сил в просторі до векторної суми прискорень в просторі. В основі методу лежить принцип «суперпозицій» в механіці. Метод парціальних прискорень зручний при проведенні експериментальних досліджень. Цей метод знайшов своє широке застосування при дослідженні мобільних машин, машино-тракторних агрегатів та сільськогосподарських машин [240]–[254].

Суть методу парціальних прискорень заключається у прямому вимірюванні прискорень (сповільнень) машини і послідууючої обробки результатів вимірювання. Методики випробувань за кожним із способів

застосування методу є індивідуальними. Тому актуальними залишаються питання оцінювання придатності таких методик.

1.7 Висновки за розділом 1 та постановка задач дослідження

Проведений аналіз літературних джерел і нормативних джерел свідчить про те, що підписання Україною Угоди про асоціацію з Європейським Союзом у 2014 році стало переломним моментом у реформуванні системи технічного регулювання в Україні і переходу на нові форми підтвердження відповідності продукції. Перехід від обов'язкової сертифікації до підтвердження відповідності вимогам Технічних регламентів вимагають удосконалення системи випробувань, її диверсифікації. Це потребує більш повного та якісного методичного і технічного забезпечення для реалізації гармонізованих підходів до оцінювання відповідності продукції. У свою чергу, одним із важливих резервів підвищення виробничих і економічних можливостей машинно-тракторних агрегатів – є найбільш повне використання ресурсу за одночасного зниження затрат на їх ремонт і технічне обслуговування. Крім цього, перехід на новий організаційний рівень випробувань потребує розробки нових показників і критеріїв оцінювання якості продукції, а відповідно, і розробки нових наукоємких методів випробувань і їх метрологічного забезпечення. В зв'язку з цим виникає проблема розроблення і впровадження ефективних систем організації випробувань тракторів та методів і засобів їх проведення.

Для усунення виявлених недоліків необхідно:

- сформулювати концепцію інформаційно-логістичної системи метрологічного забезпечення випробувань тракторів;

– синтезувати методологію встановлення нормативного значення показника та методологію перевірки відповідності теоретичної моделі вимірювання експериментальній;

– розробити модель та алгоритм вимірювання просторово-часової орієнтації об'єктів випробувань на основі методу парціальних прискорень;

– обґрунтувати оціночні показники та розробити метод випробувань гідрооб'ємного рульового керування тракторів із застосуванням методу парціальних прискорень;

– розробити метод випробувань та оціночні показники гальмівних систем тракторів і причіпних машин із застосуванням методу парціальних прискорень;

– сформулювати оціночні показники та метод випробувань елементів приводу активних робочих органів машин із застосуванням методу парціальних прискорень;

– синтезувати експериментально-аналітичний метод вимірювання кута поперечної стійкості машин.

Результати дослідження опубліковані в [25]

РОЗДІЛ 2

КОНЦЕПЦІЯ РОЗРОБКИ НОВИХ МЕТОДІВ ВИПРОБУВАНЬ ТРАКТОРІВ

Проведення випробувань – це складний процес, основними складовими якого є методи та засоби, в результаті якого експериментально визначаються кількісні і/або якісні характеристики (властивості) об'єкта як наслідок дії на нього зовнішнього впливаючого фактору [90]. Реформування системи технічного регулювання, перехід від обов'язкової сертифікації до підтвердження відповідності вимогам технічних регламентів вимагають удосконалення системи випробувань, її диверсифікації та системного підходу від навчання випробувачів до видачі протоколу випробувань.

2.1 Метрологічне забезпечення випробувань

В законі України «Про метрологію та метрологічну діяльність» [58] відсутнє поняття метрологічного забезпечення випробувань. Проте в наукових виданнях є визначення цього терміну. Метрологічне забезпечення випробувань – це встановлення і застосування наукових і організаційних основ, технічних засобів, метрологічних норм і правил, необхідних для отримання достовірної вимірювальної інформації про значення показників якості і безпеки продукції і послуг, а також про значення характеристик режимів функціонування об'єкта і/або впливаючих факторів при випробуваннях [136]. Тобто термін «метрологічне забезпечення» об'єднує в собі усі складові процесу випробувань, починаючи від їх організації і закінчуючи результатом випробувань.

Розглядаючи метрологічне забезпечення випробувань як складну структуру, можна виділити в його складі суб'єкт і об'єкт (рис. 2.1).



Рисунок 2.1 – Структура метрологічного забезпечення випробувань

У загальному розумінні (філософському), суб'єкт (лат *subjectum* – те, що знаходиться знизу, в основі) – це носій діяльності, свідомості і пізнання, об'єкт (лат. *objectum* – предмет) – філософська категорія, що позначає річ, явище або процес на які направлена предметно-практична, керуюча і пізнавальна діяльність суб'єкта [255].

В контексті метрологічного забезпечення випробувань суб'єктом являються організаційні і наукові основи їх проведення. Саме, в залежності, від тих норм, вимог і принципів які будуть закладені на організаційному рівні (з урахуванням досягнень науки і потреб споживачів) буде формуватись об'єкт метрологічного забезпечення випробувань.

Основною складовою об'єкту метрологічного забезпечення випробувань є метод – сукупність елементів і конкретно описаних операцій, виконання яких забезпечить отримання результатів з встановленими показниками точності і невизначеності. Відповідно метод випробувань формується, також, з урахуванням досягнень науки і організації проведення випробувань. Метод містить нормативний документ (стандарт) в якому

описані вимоги і умови його реалізації, алгоритм його реалізації (порядок здійснення методу), технічні засоби, з допомогою яких він реалізується, система оцінювання точності, достовірності і адекватності отриманих результатів випробувань, зовнішній впливаючий фактор, який є невід’ємною складовою методу випробувань і суб’єкт випробувань – виконавець, оскільки він є одним із факторів, що впливає на якість випробувань.

Вимоги і потреби споживачів – це показники якості, а також інші характеристики продукції і вимоги, які споживач пред’являє до організації, що проводить випробування. Ці вимоги є вхідними даними для формування об’єкту метрологічного забезпечення випробувань.

Властивості продукції, показники якості продукції, метрологічний допуск на їх числове значення і критерії їх оцінювання є також складовими метрологічного забезпечення випробувань. Вони можуть бути або прописані у відповідних нормативних документах, або встановлюватись замовником. Виходячи з цих вимог формується зовнішній впливаючий фактор.

У профільній випробувальній лабораторії, яка тривалий час надає свої послуги на ринку, є (має бути) достатньо накоплене досвіду про технологічні процеси випробувань, закономірності технічного розвитку продукції, випробування якої вона проводить. Тому вона (лабораторія) може пропонувати кожному замовнику свої підходи до оцінювання якості продукції: які показники необхідно вимірювати, з якою точністю вони можуть бути виміряні, яка буде достовірність і адекватність одержаних результатів (наскільки результати випробувань розповсюджуватимуться на реальні умови експлуатації продукції). Крім цього, інформація якою володіє лабораторія, може бути основою для прогнозування розвитку і зміни як технічного стану продукції, так і методів її дослідження (методів випробувань). Відповідно до цього, випробувальна лабораторія на основі свого досвіду і за умови наукового обґрунтування може пропонувати замовнику методи випробувань, що дозволять достовірно оцінити і висвітлити якість продукції. За таких умов випробувальна лабораторія сама

обґрунтовує і/або вибирає режими впливаючих факторів та формулює завдання на калібрування своїх засобів вимірювальної техніки. Це забезпечує отримання достовірної інформації про режим функціонування досліджуваного об'єкту за оптимальних затрат на проведення випробувань.

2.2 Концепція розробки методів випробувань

Необхідність нового підходу до організації розробки, впровадження і використання нових методів випробувань пов'язана з наступними факторами (рис. 2.2).



Рисунок 2.2 – Фактори, що обумовлюють перехід на нову систему організації випробувань

1. Розширення номенклатури об'єктів випробувань. Спостерігається широкий спектр класів, типів і видів машин, які можуть, як істотно відрізнятися в технічному і конструктивному плані, так і мати незначні відмінності. Окрім цього, на ринок України поставляється значна кількість

техніки закордонного виробництва, в якій широко застосовуються мікропроцесорна техніка і засоби автоматики і автоматизації. Застосування традиційних вітчизняних методів випробувань може бути ускладнено через відсутність необхідного метрологічного забезпечення (випробувальне устаткування, нормативні документи, кваліфікація випробувачів, тощо).

2. Брак технічної інформації щодо техніки закордонного виробництва. Кожна фірма-виробник має свої технології, які захищені патентами. Випробування можуть проводитися в умовах недостатньої інформації про об'єкт. Стандартизовані методи випробувань необхідно, в деякій мірі, адаптувати до нових вимог, з урахуванням особливостей конструкції об'єкту випробувань.

3. Маркетингові дослідження вимог замовника. Реалізація техніки в умовах ринку потребує маркетингових досліджень щодо інтересів споживачів. Це ставить нові задачі по вивченню споживацьких характеристик техніки і способів їх оцінювання. Результатом реалізації цієї дії є гнучке реагування на потреби споживачів, а також сприяння просуванню техніки на ринку. Основні задачі в цій сфері – своєчасне виявлення показників, які представляють інтерес для споживача, розробка методів їх вимірювання (визначення, оцінювання) і метрологічне забезпечення запропонованих методів (вибір, розробка випробувального устаткування, валідація методу випробувань, що є окремою науковою задачею).

4. Новий підхід до оцінювання точності. Згідно з ДСТУ EN ISO/IEC 17025:2019 [134] точність вимірювання повинна оцінюватися за показником – невизначеність. Це вимагає обґрунтування вимог до цього показника, встановлення його допустимих значень. За виконання таких умов результати випробувань будуть достовірними, адекватними і визнаватися.

5. Порівняльні випробування. Необхідне виділення в окрему категорію порівняльних випробувань. Згідно з вимогами [134] випробувальна лабораторія повинна проводити періодичне оцінювання своїх методів з

метою визначення їх придатності. На сьогоднішній день є достатня кількість нормативних документів і публікацій по проведенню міжлабораторних порівняльних випробувань. Проте ця процедура ускладнюється за малого об'єму вибірки в межах однієї лабораторії, при використуванні нестандартизованих методів. Окрім цього, складно забезпечити ідентичність контрольних зразків об'єктів сільськогосподарського машинобудування. Обґрунтовування умов і способів проведення порівняльних випробувань за розробленими методами, їх нормативне і метрологічне забезпечення, повинне бути невід'ємним елементом оцінювання методу на придатність.

6. Розсіювання показників нових зразків. Необхідне виділення в окрему категорію випробувань за визначенням розсіювання однотипних показників нової техніки. На основі цієї інформації можна проводити нормування показників, оцінювати стабільність виробництва, прогнозувати розвиток технічного стану об'єкту випробувань.

Останнім часом спостерігається тенденція розвитку експрес-методів випробувань і «fokus-test» (нім.). Експрес-метод дає можливість з мінімальними витратами часових і матеріальних ресурсів зробити висновок про фактичний стан елементу, конструкції в цілому і дати рекомендації про подальше поглиблене дослідження конкретного вузла або елементу машини. «Fokus-test» – це випробування з метою визначення конкретного показника. Цей показник може бути встановлений замовником (заздалегідь погоджений із замовником) і виражати споживчу властивість продукції. Ця властивість може виражатися в показниках, вимоги до яких встановлені в діючих нормативних документах або показниках, значення яких цікавить замовника. «Fokus-test» проводяться з метою виділення продукту на ринку і, особливо, його інноваційності. Особлива увага надається випробуванням за окремими критеріями, такими як зносостійкість, потужність, якість виконуваних робіт. Яскравим прикладом упровадження «fokus-test» в сфері випробувань машин є випробувальний центр DLG (Німеччина) [256]. Експрес-методи і «Fokus-

test» це нові нестандартні і оригінальні підходи до способів оцінювання якості продукції.

Процедура розробки нових високотехнологічних і інформативних методів випробувань і їх метрологічного забезпечення потребує проведення окремих наукових досліджень з наступних питань:

- обґрунтування оціночного показника, встановлення «метрологічного допуску» на нього, встановлення номінального, допустимого і граничного значення (встановлення критеріїв оцінювання), обґрунтування і розробка нових моделей і образів їх визначення, які забезпечать повну спостережність за об'єктом випробувань [161];

- обґрунтування і встановлення (вибір) параметрів точності вимірювання показників, обґрунтування вимог до випробувального устаткування, обґрунтування параметрів і вимог до зовнішнього впливаючого фактора, формування завдання і умов на калібрування засобів вимірювальної техніки;

- розробка програм і методик випробувань, обґрунтування і розробка методики обробки результату, перевірки адекватності математичних моделей на адекватність і достовірність;

- дослідження того, як будуть змінюватись результати випробувань при зміні інтенсивності дії зовнішнього впливаючого фактору; дослідження можливості розповсюдження результатів випробувань на реальні умови експлуатації;

- дослідження показників правильності і прецизійності методу;

- розробка методології прийняття рішень за наслідками випробувань.

Звісно, поставлені питання не є новими і вичерпними, проте методи їх вирішення і самі рішення потребують постійного удосконалення. Рішення указаних питань вимагає застосування системного підходу на основі сучасних технологій і удосконалення методологічних принципів, які дозволять науково обґрунтувати стратегію диверсифікації випробувань в

частині розвитку методів, засобів і метрологічного забезпечення їх проведення.

Узагальнюючи викладений вище матеріал, можна сформулювати основні положення концепції розвитку методів випробувань (рис. 2.3).



Рисунок 2.3 – Концепція розробки нових методів випробувань

Головна ідея концепції: визначення характеристик продукції, враховуючи поєднання вимог обов'язкових нормативних документів і вимог споживача (замовника) в частині їх бачення щодо важливості тієї або іншої характеристики на основі реальних досягнень науково-технічного прогресу.

Основні положення концепції:

– обґрунтування на основі реальних досягнень науково-технічного прогресу нових визначальних показників і розробка моделей і методів випробувань, якими можна визначити ці показники;

– формування нового адаптивного простору метрологічного забезпечення випробувань, здатного реагувати на зміни, що відбуваються на ринку;

- новий рівень взаємовідносин замовників і виконавців випробувань, розробка рекомендацій за результатами випробувань для поліпшення якості продукції;
- обґрунтування підходів до підтвердження і забезпечення якості методів випробувань.

2.3 Новий підхід до класифікації випробувань та формування їх метрологічного забезпечення

Як уже було сказано вище, для забезпечення можливості отримання повної інформації про об'єкт випробувань він повинен бути повністю спостережним. Цей факт є важливим доказом того, що необхідно розробляти нові методи випробувань, а для цього необхідно абстрагуватись від існуючої системи і розробити нові підходи до синтезу безпосередньо методів випробувань, нового випробувального устаткування і метрологічного забезпечення випробувань в цілому. А це, в свою чергу, вимагає нового підходу до формування метрологічного забезпечення випробувань, як комплексного механізму, що безпосередньо впливає на якість продукції, що випробовується. Дієвим махізмом у вирішенні указаної проблеми є миследіяльністьна методологія [257].

Миследіяльністьна методологія базується на третьому визначенні поняття «система», згідно з яким можуть бути побудовані моделі, які дозволяють вирішувати основні задачі аналізу, синтезу і класифікації об'єктів техніки. Уже розроблено нові підходи до формування системи технічного обслуговування і ремонту транспортних засобів, транспортних технологій, формування комплексу нормативних документів з екологічної безпеки транспортних засобів. Миследіяльністьна методологія може застосовуватися не тільки при організації технічних систем, тому її можна узяти як

інструмент для проведення подальших досліджень в області метрологічного забезпечення випробувань.

Система за третім визначенням цього поняття має такі атрибути [286]:

- рівні ієрархії: підсистема, система, надсистема;
- фази: початкова (минула), основна (теперішня), заключна (майбутня);
- види функцій: допоміжна, основна, керівна.

Розповсюджуючи указане вище на систему випробувань продукції сільськогосподарського машинобудування, пропонуються наступні атрибути (рис. 2.4).

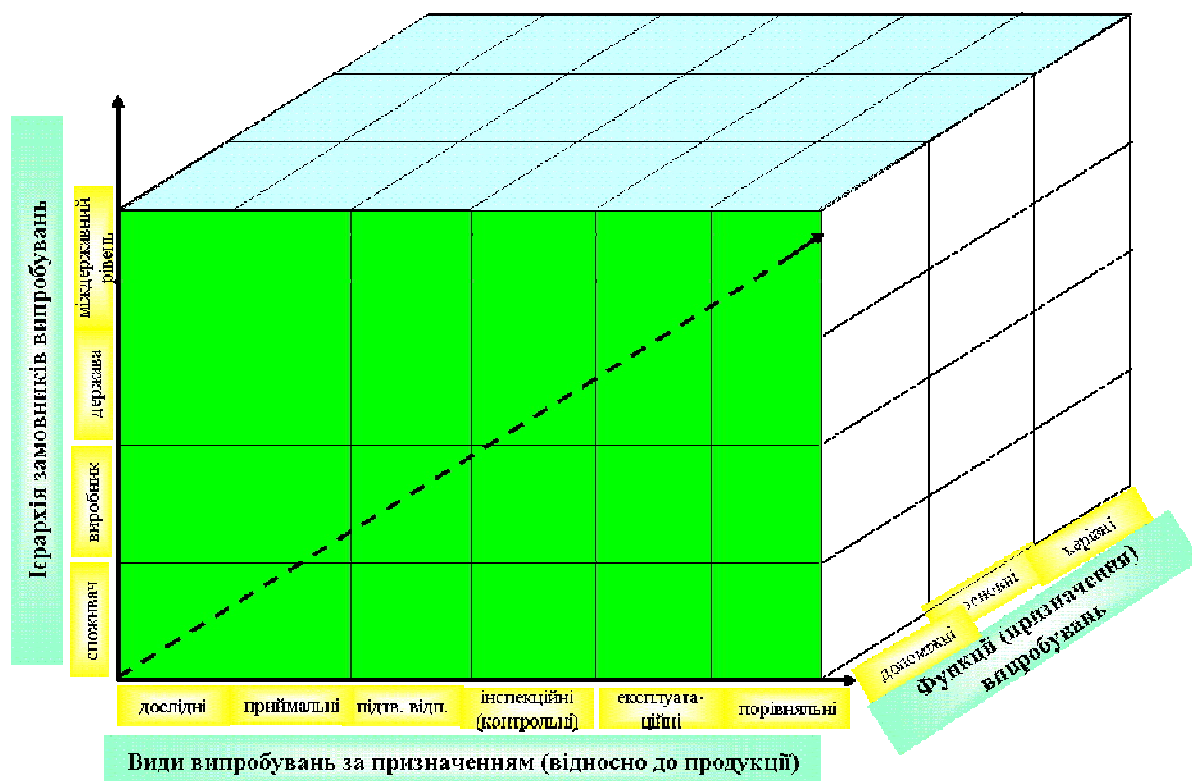


Рисунок 2.4 – Структура випробувань, за третім визначенням поняття «система»

Рівні ієрархії визначаються рівнем замовників випробувань. Це можуть бути споживачі, виробники, держава, міжнародні замовники (міжлабораторні порівняльні випробування за участі лабораторій з різних країн (континентів)). Кожна категорія замовників визначає свої вимоги до того, які характеристики продукції необхідно визначати. Споживачів продукції

цікавлять її споживчі якості. Це може бути один чи декілька показників, методи визначення яких не завжди є стандартизованими. Виробників цікавлять показники, що відносяться до категорії безпеки та призначення. За державних випробувань проводиться технічна експертиза конструкції, визначення показників технічної характеристики, що встановлені технічними умовами чи іншим документом на виготовлення продукції, оцінюється якість виконання технологічного процесу, експлуатаційно-технологічне оцінювання, оцінюється пристосованість до технологічного і технічного обслуговування, перевіряються показники безпеки, ергономічності і екологічності, визначаються показники надійності. Замовлення на міждержавному рівні – це різновид випробувань контрольної функції, коли проводяться порівняльні випробування на міждержавному рівні. Кожен із замовників випробувань пред'являє свої вимоги до рівня точності визначення показників, умов випробувань (наприклад, споживачі можуть замовити випробування за заданих умов, а не за регламентованих нормативним документом на метод випробувань).

Види функцій визначаються видом випробувань у взаємозв'язку з етапом життєвого циклу продукції на якому проводяться випробування. Це дослідні випробування, приймальні, випробування з метою підтвердження відповідності, інспекційні (контрольні), експлуатаційні, порівняльні. Для кожного виду випробувань встановлюються свої вимоги до умов їх проведення, точності визначення показників, характеристик, що визначаються. Дослідні випробування проводяться за не стандартизованими методиками, методи обробки результатів таких випробувань можуть бути найрізноманітнішими. Крім цього, досліджуються також самі методи обробки результатів на їх пристосованість до кожного окремого випадку. За приймальних випробувань визначаються показники регламентовані нормативними документами на виготовлення продукції. При випробуваннях з метою підтвердження відповідності повнокомплектного зразка продукції визначаються показники безпеки та екологічності та його відповідність

певному типу. Для окремих компонентів продукції визначаються функціональні показники та відповідність певному типу. До дослідних належать також випробування типу «focus-test». Інспекційні (контрольні) випробування проводяться з метою контролю за дотриманням виробником вимог документації на продукцію, що виготовляє. Експлуатаційні випробування проводяться з метою визначення функціонування продукції в реальних умовах експлуатації або з метою висвітлення певних споживчих якостей продукції. Такі випробування проводяться, наімовірніше, в умовах, що відрізняються від умов встановлених в нормативних документах на метод випробувань і потребують особливого контролю щодо умов використання засобів вимірювальної техніки і випробувального устаткування. Замовник може сформулювати свої вимоги щодо показників про які він хоче мати інформацію. Порівняльні випробування – це окремий вид випробувань, коли об'єктом дослідження є не характеристика продукції, а достовірність і адекватність її визначення. Це порівняльні в межах лабораторії або міжлабораторні порівняльні випробування. Замовниками таких випробувань можуть бути як держава в рамках акредитації випробувальної лабораторії, так і на міждержавному рівні для підтвердження лабораторією свого статусу. Проводяться такі випробування в регламентованих умовах. Окремої уваги потребують дослідження характеристик зразків продукції, що випробовуються.

Фази визначаються послідовністю виконання дій при випробуваннях: допоміжні, основні, контрольні. Допоміжна фаза – це визначення умов випробувань, калібрування засобів вимірювальної техніки в процесі випробування (якщо це передбачено умовами використання цих засобів), визначення параметрів випробувального майданчика, перевірка правильності встановлення давачів, тощо. Основна фаза – безпосереднє визначення показника, що замовлявся. Контрольна фаза – перевірка достовірності і адекватності результатів випробувань.

Кожен вид випробувань має в своїй структурі допоміжні, основні і контрольні фази, причому, допоміжна фаза може реалізовуватись паралельно з основною. Наприклад, коли впродовж випробувань необхідно контролювати умови вимірювань. Отже, результат випробувань формується за наступною послідовністю

$$PB = 3B \rightarrow B\Phi \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} D\Phi + \\ +O\Phi \times D\Phi + \\ +K\Phi \end{array} \right\} \quad (2.1)$$

де PB – результат випробувань;

$3B$ – замовник випробувань;

$B\Phi$ – вид функції (вид випробувань);

$D\Phi$ – допоміжна фаза;

$O\Phi$ – основна фаза;

$K\Phi$ – контрольна фаза;

«+» – послідовне виконання дій;

«x» – паралельне виконання дій.

Замовник надає програму випробувань з указанням виду випробувань. В залежності від виду випробувань вибирається або розробляється метод випробувань з конкретним формулюванням вимог до метрологічного забезпечення та фаз випробувань.

В роботі [257] у загальному виді виділяється сім рівнів розвитку системи, починаючи від світогляду, через філософські, методологічні і галузеві науки до конкретного втілення в практику використання (експлуатацію). Застосовуючи вказану методологію для реалізації концепції розвитку методів випробувань, а також виходячи з основної задачі метрологічного забезпечення (отримання достовірної виміральної інформації про значення показників якості і безпеки продукції) [135], можна

виділити чотири основні рівні формування системи метрологічного забезпечення випробувань (рис. 2.5).

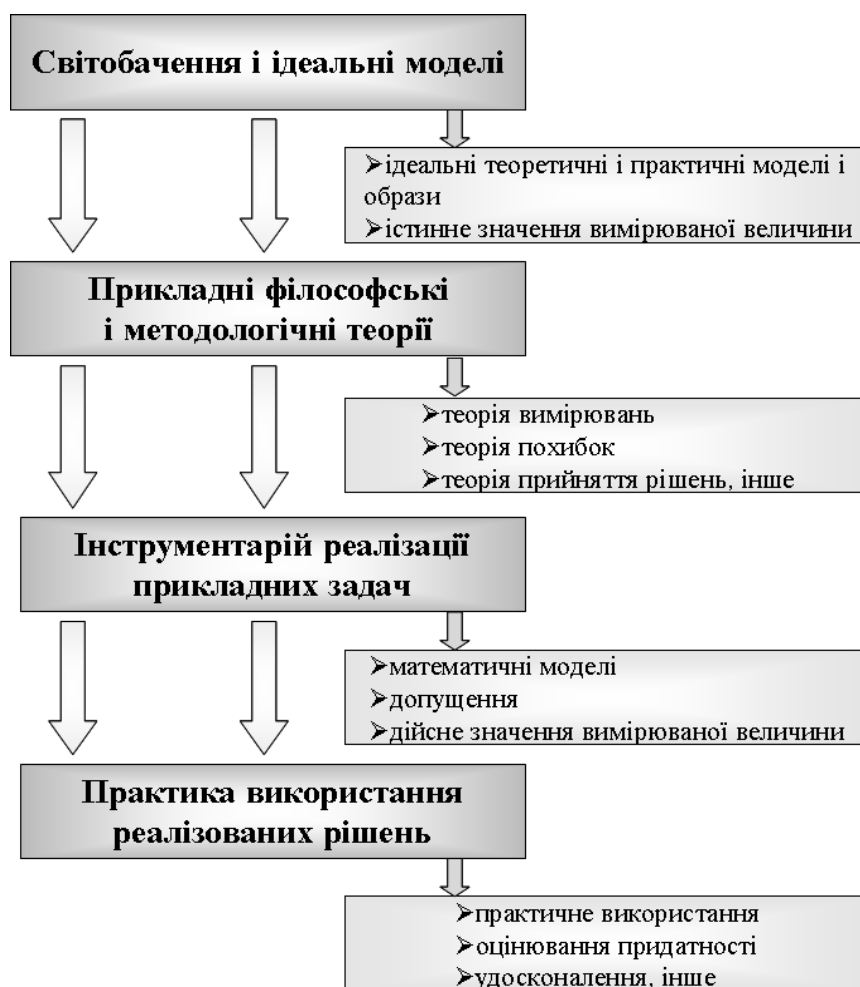


Рисунок 2.5 – Рівні формування нових методів випробувань на основі мислєдіяльнісної методології

1. Світобачення і ідеальні моделі – абстрактне мислення і формування образів: на цьому рівні виділяються у самому загальному виді вимоги до продукції і, відповідно, формулюються загальні напрями щодо дослідження її якості (показники, методи). Це бачення базується на ідеальних теоретичних і практичних моделях і образах випробувань, а також на понятті істинного значення вимірюваної величини.

2. Прикладні філософські і методологічні теорії: на цьому рівні реалізується основний теоретичний апарат, який є фундаментом і на базі

якого формуються подальші прикладні дослідження (теорія похибок, теорія вимірювання, теорія прийняття рішень, і інше).

3. Інструментарій реалізації прикладних задач, які були сформульовані у загальному вигляді на першому рівні: математичні моделі, метрологічне забезпечення, алгоритми реалізації методик, алгоритми прийняття рішень, тощо. На цьому рівні формуються математичні моделі з відповідними припущеннями, вводиться поняття дійсного значення вимірюваної величини, формується апарат зіставлення результатів теоретичного моделювання і експериментальних даних.

4. Практика використання реалізованих рішень, їх верифікація, валідація і удосконалення: практичне використання розробленого методу випробувань, перевірка його на придатність, тощо.

Проведений аналіз метрологічного забезпечення галузевих випробувальних лабораторій (сфера випробувань – випробування сільськогосподарських машин) дозволив сформувати перелік питань, на які необхідно дати відповідь в світлі адекватної реакції на зміни в системі технічного регулювання країни. Узявши за основу показники функціонування системи, запропоновані в [258], проведено додатковий аналіз діяльності указаних галузевих випробувальних лабораторій. Можна стверджувати, що результати аналізу розповсюджуються на усі випробувальні лабораторії, оскільки вони працюють за єдиним принципом організації – акредитація. Виявлено рівні, підходи і способи реалізації політики у сфері контролю якості продукції шляхом випробувань. Необхідне впровадження випробувань за погодженням із замовником показником і впровадження галузевої системи підтвердження відповідності методів випробувань. На рис. 2.6 показано підхід до організації випробувань, розробки їх нових методів і метрологічного забезпечення, з урахуванням мислєдїяльнїсної методологїї.

Як видно з рис. 2.6, запропонований підхід залишає в своїй структурі елементи класичного підходу (оскільки залишається державне регулювання

допуску продукції на ринок) і розширяється за рахунок нових цілей, способів і інструментів їх досягнення. Показники і методи їх визначення, розроблені за нового підходу можуть бути введені у законодавчо регульовану сферу випробувань за умови стандартизації їх на державному рівні.

Показник	Класичний підхід	Новий підхід
Рівень встановлення мети	➤ законодавчо регульований	➤ за домовленістю
Сутність мети діяльності	➤ встановлена мета ➤ надання достовірних результатів	➤ сформована мета ➤ заінтересованість сторін в наданні достовірних результатів
Шляхи досягнення мети	➤ єдині процедури	➤ заплановані процедури
Метод досягнення мети	➤ стандартизовані (без змін) методи випробувань	➤ різні (в тому числі наукоємні) методи випробувань
Терміни досягнення мети	➤ короткочасні завершені випробування	➤ нерегламентовані терміни проведення випробувань
Інструментарій	➤ акредитація	➤ адаптивна інформаційно-логістична система метрологічного забезпечення ➤ спеціально розроблена і погоджена програма і методика випробувань ➤ галузева система забезпечення якості випробувань
Задіяні об'єкти	➤ Відібраний за встановленими правилами об'єкт випробувань	➤ Відібраний а погодженими правилами об'єкт випробувань
Зв'язки з іншими галузями	➤ Вузькі, статичні (однозначний висновок: відповідає/не відповідає)	➤ розширені, динамічні, адаптивні (рекомендації іншим галузям, провайдинг)

Рисунок 2.6 – Аналіз існуючого і синтез нового підходу до розробки методів випробувань

За запропонованим підходом мета випробувань встановлюється за домовленістю між замовником випробувань і їх виконавцем. Тобто, замовник і виконавець встановлюють можливість проведення випробувань за погодженим показником, а взаємовідносини між ними базуються на взаємній довірі. Це обумовлено тим, що за результатами випробувань можна формулювати рекомендації і використовувати їх, на розсуд замовника, для внесення змін в конструкцію продукції з метою її удосконалення і/або підвищення якості. Програма випробувань розробляється індивідуально, а терміни проведення випробувань не регламентуються.

Методи випробувань, за нового підходу, розробляються індивідуально. Вони можуть бути як простими, так і наукоємними, комплексними. Вони повинні базуватися на науковому осмисленні і обґрунтуванні нових

визначальних показників, розробці образів і моделей їх визначення, і результатах перевірки можливості їх використання. Крім цього, повинні бути обґрунтовані і встановлені межі і значення метрологічного допуску на показники, критерії їх оцінювання з точки зору забезпечення безпеки і функціональності продукції.

Інструментом для досягнення встановлених цілей є адаптивна інформаційно-логістична система метрологічного забезпечення випробувань. Це система, яка акумулює в собі усі необхідні елементи для забезпечення якості проведення випробувань і здатна своєчасно реагувати, адаптуватися і ухвалювати відповідні рішення в залежності від потреб, як окремих замовників, так і суспільства в цілому.

Розробка нових методів випробувань у випробувальній лабораторії може бути як невід'ємним елементом в рамках її акредитації, так і самостійним видом науково-прикладної діяльності. Необов'язковість акредитації пояснюється тим, що, по-перше, нові методи випробувань будуть поза сферою акредитації, по-друге, якщо лабораторія хоче бути загальновизнаною, то вона сама піклуватиметься про свій імідж і підтверджуватиме свою діяльність систематичними періодичними самооцінками.

Для підтвердження якості нових методів випробувань необхідно синтезувати галузеві системи забезпечення якості випробувань. Такі системи дадуть можливість проводити міжлабораторні порівняльні випробування, оскільки в межах однієї галузі використовуватимуться схожі за своєю суттю методи і засоби їх проведення, а також простіше забезпечити ідентичність контрольних зразків. Окрім цього, обмін інформацією між галузевими лабораторіями сприятиме удосконаленню методів випробувань і їх метрологічного забезпечення.

Узагальнюючи вищесказане, можна сформулювати у загальному виді задачі метрологічного забезпечення випробувань:

- розробка моделей випробувань, максимально-наближених до реальних;
- розробка програм і методик випробувань з характеристиками, які відповідають встановленим/погодженим вимогам;
- комплексне підтвердження відповідності випробувального устаткування, методів і методик випробувань;
- розробка програм, методик і проведення калібрування засобів вимірювальної техніки виходячи з умов реалізації адекватності умов випробувань;
- розробка методик і проведення метрологічної повірки засобів вимірювальної техніки (в межах законодавчо встановлених);
- розробка механізмів зіставлення теоретичних і експериментальних моделей випробувань;
- підготовка персоналу до проведення випробувальних (вимірювальних) робіт;
- орієнтація на випереджаючий розвиток науково-технічного прогресу;
- адаптація і інформатизація;
- розробка і удосконалення галузевих систем забезпечення якості випробувань;
- розробка механізмів перевірки (самооцінки) готовності до проведення випробування/вимірювання з дотриманням встановлених/погоджених критеріїв.

2.4 Методологія розробки нових методів випробувань

При розробці нових методів випробувань необхідне комплексне вирішення сукупності різних завдань, що включають, у загальному виді, оперативне аналізування інформації і вироблення і отримання керуючих

сигналів, що забезпечують формування відповідних рішень [260]. Вирішення указаних задач можливе лише у разі застосуванні системного підходу з використанням адаптивного управління, що дасть можливість вирішувати задачі з урахуванням конкретних умов. Адаптація у такій постановці являє собою вибір оптимального варіанту в умовах недостатньої апріорної інформації, а адаптивний алгоритм розглядається як алгоритм, що дозволяє уточнювати прийняте рішення у міру надходження нової інформації.

Формування і прийняття рішень при розробці нових методів випробувань є складною погано формалізуємою задачею, тобто задачею, яка в окремих випадках вимагає побудови оригінального алгоритму вирішення в залежності від конкретної ситуації, для якої можуть бути характерні невизначеність і динамічність вхідних даних і знань.

Це пов'язано з тим, що розв'язання указаної задачі відбувається в умовах невизначеності, внаслідок браку інформації необхідної для формалізації процесів. Крім того, невизначеність може бути пов'язана із відсутністю апріорної інформації, а саме знань законів протікання процесів внаслідок їх складності. Це призводить до неможливості побудови формальних аналітичних моделей, що враховують специфіку більшості впливаючих факторів.

Основою методології розробки нових методів випробувань є окремі елементи системного і процесного підходів, що сприяють розробці ефективної стратегії дослідження об'єкту, вивчення взаємозв'язків і синтезу адекватної моделі методу випробувань. Ефективність розробленого методу випробувань визначається правильністю вибору сукупності концептів і їх взаємозв'язків і взаємовпливів, що дає змогу розв'язати поставлені задачі і досягти мети.

Методологію синтезу нових методів випробувань, у загальному виді, показано на рис. 2.7.

В якості математичного апарату, для опису методів випробувань, можна застосовувати нечітке когнітивне моделювання, що дає змогу

формалізувати чисельно невимірні фактори, використання неповної, нечіткої і протиречивої інформації, тобто проводити дослідження в умовах невизначеності і ризику.



Рисунок 2.7 – Методологія синтезу нових методів випробувань

Метою випробувань є отримання достовірної інформації про досліджуваний об'єкт, а також інформації про поведінку об'єкту при різних зовнішніх впливаючих факторах. Мета формується на етапі постановки задачі.

Далі, на етапі абстрактного мислення, складається образ того, що і як буде досліджуватись. На цьому етапі формується уявлення про сутність і

характеристики визначуваного, формується примірний перелік показників які можуть бути визначені, вибирається пріоритетний напрямок подальшого дослідження. Інформація, що синтезується на цьому етапі є вхідною для послідууючої формалізації.

Після складання образу створюється модель майбутнього методу: логічна, схематична, математична. Вид моделі залежить від складеного образу.

Допускається поєднання декількох моделей, наприклад, логічна і математична або схематична і математична, тощо.

Створення моделі є складним і працезатратним етапом. Умовно його можна розділити на декілька процесів: розробка і обґрунтування математичної моделі і схеми випробувань, розробка методики випробувань, вибір або проектування випробувального устаткування, тощо.

Математичний опис моделі – це процес обґрунтовування якісних/кількісних показників, обґрунтовування взаємозв'язків між функціональним станом об'єкту випробувань і визначеними показниками, синтез схеми вимірювання при випробуваннях. Проводиться математичне моделювання для визначення примірного порядку кількісних значень показників, що визначаються.

Одним із способів проектування моделі випробувань є теорія подібності [259], що вивчає явища в змінених масштабах. Це, в свою чергу може спростити і здешевити експериментальні дослідження. проте, слід мати на увазі, що із спрощенням моделі втрачається адекватність результатів дослідження через зміну умов проведення експерименту. Причиною такої втрати адекватності є обмеження, що закладаються в модель.

Слід сказати, що на сьогоднішній день питання оцінювання втрати адекватності під час моделювання масштабних умов здебільшого не проводиться, хоча приділяється увага масштабам подібності, якими, що власне, і є інструментом класичної теорії подібності [259].

Теорія імітації, на нашу думку, ще не оформилася у вигляді більш-менш самостійного розділу науки, проте роботи, зміст яких може бути витлумачено як спроби кількісно оцінити втрати адекватності при відхиленнях від вимог теорії подібності, з'являються як у вітчизняній, так і в закордонній науковій літературі. Потік таких робіт швидко зростає, особливо останні роки. Цей факт говорить про те, що повсюдно зростає потреба доводити немодельний експеримент як допустимий прийом досліджень, якщо проведена кількісна оцінка втрати адекватності.

На основі цього формуються вимоги до випробувального устаткування, за необхідності проводиться його класифікація. Воно може бути вибране із уже наявного з його модернізацією для забезпечення повної спостережності або проектуватись заново. Проводиться попередній розрахунок показників похибки і/або невизначеності, що можуть бути отримані із застосуванням запропонованого випробувального устаткування і встановлення необхідної кількості вимірювань. Маючи інформацію про фактичні показники похибки і невизначеності, переглядається математична модель і вносяться відповідні корективи.

Методика випробувань передбачає обґрунтування послідовності дій при проведенні випробувань. Встановлюються вимоги до умов випробувань і кваліфікації персоналу, що проводить випробування.

Наступний етап – експериментальна перевірка можливості практичної реалізації методу. Для цієї цілі вибирається об'єкт випробувань, якість якого підтверджена іншими (стандартними) методами. Визначаються показники правильності і прецизійності методу [144]. Інформація, отримана на цьому етапі, аналізується і, в залежності від рівня досягнення поставленої мети, приймається одне із двох рішень:

- метод є придатним для використання: показники точності, невизначеності і спостережності відповідають встановленій меті;

- метод потребує доопрацювання: вибір нового випробувального устаткування, перегляд методики, тощо.

У разі прийняття рішення про придатність методу випробувань, проводиться нормування показників, встановлюється метрологічний допуск на них. Після цього проводиться стандартизація методу та обґрунтовуються і встановлюються показники придатності методу із врахуванням фактичних значень показників.

Практично на кожному етапі розробки нового методу випробувань, особа, що проводить цю роботу стикається із задачею прийняття рішення. Ефективним способом прийняття рішення є застосування нечітких когнітивних моделей, в яких враховується те, що взаємовплив між факторами, що викликані різними причинно-наслідковими зв'язками, можуть мати різну інтенсивність і ця інтенсивність може змінюватись із часом [259], [260]. Вводиться поняття нечіткої когнітивної карти. Застосування нечітких когнітивних моделей дозволяє автоматизувати вирішення ряду складноформалізованих задач, що виникають на різних етапах прийняття керівного рішення.

В цілому, процес прийняття рішення за новим методом випробувань складається із чотирьох основних етапів:

- аналізування проблеми (постановка задачі щодо характеристик які необхідно визначити);
- формування мети і задач (обґрунтування математичної моделі, розробка методики, вибір (проектування) випробувального устаткування, вибір критеріїв і оцінювання їх ефективності (показники точності, достовірності і адекватності));
- формування і аналіз множини альтернатив (варіанти при прийнятті рішення, оцінка ефективності кожного рішення);
- формування керуючої дії (кінцеве рішення).

Кожен етап розділяється на підетапи, які є окремими задачами. Деякі задачі розв'язуються на основі припущень і нестрогих роздумів, що закладаються в модель випробування; формуються обмеження щодо застосування методу. Складність виникає при експериментальному

дослідженні методу внаслідок дії таких суб'єктивних факторів, як виконавець, об'єкт на якому проводяться дослідження і умови проведення випробувань. Доводиться враховувати статистичну інформацію і приймати рішення про можливість її розповсюдження як такої, що відповідає певним вимогам.

Нечітка когнітивна карта розробки методу випробувань являє собою причинно-наслідкову мережу, що відображає придатність методу. Формальний вид нечіткої когнітивної карти

$$Y = \langle R, U \rangle, \quad (2.2)$$

де $R = \{r_1, r_2, \dots, r_n\}$ – множина об'єктів моделі (концепти);

$U = \{1; 0\}$ – бінарне відношення на множині R , що задає зв'язки між об'єктами.

Об'єкти r характеризують як кількісні показники (похибка, невизначеність, тощо), так і якісні (умови випробувань, тощо). Нечітка когнітивна карта будується на інформації, якою володіє особа, що розробляє метод випробувань.

На множині концептів R можна виділити множину вхідних впливів $A = \{a_1, a_2, \dots, a_k\}$, множину вихідних впливів $V = \{v_1, v_2, \dots, v_p\}$, проміжні концепти $E = \{e_1, e_2, \dots, e_z\}$, множину зв'язків між концептами $U = \{u(r_i, r_j)\}$. Як зазначалось вище, зв'язки між концептами бінарного типу. Кожному зв'язку ставиться у відповідність нечітке правило з термами, які є лінгвістичними перемінними стану концепту.

Таким чином, інформаційну модель розробки нових методів випробувань можна представити універсальною алгеброю:

$$H = \langle Q, T, O, P, S, D, F \rangle, \quad (2.3)$$

де Q – множина з описом математичних моделей методу випробувань;

T – множина критеріїв для визначення достатності похибки (невизначеності) вимірювання;

O – множина з описом варіантів умов випробувань;

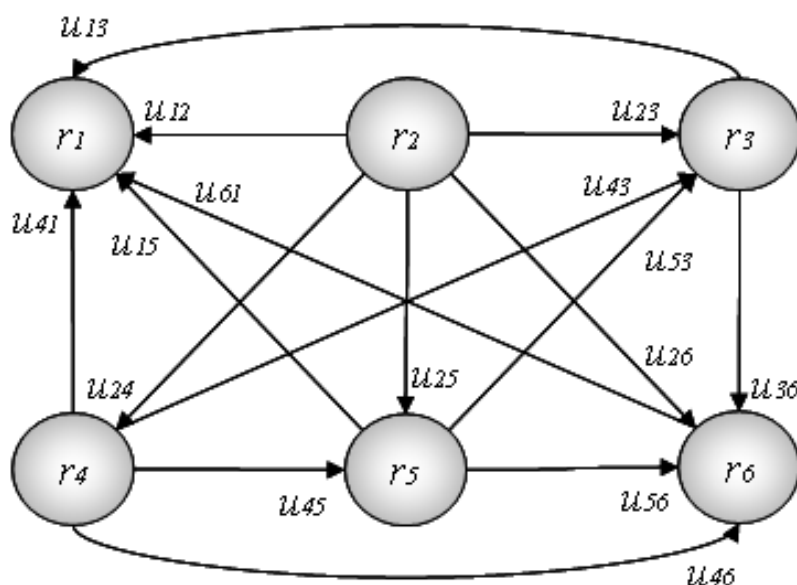
P – множина критеріїв для визначення достатності кількості спостережень (вимірювань);

S – множина правил, за якими приймаються рішення;

D – множина показників придатності методу;

F – множина параметрів зовнішнього впливаючого фактору.

Нечітку когнітивну карту зручно представити у виді зваженого орієнтованого графа, вершини якого (концепти) відповідають об'єктам множини R , а дуги – причинно-наслідковим зв'язкам. Кожна дуга має вагу, що задається відповідним нормованим показником інтенсивності впливу u_{ij} (рис. 2.8).



r_1 – показники придатності; r_2 – математична модель;

r_3 – показники похибки і невизначеності; r_4 – методика випробувань;

r_5 – умови проведення випробувань; r_6 – кількість спостережень
(вимірювань)

Рисунок 2.8 – Зважений орієнтований граф управління процесом розробки методу випробувань

Кінцевим результатом (прийнятим рішенням) є значення показників придатності методу і їх відповідність встановленим вимогам. На показники придатності будуть впливати, узагальнено, два фактори: методика випробувань з відповідними умовами, значеннями похибки і невизначеності вимірювання та математична модель випробувань, що характеризує адекватність методу реальним умовам. Математична модель випробувань буде впливати на рішення стосовно вибору методики випробувань. В свою чергу, методика випробувань буде впливати на кількість спостережень і, відповідно, похибку і невизначеність вимірювання.

2.5 Синтез адаптивної інформаційно-логістичної системи метрологічного забезпечення випробувань

Правильно організована система управління випробувальної лабораторії забезпечує виконання встановлених вимог щодо якості проведення випробувань, використання придатних методів випробувань, використання «правильного» випробувального устаткування та проведення випробувань кваліфікованим персоналом в належних умовах. Цей принцип реалізується навіть за умови діяльності в умовах ризику, тобто, коли є ймовірність виникнення негативної ситуації.

Сучасні тенденції, що направлені на збільшення використання інформаційних технологій не можуть залишатись поза увагою при побудові системи управління лабораторії. Доцільно запроваджувати «віртуальну лабораторію», що зможе реалізувати положення, що викладені в р. 2. Крім цього, «віртуальна лабораторія» дає змогу запровадити системний підхід до забезпечення якості випробувань, починаючи від навчання випробувачів до видання протоколу випробувань.

Класичний підхід до управління системами базується на тому припущенні, що можна отримати складну, але точну аналітично задану форму функціональної залежності вхідних і вихідних сигналів з послідуєчим уточненням значень коефіцієнтів [262]. Проте сферою застосування таких методів управління є відносно прості об'єкти управління. При некласичному підході до управління [262] за недостатньої кількості відомих параметрів, управління здійснюється за станом системи, який повністю відображає її подальшу поведінку.

Метрологічне забезпечення випробувань (система управління випробувальної лабораторії) є складною системою з багатьма входами і виходами (рис. 2.9). Комплексне вирішення задач метрологічного забезпечення можливе лише при застосуванні системного підходу, що дасть можливість вирішувати поставлені задачі з урахуванням конкретних умов. Тому метрологічне забезпечення випробувальної лабораторії повинно охоплювати нормативну, матеріальну, організаційно-трудову базу, базу оцінювання і забезпечення якості випробувань і підсистему інформаційно-логістичну. Кожна підсистема має свої визначені функції і задачі.

Підсистема «Нормативна» охоплює ряд організаційних питань. Це, в першу чергу умови допуску продукції, що випробовується, до експлуатації з точки зору параметрів технічного стану. Виходячи з указаних умов обґрунтовуються і встановлюються показники, що визначаються, їхні номінальні і допустимі значення, метрологічний допуск, точність з якою вони повинні визначатись і контролюватись. Указана інформація є входом усієї системи метрологічного забезпечення.

Основні задачі підсистеми «Нормативна»:

- вибір методу випробувань і відповідної методики виконання вимірювань;
- визначення норм точності параметрів, що контролюються і проведення оцінки придатності методики виконання вимірювання.

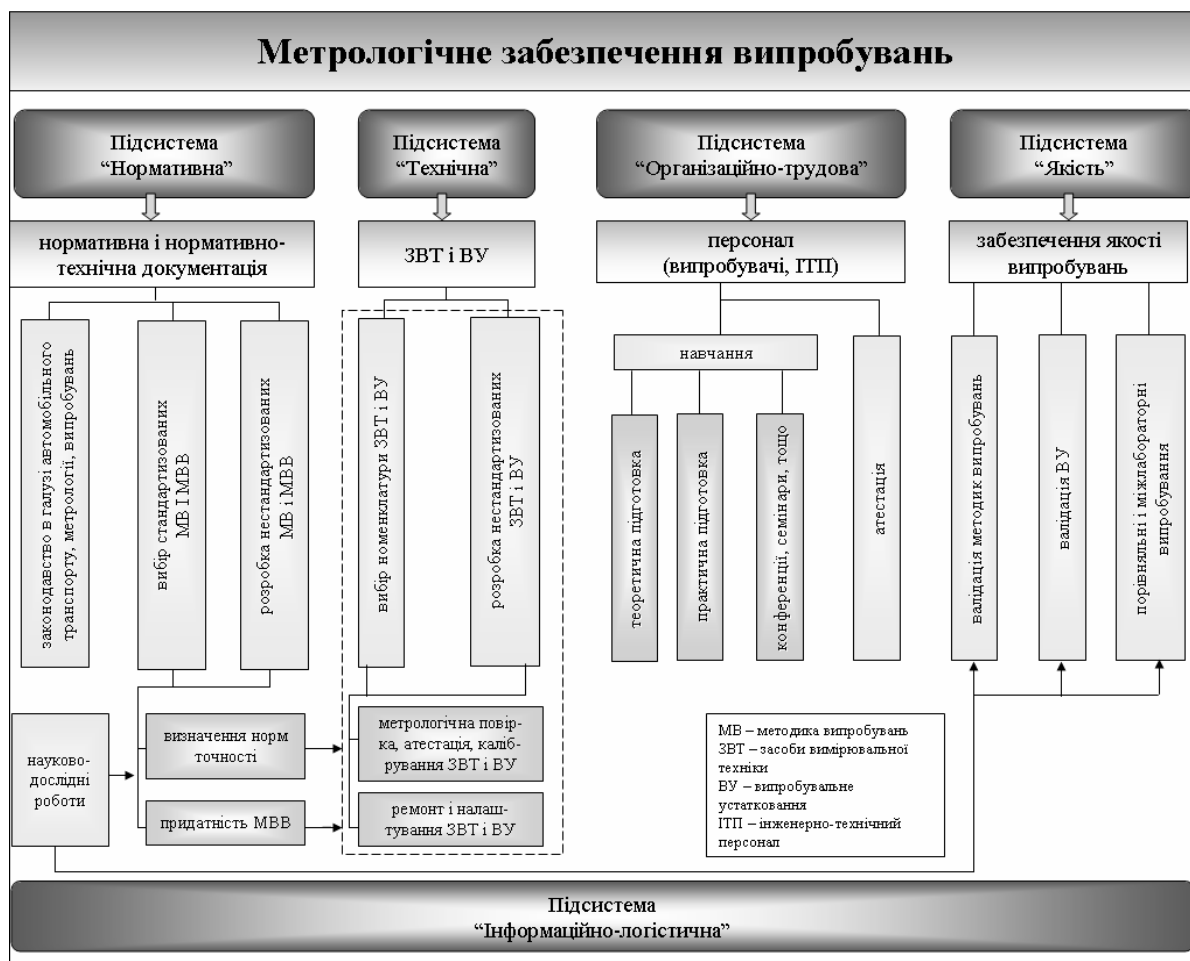


Рисунок 2.9 – Склад системи метрологічного забезпечення випробувань

Підсистема «Нормативна» також забезпечує проведення науково-дослідних робіт щодо розробки нестандартизованих методів випробувань, методик виконання вимірювання та їх оцінки придатності, засобів вимірювальної техніки і випробувального устаткування.

На виході підсистеми є інформація щодо кваліфікації необхідного персоналу (випробувачів, метрологів), необхідних методів і засобів вимірювальної техніки і випробувального устаткування, та інформація, яка поступає на вхід підсистеми «Якість» щодо проведення валідації методик.

Підсистема «Організаційно-трудова» забезпечує підготовку і наявність кадрів відповідної кваліфікації і категорії. Це випробувачі (метрологи) і інженерно-технічний персонал, який забезпечує необхідні умови для проведення випробувань. На вхід підсистеми поступає інформація з підсистеми «Нормативна». На виході реалізуються людські ресурси, що

мають відповідні знання, уміння і навички роботи з випробувальним устаткуванням, засобами вимірювальної техніки, проведення розрахунків похибок і невизначеності вимірювання, тощо. Програма підготовки фахівців повинна включати теоретичну і практичну підготовку, а також обмін досвідом на наукових конференціях і семінарах, тощо.

Підсистема «Якість» призначена для реалізації забезпечення якості випробувань і забезпечує використання лише придатних методик випробувань, придатних засобів вимірювальної техніки і випробувального устаткування, а також періодичне підтвердження їх придатності. На вхід системи поступають методи випробувань, методики виконання вимірювань, устаткування, а також кваліфікований персонал, який здатний проводити роботи із забезпечення якості випробувань.

На виході з підсистеми маємо, відповідно, валідовані методи випробувань і устаткування. За необхідності, можуть проводитись додаткові дослідження – інформація з виходу підсистеми «Якість» поступає на вхід підсистеми «Нормативна».

Підсистема «Технологічно-технічна» направлена на безпосередньо проведення метрологічних робіт. Технічна складова підсистеми призначена для розробки і підтримання засобів вимірювальної техніки і випробувального устаткування у справному стані, охоплює питання, що стосуються вибору, калібрування, метрологічної перевірки засобів вимірювальної техніки і випробувального устаткування, їх обліку, ремонту, допуску до експлуатації (регламентує метрологічний нагляд за засобами вимірювальної техніки і випробувальним устаткуванням). Указані задачі вирішуються шляхом розробки об'єктивних методик калібрування і метрологічної перевірки. Крім цього вирішуються питання впровадження результатів науково-дослідних робіт щодо нестандартизованих засобів вимірювальної техніки і випробувального устаткування. Технологічна складова реалізує алгоритми методик випробувань.

Велике значення мають питання створення спеціальних зразкових мір і засобів вимірювальної техніки для сільськогосподарських машин. Це обумовлено обмеженими можливостями оцінювання існуючими зразковими засобами динамічних похибок, невідповідністю діапазонів загально-технічних засобів вимірювальної техніки і умов вимірювання при випробуваннях і контролі, відсутністю зразкових засобів для оцінювання методів вимірювання нестационарних процесів, що виникають в ході роботи машини.

Інформація отримана на виході підсистеми періодично направляється в підсистему «Якість» для її оцінювання.

Уся інформація яка необхідна для реалізації процесу випробувань акумулюється у підсистемі «Інформаційно-логістична». Це автоматизована система з базами даних щодо методик виконання вимірювання, засобів вимірювальної техніки і випробувального устаткування, персоналу, результатів вимірювань і випробувань. На основі цієї інформації розробляються і впроваджуються відповідні рішення щодо оптимізації діяльності випробувальної лабораторії, коригувальні і запобіжні дії. Інформаційно-логістична підсистема повинна приймати рішення опираючись на факти з урахуванням можливих ризиків, а також розраховувати помилки I і II-го роду при впровадженні того чи іншого рішення.

Виходом запропонованої системи метрологічного забезпечення випробувальної лабораторії є результати випробувань, що відповідають встановленим (передбачуваним – для нестандартизованих методик) нормативам щодо точності і невизначеності вимірювання, тощо.

Взаємозв'язок між підсистемами системи метрологічного забезпечення випробувань показано на рис. 2.10.

При проведенні випробувань, персонал і керівник випробувальної лабораторії повинні бути впевнені у тому, що результати отримані в їхній лабораторії є достовірними. Тобто, їх цікавить узагальнена оцінка діяльності лабораторії (функціонування метрологічного забезпечення), що формується

інформаційно-логістичною підсистемою (рис. 2.9) у вигляді висновку: система управління «відповідає вимогам» або система управління «не відповідає вимогам» з зазначенням підсистеми в якій виявлена невідповідність.

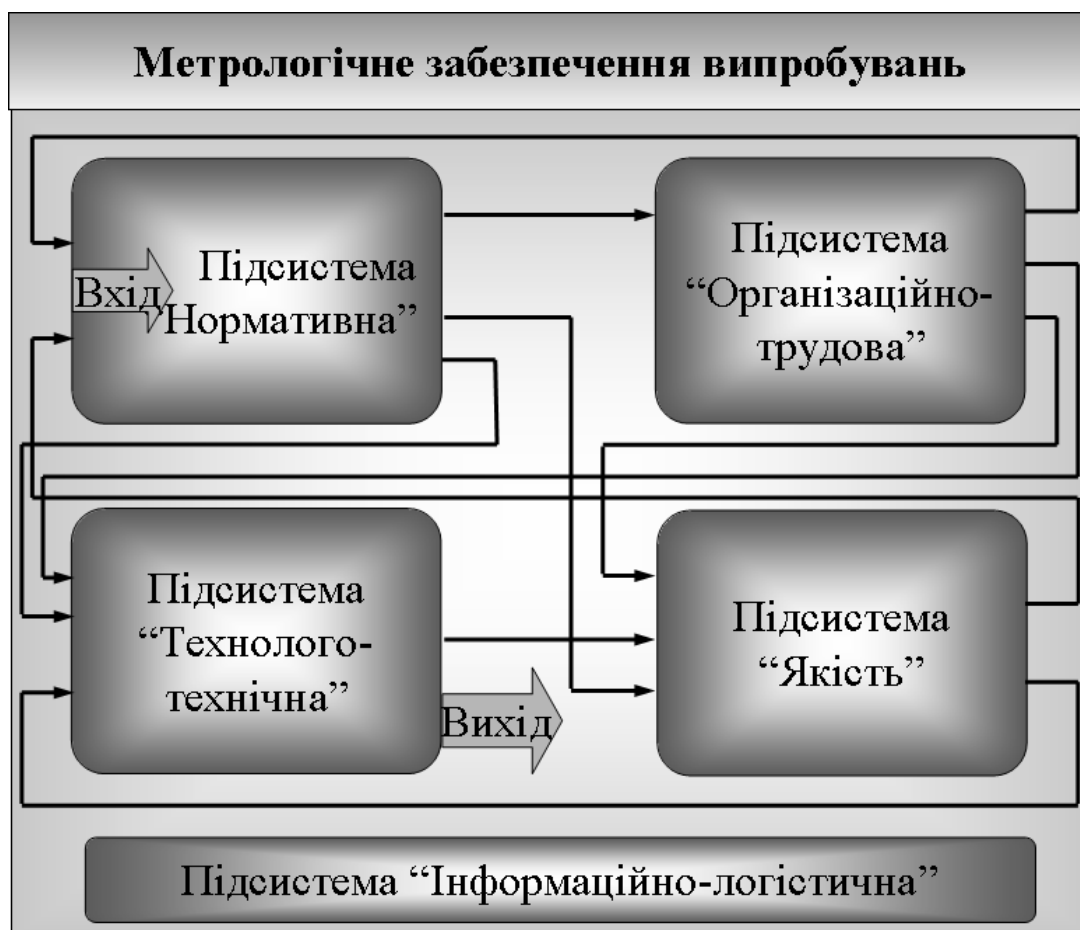


Рисунок 2.10 – Взаємозв’язок між підсистемами системи метрологічного забезпечення

Також керівника випробувальної лабораторії цікавлять числові значення параметрів стану системи управління, наприклад, показники відтворюваності, повторюваності, здатність до ризику. За наявності такої інформації приймається рішення: «результати випробувань достовірні», або «результати випробувань недостовірні». Обґрунтованість таких рішень визначається достовірністю інформації отриманої вимірювальними і невимірювальними методами. Процес приймання рішення відноситься до

будь-якого виду людської діяльності, так як являє собою послідовність приймання рішень від елементарних до самих складних. При створенні складних систем у особи, що приймає рішення немає впевненості в правильному виборі і тому вона звертається до методів теорії приймання рішень. В будь-якій ситуації приймання рішення відбувається в діапазоні «Невизначеність – Ризик – Визначеність». [264].

Умовно, роботу інформаційно-логістичної підсистеми метрологічного забезпечення випробувань можна розділити на наступні етапи (рис. 2.11): формування ситуації (стан системи управління випробувальної лабораторії на поточний момент); прийняття рішення, керуюча дія щодо реалізації прийнятого рішення.



Рисунок 2.11 – Схема формування рішення

При виявленні невідповідностей в діяльності випробувальної лабораторії виробляються відповідні коригувальні дії. Прийняття рішення про ту чи іншу коригувальну дію відбувається в умовах ризику. Після їх впровадження обов'язково перевіряється їх ефективність. Для збільшення ефективності коригувальних дій і зменшення негативного впливу від впровадження неефективної коригувальної дії, прийняття рішень проводиться з використанням логічного регулятора з можливістю адаптації [262] (рис. 2.12). Тобто з можливістю запам'ятовувати прийняті рішення і створювати, так звані, прецеденти для наступних рішень.

На вхід логічного регулятора поступає інформація про фактичний поточний стан системи метрологічного забезпечення випробувань. Це може бути інформація отримана, наприклад, з звітів про валідацію, результатів

розрахунків і прогнозів, листів невідповідностей, звітів координаторів міжлабораторних порівняльних випробувань, звітів про аналізування з боку керівництва, тощо. Від того, на скільки достовірною буде вхідна інформація, залежить правильність прийнятого рішення логічним регулятором.

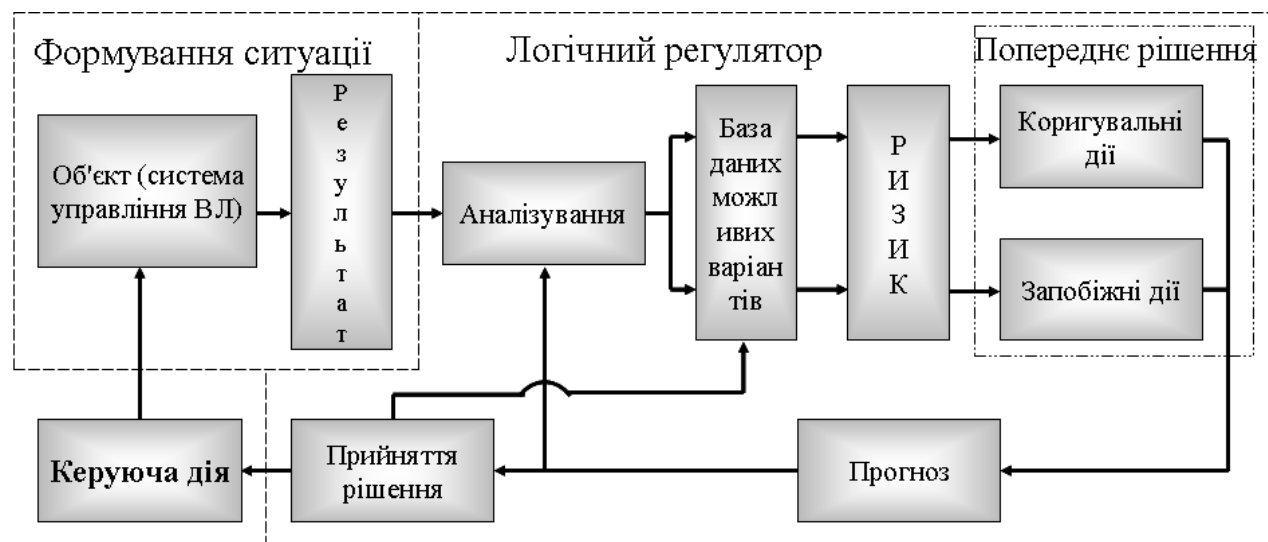


Рисунок 2.12 – Розгорнута схема адаптивної системи прийняття рішення

Виходом логічного регулятора є керуюча дія – рішення про впровадження тієї чи іншої коригувальної або запобіжної дії.

Логічний регулятор проектується як багатокритеріальна задача оптимізації з нечіткою постановкою. Формалізація на кількісних шкалах якісних понять вирішується з урахуванням оцінювання параметрів і елементів моделі регулятора. Модель отримання керуючої дії представляється у вигляді ієрархічної структури, елементами якої є вхідні перемінні, лінгвістичні правила управління і якісні значення вхідних величин. В якості правила нечіткого виходу пропонується вибирати значення, що мають максимальну функцію приналежності [262].

Інформація, що поступає в логічний регулятор аналізується, визначається підсистема в якій вона виявлена. Невідповідності можуть бути описані вимірювальними (значення показників прецизійності,

відтворюваності, похибка вимірювання) або не вимірювальними (лінгвістичними) (дані про оцінювання постачальника, дані про персонал) перемінними. Далі, в залежності від вибраної підсистеми, інформація поступає у відповідну частину бази даних можливих варіантів і проводиться пошук аналогічної або точно такої ж ситуації. Якщо в базі даних можливих варіантів є така ж ситуація, формується рішення, яке іде на виконання з уже відомою ймовірністю ризику і ефективністю. Якщо ситуація раніше не зустрічалась, то можливі два варіанти. У першому випадку в базі даних можливих варіантів виявляються подібні ситуації, вибирається найбільш оптимальне рішення і робиться прогноз щодо ефективності вибраного рішення. У другому випадку формується нове рішення, оцінюється його ефективність.

У загальному випадку, роботу логічного регулятора можна представити у виді ієрархії прийняття рішення на основі аналізування вхідної інформації (рис. 2.13).

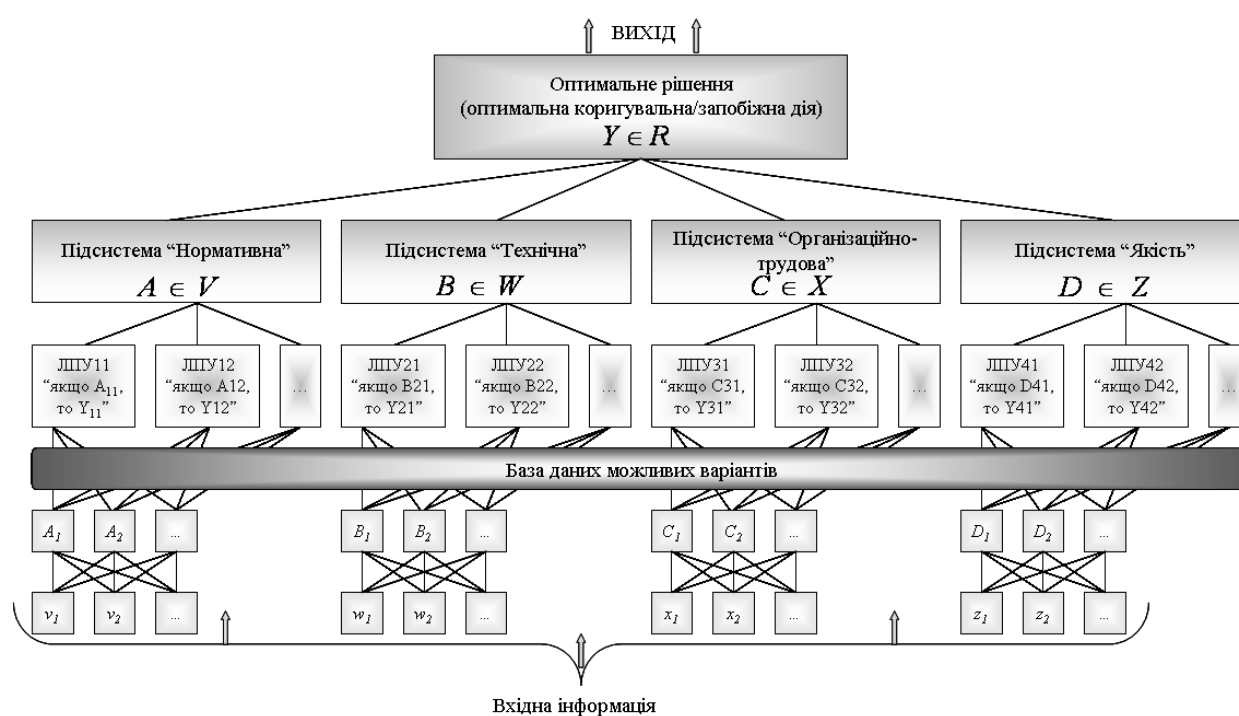


Рисунок 2.13 – Розгорнута схема прийняття рішення

На рис. 2.13 показано чотири вхідних перемінних (підсистеми системи управління лабораторії). Для кожної перемінної передбачено безліч лінгвістичних правил управління (ЛПУ11, ЛПУ12 тощо). Під поняттям «безліч» розуміється, що система є відкритою для формування нових ситуацій і рішень.

Аналогічно кожне правило управління має безліч якісних характеристик (A_1, A_2, B_1, B_2 тощо). Також, відповідно, кожна характеристика має множину безлічі кількісних характеристик (v_1, v_2, w_1, w_2 тощо).

Приналежність кількісної характеристики до певної категорії якісної визначається встановленням для неї критеріальних значень.

Вхідною інформацією є поточний стан системи управління лабораторії (наприклад, інформація про втрату чинності нормативного документу, інформація про завершення терміну дії свідоцтва про калібрування засобу вимірювальної техніки, прийняття на роботу нового співробітника, результати порівняльних випробувань тощо). Ця інформація виражається у кількісному виді (п'ятий рівень (рис. 2.13)). Тобто, вона є універсальними множинами нечітких множин. На цьому рівні оцінюється приналежність елементу до певної лінгвістичної перемінної.

На четвертому рівні вхідні елементи обробляються і набувають якісного виду. Далі усі якісні перемінні акумулюються в базі даних можливих варіантів.

На третьому рівні формуються лінгвістичні перемінні управління, що є певними рішеннями за ситуаціями, що виникли на п'ятому і четвертому рівнях. Достовірність лінгвістичних перемінних управління враховується на основі оцінювання поточних спостережень.

Другий рівень є лінгвістичними перемінними, які, за своєю суттю, є підсистемами системи управління випробувальної лабораторії (див. рис. 2.9) і визначають приналежність вхідних даних до певної підсистеми системи управління лабораторії:

– V – лінгвістична перемінна «підсистема «нормативна»»;

- W – лінгвістична перемінна «підсистема «технічна»»;
- X – лінгвістична перемінна «підсистема «організаційно-трудова»»;
- Z – лінгвістична перемінна «підсистема «якість»».

На першому рівні виділяється основна мета розв'язання задачі – оптимальне рішення Y , що є елементом можливих рішень на множині R .

Формально модель процесу прийняття рішення для кожної лінгвістичної перемінної можна записати у виді матриці

$$Y = \|y_{ij}\|, \quad (2.4)$$

де y_{ij} – можливі варіанти розв'язання ситуації;

$i=1, 2, \dots$ – кількість можливих варіантів (стратегій) вирішення питання;

$j=1, 2, \dots$ – кількість можливих результатів при прийнятті відповідного варіанту вирішення питання.

Оскільки, під час вибору певного рішення результат залежить не лише від конкретного варіанту (стратегії), а і від стану зовнішнього середовища, то для вибору правильного варіанту (стратегії) необхідно максимізувати функцію приналежності варіанту (стратегії) за умови знаходження зовнішнього середовища у самому невідповідному стані.

Розв'язання задачі вибору оптимального рішення у такій постановці дає можливість вибрати максимальне значення функції приналежності з урахуванням значущості параметрів, що характеризують систему управління лабораторії і достовірності лінгвістичного правила управління.

Для регулювання може використовуватись декілька керуючих впливів (оптимальних рішень), де кожен керуючий вплив реалізується за своєю ієрархією.

Дана модель прийняття рішення забезпечує вирішення наступних задач:

- формування образу поточного стану системи метрологічного забезпечення випробувань на основі апіорної інформації;
- визначення впливу вхідних параметрів на перехід системи метрологічного забезпечення випробувань у різні стани;
- прогнозування поведінки системи метрологічного забезпечення випробувань в умовах відсутності керівної дії та за різних варіантах впливів.

Результатом роботи логічного регулятора може бути не тільки позитивний вихід. Якщо від впровадженої коригувальної дії не відбулось покращення, то цей факт також потрібно зберегти в базі даних можливих варіантів, з метою недопущення подібних неефективних дій у майбутньому.

2.6 Принципи побудови віртуальної випробувальної лабораторії та побудова на їх основі навчальних тренажерів

Побудова «віртуальної лабораторії» здійснювалась з використанням миследіяльності методології [257].

Пропонуються наступні атрибути системи управління випробувальної лабораторії (рис. 2.14).

Рівні ієрархії визначаються рівнем встановлених вимог. Це: вимоги стандарту ДСТУ EN ISO/IEC 17025-2019 [134] – надсистема; вимоги Настанови з якості – система; вимоги процедур системи управління і форми – підсистема. Найбільш узагальнено вимоги сформульовані у ДСТУ EN ISO/IEC 17025-2019 [134], далі вони деталізуються у Настанові з якості і повністю розкриваються у процедурах системи управління і формах.

Фази визначаються послідовністю впровадження нових редакцій нормативних документів, що регламентують діяльність випробувальної лабораторії і визначаються редакцією (версією) цих документів. Початкова – версія системи управління, що розроблена і подана на акредитацію. Основна

– версія, що реалізується в теперішній час. Майбутня – версії, направлені на реалізацію постійного покращення (передбачувані вимоги).

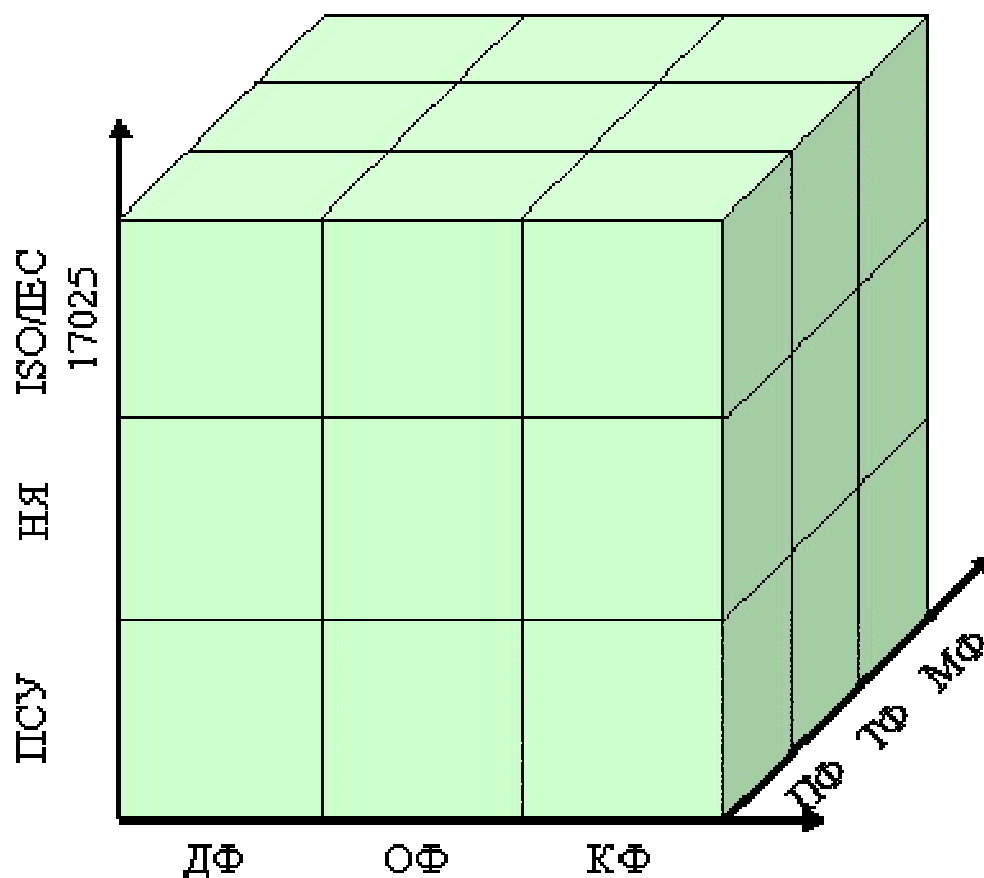


Рисунок 2.14 – Структура системи управління випробувальної лабораторії за третім визначенням поняття «система»

Види функцій визначають роль окремих елементів системи управління в загальній системі. Основна функція – це випробування, тобто безпосереднє здійснення основної діяльності, що регламентується місією лабораторії. Допоміжна функція – передбачає забезпечення процесу випробувань необхідними умовами (кваліфікований персонал, правильні умови, валідовані і верифіковані методи випробувань, тощо). Керівна функція – це контроль за діяльністю лабораторії через внутрішні аудити, аналізування з боку керівництва, керування невідповідною роботою, керування ризиками, тощо.

В залежності від встановлених вимог (ВВ) в період тієї чи іншої фази (Ф) (початкова фаза – ПФ, теперішня фаза – ТФ, майбутня фаза – МФ),

основна функція (ОФ) реалізується із забезпеченням допоміжної функції (ДФ) і контролюється керівною функцією (КФ). На основі аналізу діяльності формуються передбачувані вимоги (ПВ). Отже, досягнутий результат (ДР) формується за наступною послідовністю

$$ДР = \left(\underbrace{ВВ}_{\Phi} \Rightarrow ОФ \right) \begin{matrix} \swarrow ДФ \\ \nwarrow КФ \end{matrix} \cdot \frac{ПВ}{\quad} \quad (2.5)$$

Встановлені вимоги (в залежності від фази) досягаються в період основної функції за умови позитивного значення керівної та допоміжної функції.

Як приклад, спосіб зменшення (зведення до мінімуму) ризику від застосування неактуальних вимог наведено на рис. 2.15.

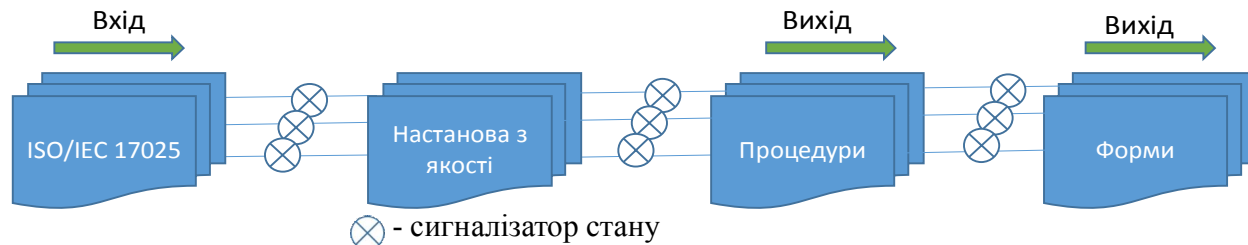


Рисунок 2.15 – Спосіб зменшення (зведення до мінімуму) ризику від застосування неактуальних вимог документів

Пропонується ДСТУ EN ISO/IEC 17025 і Настанову з якості представити у виді блоків робочими елементами яких є підрозділи з відповідною нумерацією, а процедури системи управління – у виді блоків робочими елементами яких є пункти, що містять окрему закінчену думку. Відповідно, кодування форм документів пропонується наступне

$$X - Y.Y - V.Z$$

де X – номер форми (він може бути або порядковим в межах процедури, або наскрізним через усю систему управління, що переважніше);

$U.Y$ – номер підрозділу ДСТУ EN ISO/IEC 17025-2019, що збігається з номером підрозділу в Настанові з якості і номером процедури;

V – номер редакції підрозділу Настанови з якості, що збігається з редакцією процедури;

Z – номер редакції пункту процедури

Запропонована структура системи управління випробувальної лабораторії за третім визначенням поняття «система» та процес досягнення бажаного результату дає можливість сформулювати основні принципи створення віртуального навчального тренажера (мультимедійної навчально-наукової лабораторії) для підготовки і навчання випробувачів.

Питанню створення і розробки віртуальних тренажерів присвячено ряд робіт, як вітчизняних, так і закордонних авторів [265], [266].

Зокрема, Фоміна І. та Тарануха С розглядають проектування тренажерів для підготовки операторів складних ергатичних систем, що працюють в умовах вітального стресу. Запропоновано методологію середовищеорієнтованого підходу до проектування навчальних середовищ, що використовує положення посткласичної ергономіки. Навчальне середовище представлене у виді аутопоетичної системи, що само організовується і включає оператора в якості активної конструкторської ланки.

Сергієв С. сформулював основні напрямки розвитку інформаційно-освітнього середовища університету під час навчання плавскладу на базі розвитку розподіленої інфраструктури технічних і програмних комплексів, впровадження віртуальних тренажерів для моделювання умов квазіпрофесійної діяльності плавскладу. Обґрунтовується необхідність розвитку технологій e-learning для проведення практичних занять на реальному фізичному обладнанні.

Баранов П. разом з Горисев С здійснили огляд сучасних підходів до формування адаптивних режимів в тренажерах операторів ергатичних систем. Показані обмеження класичної методології проектування адаптивних тренажерів, що використовують критерії адаптації за ефективністю виконання навчальних завдань. Запропоновано підходи до вибору способів адаптації, що враховують процеси самоорганізації навчального середовища. Актуальність даних досліджень підтверджується виникненням передпосилок до створення адаптивних тренажерних систем, в яких процес керування навчанням автоматизований [306]

В той же час, Соколов В. розглядає методологію проектування тренажерів, що містять штучні середовища діяльності. Розглянув детально проблеми математичного і педагогічного плану, що виникають при створенні проекту тренажера. Також показав особливості застосування теорії навчальних іммерсивних середовищ під час проектування тренажерів з віртуальними середовищами навчання.

Аналіз наведених і інших робіт показує, що на цей час відсутні роботи прикладного характеру, направлені на реалізацію побудови віртуальних тренажерів з підготовки фахівців у галузі випробувань, а саме майбутніх фахівців або керівників з якості випробувальних лабораторій.

Мультимедійна навчально-наукова лабораторія, як правило, поєднує в собі імітаційну динамічну модель обладнання і програмну оболонку, що включає методичний супровід лабораторної роботи. Саме за такими принципами побудовано модель віртуального тренажера випробувальної лабораторії. Основою побудови віртуальної випробувальної лабораторії є вимоги до її структури, технічних даних (засоби вимірювальної техніки і випробувальне устаткування) та вимоги до системи якості.

Принципи побудови віртуального тренажера випробувальної лабораторії:

– графічна візуалізація і текстова інформація: тренажер повинен бути графічно зручним для користувачів та насичений необхідною текстовою інформацією;

– адаптація до завдання: реагування на завдання (умови), що ставить викладач (інструктор); ці умови є реальними умовами функціонування випробувальної лабораторії з її ризиками;

– контроль і оцінювання: можливість автоматичного визначення ступеня правильного виконання здобувачем (студентом) завдання, що ставить викладач (рис. 2.16);

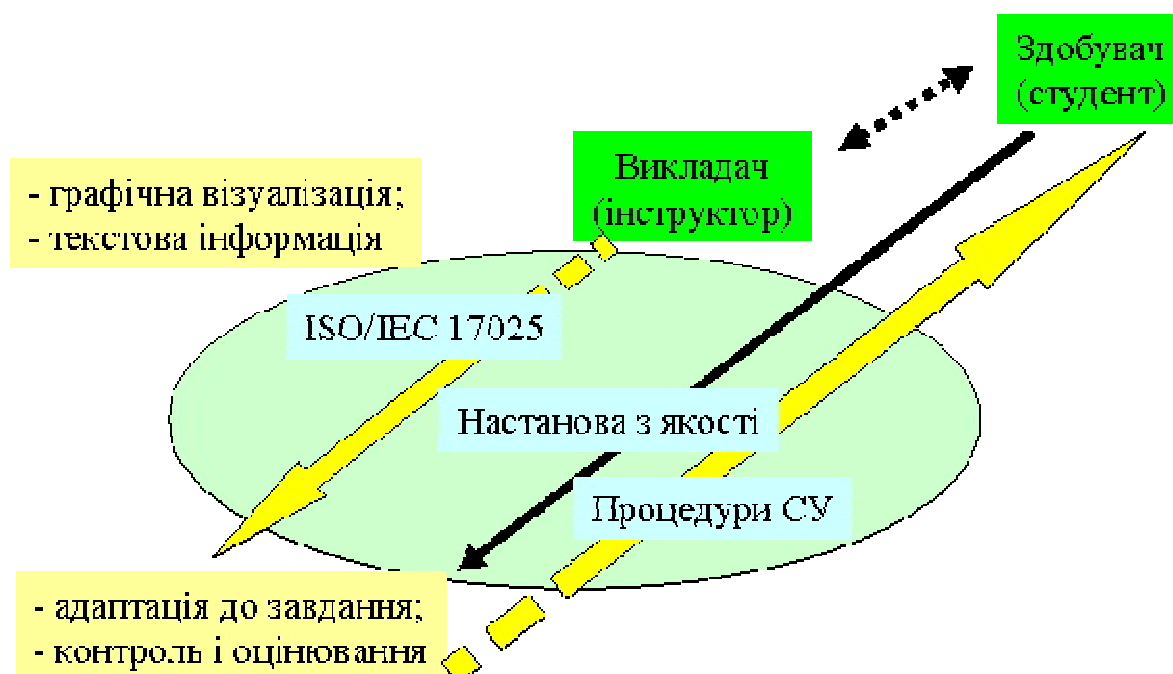


Рисунок 2.16 – Принципова схема віртуального тренажера випробувальної лабораторії (в розрізі рівнів ієрархії)

– розподіл ролей та обов’язків: здобувачі (студенти) повинні мати можливість приймати участь у навчанні в різних ролях (посади персоналу лабораторії за категоріями: керівний персонал, випробувачі, фахівці з якості) (рис. 2.17);

– наявність віртуальних/реальних моделей випробувань: в базі даних тренажера мають бути закладені результати випробувань з точністними

характеристиками; ця умова необхідна, коли немає можливості здійснити реальні вимірювання при випробуваннях (рис. 2.17);

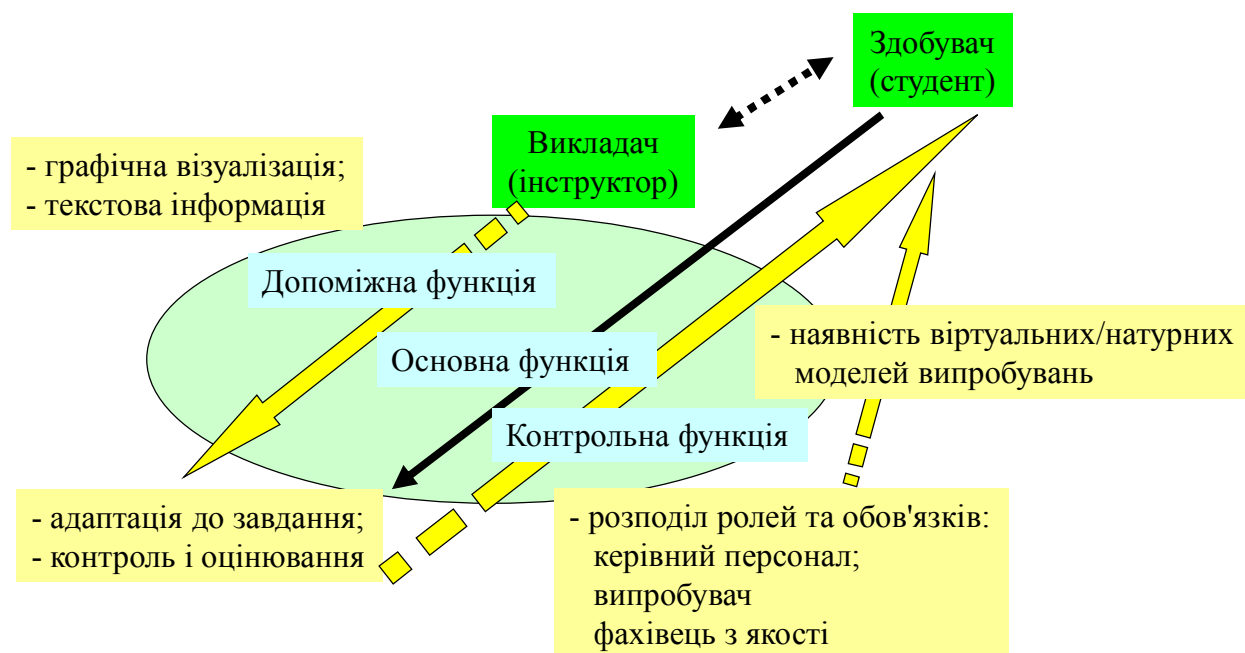


Рисунок 2.17 – Принципова схема віртуального тренажера випробувальної лабораторії (в розрізі рівнів функцій)

– простежуваність: можливість надання доступу до усіх редакцій документів системи менеджменту лабораторії (рис. 2.18).

Віртуальний тренажер випробувальної лабораторії являє собою програмний комплекс, що дозволяє відтворити і реалізовувати процеси управління діяльністю лабораторії без безпосереднього перебування у лабораторії. Він побудований за принципом конструюючої активності (орієнтований на середовище, посткласичний) [267] – оператор (здобувач) є активним діячем в середовищі, що реалізується тренажером. Активність суб'єкта формує його когнітивні і операціональні структури, що сприяють досягненню певних програмних результатів навчання, які в свою чергу допомагають виконувати професійну діяльність.

Робота віртуального тренажера випробувальної лабораторії заключається у наступному. Викладач (інструктор) через інтерфейс формує

завдання. Здобувач його виконує, причому тренажер реагує на дії здобувача і повідомляє йому про помилки, якщо такі виникають. Постійно іде обмін інформацією між викладачем і здобувачем. Викладач може надавати лише консультації і не може втручатись у роботу тренажера на етапі виконання завдання.

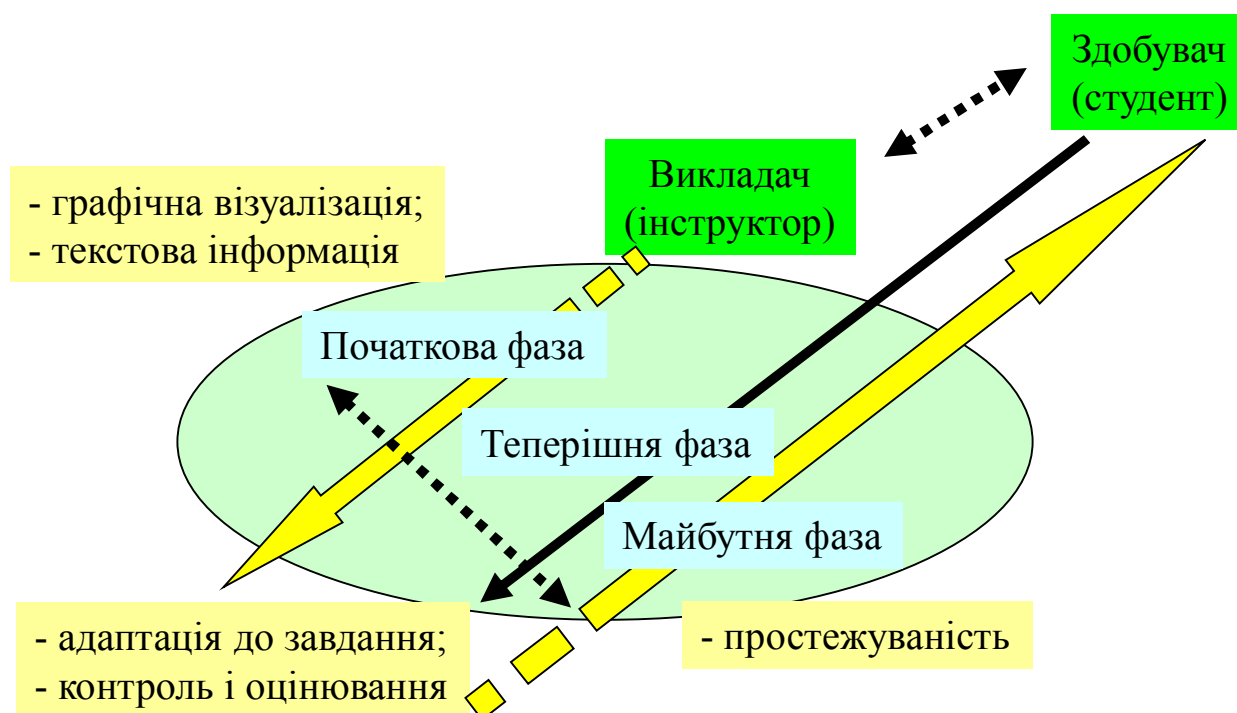


Рисунок 2.18 – Принципова схема віртуального тренажера випробувальної лабораторії (в розрізі фаз)

За рівнем складності завдання може бути:

- просте – виконується в розрізі одного рівня ієрархії (однієї фази, однієї функції); наприклад, скласти графік внутрішніх аудитів;
- середньої складності – виконується в розрізі комбінації рівнів ієрархії, фази або функції, причому одночасно використовується не більше трьох елементів; передбачає залучення додаткових джерел інформації; наприклад, розробити (актуалізувати) певну процедуру системи управління;
- складне – виконується в розрізі комбінації рівнів ієрархії, фази, функції (одночасно використовується чотири і більше елементів), передбачає

залучення додаткових джерел інформації і направлене на посилену активізацію логічного мислення здобувача.

– контрольні – завдання, що виконується в розрізі одного рівня ієрархії (однієї фази, однієї функції); і направлені на вирішення питання: «Чому так?», можуть передбачати залучення додаткових джерел інформації;

За функціональним призначенням завдання може бути:

– аналізування – аналіз певних ситуацій (практичні і семінарські заняття, лабораторні роботи);

– проектування – розробка певних проектних рішень системи управління (курсова робота, практика, дипломне проектування).

Характеристики основних компонент запропонованого віртуального тренажера наведено в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Аналіз запропонованої «віртуальної лабораторії» за її функціональними показниками

Компоненти	Опис характеристик
1	2
Мета системи підготовки	Формування у студентів професійних знань, умінь і навиків. Формування здатності самостійно приймати рішення та формування індивідуальних рішень розв’язання ситуацій. Здобуття над професійних навичків (soft skills)
Здобувач (студент)	Студент самостійно приймає рішення щодо тієї чи іншої ситуації, з розробкою пропозицій. Викладач лише консультує
Викладач (інструктор)	Викладач ставить завдання в неявному виді з метою дати можливість студенту самому прийняти рішення щодо досліджуваної ситуації
Роль засобів навчання і моделювання середовища навчання	«Віртуальна лабораторія» передбачає формування ніш професійної діяльності (керівник ВЛ, керівник з якості, тощо), крім цього реалізуються професійні навички, що не пов’язані безпосередньо із професійною діяльністю (soft skills)
Зміст навчання	Робота з «віртуальною лабораторією» передбачає освоєння повного циклу роботи ВЛ

Продовження таблиці 2.1

1	2
Комунікації в системі	Під час навчання студенти комунікують між собою і здатні реагувати на ситуації, запропоновані іншими учасниками навчання
Системи оцінок	Простежуваність виконання завдання. Оцінки є інтегральними і характеризують якість прийнятого рішення. Оцінки класифікуються не за принципом «вірно – не вірно», а за принципом «знайти оптимальне рішення»
Роль оцінок	Оцінки, отримані на проміжних етапах стимулюють до виконання наступних завдань і покращення уже виконаних.
Організація системи підготовки	Навчальні завдання ставляться у кожному конкретному випадку. Кожен студент має можливість вибрати свою системи організації випробувальної лабораторії
Забезпечення мотиваційної діяльності	Студенти самотивуються для досягнення поставленої цілі шляхом усвідомлення важливості оптимального вирішення поставленої задачі
Форми взаємодії в системі «середовище – здобувач»	Середовище навчання ставить задачі і студент реагує в залежності від ситуації. Студенту дається право самостійно приймати рішення
Форма представлення навчального матеріалу	Завдання формуються «за ситуацією». Сценарії роботи випробувальної лабораторії заздалегідь не визначені

На сьогоднішній день програмний комплекс має назву «Laboratory test quality v.7.1 Virtual laboratory». Наразі він використовується під час навчання студентів за освітньою програмою «Професійна освіта. Метрологія, стандартизація та сертифікація».

Це віртуальна випробувальна лабораторія (що працює автономно без доступу до серверу), база даних якої наповнена (або наповнюється за завданням викладача) методами випробувань відповідно до діючих стандартів і з використанням інформації про сучасні засоби вимірювальної техніки і випробувальне устаткування, що використовуються при реалізації цих методів.

Віртуальна модель являє собою набір вікон програми, кожне з яких виконує певну функцію. Головне вікно програми показано на рис. 2.19.

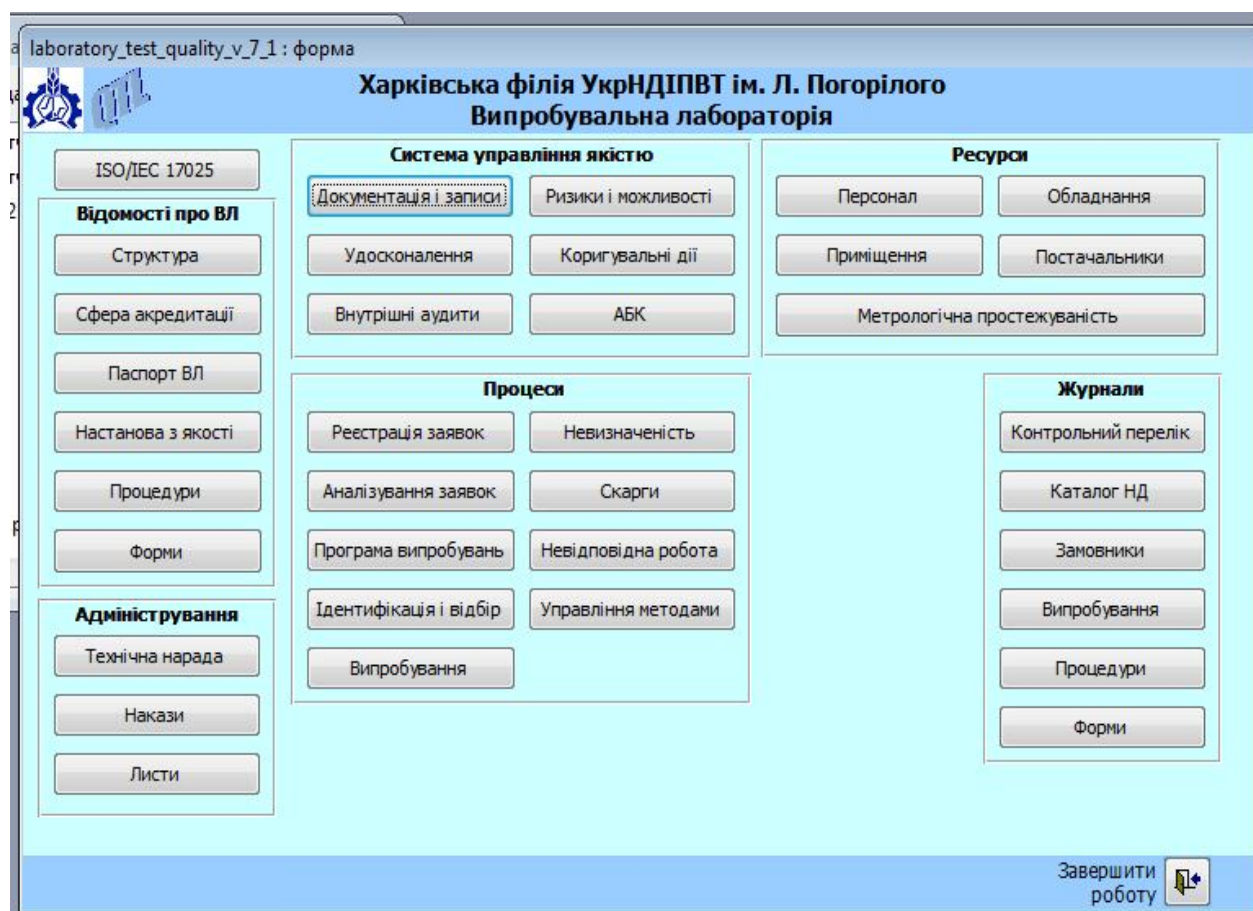


Рисунок 2.19 – Головне вікно віртуальної випробувальної лабораторії

Студенти мають можливість познайомитись з Паспортом та системою управління випробувальної лабораторії. В розділі «Паспорт» у зручному форматі можна переглянути усі форми паспорту ВЛ. При відкриванні певної форми, у вікні діалогу є кнопки з перехрестними посиланнями на форми процедур системи управління. Так, наприклад, при перегляді інформації про певне випробувальне устаткування (ВУ) або засіб вимірювальної техніки (ЗВТ) форми 3 або форми 4 Паспорту, відповідно, можна переглянути інформацію про персонал, що уповноважений працювати з цим устаткуванням. Аналогічно працюють і форми перегляду нормативних документів на продукцію (форма 2.1) чи на методи випробувань (форма 2.2). Переглядаючи форму 2.2 можна переглянути інформацію стосовно того, хто

із працівників уповноважений на проведення конкретного методу, яке ВУ і ЗВТ використовується, тощо.

Система управління ВЛ працює в інтерактивному режимі. Студенти мають змогу виконувати завдання, що ставить викладач. Наприклад, скласти програму калібрування ЗВТ, графік технічного обслуговування ЗВТ і ВУ, тощо. Студенти навчаються проводити внутрішні аудити, починаючи зі складання графіку аудитів на рік, програми кожного аудиту, складати опитувальні листи і т. д. до завершення аудиту, розробки коригувальних дій і відслідковування їх виконання з оцінкою ефективності (рис. 2.20).

Заявка	Програма випробувань	Випадок	Відслідковування
01.10.2020	6, 26.10.2020		
5555-2020, 01.12.2	4,		
4444-2020, 01.12.2	3,		
3333-2020, 01.12.2	2,		
2222-2020, 01.12.2	1,		

Номерний знак	Випадок	Хто отримав
Сигналізатор-аналізатор оксиду вуглецю Дозор-С-П-СО, зав. № 4641, інв. №	33	Мясушка М. С.
Ваги лабораторні FEN-300, зав. № 3137, інв. № б/н	24	Мясушка М. С.
Електроаспіратор М 822, зав. № 741616, інв. № 113.00604	32	Мясушка М. С.
Рівень будівельний, зав. № -, інв. № 113.30281	2	Лебедев С. А.
Рулетка металева Р20УЗК, зав. № 33487, інв. № 104.30604	21	Балабай Т. О.

Повернення ВУ/ЗВТ/СЗ на зберігання	Дата повернення	Стан: задовільний/не задовільний
Сигналізатор-аналізатор оксиду вуглецю Дозор-С-П-СО, зав. N 4641,		
Ваги лабораторні FEN-300, зав. N 3137, інв. N б/н		
Електроаспіратор М 822, зав. N 741616, інв. N 113.00604		

Рисунок 2.20 – Приклади вікна програми «видача ЗВТ (ВУ) для випробувань»

При «роботі з замовником» студенти навчаються аналізувати заявку на випробування, формувати програму випробувань, засвоюють принципи ідентифікації і відбору зразків, тощо.

Вибравши з бази даних за завданням викладача вид продукції, випробування якої проводить лабораторія і мету її випробувань, студенти

визначають нормативні документи на вимоги до неї, визначають можливі методи випробувань щодо неї, необхідні ЗВТ і ВУ, призначають випробувачів, що уповноважені на виконання відповідних робіт.

Передбачено також можливість конструювання (удосконалення) студентами інтерфейсу тренажера. Такі роботи виконуються в межах освітнього компонента «Інформаційні технології в сфері стандартизації».

Форми роботи з тренажером наступні:

- уся група студентів діє як одна лабораторія із розподілом повноважень між студентами відповідно до віртуальних посад;
- кожному студенту дається індивідуальне завдання.

Викладач формує завдання кожному студенту відповідно до вибраного способу. В подальшому, файли створені студентами в поточному році можуть використовуватись як відправна точка для формування завдання студентам наступних років. Завдання може заключатись у розвитку бази даних, наповнення її новими засобами вимірювальної техніки, формування програм калібрування, пошуку невідповідностей у системі управління, тощо та модернізації самого програмного комплексу.

2.7 Формування «ризик-профілю» випробувальної лабораторії

Згідно зі стандартом [134], випробувальна або калібрувальна лабораторія повинна «...приймати до уваги ризики та можливості, пов'язані з діяльністю лабораторії, для того, щоб: бути впевненою, що система управління здатна досягти своїх запланованих результатів, розширювати можливості для досягнення мети та цілей лабораторії, попереджувати або зменшувати небажані наслідки та можливий збій в діяльності лабораторії, досягти вдосконалення...». Разом з тим, лабораторія повинна планувати: дії щодо ризиків та можливостей, яким чином включити та впровадити ці дії у

свою систему управління та оцінювати результативність цих дій. Проте, хоча в цьому документі [134] вказано, що лабораторія планує дії для вирішення ризиків, він не регламентує «...вимоги щодо формалізації методів управління ризиками або документування процесу управління ризиками; лабораторії можуть вирішувати, чи слід розробляти ширшу методологію управління ризиками, ніж це вимагається документами...». Тому відкритим залишається питання оцінювання здатності лабораторії до виникнення ризиків.

Запропонована методика оцінювання ризиків випробувальної лабораторії, що базується на мислєдїяльнїстнїй методологїї [257] і передбачає визначення джерела походження ризику, вибір шкали оцінювання впливу ризику, встановлення реперних (контрольних) точок, оцінювання ризику, розробка і впровадження коригувальних дій.

Дослїдженню ризиків присвячено значна кїлькїсть робїт [267]–[270]. Цї роботи направленї на побудову системи керування ризиками у системї управління якїстю за ISO 9001 [271].

Ризик є одним з ключових факторів, що впливає на функціонування організації будь-якої сфери діяльності. Він неминуче виникає під час прийняття рішень на всіх рівнях управління, що в подальшому позначається на результатах їх діяльності, ефективності функціонування і запитів з боку клієнтів. Також ризик є одним з факторів підвищення ефективності діяльності в разі, якщо компанія веде активну політику в галузі управління ризиками. В роботі [268] проаналізовано ряд проблем, що виникають під час керування ризиками. На першому місці стоїть проблема нерозуміння того, якими ризиками необхідно керувати, тобто їх ідентифікації, оцінювання і обробляння.

У роботах [272]–[274] розглядається управління ризиками на прикладі промислових підприємств. Аналізується зовнішнє і внутрішнє середовище підприємства, вплив ризиків на діяльність підприємства в цілому. Дано рекомендації з впровадження ризик-менеджменту в існуючу систему менеджменту якості. Також у цій роботі з посиланням на роботи

акцентується увага на тому, що ризик-орієнтоване мислення є однією з вимог міжнародного стандарту в області систем менеджменту якості. Воно пов'язане з процесним підходом і має здійснюватися системно; неправильні дії в ризик-орієнтованому підході можуть призвести до отримання господарюючим суб'єктом збитків.

Дослідженню процесу управління ризиками випробувальних лабораторій також присвячено цілий ряд робіт [275]–[378].

У відомих роботах також розглянуті етапи і цілі процесу управління ризиками, наведені варіанти системного підходу з управління ризиками в лабораторії з урахуванням початкової і наступних стадій вдосконалення цього процесу. Запропоновано конкретні рекомендації щодо впровадження менеджменту ризиків у лабораторії з описом процесу управління ризиками в лабораторії в рамках життєвого циклу її продукції або основного бізнес-процесу. Наведені приклади оцінки ризиків у лабораторії з використанням ефективних інструментів: «мозкового штурму» і «матриці наслідків і ймовірностей».

Аналіз наведених і інших робіт показує, що, здебільшого, процес управління ризиками лабораторії заключається в ідентифікації ризику, визначенні ймовірності його настання, визначенні ступеню впливу на процес та тяжкості наслідків від його настання. Для ідентифікації ризиків застосовуються нові і найновіші інструменти управління якістю. Проте, на думку автора такий підхід має недолік, а саме, велику невизначеність щодо того чи іншого ризику, та неможливість повного врахування усіх можливих ризиків.

В [264] наведено поняття «ризик». Стосовно випробувальної лабораторії введемо наступне поняття: «ризик – ймовірність отримання недостовірних результатів».

Будь-який ризик є сукупністю різних факторів (рис. 2.21). Перш за все – це деяка проблема, коли є загроза відхилення фактичного стану системи управління від «ідеального» (оптимального). Ця загроза пов'язана із певними

умовами функціонування. В сукупності це можна назвати умовою виникнення загрози. В залежності від того, наскільки точно будуть проаналізовані проблема і умови її виникнення, буде вироблено одне із керівних рішень – допустиме або оптимальне, яке буде визначати ефективність від впровадження превентивних дій та рівень залишкового (невизначеного) ризику. Допустиме рішення – рішення, яке буде направлене на мінімізацію негативних наслідків за визначених умов функціонування. Оптимальне рішення – рішення направлене на максимальну мінімізацію негативних наслідків, незалежно від інших умов. Вибір допустимого чи оптимального рішення залежить від рівня ризику, тяжкості його наслідків і частоти прояву.

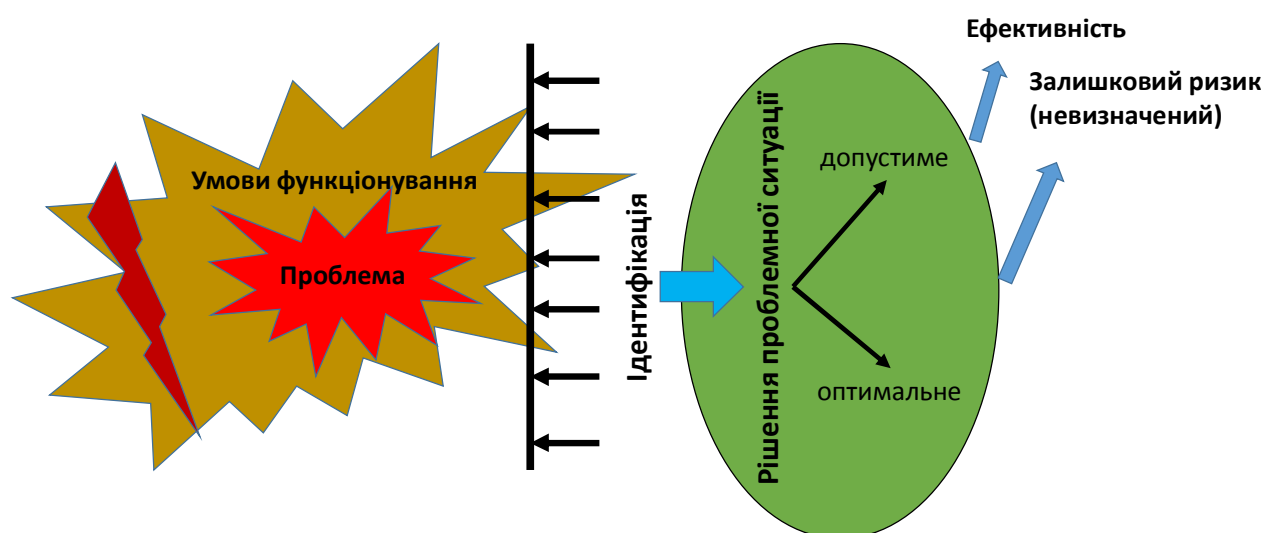


Рисунок 2.21 – Схема формування рішення за ризиком

Отже, джерелами ризиків діяльності випробувальної лабораторії є процеси в її системі управління. Застосування миследіяльнісної методології [257] дає можливість сформулювати у загальному виді класифікацію ризиків діяльності випробувальної лабораторії (рис. 2.22). Розгорнута класифікація ризиків показана на рис 2.23.

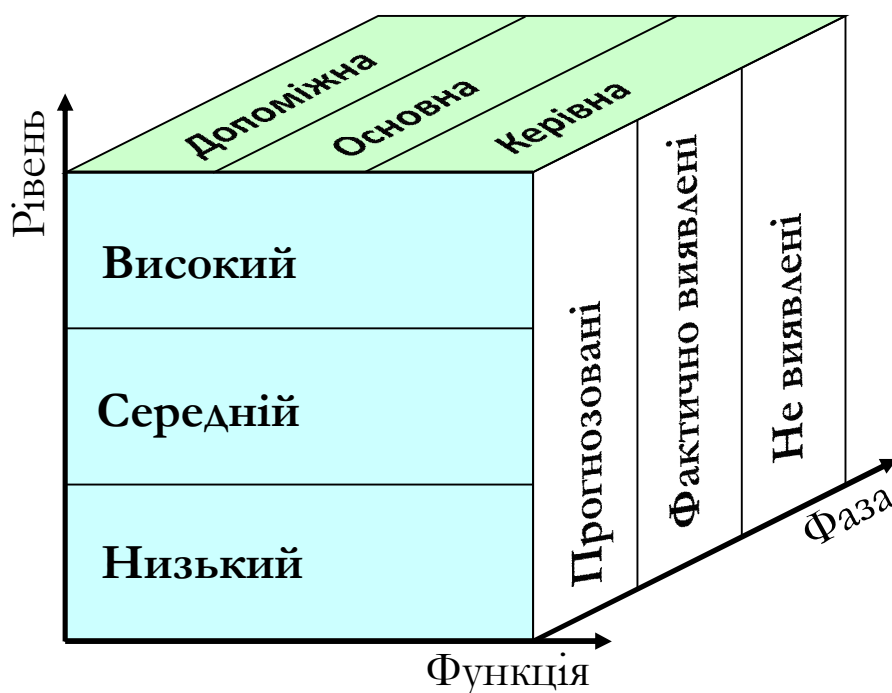


Рисунок 2.22 – Класифікація ризиків діяльності випробувальної лабораторії у загальному виді

Рівні ієрархії визначаються рівнем наслідків (низький, високий, середній) від настання негативної ситуації. Запропоновані на рис. 3.13 рівні ієрархії не є вичерпними і може застосовуватись більш детальна класифікація.

Фази визначаються видом (категорією) ризику за етапом його визначення. Прогнозовані ризики визначаються методом прогнозування на визначений майбутній період часу (наприклад, наступний календарний рік). Фактично виявлені – ризики, які виявлені і направлені на короткострокову перспективу їх появи. Не виявлені – ризики, що залишаються не ідентифікованими та виникають від впровадження неправильних превентивних заходів. Ці ризики обумовлюються невизначеністю вхідної інформації при аналізуванні ризиків та недостатністю заходів для усунення можливих негативних наслідків.

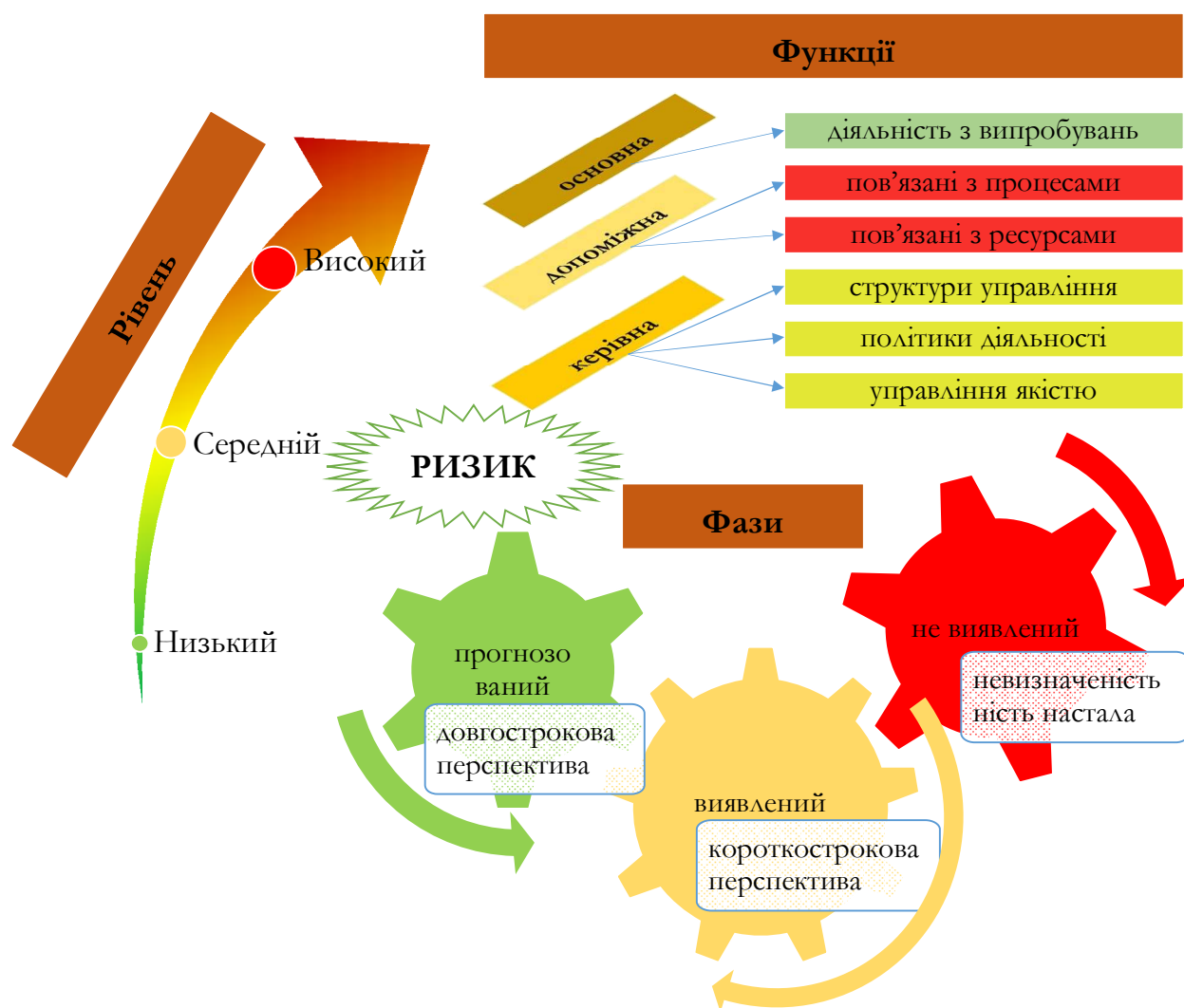


Рисунок 2.23 – Розгорнута класифікація ризиків діяльності випробувальної лабораторії

Види функцій визначають джерело походження ризику в системі управління. Такими джерелами є:

- основна функція:
 - 1) ризики пов'язані з відбиранням зразків;
 - 2) ризики пов'язані з поводженням зі зразками;
 - 3) ризики пов'язані, безпосередньо, з випробуваннями;
- допоміжна функція (забезпечення основної функції):
 - 1) ризики пов'язані з ресурсами;
 - 2) ризики пов'язані з процесами;
- керівна функція:

- 1) ризики структури управління;
- 2) ризики політики діяльності;
- 3) ризики управління якістю.

Наведена класифікація заснована на структурі стандарту ДСТУ EN ISO/IEC 17025 [134].

З огляду на вище сказане, інформаційну модель формування ризиків можна представити універсальною алгеброю

$$R = \langle A, B, C, D \rangle, \quad (2.6)$$

де A – множина з описом рівнів ризиків

$$A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}; \quad (2.7)$$

B – множина з описом видів (категорій) ризиків

$$B = \{b_1, b_2, \dots, b_n\}; \quad (2.8)$$

C – множина з описом джерела походження ризику

$$C = \{c_1, c_2, \dots, c_n\}; \quad (2.9)$$

D – множина з описом можливих ризиків від впровадження превентивних дій

$$D = \{d_1, d_2, \dots, d_n\}; \quad (2.10)$$

n – кількість ризиків.

Обґрунтуємо межі між низьким, середнім і високим рівнем ризику.

Система управління лабораторією функціонує у перемінному середовищі (персонал може звільнятися, у засобів вимірювальної техніки завершується термін калібрування тощо). Нехай n_{ij} – деякий об'єкт системи управління, що є джерелом ризику (i – множина об'єктів системи управління: $i=\{1; N\}$, де N – кількість об'єктів системи управління лабораторії; j – множина станів об'єкту системи управління: $j=\{j_{\min}; j_{\max}\}$, де $j_{\min}$ – стан об'єкту системи управління за якого ризик отримання недостовірних результатів є максимальним, $j_{\max}$ – стан об'єкту системи управління за якого ризик отримання недостовірних результатів є мінімальним). Послідовність виникнення різних станів об'єкту в межах $\{j_{\min}; j_{\max}\}$ є випадковою характеристикою і залежить від умов середовища функціонування. Для зручності роботи із об'єктами системи управління і їх станами зробимо їх приведення до однієї шкали з інтервалом $\{0; 1\}$:

$$n'_{ij} = \frac{n_{ij}}{n_{ij\max}}, \quad (2.11)$$

За максимально-необхідного значення параметру $n'_{ij}=1$ ризик буде мінімальним; за мінімального значення параметру $n'_{ij}=0$ ризик буде максимальним (лабораторія не зможе функціонувати).

Наступним етапом було проведення соціологічного дослідження серед керівного та інженерно-технічного персоналу випробувальних лабораторій. Було встановлено залежність ймовірності можливості функціонування лабораторії від повноти її забезпеченості. Під час опитування ставилось запитання: яка ймовірність отримання недостовірного результату чи неможливості функціонування лабораторії при зменшенні від необхідного елементів системи управління: персоналу, випробувального устаткування чи засобів вимірювальної техніки, нормативної документації тощо.

За результатами опитувань приймаємо наступну градацію рівнів ризиків (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Градація рівнів ризиків

Рівень	Якісна характеристика	Кількісна характеристика
Низький	Настання ризику малоімовірно, проводяться оперативні дії із заміщення об'єкту системи управління аналогічним	$0 \leq p \leq 0,25$ $n'_{ij} > 0,85$
Середній	Настання ризику ймовірно, проводяться оперативні дії із заміщення об'єкту системи управління аналогічним, проте суттєво збільшується навантаження на нього	$0,25 < p \leq 0,65$ $0,55 \leq n'_{ij} < 0,85$
Високий	Настання ризику високоїмовірно, проводяться оперативні дії із заміщення об'єкту системи управління аналогічним, проте суттєво збільшується навантаження на нього, існує ймовірність неможливості здійснити заміну	$0,65 < p \leq 1$ $n'_{ij} \leq 0,55$
p – ймовірність настання негативного результату		

В опитуванні взяли участь чотири випробувальні лабораторії (30 осіб персоналу), що здійснюють випробування продукції сільськогосподарського машинобудування. Узгодженість думок опитуваних оцінювалась за коефіцієнтом конкордації, що склав $W = 0.73$. Таке значення свідчить про хорошу узгодженість думок експертів.

Запропонована система класифікації ризиків дозволяє скласти «ризик-профіль» лабораторії. «Ризик-профіль» лабораторії – це умовний показник, що характеризує здатність лабораторії до можливого надання недостовірних результатів випробувань. Формування «ризик-профілю» лабораторії відбувається за наступними показниками і критеріями їх оцінювання (табл. 2.3).

Таблиця 2.3 – Таблиця «ризик-профілю» лабораторії

Фактори формування «ризик-профілю»	Критерій оцінювання	Бали
1	2	3
1. Лабораторія є самостійною юридичною одиницею	так	0
	ні	5
2. Лабораторія використовує методи випробувань	лише стандартні	5
	власні + стандартизовані	10
3. Лабораторія залучає найманий персонал (відношення кількості протоколів випробувань (із залученням найманого персоналу) до загальної кількості протоколів випробувань) протягом останніх 12 місяців	0	0
	від 0,1 до 0,3	5
	0,3 і більше	10
4. Наявність дублюючого випробувального устаткування (засобів вимірювальної техніки)	ні	15
	до 50 %	10
	від 51 до 100 %	5
5. Кількість нових (протягом останніх 12 місяців) зовнішніх постачальників продукції і послуг	до 2	0
	від 3 до 5	5
	від 6 більше	10

Продовження таблиці 2.3

1	2	3
6. Кількість випробувань (протоколів випробувань) із залученням субпідрядної лабораторії (% від загальної кількості протоколів випробувань протягом останніх 12 місяців)	0	0
	від 0 до 1	5
	від 1,1 і більше	10
7. Лабораторія протягом останніх 12 місяців приймала участь у міжлабораторних порівняльних випробуваннях (% методів у сфері акредитації)	100	0
	50–99	5
	0–49	10
8. Кількість обґрунтованих скарг від замовників про порушення договірних зобов'язань (протягом останніх 12 місяців)	0	0
	від 1 до 5	5
	від 6 і більше	10
9. Кількість виявлених невідповідностей в ході внутрішніх аудитів (протягом останніх 12 місяців)	0	0
	від 1 до 5	5
	від 6 і більше	10
10. Кількість випадків виявлення невідповідної роботи поза внутрішніми аудитами (протягом останніх 12 місяців)	0	0
	від 1 до 5	5
	від 6 і більше	10

Розподіл «ризик-профілю» за рівнями наступний:

– від 0 до 25 балів – низький ступінь ризиків (лабораторія може здійснювати свою діяльність, у поточному режимі розробивши коригувальні дії та план заходів щодо поліпшування діяльності за показниками, що мають високий рейтинговий бал);

– від 30 до 50 балів – середній ступінь ризиків (лабораторія може здійснювати свою діяльність; терміново розробити і впровадити план заходів з виявлення показників, що найбільш схиляють лабораторію до ризику,

розробити і впровадити щодо них коригувальні дії; в поточному режимі розробити і впровадити коригувальні дії та план заходів щодо поліпшування діяльності за рештою показників;

– від 55 до 100 балів – високий ступінь ризиків (лабораторія повинна терміново оцінити, що є причиною схиляння її ризику, розробити і впровадити коригувальні дії та план заходів щодо поліпшування діяльності, здійснити внутрішній аудит та аналізування з боку керівництва).

Розподіл балів за показниками (табл. 2.2) здійснювався експертним методом шляхом опитування керівного та інженерно-технічного персоналу випробувальних лабораторій. Узгодженість думок під час опитування склала $W=0,83$, що свідчить про хорошу узгодженість думок серед опитуваних.

Визначення «ризик-профілю» лабораторія повинна проводити не менше одного разу на рік, наприклад, на початку року, або перед аналізуванням з боку керівництва, а також при внесенні змін до системи управління, що стосуються критеріїв і показників наведених в табл. 2.2.

Під час практичного застосування розробленої методології проводилось оцінювання двох випробувальних лабораторій (Лабораторія «А» і Лабораторія «Б»). Сфера акредитації лабораторій: випробування сільськогосподарських машин і приладдя.

Під час аналізування було встановлено наступне:

- «ризик-профіль» Лабораторії «А» – 45 балів;
- «ризик-профіль» Лабораторії «Б» – 30 балів;

Подальшим аналізуванням було встановлено наступне.

Причинами завищеного рівня ризику Лабораторії «А» стало наступне: забезпеченість дублюючими засобами вимірювальної техніки склала менше 50 %, та залучення до процесу випробувань найманого персоналу. Крім цього подальше аналізування дало можливість виявити той факт, що у наступному календарному році 30 % засобів вимірювальної техніки повинні пройти чергове калібрування, а відсутність дублюючих приладів (на період

калібрування основних) може стати причиною затримок у виконанні договірних зобов'язань.

У Лабораторії «Б» причиною підвищення рівня ризику стало залучення збільшеної кількості зовнішніх постачальників продукції і послуг, внаслідок складної епідеміологічної ситуації в країні (2020 р.).

2.8 Висновки за розділом 2

1. Запропонована концепція розробки методів випробувань, яка передбачає формування нового адаптивного простору метрологічного забезпечення випробувань, та надає ВЛ право формулювати завдання на калібрування своїх засобів вимірювальної техніки в залежності від режимів зовнішнього впливаючого фактору, що застосовується при випробуваннях.

2. Застосування розробленої концепції сприяє вирішенню питань запровадження випробувань на основі реальних науково-технічних досягнень, формування нового рівня взаємовідносин між замовником та виконавцями випробувань направлених на розробку рекомендацій з покращення якості продукції.

3. Перехід від обов'язкової сертифікації до підтвердження відповідності вимогам технічних регламентів вимагає переосмислення підходів до організації випробувань, що, у свою чергу, тягне за собою і необхідність перегляду їх метрологічного забезпечення. Необхідно впроваджувати випробування за погодженням із замовником показником; метрологічне забезпечення таких випробувань повинно повністю забезпечувати їх придатність. Ефективним інструментом для досягнення встановлених цілей є адаптивна інформаційно-логістична система метрологічного забезпечення випробувань; це система, яка акумулює в собі усі необхідні елементи для

забезпечення якості проведення випробувань та здатна своєчасно реагувати, адаптуватися і ухвалювати відповідні рішення в залежності від потреб.

4. Для підтвердження якості нових методів випробувань необхідно синтезувати галузеві системи забезпечення якості випробувань; такі системи дадуть можливість проводити міжлабораторні порівняльні випробування, що сприятиме удосконаленню методів випробувань і їх метрологічного забезпечення.

5. Аналізування виконане з урахуванням запропонованої моделі управління процесом розробки методу випробувань дає змогу виявити наступні закономірності:

- модель розробки нових методів випробувань записується кінечною множиною об'єктів, які є значимими для методу випробувань характеристиками;

- між об'єктами є причинно-наслідкові зв'язки, які можуть позитивно/негативно впливати на характеристики методу, що розробляється;

- значення показників придатності є основним критерієм за яким робиться висновок про можливість застосування методу;

- показники похибки і невизначеності при вимірюваннях повинні співставлятись з економічною доцільністю їх досягнення та виробничою необхідністю.

Представлена методологія розробки нових методів випробувань на основі нечітких когнітивних карт дозволяє описувати складні багатокритеріальні інтелектуальні системи прийняття рішення в умовах ризику під час розробки нових методів випробувань

6. Мислєдіяльністьна методологія є ефективним інструментом побудови систем управління якістю та їх віртуальних моделей. Рівні ієрархії визначаються рівнем встановлених вимог. Фази визначаються послідовністю впровадження нових редакцій нормативних документів, що регламентують діяльність випробувальної лабораторії, і визначаються редакцією (версією) цих документів. Види функцій визначають роль окремих елементів системи

управління в загальній системі. Основою побудови віртуальної випробувальної лабораторії є вимоги до її структури, технічних даних (засоби вимірювальної техніки і випробувальне устаткування) та вимоги до системи якості. Запропонований віртуальний тренажер випробувальної лабораторії призначений для використання у навчальному процесі при навчанні фахівців випробувачів. Його застосування направлене на формування у студентів професійних знань, умінь і навичків самостійно приймати рішення та формування індивідуальних рішень розв'язання ситуацій, здобуття надпрофесійних навичків (soft skills), здобуття професійних навичків роботи з нормативними документами (зокрема, стандартами), випробувальним устаткуванням, засобами вимірювальної техніки, роботи з адміністрування систем управління якістю.

7. Запропонована методологія класифікації та оцінювання ризиків випробувальної лабораторії шляхом застосування мислєдїяльнїсної методологїї дозволяє встановити залежнїсть мїж рївнем ризику, його джерелом і перїодом впливу, що дає змогу визначити найуразливїші на даний момент часу елементи системи управління та намітити шляхи для покращення і пошуку можливостей. Наукова цїннїсть дослідження полягає в обґрунтуванні методологїї класифікації та оцінювання ризиків випробувальної лабораторії шляхом застосування мислєдїяльнїсної методологїї. Практична цїннїсть дослідження полягає у можливості формування «ризик-профїлю» лабораторії, що дає об'єктивну інформацію про поточний стан системи управління лабораторії та указує на можливі шляхи покращення.

Результати дослідження опубліковано в [1], [9], [10], [11], [12], [16], [24], [26], [30], [31], [32], [33], [38], [42], [45].

РОЗДІЛ 3

НОРМУВАННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ

Об'єктивна кількісна оцінка технічного стану об'єкту випробувань за поточними значеннями контрольованих параметрів може бути отримана в тому випадку, якщо правильно і обґрунтовано встановлені їхні номінальні і допустимі значення (нормативні значення) [279], [280]. До таких відносять номінальні, граничні і допустимі значення. Номінальні значення відповідають новим, технічно-справним машинам, агрегатам, вузлам, елементам. Граничне значення параметра відповідає такому стану, коли подальша експлуатація стає технічно неможливою або економічно недоцільною. Допустимі значення являють собою граничне значення, при якому забезпечується заданий або економічно оптимальний рівень ймовірності відмови за міжконтрольного напрацювання. Номінальні і граничні значення структурних параметрів елементів машин встановлюються виробниками в галузевій нормативній документації.

3.1 Встановлення нормативного значення показника

Кожне вимірювання супроводжується певною похибкою і невизначеністю. Невизначеність вимірювання – це параметр вимірювання, характеризує інтервал значень вимірюваного показника, які обґрунтовано можуть, з певною ймовірністю, можуть бути приписані вимірюваній величині [281] (рис. 3.1).

При встановленні нормативного значення показника, необхідно жадати, щоб невизначеність була якнайменшою. Проте, в силу дії випадкових об'єктивних і суб'єктивних причин, невизначеність завжди

залишається. Суб'єктивною основною причиною невизначеності (розкиду вимірних значень від досліду до досліду), при проведенні випробувань є «випробувач». Тобто людина, що проводить випробування із своїми індивідуальними фізіологічними можливостями і досвідом при приведенні в дію органів керування машини.

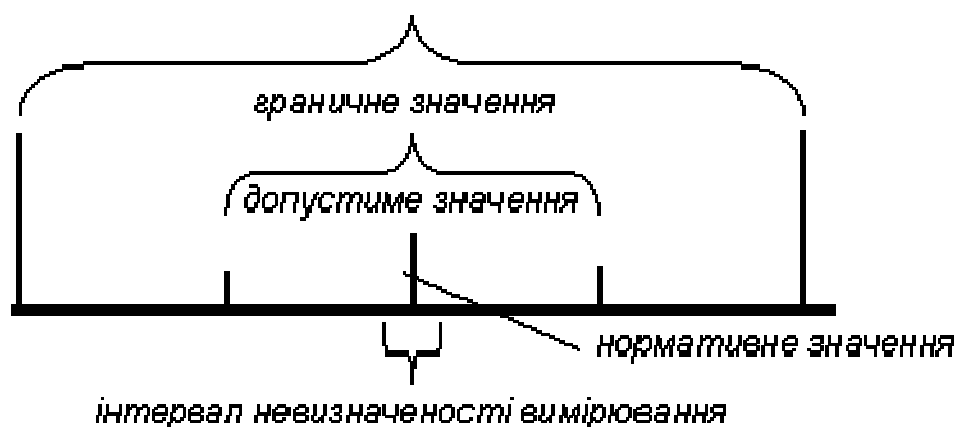


Рисунок 3.1 – Невизначеність вимірювання
і значення показника, що контролюється

Менш впливовим фактором на невизначеність при динамічних випробування мобільних машин є дорога або фон на яких проводяться випробування та стан коліс машини. Обґрунтувати вимоги до дороги і коліс можливо, проте не завжди можливо забезпечити повну відтворюваність цих вимог.

Метрологічний допуск – це інтервал в межах якого вважається, що показник відповідає певному рівню.

Алгоритм встановлення нормативного значення показника і метрологічного допуску на його визначення наступний:

- обґрунтування методу і методики його реалізації;
- попередня серія вимірювань: експериментальне встановлення попередніх даних про точнісні характеристики методу (невизначеність вимірювання, оцінювання результату вимірювання і його похибка, середньоквадратичне відхилення результату вимірювання і його похибка,

коефіцієнт варіації) шляхом проведення серії попередніх випробувань за розробленою методикою, аналітичне визначення необхідного числа вимірювань для встановлення нормативного значення із заданою невизначеністю;

– основна серія вимірювань: експериментально-аналітичне визначення нормативного значення показника, визначення метрологічного допуску на контрольований показник;

– коригування (за необхідності) вимог до методу випробувань у частині похибки (невизначеності) засобу вимірювальної техніки, що використовується при випробуваннях.

Обґрунтування методу випробувань і методики його здійснення проводиться шляхом наукових досліджень і аналізування закономірностей зміни технічного стану за досліджуваним параметром. На цьому етапі встановлюється рівняння вимірювання, залежність зміни вихідної величини від зміни вхідної. Проводяться аналітичні розрахунки з використанням теорії чутливості [282], [283]. На основі цих розрахунків встановлюються орієнтовні значення довірчого інтервалу і невизначеності вимірювання.

Попередня серія вимірювань проводиться з метою встановлення попередніх даних про метод, його чутливість до випадкових впливаючих факторів. Дані про точнісні характеристики методу визначаються шляхом проведення серії випробувань за розробленою методикою. Випробування проводяться на технічно-справному (новому) об'єкті, що підтверджено результатами випробувань іншими (стандартизованими) методами. На цьому етапі нормування, наявності у випробувача є лише дані про похибку засобу вимірювальної техніки, яким проводиться вимірювання, або про невизначеність його калібрування.

Попередня серія вимірювання складається з одного або декількох етапів. На кожному етапі отримується певна група даних. Кількість вимірювань на першому етапі залежить від кількості перемінних факторів, що призводять до випадкової похибки вимірювання, які можна врахувати.

Орієнтовно на першому етапі проводиться 10-20 вимірювань. Результати вимірювання перевіряються на наявність викидів. Критерієм придатності попередньої серії є виконання умови, за якої похибка середньоарифметичного значення показника повинна бути меншою систематичної похибки вимірювання Δ_c

$$\Delta \bar{x}_{n1} < \Delta_c, \quad (3.1)$$

де

$$\Delta \bar{x}_{n1} = \pm t \frac{\sigma_{n1}}{\sqrt{n_{n1}}}; \quad (3.2)$$

t – коефіцієнт Стюдента, що залежить від числа вимірювань при довірчій ймовірності $P=0,95$;

σ_{n1} , n_{n1} – середнє квадратичне відхилення результатів вимірювань і число вимірювань у попередній серії на першому етапі, відповідно.

Умова (3.1) буде виконана, якщо

$$\Delta \bar{x}_{n1} = 1 / 3 \Delta_c. \quad (3.3)$$

У разі невиконання умови (3.1), необхідно здійснити ще один етап вимірювань в кількості $n_{n2}=10-20$. Провести розрахунки за (3.1) і (3.2) з урахуванням вимірювань першої групи. Такий критерій допустимий, оскільки в результаті вимірювання контрольованого параметра об'єкта випробувань переважає випадкова похибка.

На наступному етапі проводяться розрахунки коефіцієнту варіації v_n та розширеної невизначеності U_n [281]. Коефіцієнт варіації використовується в якості додаткової перевірки. Його значення не повинно перевищувати 15 %. У разі перевищення коефіцієнтом варіації допустимого значення, проводять

нові вимірювання попередньої серії випробувань.

У разі виконання умови (3.1) та відповідності коефіцієнту варіації v_n , робиться висновок про те, що запропонований метод випробувань є дієвим і дає надійні результати.

Нормативне значення показника, розраховане за попередньою серією вимірювань, з однаковою ймовірністю може знаходитись в інтервалі $\pm U_n$. При номінальному значенні нормованого показника, формулювання висновку про рівень об'єкту випробувань не викликає ніяких труднощів. Проте, із наближенням його значення до допустимого або граничного значення, виникають певні труднощі із формулюванням висновку. Для звуження інтервалу, в якому може знаходитись нормативне значення показника необхідно провести основну серію вимірювань.

Кількість вимірювань n_o в основній серії визначається виходячи із значень середньоквадратичного відхилення і коефіцієнту варіації при довірчій ймовірності $P=0,99$ (таке посилення вимог до точності дає змогу звужити інтервал у якому буде знаходитись нормативне значення показника).

Необхідна кількість вимірювань основної серії (із (3.2))

$$n_o = \frac{t^2 \sigma_n^2}{\Delta \bar{x}_n^2}, \quad (3.4)$$

де σ_n , $\Delta \bar{x}_n$ – середньоквадратичне відхилення і похибка визначення середнього значення показника у попередній серії вимірювань, відповідно.

Провівши основну серію вимірювань в кількості n_o , результати перевіряються на наявність викидів. Потім розраховується розширена невизначеність вимірювання основної серії U_o .

Метрологічний допуск на контрольований параметр доцільно встановити в межах $\pm 2U_o$, але не більше ніж $\pm U_n$. Це забезпечить врахування невизначеності від факторів, що змінюються від досліду до досліду. При реалізації нового методу, невизначеність вимірювання не повинна

перевищувати U_0 .

Коригування вимог до методу випробувань проводиться за необхідності. Наприклад, якщо в результаті вимірювання показника даним засобом вимірювальної техніки не може бути отримане значення невизначеності U_0 , то необхідно обґрунтувати вибір нового засобу вимірювальної техніки з меншим значенням систематичної похибки, що в свою чергу зменшить невизначеність вимірювання типу В і, як наслідок, зменшить значення розширеної невизначеності.

За результатами нормування складається звіт.

3.2 Оцінювання співпадіння експериментальних і теоретичних моделей випробувань

3.2.1 Показник і критерій оцінювання впливу методичної похибки на результат вимірювання із застосуванням невизначеності вимірювання. Методи випробувань реалізуються шляхом вимірювання значень певних параметрів за визначеною методикою і з використанням регламентованих засобів вимірювальної техніки. Безумовно, як методика, так і засоби вимірювальної техніки мають похибки. У зв'язку з цим, результати експериментальних досліджень будуть відрізнятися від результатів розрахунків за розробленою математичною моделлю. На результат вимірювання будуть впливати випадкова, систематична і методична похибки. За рахунок цього буде спостерігатись розкид отриманих експериментальних даних, а їх математичне очікування буде відрізнятися від теоретичного (розрахованого за математичною моделлю).

Теоретична модель випробувань складається на основі, і є результатом, ґрунтовних наукових досліджень. Така модель має певні допущення і тому вона не буде в повній мірі відповідати реальному процесу протікання явища,

що досліджується. Використовуючи теоретичну модель проводяться певні розрахунки і формуються попередні висновки. Теоретична модель (модельне рівняння) вимірювання показника, що досліджується має вид

$$y_T = f(X \pm U_X), \quad (3.5)$$

де $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ – множина значень величин, що входять у модельне рівняння вимірювання теоретичного значення досліджуваного показника y ;

$U_X = \{U_{X1}, U_{X2}, \dots, U_{Xn}\}$ – множина значень розширених невизначеностей з якими вимірюються показники X , що входять у модельне рівняння вимірювання досліджуваного показника y ;

n – кількість величин, що входять у модельне рівняння вимірювання досліджуваного показника y .

Результат теоретичного вимірювання можна представити у виді розподілу з числом вимірювань, що наближається до безкінечності (рис. 3.2). Такі результати розподіляються за нормальним законом, а математичне очікування $\bar{y}_T$ (середнє значення) буде рівнятись результату розрахунку за (3.5) без врахування невизначеності вимірювання U_X :

$$\bar{y}_T = y_T. \quad (3.6)$$

За теоретичного дослідження на результат вимірювання за (3.5) не буде впливати випадкова похибка, а методична, апіорі, рівняється нулю. У цьому разі значення U_X будуть визначатись невизначеностями типу В, які є аналогом систематичних похибок у класичній метрології. Значення U_X можуть бути взяті із апіорних даних, свідоцтва про калібрування або паспорту засобу вимірювальної техніки (за прямих вимірювань), встановлене в нормативному документі на метод вимірювань (випробувань), тощо [281].

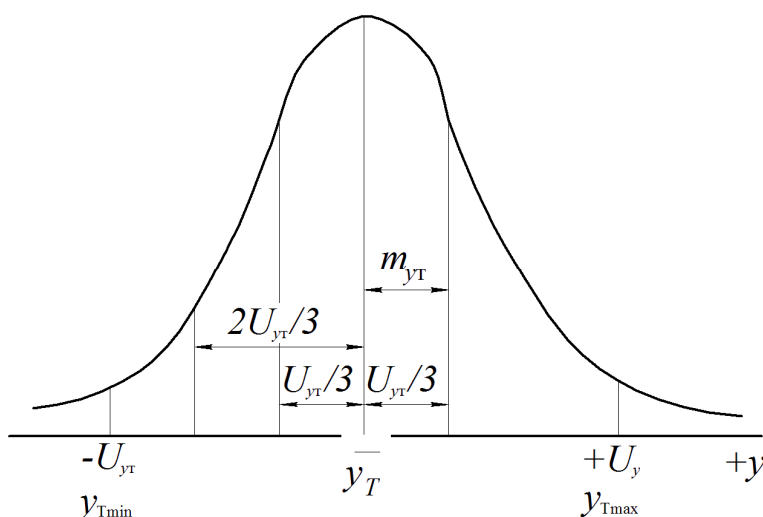


Рисунок 3.2 – Розподіл теоретичних значень показника y

Невизначеність вимірювання U_x розраховується з довірчою ймовірністю $P=0,95$, тому межі зміни показника y будуть охоплювати майже всю площу під кривою розподілу (рис. 3.2) Виходячи з (3.5), можна сказати, що умовні межі зміни теоретичного значення показника y будуть визначатись величиною його невизначеності вимірювання

$$y_{T \max} (y_{T \min}) = \bar{y}_T \pm U_{yT}. \quad (3.7)$$

де $y_{T \max}$, $y_{T \min}$ – максимальне і мінімальне теоретичне значення показника y ;

U_{yT} – невизначеність вимірювання показника y .

Похибка визначення середнього теоретичного значення може бути визначена як

$$m_{yT} = \frac{U_{yT}}{3}, \quad (3.8)$$

При здійсненні вимірювань в реальних умовах на їх результат будуть впливати випадкова і систематична похибки. За рахунок дії випадкової похибки розширюється інтервал (у порівнянні з теоретичними даними вимірювань), в якому може знаходитись дійсне значення вимірюваної

величини

$$U_{ye} \geq U_{yt}. \quad (3.9)$$

Крім цього, за рахунок недосконалості математичної моделі (модельного рівняння) вимірювання показника (методична похибка), математичне очікування експериментальних даних може відрізнятись від теоретичного

$$\bar{y}_t \neq \bar{y}_e. \quad (3.10)$$

Математичне очікування, середнє квадратичне відхилення і похибка визначення середнього значення експериментальних даних визначаються за класичними формулами теорії ймовірності [286] (рис. 3.3)

$$\bar{y}_e = \frac{\sum_{i=1}^j y_{ei}}{j}; \quad (3.11)$$

$$\sigma_{ye} = \sqrt{\frac{1}{j-1} \sum_{i=1}^j (y_{ei} - \bar{y}_e)^2}; \quad (3.12)$$

$$m_{ye} = \frac{\sigma_{ye}}{\sqrt{j}}, \quad (3.13)$$

де y_{ei} – i -те значення вимірюваної величини y_e ;

j – кількість вимірювань величини y_e .

Для оцінювання впливу методичної похибки на результат вимірювання визначимо межі можливих відхилень теоретичних даних $\bar{y}_e$ від експериментальних $\bar{y}_t$ (Δy) в долях від похибки визначення різниці між цими величинами m_y

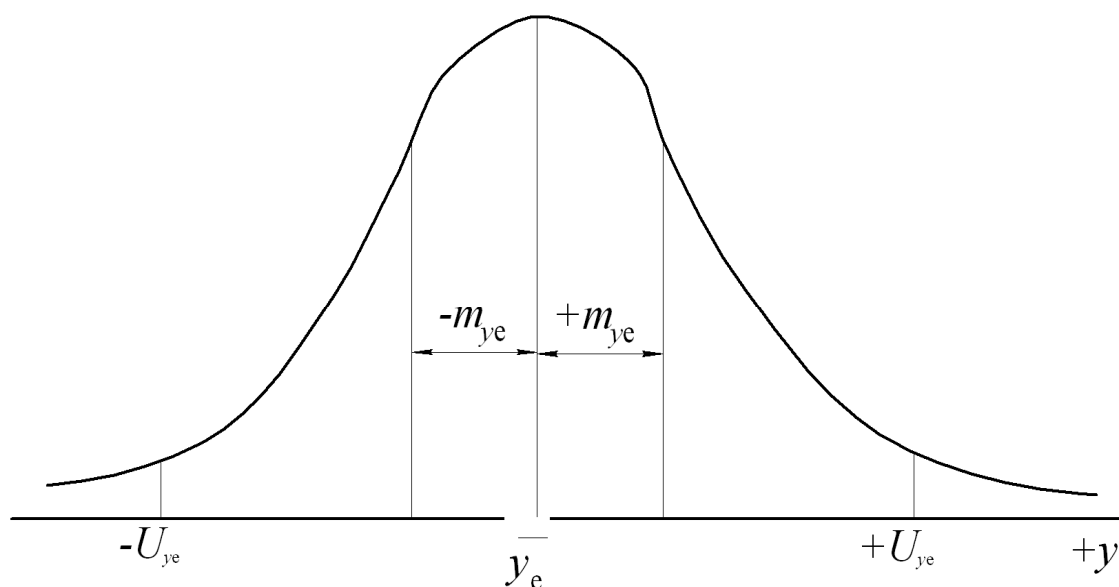


Рисунок 3.3 – Розподіл експериментальних даних вимірювання показника y

$$k_m = \frac{\Delta y}{m_y}. \quad (3.14)$$

де

$$\Delta y = |\bar{y}_t - \bar{y}_e|; \quad (3.15)$$

$$m_y = \sqrt{m_{yt}^2 + m_{ye}^2}. \quad (3.16)$$

На рис. 3.4 показано графічно співпадіння результатів теоретичних і експериментальних досліджень.

За спеціальними таблицями, що наведені в літературі з математичної статистики [286]), в залежності від величини k_m , визначається ймовірність з якою середнє значення теоретичного розподілу виходить за довірчі межі визначення середнього значення досліджуваної величини визначеної експериментальним шляхом (табл. 3.1).

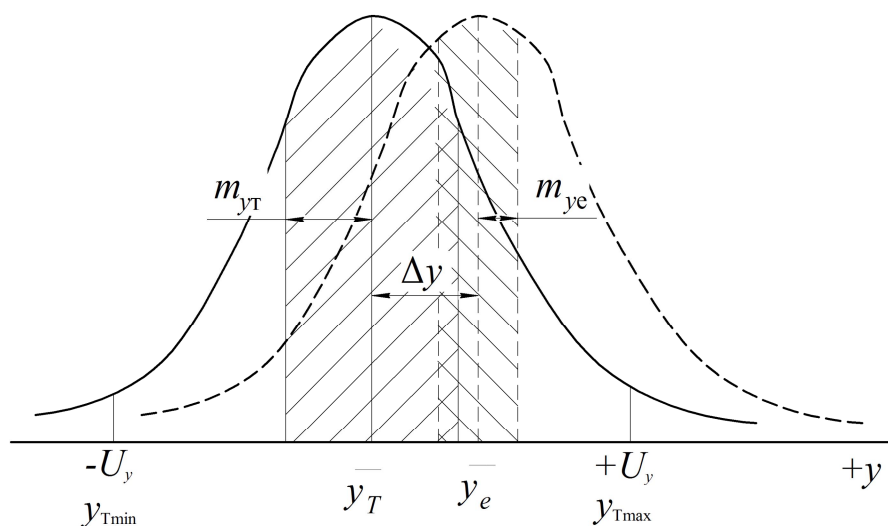


Рисунок 3.5 – Графічна інтерпретація співпадіння результатів теоретичних і експериментальних досліджень

Таблиця 3.1 – Коротка таблиця значень інтегралу ймовірності [386]

t	P_t	t	P_t	t	P_t	t	P_t
0,2	0,1585	1,2	0,7699	2,2	0,9722	3,2	0,9986
0,4	0,3108	1,4	0,8385	2,4	0,9836	3,4	0,9993
0,6	0,4515	1,6	0,8904	2,6	0,9907	3,6	0,9997
0,8	0,5763	1,8	0,9281	2,8	0,9949	3,8	0,9999
1,0	0,6827	2,0	0,9545	3,0	0,9973	4,0	0,9999
t – довірчий коефіцієнт							
P_t – ймовірність							

Показник k_m може бути кількісним показником вираження методичної похибки і характеризує ймовірність з якою теоретична модель не відповідає експериментальній. Для визначення ймовірності P_c з якою теоретична модель відповідає експериментальній необхідно знайти величину

$$P_c = 1 - P_{k_m}. \quad (3.17)$$

де P_{k_m} – ймовірність співпадіння теоретичних і експериментальних даних.

Значення показника k_m змінюється в межах $k_m = [0; \infty)$.

При значенні $k_m=0,68$ ймовірність співпадіння теоретичних і експериментальних результатів буде 50 %. При значенні $k_m=1$ ймовірність неспівпадіння теоретичних і експериментальних результатів буде 68 %. Тобто, з ймовірністю 68 % математичне очікування експериментальних даних вийде за межі похибки визначення теоретичних значень. За більшого значення різниці Δu в (10) ймовірність співпадіння буде зменшуватись. Якщо різниця середніх значень буде більш ніж в два рази перевищувати похибку їх визначення (ймовірність неспівпадіння 95 %), то методичну похибку можна назвати суттєвою і необхідно прийняти міри для удосконалення математичної моделі. Якщо $k_m < 1,3$ (ймовірність співпадіння результатів більше 80 %) то можна вважати, що методична похибка незначно впливає на результати, а самі результати є співставними.

3.2.2 Показник і критерій оцінювання впливу випадкової похибки на результат вимірювання із застосуванням невизначеності вимірювання. Для оцінювання впливу випадкової похибки порівнюються між собою значення невизначеності теоретичного розподілу і експериментального

$$k_b = \frac{U_{ye}}{U_{yt}}. \quad (3.18)$$

За значень $k_b \geq 2$ значення випадкової похибки буде перевищувати значення систематичної похибки. У цьому випадку можна зробити висновок про те, що випадкова похибка суттєво впливає на результат вимірювання. Зменшити її можна шляхом здійснення ще однієї серії вимірювань. Якщо після додаткових вимірювань значення k_b не зменшилось, необхідно здійснити міри з усунення зовнішніх факторів, що впливають на точність вимірювання.

3.3 Альтернативний спосіб оцінювання співпадіння експериментальних і теоретичних моделей випробувань

Філософське твердження про те, що практика це критерій істини, призвело до того, що обов'язковим етапом наукових досліджень з природничих і технічних наук є експеримент. Але обмежуватись лише експериментальними дослідженнями не слід, оскільки наукові результати вимагають їх узагальнення на інші об'єкти (інші параметри машини, машини, що мають таку ж модель функціонування, тощо). Крім цього, експериментальні дослідження можуть давати більш високу, у порівнянні з теоретичною, похибку результатів, що обумовлена недостатньою точністю вимірювань. Крім цього, результати експериментальних досліджень, що отримані різними методами можуть відрізнятись між собою (наприклад через використання засобів вимірювальної техніки різної точності, різних методик, тощо). З іншого боку, теоретична (як правило, математична) модель будується з урахуванням значної кількості спрощень і допущень, оскільки отримати істинний опис фізичної сутності об'єкту з урахуванням усіх факторів не можливо.

Оцінювання адекватності можна здійснювати шляхом порівняння між собою як результатів теоретичних досліджень, що отримані різними методами, так і результатів експериментальних досліджень, що отримані також різними методами.

При проведенні експериментальних досліджень точність вимірювання фізичних величин, що нас цікавлять, визначається (в залежності від прийнятої моделі оцінювання точності) середнім квадратичним відхиленням виміряних або розрахованих величин від їх математичних очікувань або невизначеністю вимірювання.

Розвиток комп'ютерних технологій дозволив підвищити не лише точність теоретичних досліджень, а і точність результатів експерименту за

рахунок автоматизації їх отримання і оброблення. Проте, слід сказати, що точність експериментальних досліджень нижче ніж теоретичних, і вона повинна визначати точність математичних моделей в теоретичній частині досліджень. Для оцінювання адекватності результатів наукових досліджень досить часто використовуються методи кореляційного аналізу (з використанням кореляційного моменту, коефіцієнту кореляції, кореляційних функцій, тощо).

Нехай дослідження одного параметру проводяться методами: Метод 1 і Метод 2. Надалі цифрами 1 і 2 в формулах будуть позначені результати отримані за Методом 1 і Методом 2, відповідно.

Розглядаючи масив значень величин, що отримані Методом 1 і масив значень, що отримані Методом 2, як дві незалежні випадкові величини, необхідно визначати ймовірність їх сумісного прояву, що буде являтися критерієм адекватності (співставності) результатів.

Сумісна густина розподілу двох незалежних випадкових величин може бути визначена у відповідності з теоремою множення ймовірності наступним чином

$$f(x_1; x_2) = f_1(x_1) \cdot f_2(x_2), \quad (3.19)$$

де x_1, x_2 – значення випадкових величин X_1 і X_2 , що отримані Методом 1 і Методом 2; $x_1 \in X_1, x_2 \in X_2$

$f(x_1), f(x_2)$ – густина розподілу випадкових величин X_1 і X_2 .

Інтегральна функція спільного розподілу результатів, що отримані Методом 1 і Методом 2, має вигляд

$$F(x_1; x_2) = \int_{-\infty}^{x_1} \int_{-\infty}^{x_2} f(x_1; x_2) dx_1 dx_2 = \int_{-\infty}^{x_1} f_1(x) dx \int_{-\infty}^{x_2} f_2(x) dx, \quad (3.20)$$

Ймовірність співпадіння результатів визначається подвійним інтегралом

$$\iint_L f(x_1; x_2) dx_1 dx_2, \quad (3.21)$$

де L – множина $\{(x_1; x_2) | x_1 = x_2\}$, тобто бісектриса I-III координатних кутів.

Будь-який інтеграл за множиною нульової міри дорівнює нулю. Тим паче, співпадіння результатів в межах числових значень $[X_{\min}; X_{\max}]$ теж має нульову ймовірність.

Отримані результати свідчать про те, що точне числове співпадіння результатів досліджень, що отримані різними методами, неможливе. Це обумовлено безкінечно великою кількістю числових значень випадкових величин як в інтервалі $(-\infty; +\infty)$, так і в кінцевому інтервалі $[X_{\min}; X_{\max}]$. У зв'язку з цим, пропонується критерій оцінювання адекватності результатів отриманих різними методами у виді

$$p = \frac{F_1(X_{\max}) - F_1(X_{\min})}{F_2(X_{\max}) - F_2(X_{\min})}, \quad (3.22)$$

За $p=1$ маємо ідеальний випадок співпадіння результатів. За $p=0$ теоретичні результати некоректні. Звужуючи межі інтервалу $[X_{\min}; X_{\max}]$, при знаходженні математичних очікувань теоретичних і експериментальних даних в його межах, ми тим самим підвищуємо точність оцінювання адекватності.

У рівнянні (3.22)

$$F_1(X_{\max}) = \int_0^{X_{\max}} f_1(x_1) dx, \quad (3.23)$$

$$F_1(X_{\min}) = \int_0^{X_{\min}} f_1(x_1) dx, \quad (3.24)$$

$$F_2(X_{\max}) = \int_0^{X_{\max}} f_2(x_2) dx, \quad (3.25)$$

$$F_2(X_{\min}) = \int_0^{X_{\min}} f_2(x_2) dx, \quad (3.26)$$

За нормального закону розподілу випадкових величин доцільно скористатись таблицею нормованого центрованого розподілу, що наведені у відомій літературі. Квантиль нормованого центрованого нормального розподілу

$$(U_{p1})_{\max} = \frac{X_{\max} - m_{x1}}{\sigma_1}, \quad (3.27)$$

$$(U_{p1})_{\min} = \frac{X_{\min} - m_{x1}}{\sigma_1}, \quad (3.28)$$

$$(U_{p2})_{\max} = \frac{X_{\max} - m_{x2}}{\sigma_2}, \quad (3.29)$$

$$(U_{p2})_{\min} = \frac{X_{\min} - m_{x2}}{\sigma_2}, \quad (3.30)$$

де $m_{\text{хт}}$, $m_{\text{хе}}$ – математичне очікування результатів теоретичних і експериментальних даних.

У загальному виді отримуємо інтеграл Лапласа

$$F(x) = 1 - Q(x), \quad (3.31)$$

де $Q(x)$ – результат взятий з таблиці нормованого центрованого розподілу.

3.4 Висновки за розділом 3

1. Розроблений метод встановлення нормативних (номінальних) значень показників при розробці нових методів випробувань базується на використанні похибок і невизначеності вимірювання. Введено поняття метрологічного допуску, суть якого інтервал в межах якого вважається, що показник відповідає певному рівню. Окремого дослідження потребують питання обґрунтування взаємозв'язку точності і невизначеності вимірювання та фактичних числових значень результатів вимірювання та обґрунтування показників валідації методу.

2. В результаті проведеного дослідження розроблено новий спосіб оцінювання впливу випадкової і методичної похибок на результат вимірювання за показниками невизначеності вимірювання. В якості кількісного показника впливу методичної похибки запропоновано відношення різниці між теоретичними і експериментальними даними до середньої похибки їх визначення. В якості кількісного показника впливу випадкової похибки запропоновано відношення невизначеності вимірювання експериментальних даних до невизначеності вимірювання теоретичних даних. Указані показники засновано на припущенні того, що теоретичні і експериментальні дані розподілені нормально. Теоретичний розподіл змінюється в межах сумарної невизначеності вимірювання типу В досліджуваного параметру. Фізична суть показника впливу методичної похибки – ймовірність з якою результати вимірювання середнього значення показника (визначене експериментально) знаходяться в межах можливого відхилення теоретичного значення цього показника.

3. За значення $k_m=0,68$ ймовірність співпадіння теоретичних і експериментальних результатів буде 50 %. За значення $k_m=1$ ймовірність неспівпадіння теоретичних і експериментальних результатів буде 68 %. Тобто, з ймовірністю 68 % математичне очікування експериментальних

даних вийде за межі похибки визначення теоретичних значень. За більшого значення різниці Δu в (3.15) ймовірність співпадіння буде зменшуватись. Якщо різниця середніх значень буде більш ніж в два рази перевищувати похибку їх визначення (ймовірність неспівпадіння 95 %), то методичну похибку можна назвати суттєвою і необхідно прийняти міри для удосконалення математичної моделі. Якщо $k_m < 1,3$ (ймовірність співпадіння результатів більше 80 %) то можна вважати, що методична похибка незначно впливає на результати, а самі результати є співставними.

4. За значень $k_b \geq 2$ значення випадкової похибки буде перевищувати значення систематичної похибки. У цьому випадку можна зробити висновок про те, що випадкова похибка суттєво впливає на результат вимірювання. Зменшити її можна шляхом здійснення ще однієї серії вимірювань. Якщо після додаткових вимірювань значення k_b не зменшилось, необхідно здійснити міри з усунення зовнішніх факторів, що впливають на точність вимірювання.

5. Результати проведеного дослідження свідчать про те, що отримати точне числове значення співпадіння результатів досліджень, що отримані різними методами, неможливо. Це обумовлено безкінечно великою кількістю числових значень випадкових величин як в інтервалі $(-\infty; +\infty)$, так і в кінцевому інтервалі $[X_{\min}; X_{\max}]$. У зв'язку з цим, запропоновано критерій оцінювання адекватності результатів отриманих різними методами, який рівняється відношенню різниць інтегральних функцій ймовірності за максимального і мінімального значення результату вимірювання.

Результати досліджень опубліковано в [1], [7], [13], [28], [34], [37].

РОЗДІЛ 4

СПОСІБ ВИМІРЮВАННЯ ПРОСТОРОВО-ЧАСОВОЇ ОРІЄНТАЦІЇ ОБ'ЄКТІВ ВИПРОБУВАНЬ

Динамічні випробування потребують застосування відповідного метрологічного забезпечення вимірювально-реєстраційних комплексів, які дозволять без втручання в конструкцію машини здійснювати визначення його просторово-часову орієнтацію, тобто вимірювання кінематичних і динамічних параметрів руху.

4.1 Математична модель визначення просторово-часової орієнтації об'єктів випробувань

Для проведення випробувань на ділянках, що мають подовжній і поперечний ухили, доцільно використовувати вимірювальні системи на гіроскопічній платформі, які мають функцію вимірювання лінійного прискорення і кутової швидкості. На рис. 4.1 наведено схему вимірювання лінійних прискорень що виникають при русі мобільної машини.

Компоненти прискорень точки A , в якій встановлені здавачі

$$a^n = \omega^2 R = \omega^2 OA; \quad (4.1)$$

$$a^\tau = \varepsilon R = \varepsilon OA, \quad (4.2)$$

де a^n , a^τ – нормальне і дотичне прискорення в точці A , відповідно;

ω – кутова швидкість точки A ;

ε – кутове прискорення в точці A ;

R – миттєвий радіус повороту (на рис. 4.1 – величина відрізка OC).

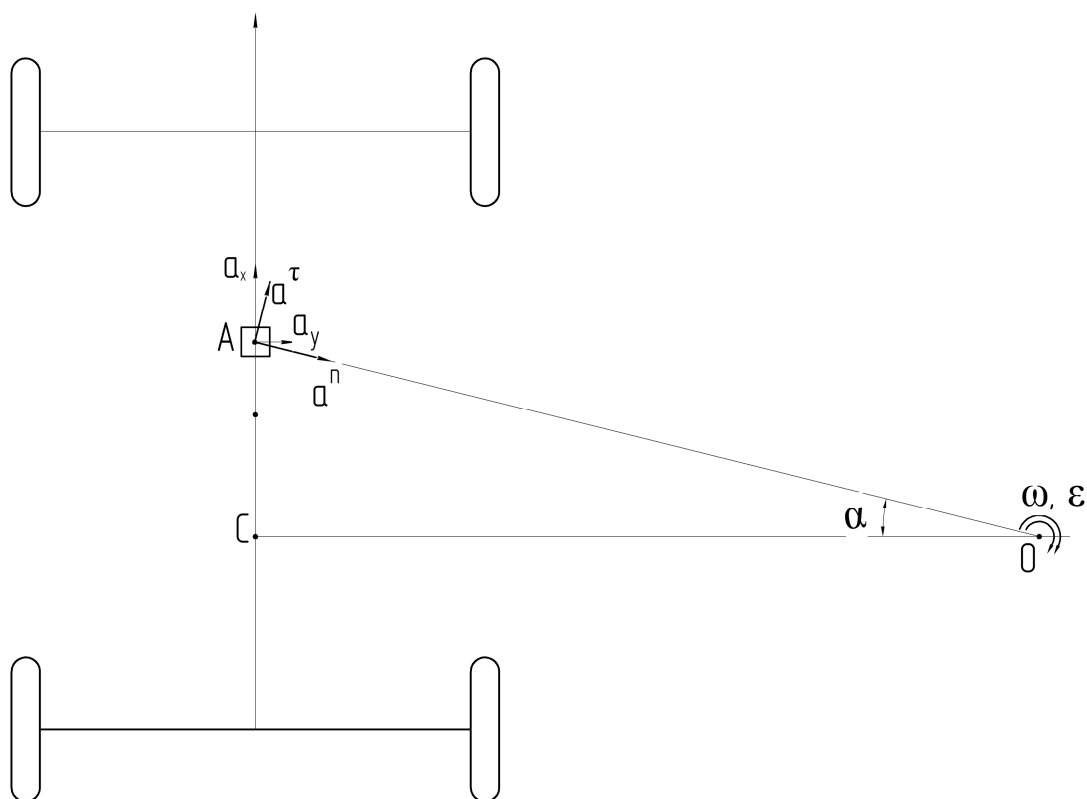


Рисунок 4.1 – Схема лінійних прискорень, що виникають при русі трактора

Компоненти лінійних прискорень, які реєструються давачами лінійних прискорень (рис. 4.1)

$$a_x = a^\tau \cos \alpha + a^n \sin \alpha ; \quad (4.3)$$

$$a_y = a^\tau \sin \alpha + a^n \cos \alpha . \quad (4.4)$$

Після підстановки (4.1)–(4.2) в (4.3)–(4.4), а також з урахуванням геометричного визначення кута α згідно схеми на рис. 4.1 маємо

$$a_x = \epsilon R + \omega^2 R \operatorname{tg} \alpha ; \quad (4.5)$$

$$a_y = -\epsilon R \operatorname{tg} \alpha + \omega^2 R . \quad (4.6)$$

Розв'язуючи сумісно (4.5) і (4.6) знайдемо миттєвий радіус повороту

$$R = \frac{a_y \omega^2 - a_x \varepsilon}{\omega^4 - \varepsilon^2}. \quad (4.7)$$

Величину кутового прискорення ε можна знайти використовуючи додатковий давач кутового прискорення, або продиференціювати значення кутової швидкості ω

$$\varepsilon = \frac{\omega_2 - \omega_1}{\Delta t}; \quad (4.8)$$

де ω_1, ω_2 – значення кутової швидкості виміряні в поточний і попередній моменти часу відповідно;

Δt – проміжок часу з яким здійснюється вимірювання кутової швидкості.

Рівняння (4.7) з урахуванням (4.8) буде мати вид

$$R = \frac{a_y \omega_2^2 \Delta t^2 - a_x \Delta t (\omega_2 - \omega_1)}{\omega^4 \Delta t^2 - (\omega_2 - \omega_1)^2}. \quad (4.9)$$

Лінійну швидкість трактора можна визначати не інтегруванням за часом, а за відомою формулою

$$v = \omega R. \quad (4.10)$$

Або з урахуванням (4.9)

$$v = \frac{a_y \omega_2^3 \Delta t^2 - a_x \Delta t \omega_2 (\omega_2 - \omega_1)}{\omega^4 \Delta t^2 - (\omega_2 - \omega_1)^2}. \quad (4.11)$$

Похибка вимірювання швидкості трактора визначається наступним чином

$$\varepsilon_v = \left(\left| \frac{\partial v}{\partial a_y} \right| + \left| \frac{\partial v}{\partial a_x} \right| \right) \varepsilon_a + \left(\left| \frac{\partial v}{\partial \omega_2} \right| + \left| \frac{\partial v}{\partial \omega_1} \right| \right) \varepsilon_\omega + \left| \frac{\partial v}{\partial \Delta t} \right| \varepsilon_{\Delta t}. \quad (4.12)$$

де ε_a , ε_ω , $\varepsilon_{\Delta t}$ – абсолютні похибки вимірювання лінійного прискорення, кутової швидкості і часу відповідно;

$$\frac{\partial v}{\partial a_y} = \frac{\omega_2^3 \Delta t^2}{\omega_2^4 \Delta t^2 - (\omega_2 - \omega_1)^2}; \quad (4.13)$$

$$\frac{\partial v}{\partial a_x} = -\frac{\Delta t (\omega_2^2 - \omega_2 \omega_1)}{\omega_2^4 \Delta t^2 - (\omega_2 - \omega_1)^2}; \quad (4.14)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial v}{\partial \omega_2} = & \frac{3a_y \omega_2^2 \Delta t^2 - a_x \Delta t (2\omega_2 - \omega_1)}{\omega_2^4 \Delta t^2 - (\omega_2 - \omega_1)^2} - \\ & - \frac{[4\omega_2^3 \Delta t^2 - 2(\omega_2 - \omega_1)][a_y \omega_2^3 \Delta t^2 - a_x \omega_2 \Delta t (\omega_2 - \omega_1)]}{[\omega_2^4 \Delta t^2 - (\omega_2 - \omega_1)^2]^2}; \end{aligned} \quad (4.15)$$

$$\frac{\partial v}{\partial \omega_1} = \frac{a_x \omega_2 \Delta t}{\omega_2^4 \Delta t^2 - (\omega_2 - \omega_1)^2} - \frac{2(\omega_2 - \omega_1)[a_y \omega_2^3 \Delta t^2 - a_x \omega_2 \Delta t (\omega_2 - \omega_1)]}{[\omega_2^4 \Delta t^2 - (\omega_2 - \omega_1)^2]^2}; \quad (4.16)$$

$$\frac{\partial v}{\partial \Delta t} = \frac{2a_y \omega_2^3 \Delta t - a_x (\omega_2 - \omega_1)}{\omega_2^4 \Delta t^2 - (\omega_2 - \omega_1)^2} - \frac{2\omega_2^4 \Delta t [a_y \omega_2^3 \Delta t^2 - a_x \omega_2 \Delta t (\omega_2 - \omega_1)]}{[\omega_2^4 \Delta t^2 - (\omega_2 - \omega_1)^2]^2}. \quad (4.17)$$

4.2 Алгоритм визначення просторово-часової орієнтації об'єктів випробувань

Поставлена задача вирішується тим, що вимірювання параметрів руху здійснюється одночасно давачами лінійних прискорень і кутової швидкості (гіроскопом), виконаних в одному блоці, інформація про параметри руху, а саме, кутове прискорення, лінійна швидкість, миттєвий радіус повороту,

напрям вектору швидкості, одержується шляхом математичної обробки сигналів з давачів лінійного прискорення і кутової швидкості. Вимірювання параметрів руху здійснюється одночасно у повздовжній, поперечній і вертикальній площинах у локальній системі координат.

На рис. 4.2 наведена структурна схема системи для визначення просторово-часової орієнтації об'єктів, що реалізує спосіб, де 1 – вимірювальний блок, 2 – обчислювальний блок, 3 – пристрій візуалізації, 4 – клавіатура, 5 – друкувальний пристрій, 6 – блок живлення, 7 – модуль підключення до об'єкту.

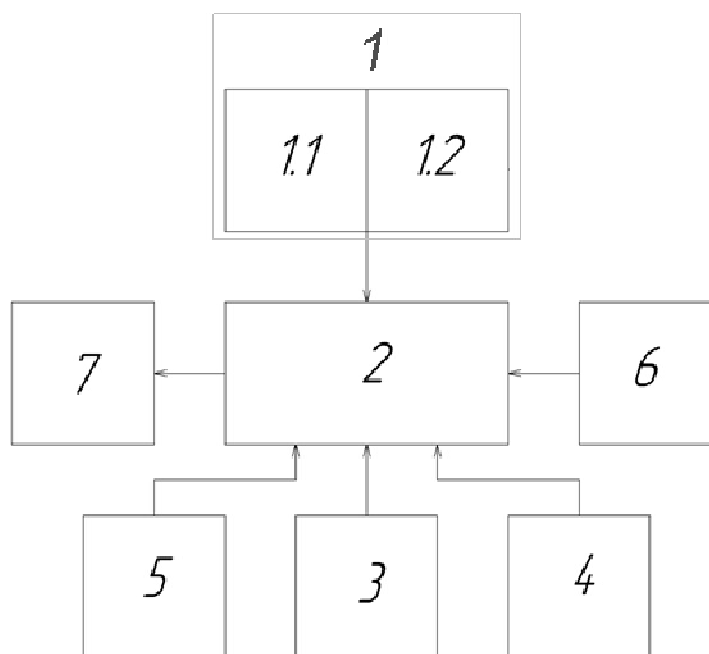


Рисунок 4.2 – Структурна схема системи для визначення просторово-часової орієнтації об'єктів

Вимірювальний блок 1 складається з давача лінійного прискорення 1.1 і давача кутової швидкості 1.2. Вимірювальний блок 1 через канали зв'язку з'єднаний з обчислювальним блоком 2, до якого за допомогою відповідних портів можна підключати зовнішні накопичувачі інформації, периферійні пристрої (наприклад, візуалізатор інформації 3, клавіатура 4, пристрій для роздрукування даних 5). Живлення обчислювального блоку 2 забезпечується від бортової електромережі об'єкту або від автономних елементів живлення

за допомогою блоку живлення 6. Обчислювальний блок має модуль підключення до рухомого об'єкту 7, через який на об'єкт передається інформація управління ним в залежності від інформації отриманої вимірювальним блоком (зворотній зв'язок).

Визначення просторово-часової орієнтації об'єктів здійснюється наступним чином.

На подовжню вісь об'єкту встановлюється вимірювальний блок 1, що одночасно реєструє лінійні прискорення і кутові швидкості у подовжній, поперечній та вертикальній площинах. Після реєстрації даних відбувається їх попереднє оброблення шляхом фільтрування, усереднення і синхронізації за величиною вибраного оператором інтервалу часу. Сигнали з датчиків після попереднього оброблення у вигляді цифрового коду поступають в обчислювальний блок 2, де вони обробляються за допомогою спеціальної програми за авторською методикою. Під час цього оброблення одержується інформація про лінійні прискорення і кутові швидкості шляхом прямих вимірювань і інформація про кутові прискорення, миттєвий радіус повороту і лінійну швидкість непрямыми вимірюваннями та напрям вектору лінійної швидкості. Одержана інформація про результати параметрів руху рухомого об'єкту відображається на пристрої візуалізації 3 у графічній або цифровій формі, реєструється на накопичувачах інформації і використовується для прийняття рішення про результати випробувань, оцінювання поточного стану рухомого об'єкту або прийняття рішення про керуючу дію для об'єкту випробувань.

4.3 Сфера застосування вимірювальної системи

Розроблена вимірювальна система реалізує принципи методу парціальних прискорень. Завдяки компактним розмірам сучасних

мікромеханічних акселерометрів та гіроскопів, запропонована вимірювальна система може мати широкий спектр застосування. Давачі можна встановлювати у важкодоступних місцях машини, що випробовується, а обчислювальний блок за допомогою з'єднувальних кабелів розміщується у кабіні. Використання таких давачів піднімає процес випробувань на якісно вищий рівень. Універсальність запропонованого вимірювального комплексу дозволяє його застосування під час випробування різних видів машин: тракторів, сільськогосподарських машин, автомобілів. Запропонована вимірювальна система може застосовуватись, зокрема, під час випробувань спортивних автомобілів – засобів, що рухаються з великими швидкостями та значними прискореннями, як у подовжньому, так і у поперечному напрямках. Зокрема, Лабораторія швидкісних автомобілів Харківського національного автомобільно-дорожнього університету, використовуючи такі сучасні вимірювальні системи, досягає високої якості своїх розробок, що засвідчується наданням їй статусу національного надбання [<http://surl.li/extwf>, <http://surl.li/exucs>]. За умови облаштування запропонованої вимірювальної системи засобами дистанційного передавання вимірювальної інформації, її можна використовувати під час випробувань масштабних моделей машин.

4.4 Висновки за розділом 4

1. Запропонований спосіб дозволяє зменшити неадекватність моделі вимірювання, підвищити автономність і універсальність та зменшити похибку вимірювання параметрів руху рухомих об'єктів при випробуваннях і в системах навігації при визначенні просторово-часової орієнтації об'єктів та при управлінні ними, за рахунок зміни складу інформаційного обладнання і спрощення непрямих вимірювань.

Результати досліджень опубліковані в [1], [3], [11], [27], [41].

РОЗДІЛ 5

РОЗРОБКА МЕТОДУ ВИМІРЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РУЛЬОВОГО КЕРУВАННЯ ТРАКТОРІВ

Існуючими кваліметричними показниками механізмів рульового керування тракторів, що визначаються випробуванням є:

- люфт (вільний хід) рульового колеса і зусилля на ньому;
- сходження направляючих коліс.
- тиск відкриття запобіжного клапана в системі гідропідсилювача;
- продуктивність насоса;
- герметичність пневмо- і гідросистеми.

Вільний хід рульового колеса і зусилля на ньому відносно легко визначаються. Але, в той же час, вони є адитивними показниками і характеризують стан рульового керування в цілому без надання інформації про стан окремих вузлів і агрегатів. Це, у свою чергу, викликає подальші затрати на поелементне діагностування, а, можливо, і додаткові розбірно-складальні роботи.

5.1 Експериментально-аналітичне обґрунтування визначального показника якості гідрооб'ємного рульового керування тракторів

Стійкість руху трактора під час виконання технологічного процесу є основним показником його якості. При цьому зношення елементів рульового керування, їх несправності (табл. 5.1) призводять до зниження якості виконання технологічного процесу внаслідок зниження стійкості його руху. Функціональними параметрами стану рульового керування обрані: керованість трактора, стійкість прямолінійного руху і повороту, час повороту з одного

крайнього положення у інше, зусилля на рульовому колесі при повороті. В найбільшій мірі проявляється зниження стійкості руху трактора на орних роботах внаслідок асиметричності прикладання сили опору плуга, нерівномірності розподілу сили тяги між колесами [289], що призводить до самовільного уводу орного агрегату від прямолінійного руху (рис. 5.1) [287].

Таблиця 5.1 – Імовірнісні ваги ознак K_j для різних станів D_i гідрооб'ємного рульового керування тракторів серії ХТЗ-170 [288]

Стан D_i	Функціональний параметр, K_j					$P(D_i)$
	КТ	СР	СП	ЧП	ЗК	
ТР	0,84	0,10	0,10	0,73	0,12	0,30
ЗГ	0,75	0,05	0,93	0,75	0,44	0,15
АР	0,01	0,74	0,98	0,01	0,65	0,05
ПР	0,92	0,15	0,75	0,82	0,01	0,10
ІН	0,64	0,02	0,25	0,74	0,31	0,15
ІС	0,10	0,01	0,01	0,10	0,10	0,25
$P(K_j)$	0,45	0,08	0,08	0,15	0,24	1,00
ТР – зниження тиску рідини в гідроприводі нижче значень, що передбачені технічними умовами; ЗГ – засмічення гідроприводу; АР – автоколивання і ривки; ПР – порушення регулювань; ІН – інші несправності, до яких віднесені механічні пошкодження, підтікання робочої рідини, викид рідини та піни крізь сапун бака, тощо; ІС – справний стан; $P(K_j)$ – імовірність появи стану; КТ – керованість трактора; СР – стійкість прямолінійного руху; СП – стійкість повороту; ЧП – час повороту з одного крайнього положення у інше; ЗК – зусилля на рульовому колесі при повороті; $P(D_i)$ – діагностичні ваги станів						

Перехідний процес прискорення повороту трактора на місці може бути віднесений до монотонного перехідного процесу, за якістю якого оцінюється його технічний стан (рис. 5.2).

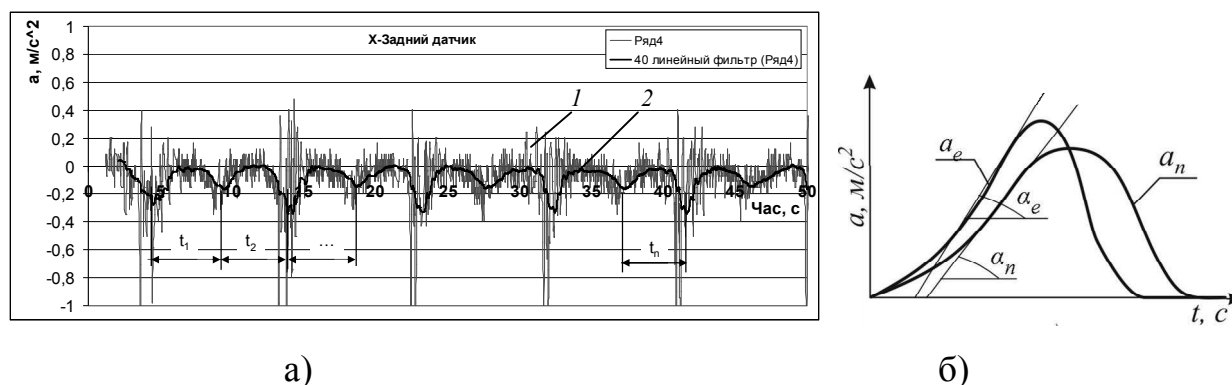


Рисунок 5.1 – Увід трактора ХТЗ-17221 на орних роботах
від прямолінійного руху без впливу тракториста
за коефіцієнту об'ємної подачі гідрооб'ємного рульового керування $K_Q=0,7$

Аналіз перехідного процесу гідроприводу рульового керування дає можливість зробити висновок про те, що під час його кваліметричного оцінювання найбільш доцільно контролювати крутизну характеристики, так як кут α залежить від його технічного стану. При зниженні технічного стану гідроприводу, що характеризується коефіцієнтом об'ємної подачі K_Q , зменшується α і підвищується час перехідного процесу t_n (рис. 5.2). За даним показником оцінюється технічний стан елементів рульового керування.

Оцінка технічного стану об'ємного насоса і насоса-дозатора за прискоренням повороту виконана при одиничному імпульсі тиску рідини у період початку спрацювання зворотного гідроклапану. На параметр a в гідроприводі рульового керування на ділянці мережі «об'ємний насос – клапан витрати – насос-дозатор» (див. рис. 5.3) при імпульсі тиску рідини суттєвий вплив чинить як об'ємна подача насоса K_Q , так і втрати рідини в насосі-дозаторі (рис. 5.4). Так наприклад, під час регулювання переливного клапану насоса-дозатора на 31 л/хв. для $K_Q=0,6$ $a=0,42$ м/с², при $K_Q=0,9$ збільшується до 0,6 м/с², тобто при зміні K_Q у межах допустимого значення від 0,6 до 0,9 a змінюється в 1,4 рази. Така ж закономірність спостерігається і для інших регулювань переливного клапану 27 л/хв. і 39 л/хв., хоча при

регулюваннях гідроклапану на менші витрати рідини, наприклад на 22 л/хв. при зміні K_Q у межах від 0,6 до 0,9 a змінюється всього в 1,17 рази. [288].



а) фрагмент результатів вимірювань; б) розподіл прискорень

1 – масив виміряних даних; 2 – відфільтрований сигнал;

t_n – час здійснення одного циклу повороту;

a_e , a_n , α_e , α_n – прискорення і кут крутизни перехідного процесу, відповідно, за номінального і реального технічного стану РК

Рисунок 5.2 – Перехідний процес прискорення (а) та розподіл прискорень (б) повороту на місці трактора ХТЗ-17221

Залежність $a=f(K_Q)$ змінюється незначно для регулювань переливного гідроклапану у межах від 28 л/хв. до 39 л/хв., що є важливою умовою практичної реалізації методу парціальних прискорень для оцінювання технічного стану гідроприводу, так як немає необхідності в точному регулюванні переливного гідроклапану за допомогою додаткових приладів. У цьому випадку за час повороту трактора з одного крайнього положення в інше, який повинен знаходитись у межах 5 – 7 с, необхідно відрегулювати переливний гідроклапан. При цьому витрата оливи через переливний гідроклапан буде знаходитись у межах 27 – 31 л/хв. [288]

Таким чином, за зміни K_Q у межах від 0,6 до 0,9 розв'язна здатність кваліметричної оцінки технічного стану гідроприводу РК за методом парціальних прискорень на ділянці «об'ємний насос – гідророзподільник» для регулювань гідроклапану 27, 31 і 39 л/хв. достатньо висока і може бути

практично реалізована при створенні необхідних діагностичних засобів.

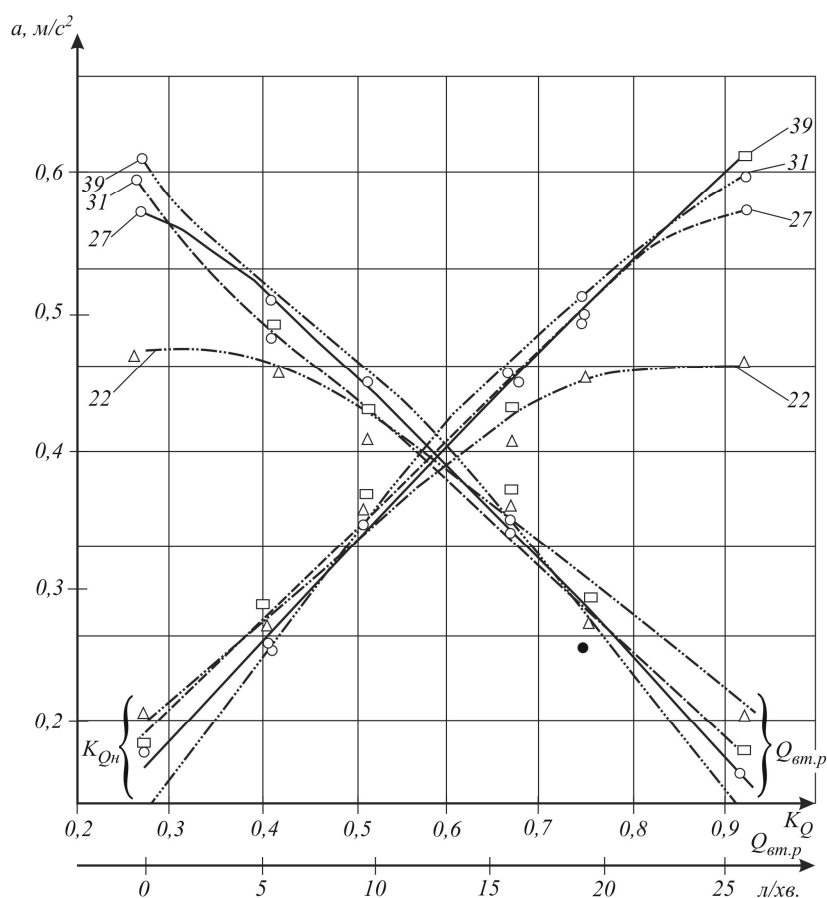


Рисунок 5.3 – Залежність прискорення повороту трактора (a) від коефіцієнта об'ємної подачі насоса (K_Q) і витрат рідини ($Q_{vt.p}$) в насосі-дозаторі гідроприводу рульового керування тракторів серії ХТЗ-170 при регулюваннях переливного гідроклапану 22, ..., 39 л/хв. [288]

Із збільшенням витрат рідини в насосі-дозаторі параметр a різко зменшується. Так, наприклад, при збільшенні витрат у межах від 2 до 25 л/хв. параметр a для регулювання переливного гідроклапану на 31 л/хв. змінюється у межах від 0,6 до 0,2 м/с², тобто в 3 рази, а при збільшенні витрат рідини в допустимих межах від 2 до 12 л/хв. параметр a зменшується в 1,5 рази, тобто розв'язана здатність методу парціальних прискорень для оцінювання технічного стану насоса-дозатора і в цьому випадку достатньо висока. При регулюванні переливного гідроклапану на (27 – 31) л/хв. залежність $a=f(Q_{vt.p})$ залишається практично стабільною за постійних значень

$Q_{\text{вт.р.}}$. Ця важлива практична умова можливості реалізації методу парціальних прискорень для оцінки технічного стану гідроприводу, так як не потрібно точне регулювання переливного гідроклапану перед началом діагностування.

Із зміною частоти обертання приводу насоса параметр a змінюється незначно (рис. 5.4). Наприклад, за $K_Q=0,9$ із зміною частоти від $26,6$ до $33,3 \text{ с}^{-1}$ a збільшується від $0,73$ до $0,83 \text{ м/с}^2$, тобто всього у $1,11$ рази, а за $K_Q=0,6$ для зміни частоти у тих же межах a змінюється вже у $1,35$ рази. [288]

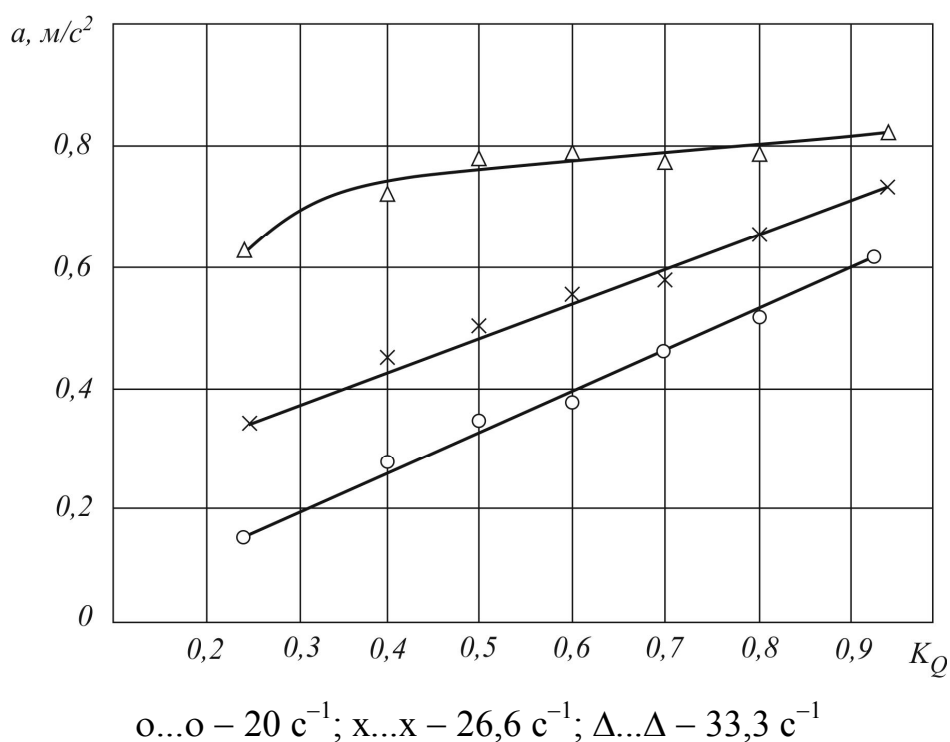
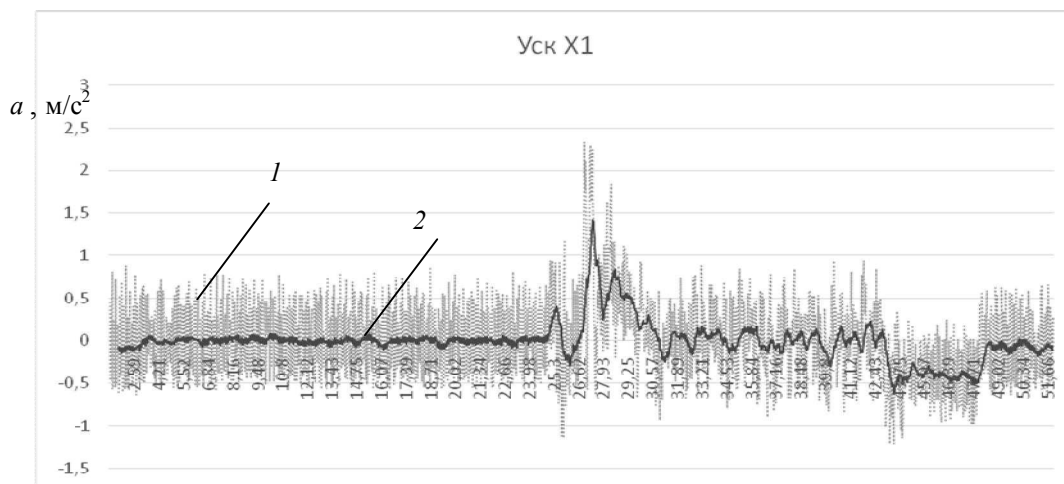


Рисунок 5.4 – Залежність прискорення повороту трактора (a) від коефіцієнта подачі (K_Q) об'ємного насоса гідроприводу рульового керування тракторів серії ХТЗ-170 [288]

Таким чином, розв'язана здатність методу оцінки технічного стану гідрооб'ємного рульового керування за прискоренням повороту погіршується із зменшенням K_Q і зміною частоти обертання приводу у сторону зменшення, хоча і залишається практично стабільною для постійної частоти обертання і при зміні K_Q від $0,6$ до $0,9$. Наприклад, для частоти обертання приводу $33,3 \text{ с}^{-1}$ і при зміні K_Q від $0,6$ до $0,9$ параметр a змінюється всього в $1,06$ раз.

За характером зміни прискорення трактора при повному повороті оцінюються несправності агрегатів і вузлів гідروприводу рульового керування трактора. Наприклад, при «защемленні» золотника підсилювача потоку характерні автоколивання і ривки повороту трактора (рис. 5.5).



1 – масив вимірних даних; 2 – відфільтрований сигнал

Рисунок 5.5 – Зміна в часі прискорення повороту a трактора в крайнє положення при защемленні золотника підсилювача потоку

Таким чином, сутність експрес-методу оцінювання якості агрегатів і вузлів рульового керування полягає в аналізуванні характеру зміни перехідного процесу прискорення повного повороту трактора.

Алгоритм кваліметрії РК трактора формується за аналогією із суміжними областями техніки за відношенням часу пошуку несправності (t_n) і ймовірності її виникнення тобто t_n/P_n (табл. 5.2) [289].

Процедура пошуку несправностей гідроприводу РК повинна починатись із несправностей, що мають найменше відношення t_n/P_n . За табл. 5.2 рекомендується наступний алгоритм кваліметрії гідроприводу РК

$$TP \rightarrow 3Г \rightarrow AP \rightarrow PP$$

Експериментально доведено, що визначальним параметром стану гідрооб'ємного РК трактора, що відображує в найбільшій мірі його якість, є

коефіцієнт об'ємної подачі (K_Q). При цьому, найбільша кількість несправностей і відмов має в експлуатації об'ємний насос (33 %) і насос-дозатор (28 %).

Таблиця 5.2 – Ймовірність виникнення (P_n) і час пошуку (t_n) несправностей гідроприводу РК тракторів серії ХТЗ-170 [288]

Несправність	Параметри			Шифр
	P_n	t_n	t_n/P_n	
Зниження тиску рідини	0,30	0,10	0,33	ТР
Засмічення гідроприводу	0,15	0,17	1,13	ЗГ
Автоколивання і ривки	0,05	0,08	1,60	АР
Порушення регулювань	0,10	0,22	2,20	ПР

Експериментальні польові дослідження проводились на полях сільськогосподарського фермерського господарства «Ізумруд» Богодухівського району Харківської області в період осіннього обробітку ґрунту.

Досліджувалась робота трактора ХТЗ-17221 (наробіток 230 мотогодин) при агрегуванні з плугом ПЛН-5-35. Випробування проводилися на стерні озимої пшениці, вологість ґрунту була у межах 15,2 – 22,1 %, а твердість – 11,0 – 15,9 кг/см².

У табл. 5.3 – 5.6 наведено результати експериментальних досліджень впливу технічного стану агрегатів і вузлів гідрооб'ємного РК на параметри руху трактора ХТЗ-17221 при агрегуванні з плугом ПЛН-5-35.

У табл. 5.3 – 5.6 позначено:

- σ_y – середньо квадратичне відхилення ОА, см;
- $\sigma_{(\psi_1-\psi_2)}$ – середньоквадратичне відхилення кута складання напіврам, град;

Таблиця 5.3 – Вплив втрат робочої рідини в об'ємному насосі на параметри руху орного агрегату (ОА)

K_Q	Параметри орного агрегату		
	σ_y , см	$\sigma_{(\psi_1 - \psi_2)}$, град.	$\sigma_{\psi p}$
0,9	3,84	1,1	24,8
0,8	3,85	1,18	29,1
0,7	4,0	1,16	33,5
0,6	3,98	1,2	32,0
0,5	6,3	3,8	116,5

Таблиця 5.4 – Вплив втрат робочої рідини в гідроциліндрах повороту на параметри руху орного агрегату (ОА)

K_Q	Параметри орного агрегату		
	σ_y , см	$\sigma_{(\psi_1 - \psi_2)}$, град.	$\sigma_{\psi p}$
0,9	3,0	1,2	24,8
0,8	3,2	1,4	32,0
0,7	3,8	2,1	65,5
0,6	8,3	4,0	131,0

Таблиця 5.5 – Вплив втрат робочої рідини в насосі-дозаторі на параметри руху орного агрегату (ОА)

K_Q	Параметри орного агрегату		
	σ_y , см	$\sigma_{(\psi_1 - \psi_2)}$, град.	$\sigma_{\psi p}$
0,9	2,9	1,1	24,8
0,8	3,3	1,3	29,4
0,7	3,5	1,6	35,6
0,6	4,1	1,9	77,3

Таблиця 5.6 – Математичне очікування кута повороту рульового колеса трактора при зносі золотника насоса-дозатора (поворот вправо)

K_Q	$E_{\psi p}$, град.
0,9	-0,4
0,8	+32,2
0,7	+73,5
0,6	+251

– $\sigma_{\psi p}$ – середньоквадратичне відхилення кута повороту рульового колеса, град.

– $E_{\psi p}$ – математичне очікування кута повороту рульового колеса вправо, град.

Аналіз матеріалів табл. 5.3 – 5.6 показав, що підвищення втрат робочої рідини в об'ємному насосі до значення коефіцієнту об'ємної подачі $K_Q > 0,6$ практично не впливає на керованість орного агрегату. За $K_Q < 0,6$ різко знижується стійкість руху орного агрегату на гоні. Це призводить до підвищеної інтенсивності впливу тракториста на рульове колесо.

Знос рухомих з'єднань гідроциліндрів повороту і розподільника насоса-дозатора призводить до поступового зниження параметрів керованості трактора, а за $K_Q < 0,7$ підвищується інтенсивність впливу тракториста на рульове колесо.

Таким чином, кваліметрія рульового керування трактора базується на методі парціальних прискорень, дозволяє оцінити його якість за параметром стійкості руху і забезпечити граничні значення параметрів технічного стану елементів гідроприводу рульового керування. Запропонований алгоритм кваліметрії гідроприводу РК дозволяє з найменшими затратами праці оцінити якість функціонування рульового керування.

5.2 Експериментально-аналітичне нормування показника кваліметрії рульового керування тракторів

Нормування показників кваліметрії технічного стану гідрооб'ємного РК проводилось на тракторах тягового класу 3 з шарнірно-зчленованою рамою, що пройшли приймальні і сертифікаційні випробування. Кількість тракторів – 3. В якості вимірювального устаткування використовувався реєстраційно-вимірювальний комплекс, що складається з лінійних

акселерометрів і спеціального програмного забезпечення [237]. Згідно програми досліджень було встановлено, що достатньо використання одного акселерометра, закріпленого на задній напіврамі з лівого боку. Задня напіврама вибрана, оскільки на передній напіврамі на результат вимірювання істотний вплив чинить вібрація від двигуна і, як наслідок, підвищена складова методичної похибки і необхідність використання додаткових фільтрів.

Також експериментально встановлено, що характер протікання процесу зміни лінійних прискорень при русі трактора і на нерухомому подібний. Тому, кваліметрія проводиться на нерухомому тракторі, заздалегідь регламентуючи дорожнє покриття – сухий чистий асфальтобетон. Для нормування показника вимірювання проводяться як на справному тракторі, так і при моделюванні різних несправностей в системі рульового керування.

В якості кваліметричних показників вибрані наступні параметри: час здійснення циклу повороту направляючих коліс, амплітуда прискорень, що виникають, площа під кривою прискорень. Математична модель (узагальнена) експрес-методу

$$\left\{ \begin{array}{l} f(\bar{t}; a_{\max \min}; S_a) \\ S_a = \int_t a dt \\ \Delta_t \\ \Delta_a \end{array} \right. , \quad (5.1)$$

де $\bar{t}$ – середній час повороту направляючих коліс, с

$a_{\max \min}$ – максимальне і мінімальне значення прискорення, м/с²;

S_a – площа під кривою прискорень, м²;

Δ_t, Δ_a – абсолютна похибка вимірювання часу і прискорення, відповідно.

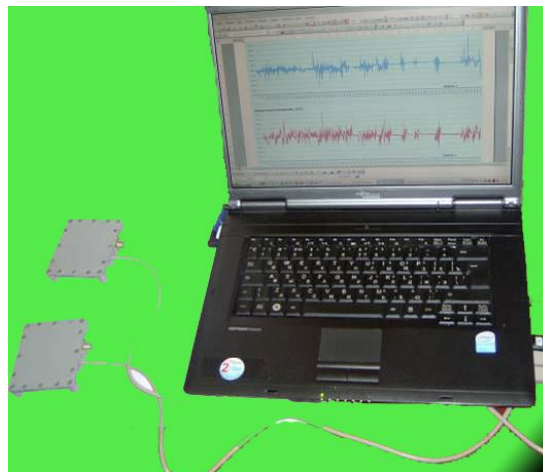
У загальному випадку, експрес-метод кваліметрії полягає в наступному:

- встановити направляючі колеса в крайнє лівє положення;
- ввімкнути вимірювальний комплекс;
- за допомогою рульового колеса зробити повні повороти направляючих коліс трактора по черзі з крайнього лівого положення у крайнє праве по 3 рази;
- зафіксувати результат.
- за номограмою визначити об'ємний коефіцієнт корисної дії гідрооб'ємного рульового керування.

Місце встановлення акселерометра і загальний вид вимірювального комплексу показано на рис. 5.6.



а)



б)

а – місце встановлення акселерометра;

б – загальний вид вимірювального

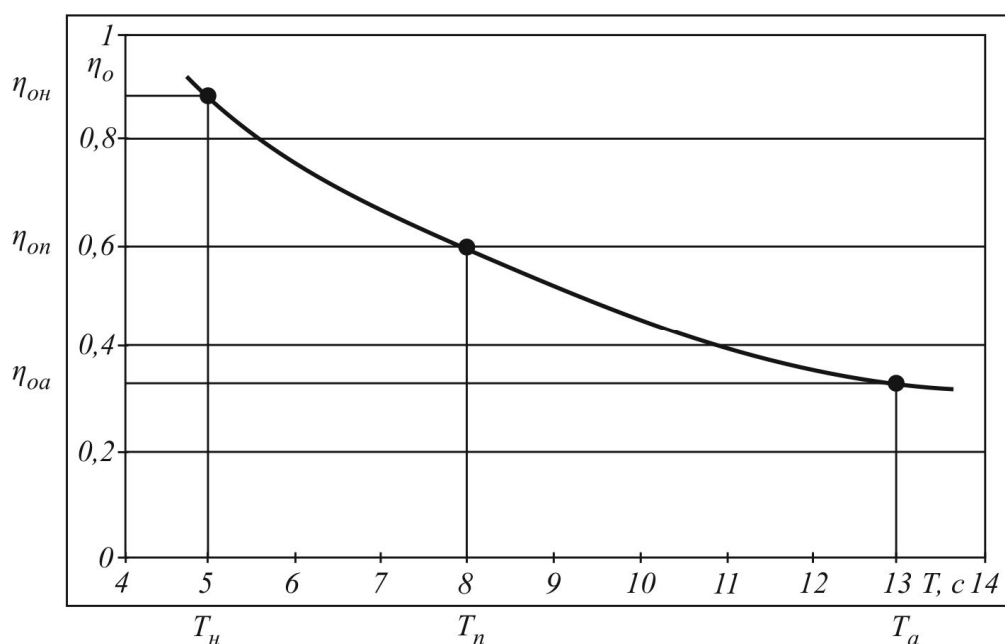
Рисунок 5.6 – Випробувальне устаткування

Під час моделювання несправностей було встановлено, що за несправностей гідронасоса (зменшення тиску) збільшується час здійснення повороту коліс. Під час перетіканні рідини в гідросистемі змінюється амплітуда прискорень і площа під ними.

Значення коефіцієнту варіації ($v=4,22\%$) при проведенні тестових впливів на рульове керування свідчить про високу узгодженість результатів

вимірювань.

Для визначення об'ємного коефіцієнту корисної дії гідрооб'ємного рульового керування запропонована експериментально-розрахункова номограма, загальний вид якої показано на рис. 5.7. Слід сказати, що для різних класів тракторів вид номограми буде відповідно різним. Тому побудову таких номограм необхідно проводити на етапі дослідницьких визначальних випробувань. Дані заносити в технічну документацію.



T_n, T_n, T_a – час повороту відповідно при номінальному η_{on} , гранично допустимому η_{on} , аварійному η_{oa} (теча у з'єднаннях)

Рисунок 5.7 – Номограма визначення об'ємного ККД (η_o) гідрооб'ємного рульового керування тракторів серії ХТЗ-170 від часу повороту на місці (T)

Статистичні характеристики вибірки попередньої серії вимірювань:

– середньоарифметичне значення часу повороту направляючих коліс нового трактора

$$\bar{T} = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N t_n = 4,53 \text{ с}, \quad (5.2)$$

де t_n – час здійснення одного циклу, с;

N – кількість циклів;

– вибіркове середньоквадратичне відхилення часу здійснення одного циклу

$$\sigma_t = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (t_i - \bar{T})^2}{n-1}} = 0,22; \quad (5.3)$$

Коефіцієнт варіації, що показує відносне коливання окремих значень біля середнього арифметичного

$$v_x = 100 \left(\frac{\sigma_x}{\bar{x}} \right) = 4,8 \%. \quad (5.4)$$

Значення коефіцієнту варіації свідчить про високу погодженість у результатах вимірювання.

Об'єм фактичних даних, необхідний для встановлення нормованого значення показника залежить від необхідної точності і достовірності встановлення нормативу. Орієнтовно об'єм фактичних даних можна визначити за виразом (3.4)

За довірчої ймовірності $\gamma=0,95$ – $t=2,23$, відносну похибку вимірювання часу приймаємо $\delta=1 \%$.

Кількість вимірювань, що необхідна для встановлення нормованого значення – $n \geq 51$.

Далі розраховуються межі допустимого значення контролюємого параметру за умови нормування середньоарифметичного значення.

Середнє значення контрольованого параметру розраховане за основною вибіркою $\bar{T}_n=4,53$ с, середньоквадратичне відхилення $\sigma_{tn}=0,17$, коефіцієнт варіації $v_{xH}=3,8$ %.

Допуск на контрольований параметр встановлюється в межах $\pm 3\sigma$ (рис. 5.8).

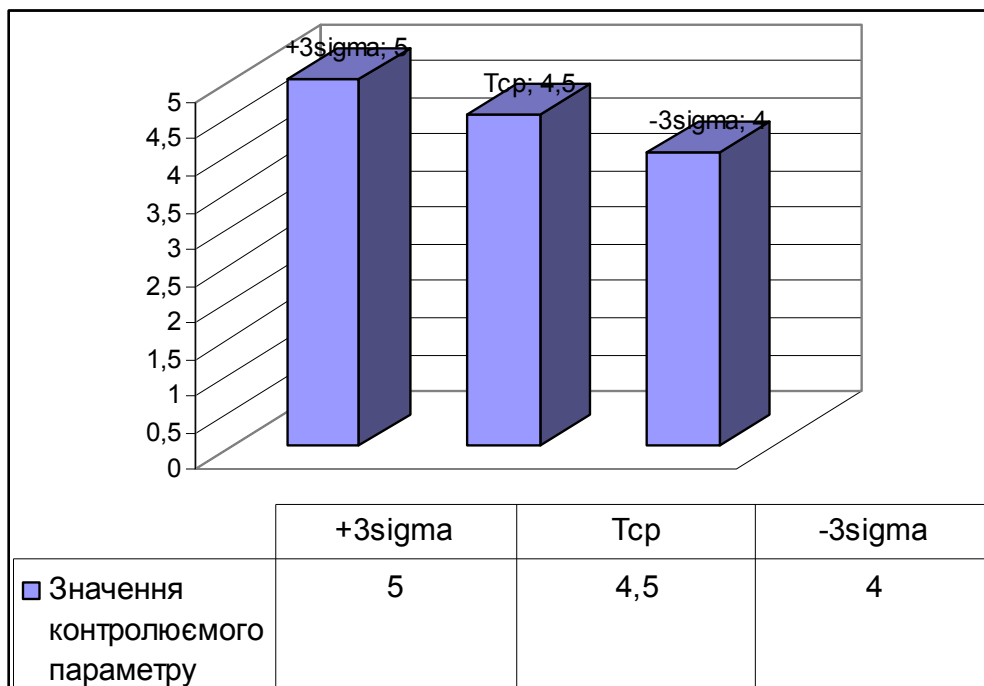


Рисунок 5.8 – Допуск на контрольований параметр технічного стану гідрооб'ємного рульового керування

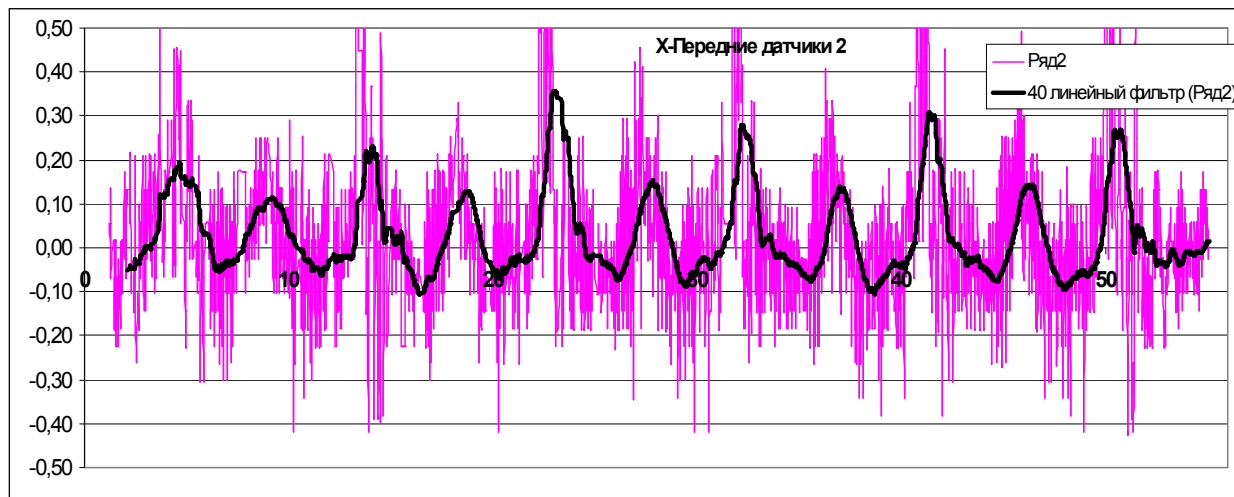
Для встановлення залежності об'ємного коефіцієнту корисної дії рульового керування від часу здійснення повороту на місці із крайнього в крайнє положення необхідно попередньо провести експериментальне дослідження з визначення залежності часу повороту від тиску робочої рідини в системі рульового керування і отримати апроксимуючу залежність.

Для цього здійснено вимірювання за розробленою методикою, змінюючи тиск рідини в гідрооб'ємному рульовому керуванні.

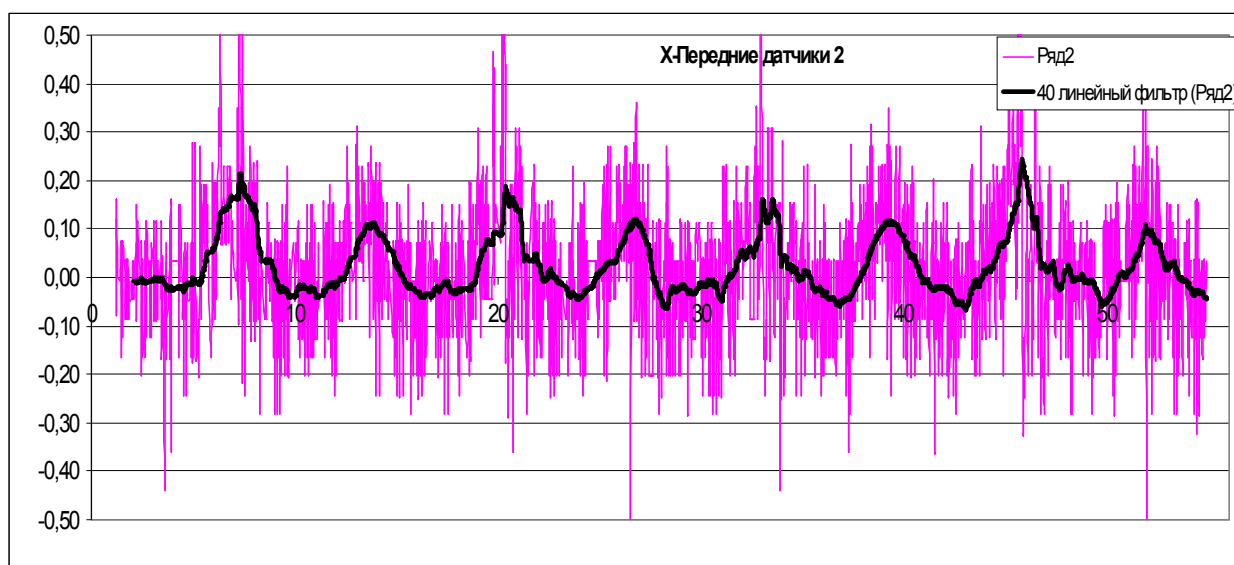
На рис. 5.9 наведено фрагменти результатів вимірювання прискорення повороту трактора і часу здійснення повороту в залежності від значення

тиску рідини в гідрооб'ємному рульовому керуванні.

На рис. 5.10 показано результат моделювання несправності трактора шляхом зменшення тиску рідини в гідрооб'ємному рульовому керуванні.



а) справний трактор



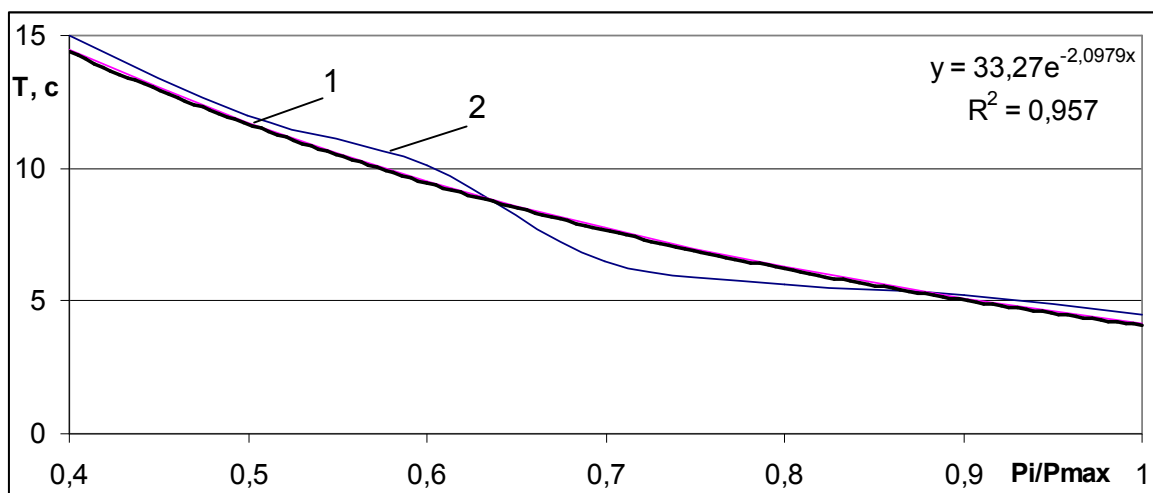
б) за імітації несправності (зменшення тиску)

Рисунок 5.9 – фрагменти результатів вимірювання прискорення повороту трактора і часу здійснення повороту в залежності від значення тиску рідини в гідрооб'ємному рульовому керуванні

Вигляд кривої на рис. 5.10 дозволяє зробити висновок про можливість її апроксимації степеневою функцією виду

$$T = \kappa \cdot e^{b \left(\frac{a_i}{a_{\max}} \right)}, \quad (5.5)$$

де κ , b – постійні коефіцієнти.



1 – теоретичний розрахунок; 2 – усереднені експериментальні дані

Рисунок 5.10 – Залежність часу повороту T трактора на місці від тиску $P_i/P_{\max}$ робочої рідини

Використовуючи метод найменших квадратів знайдемо

$$T = 33,3 \cdot e^{2,1 \left(\frac{a_i}{a_{\max}} \right)}, \quad (5.6)$$

де a_i , $a_{\max}$ – прискорення повороту відповідно при реальному і номінальному технічному стані.

Співвідношення $P_i/P_{\max}$ визначає об'ємний ККД гідروоб'ємного рульового керування, тобто $\eta_o = f(T)$ (рис. 5.10).

Таким чином, сутність експрес-методу кваліметрії технічного стану (випробувань) гідрооб'ємного рульового керування трактора полягає у визначенні за допомогою вимірювального комплексу ВДВММ 4-001 часу

повороту трактора на місці і оцінювання за номограмою об'ємного ККД.

Трудомісткість діагностування за цим методом у порівнянні з відомими знижуються у 3,28 рази, також знижується витрата робочої рідини на 2,7 кг, так як усувається операція демонтажу агрегатів.

Результати нормування показника наведено в табл. 5.7.

Таблиця 5.7 – Результати нормування показника

Стан, %	Попередня серія					Основна серія		Метро- логічний допуск
	n_{n1}	$\bar{t}$	Δ_c	σ_{n1}	U_n	n_o	U_o	
100	10	4,5	0,01	0,45	0,50	51	0,50	$\pm 0,50$
75	10	6,0	0,01	0,50	0,50	54	0,50	$\pm 0,50$
50	10	9,0	0,01	0,51	0,52	57	0,50	$\pm 0,50$
n_{n1} – кількість вимірювань у попередній серії; $\bar{t}$ – середній час здійснення повороту направляючих коліс із крайнього положення в крайнє, с; Δ_c – абсолютна похибка вимірювання часу, с; σ_{n1} – середньоквадратичне відхилення часу, с; U_n – невизначеність вимірювання часу у попередній серії, с; n_o – кількість вимірювань у основній серії; U_o – невизначеність вимірювання часу у основній серії, с.								

Із табл. 5.7 видно, що при моделюванні зниження ефективності несправності гідрооб'ємного насосу збільшується час повороту коліс із крайнього в крайнє положення. При цьому, абсолютна похибка вимірювання часу залишається постійною, а середньоквадратичне відхилення збільшується. Це пояснюється тим, що трактористу необхідно більше зусилля для впливу на рульове колесо. Невизначеність вимірювання часу повороту коліс із крайнього в крайнє положення у попередній і основній серії залишається майже постійною. Середнє значення невизначеності вимірювання часу повороту коліс із крайнього в крайнє положення приймається за значення метрологічного допуску показника.

5.3 Нормативно-технічна документація на випробування за розробленим експрес-методом

Основою нормативно-технічної документації на випробування за допомогою експрес-метода оцінки якості агрегатів і вузлів рульового керування трактора є технологія його технічного діагностування.

Виконавці: майстер-діагност, тракторист-машиніст.

Трудовісткість: 0,25 люд.-год.

Прилади, пристосування: наприклад, вимірювальний комплекс ВДВММ 4-001, струбцина для кріплення давача прискорень.

Технологія випробувань гідрооб'ємного рульового керування наступна.

Встановити трактор на рівному майданчику із асфальтобетонним покриттям і зупинити двигун. Зовнішнім оглядом переконатися у відсутності теч в агрегатах гідросистеми рульового керування та інших несправностей. Перевірити тиск повітря в шинах. Встановити комплекс в кабіні трактора, датчик прискорень – на задній напіврамі трактора. Запустити двигун і прогріти масло до температури 50 ± 5 °C при середній частоті обертання колінчастого вала дизеля

1. Перевірка технічного стану гідрооб'ємного приводу

Провести вимірювання:

- встановити направляючі колеса в крайнє ліве положення;
- ввімкнути вимірювальний комплекс відповідно до інструкції з експлуатації;
- за допомогою рульового колеса здійснити повні повороти трактора по чергово вправо і вліво по 3 рази;
- зафіксувати результат;
- ввімкнути стоянкове гальмо;
- вимкнути двигун.

Зробити висновки про технічний стан рульового керування по таких показниках, як амплітуда подовжніх прискорень і середній час, за який колеса переміщуються із крайнього в крайнє положення.

По номограмі визначити об'ємний ККД η_o гідрооб'ємного рульового керування (рис. 5.8)

Технічні вимоги:

- амплітуда подовжніх прискорень $a < 0,4 \text{ м/с}^2$
- номінальне $\eta_{on} = 0,9$,
- граничне $\eta_{on} = 0,6$,
- аварійне $\eta_{oa} = 0,35$

2. Перевірка об'ємного насоса

Встановити мінімальну частоту колінчастого вала, ввімкнути вимірювальний комплекс і під час повороту трактора на місці короткочасно збільшити частоту колінчастого вала двигуна до максимального значення. Після закінчення 3-4 с відімкнути записувальну апаратуру і встановити номінальну частоту колінчастого вала.

Дійсна питома подача об'ємного насоса визначається по параметрах перехідного процесу прискорення повороту:

$$Q_q = K Q_{np}^* \frac{\omega_n}{\omega_{min}}, \text{ л/хв.},$$

де $K = \frac{a_1}{a_2}$ – параметр перехідного процесу;

a_1, a_2 – прискорення відповідно при різкому збільшенні частоти до ω_{max} і при ω_{min} ;

Q_{np}^* – гранична питома подача насоса при ω_{min} ;

ω_n – номінальна частота колінчастого вала.

Номінальний технічний стан об'ємного насоса буде при

$$Q_{np}^* \leq Q_q \leq Q_n$$

Технічні вимоги:

– максимальне ($\omega_{\max}$) і мінімальне ($\omega_{\min}$) стійке число обертів колінчастого вала у хвилину на холостому ході відповідно тракторів серії ХТЗ-170:

$$- \omega_{\max} = 38,0 \text{ 1/с};$$

$$- \omega_{\min} = 13,3 \text{ 1/с}.$$

– номінальна Q_n об'ємного насоса – 52 л/хв.

– гранична питома подача Q_{np}^* об'ємного насоса при

– $\omega_{\min}$ – 16,5 л/хв. і при номінальній частоті колінчастого вала двигуна (ω_n) – 42 л/хв.

3. Перевірка насоса-дозатора

При номінальній частоті колінчастого вала, обертаючи рульове колесо, повернути трактор на місці до деякого середнього положення «вправо» від нейтралі, ввімкнути комплекс, відпустити із рук рульове колесо і після установки золотника насоса-дозатора у нейтральне положення вимкнути комплекс після 3-4 с, по прискоренню уповільнення ($-a_3$) повороту трактора оцінити втрати рідини в насосі-дозаторі

Технічні вимоги:

$$- a_3 \geq 0,25 \text{ м/с}^2$$

4. Перевірка зворотного гідроклапана насоса-дозатора

При номінальній частоті обертання колінчастого вала, обертаючи рульове колесо, повернути трактор на місці до повного зламу рами «вправо», відпустити із рук рульове колесо і після установки золотника насоса-дозатора

у нейтральне положення ввімкнути комплекс і різко повернути рульове колесо до упору «вправо»

Технічні вимоги:

Збільшення прискорення a_n повороту при зміні положення золотника насоса-дозатора від нейтрального до крайнього повинно бути не менше $+a_n \leq 0,3 \text{ м/с}^2$

6. Перевірка гідроциліндрів повороту

Ввімкнути вимірювальний комплекс. При номінальній частоті колінчастого вала, обертаючи рульове колесо, різко повернути трактор на місці до повного зламу рами «вправо», відпустити із рук рульове колесо і після установки золотника насоса-дозатора у нейтральне положення (3-4 с) і різко повернути рульове колесо до упору «вліво»

Технічні вимоги:

Різниця прискорення повного повороту тракторів серії ХТЗ-170 «вправо – вліво» не повинна перевищувати $\Delta a = 0,05 \text{ м/с}^2$

Експериментальна оцінка трудомісткості технічного діагностування гідрооб'ємного рульового керування тракторів серії ХТЗ-170 склала $T_1 = 0,25$ люд.-год., по існуючій із застосуванням дроселів-витратомірів типу ДР-70 – $T_2 = 0,82$ люд.-год., тобто зменшується трудомісткість діагностування в 3,28 рази. Крім того, знижується витрата робочої рідини на 2,7 кг, так як за запропонованою технологією усувається операція демонтажу агрегатів.

5.4 Висновки за розділом 5

1. Реалізація розробленого експрес-методу і технологічних засобів для оцінки якості агрегатів і вузлів рульового керування трактора дозволить під

час випробувань і в експлуатації прискорено оцінити відповідність їх безпеки руху за ДСТУ ISO 10998:2008 [292].

2. Технологія технічного діагностування тракторів серії ХТЗ-170 дозволяє зменшити у порівнянні з відомими технологіями трудомісткість в 3,28 рази і витрати робочих рідин на 2,7 кг, так як за запропонованою технологією усувається операція демонтажу агрегатів.

3. Рекомендації виробництву:

- зміна параметрів зворотного гідроклапана об'ємного насоса з метою усунення резонансних режимів роботи.

- напрямки модернізації гідрооб'ємного рульового керування тракторів виробництва ХТЗ по виконанню вимог технічних регламентів.

4. Ця технологія може бути застосована при діагностуванні гідрооб'ємних рульових керувань тракторів, комбайнів, будівельно-дорожніх машин, тощо.

Результати дослідження опубліковано в [1], [2], [35], [46].

РОЗДІЛ 6

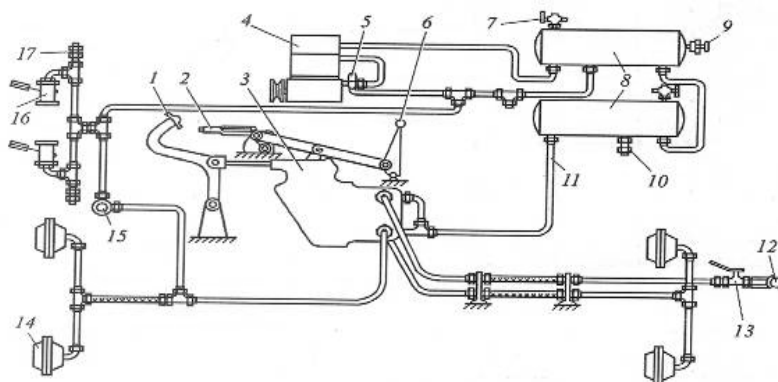
РОЗРОБКА МЕТОДУ ГАЛЬМІВНИХ ВИПРОБУВАНЬ ТРАКТОРІВ

Кваліметрія гальмівного керування трактора передбачає оцінювання його якості за ефективністю гальмування. Під час випробувань формується алгоритм кваліметрії гальмівного керування за нестабільних параметрів технічного стану його елементів.

6.1 Обґрунтування визначального показника якості гальмівних властивостей

6.1.1 Забезпечення ефективності гальмування трактора. На тракторах високої потужності застосовують барабанні гальма з пневматичним приводом (рис. 6.1) [291], у якому зусилля передається стисненим повітрям, що дозволяє розвивати великі гальмові сили за невеликого зусилля на педалі гальма.

Пневматична гальмівна система працює так. При натисканні на педаль гальма 1 повітря, що нагнітається компресором 4 у повітряні балони 8, через гальмівний кран 3 подається в гальмові камери 14 трактора. Шток гальмової камери 14, переміщуючись, повертає розтискний кулак колісного гальма і притискає гальмівні колодки до барабана. Тиск у гальмових камерах 14 та інтенсивність гальмування залежать від переміщення педалі гальма 1. Для забезпечення пропорційності тиску повітря в гальмових камерах 14 від зусилля на педалі 1 у гальмівному приводі встановлюють гальмівний кран 3, що виконує функції механізму слідкування.



- 1 – педаль гальма; 2 – важіль ручного гальма; 3 – гальмівний кран;
 4 – компресор; 5 – редуктор тиску; 6 – важіль гальма причепа;
 7 – зливний кран; 8 – повітряні ресивери; 9 – кран відбирання повітря;
 10 – захисний (запобіжний) клапан; 11 – повітропровід;
 12 – сполучна головка; 13 – роз'єднувальний кран; 14 – гальмова камера;
 15 – манометр; 16 – склоочисник; 17 – кран склоочисника

Рисунок 6.1 – Схема пневматичної системи гальмівного керування [291]

Гальмівне керування трактора повинно розвивати високий гальмівний момент і здійснювати плавне гальмування. Для колісних тракторів без тяги на гаку гальмівні моменти на передній і задній осях знаходять із умови розподілу вертикальних навантажень на осі за збереження стійкості гальмування. Для цього задня вісь повинна загальмовуватись раніше передньої.

Максимальний гальмівний момент визначається за залежністю

$$M_{T \max} = \frac{\varphi_{\max} r_d F_{1,2} \eta_k}{z u_T}, \quad (6.1)$$

де $\varphi_{\max}$ – максимальний коефіцієнт зчеплення шини з опорною поверхнею;

r_d – динамічний радіус колеса;

F_1, F_2 – максимально-можливі гальмівні сили, що діють на передні і задні колеса, відповідно, Н;

z – кількість гальмівних механізмів, що одночасно працюють;

u_t – передаточне число від гальмівного механізму до ведучого колеса трактора.

Сили

$$F_1 = \phi \lambda_1 G_1; \quad (6.2)$$

$$F_2 = \phi \lambda_2 G_2, \quad (6.3)$$

де λ_1, λ_2 – коефіцієнти перерозподілу ваги трактора за осями;

$G_1 G_2$ – вага трактора, що доводиться на передню і задню вісь в статичному стані на горизонтальній ділянці, відповідно, Н.

Коефіцієнти

$$\lambda_1 = \cos \alpha + \frac{F_e h}{b G}; \quad (6.4)$$

$$\lambda_2 = \cos \alpha - \frac{F_e h}{b G}, \quad (6.5)$$

де α – кут ухилу опорної поверхні, град;

$F_e = m(dv/dt)$ – сила гальмування, що залежить від інтенсивності гальмування, Н;

m – маса трактора, кг;

h – висота центру мас, кг;

b – відстань від задньої вісі до центру мас, м;

v – швидкість сповільнення, м/с.

6.1.2 Забезпечення необхідної ефективності гальмування. Розподіл гальмівних сил між осями чинить значний вплив на ефективність гальмування і курсову стійкість трактора. Більшість вітчизняних колісних тракторів має гальма тільки на задній вісі. Поява колісних тракторів з шарнірно-зчленованою рамою, що мають колісну формулу 4х4, визначила доцільність загальмовування

усіх коліс. Ці трактори мають, як правило, зміщений до передньої вісі центр мас і загальмовування задніх коліс за неправильно вибраного розподілу гальмівних сил між осями може привести до заносу трактора при гальмуванні.

Зробимо аналізування доцільності встановлення гальмівних механізмів тільки на колесах однієї вісі або необхідності їх встановлення на усі колеса залежно від положення центру мас трактора.

При установці гальм на одну вісь машини повинна виконуватися умова

$$[j_{\text{уст}}] \leq m_x \varphi'' g, \quad (6.6)$$

де $[j_{\text{уст}}]$ – середнє усталене сповільнення, що регламентоване діючими стандартами [202], [203], [205], $[j_{\text{уст}}]=3,5 \text{ м/с}^2$;

φ'' – коефіцієнт зчеплення коліс з опорною поверхнею, що відповідає умовам проведення випробувань $\varphi''=0,8$;

m_x – коефіцієнт використання зчіпної ваги.

При роботі трактора у складі потягу відбувається перерозподіл вертикальних реакцій між колесами окремих ланок. У зв'язку з цим необхідно уточнити запропоновані рекомендації.

Розглянемо тракторний потяг у складі трактора і двовісного причепа. В роботі [291] показано, що сповільнення цього потягу буде рівне

$$j_{\Pi} = \frac{j_{\text{т}} + \frac{G_{\text{пр}}}{G_{\text{т}}} \cdot j_{\text{пр}}}{1 + \frac{G_{\text{пр}}}{G_{\text{т}}}}, \quad (6.7)$$

де $G_{\text{пр}}$, $G_{\text{т}}$ – вага причепа і трактора, відповідно;

$j_{\text{т}}$, $j_{\text{пр}}$ – сповільнення трактора і причепа (парціальні), відповідно.

Для дволанкового тракторного потягу величина $G_{\text{пр}}/G_{\text{т}} \approx 2$. Середнє стале уповільнення тракторного потягу повинно бути не менше $4,4 \text{ м/с}^2$.

Якщо сповільнення трактора $j_T = [j_{уст}] = 3,5 \text{ м/с}^2$, то необхідне парціальне уповільнення причепа $j_{пр}$ повинне бути

$$j_{пр} \geq j_{П} \cdot \left(1 + \frac{G_{пр}}{G_T}\right) - \frac{G_{пр}}{G_T} \cdot j_T. \quad (6.8)$$

Підставляючи чисельні значення величин у вираз (6.8), одержимо $j_{пр} \geq 4,85 \text{ м/с}^2$.

6.1.3 Обґрунтування показника ефективності за критерієм працездатності гальмівних осей. Обґрунтування показника ефективності за критерієм працездатності гальмівних осей базується на методі парціальних прискорень [239], що передбачає розкладання сумарного сповільнення при гальмуванні в ряд парціальних сповільнень, які є результатом дії кожної із зовнішніх сил.

Рівняння динаміки гальмування тракторного поїзда записується в вигляді (рис. 6.2)

$$m_T \dot{V} = P_{T1} + P_{T2} + P_{T3} + P_{T4} = \sum_n P_n = P_T, \quad (6.9)$$

де $m_T = \frac{1}{g(G_T + G_{пр})}$ – маса тракторного поїзду, кг;

g – прискорення вільного падіння, $g = 9,8 \text{ м/с}^2$;

$G_T, G_{пр}$ – вага трактора і причепа, відповідно, Н;

$P_{T1}, P_{T2}, P_{T3}, P_{T4}$ – сумарні гальмівні сили на осях, Н;

n – кількість осей тракторного поїзда;

P_T – загальна гальмівна сила тракторного поїзду, Н.

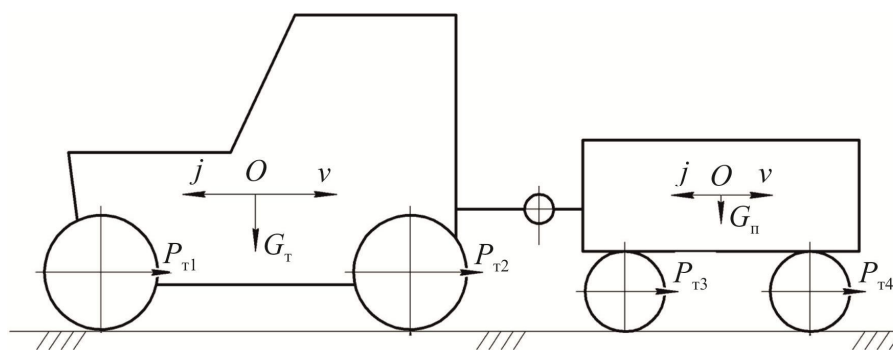


Рисунок 6.2 – Схема сил, що діють на тракторний поїзд при гальмуванні

Під час гальмування тракторного поїзду зі всіма працездатними елементами гальмівної системи реалізується парціальне прискорення сповільнення

$$j = \frac{|P_T|\beta_1}{m_T} + \frac{|P_T|\beta_2}{m_T} + \dots + \frac{|P_T|\beta_i}{m_T} + \dots + \frac{|P_T|\beta_n}{m_T}, \quad (6.10)$$

де $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_i, \dots, \beta_n$ – доля гальмівної сили, що приходить на відповідну гальмівну вісь.

За відмови гальм однієї з осей (або декількох осей) сповільнення тракторного поїзда j буде відрізнятись від номінального $j_{\text{ном}}$ на величину Δj

$$\Delta j = j_{\text{ном}} - \frac{|P_T|}{m_T} \sum_{k=1}^L \beta_k = j_{\text{ном}} - \sum_{k=1}^L j_k^n, \quad (6.11)$$

де L – кількість відмовних елементів (осей з відмовними гальмами).

Таким чином, представляється можливим за величини Δj визначити вісь або декілька осей, на яких відмовили гальмівні механізми. В цьому випадку критерієм є різниця між номінальним сповільненням (тобто сповільнення при гальмуванні нового справного трактора) і поточним значенням сповільнення.

6.1.4 Визначальний показник технічного стану гальмівного керування. Найбільш значимим функціональним елементом гальмівної системи є її пневмопривід [292], надійна робота якого визначає безпеку руху тракторного поїзду.

Кваліметрія пневмоприводу гальмівного керування виконана на прикладі тракторного поїзду в складі ХТЗ-17221 (вага – m_2g) і причепа ЗПТС-12 (вага – m_3g) (рис. 6.3).

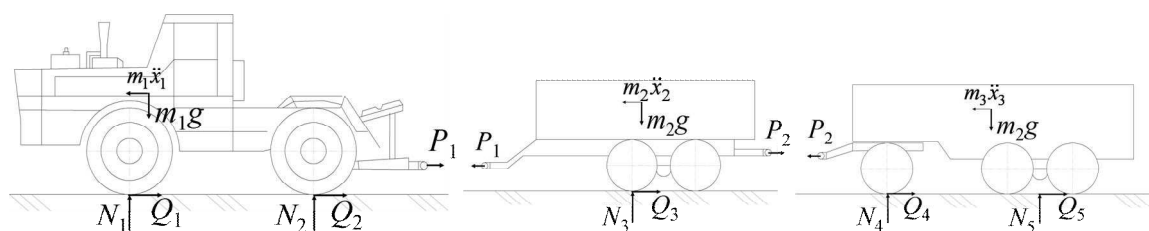


Рисунок 6.3 – Розрахункова схема тракторного поїзду

Відповідно до нормативних вимог [203] для гальмівних систем тракторного поїзду встановлені наступні значення сповільнення: $\ddot{x} = 5,5 \text{ м/с}^2$ для робочої і $\ddot{x} = 2,2 \text{ м/с}^2$ для запасної гальмівної системи. При цьому осьові гальмівні сили P_1 і P_2 вибрані таким чином, щоб під час гальмування робочою гальмівною системою з встановленим сповільненням виконувалась умова $\phi_k = Q_k/N_k = \text{const}$ ($k=1, 2, \dots, 5$), де ϕ_k – коефіцієнт зчеплення, що реалізується k -ю віссю; Q_k , N_k – гальмівна сила і нормальна реакція від дороги на k -й вісі.

Оснoву комплексного методу кваліметрії гальмівної системи тракторного поїзду складає аналіз функціональної надійності гальмівної системи. При цьому спочатку оцінюється вплив технічного стану системи на протікання процесу гальмування тракторного поїзду, тобто визначення функціональних станів системи S_j , які викликають появу особливих ситуацій R_i . Відношення між функціональними відмовами гальмівної системи і тракторного поїзду, які можуть виникнути під час гальмування, можна визначити на основі

моделювання процесу гальмування, аналізу конструктивних систем, а також результатів лабораторно-дорожніх випробувань.

Виконаний аналіз одноконтурних і двоконтурних пневмоприводів гальмівних систем тракторного поїзду показав, що для одноконтурного пневмоприводу характерною є відмова при розгерметизації хоча б одного виконавчого елементу або магістралі перед ним, для двоконтурного – контур, що відмовив автоматично відключається, а другий контур залишається працездатним.

В подальшому виконується аналізування повного комплексу сумісних станів елементів системи з прийнятим числом одночасно допустимих відмов при гальмуванні тракторного поїзду. Такий аналіз дає можливість сформувати матрицю станів системи. Основна особливість цієї матриці полягає в тому, що під час її побудови враховуються не тільки одиничні відмови в гальмівній системі, а і сумісні прояви відмовних станів, якщо таке сполучення відмов підвищує ранг R_i -ї ситуації, що виникає під час гальмування тракторного поїзду. Інакше комбінації відмовних станів як сумісні не враховуються.

При складанні матриці станів доцільно обмежитись розглядом сумісних станів лише двох відмов – бінарних. У цьому випадку матриця станів досліджуваної системи буде мати вид, показаний в табл. 6.1 і табл. 6.7.

Таблиця 6.1 – Матриця станів системи одноконтурного пневмоприводу гальм на усіх ланках тракторного поїзду

j	i	S_2	S_3	S_4
S_1	R_1	R_3	R_3	R_4
S_2	R_3	R_2	R_3	—
S_3	R_3	R_3	R_2	—
S_4	R_4	—	—	R_3

У перший рядок і в перший стовбець матриці заносяться в одній послідовності усі можливі відмовні стани гальмівної системи тракторного

поїзду. В клітинках за головною діагоналлю поміщають можливі ситуації, в які потрапляє тракторний поїзд за одиничних відмов у гальмівній системі. Решта діагоналей матриці заповнюються позначенням особливих ситуацій тракторного поїзду, в які він може потрапити у результаті виникнення бінарних відмов у системі.

Таблиця 6.2 – Матриця сумісних станів системи двоконтурного пневмоприводу гальм на тракторі з причепом

S_j	S_2	S_4	S_5	S_6	S_7	S_8
S_2	R_2	—	—	—	—	—
S_4	—	R_3	R_4	—	—	—
S_5	—	R_4	R_1	—	—	—
S_6	—	—	—	R_1	—	—
S_7	—	—	—	—	R_1	—
S_8	—	—	—	—	—	R_1

Як видно із табл. 6.1, у одноконтурного пневмоприводу гальм на усіх ланках тракторного поїзду сумісний прояв двох відмовних станів S_1 і S_4 призводить до аварійної ситуації R_4 , так як при цьому гальмівна система повністю непрацездатна. Якщо одночасно наявні дві відмови S_1 і S_2 або S_1 і S_3 тракторний поїзд потрапляє у ситуацію R_3 , оскільки у цих випадках загальмовується тільки одна ланка потягу.

У двоконтурного приводу гальм на тракторі і причепі аварійна ситуація R_4 виникає внаслідок сумісного прояву відмовних станів S_4 і S_5 (табл. 6.1). В даному випадку ефективність гальмування буде дуже низькою ($\ddot{x} = 0,78 \text{ м/с}^2$), оскільки загальмовуються колеса лише задньої вісі трактора, під час блокування яких практично завжди відбувається складання тракторного поїзду. Сполучення інших відмовних станів в табл. 6.1 і табл. 6.2 не розглядається, так як вони не перевищують ранг R_i -ї ситуації у відповідності з прийнятою класифікацією.

Заключний етап кваліметрії пневмоприводу гальмівної системи тракторного поїзду націлений на забезпечення його надійності. Цей етап виконується на основі аналізу структурних схем функціональної надійності гальмівного керування тракторного поїзду.

Принцип побудови таких схем полягає в наступному:

- елементами структурної схеми функціональної надійності системи є її відмовні стани S_j ;

- якщо R_i -а особлива ситуація під час гальмування тракторного поїзду виникає у випадку одиничної відмови в гальмівній системі, то відповідний елемент структурної схеми функціональної надійності входить до неї послідовно.

- якщо R_i -а особлива ситуація виникає під час сумісного прояву відмов у системі, то елементи структурної схеми функціональної надійності, що відповідають цим відмовним станам, утворюють паралельне з'єднання.

Таким чином, відмовні стани S_j , що є причинами особливих ситуацій під час гальмування тракторного поїзду (розташовані в чарунках головної діагоналі стану системи), представляють собою послідовне з'єднання в структурній схемі функціональної надійності системи, а паралельне з'єднання структурної схеми відповідає наявності особливих ситуацій в матриці станів системи, розташованих не на головній діагоналі матриці.

Побудовані у відповідності з викладеним принципом структурні схеми розрахунку функціональної надійності пневматичної гальмівної системи, що відповідають ситуаціям R_1 , R_2 , R_3 і R_4 під час гальмування тракторного поїзду, наведено на рис. 7.4.

На основі даних структурних схем і з урахуванням основних положень теорії надійності [293]–[296] отримаємо вираз для визначення числових значень ймовірності появи особливих ситуацій F_{R1} , F_{R2} , F_{R3} і F_{R4} під час гальмування тракторного поїзду внаслідок відмов у його гальмівній системі.

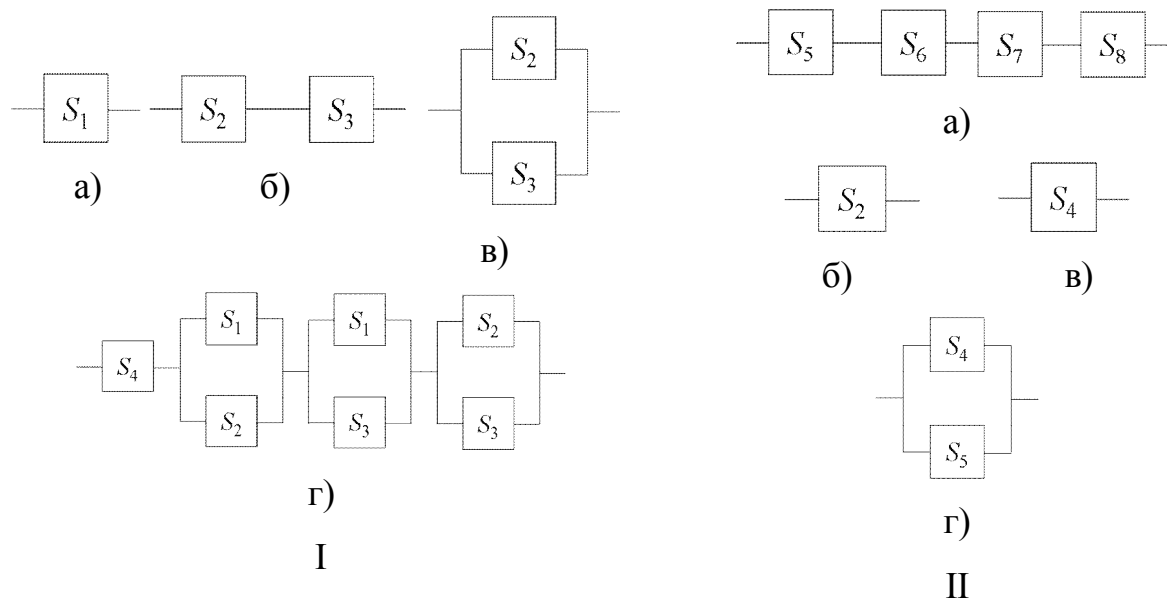
За одоконтурного пневмоприводу гальм на усіх ланках поїзду

$$F_{R1}=F_1;$$

$$F_{R2}=1-(1-)(1-F_3);$$

$$F_{R3}=1-(1-F_4)(1-F_1F_2)(1-F_1F_3)(1-F_2F_3);$$

$$F_{R4}= F_1F_4.$$



I – одноконтурний пневмопривод; II – двоконтурний пневмопривод;

а – R_1 ; б – R_2 ; в – R_3 ; г – R_4

Рисунок 6.4 – Структурні схеми розрахунку функціональної надійності пневматичної гальмівної системи тракторного поїзду

За двоконтурного пневмоприводу на тракторі і причепі

$$F_{R1}=(1-F_5)(1-F_6)(1-F_7)(1-F_8);$$

$$F_{R2}=F_2;$$

$$F_{R3}=F_4;$$

$$F_{R4}= F_4F_5.$$

Розрахунок ймовірності появи особливих ситуацій під час гальмування тракторного поїзду за отриманими виразами потребує знання числових значень ймовірності появи відмовних станів F_j . Об'єктивні дані дозволяє отримати статистичне оброблення результатів спостережень за відмовами гальмівної системи трактора і причепа в експлуатаційних умовах.

За результатами статистичної обробки відмов гальмівних систем тракторів в умовах експлуатації розраховано ймовірність появи відмов під час функціонування при гальмуванні декількох гальмівних камер.

Ймовірність появи відмови гальм однієї вісі трактора і передньої вісі причепа, що містять у своєму складі дві гальмівні камери кожна:

$$F_5=F_6=F_7=0,005. \quad (6.12)$$

За наявності в підсистемах чотирьох увімкнених послідовно гальмівних камер маємо

$$F_1=F_2=F_8=1-(1-0,005)^2=0,009975. \quad (6.13)$$

Аналогічно знаходимо ймовірність появи відмови гальмівної системи із шістьма гальмівними камерами

$$F_3=1-(1-0,005)(1-0,009975)=0,014925. \quad (6.14)$$

Розрахована також ймовірність появи відмови підсистеми керування гальмівними приводами напівпричепа і причепа $F_4=0,005$.

Розраховані з урахуванням прийнятих значень F_j ймовірності появи особливих ситуацій під час гальмування тракторного поїзду наведено у табл. 6.3.

Таблиця 6.3 – Результати розрахунку ймовірності появи особливих ситуацій під час гальмування тракторного поїзду

Пневмопривід гальм	Ймовірність появи особливої ситуації				
	F_{R1}	F_{R2}	F_{R3}	F_{R4}	ΣF_i
Одноконтурний	0,009975	0,024750	0,00525	0,000050	0,040025
Двоконтурний	0,024750	0,009975	0,000050	0,00025	0,039730

Як видно із табл. 6.3 у одноконтурного і двоконтурного приводу гальм ймовірність попадання тракторного поїзду під час гальмування в ситуації R_3 і R_4 однакова. Проте, у першому випадку ймовірність виникнення ситуації R_2 (тобто втрати стійкості руху) найбільша. Слід відмітити, що за двоконтурного пневмоприводу сповільнення тракторного поїзду, у випадку попадання його у ситуацію R_1 , вища ніж за одно контурної схеми.

Результати дослідження функціональної надійності гальмівної системи за розглянутим методом є кількісною оцінкою впливу відмов гальмівної системи на активну безпеку тракторного поїзду. У випадку, якщо отримані результати не задовольняють вимогам безпеки руху на основі аналізу структурних схем і рівнянь функціональної надійності можна виділити відмовні стани гальмівної системи, що першочергово впливають на ймовірність попадання тракторного поїзду під час гальмування у визначену особливу ситуацію і визначити функціональні ділянки і елементи системи, надійність яких необхідно підвищити. А саме, визначаючим фактором попадання тракторного поїзду під час гальмування в особливі ситуації R_3 і R_4 буде ймовірність появи відмовного стану S_4 , тобто надійність магістралі керування пневмоприводом гальм причіпного складу.

За заданої конструкції елементів, що характерно для гальмівних систем, можливості підвищення їх безвідмовності обмежені. За цих умов задачу підвищення надійності можна розв'язати за рахунок резервування, тобто застосування додаткових пристроїв і (або) можливостей з метою збереження працездатності системи за відмови одного або декількох її елементів.

Таким чином, кваліметрія пневмоприводу гальмівної системи тракторного поїзду дозволяє не тільки оцінити його якість за надійністю функціонування, а і намітити шляхи його модернізації.

6.1.5 Алгоритм кваліметрії гальмівного керування трактора. Аналіз несправностей пневмоприводу гальмівного керування тракторів серії ХТЗ-170 за 6000 мотогодин рядової експлуатації показав, що найбільш типові

несправності можуть бути об'єднані у наступні групи: втрата герметичності (ПГ), порушення регулювань (НР), засмічення пневмоприводу (ЗП) і інші несправності (ДН) (механічні пошкодження, наявність масла і конденсату), справний стан (СС).

Під час розрахунку діагностичних вагів станів D_i [295] пневмоприводу гальмівного керування будемо виходити із його основних функціональних параметрів (K_j): стабільність мінімального гальмівного шляху (ТП), забезпечення стійкості прямолінійного (УП) і плавного руху (ПД) під час гальмування, забезпечення погодженості гальмування трактора і причепа (СТ).

Результати розрахунку параметрів стану D_i , у тому числі і справного, для різних функціональних параметрів K_j наведено у табл. 6.4.

Таблиця 6.4 – Ймовірнісні ваги ознак стану пневмоприводу гальмівного керування тракторів серії ХТЗ-170

Стан D_i	Функціональний параметр K_j				$P(D_i)$
	ТП	УП	ПД	СТ	
ПГ	0,43	0	0	0,38	0,22
ПР	0,08	0,29	0,05	0,22	0,11
ЗД	0,03	0,08	0,13	0,38	0,04
ДН	0,24	0,01	0,03	0,14	0,15
СС	0	0	0,02	0,01	0,48
$P(K_j)$	0,36	0,13	0,21	0,30	1,00

Аналіз даних табл. 6.4 показує, що для пневмоприводу гальмівного керування тракторів серії ХТЗ-170 найбільшу ймовірність має справний стан $P(D_{ис})=0,48$, хоча втрата герметичності має достатньо високу ймовірність $P(D_{гс})=0,22$. Таким чином, втрата герметичності може бути прийнята за визначаючий параметр стану пневмоприводу гальмівного керування трактора.

За функціональними параметрами K_j найбільшу діагностичну вагу має порушення стабільності мінімального гальмівного шляху $P(K_{TP})=0,36$ і забезпечення погодженості гальмування трактора і причепа $P(K_{CT})=0,30$.

Алгоритм кваліметрії гальмівного керування трактора формується за аналогією із суміжними областями техніки [298] за відношенням часу пошуку несправності t_n до ймовірності її виникнення P_n , тобто t_n/P_n (табл. 6.5).

Таблиця 6.5 – Ймовірність виникнення (P_n) і час пошуку (t_n) несправностей гальмівного керування тракторів серії ХТЗ-170

Несправність	Параметри			Шифр
	P_n	t_n	t_n/P_n	
Втрата герметичності	0,22	0,10	0,45	ПГ
Порушення регулювань	0,11	0,25	2,27	НР
Засмічення пневмоприводу	0,04	0,20	5,00	ЗП
Інші несправності	0,15	0,15	1,00	ДН

Процедура пошуку несправностей гальмівного керування тракторів серії ХТЗ-170 повинна починатися з несправностей, що мають найменше відношення t_n/P_n . За табл. 6.5 можна рекомендувати наступний алгоритм кваліметрії гальмівного керування трактора

$$\text{ПГ} \rightarrow \text{ДН} \rightarrow \text{НР} \rightarrow \text{ЗП}.$$

Тобто процедура пошуку несправностей гальмівного керування тракторів рекомендовано починати з пошуку причини втрати герметичності пневмоприводу і закінчуватися перевіркою засміченості пневмоагрегатів.

Запропонований алгоритм кваліметрії гальмівного керування трактора дозволяє з найменшими затратами часу оцінити якість його функціонування.

6.2 Експериментально-аналітичне нормування показника кваліметрії гальмівного керування тракторів

Було проаналізовано критерії і норми ефективності гальмування тракторів в різних країнах. Аналіз показав, що в країнах Європейського союзу в якості критерію використовується параметр – усталене сповільнення. Найбільш жорсткі вимоги до цього параметру пред'являються стандартами Чеської республіки.

Аналіз несправностей гальмових систем дозволив класифікувати причини їх появи за чотирма групами: втрата герметичності пневматичних і гідравлічних агрегатів і вузлів, порушення регулювань, знос елементів і інші несправності, які не увійшли в кожну з названих груп (наприклад, засмічення систем). Проведений аналіз також дозволив виділити визначаючі функціональні параметри стану: стабільність наростання сповільнення, прямолінійність і плавність руху при гальмуванні, узгодженість процесів гальмування тягача і причепа. Найбільшу діагностичну вагу має показник стабільності темпу наростання уповільнення, який характеризує технічний стан приводу (наприклад, тиск у пневмоприводі, що створюється компресором), а також стан (знос) фрикційних елементів і їх теплостійкість. Але, слід зазначити, що існуючі засоби діагностування гальмівних систем не дозволяють вимірювати цей показник, і цей показник не нормується. Показник прямолінійності руху при гальмуванні визначається відповідно до вимог нормативних документів візуально, а саме трактор не повинен виходити за межі встановленого коридору руху. Але такий метод контролю не забезпечує відтворюваності і, навіть, повторюваності методу, внаслідок дії багатьох суб'єктивних факторів.

Згідно з розробленою методикою, на території Харківської філії УкрНДІПВТ ім. Леоніда Погорілого проводились натурні дослідження методу випробувань тракторів. Випробування проводились на трьох

тракторах класу 3 кН ХТА-200 (рис. 6.5). Трактори були у стандартному виконанні, нові, пройшли приймальні і сертифікаційні випробування. Гальмування здійснювалися з різних швидкостей руху, а також при імітації несправності пневмоприводу (зменшувався тиск, що створюється компресором) і використанні гальмівних накладок з різним ступенем зносу. В пам'ять обчислювального блоку записувалися гальмівні діаграми.



а)



б)

а) – монтаж випробувального устаткування;

б) – ділянка для випробувань

Рисунок 6.5 – Об'єкт гальмівних випробувань

Визначалися показники:

- темп наростання уповільнення, фізичний зміст якого – тангенс кута нахилу лінії в координатах «уповільнення-час» при наростанні тиску в приводі гальмової системи від нуля до максимального;
- кут відхилення поздовжньої вісі машини в кінці гальмування;
- бортова нерівномірність гальмівних сил;
- абсолютне значення відхилення трактора при гальмуванні від прямолінійності – альтернативний критерій.

Засоби вимірювальної техніки, що використовувалися:

- мобільний реєстраційно-вимірювальний комплекс (свідоцтво про вовірку № 5515 від 21 вересня 2016 р. видане Національним науковим центром «Інститут метрології»);

– секундомір СОСпр-2б-2 (сертифікат про калібрування UA 01 № 455 від 20.05.2014, виданий Національним науковим центром «Інститут метрології»);

– штангенциркуль ШЦ-III (сертифікат про калібрування UA 01 № 391 від 20.05.2015, виданий Національним науковим центром «Інститут метрології»);

– рулетка металева Р2 УЗК (сертифікат про калібрування UA 01 № 440 від 30.04.2014, виданий Національним науковим центром «Інститут метрології»);

– кутник металевий S-line (сертифікат про калібрування UA 01 № 393 від 30.04.2014, виданий Національним науковим центром «Інститут метрології»);

– ваги автомобільні ВАПО-15 (свідоцтво про калібрування № 04/0785 від 12.10.2014, видане ДП «Харківстандартметрологія»).

У загальному випадку, експрес-метод випробувань полягає в наступному:

- встановити випробувальне устаткування на трактор і ввімкнути його;
- розігнати трактор до встановленої швидкості;
- здійснити екстрене гальмування;
- зафіксувати результат;
- за результатами констатувати поточний стан і дати рекомендації для подальшого діагностування.

Математична модель (узагальнена) експрес-методу

$$\left\{ \begin{array}{l} j_{уст} \\ \alpha \\ \psi \\ \Delta P_{T1} \\ \Delta P_{T2} \\ \psi = \int_t j dt \\ \sigma \\ v \end{array} \right. , \quad (6.15)$$

де $j_{уст}$ – усталене сповільнення, м/с^2 ;

α – кут нахилу прямої наростання уповільнення;

ΔP_{T1} , ΔP_{T2} – бортова нерівномірність гальмівних сил на колесах передньої і задньої вісі, Н;

ψ – кут відхилення подовжньої вісі машини;

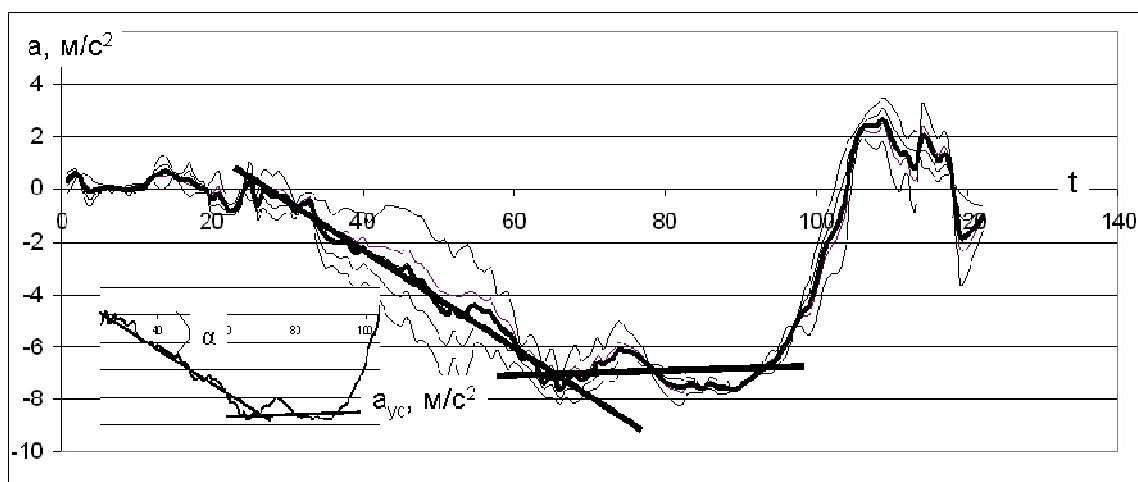
t – час здійснення гальмування, с;

σ , v – середньоквадратичне відхилення і коефіцієнт варіації показників, що визначаються, відповідно.

Отримані гальмівні діаграми (рис. 6.6) розділяються на ділянки: наростання уповільнення, стале уповільнення, зниження уповільнення. Кожна ділянка апроксимується відповідною кривою. Отримані в результаті декількох заїздів в умовах повторюваності гальмівні діаграми усереднюються. Таким чином, отримуємо близьку до ідеальної для даного випробовуваного трактора, «шліфовану гальмівну діаграму». Проводячи велику кількість випробувань на тракторі однієї моделі, отримуємо нормативні гальмівні діаграми з відповідними допусками на встановлені її показники (темپ наростання уповільнення, усталене уповільнення).

Для визначення темпу наростання уповільнення вимірювальним комплексом фіксується момент часу початку наростання уповільнення і момент часу його переходу в усталену фазу. Отримані криві зміни уповільнень в процесі його наростання апроксимуються прямою лінією і

розраховується темп наростання уповільнення щодо його збільшення Δj за час наростання до часу наростання Δt .



α – темп наростання уповільнення; a_{yc} – усталене середнє уповільнення

Рисунок 6.6 – Гальмівні діаграми процесу гальмування трактора

Кут відхилення поздовжньої вісі трактора в кінці гальмування ψ розраховується шляхом інтегрування за часом значень кутової швидкості трактора в площині опорної поверхні під час гальмування.

Бортова нерівномірність гальмівних сил на передній ΔP_{T1} і задній ΔP_{T2} осях вимірюється за такими залежностями відповідно [299]

$$\frac{\Delta P_{T1}}{P_T} = \frac{4L^2}{B} \cdot \frac{\beta_d \psi}{m_{TC} \cdot v_0^2 \cdot \left(\frac{1}{K_{y1}} + \frac{1}{K_{y2}} \right)} \cdot 100\%; \quad (6.16)$$

$$\frac{\Delta P_{T2}}{P_T} = \frac{4L^2}{B} \cdot \frac{(1 - \beta_d) \psi}{m_{TC} \cdot v_0^2 \cdot \left(\frac{1}{K_{y1}} + \frac{1}{K_{y2}} \right)} \cdot 100\%, \quad (6.17)$$

де P_T – загальна гальмівна сила, Н;

L – поздовжня база, м;

B – колія, м;

β – коефіцієнт розподілу гальмівної сили на передню вісь;

m_a – маса трактора, кг;

K_{y1}, K_{y2} – коефіцієнти відведення шин передньої і задньої вісі, відповідно.

Попередньо було здійснено визначення абсолютних значень запропонованих показників на технічно справному тракторі (табл. 6.6), потім імітувалась несправність гальмівної системи, а саме зменшення тиску в приводі (табл. 6.7).

Таблиця 6.6 – Результати нормування запропонованих кваліметричних показників

Показник	Середнє значення	Середньоквадратичне відхилення	Коефіцієнт варіації, %
Темп наростання сповільнення, м/с ³	2,5	0,32	12,6
Кут відхилення поздовжньої вісі	1,4	0,15	11,3

Таблиця 6.7 – Результати випробувань при імітації несправностей гальмівних систем

Показник	Швидкість початку гальмування, км/год	Значення	Середньо-квадратичне відхилення	Коефіцієнт варіації, %
Темп наростання сповільнення, м/с ³ (тиск в пневмоприводі зменшено на третину) (середнє за трьома тракторами)	30	1,83	0,35	15,7
	40	1,91	0,2	14,2
Кут відхилення подовжньої вісі (за нормального тиску у пневмоприводі) (середнє за трьома тракторами)	30	2,3	0,38	16,6
	40	2,9	0,19	15,8

Порівняння значень результатів випробувань показує, що при імітації

несправностей у гальмівному приводі трактора збільшується середньоквадратичне відхилення результатів вимірювань і збільшується значення коефіцієнту варіації.

6.3 Нормативно-технічна документація на випробування за розробленим експрес-методом

Основою нормативно-технічної документації на випробування за допомогою експрес-метода оцінки якості агрегатів і вузлів гальмівних систем трактора є технологія його технічного діагностування.

Виконавці: майстер-діагност, тракторист-машиніст.

Трудомісткість: 0,3 люд.-год.

Прилади, пристосування: наприклад, вимірювальний комплекс ВДВММ 4-001, струбцина для кріплення датчика прискорень.

Порядок проведення випробування:

- встановити випробувальне устаткування на мобільну машину і ввімкнути його;
- розігнати мобільну машину до встановленої швидкості;
- здійснити екстрене гальмування;
- зафіксувати результат;
- за результатами констатувати поточний стан і дати рекомендації для подальшого діагностування.

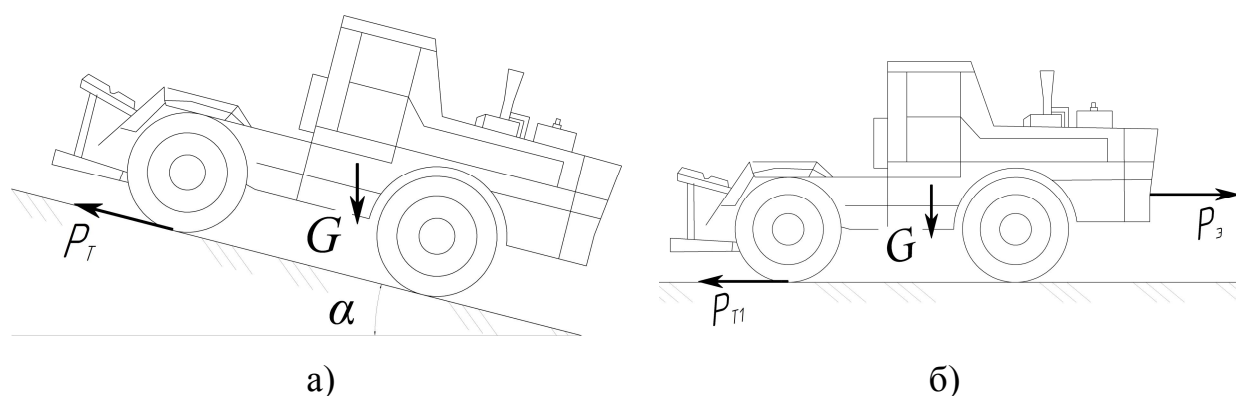
Показники ефективності:

- α – темп наростання сповільнення;
- a_{yc} – усталене середнє сповільнення.

6.4 Вимірювання ефективності стоянкових гальмівних систем

Необхідність випробувань стоянкових гальмівних систем тракторів виникає постійно – при технічних оглядах, випробуваннях з метою підтвердження відповідності, при технічному обслуговуванні і після ремонту.

6.4.1 Розрахункова схема для визначення еквівалентного зусилля. На рис. 6.7 показана схема сил, що діють на об'єкт випробувань із задньою гальмівною віссю при випробуванні гальмівної системи.



а – на ухилі; б – при прикладенні еквівалентного зусилля

Рисунок 6.7 – Схема сил, що діють на трактор при випробуванні стоянкової гальмівної системи

На трактор діє зсочуюча сила, яка врівноважується загальною гальмівною силою P_T , що створюється гальмівною системою і приведеними до неї силою тертя шин в плямі контакту і силою опору коченню. Трактор буде знаходитися у нерухомому стані за виконання умови

$$P_T \geq G \sin \alpha, \quad (6.18)$$

де P_T – гальмівна сила, Н;

G – вага трактора, Н

$$G = mg, \quad (6.19)$$

m – маса трактора, кг;

g – прискорення вільного падіння, $g=9,81 \text{ м/с}^2$;

α – кут поперечного ухилу опорної поверхні, на якій проводяться випробування.

При імітації ухилу опорної поверхні необхідно забезпечити еквівалентне зусилля (рис. 6.7, б)

$$P_e = G \sin \alpha. \quad (6.20)$$

Значення еквівалентного зусилля, розраховане за (6.20), буде рівнятись мінімальному значенню гальмівної сили, яку має реалізувати гальмівна система трактора за заданого кута α поздовжнього ухилу опорної поверхні.

Якщо значення прикладеного еквівалентного зусилля буде більше значення реалізованої гальмівної сили ($P_e > P_T$), то при випробуваннях можливе переміщення трактора на незаблокованих колесах. Якщо трактор буде переміщуватися на заблокованих колесах, то це буде свідчити про те, що значення реалізованої гальмівної сили перевищує значення сили тяжіння.

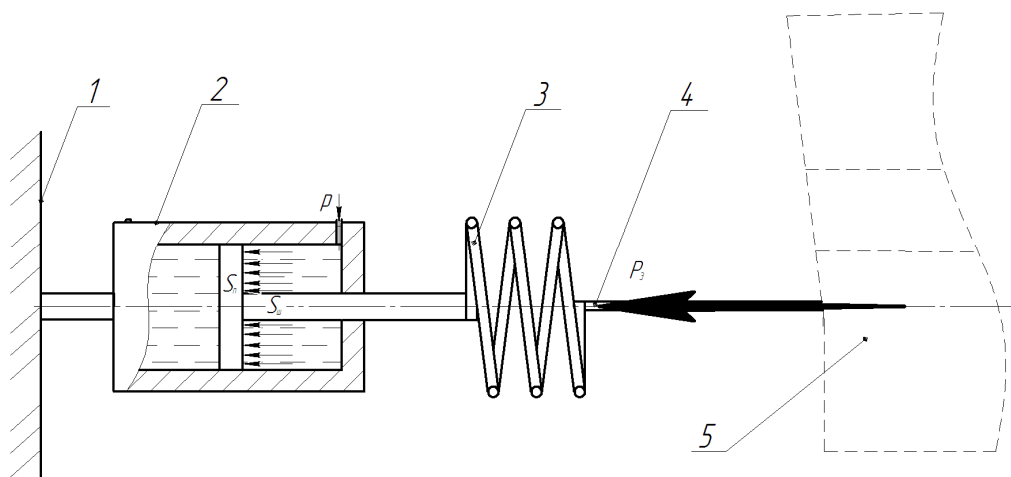
При конструюванні стенду на початковому етапі необхідно вибрати номенклатуру тракторів за показниками маси і імітованого кута ухилу поверхні. Далі розраховуються значення максимального та мінімального еквівалентних зусиль, які необхідно реалізувати. Після цього, в залежності від розрахованих раніше значень параметрів, вибирається тип приводу.

За умовами випробувань, можливе невелике переміщення трактора, значення якого регламентується методикою випробувань. Величину цього переміщення доцільно встановлювати в межах не більше 0,1 м. Використання електроприводу для реалізації такого короткочасного і малого переміщення є

недоцільним. До того ж, швидкість самого переміщення повинна бути значно малою. Мотор-редуктори які здатні забезпечити виконання таких умов матимуть великі габаритні і масові показники.

Гідропривід у порівнянні з пневмоприводом має більш високий коефіцієнт корисної дії і можливість роботи з більш високим (на порядок) робочим тиском, що створюється робочим тілом. Для тракторів і тракторних поїздів масою до 15 тон необхідно забезпечити еквівалентне зусилля до 60 кН. Тому для зазначених тракторів доцільно вибрати гідравлічний привід станда.

Схему створення еквівалентного зусилля показано на рис. 6.8.



1 – балка основи; 2 – гідроциліндр; 3 – демпферна пружина;

4 – з'єднувальний трос; 5 – об'єкт випробувань

Рисунок 6.8 – Схема створення еквівалентного зусилля
приводом станда

Для створення необхідного еквівалентного зусилля необхідно в гідроциліндрі створити тиск (з урахуванням (6.20))

$$p = \frac{G \sin \alpha}{S_i - S_o}, \quad (6.21)$$

де S_{π} – площа поршня гідроциліндра, м^2 ;

$S_{ш}$ – площа штока, m^2 .

У разі, якщо з технічних причин не вдається забезпечити горизонтальність усіх елементів приводу стенду (як показано на рис. 6.8), значення тиску, що створюється необхідно скоригувати

$$p = \frac{G \frac{\sin \alpha}{\cos \beta}}{(S_i - S_o)}, \quad (6.22)$$

де β – кут відхилення поздовжньої вісі приводу стенду від горизонтальності.

Виміряти кут β можна за допомогою акселерометра, встановленого, наприклад, на гідроциліндрі.

При значенні кута β 12° відносна похибка в завданні еквівалентного зусилля складе 2 %. Це значення можна порівняти із приведеною похибкою динамометра ДПУ-50-2. Подальше збільшення значення кута β призведе до істотного збільшення похибки завдання еквівалентного зусилля. Це пов'язано з властивостями функції косинуса.

Виходячи з розрахункових значень еквівалентного зусилля (6.20) і необхідного тиску (6.22), вибирається гідроциліндр за параметрами: максимальне тягове зусилля і максимальний робочий тиск. Далі вибирається гідронасос, здатний створити необхідний тиск (6.22).

В якості альтернативного варіанту можливо наступне. Виходячи зі значень подачі гідронасоса, будуються «градувальні точки» в координатах «зусилля – тиск» після кожного циклу гідронасосу. У методиці випробувань прописується обґрунтування збільшення або зменшення розрахункового значення тиску (6.22) до значення отриманого в «градувальній точці». Після цього, при визначенні результатів випробувань потрібно перерахувати значення кута α , який імітувався, і вказати це в протоколі випробувань.

6.4.2 Вимоги до конструкції стенду. Головна проблема стенду –

джерело енергії. З огляду на те, що процес випробування гальмівної системи є статичним, а також необхідність забезпечення точності реалізації еквівалентного зусилля, подача гідронасосу повинна бути відносно малою і припинятися миттєво при досягненні необхідного тиску. Для цього в конструкцію приводу повинні бути включені електроманометр і соленоїдний редукційний клапан, програмно з'єднані між собою.

Джерело енергії стенду повинно забезпечувати малі переміщення робочого органу (до 200 мм) протягом тривалого періоду часу (до 60 с) створюючи значне зусилля (до 10 МПа). В створеному випробувальному стенді використано спосіб прикладання еквівалентного зусилля, заснований на перетворенні тиску рідини в поступальний рух з автоматичним розрахунком необхідних параметрів. Пропонується використовувати ручний привід для створення тиску з автоматичним обмежуванням. Ручні масляні станції створюють тиск до 70 МПа при зусиллі на органі керування до 45 кг.

Структурна схема випробувального стенду показана на рис. 6.9, на якому суцільною лінією позначено канали передачі даних щодо навантаження, пунктирною – переміщення.

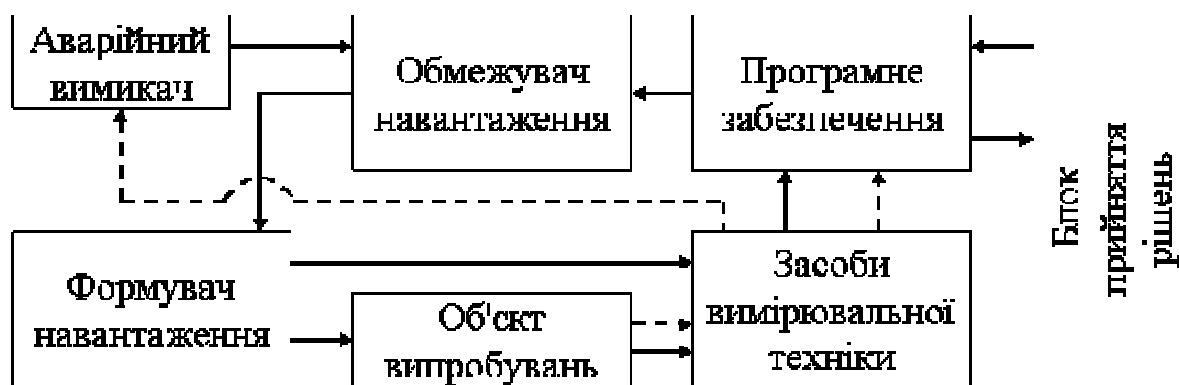


Рисунок 6.9 – Структурна схема випробувального стенду

Структурно стенд для випробувань стоянкових гальмівних систем методом еквівалентного навантаження складається з (рис. 6.9):

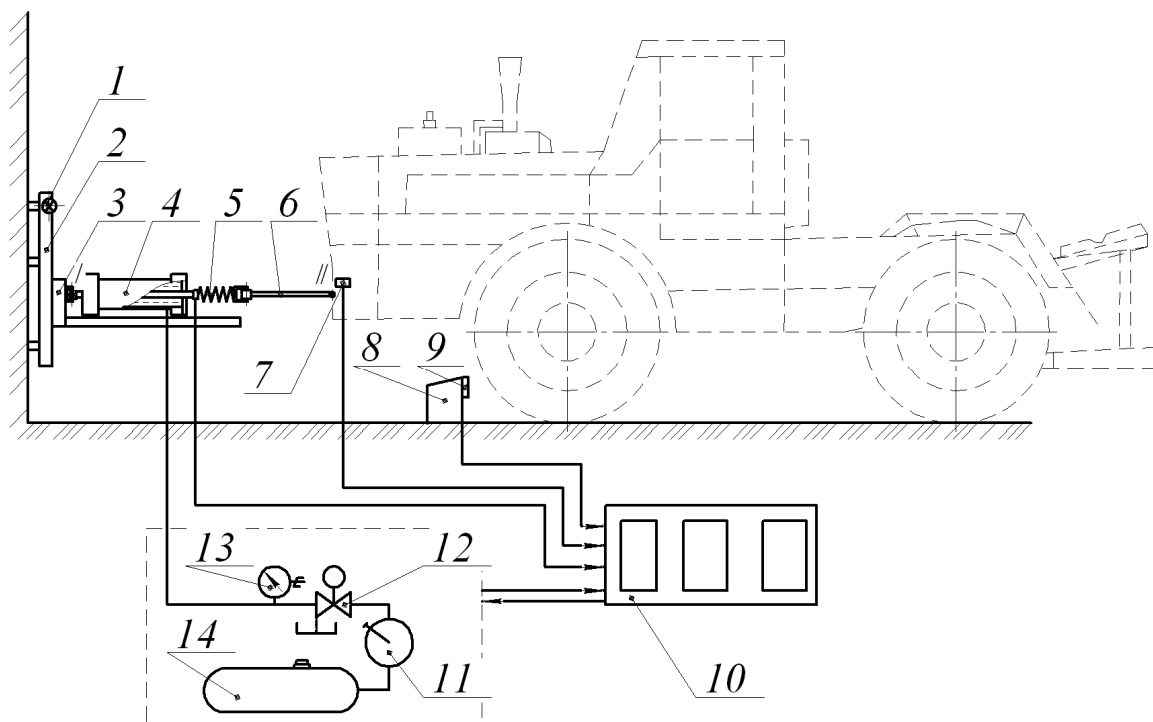
- формувач навантаження;
- обмежувач навантаження;

- засоби вимірювальної техніки;
- блок прийняття рішень;
- програмне забезпечення;
- аварійний вимикач.

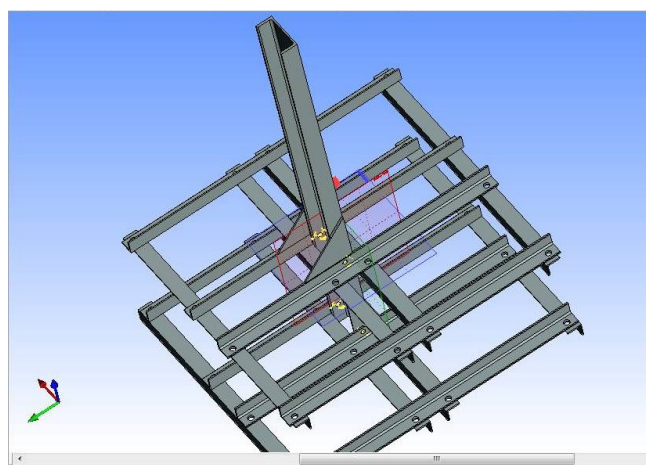
До складу стенду (рис. 6.10 а) входять: силовий контур, контур реєстрації переміщення, аварійний контур і блок керування з програмним забезпеченням. Силовий контур складається з масляного бака 14, гідронасоса 11, електроманометра 13, соленоїдного редукційного клапана 12, гідроциліндра 4, з'єднувальних патрубків, демпферної пружини 5 і тросу під'єднання транспортного засобу 6. Гідроциліндр 4 кріпиться до рухомої каретки 3, яка може переміщуватись вгору і вниз по балці основи 2 з допомогою механізму підйому-опускання 1. Контур реєстрації переміщень складається з двоосьового акселерометра 7 і каналу передачі даних. Аварійний контур складається з обмежувальних пристроїв 8 і запобіжного електроклапана, який конструктивно може бути виконаний одночасно з редукційним клапаном 12. Блок керування 10 з допомогою спеціального програмного забезпечення проводить розрахунок значення необхідного еквівалентного навантаження, його контролю, розрахунку тиску в гідросистемі, необхідного для реалізації розрахункового значення зусилля, контролює роботу стенду, у разі необхідності подає відповідний імпульс на зменшення тиску в гідросистемі стенду, обробляє результати випробувань, а також здійснює зберігання і візуалізацію результатів. На обмежувальних пристроях 8 кріпиться калібрувальна балка 9.

Для створення тягового зусилля, з метою уніфікації, можна використовувати гідроциліндр навісного обладнання трактора. Наприклад, у трактора МТЗ-80 використовується гідроциліндр Ц 100х200-3, тягове зусилля якого 59,00 кН. Такого зусилля достатньо щоб проводити випробування стоянкових гальм транспортних засобів масою до 14,0 т при імітації кута подовжнього ухилу дороги до 36 %. Масляний насос пропонується використовувати з ручним приводом. На теперішній час промисловість

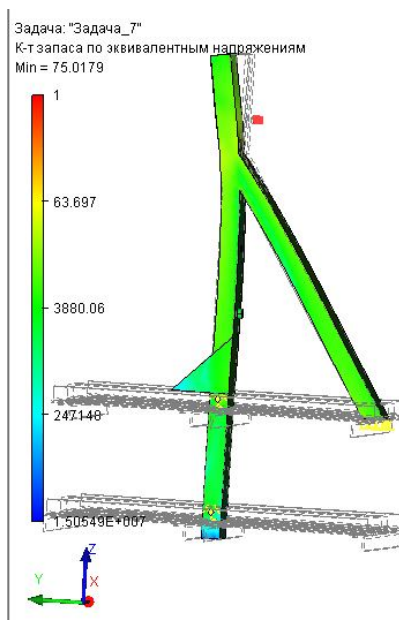
випускає насоси здатні реалізувати тиск до 70,00 МПа при зусиллі на органі керування до 45 кг. Враховуючи, що тиск у приводі стану не буде перевищувати 7,50 МПа, використання таких насосів є виправданим з ергономічної точки зору.



а)



б)



в)

а) загальний вид; б) конструкція балки основи;

в) результат розрахунку балки основи на напруження

Рисунок 6.10 – Стенд для випробувань стоянкових гальмівних систем

Стенд для випробувань стоянкових гальм працює наступним чином.

Трактор встановлюється на площині перед стендом. Оператор з'єднує з'єднувальним тросом 6 трактор зі стендом. За допомогою механізму підйому-опускання 1 встановлюється положення рухомої каретки 3 так, щоб умовна лінія I-II була паралельна площині стенду. Для контролю паралельності може використовуватись акселерометр 7, якщо його вісь направити перпендикулярно опорній площині. Результат вимірювання потім буде врахований в невизначеності результату випробувань, або в якості поправки до розрахункового значення еквівалентного зусилля. Трактор від'їжджає назад так, щоб залишилось невелике провисання з'єднувального тросу 6 і загальмовується стоянковим гальмом. На колесі трактора крейдою робляться мітки його положення. Оператор вводить в блок керування 10 значення нормованого ухилу, який необхідно імітувати при випробуваннях і масу трактора. Спеціальне програмне забезпечення розраховує необхідне навантаження і тиск, який необхідно створити в системі щоб реалізувати розрахункове значення зусилля. Оператор насосом 11 накачує необхідний тиск в системі. При досягненні його розрахункового значення з електроманометра 13 подається сигнал на електроклапан 12, який спрацьовує і закриває масляну магістраль за насосом. Оператор перестає нагнітати тиск в системі. Витримується досягнутий рівень тиску протягом встановленого часу. За показаннями давача переміщення 8 контролюється переміщення трактора протягом заданого часу, а за нанесеними мітками (візуально) – характер переміщення (на заблокованих або незаблокованих колесах). Після цього, оператор вмикає запобіжний електроклапан для розвантаження масляної магістралі, перемикає масляну магістраль на зворотній хід штоку гідроциліндру, який повертається у початкове положення. В блок керування 10 вводяться результати контролю характеру переміщення трактора. Трос 6 від'єднується від трактора. Випробування повторюються для зворотного положення трактора. Спеціальне програмне забезпечення готує звіт про результати випробувань. У випадку переміщення трактора до

обмежувального пристрою 8, спрацьовує давач, який подає сигнал на запобіжний електроклапан, який розвантажує масляну магістраль.

Для калібрування стенду в його конструкції передбачена калібрувальна балка 9, яка закріплена на обмежувальних пристроях 8. Замість демпферної пружини встановлюється зразковий динамометр, який тросом з'єднується з калібрувальною балкою 9. Послідовно збільшуючи тиск в приводі стенду від мінімального до максимального, фіксують значення реалізованого зусилля в контрольних точках. Вимірювання в кожній контрольній точці проводять по три рази. За результат приймається середнє значення. Значення тиску в контрольних точках вибирається із ряду переважних чисел R10 (1,00; 1,25; 1,60; 2,00; 2,50; 3,15; 4,00; 5,00; 6,3; 8,00 МПа). В залежності від номенклатури випробовуваних тракторів діапазон калібрування і значення тиску в контрольних точках може змінюватись.

За результатами вимірювання будують калібрувальну криву, загальний вид якої показано на рис. 6.11. Різниця між теоретичною (пунктирна лінія) і практичною (суцільна лінія) кривими буде характеризувати абсолютну похибку стенду. В залежності від номенклатури випробовуваних транспортних засобів діапазон калібрування і значення тиску в контрольних точках може змінюватись.

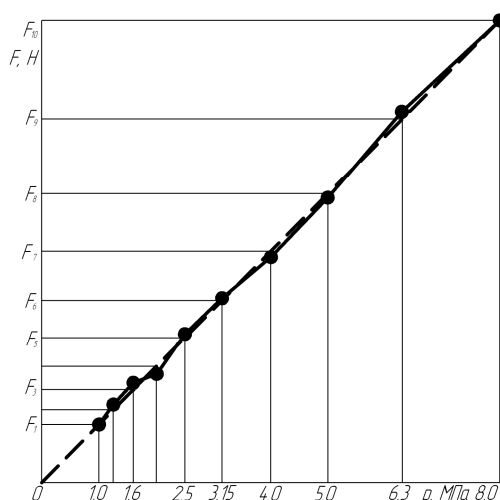


Рисунок 6.11 – Калібрувальна крива залежності зусилля від тиску в гідросистемі

На адекватність результатів випробувань будуть впливати наступні фактори: непаралельність площині стенду лінії I-II (рис. 6.10), похибка калібрування стенду, похибка розрахунків необхідного тиску в гідросистемі, похибка використовуваних засобів вимірювальної техніки, тощо.

6.5 Вимірювання ефективності стоянкових гальмівних систем причіпних машин

6.5.1 Розрахункова схема для визначення еквівалентного зусилля. На рис. 6.12 показано схему сил, що діють на причіпну машину при гальмуванні стоянковою гальмівною системою у випадку дії гальм на усі колеса.

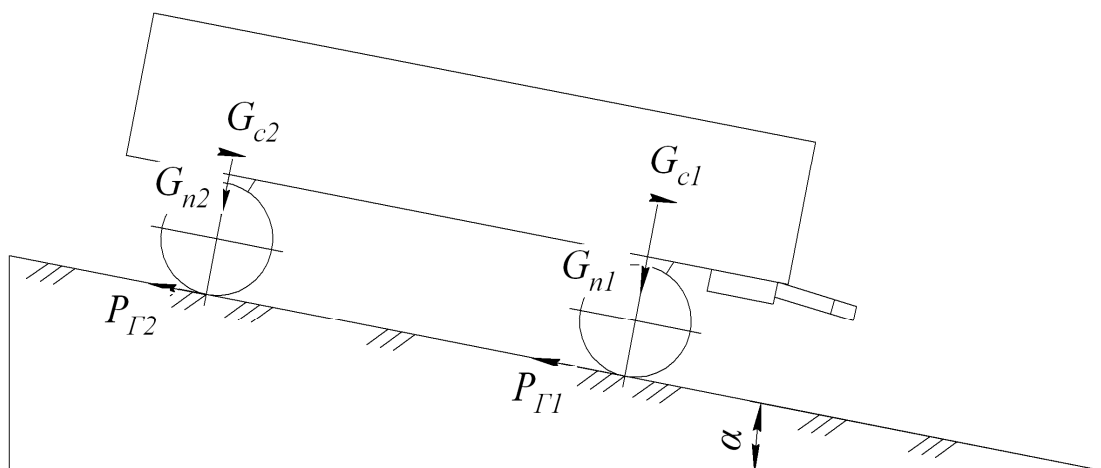


Рисунок 6.12 – Схема сил, що діють на причіпну машину при гальмуванні стоянковою гальмівною системою у випадку дії гальм на усі колеса

При знаходженні машини на ухилі відбувається перерозподіл її ваги на вісі. Вісь, що знаходиться нижче довантажується, а вісь, що знаходиться вище, відповідно, розвантажується. Тому на рис. 6.12 показано окремо сили, що діють на передню і задню вісі.

Маса, що припадає на більш навантажену вісь після перерозподілу ваги

$$m_1^* = m_1 + m_2 \sin \alpha . \quad (6.23)$$

де m_1 – маса, що доводиться на довантажену вісь при горизонтальному розташуванні машини, кг;

m_2 – маса, що доводиться на розвантажену вісь при горизонтальному розташуванні машини, кг;

α – кут нахилу опорної поверхні, град.

Маса менш навантаженої вісі після перерозподілу ваги

$$m_2^* = m_2 (1 - \sin \alpha) . \quad (6.24)$$

На об'єкт випробувань діє зкочуюча сила, яка рівняється

$$G_c = G_{c1} + G_{c2} , \quad (6.25)$$

де G_{c1} – зкочуюча сила, що діє на більш навантажену вісь

$$G_{c1} = m_1^* g \sin \alpha , \quad (6.27)$$

g – прискорення вільного падіння, $g=9,81$ м/с²;

G_{c2} – зкочуюча сила, що діє на менш навантажену вісь

$$G_{c2} = m_2^* g \sin \alpha . \quad (6.28)$$

На рис. 6.12 $G_{п1}$, $G_{п2}$ – складові сили тяжіння, що притискають більш навантажену і менш навантажену вісі машини до опорної поверхні відповідно; $P_{Г1}$, $P_{Г2}$ – гальмівні сили на більш навантаженій вісі і менш навантаженій вісі відповідно.

При випробуваннях стоянкової гальмівної системи, як трактора, так і причіпної сільськогосподарської машини необхідно імітувати рух в двох напрямках: при положенні направляючих коліс трактора (дишла причіпної машини) вниз і навпаки. Це обумовлено особливостями конструкції гальмівних механізмів та перерозподілом ваги машини на осі на ухилі. У випадку дії стоянкової гальмівної системи на колеса однієї вісі виконання останньої умови є беззаперечним.

Згідно розробленої методики випробувань пропонується прикладати зусилля до загальмованих стоянкової гальмівної системи коліс кожної вісі по чергово. Здійснивши вимірювання значення гальмівної сили на кожному колесі необхідно провести розрахунок кута ухилу опорної поверхні, на якій машина буде утримуватись нерухомою. Крім цього нерівномірність гальмівних сил на колесах однієї вісі є діагностичним критерієм, що свідчить про стан гальмівних механізмів.

Розглянемо два випадки дії стоянкової гальмівної системи на колеса машини: стоянкової гальмівної системи діє на колеса двох осей і стоянкової гальмівної системи діє на колеса однієї вісі.

При дії стоянкової гальмівної системи на колеса двох осей (див. рис. 6.12), гальмівна сила на більш навантаженій вісі повинна бути не менше (з урахуванням (6.23) і (6.27))

$$P_{r1} = (m_1 + m_2 \sin \alpha) g \sin \alpha . \quad (6.29)$$

При імітації зворотного положення машини гальмівна сила повинна бути не менше

$$P_{r1} = (1 - \sin \alpha) m_1 g \sin \alpha . \quad (6.30)$$

Для другої вісі розрахунок мінімального значення гальмівної сили для різних положень машини проводиться за наступними залежностями:

$$P_{r2} = (1 - \sin \alpha) m_2 g \sin \alpha ; \quad (6.31)$$

$$P_{r2} = (m_2 + m_1 \sin \alpha) g \sin \alpha . \quad (6.32)$$

При дії стоянкової гальмівної системи на колеса однієї вісі у виразі (6.29) m_2 рівняється нулю. У цьому випадку

$$P_{r1} = m_m g \sin \alpha , \quad (6.33)$$

де m_m – маса машини, кг.

У загальному випадку при випробуванні (діагностуванні) гальмівної системи необхідно визначити ряд параметрів і порівняти їх з нормативними значеннями. Порівняння виконується або автоматично, або оператор. Стенд повинен відтворити нормативний режим перевірки і дозволити визначити, чи входять виміряні параметри в допустимі межі. Крім цього, стенд повинен мати деяку універсальність, володіти необхідною продуктивністю, забезпечувати стійке положення машини під час випробувань, і іншими вимогами в частині надійності, безпеки, матеріалоемності, тощо.

6.5.2 Вимоги до конструкції стенду. При проектуванні стенду для випробувань стоянкових гальмівних систем тракторів і причіпних сільськогосподарських машин пропонується використати структурну схему наведену на рис. 6.9.

Конструкцію стенду, що пропонується (спрощений вид) показано на рис. 6.13.

Стенд складається з двох (на кожне колесо вісі) рухомих опорних площадок з контактною поверхнею 1, давачів маси 2, давачів переміщення 3 площадки 1, системи приводу стенду, що складається із силового циліндру 4 і пневмо (гідро) системи 5, блоку керування 6 із засобами вводу-виводу і

візуалізації інформації. В комплект стенду входять чотири противідканти опори 7.

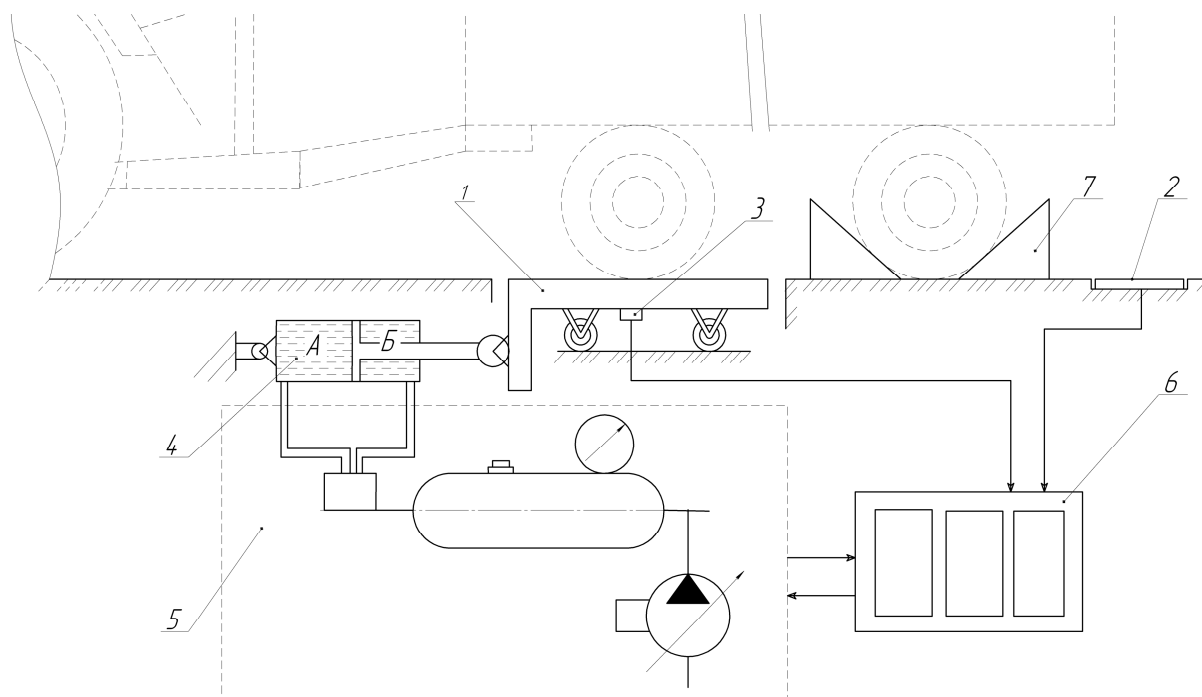


Рисунок 6.13 – Загальний вид конструкції
випробувального стенду (спрощено)

Запропонована конструкція дозволяє реалізувати два режими випробувань: визначення ефективності стоянкових гальмівних систем при імітації нормованого ухилу опорної поверхні і визначення максимального значення гальмівних сил з послідуємим розрахунком величини кута нахилу опорної поверхні, на якій машина буде утримуватись нерухомою при заданих значеннях гальмівних сил.

Стенд для випробувань стоянкових гальм працює наступним чином.

Трактор з причіпною машиною в'їжджають на стенд, таким чином, щоб гальмівна вісь трактора була встановлена на опорні площадки 1. Під час в'їзду на стенд відбувається зважування осей випробовуваної машини давачами маси 2. Трактор загальмовується стоянковою або робочою гальмівною системою. При цьому трактор відіграє роль утримувача випробовуваної машини від подовжнього переміщення. Причіпна машина

загальмовується стоянкових гальмівних систем. Під колеса вільної вісі підкладаються противідкатні опори. Вмикається стенд. Вибирається режим випробувань. На основі результатів зважування вісі випробовуваної машини в обчислювальному блоці 6 проводиться розрахунок зусилля, яке необхідно реалізувати на стенді силовим циліндром 4. Вмикається подача тиску в порожнину А силового циліндру 4. В момент початку руху опорної площадки 1 зафіксованого давачем переміщення 3, або досягнення максимального значення зусилля згідно методики, припиняється подача тиску в силовий циліндр 4. В обчислювальному блоці проводиться розрахунок проміжних даних випробувань. Після цього вмикається подача тиску в порожнину Б силового циліндру 4 і процедура випробувань повторюється. Трактор переміщає причіпну машину так, щоб на опорних рухомих площадках була встановлена друга гальмівна вісь. Процедура випробувань повторюється аналогічно. Спеціальне програмне забезпечення готує звіт про результати випробувань, який в залежності від режиму випробувань може містити наступну інформацію: розподіл маси машини по осях, тиск у силових циліндрах при кожному навантаженні, значення гальмівних сил на кожному колесі, нерівномірність гальмівних сил по бортах машини, кут нахилу опорної поверхні, на якій гальмівна система буде утримувати машину нерухомою, висновок за результатами випробувань. Після проведення випробувань стенд вимикається.

При випробуванні в режимі імітації нормованого значення кута ухилу опорної поверхні зусилля в приводі стенду, яке необхідно реалізувати на кожній опорній площадці

$$N = \frac{m_i^*}{2} g \sin[\alpha], \quad (6.34)$$

де m_i^* – маса i -ї вісі машини з урахуванням перерозподілу ваги машини на ухилі, кг;

$[\alpha]$ – нормоване значення ухилу опорної поверхні, град.

Враховуючи той фактор, що вимірювання маси супроводжується деякою похибкою (невизначеністю) величину зусилля за (6.34) необхідно скоригувати на величину цієї похибки

$$N = \frac{m_i^*}{2} g \sin[\alpha] + \delta N, \quad (6.35)$$

де δN – абсолютна величина похибки визначення зусилля в приводі стенду

$$\delta N = \frac{\delta m_i}{2} g \sin[\alpha], \quad (6.36)$$

δm_i – абсолютна величина похибки вимірювання маси вісі машини.

За такого врахування похибки (із знаком «+») заздалегідь буде виконано умову створення стендом мінімально необхідного зусилля.

При випробуванні в режимі визначення максимального значення гальмівних сил величина прикладеного зусилля в момент початку руху опорної поверхні $N_{\max i}$ буде рівнятись значенню реалізованої на колесі гальмівної сили P_{Ti}

$$N_{\max i} = P_{Ti}. \quad (6.37)$$

Похибка вимірювання гальмівної сили у цьому випадку буде визначатись похибкою реалізації зусилля.

6.6 Висновки за розділом 6

1. Реалізація розробленого експрес-методу і технологічних засобів для оцінки якості агрегатів і вузлів гальмівних систем трактора дозволить під час випробувань і в експлуатації прискорено оцінити відповідність їх безпеки руху.

2. Технологія технічного діагностування тракторів серії ХТА-200 дозволяє зменшити у порівнянні з відомими технологіями трудомісткість в 3,3 рази, за рахунок використання сучасних засобів діагностування.

3. Рекомендації виробництву: встановлення нормативних значень показника прискорення наростання сповільнення із внесенням його значення в технічну характеристику машини.

4. Ця технологія може бути застосована при діагностуванні гальмівних систем тракторів, комбайнів, будівельно-дорожніх машин, тощо.

5. Обґрунтована і розроблена конструкція стенду для випробовування стоянкових гальм транспортних засобів за принципом створення еквівалентного навантаження відрізняється від існуючих тим, що навантаження, яке прикладається до транспортного засобу, створюється без використання великогабаритних конструкцій (естакад), забезпечується автоматичний розрахунок необхідного навантаження, підвищується точність його реалізації і забезпечується універсальність за рахунок можливості проводити випробування великого ряду транспортних засобів незалежно від їх маси та габаритних розмірів.

6. Запропонована конструкція випробувального стенду і методика випробувань гальмівних систем причіпних машин забезпечують підвищення безпеки проведення випробувань за рахунок відсутності необхідності в маневруванні авто (тракторного) поїзду, зниження тиску в системі приводу стенду за рахунок почергового випробування кожної вісі і розділення тиску за кожним опорним майданчиком, відсутність необхідності в

розагрегативанні авто (тракторного) поїзду, вимірювання нерівномірності дії гальмівних механізмів; силовий циліндр приводу стенду двосторонньої дії виключає необхідність в повторюванні операцій процедури випробувань при встановленні машини на стенд в зворотному напрямку. Крім цього конструкція стенду дозволяє встановити його в потокову лінію контролю технічного стану. Конструкція стенду захищена патентом на корисну модель.

Результати дослідження опубліковано в [1], [2], [4], [5], [6], [19], [20], [21], [36], [39], [48], [49], [50].

РОЗДІЛ 7

РОЗРОБКА МЕТОДУ ВИПРОБУВАНЬ ПРИВОДУ АКТИВНИХ РОБОЧИХ
ОРГАНІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН7.1 Обґрунтування визначального показника якості приводу активних
робочих органів сільськогосподарських машин

Недоліки по забезпеченню плавності розгону активних робочих органів сільськогосподарських машин призводять до підвищення динамічних навантажень і до руйнування їх приводів. В даний час недостатньо інформації про роботу приводів активних робочих органів сільськогосподарських машин при виконанні різних технологічних процесів.

Таким чином, дослідження по забезпеченню ефективної роботи приводів активних робочих органів сільськогосподарських машин є актуальними для механізації сільськогосподарського виробництва України.

Вали відбору потужності приводу активних робочих органів сільськогосподарських машин працюють в одному з двох режимів – усталеному або перехідному [300]. Усталений режим, за якого виконується технологічний процес, є для валів відбору потужності основним, він є найтривалішим за часом. Перехідний режим (вмикання валу відбору потужності, розгін і зупинка робочих органів сільськогосподарських машин) короткочасний, проте може виявитися визначаючим за завантаженістю деталей валу відбору потужності і приводу активних робочих органів.

Аналіз працездатності валу потужності, статистичний аналіз завантаженості механізму валу відбору потужності в експлуатаційних умовах та дослідження найбільш небезпечних динамічних впливів на привід валу відбору потужності трактора від активних робочих органів сільськогосподарських машин наведені в наукових публікаціях [301]–[303]. З аналізованих даних видно, що в машинно-тракторних агрегатах потужність, що споживається робочими органами і транспортуючими пристроями через

вал відбору потужності трактора змінюється в межах від 15 до 58 %.

Перевищення динамічних навантажень на деталях механізму валу відбору потужності і приводу активних робочих органів в перехідних режимах роботи від значень навантажень за усталеного режиму роботи робить істотний вплив на довговічність і навантаженість валу відбору потужності, трансмісії трактора, тощо. Встановлено, що найхарактернішими відмовами валу відбору потужності і деталей приводу активних робочих органів є відмови внаслідок динамічних навантажень [304], [305]. Оперативні витрати на усунення даних відмов складають за часом 48,2 % і за трудоемністю – 43,2 % від загальних витрат.

Необхідність продовження дослідження процесу розгону сільськогосподарського агрегату з активними робочими органами є беззаперечною [306], [307]. Значна кількість відмов валів відбору потужності і деталей приводу активних робочих органів в експлуатаційних умовах роблять проблему розробки методів їх випробувань актуальною.

Викладені вище положення дають можливість стверджувати, що дослідження завантаженості приводу активних робочих органів можна проводити методом парціальних прискорень, оскільки існує кореляція між завантаженістю двигуна (режимом руху машино-тракторного агрегату) і завантаженістю елементів приводу активних робочих органів.

Метод парціальних прискорень заснований на прямому вимірюванні лінійних прискорень, що виникають при русі машино-тракторного агрегату і подальшій обробці результатів цих вимірювань. Виходячи з цього, при проведенні експериментальних досліджень стояло завдання вибору випробувального обладнання та розробки методики проведення випробувань.

Найбільш прийнятним за умов забезпечення мінімальної трудомісткості та забезпечення необхідної точності вимірювань був обраний вимірювальний комплекс має в своєму складі два акселерометра і обчислювальний блок. Згідно з розробленою методикою проводилися польові випробування машино-тракторного агрегату. Розгін здійснюється з

нульової початкової швидкості з наступним вибігом. В пам'ять комп'ютера записувалися діаграми розгін-вибіг. Акселерометри вимірювального комплексу встановлювалися в задній частині трактора. Визначалися показники: темп наростання швидкості машино-тракторного агрегату з відключеним і включеним валом відбору потужності для різних швидкостей руху.

7.2 Експериментально-аналітичний метод випробувань приводу активних робочих органів сільськогосподарських машин

7.2.1 Загальна методика.

У загальному випадку, експрес-метод діагностування полягає в наступному:

- встановити випробувальне обладнання на машину і ввімкнути його;
- розігнати машину до встановленої швидкості;
- провести вільний вибіг;
- зафіксувати результат.
- за результатами констатувати поточну величину тягового опору і витрати потужності на привід ВВП.

Першим етапом дослідження є визначення еталонної для вибраного трактора сили тяги. Для чого трактор без сільськогосподарських машин розганяється з місця до усталеної швидкості руху, на агрофоні «бетонна дорога», випробування проводяться у відповідності з вимогами заданих ДСТУ ГОСТ 7057-2003 «Трактори сільськогосподарські. Методи випробування» [308]. Величина прискорення враховує стохастичні фактори, які виникають в процесі руху трактора (коефіцієнти: опору коченню; буксування), коливання крутного моменту двигуна, які неможливо визначити аналітичним методом.

7.2.2 Спосіб вимірювання тягового зусилля на гаку трактора

Методи оцінювання тягових показників сільськогосподарських тракторів базуються на універсальному методі парціальних прискорень та їх вимірюванні за допомогою розробленого вимірювально-реєстраційного комплексу, який виключає під час тягових випробуваннях тракторів застосування тензометричної і динамометричної апаратури.

Номенклатура показників, які підлягають визначанню:

Номенклатура показників, які визначають:

- $P_{\text{зак}}$ – тягове зусилля, кН;
- N_e – потужність ефективна двигуна, кВт;
- $N_{\text{зак}}$ – потужність тягова, кВт;
- δ – буксування рушіїв трактора, %;
- $\eta_{\text{зак}}$ – тяговий коефіцієнт корисної дії.

При випробуваннях комплектація трактора з урахуванням баласту і маси оператора повинна відповідати указаній у технічному описі і настанові щодо експлуатування для найбільш енергоємної по тяговому зусиллю операції, що відповідає призначенню трактора.

До тягових випробувань наробіток трактора має бути не менше ніж 150 год. Агрегати трансмісії і ходової частини трактора перед початком випробувань необхідно прогріти. Шини повинні бути чисті, сухі, зношування рисунка протектора має становити не більше ніж 5 %.

У гусеничних тракторів зношування ґрунтозацепів рушіїв по висоті не повинен перевищувати 35 %, а збільшення кроку гусениці – 3 % порівняно з встановленими в нормативно-технічній документації для нових рушіїв.

Тягово-зчіпний пристрій повинен бути встановлений в найвище положення. Механізми і устаткування, які не передають потужність рушіям, не забезпечують роботу двигуна і не приймають участі в основному процесі роботи агрегату, повинні бути відключені. Якщо відключення не

передбачено конструкцією, то вони повинні працювати з мінімальним навантаженням.

Випробування проводять за атмосферного тиску не менше ніж 96,6 кПа і температури навколишнього середовища (20 ± 15) °C.

Випробування проводять на ділянці з ґрунтовим покриттям. Довжина ділянки для випробувань повинна бути не менше ніж 60 м при русі трактора зі швидкістю 2,5 м/с і не менше ніж 80 м при швидкості більше ніж 2,5 м/с. Розгін трактора проводять на робочих передачах, швидкість змінюють послідовно від нуля до максимального значення.

Вологість ґрунту на глибині від 10 см до 16 см повинна бути в межах (8 – 22) %, а твердість (1,0 – 1,5) кПа.

Нахил ділянки поля не повинен перевищувати 2° в будь-якому напрямку.

Максимальне тягове зусилля повинно обмежуватись початком нестійкої роботи двигуна, яка характеризується інтенсивним зниженням кутової швидкості колінчастого валу, або буксуванням, граничне значення якого повинно складати 15 % для гусеничних і 30 % для колісних тракторів. Максимальну тягову потужність визначають не менше ніж на трьох передачах. При цьому граничне буксування повинно становити 7 % для гусеничних і 15 % для колісних тракторів.

Експериментальні дослідження базуються на вимірюванні параметрів руху трактора інерційними датчиками прискорень. Зняття даних прискорень трактора здійснюють одночасно з двох датчиків, що дозволяє підвищити точність вимірювання за рахунок усереднення одержаних значень. Датчики встановлюються відповідно до інструкції з експлуатування випробувального устаткування.

Випробування проводять у два етапи.

Підготовчий етап

Трактор розганяють до максимальної швидкості, вимикають зчеплення і здійснюють вибіг. Під час вибігу вимірюють лінійні швидкості і

прискорення трактора. Мобільним реєстраційно-вимірювальним комплексом методом непрямих вимірювань в автоматичному режимі розраховуються коефіцієнти:

а) коефіцієнт врахування мас двигуна і трансмісії, що обертаються

$$A_1 = 1,03 + 0,05u_{\text{гп}}^2, \quad (7.1)$$

де $u_{\text{гп}}$ – передаточне число головної передачі (наводиться в технічному описі трактору);

б) коефіцієнт, що враховує сухе тертя в трансмісії

$$A_2 = A_1 \frac{\dot{V}_{\text{т2}} V_{\text{т1}} - \dot{V}_{\text{т1}} V_{\text{т2}}}{V_{\text{т2}} - V_{\text{т1}}}; \quad (7.2)$$

де $\dot{V}_{\text{т1}}$, $\dot{V}_{\text{т2}}$ і $V_{\text{т1}}$, $V_{\text{т2}}$ – прискорення і швидкість трактора в момент часу t_1 і t_2 відповідно; програмне забезпечення мобільного реєстраційного вимірювального комплексу виконує послідовну попарну обробку даних отриманих під час вибігу в парі точок з кроком $\Delta t = t_2 - t_1$, величина якого є встановленою характеристикою мобільного реєстраційного вимірювального комплексу;

в) коефіцієнт, що враховує кінематичне тертя в трансмісії

$$A_3 = A_1 \frac{\dot{V}_{\text{т1}} - \dot{V}_{\text{т2}}}{V_{\text{т2}} - V_{\text{т1}}}. \quad (7.3)$$

Основний етап

Трактор розганяють до максимальної швидкості на встановленій передачі. Далі після вимикання муфти зчеплення здійснюють вибіг до повної зупинки трактора.

Випробування проводять на швидкостях руху від мінімальної до максимальної на кожній встановленій передачі. Повторність дослідів на кожному швидкісному режимі трикратна.

Тягове зусилля, в Н, визначають за формулою:

$$P_{\text{зак}} = A_1 m_m \dot{V}_m, \quad (7.4)$$

де m_m – маса трактора, кг;

$\dot{V}_m$ – поздовжнє прискорення трактора під час розгону, м/с².

За результатами вимірювання будуються графіки функції $P_{\text{зак}} = f(V_m)$,

де V_m – лінійна швидкість трактора, м/с.

Тягову потужність, в Вт, визначають за формулою:

$$N_{\text{зак}} = P_{\text{зак}} \cdot V_m, \quad (7.5)$$

За результатами вимірювання будуються графіки функції $N_{\text{зак}} = f(V_m)$.

Ефективну потужність двигуна, в Вт, визначають за формулою:

$$N_e = m_m V_m (A_1 \dot{V}_m + A_2 + A_3 V_m), \quad (7.6)$$

За результатами вимірювання будуються графіки функції $N_e = f(V_m)$.

Тяговий коефіцієнт корисної дії трактора визначають за формулою:

$$\eta_{\text{зак}} = 1 - \frac{V_m m_m (A_2 + A_3 V_m)}{N_e}, \quad (7.7)$$

За результатами вимірювання будуються графіки функції $\eta_{\text{зак}} = f(V_m)$.

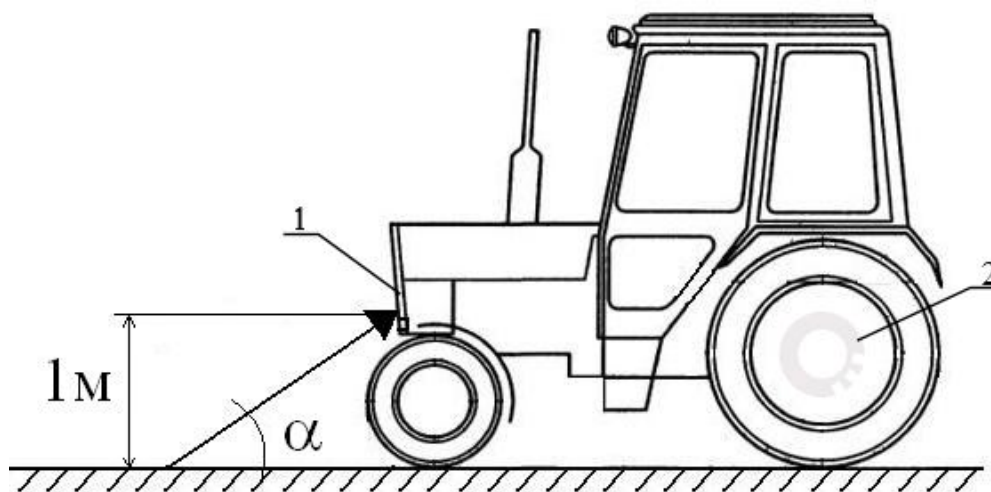
Буксування рушіїв трактора (рис. 7.1) визначають за формулою

$$\delta = 1 - \frac{V_m}{V_k}, \quad (7.8)$$

де $V_k = 3,6 \cdot \left(\frac{L}{T} \right)$ – лінійна швидкість обертання колеса, м/с;

L – довжина окружності колеса, м;

T – час, за який колесо здійснює один оберт, с (вимірюється і записується в режимі реального часу в пам'ять радіолокаційного вимірювач швидкості).



1, 2 – установка радару і диску фотоелектричного датчика.

Рисунок 7.1 – Розміщення вимірювачів швидкості V_m і V_k
на тракторі класу 1,4

Вимірювач лінійної швидкості обертання колеса, який містить металевий диск з отворами і який встановлюють на вісі колеса, випромінювач і фотоприймач, які встановлюють на корпусних деталях колеса, зчитують світлові імпульси і розраховують V_k .

В результаті порівняння показів обох давачів обчислюють буксування рушіїв трактора за формулою (7.8).

Тягове зусилля, яке може розвинути трактор на іншому покритті, визначають наступним чином:

$$P'_{\text{зак}} = P_{\text{зак}} - m_m q(f' - f), \quad (7.9)$$

де f, f' – коефіцієнти опору коченню коліс на фонах, наприклад, на ділянці з ґрунтовим покриттям ($f = 0,050$) і стерні ($f' = 0,090$).

Даними для визначення оцінки точності вимірювань є масиви результатів вимірювань прискорень і лінійних швидкостей трактора, що наведені послідовністю значень:

$$\begin{aligned} \dot{V}_1, \dot{V}_2, \dots, \dot{V}_n, \quad n > 1 \\ V_1, V_2, \dots, V_n, \quad n > 1 \end{aligned} \quad (7.10)$$

Другим етапом проводиться розгін машино-тракторного агрегату з відключеним валом відбору потужності на аграфоні відповідному технологічній операції. Так як рух з сільськогосподарською машиною, що агрегатується здійснюється на деформівній поверхні, що викликає збільшення часу розгону і зменшення вибігу, то порівнявши ці показники з еталонною діаграмою сили тяги можна визначити потужність двигуна, яку можна реалізувати через вал відбору потужності.

Третім етапом проводиться розгін машино-тракторного агрегату з включеним валом відбору потужності. Опір робочих органів сільгоспмашини уповільнює набір швидкості, як наслідок порівнявши всі три діаграми можна отримати тяговий опір сільгоспмашини і потужність двигуна витрачену на привід валу відбору потужності.

7.2.3 Експериментальне дослідження.

Проводились випробування тракторного поїзду в складі трактора Challenger MT685D + бункер-накопичувач перевантажувальний ПБН-30 На

рис. 7.2 показано загальний вид випробовуваного тракторного поїзду. На рис. 7.3 показано місце встановлення акселерометра вимірювального комплексу.



Рисунок 7.2 – Досліджуваний тракторний поїзд

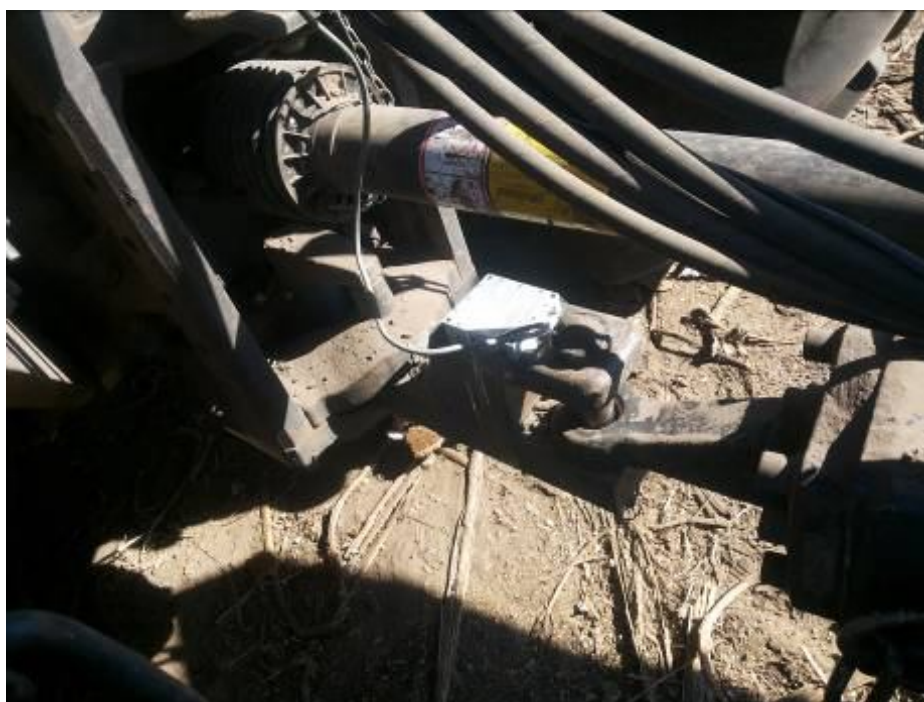


Рисунок 7.3 – Місця встановлення акселерометрів

Тягове зусилля вимірювалось за способом, що передбачає вимірювання подовжнього прискорення при вибігу з увімкненими і вимкненими робочими органами на агрофоні виконуваної технологічної операції.

Еталонні параметри трактора наведено на діаграмі (рис. 7.4) і в табл. 7.1.

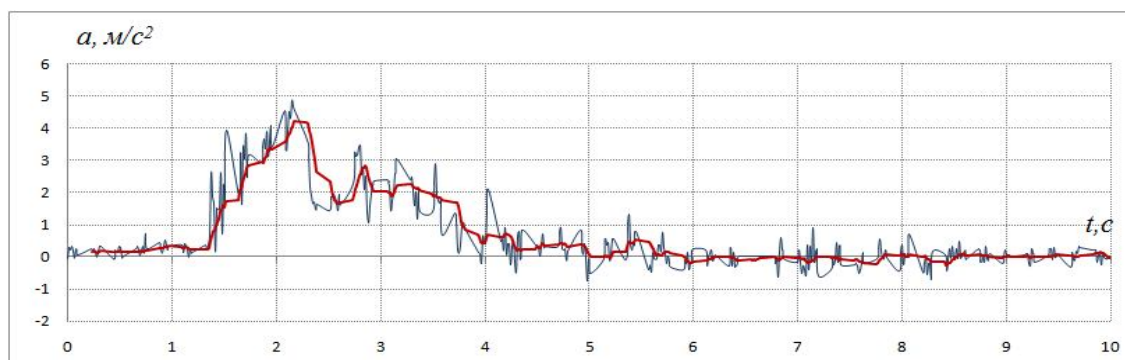


Рисунок 7.4 – Розгін еталонного трактора

Таблиця 7.1 – Результати вимірювання еталонних параметрів трактора на агрофоні «бетонна дорога»

Передача трансмісії	Максимальне тягове зусилля, кН	Максимальна тягова потужність, кВт	Середня швидкість руху, км/год.	Буксування, %
XVII	44,7	191,2	15,3	1,5 – 2
XIX	41,21	196,7	17,1	1,5 – 4

Результати вимірювання параметрів потужності двигуна затраченої на привід валу відбору потужності наведено на діаграмі рис. 7.5 і в табл. 7.2.

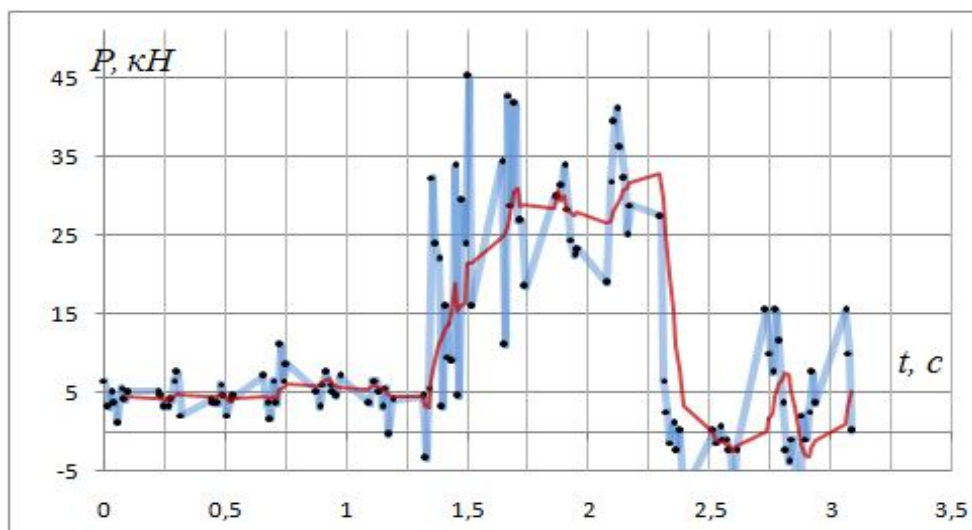


Рисунок 7.5 – Тяговий опір МТА

Таблиця 7.2 – Результати розрахунку потужності двигуна затраченої для переміщення причепа і приводу ВВП на агрофоні «стерня зернових».

Передача трансмісії	Тягове зусилля, кН	Потужність на привід ВВП, кВт	Тягова потужність, кВт	Загрузка трактора по тяговій потужності, %
ВВП включений	27,3	–	130,9	66,5
ВВП виключений	29,2	14,6	145,5	73,8

7.3 Нормативно-технічна документація на випробування агрегатів і вузлів приводу активних робочих органів

Основою нормативно-технічної документації з випробувань агрегатів і вузлів приводу активних робочих органів є спосіб оцінки їх технічного стану за перехідним процесом прискорення трактора при розгоні активних робочих органів.

Сутність експрес-методу заключається в тому, що вимірюється потужність, що затрачається на привід валу відбору потужності і за нею оцінюється технічний стан приводу активних робочих органів.

Виконавці: майстер-діагност, тракторист-машиніст.

Трудомісткість: 0,8 люд.-год.

Прилади, пристосування: наприклад, вимірювальний комплекс ВДВММ 4-001, струбцина для кріплення датчика прискорень.

Порядок проведення діагностування:

- встановити випробувальне устаткування на мобільну машину і ввімкнути його;
- провести тестовий заїзд тракторного поїзду на агрофоні «асфальто-бетонна дорога» для визначення еталонної потужності трактора;
- провести заїзд тракторного поїзду на агрофоні відповідному технологічній операції з відключеним валом відбору потужності;
- провести заїзд тракторного поїзду на агрофоні відповідному технологічній операції з включеним валом відбору потужності;
- за результатами розрахунку і порівняння потужностей констатувати поточний стан елементів приводу активних робочих органів і дати рекомендації для подальшого діагностування.

Показник якості: потужність на привід валом відбору потужності.

Рекомендовано розміщувати давачі:

- на тракторах із шарнірно-зчленованою рамою – на задній напіврамі орієнтуючись на перший технологічний отвір;
- на тракторах серії Challenger MT685D і John Deere 8430 на задній навісці біля провушини під'єднання сільгоспмашини.

7.4 Висновки за розділом 7

1. Реалізація розробленого експрес-методу і технологічних засобів для оцінки якості агрегатів і вузлів приводу активних робочих органів через вал відбору потужності трактора дозволить під час випробувань і в експлуатації

прискорено оцінити їх технічний стан і дати рекомендації про направлення на поглиблену діагностику.

2. Технологія технічного діагностування тракторів серії Challenger MT685D і John Deere 8430 дозволяє зменшити у порівнянні з відомими технологіями трудомісткість в 2,9 рази, так як за запропонованою технологією усувається операція демонтажу агрегатів.

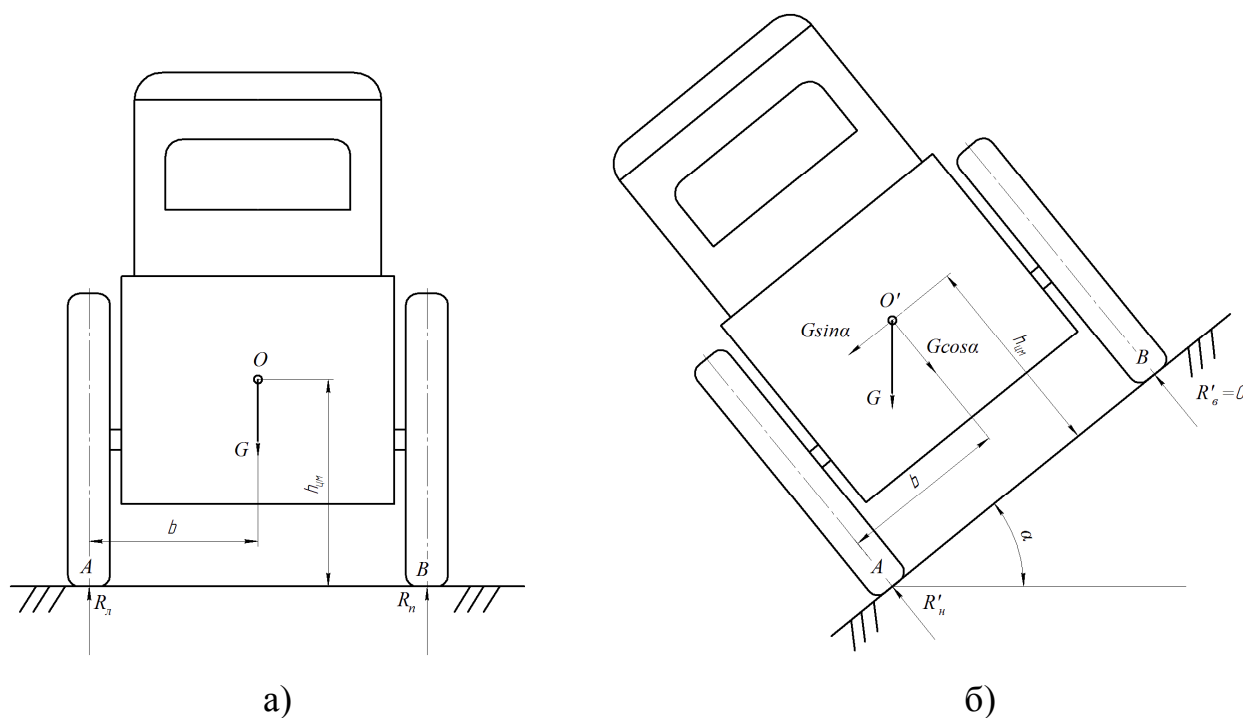
3. Рекомендації виробництву: встановлення нормативних значень показника потужності затрачуваної на привід активних робочих органів у справному стані.

Результати дослідження опубліковано в [1], [2], [18], [44], [54].

РОЗДІЛ 8

РОЗРОБКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-АНАЛІТИЧНОГО МЕТОДУ
ВИМІРЮВАННЯ КУТА ПОПЕРЕЧНОЇ СТІЙКОСТІ МАШИН8.1 Обґрунтування методу послідовного зважування для вимірювання
кута поперечної стійкості

При розташуванні машини на поверхні з поперечним ухилом відбувається перерозподіл її ваги між бортами (рис. 8.1).



а— на горизонтальній поверхні; б – на ухилі критичної величини

Рисунок 8.1 – Схема сил, що діють на трактор

Вага трактора перерозподіляється за лінійною залежністю. При досягненні кута ухилу, за якого вектор сили тяжіння буде проходити через точку опори, наступить момент «байдужої рівноваги», коли уся вага трактора буде розподілена на борт, що знаходиться нижче за схилом (реакція розвантаженого борту буде дорівнювати нулю – див. рис. 8.1, б). Збурюючий момент буде створювати складова сили тяжіння $G \cdot \sin \alpha$ (рис. 8.1 б).

Закон перерозподілу ваги за бортами є індивідуальним для кожного трактора і залежить від колії і координат центру мас. Вага трактора, що доводиться на борт, при знаходженні його на поперечному ухилі з кутом α (рис. 8.2 а)

$$G_{\bar{\alpha}} = m_{\bar{\alpha}} g, \quad (8.1)$$

де $m_{\bar{\alpha}}$ – маса борту трактора, виміряна при знаходженні його на поперечному ухилі з кутом α , кг;

g – прискорення вільного падіння, $g=9,81 \text{ м/с}^2$;

$$m_{\bar{\alpha}} = m_{\bar{}} \pm \Delta m_{\alpha}, \quad (8.2)$$

$m_{\bar{}}$ – маса борту трактора, виміряна при його горизонтальному розташуванні, кг;

Δm_{α} – приріст маси борту трактора при знаходженні його на поперечному ухилі з кутом α , кг.

У (8.2) знак «+» застосовується для борту, що знаходиться нижче за ухилом, знак «-» – вище за ухилом.

Залежність величини приросту маси від кута ухилу (у загальному випадку) буде мати вид показаний на рис. 8.2 б.

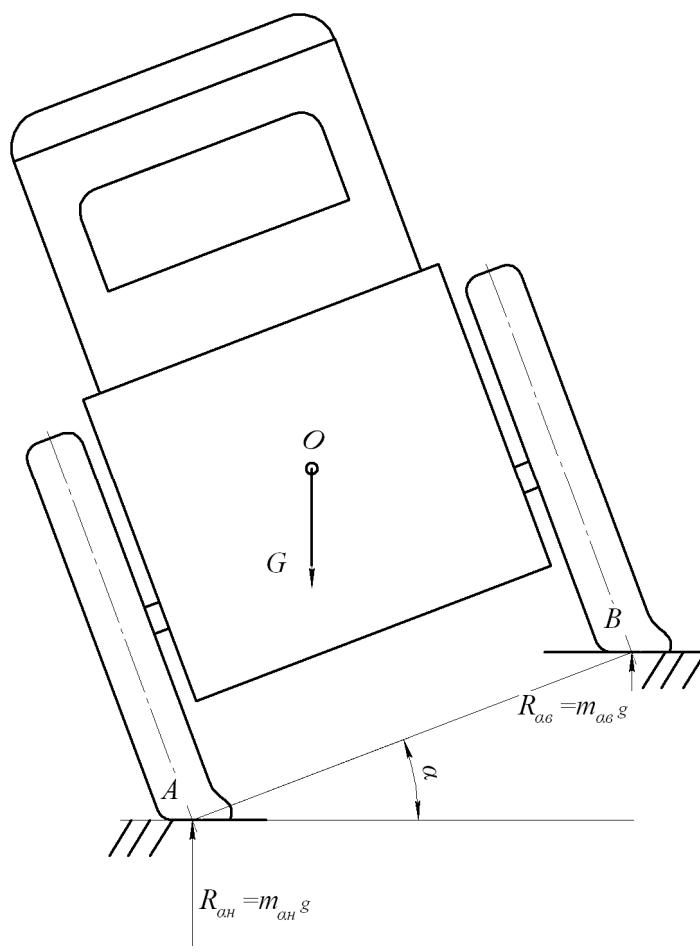
При поперечному ухилі з кутом α_1 приріст маси борту, що знаходиться нижче за ухилом буде становити $+\Delta m_{\alpha_1}$. Відповідно при поперечному ухилі з кутом $\alpha_2 - +\Delta m_{\alpha_2}$. Запишемо рівняння прямої в канонічному виді:

$$(\Delta m_{\alpha_1} - \Delta m_{\alpha_2})\alpha + (\alpha_2 - \alpha_1)\Delta m + (\alpha_1\Delta m_{\alpha_2} - \alpha_2\Delta m_{\alpha_1}) = 0, \quad (8.3)$$

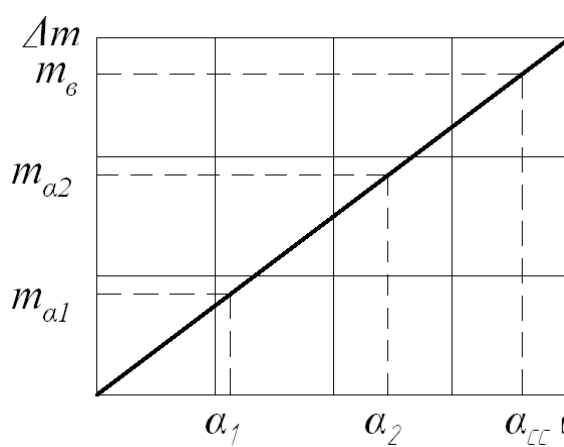
де α – довільний кут поперечного ухилу машини;

Δm – приріст маси борту трактора, що знаходиться нижче за ухилом при куті поперечного ухилу α , кг;

$$\Delta m_{\alpha_2} = m_{\alpha_2} - m_B. \quad (8.4)$$



а)



б)

Рисунок 8.2 – Схема перерозподілу ваги трактора за бортами а)
та залежність величини приросту маси від кута ухилу б)

Максимальним значенням величини Δm (стан «байдужої рівноваги») буде значення маси борту трактора розташованого вище за схилом, виміряне при горизонтальному положенні трактора m_b . Кут поперечного ухилу α при цьому буде рівнятися куту поперечної статичної стійкості α_{cc} . З урахуванням вищесказаного з (8.3) знайдемо α_{cc}

$$\alpha_{cc} = \frac{(\alpha_2 - \alpha_1)m_b + (\alpha_1\Delta m_{\alpha_2} - \alpha_2\Delta m_{\alpha_1})}{\Delta m_{\alpha_2} - \Delta m_{\alpha_1}}. \quad (8.5)$$

Якщо зробити припущення, що кут $\alpha_1=0$, відповідно приріст маси трактора буде становити $\Delta m_{\alpha_1}=0$, то вираз (8.5) спроститься

$$\alpha_{cc} = \frac{m_b}{\Delta m_{\alpha_2}} \alpha_2. \quad (8.6)$$

Параметр $m_b/\Delta m_{\alpha_2}$ із збільшенням кута α змінюється в межах $[\infty; 1]$ і він може бути (на рівні з кутом поперечної статичної стійкості) оціночним показником поперечної статичної стійкості. При наближенні його значення до 1, трактор наближається до стану «байдужої рівноваги». Проте такий показник є незручним у використанні за малих значень кута α , оскільки призводить до оперування з великими числами при розрахунках, які є індивідуальними для кожного трактора, що випробовується. Для усунення указанного недоліку у виразі (8.6) зробимо інверсію відношення мас і підніmemo її у степінь «-1»

$$\alpha_{cc} = \left(\frac{\Delta m_{\alpha_2}}{m_b} \right)^{-1} \alpha_2. \quad (8.7)$$

За такої умови (8.7) відношення $\Delta m_{\alpha_2}/m_b$ змінюється в межах $[0; 1]$.

Такі межі є зручними для проведення подальших розрахунків. Для зручності користування запропонованим методом можна провести попередні розрахунки кута поперечної стійкості трактора в залежності від значення довільного кута α_2 на який здійснюється підйом одного із бортів трактора (згідно методу) за різних значень відношення мас. Результати зручно представити у виді таблиці (табл. 8.1), в якій у рядках записуються значення відношення мас, а в стовпчиках – величина кута, на який здійснюється підйом машини при випробуванні. Прочерки в окремих чарунках таблиці свідчать про те, що при даному куті підйому трактора і відношенню мас, кут статичної стійкості буде перевищувати 90° . Теоретично це можливо за умови, якщо центр тяжіння трактора знаходиться нижче опорної поверхні. На практиці це неможливо.

Таблиця 8.1 – Розрахункові значення кута статичної стійкості

	α , град	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$\Delta m_{\alpha_2}/m_b$	0,1	50	60	70	80	90	-	-	-	-	-	-
	0,12	42	50	58	67	75	83	-	-	-	-	-
	0,14	36	43	50	57	64	71	79	86	-	-	-
	0,16	31	38	44	50	56	63	69	75	81	88	-
	0,18	28	33	39	44	50	56	61	67	72	78	83
	0,2	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
	0,22	23	27	32	36	41	45	50	55	59	64	68
	0,24	21	25	29	33	38	42	46	50	54	58	63
	0,26	19	23	27	31	35	38	42	46	50	54	58
	0,28	18	21	25	29	32	36	39	43	46	50	54
	0,3	17	20	23	27	30	33	37	40	43	47	50

Експрес-метод послідовного зважування для вимірювання кута поперечної стійкості трактора засновано на тому, що об'єкт випробувань

зважається окремо за бортами в горизонтальному положенні. При наявності нерівномірності розподілу маси за бортами, поперечна координата центру мас буде зсунута від центру у бік більш навантаженого борту. При перекиданні трактора більш небезпечним (менший кут поперечної статичної стійкості) є випадок перекидання через більш навантажений борт. Потім зважається трактора за бортами при підйомі менш навантаженого борту на довільний кут α . Розраховується значення приросту маси.

Вимірюється кут поперечного нахилу трактора. За (8.7) розраховується кут поперечної статичної стійкості.

Для гарантованого виконання умови забезпечення поперечної стійкості і, відповідно, підвищення безпеки використання трактора, результат вимірювання за (8.7) коригується з урахуванням похибки прямих вимірювань маси і кута (k_1) та поправки (k_2) на деформацію шин, підвіски, тощо, яка визначається на основі статистичних даних порівняння результатів випробувань на платформенному стенді і за експрес-методом послідовного зважування

$$\alpha_{cc}^* = k_1 k_2 \left(\frac{\Delta m_{\alpha_2}}{m_B} \right)^{-1} \alpha_2. \quad (8.8)$$

Для розрахунку похибки вимірювання кута поперечної стійкості трактора скористаємось диференціальною формулою оцінки похибки

$$\varepsilon_{\alpha_{cc}} = \left| \frac{\partial \alpha_{cc}}{\partial \Delta m_{B\alpha_2}} \right| \cdot \varepsilon_{\Delta m_{B\alpha_2}} + \left| \frac{\partial \alpha_{cc}}{\partial m_B} \right| \cdot \varepsilon_{m_B} + \left| \frac{\partial \alpha_{cc}}{\partial \alpha_2} \right| \cdot \varepsilon_{\alpha_2}. \quad (8.9)$$

де $\varepsilon_{\Delta\alpha_2}$, ε_{m_B} , ε_{α_2} – абсолютні максимальні похибки вимірювання маси трактора і кута нахилу, відповідно, кг, кг, град;

$\frac{\partial \alpha_{cc}}{\partial \Delta m_{\alpha_2}}, \frac{\partial \alpha_{cc}}{\partial m_B}, \frac{\partial \alpha_{cc}}{\partial \alpha_2}$ – часткові похідні модельного рівняння вимірювання

кута нахилу трактора по кожному параметру

$$\frac{\partial \alpha_{cc}}{\partial \Delta m_{\alpha_2}} = \frac{m_B \alpha_2}{(m_B - m_{B\alpha_2})^2} = \frac{\alpha_{cc}}{m_B - m_{B\alpha_2}}, \quad (8.10)$$

$$\frac{\partial \alpha_{cc}}{\partial \Delta m_B} = \frac{m_{B\alpha_2} \alpha_2}{(m_B - m_{B\alpha_2})^2} = \alpha_{cc} \frac{m_{B\alpha_2}}{m_B^2 - m_B m_{B\alpha_2}}, \quad (8.11)$$

$$\frac{\partial \alpha_{cc}}{\partial \alpha_2} = \frac{m_B}{m_B - m_{B\alpha_2}} = \frac{\alpha_{cc}}{\alpha_2}, \quad (8.12)$$

У формулі (8.9) окремо враховуються похибки вимірювання маси борту трактора і маси на яку збільшується маса борту трактора при його нахилі. Це обумовлено тим, що ваги для вимірювання маси трактора можуть мати різну похибку в різних діапазонах вимірювання.

При використанні табл. 8.1 достатньо враховувати лише похибки вимірювання маси бортів трактора, оскільки при вимірюванні кута нахилу трактора цифровим акселерометром з високою роздільною здатністю випадкова похибка вимірювання кута на який буде піднято один із бортів трактора буде наближатись до нуля $\left(\frac{\partial \alpha_{cc}}{\partial \alpha_2} \rightarrow 0 \right)$.

При розрахунку невизначеності вимірювання вклад вхідних величин у результат вимірювання розраховується за (8.10)–(8.12).

8.2 Стенд для вимірювання кута поперечної стійкості трактора методом послідовного зважування стаціонарний

На рис. 8.3 показано (схематично) загальний вид конструкції стенду

для випробувань по визначенню кута поперечної стійкості тракторів, що рухаються методом послідовного зважування, що містить чотири майданчики 1, 2, 3, 4, на кожному з яких розміщено контактну поверхню з платформенними вагами, вимірювач кута поперечного нахилу машини 5 (наприклад акселерометр), блок керування стендом 6 із засобами обробки і візуалізації інформації, вертикальний виступ 7 з можливістю в'їзду на нього і з'їзду з нього, направляючі стенду 8, 9 з обмежувальними бортиками безпеки по яких рухається трактора. Платформенні ваги, що розташовані на майданчиках 1, 2, 3, 4 і вимірювач кута поперечного нахилу трактора 5 з'єднані із блоком керування стендом 6 вимірювальними каналами. Стрілка указує напрямок руху трактора при випробуванні. Лінія *A-A* – початкова позиція трактора при випробуванні. Лінія *B-B* – положення трактора після випробувань; *B* – відстань між центрами направляючих стенду 8 і 9; *B1* і *B2* – ширина направляючих стенду 8 і 9, відповідно; *L1* – довжина ділянки стенду для зважування машини у горизонтальному положенні; *L2* – довжина ділянки стенду для зважування трактора у нахиленому положенні.

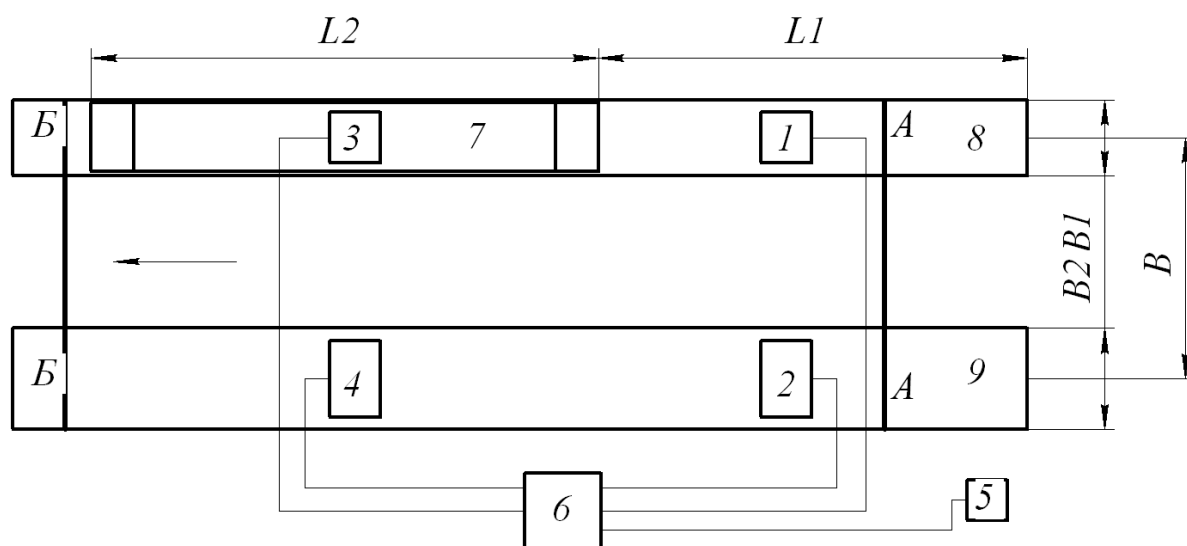


Рисунок 8.3 – Загальний вид стенду

На рис. 8.4 показано алгоритм вимірювання кута поперечної стійкості трактора.

На даній схемі позначено: α_1 – кут нахилу трактора в початковий момент; m_{11} – маса трактора, що припадає на переднє колесо правого борту, вимірювана на майданчику 1; m_{21} – маса трактора, що припадає на переднє колесо лівого борту, вимірювана на майданчику 2; m_{12} – маса трактора, що припадає на заднє колесо правого борту, вимірювана на майданчику 1; m_{22} – маса трактора, що припадає на заднє колесо лівого борту, вимірювана на майданчику 2; α_2 – кут нахилу трактора при її в'їзді колесами одного борту на вертикальний виступ 7; m_{31} – маса трактора, що припадає на переднє колесо правого борту, вимірювана на майданчику 3; m_{41} – маса трактора, що припадає на переднє колесо лівого борту, вимірювана на майданчику 4; m_{32} – маса трактора, що припадає на заднє колесо правого борту, вимірювана на майданчику 3; m_{42} – маса трактора, що припадає на заднє колесо лівого борту, вимірювана на майданчику 4; $m_{1\alpha}$ – маса правого борту трактора вимірювана у нахилому положенні; $m_{2\alpha}$ – маса лівого борту трактора вимірювана у нахилому положенні; α_{cc} – кут поперечної стійкості трактора; U_{acc} – невизначеність вимірювання кута поперечної стійкості трактора; Δ_{acc} – похибка вимірювання кута поперечної стійкості трактора. Сектори позначені неперервними лініями – прямі вимірювання. Сектори позначені штриховими лініями – непрямі вимірювання.

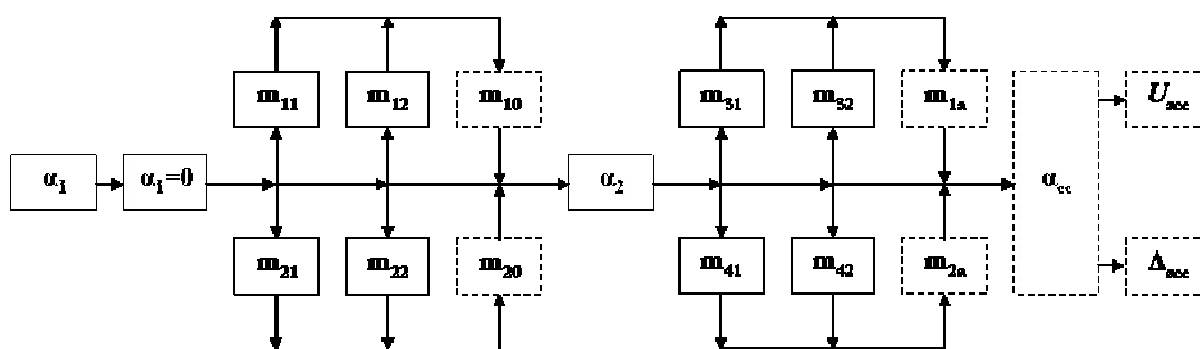


Рисунок 8.4 – Схема формування результату вимірювання

Стенд для вимірювання кута поперечної стійкості трактора, що рухаються, методом послідовного зважування працює наступним чином.

Трактор, що випробовується встановлюється на направляючі 8 і 9 передніми колесами біля лінії $A-A$. На трактор встановлюється вимірювач кута поперечного нахилу трактора 5. Вмикається стенд. Вибирається тип трактора: без підвіски, балансирна підвіска, із шарнірно-складеною рамою. Вимірюється кут α_1 . Калібрується вимірювач кута поперечного нахилу 5 ($\alpha_1=0$). Трактор починає рух. В момент наїзду трактора колесами передньої вісі на майданчики 1 і 2, вимірювальна система фіксує результат зважування передньої вісі окремо по бортах m_{11} і m_{21} , відповідно. Трактор продовжує рух. В момент наїзду трактора колесами задньої вісі на майданчики 1 і 2, вимірювальна система фіксує результат зважування задньої вісі окремо по бортах m_{12} і m_{22} . Вимірювальна система розраховує масу бортів трактора m_{10} і m_{20} . Трактор продовжує рух і колесами одного борту виїжджає на вертикальний виступ 7. Вимірювальна система фіксує результат вимірювання кута нахилу трактора в поперечній площині α_2 вимірювачем кута поперечного нахилу 5. В момент наїзду трактора колесами передньої вісі на майданчики 3 і 4 вимірювальна система фіксує результат зважування передньої вісі окремо по бортах m_{31} і m_{41} , відповідно. Трактор продовжує рух. В момент наїзду трактора колесами задньої вісі на майданчики 3 і 4 вимірювальна система фіксує результат зважування задньої вісі окремо по бортах m_{32} і m_{42} відповідно. Трактор продовжує рух до лінії $B-B$. Вимірювальна система розраховує масу бортів трактора у нахиленому положенні $m_{1\alpha}$ і $m_{2\alpha}$, граничне значення кута поперечної стійкості трактора α_{cc} за авторською методикою, проводиться оцінювання стабільності результатів вимірювання та розраховується невизначеність U_{acc} і похибка Δ_{acc} вимірювання кута поперечної стійкості машини. З трактора знімається вимірювач кута поперечного нахилу 5. Друкується звіт за результатами випробувань. Вимикається стенд.

Розміри стенду B , $B1$, $B2$ вибираються в залежності від ширини колії і ширини коліс номенклатури тракторів, що випробовуються. Розміри $L1$ і $L2$ вибираються в залежності від довжини колісної бази номенклатури

тракторів, що випробовуються. Висота вертикального виступу 7 вибирається в межах 15–30 см і залежить від ширини колії номенклатури тракторів, що випробовуються.

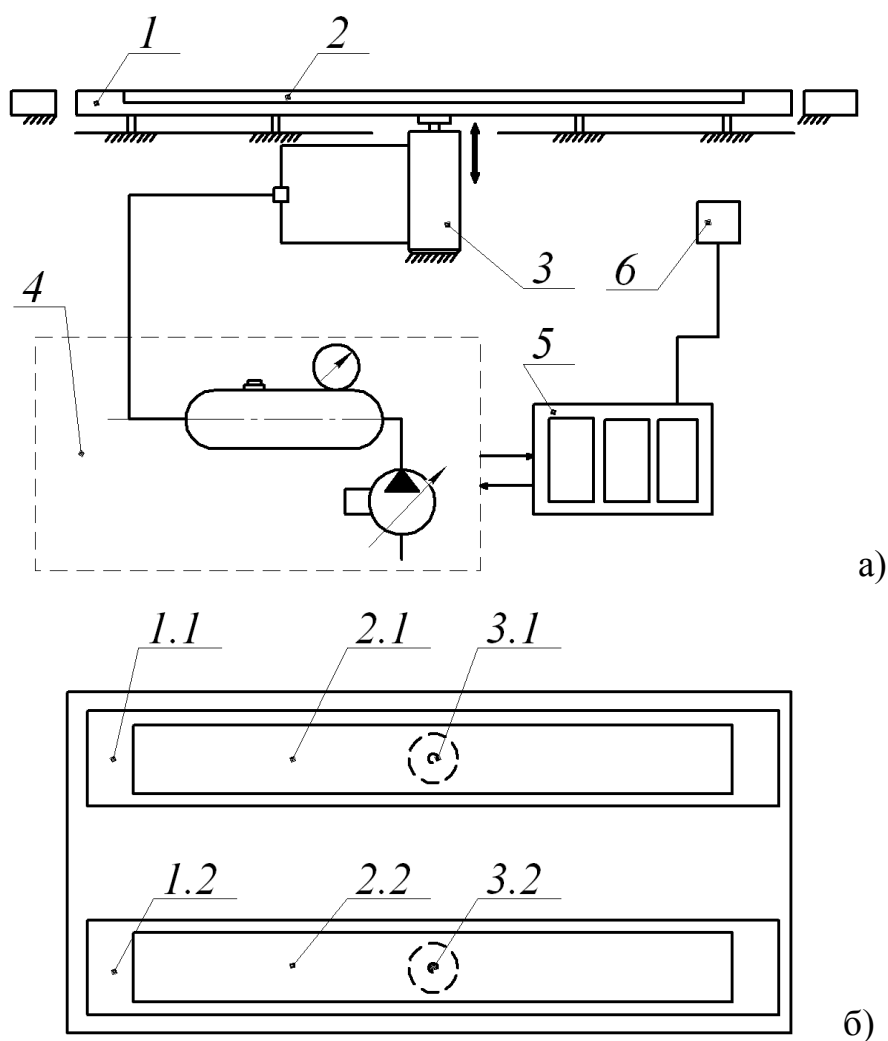
Контроль стабільності результатів вимірювання проводиться за авторською методикою шляхом порівняння результатів вимірювання кута поперечної стійкості тракторів отриманих за різними модельними рівняннями вимірювання.

Запропонований стенд для вимірювання кута поперечної стійкості тракторів підвищує безпеку випробувань за рахунок відсутності необхідності підйому трактора на критичний кут, утримування трактора у піднятому положенні, забезпечує оперативність проведення випробувань за рахунок скорочення трудоемності виконання робіт з випробувань, забезпечує підвищення точності вимірювання кута поперечної стійкості трактора за рахунок відсутності необхідності розрахунку координати положення центру мас трактора, забезпечує контроль стабільності результатів вимірювань за рахунок їх порівняння отриманих за різними модельними рівняннями вимірювання. Технічний результат досягається за рахунок використання у конструкції стенду майданчиків з платформенними вагами, одного вимірювача кута поперечного нахилу і вертикального виступу, що забезпечують послідовне вимірювання маси бортів трактора у горизонтальному і нахиленому положенні і відсутність необхідності у визначенні координати центру мас трактора.

8.3 Стенд для вимірювання кута поперечної стійкості тракторів методом послідовного зважування у поточній лінії діагностики

На рис. 8.5 (вид збоку та зверху) показано стенд для вимірювання кута поперечної стійкості тракторів методом послідовного зважування, що

містить дві (на кожен борт машини) платформи 1 (1.1, 1.2) здатних переміщуватись у вертикальному напрямку, в яких вмонтовані контактні ваговимірювальні поверхні 2 (2.1, 2.2), силові циліндри 3 (3.1, 3.2), привід стану 4, блок управління 5 із засобами вводу-виводу і візуалізації інформації. В комплект стану входить вимірювач кута нахилу трактора 6 (наприклад, акселерометр). Силові циліндри 3 (3.1, 3.2) забезпечують підйом платформи 1 (1.1, 1.2) на висоту до 0,3 м.



а) – вид зверху; б) – вид збоку

Рисунок 8.5 – Загальний вид стану

На рис. 8.6 показано алгоритм вимірювання кута поперечної стійкості трактора: α_1 – показ датчика вимірювання нахилу трактора 6 після встановлення його на трактор; m_{10} – маса борту трактора виміряна

платформою 1.1 за $\alpha_1=0$; m_{20} – маса борту трактора виміряна платформою 1.2 за $\alpha_1=0$; α_2 – кут на який здійснився нахил трактора у поперечній площині при підйомі однієї із платформ 1 (1.1, 1.2); m_{1a} – маса борту трактора виміряна платформою 1.1 за α_2 ; m_{2a} – маса борту трактора виміряна платформою 1.2 за α_2 ; α_{cc} – кут поперечної стійкості трактора; U_{acc} – невизначеність вимірювання кута поперечної стійкості трактора; Δ_{acc} – похибка вимірювання кута поперечної стійкості трактора. Сектори позначені неперервними лініями – прямі вимірювання. Сектори позначені штриховими лініями – непрямі вимірювання.

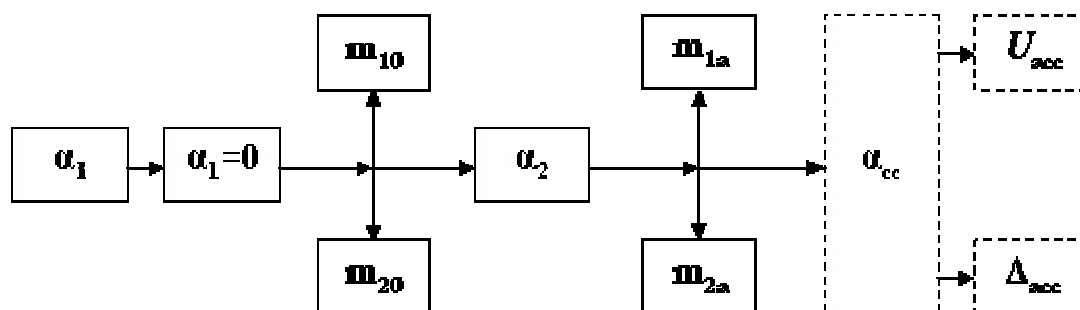


Рисунок 8.6 – Схема формування результату вимірювання

Стенд для вимірювання кута поперечної стійкості трактора методом послідовного зважування працює наступним чином.

Трактор, що випробовується встановлюється колесами усіх осей на платформи 1.1 і 1.2. На трактор встановлюється вимірювач кута поперечного нахилу трактора 6. Вмикається стенд. Вибирається тип трактора: без підвіски, балансирна підвіска, із шарнірно-складеною рамою. Вимірюється кут α_1 . Калібрується вимірювач кута поперечного нахилу 6 ($\alpha_1=0$). Вимірювальна система фіксує результат зважування правого m_{10} і лівого m_{20} борту окремо. Після цього вмикається привід стенду 4, який створює тиск у силових циліндрах платформи на якій знаходиться борт меншої маси (3.1 або 3.2). Силкові циліндри піднімають платформу, разом з встановленою на ній трактором, на певну висоту. Вимірювальна система вимірює кут на який нахилився трактор та масу правого m_{1a} і лівого m_{2a} борту окремо. У

силових циліндрах піднятої платформи починається зменшення тиску і платформа під дією власної ваги опускається. Інформація про виміряні параметри вимірювальними каналами надходить до блоку управління 5, де за авторською методикою розраховується відношення маси борту трактора у піднятому положенні до маси борту у горизонтальному положенні, граничне значення кута поперечної стійкості трактора α_{cc} (без визначення координати центру мас трактора), проводиться оцінювання стабільності результатів вимірювання та розраховується невизначеність $U_{\alpha_{cc}}$ і похибка $\Delta_{\alpha_{cc}}$ вимірювання кута поперечної стійкості трактора. Друкується звіт за результатами випробувань. Вимикається стенд. З трактора знімається вимірювач кута поперечного нахилу 6.

Запропонований стенд для вимірювання кута поперечної стійкості тракторів підвищує безпеку випробувань за рахунок відсутності необхідності підйому трактора на критичний кут, утримування трактора у піднятому положенні, забезпечує оперативність проведення випробувань за рахунок скорочення трудоемності виконання робіт з випробувань, забезпечує підвищення точності вимірювання кута поперечної стійкості трактора за рахунок відсутності необхідності розрахунку координати положення центру мас трактора. Технічний результат досягається за рахунок використання у конструкції стенду двох платформ здатних переміщуватись у вертикальному напрямку окремо, в яких вмонтовані контактні ваговимірювальні поверхні і одного вимірювача кута поперечного нахилу, що забезпечують послідовне вимірювання маси бортів трактора у горизонтальному і нахиленому положенні, кут нахилу трактора при підйомі однієї із платформ і відсутність необхідності у визначенні координати центру мас трактора.

8.4 Валідація методу вимірювання кута поперечної стійкості

Згідно з ДСТУ EN ISO/IEC 17025:2019 [134] для того щоб результати випробувань були загально-визнаними, необхідно оцінювати придатність методів до застосування їх у своїй роботі. Обсяг цього оцінювання залежить від необхідності відповідати потребам даного застосування або сфери застосування.

Прийоми, що використовуються для валідації методу, є одним із або комбінацією таких [134]:

- калібрування або оцінювання зміщення вимірювання та прецизійності з використанням вихідних еталонів або стандартних зразків;
- систематичне оцінювання чинників, що впливають на результат;
- перевірка стійкості методу шляхом зміни регульованих параметрів;
- порівняння з результатами, отриманими за іншими валідованими методами;
- міжлабораторні порівняння;
- оцінка невизначеності результатів вимірювань на основі розуміння теоретичних принципів методу та практичного досвіду роботи з методу випробування.

Якщо вносяться зміни до валідованого методу, вплив таких змін визначається і там, де вони впливають на початкову валідацію, проводиться нова валідація методу. Робочі характеристики валідованих методів, що використовуються за призначенням, відповідають потребам замовників та є сумісними з визначеними вимогами. Робочі характеристики можуть включати, але не обмежуватися, діапазон вимірювань, точність, невизначеність результатів вимірювання, межу виявлення, межу кількісного визначення, вибірковість методу, лінійність, повторюваність або відтворюваність, стійкість до зовнішніх впливів або перехресної чутливості до впливу матриці зразка чи об'єкта випробування та зміщення вимірювання.

Оцінювання придатності методик випробування є важливою частиною системи забезпечення та контролю якості результатів випробувань. Необхідною умовою відповідності методики випробувань є обґрунтована впевненість у тому, що одержувані в області її застосування результати достовірні, тобто такі, характеристики якості яких відповідають встановленим вимогам. Це передбачає експериментальне або теоретичне підтвердження як окремих операцій та правил, що становлять суть методики, так і визначення її характеристик. Якщо оцінені характеристики методики відповідають висунутим до них вимогам, то вона вважається такою, що придатна до застосування в лабораторії за призначенням.

Практика оцінювання придатності (валідації) методик випробувань існує в усьому світі. Саме оцінка на придатність є однією з основоположних умов ефективної діяльності акредитованих випробувальних лабораторій. Такі лабораторії у своїй діяльності повинні використовувати Керівництво по валідації та впровадженню (застосуванню) нових методів (QCC-VAL-001 «Validation and implementation of (new) methods»).

Згідно з цим Керівництвом, валідація об'єктивного методу являє собою:

- встановлення метрологічних характеристик та діапазону методу і визначення факторів, що заважають, які можуть змінити ці характеристики й до якої міри;
- перевірку придатності методу, тобто визначення, чи підходить метод для вирішення певної аналітичної задачі.

Дане керівництво визначає, що процес валідації залежить від типу методу. Розглянемо основні характеристики методів, що використовуються в практичній діяльності випробувальних лабораторій.

Під стандартними методами розуміються національні чи міжнародні методи, які вже були оцінені на придатність.

Змінений метод – це метод, котрий був оцінений на придатність, але деякі умови його виконання були змінені. Щоб переконатись, що робочі

характеристики методу залишилися незмінними, лабораторія повинна продемонструвати можливість отримання первісних характеристик методу.

Новий метод – це метод, розроблений лабораторією для власного використання, робочі характеристики якого не визначені. Для таких методів потрібне проведення процедури валідації, при цьому мають бути визначені значущі характеристики, а результати повинні задовольняти вимоги, що встановлені у лабораторії та вимогам замовника.

До рідко застосовуваних методів відносяться методи, які не застосовувалися в лабораторії протягом кількох місяців. При цьому оцінка придатності вже була проведена та робочі характеристики відомі.

Суб'єктивні (якісні) методи – методи, в яких спеціальні знання та професійний досвід експерта (дослідника) є вирішальним фактором при прийнятті рішення. Думка експерта ґрунтується на якісних даних, а професійний досвід (спеціальні знання) експерта іноді більш значущий, ніж формальна обробка аналітичних даних. Суб'єктивний (якісний) метод може бути визнаний придатним в тому випадку, коли експерт багаторазово отримує правильний результат при виконанні завідомо відомих тестів. Таким чином, документи з валідації методики повинні відображати результати повторюваних тестів.

Для експертної методики проводиться контроль якості. Наприклад, результати суб'єктивного (якісного) методу можуть бути перевірені іншим компетентним експертом. Ця перевірка повинна проводитися без інформації про результати, отримані експертом – виконавцем. Результати такої перевірки мають бути зіставлені один з одним для демонстрації достовірності методу. Необхідно звернути увагу на те, що спеціальні знання експерта можуть впливати на достовірність (надійність) методу. Ефективним інструментом визначення меж методу є міжлабораторні порівняльні випробування.

Якщо для випробувань застосовуються методи випробувань, які регламентовано національними, міжнародними, галузевими стандартами, які

атестовані, описані та опубліковані, і при цьому не змінюється їх область дії, завданням валідації є підтвердження правильності використання стандартів у лабораторії, що проводить випробування. Для цього достатньо проведення аналізу сертифікованих зразків порівняння або стандартних зразків без проведення аналізу реальних проб. Методика випробувань вважається придатною для використання, якщо похибка визначення контрольованого показника в стандартному зразку знаходиться всередині довірчих меж похибки, що вказуються в методиці. Аналогічним чином демонструється придатність рідко застосовуваних методів, якщо оцінка їх придатності була проведена раніше та робочі характеристики відомі. Така обмежена валідація, при якій всі процедури спрямовані на підтвердження опублікованих встановлених характеристик, називається верифікацією.

У разі, коли лабораторія змушена внести зміни в стандартизовану методику випробувань, що стосуються області її застосування, умов проведення вимірювання, заміни застосовуваних засобів вимірювань, матеріалів та реактивів, необхідна валідація в тій частині, в якій вона була змінена або модифікована. Під час використання змінених методик випробувань їх придатність демонструється результатами атестації змінених параметрів валідації та повторною оцінкою показників якості методики випробувань.

Якщо лабораторія використовує нову методику випробувань, розроблену для власного використання, валідація полягає в складанні специфікації вимог та визначенні характеристик, що відповідають цим вимогам.

Використовують наступні способи валідації методик випробувань:

- аналіз сертифікованих зразків порівняння або стандартних зразків;
- зіставлення результатів аналізу з результатами, отриманими іншими методами;
- міжлабораторні порівняльні випробування;
- зіставлення оцінки невизначеності результатів аналізу на основі

теоретичних уявлень та практичних даних.

У загальному випадку процес валідації складається з етапів:

- підготовчий – деталізуються вимоги до методу, визначається за якими показниками буде здійснюватись валідація
- основний – визначаються характеристик методу, оцінюється відповідність визначених характеристик методу;
- заключний – затвердження методики та її використання.

Якщо методика визнана непридатною, проводиться її дослідження з метою удосконалення. У разі неможливості удосконалення – методика визнається непридатною.

Для реальних машин, що експлуатуються, значення кута статичної стійкості може знаходитись в межах від 25° до 45° (кут статичної стійкості сільськогосподарських машин повинен бути не менше 25° для самохідних зернозбиральних машин і не менше 35° для тракторів тягового класу 0,9 і вище). А кут на який можна підняти борт машини при випробуваннях без застосування складного стендового обладнання і з забезпеченням безпечних умов випробувань складає від 5° до 15° . Із вищесказаних умов з використанням виразу (8.7), знайдемо значення множника в дужках за виконання наведених вище умов. Результати наведено в табл. 8.2.

На рис. 8.7 наведена графічна інтерпретація поля можливих значень складників рівняння (8.7) – лінія 5-5-15-15.

Для вимірювання кута поперечної стійкості достатньо окремо виміряти множники рівняння (8.7) – значення маси і приросту маси та кута α_2 . А для визначення значення кута α_{cc} застосувати заздалегідь проведені розрахунки з урахуванням умов наведених в табл. 8.2. Результати зручно представити у виді таблиці (табл. 8.3).

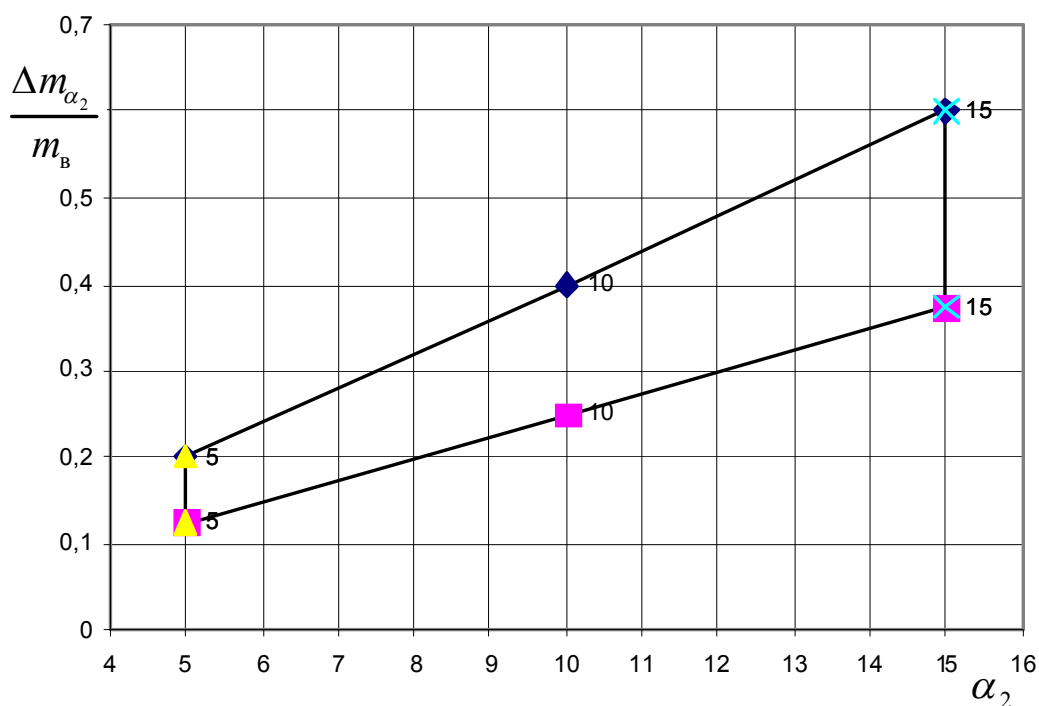


Рисунок 8.7 – Поле можливих значень складників рівняння (8.7)

Таблиця 8.2 – Зона можливих значень складових формули (8.7) для реальних машин

α_2	α_{cc}	$\frac{\Delta m_{\alpha_2}}{m_B}$	$\left(\frac{\Delta m_{\alpha_2}}{m_B}\right)^{-1}$
5	25	0,2	5
5	40	0,125	8
10	25	0,4	2,5
10	40	0,25	4
15	25	0,6	1,67
15	40	0,375	2,67

У табл. 8.3 в рядках наведено значення відношення мас, а в стовпчиках – величина кута, на який здійснюється підйом машини при випробуваннях. Прочерки в окремих чарунках таблиці свідчать про те, що за певного співвідношення множників у виразі (8.7) значення кута статичної стійкості виходять за межі реальних значень (центр тяжіння машини лежить нижче від

точки опори). Градацію вхідних даних в табл. 8.3 можна змінити і розрахунки проводити для кожного конкретного завдання.

Таблиця 8.3 – Розрахункові значення кута статичної стійкості

$\Delta m_{a2}/m_B$	α , град	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	0,15	33,3	40,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	0,2	25,0	30,0	35,0	40,0	45,0	-	-	-	-	-	-
	0,25	-	-	28,0	32,0	36,0	40,0	44,0	-	-	-	-
	0,3	-	-	-	26,7	30,0	33,3	36,7	40,0	43,3	-	-
	0,35	-	-	-	-	25,7	28,6	31,4	34,3	37,1	40,0	42,9
	0,4	-	-	-	-	-	25,0	27,5	30,0	32,5	35,0	37,5
	0,45	-	-	-	-	-	-	-	26,7	28,9	31,1	33,3
	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	26,0	28,0	30,0
	0,55	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25,5	27,3
	0,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25,0

Враховуючи вище викладене, оціночним показником кута поперечної стійкості машин буде відношення мас у виразі (8.7) з урахуванням (8.6)

$$\alpha_{cc} \rightarrow \frac{m_B - m_{B\alpha_2}}{m_B}. \quad (8.13)$$

Тому похибка вимірювання кута поперечної статичної стійкості методом послідовного зважування складається із похибки вимірювання мас бортів машини при їх підйомі на різні кути (множник у дужках в (8.7)) і непевності похибки вимірювання кута на який піднімається борт машини. Для визначення цих похибок використаємо диференціальну формулу визначення похибки

$$\varepsilon_{\alpha_{cc}} = \varepsilon_m + \varepsilon_{\alpha_2}, \quad (8.14)$$

де ε_m – абсолютна похибка вимірювання мас машини;

ε_{α_2} – абсолютна похибка вимірювання кута підйому борту машини α_2 .

Величини ε_m і ε_{α_2} є двома незалежними, некорельованими величинами.

Введемо наступне для моделювання: похибка вимірювання кута α_2 $\varepsilon_{\alpha_2} = \pm 0,1^\circ$ (кутомір-ухиломір Multi Digit Pro).

Розрахувавши за (8.7) з урахуванням похибки вимірювання можливі значення кута α_2 отримаємо значення абсолютної похибки вимірювання кута поперечної статичної стійкості від невпевненості у вимірюванні кута α_2 (табл. 8.4). Графічна інтерпретація поля можливих похибок від невпевненості у вимірюванні кута α_2 показано на рис. 8.8.

Таблиця 8.4 – Абсолютна похибка вимірювання кута поперечної статичної стійкості від невпевненості у вимірюванні кута α_2

α_2	$\varepsilon_{\alpha_2 \max}$	$\varepsilon_{\alpha_2 \min}$
5	0,7	0,5
6	0,7	0,5
7	0,5	0,4
8	0,5	0,3
9	0,5	0,3
10	0,4	0,3
11	0,4	0,3
12	0,3	0,2
13	0,3	0,2
14	0,3	0,2
15	0,3	0,2

Як видно із табл. 8.4 і рис. 8.8 найбільший вплив від похибки вимірювання кута нахилу машини буде за найменшого кута підйому машини і найменшого значення відношення мас. Слід сказати, що таке співвідношення вказаних параметрів майже не зустрічається для реальних машин. Із збільшенням кута підйому машини і із збільшенням її маси абсолютна похибка вимірювання кута поперечної стійкості буде зменшуватись. Із збільшенням кута підйому похибка зменшується за експоненціальним законом.

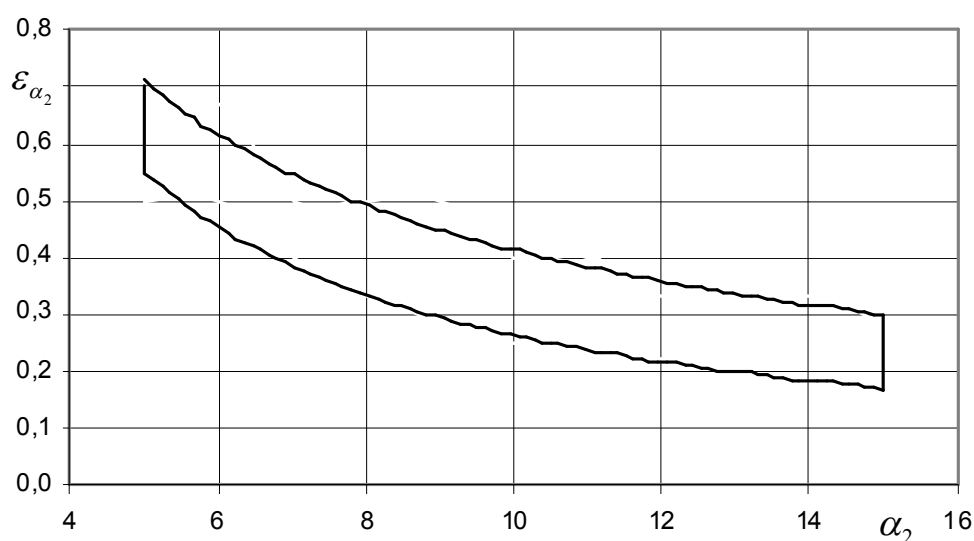


Рисунок 8.8 – Поле можливих значень похибок від невпевненості у вимірюванні кута α_2

У рівнянні (8.8) похибки вимірювання мас є незалежними і випадковими [308], [310]. Усі складові вимірюються незалежно і у 50 % випадків недооцінка похибки вимірювання однієї складової може компенсуватись переоцінкою іншої, і навпаки. Як наслідок, значення $\delta_{\frac{\Delta m_{\alpha_2}}{m_B}} \approx \delta_{\Delta m_{\alpha_2}} + \delta_{m_B}$ буде переоцінювати можливу похибку. Проте така умова буде визначати максимально-можливу похибку.

Похибка вимірювання відношення мас у (8.8)

$$\delta_{\frac{\Delta m_{\alpha_2}}{m_b}} \approx \frac{2\varepsilon_m}{\Delta m_{\alpha_2}} + \frac{\varepsilon_m}{m_b}. \quad (8.15)$$

Для моделювання приймемо можливі значення мас сільськогосподарських машин і тракторів: 2000 кг, 4000 кг, 8000 кг, 12000 кг. Абсолютна похибка вимірювання маси $\varepsilon_m = \pm 4$ кг (ваги автомобільні електронні ВАПО-15); маса борту машини $m_b = 1100$ кг; маса борту машини $m_b = 1500$ кг;

Результати моделювання наведено на рис. 8.9.

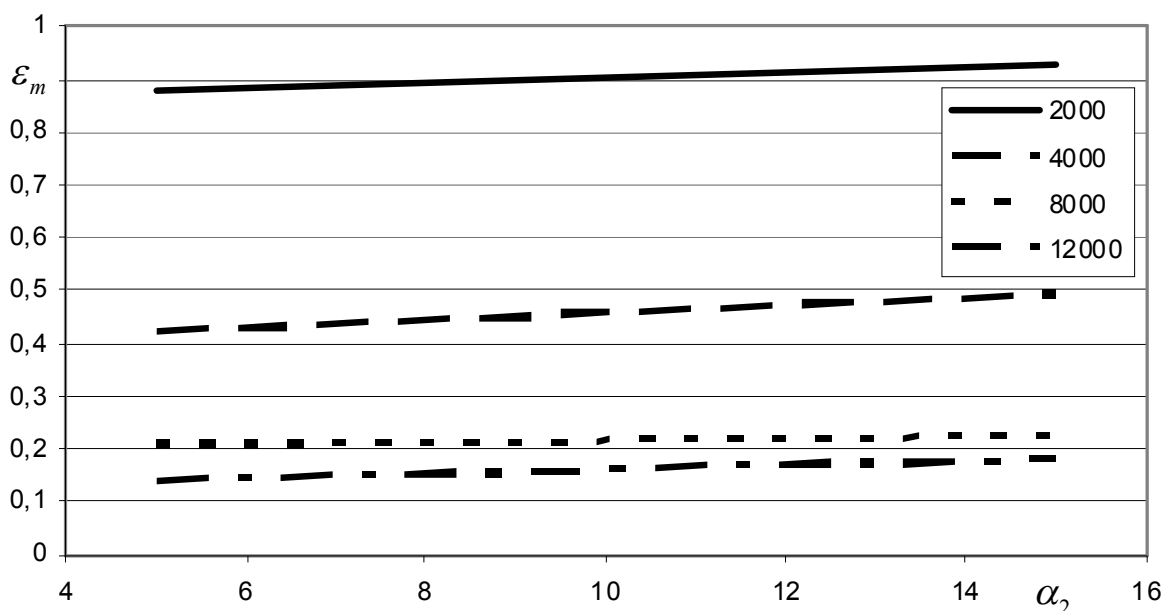


Рисунок 8.9 – Абсолютна похибка вимірювання мас машини

Сумарна похибка вимірювання кута поперечної стійкості визначається за (8.9).

В результаті моделювання, встановлено межі абсолютної похибки вимірювання кута поперечної стійкості в залежності від маси машини (табл. 8.5).

Відносна похибка вимірювання кута поперечної стійкості трактора не повинна перевищувати 1 %. Проте враховуючи той фактор, що в

запропонованому методі підйом борту трактора здійснюється не до критичного кута, а на значно менший кут, то абсолютні величини похибок є співставними.

Таблиця 8.5 – Сумарна абсолютна похибка вимірювання кута поперечної стійкості

α_2	ε_{α_2}	$\varepsilon_{\alpha_{cc}}$			
		2000	4000	8000	12000
5	0,7	1,53	1,10	0,88	0,81
6	0,7	1,53	1,10	0,81	0,81
7	0,5	1,38	0,94	0,65	0,65
8	0,5	1,38	0,94	0,65	0,65
9	0,5	1,38	0,94	0,65	0,65
10	0,4	1,30	0,85	0,55	0,55
11	0,4	1,30	0,85	0,55	0,55
12	0,3	1,25	0,79	0,49	0,49
13	0,3	1,25	0,79	0,49	0,49
14	0,3	1,27	0,80	0,49	0,49
15	0,3	1,23	0,76	0,44	0,44

8.5 Експериментальне дослідження методу вимірювання кута поперечної стійкості послідовним зважуванням

Експериментальні дослідження з вимірювання кута поперечної стійкості проводились на наступних машинах:

– трактор ХТА-220 (рис. 8.10 а) (трактори серії ХТА-220 призначені для робіт з навісними, напівнавісними і причіпними гідрофікованими машинами і знаряддями на: оранці, дискуванні, суцільній культивациі,

боронуванні, закритті вологи, передпосівному обробітку ґрунту, посіви, збиральних, землерийних, дорожньо-будівельних роботах і для виконання транспортних робіт з причепами та напівпричепами на магістральних дорогах і в умовах бездоріжжя. Трактори також використовуються в якості бази для дорожньо-будівельних машин і машин для лісової промисловості. Відмітна особливість – висока енергонасиченість і універсальність);

– причіп лісовозний з маніпулятором We-12D (рис. 8.10 б) (причіп лісовозний з маніпулятором Weimer We-12D призначений для транспортування довгомірних вантажів в сортиментах. Складається з шасі (рами) і коників закріплених безпосередньо на рамі. Рама причепа – основний несучий елемент, призначений для передачі навантажень від кузова на елементи шасі та тяговий пристрій. Рама складається з двох подовжніх балок і чотирьох поперечин для встановлення коників. До основи рами приварені кронштейни для установки гідро-обладнання і маніпулятора, кронштейни підвіски, причіпного пристрою, регулювання висоти зчіпки, кронштейни для установки освітлювальних приладів, короб для прокладки трубопроводів і кабелів);

– бункер-накопичувач перевантажувальний ПБН-30 (рис. 8.10 в) (бункер-накопичувач перевантажувальний ПБН-30 призначений для перевезення та перевантаження зерна, мінеральних добрив в сівалки та транспортні засоби, транспортування їх по шляхах загального призначення та в польових умовах).

Засоби вимірювальної техніки, що використовувались:

– мобільний реєстраційно-вимірювальний комплекс (свідоцтво про вовірку № 5515 від 21 вересня 2016 р. видане Національним науковим центром «Інститут метрології»);

– штангенциркуль ШЦ-III (сертифікат про калібрування UA 01 № 391 від 20.05.2015, виданий Національним науковим центром «Інститут метрології»);

– рулетка металева Р2 УЗК (сертифікат про калібрування UA 01 № 440

від 30.04.2014, виданий Національним науковим центром «Інститут метрології»);

– кутник металевий S-line (сертифікат про калібрування UA 01 № 393 від 30.04.2014, виданий Національним науковим центром «Інститут метрології»);

– ваги автомобільні ВАПО-15 (свідоцтво про калібрування № 04/0785 від 12.10.2014, видане ДП «Харківстандартметрологія»);



а)



б)



в) бункер-накопичувач перевантажувальний ПБН-30

Рисунок 8.10 – Машини, на яких проводились випробування з визначення кута поперечної стійкості

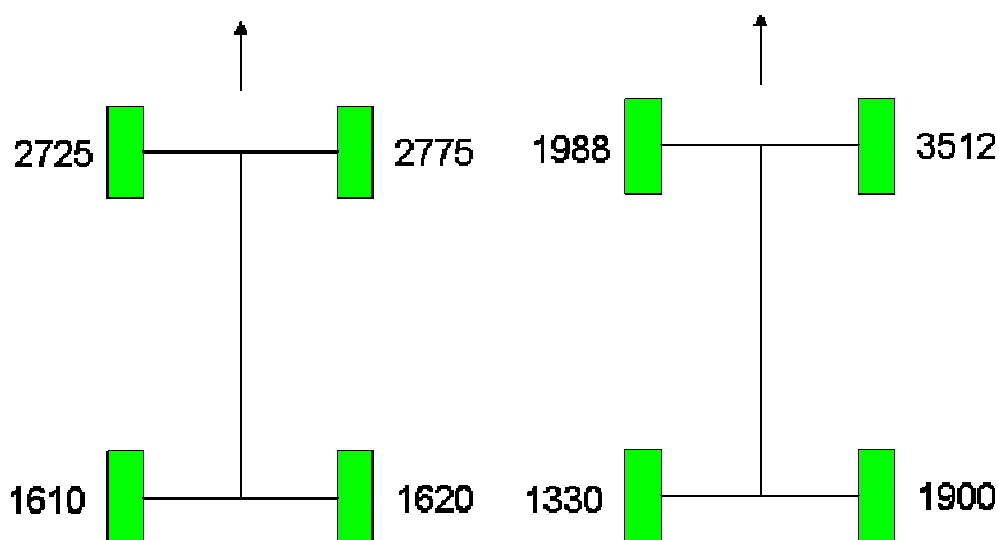
– кутомір ухиломір Multi Digit Pro(сертифікат про калібрування UA 01

№ 1555 від 10.04.2019, виданий Національним науковим центром «Інститут метрології»).

Результати випробувань трактора ХТА-220 наведено в табл. 8.7 і на рис 8.11.

Таблиця 8.7 – Результати вимірювання кута поперечної статичної стійкості трактора ХТА-220, градус $\pm$ похибка

1	При заблокованому шарнірі рами	40,0	$\pm 1,5$
2	Передньої напіврами	35	$\pm 1,5$
3	Задньої напіврами	55	$\pm 1,5$
Кут поперечної статичної стійкості		35	$\pm 1,5$



а) горизонтальне положення б) нахилене положення $\alpha=9,7^\circ$

Рисунок 8.11 –Результати послідовного зважування трактора ХТА-220

Результати випробувань причепа лісовозного з маніпулятором We-12D наведено на рис 8.12.

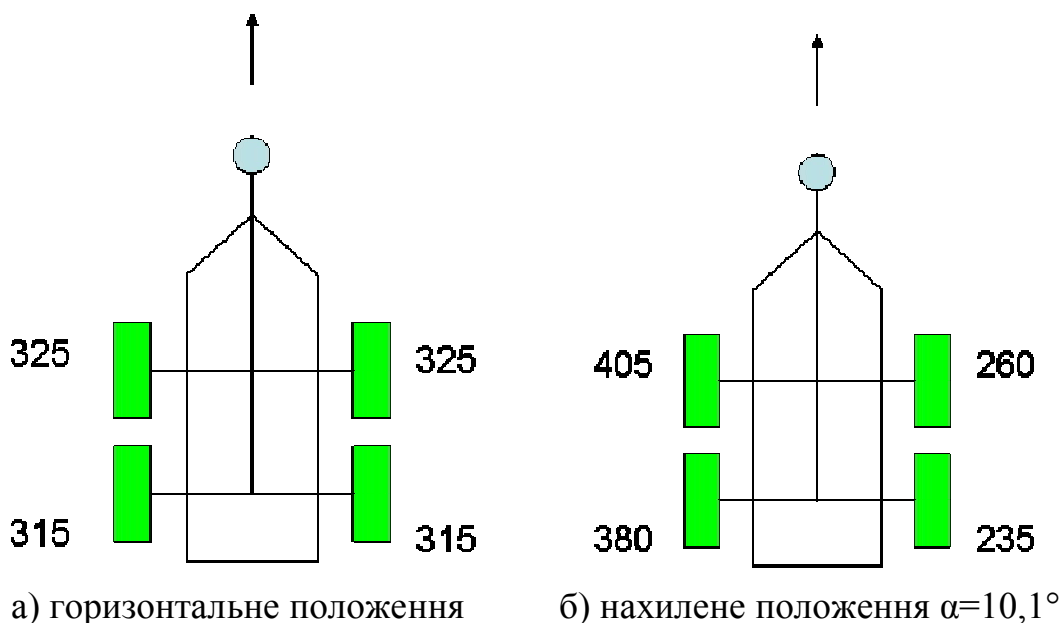


Рисунок 8.12 –Результати послідовного зважування причепа лісовозного з маніпулятором We-12D

Кут поперечної статичної стійкості за результатами випробувань склав $43,5^\circ \pm 1,5^\circ$. Також, додатково встановлено, що за поперечного ухилу причепу на кут $\alpha = 10,1^\circ$ змінюється розподіл маси між осями, а саме колесо задньої вісі, що знаходиться нижче ухилу довантажуються на 17 %, передньої – 20 %.

Результати випробувань бункера-накопичувача перевантажувального ПБН-30 наведено на рис 8.13.

Кут поперечної статичної стійкості за результатами випробувань склав $37,5^\circ \pm 1,5^\circ$.

З результатів випробувань видно, що при вимірюванні кута поперечної стійкості методом послідовного зважування отримано результати співставні з результатами, що визначені на стенді СУ-40 (дані з настанов з експлуатування). Тому можна зробити висновок про дієвість запропонованого методу.

б) нахилене положення $\alpha=8,2^\circ$

Рисунок 8.13 –Результати послідовного зважування бункера-накопичувача
перевантажувального ПБН-30

За результатами розгляду звіту про валідацію методики вимірювання кута поперечної стійкості машин Національним агентством з акредитації України було ухвалено рішення про можливість її внесення до сфери акредитації випробувальної лабораторії та видачі відповідного атестата про акредитацію на відповідність ДСТУ EN ISO/IEC 17025:2019 [134]. Фрагмент сфери акредитації показано на рис. 8.14.

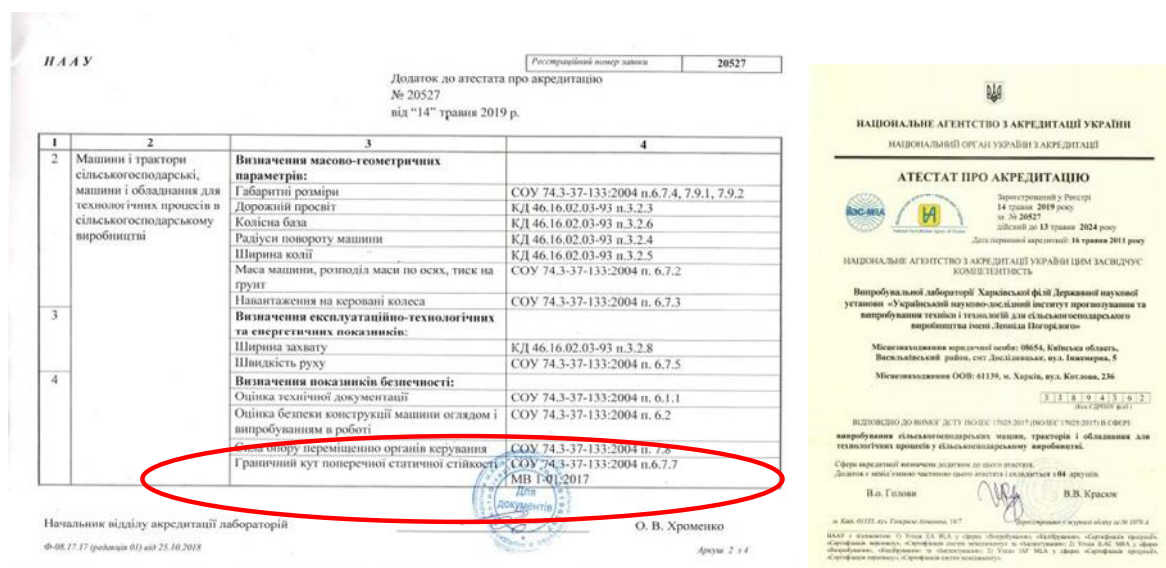


Рисунок 8.14 –Фрагмент сфери акредитації випробувальної лабораторії

8.5 Висновки за розділом 8

1. Розроблена конструкція стенду для випробовування стоянкових гальм тракторів за принципом створення еквівалентного навантаження відрізняється від існуючих тим, що навантаження, яке прикладається до трактора, створюється без використання великогабаритних конструкцій (естакад), забезпечується автоматичний розрахунок необхідного навантаження, підвищується точність його реалізації і забезпечується універсальність за рахунок можливості проводити випробування великого ряду тракторів незалежно від їх маси та габаритних розмірів.

3. Запропонована конструкція випробувального стенду і методика випробувань стоянкових гальмівних систем забезпечують підвищення безпеки проведення випробувань за рахунок відсутності необхідності в маневруванні тракторного поїзду, зниження тиску в системі приводу стенду відсутність необхідності в розагрегативанні тракторного поїзду, вимірювання нерівномірності дії гальмівних механізмів.

Розроблений експериментально-аналітичний метод вимірювання кута поперечної стійкості трактора, порівняно з існуючими має переваги. А саме, не потрібно використовувати платформенні стенди і непотрібно розраховувати координати центру мас трактора, відповідно зменшується похибка непрямих вимірювань.

Запропоновані конструкції стендів для вимірювання кута поперечної стійкості тракторів підвищують безпеку випробувань за рахунок відсутності необхідності підйому трактора на критичний кут, утримування трактора у піднятому положенні, забезпечують підвищення точності вимірювання кута поперечної стійкості трактора за рахунок відсутності необхідності розрахунку координати положення центру мас трактора.

Метод вимірювання кута поперечної стійкості машин шляхом послідовного зважування її бортів є придатним до застосування з наступними параметрами:

– вимоги до точності засобів вимірювальної техніки:

вимірювання кута нахилу машини – не більше $\pm 0,1^\circ$;

вимірювання маси машини – не більше ± 4 кг;

– сумарна абсолютна похибка методу:

маса машини, кг	похибка, не більше
2000–2300	$1,5^\circ$
2300–10000	$1,0^\circ$
10000– і більше	$0,5^\circ$

– діапазон значень кута поперечної стійкості, що вимірюються – 25° – 45° ;

– кут, на який піднімається борт машини – 5° – 15° .

– сфера застосування: трактори, причеми, машини сільськогосподарські.

Результати дослідження опубліковано в [1], [8], [14], [15], [21], [23], [40], [43], [47], [51], [52],[53].

ВИСНОВКИ

У дисертаційному дослідженні виконано теоретичне узагальнення і нове розв'язання важливої науково-прикладної проблеми оцінювання якості тракторів на етапі виробництва і експлуатації шляхом створення сучасної системи методів і організації випробувань. Результати досліджень дозволили сформулювати основні теоретичні та науково-практичні висновки:

1. Розроблено концепцію розвитку метрологічного забезпечення випробувань, що дало можливість синтезувати інформаційно-логістичну систему метрологічного забезпечення випробувань тракторів та сформувати адаптивний простір управління якістю продукції. На основі концепції розроблено методологію проектування нових методів випробувань з використанням нечітких когнітивних карт, що дозволяє описувати системи прийняття рішення в умовах ризику під час розробки нових методів випробувань та передбачає запис моделі нового методу випробувань кінечною множиною об'єктів, які є значимими для методу випробувань характеристиками, встановлення між об'єктами причинно-наслідкових зв'язків, що можуть позитивно/негативно впливати на характеристики методу, що розробляється.

2. Розроблено метод встановлення нормативних (номінальних) значень показників дає можливість експериментально-аналітичним способом встановити їхні базові, граничні і допустимі значення для кожного типу машини (трактора зокрема). При цьому, інтервал в межах якого вважається, що показник відповідає певному рівню доцільно встановити в межах подвійного значення невизначеності вимірювання отриманої в ході основної серії вимірювань ($\pm 2U_0$), але не більше ніж невизначеність попередньої серії вимірювань ($\pm U_n$). Для оцінювання впливу методичної похибки на результат випробувань в якості кількісного показника впливу запропоновано відношення різниці між теоретичними і експериментальними даними до

середньої похибки їх визначення k_m . За значень $k_m=0,68$ ймовірність співпадіння теоретичних і експериментальних результатів буде 50 %. За значень $k_m=1$ ймовірність неспівпадіння теоретичних і експериментальних результатів буде 68 %. У випадку $k_m<1,3$ (ймовірність співпадіння результатів більше 80 %) можна вважати, що методична похибка незначно впливає на результати, а самі результати є співставними. В якості кількісного показника впливу випадкової похибки запропоновано відношення невизначеності вимірювання експериментальних даних до невизначеності вимірювання теоретичних даних k_b . За значень $k_b\geq 2$ значення випадкової похибки буде перевищувати значення систематичної похибки.

3. Обґрунтовано математичну модель вимірювання кінематичних параметрів руху трактора при випробуваннях (лінійне прискорення, лінійна швидкість, кутове прискорення, кутова швидкість, миттєвий радіус повороту), використовуючи в якості вхідних даних лінійне прискорення і кутову швидкість руху об'єкту випробувань. Технічний результат зменшення похибки вимірювання досягається за рахунок спрощення модельних рівнянь вимірювання указаних параметрів шляхом зміни складу інформаційного обладнання, яке використовується при вимірюванні.

4. Розроблений експрес-метод випробувань гідрооб'ємного рульового керування тракторів із застосування методу парціальних прискорень дозволяє без наявності спеціального майданчика для ходових випробувань робити висновок про технічний стан елементів і вузлів його приводу. В якості діагностичних запропоновані показники – подовжня складова прискорення, що виникає при повороті направляючих коліс. Трудомісткість випробувань за цим методом у порівнянні з відомими знижується у 3,28 рази, також знижується витрата робочої рідини на 2,7 кг, так як усувається операція демонтажу агрегатів.

5. Удосконалено дорожній метод гальмівних випробувань робочих гальмівних систем та метод випробувань стоянкових гальмівних систем еквівалентним навантаженням. Дорожній метод випробувань робочих

гальмівних систем, за рахунок використання нового інформаційного обладнання та введення нового показника ефективності – приріст наростання сповільнення – дозволяє робити висновок за результатами випробувань про технічний стан вузлів і агрегатів приводу гальмівної системи та визначати відхилення машини у процесі гальмування. Запропонований показник рекомендується виробникам для визначення і внесення його кількісного значення в технічну характеристику машини при проведенні приймальних випробувань і встановлення його нормативного значення. Розроблені рекомендації щодо випробувального устаткування для випробувань стоянкових гальмівних систем методом еквівалентного навантаження сприяють підвищенню безпечності випробувальних стендів.

6. Розроблений експрес-метод і технологічні засоби для оцінки якості агрегатів і вузлів приводу активних робочих органів через вал відбору потужності трактора дозволяють під час випробувань і в експлуатації прискорено оцінювати їх технічний стан і розробляти рекомендації про направлення машини на поглиблену діагностику. Розроблений метод дозволяє зменшити у порівнянні з відомими технологіями трудомісткість в 2,9 рази, так як за запропонованою технологією усувається операція демонтажу агрегатів.

7. Синтезовано експериментально-аналітичний метод вимірювання кута поперечної стійкості машин, що забезпечує похибку вимірювання указанного параметру на рівні існуючого методу ($1,5^\circ$ для машин масою 2000–2300 кг, $1,0^\circ$ для машин масою 2300–10000 кг, $0,5^\circ$ для машин масою 10000 кг і більше) за одночасного підвищення безпеки проведення експериментальних досліджень та збільшення мобільності методу.

8. Результати дисертаційної роботи використовуються ТОВ «Завод Кобзаренка» при проведенні заводських випробувань продукції, що виготовляється ними; акредитованими випробувальними лабораторіями Харківської та Львівської філій Державної наукової установи «Український науково-дослідний інститут прогнозування і випробування техніки і

технологій для сільськогосподарського виробництва імені Леоніда Погорілого», Державним підприємством «Український державний центр по випробуванню та прогнозуванню техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва» при організації системи управління лабораторії та в практиці проведення випробувань.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Лебедєв А. Т., Лебедєв С. А., Коробко А. І. Кваліметрія та метрологічне забезпечення випробувань тракторів / Під. ред. А. Т. Лебедєва. Х. : Вид-во «Міськдрук», 2018. 394 с.
2. Коробко А. І. та ін. Розроблення нестандартизованих технічних засобів для випробувань сільськогосподарських машин та обладнання. *Науково-випробувальні дослідження сільськогосподарської техніки і технологій: розвиток і диверсифікація. Наукове видання. Дослідницьке* : УкрНДПІВТ ім. Леоніда Погорілого, 2018. С. 32–43.
3. Коробко А. І., Подригало М. А, Абрамов Д. В., Тарасов Ю. В., Оліярник Б. О., Власюк П. С. Спосіб вимірювання параметрів руху рухомих об'єктів : пат. на винахід 119037 Україна : МПК G01P 3/00, G01P 15/00, G01P 15/14 (3013.01), G01P 15/18 (2013.01), G01P 3/50 (2006.01). № а 2015 10855 ; заявл. 06.11.2015 ; опубл. 25.04.2019, Бюл. № 8.
4. Korobko, A., Podrigalo, M., Turenko, A., Bogomolov, V., Klets, D., Sergiyenko, O., Vakarpenko, V., Gritsuk, I., Turenko, O., Bulgakov, N., Boboshko, O. “Increase of Stability for Motor Cars in Service Braking,” *SAE Technical Paper* 2018-01-1880, 2018, doi:10.4271/2018-01-1880. (Scopus)
5. Korobko, A., Kashkanov, A., Kashkanova, A., Podrigalo, M., Klets, D., Saraiev, O., Mikhalevich, M. “Estimation Parameters of Braking of Vehicles Category M1 at Definition of Circumstances Road Accidents” *SAE Technical Paper*. 2022-01-1166, 2022, doi: 10.4271/2022-01-1166. (Scopus)
6. Korobko, A., Podrigalo, M., Bogomolov, V., Abramov, D., Tarasov, Y., Kholodov, M., Shein, V., Tkachenko, A., Efimchuk, V. “Increasing Energy Efficiency and Improving Dynamic Properties through Improved Vehicle Design Methods,” *SAE Technical Paper*. 2022-01-5076, 2022, doi: 10.4271/2022-01-5076 (Scopus)

7. Коробко А. І. Нормування показників при розробці нових методів випробувань. *Перспективні технології та прилади. Збірник наукових праць*. 2017. № 10 (1). С. 76–80.
8. Коробко А. Удосконалення методу вимірювання кута поперечної стійкості машин. *Метрологія та прилади. Науково-виробничий журнал*. 2017. № 4 (66). С. 32–35.
9. Коробко А. І. Методологія розроблення нових методів випробувань. *Журнал інженерних наук. Науковий журнал*. 2017. Том 4, Випуск 1. С. Н7–Н13.
10. Коробко А. І. Новий підхід до формування метрологічного забезпечення випробувань. *Перспективні технології та прилади. Збірник наукових праць*. 2017. № 11 (2). С. 53–57.
11. Korobko A. The system for measurement of the moving objects parameters. *Метрологія та прилади. Науково-виробничий журнал*. 2017. № 6 (68). С. 10–13.
12. Коробко А. І. Концептуальні основи метрологічного забезпечення випробувань: загальні положення. *Методи та прилади контролю якості*. 2017. № 2 (39). С. 75–82.
13. Коробко А. І. Оцінювання впливу випадкової і методичної похибок на результат вимірювання (в порядку обговорення). *Перспективні технології та прилади. Збірник наукових праць*. 2018. № 12 (червень). С. 87–92.
14. Коробко А. Вимоги до стенда для визначення кута поперечної стійкості методом послідовного зважування. *Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва України. Збірник наукових праць*. 2018. № 22 (36). С. 101–106. DOI: 10.31473/2305-5987-2018-1-22(36)-90-98.
15. Коробко А. І. Валідація методу вимірювання кута поперечної стійкості тракторів і сільськогосподарських машин. *Метрологія та прилади. Науково-виробничий журнал*. 2019. № 4 (78). С. 68–72.

- 16.Коробко А., Радченко Ю. Система управління лабораторії з випробувань дорожніх транспортних засобів. *Стандартизація, сертифікація, якість. Науково-технічний журнал*. 2014. № 2. С. 39–43.
- 17.Коробко А., Подригало М., Радченко Ю. Система метрологічного забезпечення випробувальної лабораторії. *Метрологія та прилади. Науково-виробничий журнал*. 2014. № 6 (50). С. 24–28.
- 18.Коробко А. І., Подригало М. А., Шуляк М. Л. Експрес-метод випробувань агрегатів і вузлів приводу активних робочих органів мобільної сільськогосподарської техніки. *Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті*. 2017. № 2 (9). С. 107–112.
- 19.Коробко А. І., Подригало М. А., Назарько О. О., Радченко Ю. А., Михайлова О. О. Стенд для випробувань стоянкових гальмівних систем. *Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті*. 2016. № 1 (5). С. 127–132.
- 20.Коробко А., Михайлова О., Радченко Ю. Стендові випробування стоянкових гальмівних систем сільськогосподарських тягових і причіпних машин. *Метрологія та прилади. Науково-виробничий журнал*. 2016. № 5 (61). С. 20–24.
- 21.Коробко А. І., Лебедев С. А., Подригало М. А., Шеїн В. С. Стенд для вимірювання кута поперечної стійкості машини методом послідовного зважування. *Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті*. 2018. № 2 (11). С. 84–89.
- 22.Коробко А. І., Михайлова О. О., Назарько О. О., Радченко Ю. А. Управління якістю випробувань автотракторної техніки з використанням нечіткої логіки. *Вісник Житомирського державного технологічного університету. Технічні науки*. 2016. № 2 (77). С. 109–114.
- 23.Коробко А. І., Подригало М. А., Назарько О. О., Радченко Ю. А. Експериментально-аналітичний метод вимірювання кута поперечної статичної стійкості колісних машин. *Перспективні технології та прилади. Збірник наукових праць*. 2016. № 9 (2). С. 49–52.

- 24.Коробко А., Кравчук В., Погорілий В., Подригало М., Лебедєв С., Диверсифікація метрологічного забезпечення випробувань сільськогосподарської техніки в умовах реформування технічного регулювання допуску продукції на ринок. *Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва України. Збірник наукових праць.* 2017. № 21 (35). С. 4–14.
- 25.Коробко А. І., Лебедєв С. А., Козлов Ю. Ю. Нормативне і методичне забезпечення випробувань сільськогосподарських машин. Стан і перспективи. *Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. Науковий журнал.* 2017. № 9. С. 42–49.
- 26.Коробко А. І., Шеїн В. С. Формування задач метрологічного забезпечення випробувань мобільних машин. *Modern methods, innovations, and experience of practical application in the field of technical sciences : materials International research and practice conference, December 27–28 2017. Radom, Republic of Poland : Radom Academy of Economics, 2017. С. 148–151.* (дистанційна участь)
- 27.Korobko A. I., Shein V. S. Measuring the movement of moving objects. *The development of technical sciences: problems and solution : the international research and practical conference, April 27-28 2018 : Proceedings of the Conference. Brno : European Network for Academic Integrity, 2018. P. 109–110.* (дистанційна участь)
- 28.Korobko A. Measurement Uncertainty as a Test Model Assessment Tool. *Advanced Optoelectronics and Lasers CAOL*2019: 2019 IEEE 8th International Conference with XVI Scientific Workshop “Measurement Uncertainty: Scientific, Normative, Applied and Methodical Aspects” UM*2019 : Conference Proceedings. Sozopol, Bulgaria 06-08 September 2019. P. 707–710. DOI: 978-1-7281-1814-7/19/31:00. (Scopus), (очна участь)*
- 29.Коробко А. І., Радченко Ю. А. Точність і простежуваність вимірювання при випробуваннях стоянкових гальм мобільних машин.

- Приладобудування та метрологія: сучасні проблеми, тенденції розвитку* : матеріали II-ї Всеукраїнської науково-практичної конференції Луцького національного технічного університету, 6–7 жовтня 2016 р. Луцьк : ЛНТУ, 2016. С. 45–46. (очна участь)
30. Коробко А. І., Шатіхіна В. Є. Віртуальний тренажер метрологічного забезпечення випробувальної лабораторії. *Приладобудування та метрологія: сучасні проблеми, тенденції розвитку* : IV Всеукраїнська науково-практична конференція : матеріали, 29-30 жовтня 2020 р.; Луцьк : ЛНТУ. С. 36–38. (дистанційна участь)
31. Коробко А. І. Диверсифікація випробувань сільськогосподарської техніки в умовах технічного регулювання. *Технічне регулювання, метрологія та інформаційні технології* : матеріали Сьомої Міжнародної науково-практичної конференції, 10–11 жовтня 2017 р. Одеса : ОДАТРЯ, 2017. С. 202–203. (очна участь)
32. Коробко А. І. Диверсифікація метрологічного забезпечення випробувань. *Metrology, information measuring technologies and systems MIMTS-2017* : тези доповідей VI-ї Міжнародної науково-практичної конференції, 24–25 жовтня 2017. Харків : ХНУРЕ, ННЦ «Інститут метрології», 2017. С. 76. (очна участь)
33. Коробко А. І. Шляхи розвитку системи технічного регулювання в галузі з випробувань сільськогосподарських машин. *Якість та безпечність товарів* : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених та студентів Луцького національного технічного університету, 23 березня 2018 р. Луцьк : ЛНТУ, 2018. С. 84–86. (очна участь)
34. Коробко А. І. До питання оцінювання співпадіння теоретичних і експериментальних досліджень. *Технічне регулювання, метрологія та якість: виклики сучасності* : матеріали Дев'ятої Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених і студентів, 17–18 травня 2018 р. Одеса: ОДАТРЯ, 2018. С. 41–42. (очна участь)

- 35.Коробко А., Назарько О., Радченко Ю. Удосконалення методів діагностування рульового керування шарнірно-зчленованих машин. *Науково-технічні засади розробки, випробування та прогнозування сільськогосподарської техніки і технологій* : XVI Міжнародна наукова конференція присвячена пам'яті академіка Л. В.Погорілого, 16–17 вересня 2015 р. : Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва України. Збірник наукових праць. Дослідницьке : УкрНДІПВТ ім. Леоніда Погорілого. 2015. № 19 (33). С. 136–141. (очна участь)
- 36.Коробко А., Лебедєв С., Михайлова О., Радченко Ю. Визначення основних параметрів стенду для випробувань стоянкових гальмівних систем. *Науково-технічні засади розробки, випробування та прогнозування сільськогосподарської техніки і технологій* : XVII Міжнародна наукова конференція присвячена пам'яті академіка Л. В.Погорілого, 13–14 вересня 2016 р. : Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва України. Збірник наукових праць. Дослідницьке : УкрНДІПВТ ім. Леоніда Погорілого. 2016. № 20 (34). С. 23–29. (очна участь)
- 37.Коробко А. І. Оцінювання відповідності математичних і експериментальних моделей вимірювань при наукових дослідженнях. *Технічне регулювання, метрологія, якість та транспортні технології* : матеріали Десятої Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених і студентів, 16–17 травня 2019 р. Одеса : ОДАТРА, 2019. С. 30–31. (очна участь)
- 38.Коробко А. І. Система управління випробувальної лабораторії. *Технічне регулювання, метрологія, якість, інформаційні та транспортні технології* : матеріали Одинадцятої Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених і студентів, 04-05 червня 2020 р., Одеса : ОДАТРА, 2020. С. 8–9. (дистанційна участь).

- 39.Коробко А. І., Подригало М. А., Назарько О. О., Радченко Ю. А. Конструкція стенду для випробувань стоянкових гальмівних систем. *Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту* : матеріали IV-ї Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, 14–15 квітня 2016 р. Вінниця : ВНТУ, 2016. С. 13–14. (дистанційна участь)
- 40.Коробко А. І., Подригало М. А., Назарько О. О., Радченко Ю. А. Спосіб вимірювання кута поперечної стійкості машини. *Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту* : матеріали V-ї Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, 13–14 квітня 2017 р. Вінниця : ВНТУ, 2017. С. 103–104. (дистанційна участь)
- 41.Korobko A. To the question of measuring the parameters of motion. *Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту* : матеріали VI-ї Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, 12-13 квітня 2018 р. Вінниця : ВНТУ, 2018. С. 224–225. (дистанційна участь)
- 42.Коробко А. І., Подригало М. А. Управління процесом випробувань військової та спеціальної техніки. *Актуальні питання матеріального забезпечення військових формувань та правоохоронних органів* : збірник тез доповідей Науково-практичної конференції Національної академії Національної гвардії України, 26 жовтня 2017 р. Харків : НАНГУ, 2017. С. 77–79. (очна участь)
- 43.Коробко А. І., Козлов Ю. Ю. Удосконалення методу вимірювання кута поперечної стійкості автомобіля. *Автомобільний транспорт в аграрному секторі: проектування, дизайн та технологічна експлуатація* : матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції ХНТУСГ ім. П. Василенка, 24-25 травня 2018 р. Харків : ХНТУСГ ім. П. Василенка, 2018. С. 9. (очна участь).
- 44.СОУ-П УкрНДІПВТ ім. Леоніда Погорілого 71.2-37-046043090-017:2015. Сільськогосподарська техніка. Визначення тягових показників тракторів. Метод парціальних прискорень. Дослідницьке : УкрНДІПВТ ім. Леоніда Погорілого, 2015. III, 9 с. (Стандарт організації України).

45. А. с. 62326. Твір науково-практичного характеру «Інформаційно-логістична система метрологічного забезпечення випробувальної лабораторії» / Подригало М. А., Коробко А. І., Назарько О. О., Радченко Ю. А. ; дата реєстрації 30.10.2015.
46. Коробко А. І., Подригало М. А., Лебедев А. Т., Лебедев С. А., Шеїн В. С., Радченко Ю. А., Мазін О. С. Спосіб діагностування агрегатів і вузлів рульового керування шарнірно зчленованих машин : пат. 105176 UA : МПК G01M 17/007 (2006.01), G01M 17/06 (2006.01), G01P 15/00. № у 2015 07889 ; заявл. 07.08.2015 ; опубл. 10.03.2016, Бюл. № 5.
47. МВ 1-01:2017 Методика випробувань. Вимірювання кута поперечної стійкості машин. [Чинна з 2018-01-01]. // Коробко А. І. Харків : ХФ УкрНДПВТ ім. Леоніда Погорілого. 6 с.
48. Коробко А. І., Лебедев С. А., Подригало М. А., Радченко Ю. А., Тарасов Ю. В., Шеїн В. С. Стенд для випробування стоянкових гальм транспортних засобів : пат. 109002 UA : МПК B60T 17/22 (2016.01). № у 2016 00862 ; заявл. 03.02.2016 ; опубл. 10.08.2016, Бюл. № 15.
49. Коробко А. І., Лебедев А. Т., Лебедев С. А., Назарько О. О., Подригало М. А., Радченко Ю. А. Спосіб діагностування агрегатів і вузлів гальмівних систем транспортних засобів : пат. 110316 UA : МПК G01M 17/00 (2016.01). № у 2016 01837 ; заявл. 26.02.2016 ; опубл. 10.10.2016, Бюл. № 19.
50. Коробко А. І., Лебедев А. Т., Лебедев С. А., Михайлова О. О., Радченко Ю. А. Стенд для випробування стоянкових гальм мобільних (тягових) і причіпних сільськогосподарських машин : пат. 114957 UA : МПК B60T 17/22 (2006.01). № у 2016 10524 ; заявл. 17.10.2016 ; опубл. 27.03.2017, Бюл. № 6.
51. Коробко А. І., Лебедев А. Т., Лебедев С. А., Назарько О. О., Подригало М. А., Радченко Ю. А. Спосіб вимірювання кута поперечної стійкості тягово-транспортних і причіпних машин : пат. 119256 UA : МПК G01M 17/007,

- G01M 17/06 (2006.01). № у 2016 12010 ; заявл. 28.11.2016 ; опубл. 25.09.2017, Бюл. № 18.
- 52.Коробко А. І., Лебедєв А. Т., Лебедєв С. А., Подригало М. А., Стенд для вимірювання кута поперечної стійкості машин методом послідовного зважування : пат. 122871 UA : МПК G01M 1/00, G01M 17/00 (2017.01), G01B 5/24 (2006.01). № у 2017 08976 ; заявл. 08.09.2017 ; опубл. 25.01.2018, Бюл. № 2.
- 53.Коробко А. І., Лебедєв А. Т., Лебедєв С. А., Подригало М. А. Стенд для вимірювання кута поперечної стійкості машин, що рухаються, методом послідовного зважування : пат. UA 122872 : МПК G01M 1/00, G01M 17/00 (2017.01), G01B 5/24 (2006.01). № у 2017 08979 ; заявл. 08.09.2017 ; опубл. 25.01.2018, Бюл. № 2.
- 54.Коробко А. І., Козлов Ю. Ю. Лебедєв А. Т., Лебедєв С. А., Спосіб вимірювання тягового зусилля трактора в складі комбінованого агрегату з активними робочими органами : пат. UA 144883 : МПК G01M 17/00 (2020.01). № у 2020 03822 ; заявл. 25.06.2020; опубл. 26.10.2020, Бюл. № 20.
- 55.Угода про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони. Ратифікована Законом України «Про ратифікацію Угоди про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони». *Відомості Верховної Ради*, 2014, № 40, ст.2021.
- 56.Закон України «Про стандартизацію». *Відомості Верховної Ради*. 2014. № 31. ст.1058.
57. Закон України «Про метрологію та метрологічну діяльність». *Відомості Верховної Ради*. 2014. № 30. ст.1008.
- 58.Закон України «Про технічні регламенти та оцінку відповідності». *Відомості Верховної Ради*. 2015. № 14. ст.96.

59. Закон України «Про державний ринковий нагляд і контроль нехарчової продукції». *Відомості Верховної Ради України*. 2011, № 21, ст.144.
60. Малецька О. Є., Москаленко М. В. Сучасні вимоги стандартизації. Нормативні документи з метрології. *Стандартизація, сертифікація, якість. Науково-технічний журнал*. 2016. №2 (99). С. 63–66.
61. Реалізація вимог щодо технічного регулювання в Україні (аграрний сектор, харчова промисловість, туризм) / Т. Васильківська та ін. Чернігів : Сіверський центр післядипломної освіти, 2017. 138 с.
62. Розпорядження КМУ № 892-р від 23.07.2009 р. Про реорганізацію Українського науково-дослідного інституту прогнозування та випробування техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва імені Леоніда Погорілого. Електронний ресурс : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/892-2009-p>.
63. Розвиток системи випробувань сільськогосподарської техніки в Україні: історія започаткування, становлення та розвитку машиновипробувань в Україні, основні результати на напрямі діяльності УкрНДІПВТ ім. Леоніда Погорілого / за ред. В. Кравчука. К. : Фенікс, 2008. 131 с.
64. Погорілий Л., Анілович В. Випробування сільськогосподарської техніки: науково-методичні основи оцінки та прогнозування надійності сільськогосподарських машин. Серія «Сільськогосподарська техніка ХХ століття». Київ : Фенікс, 2004. 208 с.
65. Машиновипробування – невід'ємна складова технічної модернізації АПК / М. В. Присяжнюк, В. Ф. Петриченко, В. І. Кравчук ; рец.: Д. Г. Войтюк, О. В. Сидорчук. Київ : Аграр. наука, 2013. – 106 с.
66. Погорілий Л. В., Євтенко В. Г. Мобільна сільськогосподарська енергетика: історія, тенденції розвитку, прогноз. Київ : Фенікс. 2005. 184 с.
67. Ясенецький В., Чорношкур В. Стан та перспективи системи інженерно-технічного забезпечення агропромислового комплексу України. *Техніка і технології АПК*. 2013. № 11(50). С. 41–42.

- 68.Кравчук В., Хайліс Г., Кушнар'ов А. Дослідження сільськогосподарської техніки: практикум науковцю. Дослідницьке : УкрНДПВТ ім. Леоніда Погорілого, 2016. 328 с.
- 69.Трактори, мобільні навантажувальні машини та причеи: посібник / за ред. Кравчука В., Демидова О. Дослідницьке : УкрНДПВТ ім. Леоніда Погорілого, 2010. 176 с.
- 70.Машини для овочівництва, садівництва та виноградарства: посібник / за ред. Кравчука В. Дослідницьке : УкрНДПВТ ім. Леоніда Погорілого, 2011. 152 с.
- 71.Машини і обладнання для лісового господарства / за ред. Кравчука В. Дослідницьке : УкрНДПВТ ім. Леоніда Погорілого, 2011. 19 с.
- 72.Машини, агрегати та комплекси для післязбиральної обробки і зберігання зернових культур: посібник / за ред. Кравчука В. Дослідницьке : УкрНДПВТ ім. Леоніда Погорілого, 2011. 224 с.
- 73.Засоби малої механізації в рослинництві: посібник / за ред. Кравчука В. Дослідницьке : УкрНДПВТ ім. Леоніда Погорілого, 2012. 88 с.
- 74.Засоби малої механізації в тваринництві: посібник / за ред. Кравчука В., Присяжнюка М. Дослідницьке : УкрНДПВТ ім. Леоніда Погорілого, 2012. 168 с.
75. Думич В., Сало Я. Дослідження ефективності роботи тракторів в агрегаті з сільськогосподарськими машинами. *Науково-технічні засади розробки, випробування та прогнозування сільськогосподарської техніки і технологій* : Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва України. Збірник наукових праць. Дослідницьке : УкрНДПВТ ім. Леоніда Погорілого. 2018. № 23 (37). С. 83–88.
- 76.Технічний регламент затвердження типу сільськогосподарських та лісгосподарських тракторів, їх причепів і змінних причіпних машин, систем, складових частин та окремих технічних вузлів. Затверджений

- Постановою Кабінету Міністрів України від 28 грудня 2011 р. № 1367.
Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1367-2011-%D0%BF>
77. Технічний регламент щодо складових частин і характеристик колісних сільськогосподарських та лісгосподарських тракторів. Затверджений Постановою Кабінету Міністрів України від 28 грудня 2011 р. № 1368.
Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1368-2011-%D0%BF>
78. Про підтвердження відповідності та введення в обіг тракторів і сільськогосподарських машин в Україні та Європейському Союзі / В. Кравчук, В. Погорілий, Т. Цема, С. Афанасьєва. *Техніка і технології АПК*. 2013. № 6. С. 8–12.
79. Наказ Міністерства Економічного розвитку і торгівлі України від 05.02.2016 № 188 «Про затвердження Переліку національних стандартів, які в разі їх застосування є доказом відповідності сільськогосподарських та лісгосподарських тракторів, їх причепів і змінних причіпних машин, систем, складових частин та окремих технічних вузлів вимогам Технічного регламенту затвердження типу сільськогосподарських та лісгосподарських тракторів, їх причепів і змінних причіпних машин, систем, складових частин та окремих технічних вузлів». Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0188731-16?lang=ru>
80. До питання затвердження типу сільськогосподарських та лісгосподарських тракторів, причепів, причіпних машин вимогам / Кравчук В. та ін. *Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. Збірник наукових праць УкрНДІПВТ ім. Леоніда Погорілого*. 2015. Випуск 21 (35). С. 175–189.
81. Цема Т., Афанасьєва С., Лисак Л. Нормативно-методичне забезпечення застосування технічних регламентів щодо тракторів, причепів, причіпних машин на основі європейських вимог. *Техніка і технології АПК*. 2015. № 1 (88). С. 13–17.

82. Закон України «Про приєднання України до Угоди про прийняття єдиних технічних приписів для колісних транспортних засобів, предметів обладнання та частин, які можуть бути встановлені та/або використані на колісних транспортних засобах, і про умови взаємного визнання офіційних затверджень, виданих на основі цих приписів, 1958 року з поправками 1995 року. *Відомості Верховної Ради України*. 2000. № 10. ст. 80.
83. Regulation (EU) № 167/2013 of the European Parliament and of the Council of 5 February 2013 on the approval and market surveillance of agricultural and forestry vehicles.
84. Directive 2006/42/EC of the European Parliament and of the Council of 17 May 2006 on machinery.
85. Commission Delegated Regulation (EU) № 1322/2014 of 19 September 2014 supplementing and amending Regulation (EU) № 167/2013 of the European Parliament and of the Council with regard to vehicle construction and general requirements for the approval of agricultural and forestry vehicles.
86. Commission Delegated Regulation (EU) № 2015/208 of 8 December 2014 supplementing Regulation (EU) № 167/2013 of the European Parliament and of the Council with regard to vehicle construction and general requirements for the approval of agricultural and forestry vehicles.
87. Commission Delegated Regulation (EU) № 2015/96 of 1 October 2014 supplementing Regulation (EU) № 167/2013 of the European Parliament and of the Council as regard environmental and propulsion unit performance requirements of agricultural and forestry vehicles.
88. Commission Delegated Regulation (EU) № 2015/68 of 15 October 2014 supplementing Regulation (EU) № 167/2013 of the European Parliament and of the Council with regard to vehicle braking requirements for the approval of agricultural and forestry vehicles.
89. Commission Delegated Regulation (EU) № 2015/504 of 11 March 2015 implementing Regulation (EU) № 167/2013 of the European Parliament and of

the Council with regard to the administrative requirements for the approval and market surveillance of agricultural and forestry vehicles.

90. ДСТУ 3021-95 Випробування і контроль якості продукції. Терміни та визначення. [Чинний від 1996-01-01]. Київ, 1995. 71 с.
91. Погорелый Л. В. Инженерные методы испытаний сельскохозяйственных машин. Київ : Техніка, 1981. 176 с.
92. Надикто В. Визначення максимального буксування колісних рушіїв з урахуванням обмеження їх тиску на ґрунт. *Техніка і технології АПК*. 2014. № 7 (58). С. 34–38.
93. Салухіна Н. Г., Язвінська О. М. Стандартизація та сертифікація товарів і послуг. Вид. 2-ге, перероб. та доп. К. : Центр учбової літератури, 2013. 426 с.
94. Кравчук В. Науково-випробувальні дослідження – база техніко-технологічних інновацій. *Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. Збірник наукових праць УкрНДІПВТ ім. Леоніда Погорілого*. 2018. Вип. 22. С. 14–20.
95. Формування та ефективний розвиток машинно-технологічних станцій у сільському господарстві: монографія / І. Д. Бурковський та ін. Миколаїв : МДАУ, 2009. – 244 с.
96. Погорілий Л. Становлення і розвиток машиновипробувань в Україні. *Техніка АПК*. 1999. № 3. С. 4-6.
97. Погорілий Л., Мудрук О., Шквира З. Історія зародження системи випробування сільськогосподарської техніки в Україні. *Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: Збірник наукових праць УкрНДІПВТ*. 2003. Вип. 6 (20). Кн. 1. С. 43–51.
98. Кравчук В., Коваль С., Таргоня Н., Гусар В. та ін. Розвиток системи випробувань сільськогосподарської техніки в Україні: історія започаткування, становлення та розвитку машиновипробувань в Україні,

- основні результати та напрями діяльності УкрНДІПВТ ім. Леоніда Погорілого / за ред. В. Кравчука. К. : Фенікс. 2008. 131 с.
99. Кравчук В., Кушнар'єв А., Таргоня В., Павлишин М., Гусар В. Біосфера та агротехнології: інженерні рішення: навчальний посібник / За ред. В. Кравчука. Дослідницьке : УкрНДІПВТ ім. Леоніда Погорілого. 2015. 239 с.
 100. Кравчук В., Хайліс Г., Кушнар'єв А., Сербій Є., Налобіна А., Гусар В. Дослідження сільськогосподарської техніки: практикум науковцю. Дослідницьке : УкрНДІПВТ ім. Леоніда Погорілого. 2016. 328 с.
 101. Кравчук В. І. Клуб Болоньї: «Механізація агровиробництва нагодує світ». *Техніка і технології АПК*. 2015. № 11 (74). С. 6–8.
 102. Кравчук В., Гусар В., Павлишин М. Агроїженерія: науково-випробувальні дослідження на сучасному етапі. *Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства*. 2018. Випуск 22 (36) С. 21–26.
 103. Болтянський О. В., Болтянська Н. І. Аналіз основних тенденцій розвитку світової та вітчизняної сільськогосподарської техніки для рослинництва // http://archive.nbuv.gov.ua/portal/natural/nvnau_apk/2011_166_1/11bov.pdf
 104. Сисолін П. В., Сало В. М., Кропивний В. М. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструювання, проектування. Книга 1. Машини для рільництва. Київ : Урожай, 2001. 282 с.
 105. Безуглий М. Д., Присяжнюк М. В. Сучасний стан реформування аграрно-промислового комплексу України. Київ : Аграрна наука, 2012. 47 с.
 106. Адамчук В. В., Грицишина М. І. Система техніко-технологічного забезпечення виробництва продукції рослинництва. Київ : Аграрна наука, 2012. 416 с.
 107. Адамчук В. В., Булгаков В. М., Гринник І. В. Перспективи розвитку і застосування у сільському господарстві сучасних високотехнологічних

- засобів. *Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: Збірник наукових праць УкрНДІПВТ ім. Леоніда Погорілого*. 2013. Вип. 17 (31). С. 22–33.
108. Погорілий Л. В. Випробування – передовий край створення і впровадження нової сільськогосподарської техніки. *Техніка АПК*. 1998. Спецвипуск. С. 8–9.
109. Кравчук В. І., Гусар В. Г. Прогнозування основних тенденцій розвитку сільськогосподарських машин та обладнання. *Техніка і технології АПК*. 2014. № 6 (57). С. 17–22.
110. Калетнік Г. М., Булгаков В. М. Сучасний стан та перспективи кадрового і наукового забезпечення галузі механізації сільського господарства. *Механізація та електрифікація сільського господарства: Міжвідомчий тематичний науковий збірник / Національний науковий центр – ІМЕСГІ НААН*. 2013. Вип. 97. Т.1. С. 24–36.
111. Сівак І. Інженерний менеджмент стану незалежних елементів системотехніки рослинництва. *Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. Збірник наукових праць УкрНДІПВТ ім. Леоніда Погорілого*. 2022. Випуск 30 (44). С. 63–70.
112. Carmona I. G., Colado J. Control of a two wired hammerhead tower crane. *Nonlinear Dynamics*. 2016. 84(4). pp. 2137-2148. <http://dx.doi.org/10.1007/s11071-016-2634-3>.
113. Fonteijn H., Afonso M., Lensink D., Mooij M., Faber N., Vroegop A., Polder G., Wehrens R. Automatic phenotyping of tomatoes in production greenhouses using robotics and computer vision: From theory to practice. *Agronomy*. 2021. 11 (8). pp. 1599. <http://dx.doi.org/10.3390/agronomy11081599>.
114. Hrynkiv A., Rogovskii I., Aulin V., Lysenko S., Titova L., Zagurskyy O., Kolosok I. Development of a system for determining the informativeness of the

- diagnosing parameters of the cylinder-piston group of the diesel engines in operation. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020. 3 (105). pp. 19-29. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.206073>.
115. Kostikov A. A., Perig A. V., Larichkin O. V., Stadnik A. N., Gribkov E. P. Research into payload swaying reduction through cable length manipulation during boom crane motion. *FME Transactions*. 2019. 47 (3). pp. 464-476. <http://dx.doi.org/10.5937/fmet1903464K>.
 116. Kuzmich I. M., Rogovskii I. L., Titova L. L., Nadtochiy O. V. Research of passage capacity of combine harvesters depending on agrobiological state of bread mass. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021. 677. pp. 052002. <http://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/677/5/052002>.
 117. Lysenko V., Bolbot I., Lendiel T., Nurseitova K., Amirgaliyev Y. Mobile robot with optical sensors for remote assessment of plant conditions and atmospheric parameters in an industrial greenhouse. *Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High Energy Physics Experiments*. 2021. 12040. pp. 80-89. <https://doi.org/10.1117/12.2613975>.
 118. Випробування та сертифікація сільськогосподарської техніки: Навчальний посібник. – Луцьк : Ред.-відділ Луцького НТУ, 2017. 136 с.
 119. Коробко А. І., Радченко Ю. А. Досвід з розробки і впровадження системи управління лабораторії з випробувань дорожніх транспортних засобів. *Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту* : І Міжнародна науково-практична інтернет-конференція, 12-14 листопада 2013 р. : матеріали. ВНТУ, Вінниця, 2013. С. 8–9.
 120. Біосфера та агротехнології: інженерні рішення: навчальний посібник / В. Кравчук, А. Кушнар'єв, В. Таргоня та ін. За ред. В. Кравчука. Дослідницьке : УкрНДІПВТ ім. Леоніда Погорілого, 2015. 239 с.
 121. Шуляк М. Л. Формування функціональної стабільності тракторів на транспортних роботах : автореф. дис. ... доктора техн. наук : 05.22.02 – автомобілі та трактори. Харків, 2017. 40 с.

122. Лудченко О. А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів. Організація і управління : підручник. Київ : Знання-Прес, 2004. 478 с.
123. Кравчук В., Погорілий В., Лисак Л., Козярук Л. Зміна структури випробувань сільськогосподарських машин і оцінювання їхньої безпечності та ергономічності відповідно до Технічного регламенту безпеки машин. *Техніка і технології АПК*. 2017. № 10 (97). С. 7–8.
124. Сучасні тенденції розвитку конструкцій сільськогосподарської техніки / за ред. В. Кравчука. Київ : Аграрна наука, 2004. 396 с.
125. Інженерна землеробська наука і сучасні науково-технічні проблеми / П. Заїка, Д. Войтюк, Я. Гуков, Д. Мазоренко. *Техніка АПК*. 2003. № 9–10. С. 8–9.
126. Науково-випробувальні дослідження – на службу аграріям / В. Кравчук, Т. Бабинець, В. Гусар та інші. *Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. Збірник наукових праць УкрНДІПВТ ім. Леоніда Погорілого*. 2015. Вип. 19 (33). С. 5–23.
127. Науково-випробувальні дослідження сільськогосподарської техніки і технологій: розвиток і диверсифікація. Наукове видання / за ред. В. Кравчука. Дослідницьке : УкрНДІПВТ ім. Леоніда Погорілого, 2018. 240 с.
128. Кравчук В., Григорович О., Гусар В. Науково-організаційні аспекти технічного переоснащення АПК та розвитку сільськогосподарського машинобудування. *Техніка і технології АПК*. 2012. № 09 (38). С. 7-12.
129. Павлишин М., Гусар В. Застосування теорії Марковських процесів для прогнозування динаміки змін в агропромисловому комплексі в умовах сталого розвитку. *Техніка і технології АПК*. 2014. № 7. С. 6-11.
130. Основи теорії систем і управління : навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2021. 272 с.
131. Сорока К. О. Основи теорії систем і системного аналізу : навч. посіб. Харків : ХНАМГ, 2004. 291 с.

132. Ross T.J. Fuzzy Logic with Engineering Applications / T.J. Ross. – McGraw-Hill Inc.(USA), 1995. 600 p.
133. K. J. Astrom and B. Wittenmark, Adaptive Control, Addison-Wesley, 1989, 2d ed. 1994.
134. ДСТУ EN ISO/IEC 17025:2019. Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій (EN ISO/IEC 17025:2017 IDT, ISO/IEC 17025:2017, IDT). [Чинний від 2021-01-01]. Київ, 2020. 24 с. (Національний стандарт України).
135. Кошева Л. О. Забезпечення єдності випробувань. Концептуальні основи. Монографія. Київ : Вид-во Нац. авіац. ун-ту «НАУ-друк», 2009. 176 с.
136. Салухіна Н. Г., Язвінська О .М. Стандартизація та сертифікація товарів і послуг : підручник. Київ : Центр учбової літератури, 2010. 336 с.
137. ЗД-08.01.21. Система управління. Концепція оцінювання компетентності випробувальних лабораторій на основі результатів участі в міжлабораторних порівняльних випробуваннях». [Редакція 01 від 17.10.2011]. К. : Національне агентство з акредитації України, 2011. 6 с. (Загальний документ).
138. Кошева Л. О. Відтворюваність – основна характеристика точності результатів випробувань. *Електроніка та системи управління*. 2011. № 2 (28). С. 89–94.
139. Основи діагностики автомобіля: Навчально-методичний посібник до практичних та самостійних робіт студентів вищих навчальних закладів України / Люлька В.С., Коньок М.М., Перинський Ю.Є., Клімов О.М. Чернігів : ЧНПУ імені Т.Г. Шевченка, 2013. 188 с.
140. Туренко А. М., Мигаль В. Д., Рижих Л. О. Проектування діагностичного обладнання транспортних машин : навч. посібник. Харків : Майдан, 2016. 392 с.

141. Технологічні вимоги до засобів перевірки технічного стану, обслуговування і ремонту колісного транспортного засобу : затверджені Наказом Міністерства інфраструктури України 15.02.2012 р. № 106.
142. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів. У 3-х кн. / Канарчук В. Є., Лудченко О. А., Чигринець А. Д. та ін. Київ : Вища школа, 1994.
143. Технічна експлуатація та надійність автомобілів: Навчальний посібник / Форнальчик Є. Ю., Оліскевич М. С., Мاستикаш О. Л., Пельо Р. А. За загальною ред. Є. Ю. Форнальчика. Львів : Афіша, 2004. 492 с.
144. ДСТУ ГОСТ ISO 5725-1:2005 (ГОСТ ISO 5725-1:2003, IDT). Точність (правильність і прецизійність) методів та результатів вимірювання. Частина 1. Основні положення та визначення. [Чинний від 2006-07-01]. Київ, 2005. VIII, 29 с. (Національний стандарт України).
145. Коробко А. І., Рибалко І. В., Назарько О. О., Бондар О. С. Застосування статистичних методів при оцінці якості випробувань. *Актуальні задачі сучасних технологій* : збірник тез доповідей Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів, 11-12 грудня 2013 р. : Тернопіль, ТНТУ, 2013. С. 98.
146. Лебедев С. Вхідний контроль якості тракторів на вторинному ринку. *Техніка і технології АПК*. 2014. № 3 (54). С. 9–12
147. Україна: ринок сільськогосподарської техніки : веб-сайт. URL: <https://www.informdom.com/novosti/ukraina-rynok-selskohozyaistvennoi-tehniki.html> (дата звернення 10.12.2020).
148. Іванішин В. В. Перспективи розвитку ринку вторинної техніки в Україні. *Ефективна економіка*. 2012. №1. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=1508> (дата звернення 23.01.2017).
149. Лавренова Д. Л. Підвищення точності оцінювання професійного рівня випробувальних лабораторій : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.01.02. Київ, 2009. 20 с.

150. Коробко А. І. Удосконалення методів та метрологічного забезпечення проведення динамічних випробувань автомобілів : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.01.02. Харків, 2013. 20 с.
151. ДСТУ ГОСТ ИСО 5725-2:2005 (ГОСТ ИСО 5725-2-2003, IDT): Точність (правильність і прецизійність) методів та результатів вимірювання. Частина 2. Основний метод визначення повторюваності і відтворюваності стандартного методу вимірювання. [Чинний від 2006-07-01]. Київ, 2006. 59 с. (Національний стандарт України).
152. ДСТУ ГОСТ ИСО 5725-3:2005 (ГОСТ ИСО 5725-3-2003, IDT). Точність (правильність і прецизійність) методів та результатів вимірювання. Частина 3. Проміжні показники прецизійності стандартного методу вимірювання. [Чинний від 2006-07-01]. Київ, 2006. 40 с. (Національний стандарт України).
153. ДСТУ ГОСТ ИСО 5725-4:2005 (ГОСТ ИСО 5725-4-2003, IDT). Точність (правильність і прецизійність) методів та результатів вимірювання. Частина 4. Основні методи визначення правильності стандартного методу вимірювання. [Чинний від 2006-07-01]. Київ, 2006. 36 с. (Національний стандарт України).
154. ДСТУ ГОСТ ИСО 5725-5:2005 (ГОСТ ИСО 5725-5-2003, IDT). Точність (правильність і прецизійність) методів та результатів вимірювання. Частина 5. Альтернативні методи визначення прецизійності стандартного методу вимірювання. [Чинний від 2006-07-01]. Київ, 2006. 59 с. (Національний стандарт України).
155. ДСТУ ГОСТ ИСО 5725-6:2005 (ГОСТ ИСО 5725-6-2003, IDT). Точність (правильність і прецизійність) методів та результатів вимірювання. Частина 6. Використання значень точності на практиці. [Чинний від 2006-07-01]. Київ, 2006. 54 с. (Національний стандарт України).
156. Застосування стандартів, у тому числі в зв'язку зі скасуванням у 2015 році міждержавних стандартів (ГОСТ) / Департамент Технічного

- регулювання Мінекономрозвитку і торгівлі України. *Стандартизація, сертифікація, якість. Науково-технічний журнал*. 2016. №2 (99). С. 3-6.
157. Лакоза С. Л. Основи теорії вимірювальних приладів [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології». Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 51 с.
 158. Подригало М. А., Коробко А. І. Визначення мінімально-необхідної кількості давачів при динамічних випробуваннях автомобілів. *Актуальні проблеми технічного забезпечення внутрішніх військ МВС України : матеріали науково-практичного семінару науково-дослідного центру Академії внутрішніх військ МВС України, 25 квітня 2012 р. Харків, АВВ МВС України, 2012. С. 37–38.*
 159. А. с. 53865 UA. Твір науково-практичного характеру «Оцінювання придатності методів випробувань з використанням показників спостережності» / Подригало М. А., Коробко А. І., Радченко Ю. А.; дата реєстрації 27.02.2014.
 160. Артьомов М. П. Забезпечення спостережності параметрів руху мобільних машин при динамічних випробуваннях. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка*. 2015. № 159.– С. 181-185.
 161. Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement. Geneva: ISO, 1993. – 101 p.
 162. ДСТУ-Н РМГ 43:2006 Метрологія. Застосування «Руководства по выражению неопределенности измерений» (РМГ 43-2001, IDT).
 163. Мачехін Ю. П. Настанова з вираження невизначеності вимірювання та умови його застосування. *Метрологія та вимірювальна техніка (Метрологія – 2004) : наукові праці 4-ї Міжнародної науково-технічна конференції*. Харків : ННЦ «Інститут метрології», 2004. Т.І. С. 73-75.
 164. Захаров І. П. Оцінювання точності вимірювань: стан, проблеми, перспективи. *АСУ та прилади автоматики*. 2005. Вип. 131. С. 176-181.

165. Основи метрології та електричних вимірювань : підручник / В. В. Кухарчук, В. Ю. Кучерук, Є. Т. Володарський, В. В. Грабко. Вінниця : ВНТУ, 2012. 522 с.
166. Васілевський О. М., Кучерук В. Ю., Володарський Є. Т. Основи теорії невизначеності вимірювань : підручник. Вінниця : ВНТУ, 2015. 230 с.
167. Шведова В.В., Руденко Н.О. Опрацювання результатів вимірювань при проведенні міжлабораторних звірень за умов наявності систематичної похибки вимірювань. *Східноєвропейський журнал провідних технологій*. 2013. № 5/2. С. 23–28.
168. Шведова В. В. Подання бюджету невизначеності результатів звірень робочих еталонів за умови відсутності еталона більш високого рівня точності. *Наукове мислення* : Двадцята всеукраїнська практично-пізнавальна інтернет-конференція. <http://surl.li/emtdl>. Дата звернення 10.10.2021 р.
169. Guide to Expression of Uncertainty in Measurement. ISO/IEC Guide 98-3:2008.
170. JCGM 106:2012. Evaluation of measurement data – The role of measurement uncertainty in conformity assessment.
171. Назаренко Л.А. Невизначеність результатів вимірювання в фотометрії. *Світлотехніка та електроенергетика*. 2010. № 2. С. 27-37.
172. Мержиєвська В. В. Засади оцінювання невизначеності результатів випробувань транспортних засобів та їхніх складових частин [Електронний ресурс] — Режим доступу: <https://sites.google.com/site/yakavoska/articles/zasadi>. Дата звернення: 20.12.2017 р.
173. EURACHEM Guide, Quantifying Uncertainty in Analytical Measurement. Laboratory of the Government Chemist, London (1995). ISBN 0-948926-08-2
174. EURACHEM/CITAC Guide, Quantifying Uncertainty in Analytical Measurement, Second Edition. Laboratory of the Government Chemist, London (2000). ISBN 0-948926-15-5. Also available from <http://www.eurachem.org>.

175. EURACHEM Guide, Terminology in Analytical Measurement - Introduction to VIM 3 (2011). Available from <http://www.eurachem.org>.
176. Жарко Ю. Г. Удосконалення процедур оцінювання невизначеності вимірювань під час сертифікаційних випробувань колісних транспортних засобів : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.01.02. Харків, 2015. 20 с.
177. Бідюк П. І., Терентьев О. М., Просянкін-Жарова Т. І. Прикладна статистика [Електронний ресурс] : навчальний посібник. Електронні текстові дані (1 файл: 4,14 Мбайт). Вінниця : ПП «ТД» Едельвейс і К», 2013. 304с.
178. Жлуктенко В. І, Наконечний С. І. Теорія ймовірностей і математична статистика: Навчально-методичний посібник. У 2-ч. Ч.1. Теорія ймовірностей. Київ : КНЕУ, 2000. 304 с.
179. Жлуктенко В. І., Наконечний С. І. Теорія ймовірностей і математична статистика.: Навч.-метод. посібник. У 2 ч. Ч.ІІ. Математична статистика. Київ : КНЕУ, 2001. 336 с.
180. Теорія планування експерименту: навч. посіб. / В. П. Нечаєв, Т. М. Берідзе, В. В. Кононенко та ін. Київ : Кондор, 2005. 232 с.
181. Засименко В. М. Основи теорії планування експерименту: навч. посібник. Львів : Видав. ДУ «ЛП», 2000. 205 с.
182. Greenwood P. E., Nikulin M. S. A guide to chi-squared testing. New York : John Wiley & Sons, 1996. 280 p.
183. Гаркавий В. Г., Ярова В. В. Математична статистика. К : Професіонал, 2004. 484 с
184. Мінцер О. П., Вороненко Ю. В., Власов В. В. Оброблення клінічних і експериментальних даних у медицині: навч. посібник. К.: Вища школа, 2003. 350 с.
185. Володарський Є. Т., Кошева Л. О. Статистична обробка даних: навч. посібник. Київ : НАУ, 2008. 308 с.
186. Засименко В.М. Основи теорії планування експерименту: навч. посібник. Львів : Видав. ДУ «ЛП», 2000. 205 с.

187. Статистика: Підручник - 2-ге вид. / Герасименко С. С., Головач А. В., Єріна А. М. та ін. Київ : КНЕУ, 2000. 467 с.
188. Фещур Р. В., Барвінський А. Ф., Кічор В. П. Статистика: теоретичні засади і прикладні аспекти. Навч. посібник. Львів : «Інтелект-Захід», 2003. 576 с.
189. Борисюк Д. В., Яцковський В. І. Методи та засоби діагностування тракторів. *Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки*. 2015. № 1 (89) Том 2. С. 16–20.
190. ДСТУ 7322:2013 Трактори сільськогосподарські. Загальні технічні умови. [Чинний від 01.01.2014]. Київ. 14 с. (Національний стандарт України).
191. ДСТУ 7324:2013 Трактори сільськогосподарські, причеи та напівпричеи тракторні. Експлуатаційні вимоги до технічного стану. [Чинний від 01.01.2014]. Київ. 14 с. (Національний стандарт України).
192. СОУ 74.3.37.133:2004. Випробування сільськогосподарської техніки. Машии і обладнання для тваринництва і кормовиробництва. Методи оцінки безпечності і ергономічності. [Чинний від 2006-08-01]. Київ, 2004. V. 80 с. (Стандарт Мінагрополітики).
193. ДСТУ ISO 10998:2013 Трактори сільськогосподарські вимоги до рульового керування (ISO 10998:2008, IDT) [Чинний від 2006-08-01]. Київ. 14 с. (Національний стандарт України).
194. Водяник І. І. Експлуатаційні властивості тракторів і автомобілів. Київ : Урожай, 1994. 224 с.
195. Трактори та автомобілі. Ч.1. Навч. посіб. / М. Г. Сандомирський, М. Ф. Бойко., А. Т. Лебедев та ін. ; За ред. проф. А. Т.Лебедева. Київ : Вища школа, 2000. 357 с.
196. Трактори та автомобілі. Ч.3. Шасі: Навч. посібник / А. Т. Лебедев, В. М. Антощенков, М. Ф Бойко та ін.; За ред. проф. А.Т.Лебедева. Київ : Вища освіта, 2004. 336 с.

197. Люфтомір-динамометр ЛД-101. Настанова з експлуатування ЛД-101.00.00.000. 11 с.
198. ИСЛ-М Вимірювач сумарного люфту рульового керування автотранспортних засобів. 5 с.
199. Правила експлуатації колісних транспортних засобів / Затверджені наказом Міністерства інфраструктури України 26.07.2013 № 550.
200. Єдині технічні приписи щодо офіційного затвердження дорожніх транспортних засобів категорій М, N, і О стосовно гальмування (Правила ЄЕК ООН № 13-09:2000, IDT) : ДСТУ UN/ECE R 13-09:2002. – [Чинний з моменту опублікування]. – К. : Держстандарт України, 2002. – 193 с. – (Національний стандарт України).
201. Єдині технічні приписи щодо офіційного затвердження змінних гальмових накладок у зборі і гальмових накладок барабанних гальмових механізмів колісних транспортних засобів та їхніх причепів (UN/ECE R 90-01, IDT) : ДСТУ UN/ECE R 90-01:2005. – (Чинний від 2006-07-01). – К. : Держспоживстандарт України, 2007. – 30 с. – (Національний стандарт України).
202. Мармут Ігор Арнольдович. Розробка науково-методичних основ проектування універсальних пересувних станцій діагностики легкових автомобілів: дис. ... канд. техн. наук Ігор Арнольдович Мармут; ХГАДТУ. Харків, 2001. 208 с.
203. ДСТУ ISO 5697:2005. Засоби транспортні сільськогосподарські та лісогосподарські. Визначення гальмівних характеристик. [Чинний від 2008-01-01]. К., 2007. IV, 19 с. (Національний стандарт України).
204. Ребров О. Ю. Наукове обґрунтування підвищення ефективності колісних рушіїв сільськогосподарських тракторів на енергоємних технологічних операціях обробітку ґрунту : дис. ... д-ра техн. наук : спец. 05.22.02 Нац. техн. ун-т «Харків. політехн. ін-т». Харків, 2021. 423 с.
205. J. Zhang, D. Kong, L. Chen, and X. Chen. Optimization of control strategy for regenerative braking of an electrified bus equipped with an anti-lock

- braking system. *Journal of Automobile Engineering*, 2012. vol. 226. no. 4, pp. 494–506.
206. Назаров І. О., Назаров О. І., Назаров В. І. Підвищення динаміки екстрених гальмувань легкових автомобілів, не обладнаних АБС, вдосконаленням гальмівного привода [Електронний ресурс]. *Створення, експлуатація і ремонт автомобільного транспорту та будівельної техніки* : Всеукраїнська науково-технічна Інтернет-конференція молодих учених та студентів : Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка. Режим доступу: konf.nadobko.com/15_2/3.html. – Дата публікації : 20 березня 2017.
207. Пат. №76189 Україна, МПК 2006.01, В60Т 8/24. Пристрій для підвищення ефективності гальмування легкових автомобілів / [Подригало М. А., Назаров В. І., Назаров О. І., Назаров І. О.]; заявник і патентотримач Харків, національний автомобільнодорожній університет №u201207284; заявл. 15.06.2012; опубл. 25.12. 2012, Бюл. №24.
208. Пат. №75406 Україна, МПК 2012.01, В60Т 11/00. Спосіб регулювання гальмівних сил між осями легкового автомобіля / [Подригало М. А., Назаров В. І., Назаров О. І., Назаров І. О.]; заявник і патентотримач Харків, національний автомобільно-дорожній університет №u201207282; заявл. 15.06.2012; опубл. 26.11. 2012, Бюл. №22.
209. Назаров О. І., Назаров І. О., Шпінда Є. М. Підвищення ефективності екстрених гальмувань легкових автомобілів, обладнаних комбінованими системами стеження за процесом гальмування. *Вісник машинобудування та транспорту*. 2019. № 2 (10). С. 54–64. <https://doi.org/10.31649/2413-4503-2019-10-2-54-64>
210. Туренко О. І. Оцінка керованості легкових автомобілів при службових гальмуваннях на горизонтальних прямолінійних ділянках дороги. *Наукові нотатки. Міжвузівський збірник (за галузями знань «Технічні науки»)*. 2016. Вип. 55 (липень-вересень). С. 402–406.

211. Вплив коефіцієнту постійного розподілу гальмівних сил на стійкість автомобіля при службових гальмуваннях / Туренко О. І. и др. *Актуальні питання матеріально-технічного забезпечення сил охорони правопорядку* : збірник тез доповідей Науково-практичної конференції Національної академії Національної гвардії України, 27 жовтня 2016 р. Харків : НАНГУ, 2016. С. 104–105.
212. Стенд для випробування гальмівних систем транспортних засобів : пат. 116527 UA : МПК G01L 5/28, B60T 17/22 (2016.01). № у 2016 12260 ; заявл. 02.12.16; опубл. 25.05.17, Бюл. № 10.
213. Клапан регулювання тиску в гальмівній системі транспортного засобу : пат. 118531 UA : МПК B60T 8/00 (2017.01). № у 2017 02288 ; заявл. 13.03.17; опубл. 10.08.17, Бюл. № 15.
214. Спосіб регулювання привідного зусилля в гальмівних механізмах транспортних засобів : пат. 118532 UA : МПК B60T 8/00 (2017.01). заявник Харківський національний автомобільно-дорожній університет. № у 2017 02289 ; заявл. 13.03.17; опубл. 10.08.17, Бюл. № 15.
215. Результати гальмівних випробувань мобільних машин / О. Туренко та ін. *Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва України. Збірник наукових праць*. 2017. № 21 (35). С. 155–161.
216. Універсальний стенд для випробування фрикційних пар гальмівних механізмів : пат. 72709 UA : МПК B 60 T 17/22 (2006.01). № у 2012 01920 ; заявл. 20.02.12 ; опубл. 27.08.12, Бюл. № 16.
217. ДСТУ 3649:2010. Колісні транспортні засоби. Вимоги щодо безпечності технічного стану та методи контролювання. [Чинний від 2011-07-01]. Київ, 2011. III, 28 с. (Національний стандарт України).
218. СОУ 74.3-37-04604309-007:3013. Техніка сільськогосподарська. Системи гальмування самохідних сільськогосподарських машин. Методи випробувань. [Чинний від 2013-08-01]. Дослідницьке : УкрНДІПВТ ім. Леоніда Погорілого, 2013. III, 12 с. (Стандарт Мінагрополітики України).

219. РІ.14-2012. Робоча інструкція з визначення гальмових характеристик сільськогосподарських і лісних транспортних засобів. [Чинна від 2012-09-01]. Харків : ХФ УкрНДІПВТ ім. Леоніда Погорілого, 2012. 15 с. (Робоча інструкція системи управління).
220. ДСТУ 2189-93. Система стандартів безпеки праці. Машини сільськогосподарські навісні та причіпні. Загальні вимоги безпеки. [Чинний з 1994-01-01]. Київ, 1993, 28 с. (Національний стандарт України).
221. ДСТУ 3158-95. Засоби малої механізації для сільськогосподарського виробництва. Загальні вимоги безпеки. [Чинний з 1996-07-01]. Київ, 1995, 31 с. (Національний стандарт України).
222. Спосіб визначення граничного кута поперечної статичної стійкості колісних машин із застосуванням фізичного моделювання : пат. 101877 UA : МПК G09B 23/04, G01M 1/00, G01B 5/24 (2006.01). № у 2011 10195 ; заявл. 19.08.2011 ; опубл. 13.05.2013, Бюл. № 9.
223. Лілевман І., Лілевман О., Терещук З. Визначення граничного кута поперечної статичної стійкості мобільних сільськогосподарських машин методом фізичного моделювання. *Техніка і технології АПК*. 2010. № 5. С. 37–39.
224. Лілевман І., Лілевман О., Подольський М. Визначення граничного кута поперечної статичної стійкості колісних та напівпричіпних машин із застосуванням аналітичного моделювання. *Техніка і технології АПК*. 2014. № 1 (52). С. 32–35.
225. М 5.4-04:2009. Методика визначення граничного кута поперечної статичної стійкості мобільних сільгоспмашин з балансирною підвіскою керованих коліс та напівпричіпних машин без використання спеціального стендового обладнання. [Введ. 2009-12-16]. Херсон : Південноукраїнська філія УкрНДІПВТ ім. Л.Погорілого, 2009. 19 с. (Методика системи управління).

226. Германович А. О. Экспериментальное исследование поперечной устойчивости самоходной рубильной машины. *Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка*. 2013. Вип. 143. С. 132–139.
227. Горбатов В. Спосіб визначення кута поперечної статичної стійкості тракторів і сільськогосподарських машин. *Техніка АПК*. 2006. № 12. С. 15.
228. Дубінін Є. О. Концепція забезпечення стійкості положення шарнірно-зчленованих колісних машин : дис. ... д-ра техн. наук : 05.22.20 / Харківський національний автомобільно-дорожній університет. Харків, 2017. 397 с.
229. Артьомов М. П. Визначення динамічних і кваліметричних параметрів мобільних сільськогосподарських агрегатів в експлуатації. *Вісник аграрної науки*. № 7. С. 38–42.
230. Artiymov M. Determine The optimal of control parameters by tillage machines as a dynamic system. *Науковий вісник НУБіП України. Серія: Техніка та енергетика АПК*. 2015. № 226. С. 30–30.
231. Артьомов М. П. Забезпечення наглядовості параметрів руху мобільних машин при динамічних випробуваннях. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка*. 2014. Вип. 148. С. 263–267.
232. Артьомов М. П. Визначення кількості ступенів рухливості машинно-тракторних агрегатів та їх вплив на керованість. *Сільськогосподарські машини*. 2013. Вип. 24. С. 9–19.
233. Spatial motion sensor : pat. 2013078735 WO : IPC G01P 15/00, G01L 1/16, G01P 13/02 , G08C 17/02 (2006.01). Pub. No. WO/2013/078735 ; International Filing Date 20.12.2011 : Publication Date 06.06.2013.
234. Micro-miniature inertial measuring unit : pat. 101487709A CN : IPC G01C 21/16, G01P 15/00, G01P 7/00 (2006.01) ; Pub. No. 200910071447 ; International Filing Date 2009-02-27 : Publication Date 2011-01-26.

235. Inertia sensing module : pat. 20100077857A1 US : IPC G01C 19/00 (2006.01) ; Appl. No.: 12/285,192 ; Filed: Sep. 30, 2008 ; Pub. Date: Apr. 1, 2010 ;Pub. No.: US 2010/0077857 A1.
236. Сигнальна реєстраційно-вимірювальна система : пат. 88651 Україна : МПК В 60 Т 17/22 (2006.01). № у 2013 12290 ; заявл. 21.10.13 ; опубл. 25.03.14, Бюл. № 6.
237. Система для визначення параметрів руху автотранспортних засобів при динамічних (кваліметричних) випробуваннях : пат. 51031 Україна : МПК G 01 P 3/00. G 01 P 15/00. № у 2010 01136 ; заявл. 04.02.10 ; опубл. 25.06.10, Бюл. № 12.
238. Комбінований вимірювальний комплекс моніторингу буксування і швидкості машинно-тракторних агрегатів : пат. 109277 UA : МПК G01M 17/00, G01P 3/00, G01M 15/00 (2016.01). № у 2016 00396 ; заявл. 18.01.2016 ; опубл. 25.08.2016, Бюл. № 16.
239. Коробко, А. І. Удосконалення методів та метрологічного забезпечення проведення динамічних випробувань автомобілів: дис. ... канд. техн. наук : 05.01.02. Харків : ХНАДУ, 2013. 176 с.
240. Удосконалення методу експериментально-теоретичного визначення параметрів аеродинамічного опору руху автомобілям / М. А. Подригало, Р. О. Кайдалов, О. В. Літвінов та інш. *Збірник наукових праць Національної академії Національної гвардії України*. 2019. Вип. 1 (33) С. 21–30.
241. Артьомов М. П. До дослідження динаміки колісного сільськогосподарського машинно-тракторного агрегату. *Загальнодержавний міжвідом. наук.-техн. зб. КНТУ*. 2010. Вип. 40, Ч. 1. С. 151–155.
242. Метод парціальних прискорювань і його застосування при дослідженні динаміки мобільних машин / М. П. Артьомов, А. Т. Лебедев, О. П. Алексєєв та інш. *Наукове забезпечення службово-бойової діяльності*

- внутрішніх віськ МВС України* : зб. тез доп. наук.-практ. конф., 16-18 берез. 2010 р. Харків, 2010. С. 44-46.
243. Спосіб визначення та обмеження динамічних навантажень при роботі тракторного агрегату : пат. 54188 Україна : МПК G01L5/13 (2013.01). № u 2010 06298 ; заявл. 25.05.2010 ; опубл. 25.10.2010; бюл. № 20.
244. Спосіб визначення сили опору сільськогосподарських машин : пат. 82732 Україна : МПК G01L1/00 (2013.01). № u 201300215 ; заявл. 4.01.2013 ; опубл. 12.08.2013 ; бюл. № 15.
245. Антощенко Р. В. Математичний апарат обробки даних вимірювальною системою динаміки та енергетики мобільних машин. *Інженерія природокористування*. 2015. № 1 (3). С. 96–103.
246. Антощенко Р. В. Обробка даних мобільного вимірювального комплексу для контролю за функціонуванням мобільних енергетичних засобів. *Вібрації в техніці та технологіях*. 2013. № 2 (70). С. 6–9.
247. Артьомов М. П., Подригало М. А., Клец Д. М. Дослідження динаміки мобільних сільськогосподарських агрегатів. *Автоматизація виробничих процесів у машинобудуванні та приладобудуванні* : укр. міжвідом. наук.-техн. зб. 2011. Вип. 45. С. 435–439.
248. Шуляк М. Л., Лебедев А. Т., Артьомов М. П., Калінін Є. І. Оцінка функціонування сільськогосподарського агрегату за динамічними критеріями. *Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів*. 2016. № 4. С. 218-226.
249. Артьомов М. П., Аюбов А. М. Використання сучасних пристроїв для контролю динаміки мобільних сільськогосподарських агрегатів *Інженерія природокористування*. 2017. №2 (8). С. 78–83.
250. Артьомов М. П. Математична модель машинно-тракторного агрегату з використанням метода парціальних прискорень. *Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки*. 2012. № 11. Т.1 (65). С. 34–40.

251. Лебедєв А., Артёмов М. Обґрунтування ефективності використання ґрунтообробних машинно-тракторних агрегатів моделюванням парціальних прискорень. *Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України*. 2013. Вип. 17 (31). С. 280–293.
252. Артёмов М. П., Лебедєв А. Т., Шуляк М. Л., Кулаков Ю. М. Оцінка тягово-динамічних властивостей на основі прискорення трактора. *Інженерія природокористування*. 2015. №. 1 (3). С. 84–89.
253. Артёмов М. П. Дослідження методу парціальних прискорень для контролю руху мобільних сільськогосподарських агрегатів. *Сільськогосподарські машини : зб. наук. ст.* 2011. Вип. 21. Т. 1. С. 3–9
254. Артёмов М. П. Використання методу парціальних прискорень при визначенні функціональної стабільності мобільних машин. *Актуальні проблеми технічного забезпечення внутрішніх військ : матеріали наук.-практ. семінару ; Акад. внутр. військ МВС України*. Харків, 2012. С. 24–27.
255. Філософія [Електронний ресурс] : навч. посібник / Ю. М. Вільчинський, Л. В. Северин, Мрачковська, О. Б. Гаєвська та ін. Київ : КНЕУ, 2019. 368 с.
256. *Nebraska Tractor Test Laboratory* : веб-сайт. URL: <http://tractortestlab.unl.edu>; *Німецьке сільськогосподарське товариство* : веб-сайт. URL: <http://www.dlg.org>.
257. Гладка Надія Миколаївна. Синтез комплексно оптимізованих інноваційних транспортних засобів з врахуванням закономірностей їх розвитку. Дисертація канд. техн. наук: 05.22.01, Харків. нац. автомоб.-дорож. ун-т. Харків, 2014. 200 с.
258. Єгорова О. В. Технології та системи підтримки прийняття рішень в умовах невизначеності. Практикум для здобувачів освітнього ступеня «бакалавр» зі спеціальностей 122 Комп'ютерні науки та 126 Інформаційні

- системи та технології усіх форм навчання [Електронний ресурс]. Черкаси : ЧДТУ, 2019. 90 с.
259. Кепич Т. Ю., Куценко О. Г. Основи теорії подібності та аналізу розмірностей в механіці (навчальний посібник). Київ : КНУ ім. Тараса Шевченка, 2004. 101 с.
 260. Ткаченко О. Когнітивне моделювання складних систем. *Цифрова платформа: інформаційні технології в соціокультурній сфері*. 2019. № 2 (1), С. 11–19. <https://doi.org/10.31866/2617-796x.2.1.2019.175650/>
 261. Онищенко І. І. Когнітивне моделювання як метод якісного аналізу ризиків ІТ-проектів. *Вісник Нац. техн. ун-ту «ХПІ»: зб. наук. пр. темат. вип. : Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проектами*. 2016. № 2 (1174). С. 77-81.
 262. Ловейкін В. С., Ромасевич Ю. О. Теорія технічних систем. Київ : ЦП «КОМПРИНТ», 2017. 291 с.
 263. Ціж Б. Р., Байцар Р. І. та ін. Основи кваліметрії. Львів : Видавництво ЛНУВМ та БТ ім. Гжицького, 2014. 150 с.
 264. ДСТУ ISO 31000:2018. Менеджмент ризиків. Принципи та настанови (ISO 31000:2018, IDT). [Чинний від 01.01.2019]. Київ, 2019. 18 с. (Національний стандарт України).
 265. Буйницька О. П. Інформаційні технології та технічні засоби навчання. Навч. посіб. Київ : Центр учбової літератури, 2012. 240 с.
 266. Верховський В., Самокіш А., Ушань В., Павленко М. Методологія проектування тренажерів з імерсивним середовищем для підготовки пілотів цивільної авіації. *Системи управління, навігації та зв'язку*. 2020. Випуск 4 (61). С. 15–20. doi: 10.26906/SUNZ.2020. 4.015
 267. Подольчак Н. Ю. Класифікація ризиків та методи їх зниження. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка»*. 2002. № 457. С. 23–32.
 268. Вітлінський В. В., Великоіваненко П. І. Ризикологія в економіці та підприємстві : монографія. Київ : КНЕУ, 2004. 480 с.

269. 166AS/NZS Risk Management Standart 4360:1999 [Електронний ресурс].
– Режим доступу : <http://www.riskmanagement.com.ua>.
270. Мостенська Т. Л., Скопенко Н. С., Ризик-менеджмент як інструмент управління господарським ризиком підприємства. *Вісник Запорізького національного університету*. 2010. № 3 (7). С. 72–79.
271. ISO 9001-2015. Quality management systems. Requirements. Acting on 2018-01-01.
272. Panfilova O., Okrepilov V., & Kuzmina S. (2018) Globalization impact on consumption and distribution in society. *Matec web of conferences*. Federal Register. 170. 01–032.
273. Chernikova A., Golovkina S., Kuzmina S., & Demenchenok T. (2017) Supplier selection based on complex indicator of finished products quality. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 19. Сер. “Energy Management of Municipal Transportation Facilities and Transport, EMMFT 2017” 2017. 012–045.
274. Vaganova V., Vorona-Slivinskaya L., Medvedeva A., & Kuzmina S. (2016) Organization of Business Processes of the Company on the Basis of the Systems Approach Teners. *MATEC Web of Conferences* 53, 01050. Owned by the authors, published by EDP Sciences. DOI:10.1051/ mateconf/20165301050.
275. Онопрієнко С. А., Шарапова О. В., Наранович О. В., Спасенко І. О., Шевцова О. М. Щодо питання управління та оцінювання ризиків у діяльності судово-експертних установ України. *Теорія та практика судової експертизи і криміналістики: зб. наук. пр.* 2020. Вип. 21. С. 252—266. DOI: https://doi.org/10.32353/khrife.1.2020_16.
276. Ліппі Г., Цезаре Г. Управління ризиками в доаналітичній фазі лабораторного тестування. *Клінічна хімія та лабораторна медицина*. 2007. Том 45. Вип. 6. С.720–727.
277. Новіков В. Організація ризик-орієнтованого менеджменту за ISO/IEC 17025:2017. *Лабораторна справа*. 2019. № 2/2019. С. 16–26.

278. Сирова Г. О., Левашова О. Л., Тішакова Т. С. Аналіз ризиків в клінічній лабораторії. *Актуальні питання лабораторної медицини* : Матеріали науково-практичної конференції за участю міжнародних спеціалістів : 20-21 листопада 2018. С. 89–90.
279. Вознюк Л. Ф., Іщенко В. В., Михайлович Я. М. Технічне обслуговування і діагностування сільськогосподарських машин. Київ : Урожай, 1994. 213 с
280. Структура і загальні положення концепції технічного сервісу енергонасиченої с.-г. техніки / Войтюк В. Д., Демко А. А., Надточій О. В. та ін. *Вісник Харківського ДТУСГ*. 2004. Вип. 15. 214 с.
281. ISO 5168:2005, Measurement of fluid flow – Procedures for the evaluation of uncertainties.
282. Виклюк Я. І., Камінський Р. М., Пасічник В. В. Моделювання складних систем: посібник. Львів : Видавництво «Новий Світ» – 2000», 2020. 404 с.
283. Смоленко Л. В., Тупчий А. Ф., Хріщук К. Ю. Методика визначення коефіцієнту чутливості економічної системи підприємства. *Системи обробки інформації*. 2017. Випуск 1 (147). С. 155–138 DOI: 10.30748/soi.2017.147.29
284. Щурик М. В., Ключенко А. В. Статистика: Навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. усіх рівнів акредит. – 3-тє вид., оновлене і доповнене. Івано-Франківськ : НАІР, 2016. 274 с.
285. Шапочка М. К., Маценко О. М. Теорія статистики : навчальний посібник. Суми : Університетська книга, 2014. 312 с.
286. Барковський В., Барковська Н., Лопатін О. Теорія ймовірностей та математична статистика. Київ : Центр навчальної літератури. 2019. 424 с.
287. Тяговий ККД трактора при нерівномірному розподілу реакцій між колесами / Лебедев А. Т. та інш. *Тракторна енергетика в рослинництві. Збірник наукових праць ХНТУСГ ім. П. Василенка*. 2003. Вып. 6. С. 49–56.
288. Лебедев С. А., Шеїн В. С., Артьомов М. П., Колеснік І. В. Визначальний параметр стану гідрооб'ємного рульового керування

- трактора. *Вісник НТУ «ХПІ». Тракторобудування*. 2015. № 8 (1117). С. 11–18.
289. Основи теорії надійності технічних систем / Лиса Н., Ізонін І., Медиковський М., Павлюк О. Львів : Львівська політехніка. 2021 с. 208 с.
 290. ДСТУ ISO 10998:2013. Трактори сільськогосподарські. Вимоги до рульового керування (ISO 10998:2008, IDT). З поправкою. [Чинний від 2016-09-01]. Київ, 2016. 12 с. (Національний стандарт).
 291. Білоконь Я. Ю., Окоча А. І. Трактори і автомобілі: Підр. для вищ. агр. закл. освіти II-IV рівнів акредитації за напрямом «Агрономія». Київ : Урожай, 2002. 324 с.
 292. Водяник І. І. Експлуатаційні властивості тракторів і автомобілів. Київ : Урожай, 1994. 224 с.
 293. Будова автомобіля і трактора. Частина 3. (Трансмісія, механізми керування, ходова частина) / Люлька В.С., Коньок М.М., Перинський Ю.Є., Бивалькевич Л.М. Чернігів : ЧНПУ, 2015. 108 с.
 294. Бойко А., Бандаренко О., Савченко В. Резервування як ефективний метод забезпечення надійності складної сільськогосподарської техніки. *Техніка і технології АПК*. 2013. № 5. С. 19–21.
 295. Канарчук В. Є., Полянський С. К., Дмитрієв М. М. Надійність машин : підручник для студ. вузів. Київ : Либідь, 2003. 424 с.
 296. ДСТУ 2861-94 Надійність техніки. Аналіз надійності. [Чинний від 1997-01-01]. Київ, 1994. (Національний стандарт України).
 297. Калінін, Євген Іванович. Формування системних властивостей транспортно-технологічних агрегатів змінної маси : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 05.22.20. Харків. нац. автомоб.-дор. ун-т. Харків, 2019. 43 с
 298. Технічна діагностика матеріалів і конструкцій: довід. посіб. : у 8 т. / за заг. ред. акад. НАН України З. Т. Назарчука; НАН України, Фіз.-мех. ін-т ім. Г. В. Карпенка. Львів : Простір-М, 2016.

299. Подригало М. А., Коробко А. І. Вплив бортової нерівномірності гальмівних сил на відхилення автомобіля. Автомобільний транспорт. Збірник наукових праць. 2009. № 24. С. 33-36.
300. Шевченко І. О. Підвищення ефективності роботи приводу активних робочих органів сільськогосподарських машин. Автореф. дис. ... кандидата технічних наук : 05.05.11. Харків. 2010. 20 с.
301. Аналіз працездатності валу відбору потужності / В. Н. Антощенков, Н. П. Артемов, И. А. Шевченко, В. А. Толстолуцкий. *Технічний сервіс АПК, техніка та технології у сільськогосподарському машинобудуванні: Вісник ХНТУСГ*. 2005. Вип. 39. С. 96–100.
302. Шевченко І. О. Розробка методики і проведення статистичного аналізу завантаженості механізму ВВП в експлуатаційних умовах. *Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: Зб. наук. пр.* 2006. Вип. 9 (23). С. 195–199.
303. Антощенков В. М., Шевченко І. О. Найбільш небезпечні динамічні впливи на привід ВВП трактора від активних робочих органів сільськогосподарських машин. *Проблеми надійності машин та засобів механізації сільськогосподарського виробництва: Вісник ХНТУСГ*. 2008. Вип. 69. С. 273–278.
304. Сільськогосподарські і меліоративні машини: Навчальний посібник / Кошук О. Б., Лузан П. Г., Мося І. А. та інш. Київ : ІПТО НАПН України, 2015. 291 с
305. Боженко В. О. Сільськогосподарські машини та їх використання. Київ : Аграрна освіта, 2009. 420 с.
306. Болтянська Н. І., Болтянський О. В. Аналіз шляхів підвищення ефективності використання машино-тракторного парку. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2014. Вип. 14. Т. 3. С. 204–209.

307. Кюрчев В. П., Панченко А. І., Волошина А. А., Кюрчев С. В. Тенденції гідрофікації сільськогосподарської техніки. *Праці Таврійської державної агротехнічної академії*. 2005. Вип. 29. С. 25–37.
308. ДСТУ ГОСТ 7057-2003 Трактори сільськогосподарські. Методи випробування (ГОСТ 7057-2001, IDT). [Чинний від 01.07.2003]. Київ. 8 с. (Національний стандарт України)
309. Рябчий В. А., Рябчий В. В. Теорія похибок вимірювань: Навч. посібник. Д. : Національний гірничий університет, 2006. 166 с.
310. Обробка результатів фізичних вимірювань. [Електронний ресурс]: навч. посіб./ І.Ф.Скіцько, О.І.Скіцько; КПІ ім .Ігоря Сікорського. - Електронні текстові дані (1 файл 2,077 Мбайт). Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. 88 с.

ДОДАТОК А

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ ТА ВІДОМОСТІ ПРО
АПРОБАЦІЮ РЕЗУЛЬТАТІВ ДИСЕРТАЦІЇ

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації

1. Лебедєв А. Т., Лебедєв С. А., Коробко А. І. Кваліметрія та метрологічне забезпечення випробувань тракторів / Під. ред. А. Т. Лебедєва. Х. : Вид-во «Міськдрук», 2018. 394 с.
2. Коробко А. І. та ін. Розроблення нестандартизованих технічних засобів для випробувань сільськогосподарських машин та обладнання. *Науково-випробувальні дослідження сільськогосподарської техніки і технологій: розвиток і диверсифікація. Наукове видання. Дослідницьке* : УкрНДІПВТ ім. Леоніда Погорілого, 2018. С. 32–43.
3. Коробко А. І., Подригало М. А, Абрамов Д. В., Тарасов Ю. В., Оліярник Б. О., Власюк П. С. Спосіб вимірювання параметрів руху рухомих об'єктів : пат. на винахід 119037 Україна : МПК G01P 3/00, G01P 15/00, G01P 15/14 (3013.01), G01P 15/18 (2013.01), G01P 3/50 (2006.01). № а 2015 10855 ; заявл. 06.11.2015 ; опубл. 25.04.2019, Бюл. № 8.
4. Korobko, A., Podrigalo, M., Turenko, A., Bogomolov, V., Klets, D., Sergiyenko, O., Vakarpenko, V., Gritsuk, I., Turenko, O., Bulgakov, N., Boboshko, O. “Increase of Stability for Motor Cars in Service Braking,” SAE Technical Paper 2018-01-1880, 2018, doi:10.4271/2018-01-1880. (Scopus)
5. Korobko, A., Kashkanov, A., Kashkanova, A., Podrigalo, M., Klets, D., Saraiev, O., Mikhalevich, M. “Estimation Parameters of Braking of Vehicles Category M1 at Definition of Circumstances Road Accidents” SAE Technical Paper. 2022-01-1166, 2022, doi: 10.4271/2022-01-1166. (Scopus)

6. Korobko, A., Podrigalo, M., Bogomolov, V., Abramov, D., Tarasov, Y., Kholodov, M., Shein, V., Tkachenko, A., Efimchuk, V. "Increasing Energy Efficiency and Improving Dynamic Properties through Improved Vehicle Design Methods," *SAE Technical Paper*. 2022-01-5076, 2022, doi: 10.4271/2022-01-5076 (Scopus)
7. Коробко А. І. Нормування показників при розробці нових методів випробувань. *Перспективні технології та прилади. Збірник наукових праць*. 2017. № 10 (1). С. 76–80.
8. Коробко А. Удосконалення методу вимірювання кута поперечної стійкості машин. *Метрологія та прилади. Науково-виробничий журнал*. 2017. № 4 (66). С. 32–35.
9. Коробко А. І. Методологія розроблення нових методів випробувань. *Журнал інженерних наук. Науковий журнал*. 2017. Том 4, Випуск 1. С. Н7–Н13.
10. Коробко А. І. Новий підхід до формування метрологічного забезпечення випробувань. *Перспективні технології та прилади. Збірник наукових праць*. 2017. № 11 (2). С. 53–57.
11. Korobko A. The system for measurement of the moving objects parameters. *Метрологія та прилади. Науково-виробничий журнал*. 2017. № 6 (68). С. 10–13.
12. Коробко А. І. Концептуальні основи метрологічного забезпечення випробувань: загальні положення. *Методи та прилади контролю якості*. 2017. № 2 (39). С. 75–82.
13. Коробко А. І. Оцінювання впливу випадкової і методичної похибок на результат вимірювання (в порядку обговорення). *Перспективні технології та прилади. Збірник наукових праць*. 2018. № 12 (червень). С. 87–92.
14. Коробко А. Вимоги до стенда для визначення кута поперечної стійкості методом послідовного зважування. *Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для*

сільськогосподарського виробництва України. Збірник наукових праць. 2018. № 22 (36). С. 101–106. DOI: 10.31473/2305-5987-2018-1-22(36)-90-98.

15. Коробко А. І. Обґрунтування параметрів стенду для вимірювання кута поперечної стійкості мобільних і причіпних машин. *Nowy sposob rozwoju injenieria I technologia : Zbior artykulow*, 2017. 29. С. 57–60.
16. Коробко А. І. Валідація методу вимірювання кута поперечної стійкості тракторів і сільськогосподарських машин. *Метрологія та прилади. Науково-виробничий журнал.* 2019. № 4 (78). С. 68–72.
17. Коробко А., Радченко Ю. Система управління лабораторії з випробувань дорожніх транспортних засобів. *Стандартизація, сертифікація, якість. Науково-технічний журнал.* 2014. № 2. С. 39–43.
18. Коробко А., Подригало М., Радченко Ю. Система метрологічного забезпечення випробувальної лабораторії. *Метрологія та прилади. Науково-виробничий журнал.* 2014. № 6 (50). С. 24–28.
19. Коробко А. І., Подригало М. А., Шуляк М. Л. Експрес-метод випробувань агрегатів і вузлів приводу активних робочих органів мобільної сільськогосподарської техніки. *Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті.* 2017. № 2 (9). С. 107–112.
20. Коробко А. І., Подригало М. А., Назарько О. О., Радченко Ю. А., Михайлова О. О. Стенд для випробувань стоянкових гальмівних систем. *Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті.* 2016. № 1 (5). С. 127–132.
21. Коробко А., Михайлова О., Радченко Ю. Стендові випробування стоянкових гальмівних систем сільськогосподарських тягових і причіпних машин. *Метрологія та прилади. Науково-виробничий журнал.* 2016. № 5 (61). С. 20–24.
22. Коробко А. І., Лебедев С. А., Подригало М. А., Шеїн В. С. Стенд для вимірювання кута поперечної стійкості машини методом послідовного

зважування. *Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті*. 2018. № 2 (11). С. 84–89.

23. Коробко А. І., Михайлова О. О., Назарько О. О., Радченко Ю. А. Управління якістю випробувань автотракторної техніки з використанням нечіткої логіки. *Вісник Житомирського державного технологічного університету. Технічні науки*. 2016. № 2 (77). С. 109–114.
24. Коробко А. І., Подригало М. А., Назарько О. О., Радченко Ю. А. Експериментально-аналітичний метод вимірювання кута поперечної статичної стійкості колісних машин. *Перспективні технології та прилади. Збірник наукових праць*. 2016. № 9 (2). С. 49–52.
25. Коробко А., Кравчук В., Погорілий В., Подригало М., Лебедев С., Диверсифікація метрологічного забезпечення випробувань сільськогосподарської техніки в умовах реформування технічного регулювання допуску продукції на ринок. *Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва України. Збірник наукових праць*. 2017. № 21 (35). С. 4–14.
26. Коробко А. І., Лебедев С. А., Козлов Ю. Ю. Нормативне і методичне забезпечення випробувань сільськогосподарських машин. Стан і перспективи. *Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. Науковий журнал*. 2017. № 9. С. 42–49.

Наукові праці, які засвідчують апробацію наукових результатів

27. Коробко А. І., Шеїн В. С. Формування задач метрологічного забезпечення випробувань мобільних машин. *Modern methods, innovations, and experience of practical application in the field of technical sciences : materials International research and practice conference, December 27–28 2017. Radom, Republic of Poland : Radom Academy of Economics*, 2017. С. 148–151. (дистанційна участь)

28. Korobko A. I., Shein V. S. Measuring the movement of moving objects. *The development of technical sciences: problems and solution* : the international research and practical conference, April 27-28 2018 : Proceedings of the Conference. Brno : European Network for Academic Integrity, 2018. P. 109–110. (дистанційна участь)
29. Korobko A. Measurement Uncertainty as a Test Model Assessment Tool. *Advanced Optoelectronics and Lasers CAOL*2019: 2019 IEEE 8th International Conference with XVI Scientific Workshop “Measurement Uncertainty: Scientific, Normative, Applied and Methodical Aspects” UM*2019* : Conference Proceedings. Sozopol, Bulgaria 06-08 September 2019. P. 707–710. DOI: 978-1-7281-1814-7/19/31:00. (Scopus), (очна участь)
30. Коробко А. І., Радченко Ю. А. Точність і простежуваність вимірювання при випробуваннях стоянкових гальм мобільних машин. *Приладобудування та метрологія: сучасні проблеми, тенденції розвитку* : матеріали II-ї Всеукраїнської науково-практичної конференції Луцького національного технічного університету, 6–7 жовтня 2016 р. Луцьк : ЛНТУ, 2016. С. 45–46. (очна участь)
31. Коробко А. І., Шатіхіна В. Є. Віртуальний тренажер метрологічного забезпечення випробувальної лабораторії. *Приладобудування та метрологія: сучасні проблеми, тенденції розвитку* : IV Всеукраїнська науково-практична конференція : матеріали, 29-30 жовтня 2020 р.; Луцьк : ЛНТУ. С. 36–38. (дистанційна участь)
32. Коробко А. І. Диверсифікація випробувань сільськогосподарської техніки в умовах технічного регулювання. *Технічне регулювання, метрологія та інформаційні технології* : матеріали Сьомої Міжнародної науково-практичної конференції, 10–11 жовтня 2017 р. Одеса : ОДАТРЯ, 2017. С. 202–203. (очна участь)
33. Коробко А. І. Диверсифікація метрологічного забезпечення випробувань. *Metrology, information measuring technologies and systems*

MIMTS-2017 : тези доповідей VI-ї Міжнародної науково-практичної конференції, 24–25 жовтня 2017. Харків : ХНУРЕ, ННЦ «Інститут метрології», 2017. С. 76. (очна участь)

34. Коробко А. І. Шляхи розвитку системи технічного регулювання в галузі з випробувань сільськогосподарських машин. *Якість та безпечність товарів* : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених та студентів Луцького національного технічного університету, 23 березня 2018 р. Луцьк : ЛНТУ, 2018. С. 84–86. (очна участь)
35. Коробко А. І. До питання оцінювання співпадіння теоретичних і експериментальних досліджень. *Технічне регулювання, метрологія та якість: виклики сучасності* : матеріали Дев'ятої Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених і студентів, 17–18 травня 2018 р. Одеса: ОДАТРА, 2018. С. 41–42. (очна участь)
36. Коробко А., Назарько О., Радченко Ю. Удосконалення методів діагностування рульового керування шарнірно-зчленованих машин. *Науково-технічні засади розробки, випробування та прогнозування сільськогосподарської техніки і технологій* : XVI Міжнародна наукова конференція присвячена пам'яті академіка Л. В.Погорілого, 16–17 вересня 2015 р. : Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва України. Збірник наукових праць. Дослідницьке : УкрНДПВТ ім. Леоніда Погорілого. 2015. № 19 (33). С. 136–141. (очна участь)
37. Коробко А., Лебедєв С., Михайлова О., Радченко Ю. Визначення основних параметрів стенду для випробувань стоянкових гальмівних систем. *Науково-технічні засади розробки, випробування та прогнозування сільськогосподарської техніки і технологій* : XVII Міжнародна наукова конференція присвячена пам'яті академіка Л. В.Погорілого, 13–14 вересня 2016 р. : Техніко-технологічні аспекти

розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва України. Збірник наукових праць. Дослідницьке : УкрНДІПВТ ім. Леоніда Погорілого. 2016. № 20 (34). С. 23–29. (очна участь)

38. Коробко А. І. Оцінювання відповідності математичних і експериментальних моделей вимірювань при наукових дослідженнях. *Технічне регулювання, метрологія, якість та транспортні технології* : матеріали Десятої Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених і студентів, 16–17 травня 2019 р. Одеса : ОДАТРА, 2019. С. 30–31. (очна участь)
39. Коробко А. І. Система управління випробувальної лабораторії. *Технічне регулювання, метрологія, якість, інформаційні та транспортні технології* : матеріали Одинадцятої Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених і студентів, 04-05 червня 2020 р., Одеса : ОДАТРА, 2020. С. 8–9. (дистанційна участь).
40. Коробко А. І., Подригало М. А., Назарько О. О., Радченко Ю. А. Конструкція стенду для випробувань стоянкових гальмівних систем. *Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту* : матеріали IV-ї Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, 14–15 квітня 2016 р. Вінниця : ВНТУ, 2016. С. 13–14. (дистанційна участь)
41. Коробко А. І., Подригало М. А., Назарько О. О., Радченко Ю. А. Спосіб вимірювання кута поперечної стійкості машини. *Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту* : матеріали V-ї Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, 13–14 квітня 2017 р. Вінниця : ВНТУ, 2017. С. 103–104. (дистанційна участь)
42. Korobko A. To the question of measuring the parameters of motion. *Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту* : матеріали VI-ї Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції,

12-13 квітня 2018 р. Вінниця : ВНТУ, 2018. С. 224–225. (дистанційна участь)

43. Коробко А. І., Подригало М. А. Управління процесом випробувань військової та спеціальної техніки. *Актуальні питання матеріального забезпечення військових формувань та правоохоронних органів* : збірник тез доповідей Науково-практичної конференції Національної академії Національної гвардії України, 26 жовтня 2017 р. Харків : НАНГУ, 2017. С. 77–79. (очна участь)
44. Коробко А. І., Козлов Ю. Ю. Удосконалення методу вимірювання кута поперечної стійкості автомобіля. *Автомобільний транспорт в аграрному секторі: проектування, дизайн та технологічна експлуатація* : матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції ХНТУСГ ім. П. Василенка, 24-25 травня 2018 р. Харків : ХНТУСГ ім. П. Василенка, 2018. С. 9. (очна участь).

Наукові праці, які додатково відображають наукові результати

45. СОУ-П УкрНДІПВТ ім. Леоніда Погорілого 71.2-37-046043090-017:2015. Сільськогосподарська техніка. Визначення тягових показників тракторів. Метод парціальних прискорень. Дослідницьке : УкрНДІПВТ ім. Леоніда Погорілого, 2015. III, 9 с. (Стандарт організації України).
46. А. с. 62326. Твір науково-практичного характеру «Інформаційно-логістична система метрологічного забезпечення випробувальної лабораторії» / Подригало М. А., Коробко А. І., Назарько О. О., Радченко Ю. А. ; дата реєстрації 30.10.2015.
47. Коробко А. І., Подригало М. А., Лебедев А. Т., Лебедев С. А., Шеїн В. С., Радченко Ю. А., Мазін О. С. Спосіб діагностування агрегатів і вузлів рульового керування шарнірно зчленованих машин : пат. 105176 UA : МПК G01M 17/007 (2006.01), G01M 17/06 (2006.01), G01P 15/00. № u 2015 07889 ; заявл. 07.08.2015 ; опубл. 10.03.2016, Бюл. № 5.

- 48.МВ 1-01:2017 Методика випробувань. Вимірювання кута поперечної стійкості машин. [Чинна з 2018-01-01]. // Коробко А. І. Харків : ХФ УкрНДІПВТ ім. Леоніда Погорілого. 6 с.
49. Коробко А. І., Лебедев С. А., Подригало М. А., Радченко Ю. А., Тарасов Ю. В., Шеїн В. С. Стенд для випробування стоянкових гальм транспортних засобів : пат. 109002 UA : МПК В60Т 17/22 (2016.01). № у 2016 00862 ; заявл. 03.02.2016 ; опубл. 10.08.2016, Бюл. № 15.
50. Коробко А. І., Лебедев А. Т., Лебедев С. А., Назарько О. О., Подригало М. А., Радченко Ю. А. Спосіб діагностування агрегатів і вузлів гальмівних систем транспортних засобів : пат. 110316 UA : МПК G01М 17/00 (2016.01). № у 2016 01837 ; заявл. 26.02.2016 ; опубл. 10.10.2016, Бюл. № 19.
51. Коробко А. І., Лебедев А. Т., Лебедев С. А., Михайлова О. О., Радченко Ю. А. Стенд для випробування стоянкових гальм мобільних (тягових) і причіпних сільськогосподарських машин : пат. 114957 UA : МПК В60Т 17/22 (2006.01). № у 2016 10524 ; заявл. 17.10.2016 ; опубл. 27.03.2017, Бюл. № 6.
52. Коробко А. І., Лебедев А. Т., Лебедев С. А., Назарько О. О., Подригало М. А., Радченко Ю. А. Спосіб вимірювання кута поперечної стійкості тягово-транспортних і причіпних машин : пат. 119256 UA : МПК G01М 17/007, G01М 17/06 (2006.01). № у 2016 12010 ; заявл. 28.11.2016 ; опубл. 25.09.2017, Бюл. № 18.
53. Коробко А. І., Лебедев А. Т., Лебедев С. А., Подригало М. А., Стенд для вимірювання кута поперечної стійкості машин методом послідовного зважування : пат. 122871 UA : МПК G01М 1/00, G01М 17/00 (2017.01), G01В 5/24 (2006.01). № у 2017 08976 ; заявл. 08.09.2017 ; опубл. 25.01.2018, Бюл. № 2.
54. Коробко А. І., Лебедев А. Т., Лебедев С. А., Подригало М. А. Стенд для вимірювання кута поперечної стійкості машин, що рухаються, методом послідовного зважування : пат. UA 122872 : МПК G01М 1/00, G01М

17/00 (2017.01), G01B 5/24 (2006.01). № u 2017 08979 ; заявл. 08.09.2017 ; опубл. 25.01.2018, Бюл. № 2.

- 55.Коробко А. І., Козлов Ю. Ю. Лебедєв А. Т., Лебедєв С. А., Спосіб вимірювання тягового зусилля трактора в складі комбінованого агрегату з активними робочими органами : пат. UA 144883 : МПК G01M 17/00 (2020.01). № u 2020 03822 ; заявл. 25.06.2020; опубл. 26.10.2020, Бюл. № 20.

Відомості про апробацію результатів дисертації

Основні результати дисертації доповідалися й обговорювалися на:

– International research and practice conference «Modern methods, innovations, and experience of practical application in the field of technical sciences», Radom, Republic of Poland, December 27–28 2017; Заочна участь.

– The international research and practical conference «The development of technical sciences: problems and solution», Brno, Czech Republic, April 27-28 2018; Заочна участь.

– Конгресі SAE International по гальмівних системах, 2018, Каліфорнія, USA. Заочна участь.

– Advanced Optoelectronics and Lasers CAOL*2019: 2019 IEEE 8th International Conference with XVI Scientific Workshop “Measurement Uncertainty: Scientific, Normative, Applied and Methodical Aspects” UM*2019 : Conference Proceedings. Sozopol, Bulgaria 06-08 September 2019. Очна участь.

– II, IV Всеукраїнських науково-практичних конференціях Луцького національного технічного університету «Приладобудування та метрологія: сучасні проблеми, тенденції розвитку», 6-7 жовтня 2016 р., 29-30 жовтня 2020 р. Очна участь.

– Сьома Міжнародна науково-практична конференція «Технічне регулювання, метрологія та інформаційні технології», м. Одеса, 10-11 жовтня 2017 р. Очна участь.

– VI Міжнародна науково-технічна конференція «Метрологія, інформаційно-вимірювальні технології і системи. MIMTS-2017», Харків, жовтень, 24-25, 2017; Очна участь.

– Міжнародній науково-практичній конференції молодих вчених та студентів Луцького національного технічного університету «Якість та безпечність товарів», м. Луцьк, 23 березня 2018 р.; Очна участь.

– Дев'ятій Всеукраїнській науково-практичній конференції молодих учених і студентів «Технічне регулювання, метрологія та якість: виклики сучасності», м. Одеса, 17-18 травня 2018 р.; Очна участь.

– XVI, XVII, XVIII Міжнародних наукових конференціях присвячених пам'яті академіка Л. В.Погорілого «Науково-технічні засади розробки, випробування та прогнозування сільськогосподарської техніки і технологій», смт. Дослідницьке, 2015, 2016, 2017 рр.; Очна участь.

– Десятій та одинадцятій Всеукраїнських науково-практичних конференціях молодих учених і студентів «Технічне регулювання, метрологія, якість та транспортні технології», м. Одеса, 16-17 травня 2019 р. [40], 04-05 червня 2020 р. Очна участь.

– IV, V, VI Міжнародних науково-практичних інтернет-конференціях «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту», 14-15 квітня 2016, 2017, 2018 рр.; Заочна участь.

– Науково-практичній конференції Національної академії Національної гвардії України «Актуальні питання матеріального забезпечення військових формувань та правоохоронних органів», м. Харків, 26 жовтня 2017 р.; Очна участь.

– Всеукраїнській науково-практичній конференції ХНТУСГ ім. П. Василенка «Автомобільний транспорт в аграрному секторі: проектування, дизайн та технологічна експлуатація», м. Харків, 24-25 травня 2018 р.; Очна участь.

ДОДАТОК Б
АКТИ ВПРОВАДЖЕННЯ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор
ТОВ «Завод Кобзаренка»«» Д. Кобзаренко«» 2017 р.

АКТ

впровадження результатів
науково-дослідної роботи

Даний акт складений комісією в складі:

Голова комісії:

Заступник з виробництва В. О. Харьков

Члени комісії:

Заступник з випробувань А. П. Грицик

Головний конструктор С. С. Слюсаренко

Інженер з сертифікації С. Г. Калашников

Головний бухгалтер В. М. Бойко

Комісія встановила, що починаючи з 2016 року співробітники Харківської філії Українського науково-дослідного інституту прогнозування і випробування техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва імені Леоніда Погорілого та доцент Харківського національного автомобільно-дорожнього університету Коробко Андрій Іванович разом з ТОВ «Завод Кобзаренка» займалися дослідженням поперечної стійкості сільськогосподарських машин, що проектуються і виробляються на ТОВ «Завод Кобзаренка». Дослідження стосувались забезпечення поперечної стійкості машин раціональним вибором конструктивних і масово-габаритних параметрів та розробки безпечних методів і засобів вимірювання кута поперечної стійкості при випробуваннях.

На підставі цих наукових досліджень прийняті до впровадження в практичну діяльність ТОВ «Завод Кобзаренка» наступні розробки:

– методика прогнозування і вимірювання кута поперечної стійкості машини методом послідовного зважування;

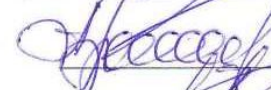
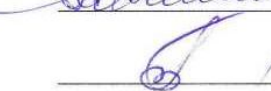
– вимоги до конструкції стенду для вимірювання кута поперечної стійкості машини.

За результатами впровадження указаних розробок скоротився час доведення конструкції машини до оптимальної, що сприяє збільшенню виробничої потужності підприємства.

Крім цього, указані розробки використовуються в якості експрес-методів (focus-test) при приймально-здавальних випробуваннях продукції з метою демонстрації замовнику її споживчих якостей (вимог безпеки).

Голова комісії

Члени комісії:

 В. О. Харьков А. П. Грицик С. С. Слюсаренко С. Г. Калашников В. М. Бойко



АКТ про впровадження наукових досліджень

Комісія у складі директора філії к. м. н. Климчука М. А., завідувача випробувальної лабораторії Мазурака М.В. та керівника з якості випробувальної лабораторії Барановського М. І. цим актом підтверджує, що випробувальною лабораторією Львівської філії Державної наукової установи «Український науково-дослідний інститут прогнозування і випробування техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва імені Леоніда Погорілого» прийняті для впровадження наступні результати науково-дослідної роботи к.т.н., доц. Коробко А. І.:

- інформаційно-логістична система метрологічного забезпечення випробувальної лабораторії;
- методологія розробки нових методів випробувань;
- методи випробувань рульового керування і гальмівних систем тракторів;
- метод вимірювання кута поперечної стійкості машин.

Завідувач ВЛ

М.В. Мазурак

Керівник з якості ВЛ

М. І. Барановський

Міністерство аграрної політики та продовольства України

**ХАРКІВСЬКА ФІЛІЯ
ДЕРЖАВНОЇ НАУКОВОЇ УСТАНОВИ
«УКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ
ПРОГНОЗУВАННЯ І ВИПРОБУВАННЯ ТЕХНІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ
ДЛЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА
ІМЕНІ ЛЕОНІДА ПОГОРІЛОГО»**

/Харківська філія УкрНДПВТ ім. Л.Погорілого/
Поштова адреса: 61040, м. Харків, вул. Велика Панасівська, 236
Телефони: (057) 712-90-72, т/ф. 712-94-74;
E-mail: hfukrndipvt@gmail.com

ЗАТВЕРДЖУЮ
Директор ХФ УкрНДПВПТ
ім. Л. Погорілого



С. А. Лебедев

«21» жовтня 2019 р.

АКТ

про застосування наукових досліджень

Комісія у складі директора філії к. т. н. Лебедева С. А., керівника випробувальної лабораторії Балабай Т. О., головного наукового співробітника д-ра техн. наук, проф. Лебедева А. Т., фахівця з метрології Козлова Ю. Ю. цим актом підтверджує, що випробувальною лабораторією Харківської філії Державної наукової установи «Український науково-дослідний інститут прогнозування і випробування техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва імені Леоніда Погорілого» (атестат акредитації на відповідність вимогам ISO/IEC 17025:2017 № 20527 від 14 травня 2019 р.) прийняті для впровадження наступні результати науково-дослідної роботи к.т.н., доц. Коробко А. І.:

- інформаційно-логістична система метрологічного забезпечення випробувальної лабораторії;
- методологія розробки нових методів випробувань;
- методи випробувань рульового керування і гальмівних систем тракторів;
- метод вимірювання кута поперечної стійкості машин.

Керівник випробувальної лабораторії

Т. О. Балабай

Головний науковий співробітник

А. Т. Лебедев

Фахівець з метрології

Ю. Ю. Козлов

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор ПФ УкрНДІПВТ

ім. Л. Погорілого

О. П. Митрофанов

20__ р.



АКТ

впровадження наукових досліджень

Комісія у складі директора Південно-Української філії УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого Митрофанова О. П., керівника випробувальної лабораторії Мігальова А.О. цим актом підтверджує, що випробувальною лабораторією Південно-Української філії Державної наукової установи «Український науково-дослідний інститут прогнозування і випробування техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва імені Леоніда Погорілого» прийняті до впровадження наступні результати науково-дослідної роботи к.т.н., доц. Коробко А. І.:

- інформаційно-логістична система метрологічного забезпечення випробувальної лабораторії;
- методологія розробки нових методів випробувань;
- методика оцінки невизначеності вимірювання;
- метод вимірювання кута поперечної стійкості машин.

Директор філії

О.П. Митрофанов

Керівник
випробувальної лабораторії

А.О. Мігальов



ЗАТВЕРДЖУЮ
Директор ДП «УкрЦВТ»

М. В. Оситняжський
М. В. Оситняжський

» _____ 20__ р.

АКТ про впровадження наукових досліджень

Комісія у складі директора Державного підприємства «Український державний центр по випробуванню та прогнозуванню техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва» Оситняжського Миколи Васильовича та завідувачки відділу оцінки відповідності Ярової Інни Миколаївни цим актом підтверджує застосування у виробничій діяльності ДП «УкрЦВТ» наступних результатів наукових досліджень к.т.н., доц. Коробко А. І.:

- ризик-орієнтований підхід до організації діяльності з оцінки відповідності органів затвердження типу, випробувальних лабораторій та виробництва;
- методологічні основи розробки нових методів випробувань.

Завідувачка відділу оцінки відповідності

І. М. Ярова

ЗАТВЕРДЖУЮ

Ректор ХНАДУ
д-р техн. наук, проф.

А. М. Туренко

«05» грудня 2017 р.

АКТ

**про впровадження результатів наукових досліджень доцента ХНАДУ
Коробко Андрія Івановича**

Комісія у складі: голови – завідувача кафедри технології машинобудування та ремонту машин ХНАДУ д-р. техн. наук проф. М. А. Подригало, проф. кафедри технології машинобудування та ремонту машин ХНАДУ д-р. техн. наук проф. О. С. Полянського, доц. кафедри технології машинобудування та ремонту машин ХНАДУ канд. техн. наук доц. Д. В. Абрамова цим актом підтверджує застосування в навчальному процесі при викладанні дисциплін «Якість та її забезпечення» та «Комплексна система випробувань автомобілів», а також при проведенні науково-дослідних робіт наступних розробок

- система метрологічного забезпечення випробувальної лабораторії;
- теорія розробки методів випробувань;
- методи випробувань мобільних машин.

Голова комісії

М. А. Подригало

Члени комісії:

О. С. Полянський

Д. В. Абрамов

ДОДАТОК В
ПАТЕНТИ НА ВІНАХОДИ ТА КОРИСНІ МОДЕЛІ, ЩО
ЗАСВІДЧУЮТЬ АВТОРСЬКЕ ПРАВО





УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **119037** (13) **C2**

(51) МПК (2019.01)

G01P 3/00**G01P 15/00****G01P 15/14** (2013.01)**G01P 15/18** (2013.01)**G01P 3/50** (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО
ЕКОНОМІЧНОГО
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

- (21) Номер заявки: а 2015 10855
 (22) Дата подання заявки: 06.11.2015
 (24) Дата, з якої є чинними права на винахід: 25.04.2019
 (41) Публікація відомостей про заяву: 25.05.2016, Бюл.№ 10
 (46) Публікація відомостей про видачу патенту: 25.04.2019, Бюл.№ 8

- (72) Винахідник(и):
 Подрігало Михайло Абович (UA),
 Абрамов Дмитрій Володимирович (UA),
 Тарасов Юрій Володимирович (UA),
 Коробко Андрій Іванович (UA),
 Оліярник Богдан Олексійович (UA),
 Власюк Петро Степанович (UA)

- (73) Власник(и):
 ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
 АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНИЙ
 УНІВЕРСИТЕТ,
 вул. Петровського, 25, м. Харків, 61002 (UA),
 Подрігало Михайло Абович,
 вул. Державінська, 2, кв. 148, м. Харків,
 61001 (UA),
 Абрамов Дмитрій Володимирович,
 пров. Крилова, 5, м. Харків, 61090 (UA),
 Тарасов Юрій Володимирович,
 вул. Ком. Корка, 4, кв. 124, м. Харків, 61184 (UA),
 Коробко Андрій Іванович,
 вул. Шкільна, 11, с. Красна Поляна,
 Зміївський р-н, Харківська обл., 63411 (UA),
 Оліярник Богдан Олексійович,
 вул. Білозора, 22, м. Львів-Винники, 79495 (UA),
 Власюк Петро Степанович,
 вул. Володимира Великого, 14, кв. 5, м. Львів, 79053 (UA)

- (56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою:
 RU 127452 U1, 27.04.2013
 RU 2117300 C1, 10.08.1998
 WO 2013078735 A1, 06.06.2013
 US 2010077857 A1, 01.04.2010
 CN 101487709 A, 22.07.2009
 RU 2307356 C1, 27.09.2007
 RU 2010101941 A, 27.07.2011
 UA 51031 U, 25.06.2010

UA 119037 C2

(54) СПОСІБ ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ РУХУ РУХОМИХ ОБ'ЄКТІВ

(57) Реферат:



(19) **UA**

(51) МПК (2016.01)
G01M 17/007 (2006.01)
G01M 17/06 (2006.01)
G01P 15/00

(21) Номер заявки: **u 2015 07889**
 (22) Дата подання заявки: **07.08.2015**
 (24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: **10.03.2016**
 (46) Дата публікації відомостей про видачу патенту та номер бюлетеня: **10.03.2016, Бюл. № 5**

(72) Винахідники:
Подригало Михайло Абович, UA,
Лебедев Анатолій Тихонович, UA,
Лебедев Сергій Анатолійович, UA,
Коробко Андрій Іванович, UA,
Шейн Віталій Сергійович, UA,
Радченко Юлія Андріанівна, UA,
Мазін Олексій Сергійович, UA

(73) Власники:
ДЕРЖАВНА НАУКОВА УСТАНОВА "УКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ ПРОГНОЗУВАННЯ ТА ВИПРОБУВАННЯ ТЕХНІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА ІМЕНІ ЛЕОНІДА ПОГОРІЛОГО" ХАРКІВСЬКА ФІЛІЯ,
 вул. Котлова, 236, м. Харків, 61139, UA,
Подригало Михайло Абович,
 вул. Державінська, 2, кв. 148, м. Харків, 61001, UA,
Лебедев Анатолій Тихонович,
 пр. Леніна, 19-б, кв. 24, м. Харків, 61125, UA,
Лебедев Сергій Анатолійович,
 вул. Петровського, 33-а, кв. 13, м. Харків, 61024, UA,
Коробко Андрій Іванович,
 вул. Шкільна, 11, с. Красна Поляна, Зміївський р-н, Харківська обл., 63411, UA,
Шейн Віталій Сергійович,
 вул. Танкопія, 5-а, кв. 65, м. Харків, 61060, UA,
Радченко Юлія Андріанівна,
 пров. Квартальний, 4, кв. 131, смт Пісочин, Харківський р-н, Харківська обл., 62416, UA,
Мазін Олексій Сергійович,





ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **109002** (13) **U**
(51) МПК
B60T 17/22 (2006.01)

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2016 00862 (22) Дата подання заявки: 03.02.2016 (24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 10.08.2016 (46) Публікація відомостей про видачу патенту: 10.08.2016, Бюл.№ 15 (72) Винахідник(и): Коробко Андрій Іванович (UA), Лебедєв Сергій Анатолійович (UA), Подригало Михайло Абович (UA), Радченко Юлія Андріанівна (UA), Тарасов Юрій Володимирович (UA), Шейн Віталій Сергійович (UA)	(73) Власник(и): ДЕРЖАВНА НАУКОВА УСТАНОВА "УКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ ПРОГНОЗУВАННЯ ТА ВИПРОБУВАННЯ ТЕХНІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА ІМЕНІ ЛЕОНІДА ПОГОРІЛОГО" ХАРКІВСЬКА ФІЛІЯ, вул. Котлова, 236, м. Харків, 61040 (UA), Коробко Андрій Іванович, вул. Школьна, 11, с. Красна Поляна, Зміївський р-н, Харківська обл., 63411 (UA), Лебедєв Сергій Анатолійович, вул. Петровського, 33-а, кв. 13, м. Харків, 61024 (UA), Подригало Михайло Абович, вул. Державінська, 2, кв. 148, м. Харків, 61001 (UA), Радченко Юлія Андріанівна, пров. Квартальний, 4, кв. 131, смт Пісочин, Харківський р-н, Харківська обл., 62416 (UA), Тарасов Юрій Володимирович, вул. Ком. Корка, 4, кв. 124, м. Харків, 61184 (UA), Шейн Віталій Сергійович, вул. Танкопія, 5-а, кв. 65, м. Харків, 61060 (UA)
---	---

UA 109002 U

(54) СТЕНД ДЛЯ ВИПРОБУВАННЯ СТОЯНКОВИХ ГАЛЬМ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

(57) Реферат:

Стенд для випробовування стоянкових гальм транспортних засобів за принципом створення еквівалентного навантаження, який відрізняється тим, що навантаження, яке прикладається до транспортного засобу, створюється без використання великогабаритних конструкцій (естакад), забезпечується автоматичний розрахунок необхідного навантаження, підвищується точність його реалізації і забезпечується універсальність за рахунок можливості проводити випробування великого ряду транспортних засобів незалежно від їх маси та габаритних розмірів.





ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **110316** (13) **U**
(51) МПК (2016.01)
G01M 17/00

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: **u 2016 01837**
(22) Дата подання заявки: **26.02.2016**
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: **10.10.2016**
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: **10.10.2016, Бюл.№ 19**

(72) Винахідник(и):
**Коробко Андрій Іванович (UA),
Лебедев Анатолій Тихонович (UA),
Лебедев Сергій Анатолійович (UA),
Назарко Ольга Олександрівна (UA),
Подригало Михайло Абович (UA),
Радченко Юлія Андріанівна (UA)**

(73) Власник(и):
**ДЕРЖАВНА НАУКОВА УСТАНОВА
"УКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ
ІНСТИТУТ ПРОГНОЗУВАННЯ ТА
ВИПРОБУВАННЯ ТЕХНІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ
ДЛЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРЬСЬКОГО
ВИРОБНИЦТВА ІМЕНІ ЛЕОНІДА
ПОГОРІЛОГО" ХАРКІВСЬКА ФІЛІЯ,
вул. Котлова, 236, м. Харків, 61139 (UA),
Коробко Андрій Іванович,
вул. Школьная, 11, с. Красна Поляна,
Зміївський р-н, Харківська обл., 63411 (UA),
Лебедев Анатолій Тихонович,
пр. Науки, 19-6, кв. 24, м. Харків, 61125
(UA),
Лебедев Сергій Анатолійович,
вул. Ярослава Мудрого, 33-а, кв. 13, м.
Харків, 61024 (UA),
Назарко Ольга Олександрівна,
вул. Валентинівська, 3-а, кв. 39, м. Харків,
61168 (UA),
Подригало Михайло Абович,
вул. Державинська, 2, кв. 148, м. Харків,
61001 (UA),
Радченко Юлія Андріанівна,
пров. Квартальний, 4, кв. 131, смт Пісочин,
Харківський р-н, Харківська обл., 62416 (UA)**

UA 110316 U

(54) СПОСІБ ДІАГНОСТУВАННЯ АГРЕГАТІВ І ВУЗЛІВ ГАЛЬМІВНИХ СИСТЕМ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

(57) Реферат:

Спосіб діагностування технічного стану гальмівних систем транспортних засобів в цілому і їх вузлів і агрегатів окремо, що базується на дорожньому методі випробувань гальмівних систем. Проводять визначення технічного стану гальмівних систем транспортних засобів в цілому і їх вузлів і агрегатів окремо дорожнім методом випробувань з використанням нових діагностичних, що вимірюють вимірювальним комплексом (на основі давачів прискорення) зі спеціальним програмним забезпеченням.





ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **114957** (13) **U**
(51) МПК
B60T 17/22 (2006.01)

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки:	u 2016 10524	(72) Винахідник(и):	Коробко Андрій Іванович (UA), Лебедев Анатолій Тихонович (UA), Лебедев Сергій Анатолійович (UA), Михайлова Олеся Олександрівна (UA), Радченко Юлія Андріанівна (UA)
(22) Дата подання заявки:	17.10.2016	(73) Власник(и):	ДЕРЖАВНА НАУКОВА УСТАНОВА "УКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ ПРОГНОЗУВАННЯ ТА ВИПРОБУВАННЯ ТЕХНІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА ІМЕНІ ЛЕОНІДА ПОГОРІЛОГО" ХАРКІВСЬКА ФІЛІЯ, вул. Котлова, 236, м. Харків, 61139 (UA), Коробко Андрій Іванович, вул. Шкільна, 11, с. Красна Поляна, Зміївський р-н, Харківська обл., 63411 (UA), Лебедев Анатолій Тихонович, пр. Леніна, 19-б, кв. 24, м. Харків, 61125 (UA), Лебедев Сергій Анатолійович, вул. Петровського, 33-а, кв. 13, м. Харків, 61024 (UA), Михайлова Олеся Олександрівна, вул. Шкільна, 11, с. Красна Поляна, Зміївський р-н, Харківська обл., 63411 (UA), Радченко Юлія Андріанівна, пров. Квартальний, 4, кв. 131, смт Пісочин, Харківський р-н, Харківська обл., 62416 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель:	27.03.2017		
(46) Публікація відомостей про видачу патенту:	27.03.2017, Бюл.№ 6		

UA 114957 U

(54) СТЕНД ДЛЯ ВИПРОБУВАННЯ СТОЯНКОВИХ ГАЛЬМ МОБІЛЬНИХ (ТЯГОВИХ) І СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН

(57) Реферат:

Стенд для випробовування стоянкових гальм мобільних (тягових) і сільськогосподарських машин містить систему приводу стенда, що складається із силового циліндра (4) і пневмогідросистеми (5), блока керування (6) із засобами вводу-виводу і візуалізації інформації. Стенд додатково містить дві (на кожне колесо осі) рухомі опорні площадки з контактною поверхнею (1), давачі маси (2), давачі переміщення площадки (3) та чотири противідкатні опори (7).





УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **119256** (13) **U**
(51) МПК**G01M 17/007** (2006.01)**G01M 17/06** (2006.01)МІНІСТЕРСТВО
ЕКОНОМІЧНОГО
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ
УКРАЇНИ**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**

(21) Номер заявки: u 2016 12010 (22) Дата подання заявки: 28.11.2016 (24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 25.09.2017 (46) Публікація відомостей про видачу патенту: 25.09.2017, Бюл.№ 18	(72) Винахідник(и): Коробко Андрій Іванович (UA), Лебедєв Анатолій Тихонович (UA), Лебедєв Сергій Анатолійович (UA), Назарько Ольга Олександрівна (UA), Подригало Михайло Абович (UA), Радченко Юлія Андріанівна (UA) (73) Власник(и): ДЕРЖАВНА НАУКОВА УСТАНОВА "УКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ ПРОГНОЗУВАННЯ ТА ВИПРОБУВАННЯ ТЕХНІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА ІМЕНІ ЛЕОНІДА ПОГОРІЛОГО" ХАРКІВСЬКА ФІЛІЯ, вул. Котлова, 236, м. Харків, 61139 (UA), Коробко Андрій Іванович, вул. Школьная, 11, с. Красна Поляна, Зміївський р-н, Харківська обл., 63411 (UA), Лебедєв Анатолій Тихонович, пр. Науки, 19-б, кв. 24, м. Харків, 61125 (UA), Лебедєв Сергій Анатолійович, вул. Ярослава Мудрого, 33-а, кв. 13, м. Харків, 61024 (UA), Назарько Ольга Олександрівна, вул. Валентинівська, 3-а, кв. 39, м. Харків, 61000 (UA), Подригало Михайло Абович, вул. Державінська, 2, кв. 148, м. Харків, 61001 (UA), Радченко Юлія Андріанівна, пров. Квартальний, 4, кв. 131, смт Пісочин, Харківський р-н, Харківська обл., 62416 (UA)
--	---

UA 119256 U

(54) СПОСІБ ВИМІРЮВАННЯ КУТА ПОПЕРЕЧНОЇ СТАТИЧНОЇ СТІЙКОСТІ ТЯГОВО-ТРАНСПОРТНИХ ПРИЧІПНИХ МАШИН**(57) Реферат:**

Спосіб вимірювання кута поперечної статичної стійкості тягово-транспортних і причіпних машин полягає у зважуванні бортів машини у горизонтальному положенні, підйомі одного із бортів на довільний кут, зважуванні бортів машини у нахиленому положенні, причому проводиться вимірювання кута, на який здійснено підйом одного із бортів машини, і за показником коефіцієнта приросту ваги за спеціальною таблицею визначається кут поперечної стійкості машини, що дозволяє підвищити точність вимірювання за рахунок зменшення похибки непрямих вимірювань, зменшення працевитрат на виконання способу за рахунок відсутності необхідності розрахунку координат центру мас машини та підвищити безпеку виконання способу за рахунок відсутності необхідності піднімати борт машини до критичного кута.





УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **122871** (13) **U**
 (51) МПК (2017.01)
G01M 1/00
G01M 17/00
G01B 5/24 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО
 ЕКОНОМІЧНОГО
 РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ
 УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2017 08976 (22) Дата подання заявки: 08.09.2017 (24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 25.01.2018 (46) Публікація відомостей про видачу патенту: 25.01.2018, Бюл.№ 2	(72) Винахідник(и): Коробко Андрій Іванович (UA), Лебедев Анатолій Тихонович (UA), Лебедев Сергій Анатолійович (UA), Подригало Михайло Абович (UA) (73) Власник(и): ДЕРЖАВНА НАУКОВА УСТАНОВА "УКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ ПРОГНОЗУВАННЯ ТА ВИПРОБУВАННЯ ТЕХНІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА ІМЕНІ ЛЕОНІДА ПОГОРІЛОГО" ХАРКІВСЬКА ФІЛІЯ, вул. Котлова, 236, м. Харків, 61139 (UA), Коробко Андрій Іванович, вул. Шкільна, 11, с. Красна Поляна, Зміївський р-н, Харківська обл., 63411 (UA), Лебедев Анатолій Тихонович, пр. Науки, 19-б, кв. 24, м. Харків, 61125 (UA), Лебедев Сергій Анатолійович, вул. Ярослава Мудрого, 33-а, кв. 13, м. Харків, 61024 (UA), Подригало Михайло Абович, вул. Державінська, 2, кв. 148, м. Харків, 61001 (UA)
---	---

UA 122871 U

(54) СТЕНД ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ КУТА ПОПЕРЕЧНОЇ СТІЙКОСТІ МАШИН МЕТОДОМ ПОСЛІДОВНОГО ЗВАЖУВАННЯ

(57) Реферат:

Стенд для вимірювання кута поперечної стійкості машин методом послідовного зважування має привід стенда (4), блок управління (5) із засобами вводу-виводу і візуалізації інформації. З метою підвищення безпеки випробувань, зменшення енергетичних, матеріальних і трудових ресурсів при випробуваннях підвищення точності вимірювання кута поперечної стійкості машини стенд має дві (на кожен борт машини) платформи (1.1, 1.2), здатні переміщуватись у вертикальному напрямку, в яких вмонтовані контактні ваговимірювальні поверхні (2.1, 2.2), силові циліндри (3.1, 3.2), один вимірювач кута нахилу машини (6).





УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **122872** (13) **U**
 (51) МПК (2017.01)
G01M 1/00
G01M 17/00
G01B 5/24 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО
 ЕКОНОМІЧНОГО
 РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ
 УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки:	и 2017 08979	(73) Власник(и):	ДЕРЖАВНА НАУКОВА УСТАНОВА "УКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ ПРОГНОЗУВАННЯ ТА ВИПРОБУВАННЯ ТЕХНІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА ІМЕНІ ЛЕОНІДА ПОГОРІЛОГО" ХАРКІВСЬКА ФІЛІЯ, вул. Котлова, 236, м. Харків, 61139 (UA), Коробко Андрій Іванович, вул. Шкільна, 11, с. Красна Поляна, Зміївський р-н, Харківська обл., 63411 (UA), Лебедєв Анатолій Тихонович, пр. Науки, 19-б, кв. 24, м. Харків, 61125 (UA), Лебедєв Сергій Анатолійович, вул. Ярослава Мудрого, 33-а, кв. 13, м. Харків, 61024 (UA), Подригало Михайло Абович, вул. Державінська, 2, кв. 148, м. Харків, 61001 (UA)
(22) Дата подання заявки:	08.09.2017	(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель:	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту:	25.01.2018, Бюл.№ 2	(72) Винахідник(и):	

(54) СТЕНД ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ КУТА ПОПЕРЕЧНОЇ СТІЙКОСТІ МАШИН, ЩО РУХАЮТЬСЯ, МЕТОДОМ ПОСЛІДОВНОГО ЗВАЖУВАННЯ**(57) Реферат:**

Стенд для вимірювання кута поперечної стійкості машин, що рухаються, методом послідовного зважування містить блок керування стендом (6) із засобами обробки і візуалізації інформації. З метою підвищення безпеки випробувань, зменшення енергетичних, матеріальних і трудових ресурсів при випробуваннях, підвищення точності вимірювання кута поперечної стійкості машини містить майданчики (1, 2, 3, 4) на кожному з яких розміщено контактну поверхню з платформеними вагами, що забезпечують послідовне зважування машини по бортах і колесах, один вимірювач кута поперечного нахилу машини (5), вертикальний виступ (7) з можливістю в'їзду на нього і з'їзду з нього, направляючі стенда (8, 9) з обмежувальними бортиками безпеки, по яких рухається машина.

U
 122872
 UA

ДОДАТОК Г

СОУ-П УкрНДПВТ ім. Леоніда Погорілого 71.3-37-046043090-017:2015

Сільськогосподарська техніка. Визначення тягових показників тракторів. Метод парціальних прискорень



СОУ УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого 71.3-37-046043090-017:2015	
ПЕРЕДМОВА	
1 РОЗРОБЛЕНО: Харківська філія Державної наукової установи «Український науково-дослідний інститут прогнозування та випробування техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва імені Леоніда Погорілого» (Харківська філія УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого); Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. П. Василенка (ХНТУСГ ім. П. Василенка). РОЗРОБИЛИ: Ю. Козлов, А. Коробко, канд. техн. наук, А. Лебелєв, д-р техн. наук, проф. (науковий керівник), В. Шейн (від ХФ УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого), М. Шулик, канд. техн. наук (від ХНТУСГ ім. П. Василенка). 2 ПРИЙНЯТО ТА НАДАНО ЧИННОСТІ: Наказ УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого № 2 від 14.01.2016 р. 3 ВВЕДЕНО ВПЕРШЕ	
Право власності на цей документ належить УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого. Відповідно, створювати і розповсюджувати його повністю або частково на будь-яких носіях інформації без офіційного дозволу заборонено. Створення зручностей при власності треба повертати до УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого	
II	III

ДОДАТОК Д

МВ 1-01:2017 Методика випробувань. Вимірювання кута поперечної стійкості машин

Міністерство аграрної політики та продовольства України
ХАРКІВСЬКА ФІЛІЯ ДЕРЖАВНОЇ НАУКОВОЇ УСТАНОВИ
«УКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ
ПРОГНОЗУВАННЯ ТА ВИПРОБУВАННЯ ТЕХНІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ
ДЛЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА
ІМЕНІ ЛЕОНІДА ПОГОРІЛОГО»
/Харківська філія УкрНДІПВТ ім. Л.Погорілого/
Поштова адреса: 61139, м. Харків, вул. Котлова, 236
Телефони: тел./факс: (057) 712-94-74; (057) 712-90-72
(050) 300-53-00; (050) 300-53-46;
E-mail: hfukrcct@mail.ru

ЗАТВЕРДЖУЮ
Директор Харківської філії
УкрНДІПВТ ім. Л.Погорілого
С.А. Лебедєв
«28» грудня 2017 р

МЕТОДИКА ВИПРОБУВАНЬ
Вимірювання кута поперечної стійкості машин

Ідентифікаційний номер № **МВ 1-01:2017**
Місцезнаходження контрольного примірника: архів філії
Кількість актуалізованих копій 2 екземплярів

Харків 2017

ХФ УкрНДІПВТ ім. Л.Погорілого	МВ 1-01:2017	Стр. 2 Всього 13 Редакція 1-2017
----------------------------------	--------------	-------------------------------------

МЕТОДИКА ВИПРОБУВАНЬ
Вимірювання кута поперечної стійкості машин

Автори:
Провідний науковий співробітник, канд. техн. наук, доц. Коробко А. І.

© Державна наукова установа «Український науково-дослідний інститут прогнозування та випробування техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва ім. Л.Погорілого», Харківська філія.

Випробувальна лабораторія Харківська філія	Форма	Ф12/ПСУ 7.2-02
	Зведений звіт про валідацію	Аркуш-1 Всього аркушів-10 Оновлення 2019-04-30

ЗАТВЕРДЖУЮ
Директор Харківської філії
УкрНДІПВТ ім. Л.Погорілого
С.А. Лебедєв
«30» квітня 2019 р.
М.П.
Зведений звіт про валідацію

Позначення та найменування методу МВ 1-01:2017 Методика випробування. Вимірювання кута поперечної стійкості машин
Засіб виміральної техніки Ваги автомобільні електронні ВАПО-15, зав. № 1023, Кутомір-ухиломір Multi Digit Pro, зав. № 33487

1. Обґрунтування методу послідовного зважування для вимірювання кута статичної стійкості машин.

При розташуванні машини на поверхні з поперечним ухилом відбувається перерозподіл її ваги між бортами (рис. 1).

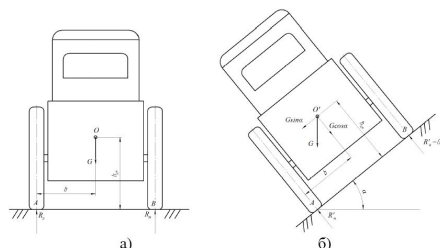


Рис. 1. Схема сил, що діють на машину на горизонтальній поверхні а) і на ухилі критичної величини б)

Експериментально доведено, що вага машини перерозподіляється за лінійною залежністю. При досягненні кута ухилу, при якому вектор сили тяжіння буде проходити через точку опори, наступить момент «байдужої рівноваги», коли уся вага машини буде розподілена на борт, що знаходиться нижче за схилом (реакція розвантаженого борту буде дорівнювати нулю – див. рис. 1 б). Збурюючий момент буде створювати складова сили тяжіння $G \cdot \sin \alpha$ (рис. 1 б)

Випробувальна лабораторія Харківська філія	Форма	Ф12/ПСУ 7.2-02
	Зведений звіт про валідацію	Аркуш-10 Всього аркушів-10 Оновлення 2019-04-30

- не більше 1°;
- діапазон вимірюваних значень кута поперечної стійкості – 25° – 45°;
- кут, на який піднімається борт машини – 5° – 15°.
- сфера застосування: машини сільськогосподарські, трактори, причепи.

3. Результати експериментального дослідження

Позначення	найменування	Експериментальні значення	Критичне значення критерію (P=0,95)	Розрахункове значення критерію	Відмітка про відповідність/невідповідність
S _r	Стандартне відхилення збіжності	0,20	F _{кр} =3,35	3	відповідає
S _с	Стандартне відхилення лабораторного зміщення	0,093	F _{кр} =5,41	1,25	відповідає
S _к	Стандартне відхилення відтворюваності	0,26	F _{кр} =9,28 t _{кр} =2,57	1,22 0,52	відповідає
Rec	Правильність	0,0104	t _{кр} =2,57	0,04	відповідає

Висновок: **методика придатна до використання**

Звіт складено **А. І. Коробко**

Керівник ВЛ **Т. О. Балабай**