

ДО ПИТАННЯ ВПРОВАДЖЕННЯ В УКРАЇНІ ЄВРОПЕЙСЬКИХ ПІДХОДІВ ДО ВИПРОБУВАННЯ ПНЕВМАТИЧНИХ ГАЛЬМІВНИХ СИСТЕМ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ПРИЧЕПІВ

Постельга С.

<https://orcid.org/0000-0003-1563-3137>

e-mail: korm_lab@ukr.net

УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого

Анотація

Мета досліджень: впровадження в Україні технічних вимог Делегованого Регламенту Комісії ЄС 2015/68 до параметрів пневматичних гальмівних систем сільськогосподарських причепів шляхом підготовки методичної та технічної бази.

Методи досліджень: дослідження проводилися згідно з методами, наведеними в Commission delegated Regulation (EU) 2015/68, 2015; СОУ УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого 01.1-37-04604309-008 та ДСТУ 1.5.

Основними показниками ефективності пневматичної гальмівної системи причепа, які необхідно визначити під час випробувань із оцінки відповідності, є такі: ефективність гальмівної системи при холодних гальмах (тест типу 0); втрата ефективності гальмівної системи при розігрітих гальмах (тест типу 1); ефективність аварійного автоматичного гальмування; час спрацьовування гальм; потужність пристроїв зберігання енергії.

Результати досліджень: для проведення тестування пневматичної гальмівної системи причепа в УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого розроблено, виготовлено й налаштовано пневматичний імітатор гальмування, який замінює трактор для приводу в дію гальмівної системи причепа, задіяно серійні засоби вимірювальної техніки.

У результаті проведеної роботи розроблено й апробовано робочу інструкцію «Гальма-1. Ефективність гальмівної системи»; розроблено, погоджено та затверджено стандарт УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого «Сільськогосподарська техніка. Пневматичні гальмівні системи сільськогосподарських причепів. Методи випробувань». Результати досліджень упроваджено під час випробувань для європейського затвердження типу сільськогосподарських причепів виробництва ТОВ «ВАРЗ».

Висновки. Розроблені методична та технічна бази сприяють упровадженню в Україні технічних вимог Делегованого Регламенту Комісії ЄС 2015/68 до параметрів пневматичних гальмівних систем сільськогосподарських причепів, дають змогу проводити тестування техніки вітчизняних виробників без її вивезення за межі України та отримувати сертифікати затвердження типу європейського зразка.

Ключові слова: сільськогосподарські причепа, пневматична гальмівна система; тестування; імітатор гальмування; сертифікат затвердження типу.

Вступ. Сільськогосподарські причепа та причіпне обладнання є важливими елементами багатьох фермерських господарств і сільськогосподарських підприємств. Регулярне використання причепів неминуче призводить до зносу та руйнування гальмівних систем. Оскільки причепа перевозять важкі вантажі як

на приватних ділянках, так і на дорогах загального користування, їхнє технічне обслуговування та утримання є важливими для зменшення ризику механічних несправностей і можливих нещасних випадків і травм.

Нещодавній звіт Міжнародної організації з безпеки праці HSE (Health and

Safety Executive) щодо безпеки гальм сільськогосподарських тракторів і причепів показав, що 90% протестованих причепів не відповідали нормативним вимогам до гальм [Trailer brake testing, 2021].

У світі за останні двадцять років проведено багато досліджень із розроблення та вдосконалення схем і конструкційних елементів пневматичних гальмівних систем транспортних засобів, у тому числі з використанням математичного моделювання [Zhang et al., 2009; Kulesza et al., 2010; Li et al., 2011; Kamiński, 2012; 2013; Selvaraj et al., 2014; Kamiński et al., 2015; Zhang et al., 2017; Kulikowski et al., 2019; Liu et al., 2019; Jing et al., 2020; Szpica et al., 2022].

В Європейському Союзі з 1 січня 2016 року запроваджено новий регламент ЄС стосовно введення в обіг сільськогосподарських і лісогосподарських тракторів, причепів та змінних причіпних машин [Regulation (EU) № 167/2013, 2013] щодо затвердження типу і нагляду за ринком сільськогосподарських та лісогосподарських транспортних засобів і п'ять делегованих регламентів Комісії ЄС, якими замінено Директиву 2003/37/ЄС [Directive 2003/37/ЄС, 2003] і 23 окремі Директиви ЄС, які встановлюють вимоги до складових частин, вузлів і характеристик тракторів, причепів, причіпних машин [Кравчук В. та ін., 2018]. Вимоги до гальмівних систем встановлені Делегованим регламентом 2015/68 Комісії ЄС [Commission delegated Regulation (EU) 2015/68, 2015].

Зараз для України дуже важливим напрямом економічної діяльності є врахування сучасних європейських норм під час виготовлення вітчизняної продукції з підвищенням її безпечності та конкурентоспроможності, а в підсумку — усунення технічних бар'єрів у торгівлі, зокрема в галузі сільськогосподарських і лісогосподарських тракторів, причепів і причіпних машин [Кравчук та ін., 2018].

Постановка завдань. Основною групою складових частин і вузлів, які забезпечують безпечність транспортного засобу під час руху дорогами загального призначен-

ня і вимоги до яких регламентовані окремим Делегованим регламентом Комісії ЄС № 2015/68, є гальмівні системи [Погорілий В. та ін., 2019]. Встановлення правильної та ефективної роботи робочої гальмівної системи є досить складним процесом у методичному й технічному плані, тому освоєння і впровадження в Україні європейських процедур із оцінки відповідності пневматичних гальмівних систем сільськогосподарських причепів є досить актуальним.

Метою цієї роботи є впровадження в Україні технічних вимог Делегованого Регламенту Комісії ЄС 2015/68 до параметрів пневматичних гальмівних систем сільськогосподарських причепів шляхом підготовки методичної та технічної бази.

У ході роботи перед колективом УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого виникнули такі завдання:

- аналіз вимог і методів визначення параметрів пневматичних гальмівних систем сільськогосподарських причепів, запроваджених у ЄС;
- розроблення схеми механічної частини та блока керування пневматичного імітатора гальмування;
- виготовлення, налаштування і калібрування дослідного зразка імітатора гальмування;
- розроблення робочої інструкції для визначення параметрів пневматичних гальмівних систем;
- розроблення, погодження та затвердження стандарту УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого «Сільськогосподарська техніка. Пневматичні гальмівні системи сільськогосподарських причепів. Методи випробувань»;
- впровадження результатів роботи під час випробувань сільськогосподарських причепів із метою отримання виробником європейського сертифіката затвердження типу.

Методи і матеріали. Встановлення вимог до пневматичних гальмівних систем і методів їхнього визначення здійснювалося детальним аналізуванням Делегованого регламенту Комісії ЄС 2015/68

[Commission delegated Regulation (EU) 2015/68, 2015]. Розроблення, виготовлення та калібрування пневматичного імітатора гальмування виконували згідно з п. 4.3.1 додатку 3 цього ж регламенту.

Регламент Комісії ЄС № 2015/68 встановлює детальні технічні вимоги та процедури випробувань, які стосуються функціональної безпеки щодо роботи гальмівної системи для затвердження та нагляду за ринком сільськогосподарських і лісгосподарських транспортних засобів. Основними показниками ефективності пневматичної гальмівної системи причепа, які необхідно визначити під час випробувань із оцінки відповідності, є такі:

- тест типу 0 (визначення ефективності гальмівної системи сільськогосподарського причепа при холодних гальмах);
- тест типу 1 (випробування на втрату ефективності гальмівної системи сільськогосподарського причепа при розігрітих гальмах);
- ефективність аварійного автоматичного гальмування;
- час спрацювання гальм;
- потужність пристроїв зберігання енергії.

Проведення тесту типу 0, тесту типу 1 і тесту на аварійне гальмування аналогічні, але вони проводяться за різних умов:

- тест типу 0: температура на зовнішній поверхні гальмівних барабанів менше 100 °C;
- тест типу 1: температура на зовнішній поверхні гальмівних барабанів більше 100 °C;
- аварійне гальмування: температура на зовнішній поверхні гальмівних барабанів менше 100 °C;
- аварію імітували розгерметизацією магістралі живлення.

Ефективність гальмування причепа визначалася на підставі коефіцієнта гальмування трактора з причіпним транспортним засобом при гальмуванні лише причіпного транспортного засобу. Параметри визначалися при гальмуванні агрегата гальмами причепа, не використовуючи гальма трактора, за допомогою пневма-

тичного імітатора згідно з регламентом (ЄС) №2015/68 II додаток доповнення 1-2 [Commission delegated Regulation (EU) 2015/68, 2015].

Коефіцієнт гальмування автопоїзда розраховувався за формулою:

$$Z_{R+M} = \frac{d_m}{g},$$

де d_m – сповільнення, м/с²
 g – прискорення вільного падіння, $g=9,81$, м/с²

Коефіцієнт гальмування причепа (розрахунок за статичними реакціями) :

$$Z_R = (Z_{R+M} - R) \cdot \frac{F_M + F_R}{F_R} + R,$$

де F_M – загальна статична реакція дорожнього покриття на колеса трактора;

F_R – загальна статична реакція дорожнього покриття на колеса причепа;

R – коефіцієнт опору коченню, $R = 0,02$.

Час спрацювання гальм і потужність пристроїв зберігання енергії визначалися на нерухомому завантаженому причепі з використанням імітатора гальмування.

Розроблення робочої інструкції для визначення параметрів пневматичних гальмівних систем виконано на підставі ретельного вивчення призначення, технічних характеристик і порядку застосування серійних засобів вимірювальної техніки для вимірювання та визначення необхідних параметрів і характеристик для тестування пневматичних гальмівних систем.

Розроблення, погодження та затвердження СОУ УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого «Сільськогосподарська техніка. Пневматичні гальмівні системи сільськогосподарських причепів. Методи випробувань» здійснювали з дотриманням вимог СОУ УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого 01.1-37-04604309-008, щодо організації та порядку розроблення та ДСТУ 1.5:2015.

Випробування причепів проводилися з дотриманням положень розробленої робочої інструкції та розробленого СОУ «Сільськогосподарська техніка. Пневма-

тичні гальмівні системи сільськогосподарських причепів. Методи випробувань» [СОУ 71.2-37-04604309-941-2022].

Результати. На основі аналізу методів визначення перерахованих показників встановлено, що для їхнього практичного визначення необхідно розробити й виготовити імітатор гальмування, який би замінював трактор для приводу в дію гальмівної системи причепа та задавання і контролю тиску в магістралях живлення та управління, вимірювання часу спрацьовування гальм, а також задіяти прилад для визначення ефективності гальмівних систем «Ефект-02», за допомогою якого можна визначити гальмівний шлях і сповільнення транспортного засобу, пневматичні манометри для вимірювання і фіксування тиску в ресивері та гальмівній камері транспортного засобу, пірометр для вимірювання температур на тормозних барабанах, ваги автомобільні переносні для вимірювання навантаження на колеса, осі та зчпний пристрій трактора і причепа [Погорілий та ін., 2019; Постельга, 2020].

Розроблений і виготовлений дослідний зразок пневматичного імітатора гальмування складається з механічної частини (рис. 1) та блоку керування (рис. 2).

Для налаштування імітатора проведено калібрування параметрів його механічних складових частин: діаметр дросельного отвору; внутрішній діаметр металевої трубки повітряної магістралі; довжина металевої трубки повітряної магістралі; об'єм тестувальних резервуарів; внутрішній діаметр з'єднання гальмівної головки до резервуара.

Імітатор відрегульований таким чином, що під час приєднання до нього резервуара місткістю 380 см³ час, необхідний для підвищення тиску з 65 до 490 кПа (відповідно 10 % та 75 % номінального тиску 650 кПа), становив 0,2 секунди, а під час приєднання резервуара місткістю 1157 см³ – 0,4 секунди.

Для досягнення необхідної точності вимірювань параметрів і характеристик, відтворюваності результатів вимірювань



Рисунок 1 – Механічна частина імітатора:

- 1 - ресивер місткістю 30 л;
- 2 - сполучні головки для під'єднання живильної магістралі і магістралі керування пневматичної гальмівної системи причепа;
- 3 - кран для заповнення ресивера повітрям і регулювання тиску повітря в ньому;
- 4 - електромагнітний клапан подачі повітря в гальмівну систему причепа і подачі сигналу для початку відліку часу таймером;
- 5 - штуцер із дросельним отвором;
- 6 - датчик тиску;
- 7 - манометр для контролю необхідного тиску в ресивері

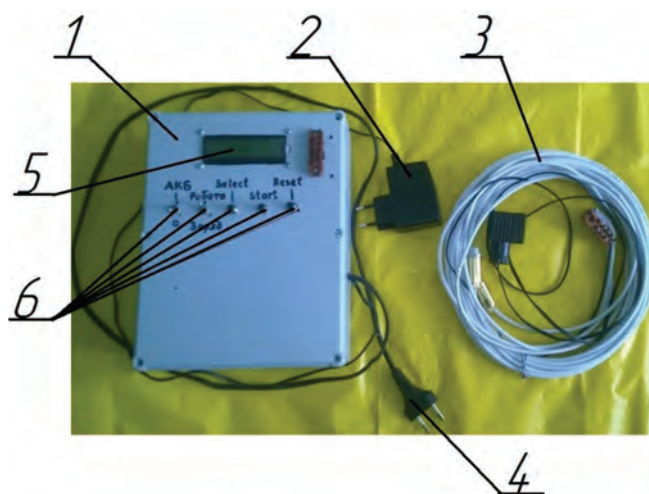


Рисунок 2 – Блок керування імітатором:

- 1 - корпус;
- 2 - блок живлення електромагнітного клапана;
- 3 - з'єднувальний кабель;
- 4 - штекер підключення зарядної плати АКБ до мережі змінного струму 230 В;
- 5 - дисплей;
- 6 - кнопки управління

розроблено детальну робочу інструкцію. Під час розроблення робочої інструкції

Таблиця 1 – Параметри гальмівної системи причепа під час проведення тестів

Параметр	Тест типу 0		Тест типу 1		Аварійний тест	
	діапазон	середнє	діапазон	середнє	діапазон	середнє
Сповільнення, $dm(J)$, m/s^2	1,54-2,64	2,0	1,43-2,72	1,95	1,3-2,51	2,1
Швидкість до гальмування, км/год	35,6-40,2	38,1	35-40	37,9	35-40	37,3
Тиск в гальмівній камері після гальмування, кПа	550-290	310	580-310	438	550-300	427
Температура на гальмівних барабанах, °C	26-90	59	115-144	125,4	102-144	120
Тиск в магістралі керування, кПа	650-340	497	700-345	511	650-340	495
Коефіцієнт гальмування тракторопоезда Z_{R+M}	0,14-0,27	0,21	0,15-0,28	0,23	0,13-0,26	0,19
Коефіцієнт гальмування причепа Z_R	0,30-0,59	0,46	0,33-0,61	0,43	0,28-0,56	0,40

ретельно вивчено призначення, технічні характеристики і порядок використання серійних засобів вимірювальної техніки для вимірювання та визначення необхідних параметрів і характеристик для тестування пневматичних гальмівних систем.

Апробація робочої інструкції проводилася під час визначення ефективності пневматичних гальмівних систем перевантажувального бункера-накопичувача ПБН-20-2 виробництва ТОВ «Завод Кобзаренка».

Розроблена й апробована робоча інструкція «Гальма-1. Ефективність гальмівної системи» визначає покрокову детальну процедуру проведення тесту типу 0, тесту типу 1, встановлення ефективності аварійного автоматичного гальмування, часу спрацювання гальм, потужності накопичувачів енергії і дає змогу проводити процедуру випробувань, яка забезпечує отримання значень параметрів гальмування з необхідною точністю і достовірністю.

На основі результатів попередніх етапів роботи розроблено, погоджено та затверджено стандарт УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого «Сільськогосподарська техніка. Пневматичні гальмівні системи сільськогосподарських причепів. Методи випробувань» [СОУ 71.2-37-04604309-941-2022].

Відповідно до вимог розробленого стандарту за заявкою ТОВ «ВАРЗ» та про-

грамою випробувань латвійського центру сертифікації STC, здійснено випробування сільськогосподарського причепа «PS 1008» для проведення процедури європейського затвердження типу. Одним із розділів програми випробувань був розділ із оцінки ефективності робочої гальмівної системи.

Для проведення тестів імітатор встановлювався на тягачеві. Роз'єми з'єднувального кабелю блока керування під'єднувалися до електромагнітного клапана імітатора та датчиків тиску на імітаторі та найвіддаленішій гальмівній камері причепа.

Результати визначення параметрів гальмівної системи причепа під час тестів типу 0, 1 та аварійного гальмування наведено в таблиці 1 [Протокол № 01-248 Тр-2022].

Діаграми співставлення результатів випробувань із межами сумісності наведені на рисунку 3.

Як видно з рисунку 3, отримані при випробуваннях типу 0, типу 1 та аварійного гальмування значення коефіцієнтів гальмування причепа сумісні з межами допустимих співвідношень згідно з Регламентом 2015/68, Додаток II, доповнення 1.

Середнє значення коефіцієнта гальмування причепа Z_R під час тесту типу 0 становило 0,46. Середнє значення коефіцієнта гальмування причепа Z_R під час тесту типу 1 становило 0,43. Зниження ефек-

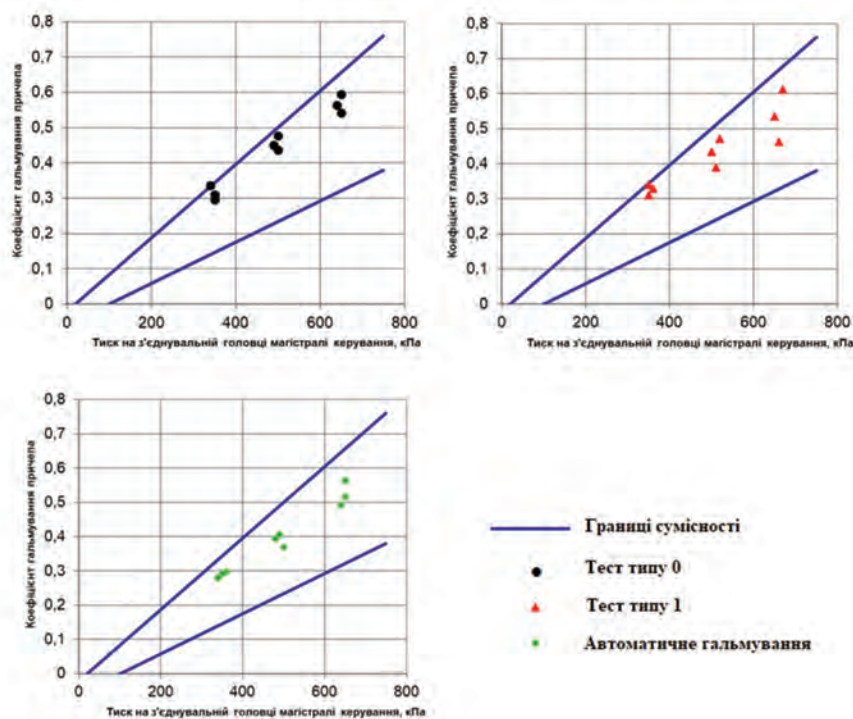


Рисунок 3 – Діаграма співставлення результатів тестування завантаженого причепа «PS 1008» із межами сумісності (тест 0, тест 1 та аварійне гальмування)

тивності розігрітих гальм сягало 6,5 %. Середнє значення коефіцієнта аварійного гальмування причепа Z_R становило 0,40. Зниження ефективності аварійного гальмування порівняно з гальмуванням холодними гальмами становило 13 %. Зниження ефективності автоматичного гальмування порівняно з гальмуванням розігрітими гальмами становило 7 %.

Процедуру вимірювання часу спрацювання гальм причепа з використанням пневматичного

ної системи тиск у ресивері причепа становив 750 кПа, після 8 повних спрацювань гальмівної системи – 450 кПа, що становило 58,9 % і є більшим, ніж нормативне співвідношення 50% відповідно до п. 1.3.1 Додатку IV Регламенту № 2015/68.

За результатами проведених випробувань причепа «PS 1008» із застосуванням розроблених обладнання, робочої інструкції та СОУ ТОВ «ВАРЗ» було видано

імітатора гальмування зображено на рисунку 4, а результати часу спрацювання гальм наведено в таблиці 2 [Протокол № 01-248Тр-2022].

Як видно з таблиці 2, час спрацювання гальм тестованого причепа відповідав нормативним значенням (не більше 0,4 с) згідно з п. 4.5.1 Додатку III Регламенту № 2015/68.

Результати визначення потужності пристроїв зберігання енергії наведено в таблиці 3 [Протокол № 01-248 Тр-2022].

Як видно з таблиці 3, після першого повного спрацювання гальмів-



Рисунок 4 – Робочий процес вимірювання часу спрацювання гальм

Таблиця 2 – Результати часу спрацювання гальм причепа з використанням пневматичного імітатора гальмування

Показник	Значення показника згідно Реглам. 2015/68 (п. 4.5.1 Додатку III)	Результати тестування			
		1 повт	2 повт	3 повт	середнє
Тиск у магістралі, кПа	650,0	650,0	650,0	650,0	650,0
Час спрацювання, с	0,40 (від 65 до 490 кПа)	0,4	0,4	0,4	0,4
Тиск у гальмівній камері, кПа	Не регламентується	550,0	550,0	550,0	550,0

Таблиця 3 – Результати випробувань потужності ресивера

Показник	Значення показника згідно Рег. 2015/68 (п.1.3.1 Додатку IV)	Результати випробувань								
		Черговість повних спрацьовувань гальмівної системи								
		0	1	2	3	4	5	6	7	8
Тиск в ресивері ТС, кПа	Після 8 повних спрацьовувань гальмівної системи не менше 50% значення тиску після першого спрацьовування	850 до першого спрацьовування	750	690	650	600	550	530	470	450
Тиск у магістралі керування, кПа	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750
Тиск у гальмівній камері, кПа	Перед кожним гальмуванням 0	0	730	680	630	580	530	490	465	430

європейський сертифікат затвердження типу латвійським центром сертифікації STC (рис. 5).

Обговорення. У зарубіжних країнах значна увага приділяється розвитку методів і безпосередньому проведенню досліджень та випробувань пневматичних гальмівних систем транспортних засобів [Kamiński, 2012; Kamiński et al., 2012; Wang et al., 2017; Kulikowski et al., 2019; Liu et al., 2019; Kamiński et al., 2021; Bao et al., 2021; Hill, 2023,].

В Англії, за свідченнями багатьох керівників сільськогосподарських підприємств і власників фермерських господарств, приділяється значна увага тестуванню гальмівних систем великовантажних сільськогосподарських причепів перед початком сезонних транспортних робіт [Hill, 2023].

Розрізняють два типи випробувань гальм причепа: деселерометричне випробування і випробування на дорозі [Trailer brake testing, 2021]. Випробування на деселерометрі дає загальне уявлення про ефективність гальм, водночас випробування на дорозі показує більш детальну інформацію про стан і ефективність кожної осі, допомагаючи виявити конкретне місце і причину проблем. Для обох випробувань рекомендується проводити випробування з навантаженням, що стано-



Рисунок 5 – Сертифікат затвердження типу латвійського центру STC сільськогосподарських причепів виробництва ТОВ «ВАРЗ»

вить щонайменше 65% від проектної ваги осі транспортного засобу. Тести типу 0, 1 та ефективності аварійного гальмування під час випробувань причепа «PS 1008» проводили на дорозі з використанням деселерометра (прилад «Ефект-02»). Час спрацьовування гальм і потужність накопичувачів енергії пневматичного імітатора гальмування та манометра, встановленого на ресивері причепа.

Результати тестування компонентів і параметрів пневматичної гальмівної сис-

теми трактора, представлені польськими дослідниками, базувалися на вимірюванні значень коливань напруги від датчика тиску на зчпному пристрої, електронного уповільнювача та датчика тиску педалі гальма (зареєстрованих під час гальмування сільськогосподарського трактора за допомогою спеціальної системи вимірювання), на основі яких визначалися такі основні показники оцінки ефективності гальмівної системи, як гальмівний шлях і середнє повне значення гальмівного уповільнення [Kamiński et al., 2012].

Під час тестування на дорозі причепа «PS 1008» із використанням приладу «Ефект-02» визначали гальмівний шлях, швидкість і уповільнення, а на основі цих даних розраховували коефіцієнт гальмування причепа.

Проведені тестування параметрів пневматичних гальмівних систем достатні для визначення їхньої ефективності з метою затвердження типу за вимогами ЄС.

Висновки. Основними показниками ефективності пневматичної гальмівної системи причепа, які необхідно визначити під час випробувань із оцінки відповідності, є такі: тест типу 0; тест типу 1; ефективність аварійного автоматичного гальмування; час спрацювання гальм; потужність пристроїв зберігання енергії. Для визначення такого типу тестів розроблено, виготовлено й налаштовано пневматичний імітатор гальмування, який замінює трактор для приводу в дію гальмівної системи причепа та задіяно серійні засоби вимірювальної техніки.

У результаті проведеної роботи розроблено й апробовано робочу інструкцію «Гальма-1. Ефективність гальмівної системи»; розроблено, погоджено та затверджено стандарт УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого «Сільськогосподарська техніка. Пневматичні гальмівні системи сільськогосподарських причепів. Методи випробувань».

З використанням розробленої методичної та технічної бази проведено тестування гальмівних систем сільськогосподарських причепів вітчизняних

виробників без їхнього вивезення за межі України, що дало змогу отримати сертифікат затвердження типу європейського зразка.

Подальші дослідження можуть бути спрямовані на вирішення питання вимірювання зусилля у точці зчеплення трактора і причепа під час гальмування.

Перелік літератури

ДСТУ 1.5:2015. Національна стандартизація. Правила побудови, викладання, оформлення та вимоги до змісту нормативних документів, Київ, Держспоживстандарт України, 2015.

Кравчук, В., Цема, Т., Афанасьєва, С., Лисак, Л., Рижкова, С., Горбатова, І. (2018). Порівняльний аналіз національних вимог для затвердження типу тракторів, причепів, причіпних машин з новими європейськими нормами. Зб. наукових праць УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. Випуск 22 (36). С. 43-51.

Погорілий, В., Гапоненко, О. Постельга, С. (2019). Апробація нових європейських процедур оцінки відповідності гальмівних характеристик сільськогосподарських причепів. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: збірник наук. пр. ДНУ «УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого». – Вип. 24 (38). – С. 84-93.

Постельга, С. (2020). Тестування пневматичних гальмівних систем причепів. Тези наукових доповідей XX Міжнародної наукової інтернет-конференції «Науково-технічні засади розробки, випробування та прогнозування сільськогосподарської техніки і технологій», 25 вересня 2020 року, УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого; Україна, Дослідницьке, 2020. – 158 с.

Протокол № 01-248Тр-2022 испытаний прицепа сельскохозяйственного PS1008 на оценку соответствия согласно Регламенту Европейского Союза (ЕС) № 167/2013 (EU Regulation № 167/2013) об утверждении типа и надзора за рынком сельскохозяйственных и лесхозийственных транспортных средств. - Дослідниць-

ке, 2022. – 87 с.

СОУ УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого 01.1-37-04604309-008:2012. Організація та порядок розроблення нормативних документів УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, Дослідницьке, 2012.

СОУ УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого 71.2-37-04604309-2022. Сільськогосподарська техніка. Пневматичні гальмівні системи сільськогосподарських причепів. Методи випробувань. Дослідницьке, 2022.

Bao, H., Wang, Z., Liu, Z., Li, G. (2021). Study on Pressure Change Rate of the Automatic Pressure Regulating Valve in the Electronic-Controlled Pneumatic Braking System of Commercial Vehicle. *Processes*, V. 9, 938.

Commission delegated Regulation (EU) 2015/68 of 15 October 2014 supplementing Regulation (EU) No 167/2013 of the European Parliament and of the Council with regard to vehicle braking requirements for the approval of agricultural.

Directive 2003/37/EC of the European Parliament and of the Council of 26 May 2003 on type-approval of agricultural or forestry tractors, their trailers and interchangeable towed machinery, together with their systems, components and separate technical units and repealing Directive 74/150/EEC (Text with EEA relevance.) URL: <http://eur-lex.europa.eu>.

Hill, P. (2023). On-farm brake test: Getting trailers ready for harvest. *FARMERS Weekly*, 06.03.2023

Jing, Z., He, R. (2020). Electronic structural improvement and experimental verification of a tractor-semitrailer air brake system. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*. 234(8):2154–61

Kamiński, Z. (2013). Experimental and numerical studies of mechanical subsystem for simulation of agricultural trailer air braking systems. *International journal of heavy vehicle systems IJHVS* 20(4):289 – 311. DOI:10.1504/IJHVS.2013.056802.

Kamiński, Z., Czaban, J. (2012). Diagnosing of the agricultural tractor braking system within approval tests. January 2012. *Eksploracja i Niezawodność - Maintenance*

and Reliability 14(4):319-326

Kamiński, Z. (2012). Simulation and experimental testing of the pneumatic brake systems of agricultural vehicles. *Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, Białystok*.

Kamiński, Z., Kulikowski, K. (2015). Determination of the functional and service characteristics of the pneumatic system of an agricultural tractor with mechanical brakes using simulation methods. *Eksploracja i Niezawodność – Maintenance and Reliability*. V. 17 (3): 355–364, <http://dx.doi.org/10.17531/ein.2015.3.5>.

Kamiński, Z., Kulikowski, K. (2021). Impact of a modified braking valve for static and dynamic characteristics of pneumatic braking systems of agricultural trailers. *International Journal of Heavy Vehicle Systems*. Vol.28 No.2, pp.291 – 307.

Kulesza, Z., Siemieniako, F. (2010). Modeling the air brake system equipped with brake and relay valves. *Scientific Journals Maritime University of Szczecin*. V. 24 (96): 5-11.

Kulikowski, K., Kamiński, Z. (2019). Methods for improving the dynamic properties of the air braking systems of low-speed agricultural trailers. *The Archives of Automotive Engineering. Archiwum Motoryzacji*. V. 84 (2):5–22. DOI: <https://doi.org/10.14669/AM.VOL84.ART1>

Li, H., Xiaolong, W., Yunqing, Z., Jinglai, W., Liping C. (2011). Modeling and Simulation Vehicle Air Brake System. *Proceedings 8th Modelica Conference, Dresden, Germany, March 20-22, 2011*, DOI:10.3384/ecp11063430.

Liu, Q., Dong, Y., Zhao, L., Ma, C. (2019). Modeling, Control and Test of a Novel Electronic Pneumatic Brake System. *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.* 631, 042030. [Google Scholar]

Regulation (EU) No 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. URL: <http://eur-lex.europa.eu>

Selvaraj, M., (2014). Modeling and Simulation of Dynamic Behavior of Pneumatic Brake System at Vehicle Level, *SAE Techni-*

cal Paper 2014-01-2494.

Szpica, D., Kisiel, M., Czaban, J. (2022). Simulation Evaluation of the Influence of Selected Geometric Parameters on the Operation of the Pneumatic Braking System of a Trailer with a Differential Valve. September 2022. *Acta Mechanica et Automatica* 16(3):233-241. DOI:10.2478/ama-2022-0028

Trailer brake testing (2021). Posted at 15:50h in Safety Revolution Team by Safety Revolution. URL: <https://www.safetyrevolution.co.uk/2021/04/>

Zhang, H., Wu, J., Chen, W., Zhang, Y. (2009). Object oriented modelling and simulation of a pneumatic brake system with ABS. 2009 IEEE Intelligent Vehicles Symposium, IEEE. Xi'an. China. pp.780–785, <https://doi.org/10.1109/IVS.2009.5286982>

Zhang, R., Li, K., He, Z., Wang, H., You, F. (2017). Advanced emergency braking control based on a nonlinear model predictive algorithm for intelligent vehicles. *Appl. Sci.*, V. 7, 504, <https://doi.org/10.3390/app7054800>

References

Bao, H., Wang, Z., Liu, Z., Li, G. (2021). Study on Pressure Change Rate of the Automatic Pressure Regulating Valve in the Electronic-Controlled Pneumatic Braking System of Commercial Vehicle. *Processes*. V. 9, 938.

Commission delegated Regulation (EU) 2015/68 of 15 October 2014 supplementing Regulation (EU) No 167/2013 of the European Parliament and of the Council with regard to vehicle braking requirements for the approval of agricultural.

Directive 2003/37/EC of the European Parliament and of the Council of 26 May 2003 on type-approval of agricultural or forestry tractors, their trailers and interchangeable towed machinery, together with their systems, components and separate technical units and repealing Directive 74/150/EEC (Text with EEA relevance.) URL: <http://eur-lex.europa.eu>.

DSTU 1.5:2003. National standardization. Rules of construction, teaching, design and requirements for the content of regula-

tory documents, Kyiv, Derzhspozhivstandard of Ukraine, 2003.

Hill, P. (2023). On-farm brake test: Getting trailers ready for harvest. *FARMERS Weekly*, 06.03.2023

Jing, Z., He, R. (2020). Electronic structural improvement and experimental verification of a tractor-semitrailer air brake system. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. Part D: Journal of Automobile Engineering*. 2020 Jul 1;234(8):2154–61

Kamiński, Z. (2013). Experimental and numerical studies of mechanical subsystem for simulation of agricultural trailer air braking systems. *International journal of heavy vehicle systems IJHVS*. V. 20(4): 289 – 311. DOI:10.1504/IJHVS.2013.056802.

Kamiński, Z., Czaban, J. (2012). Diagnosing of the agricultural tractor braking system within approval tests. January 2012. *Eksplotacja i Niezawodność - Maintenance and Reliability*. V. 14(4):319-326.

Kamiński, Z. (2012). Simulation and experimental testing of the pneumatic brake systems of agricultural vehicles. *Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, Białystok*.

Kamiński, Z., Kulikowski, K. (2015). Determination of the functional and service characteristics of the pneumatic system of an agricultural tractor with mechanical brakes using simulation methods. *Eksplotacja i Niezawodność – Maintenance and Reliability*. V. 17 (3): 355–364, <http://dx.doi.org/10.17531/ein.2015.3.5>.

Kamiński, Z., Kulikowski, K. (2021). Impact of a modified braking valve for static and dynamic characteristics of pneumatic braking systems of agricultural trailers. *International Journal of Heavy Vehicle Systems*. Vol.28 No.2, pp.291 – 307.

Kravchuk, V., Tsema, T., Afanasyeva, S., Lysak, L., Ryzhkova, S., Horbatova, I. (2018). Comparative analysis of national requirements for type approval of tractors, trailers, towed vehicles with new European norms. Collection. of scientific works of UkrNDIPVT named after L. Pogorily. – Issue 22 (36). - P. 43-51.

- Kulesza, Z., Siemieniako, F. (2010). Modeling the air brake system equipped with brake and relay valves. *Scientific Journals Maritime University of Szczecin*. V. 24(96): 5-11.
- Kulikowski, K., Kamiński, Z. (2019). Methods for improving the dynamic properties of the air braking systems of low-speed agricultural trailers. *The Archives of Automotive Engineering. Archiwum Motoryzacji*. V. 84(2):5-22. DOI: <https://doi.org/10.14669/AM.VOL84.ART1>
- Li, H., Xiaolong, W., Yunqing, Z., Jinglai, W., Liping, C. (2011). Modeling and Simulation Vehicle Air Brake System. *Proceedings 8-th Modelica Conference, Dresden, Germany/ March 20-22*. DOI:10.3384/ecp11063430.
- Liu Q., Dong, Y., Zhao, L., Ma, C. (2019). Modeling, Control and Test of a Novel Electronic Pneumatic Brake System. *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, 631, 042030. [Google Scholar]
- Pohoriliy, V., Gaponenko, O., Postelga, S. (2019). Approbation of new European procedures for assessing compliance of braking characteristics of agricultural trailers. Technical and technological aspects of development and testing of new equipment and technologies for agriculture of Ukraine: collection of sciences. pr. / DNU «UkrNDIPVT named after L. Pogorilyy»/. Issue 24 (38). P. 84-93.
- Postelga, S. (2020). Testing pneumatic brake systems of trailers. Abstracts of scientific reports of the 20th International scientific internet conference «Scientific and technical principles of development, testing and forecasting of agricultural machinery and technologies», September 25, 2020, L. Pogorilyy UkrNDIPVT; Ukraine, Doslidnytske, 2020. 158 p.
- Protocol No. 01-248Tr-2022 of tests of the PS1008 agricultural trailer for conformity assessment according to the Regulation of the European Union (EC) No. 167/2013 (EU Regulation No. 167/2013) on type approval and market supervision of agricultural and agricultural vehicles. Dosdydnytske, 2022 – 87 p.
- Regulation (EU) No 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. URL: <http://eur-lex.europa.eu>
- Selvaraj, M., (2014). Modeling and Simulation of Dynamic Behavior of Pneumatic Brake System at Vehicle Level. *SAE Technical Paper 2014-01-2494*.
- SOU of L. Pogorilyy UkrNDIPVT 01.1-37-04604309-008:2012. Organization and procedure of development of normative documents of UkrNDIPVT named after L. Pohorily, Dosdydnytske, 2012.
- SOU of L. Pogorilyy UkrNDIPVT 71.2-37-04604309-941-2022. Agricultural machinery. Pneumatic braking systems of agricultural trailers. Test methods. Dosdydnytske, 2022.
- Szpica, D., Kisiel, M., Czaban, J. (2022). Simulation Evaluation of the Influence of Selected Geometric Parameters on the Operation of the Pneumatic Braking System of a Trailer with a Differential Valve. September 2022 *Acta Mechanica et Automatica* V. 16(3):233-241. DOI:10.2478/ama-2022-0028
- Trailer brake testing (2021). Posted at 15:50h in Safety Revolution Team by Safety Revolution. <https://www.safetyrevolution.co.uk/2021/04/>
- Zhang, H., Wu, J., Chen, W., Zhang, Y. (2009). Object oriented modelling and simulation of a pneumatic brake system with ABS, 2009 IEEE Intelligent Vehicles Symposium, IEEE, Xi'an, China, pp.780-785, <https://doi.org/10.1109/IVS.20...>
- Zhang, R., Li, K., He, Z., Wang, H., You, F. (2017). Advanced emergency braking control based on a nonlinear model predictive algorithm for intelligent vehicles. *Appl. Sci.* 2017. V. 7, 504, <https://doi.org/10.3390/app705....>

UDC 629.3.017.5;006.06

ON THE ISSUE OF IMPLEMENTATION IN UKRAINE OF EUROPEAN APPROACHES TO TESTING PNEUMATIC BRAKING SYSTEMS OF AGRICULTURAL TRAILERS

Postelga S.

<https://orcid.org/0000-0003-1563-3137>

e-mail: korm_lab@ukr.net

L. Pogorilyy UkrNDIPVT

Summary

The purpose of the research: implementation in Ukraine of the technical requirements of the Delegated Regulation of the EU Commission 2015/68 on the parameters of pneumatic braking systems of agricultural trailers by preparing a methodological and technical base.

Research methods: research was conducted in accordance with the methods specified in Commission delegated Regulation (EU) 2015/68, 2015; SOU L. Pohorilyi UkrNDIPVT 01.1-37-04604309-008 and DSTU 1.5.

The main indicators of the effectiveness of the pneumatic braking system of the trailer, which must be determined during the conformity assessment tests, are: the effectiveness of the braking system during cold brakes (type 0 test); loss of braking system efficiency with heated brakes (type 1 test); effectiveness of emergency automatic braking; brake activation time; capacity of energy storage devices.

Research results: To conduct testing of the pneumatic brake system of the trailer at L. Pohorilyi UkrNDIPVT developed, manufactured and adjusted a pneumatic braking simulator that would replace a tractor to actuate the braking system of a trailer, and serial measuring equipment was used.

As a result of the work carried out, the operating manual «Brake-1. Efficiency of the braking system»; developed, agreed and approved standard of L. Pohorilyi UkrNDIPVT «Agricultural machinery. Pneumatic braking systems of agricultural trailers. Test methods». The research results were implemented during tests for the European type approval of agricultural trailers produced by VARZ LLC.

Conclusions. The developed methodical and technical bases contribute to the implementation in Ukraine of the technical requirements of the Delegated Regulation of the EU Commission 2015/68 on the parameters of pneumatic braking systems of agricultural trailers and make it possible to carry out testing of the equipment of domestic manufacturers without taking them outside Ukraine and to receive certificates of approval of the type of the European sample.

Keywords: agricultural trailers, pneumatic braking system; testing; braking simulator; type approval certificate.