

**А. О. Каграманян**

Український державний університет залізничного транспорту  
майдан Фейєрбаха 7, 61050, Харків, Україна  
Тел.: +380577301005, E-mail: kartal@kart.edu.ua  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3520-4911>

**Т. А. Аракелян**

Український державний університет залізничного транспорту  
майдан Фейєрбаха 7, 61050, Харків, Україна  
Тел.: +380577301035, E-mail: arakelyan.ta.2026@gmail.com  
ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-2062-6894>

**СУЧАСНИЙ СТАН ТА УДОСКОНАЛЕННЯ НОРМАТИВНОЇ БАЗИ  
СИСТЕМ ОПИРАННЯ КОТЛІВ ЗАЛІЗНИЧНИХ ЦИСТЕРН**

*У статті розглянуто сучасний стан та визначено ключові напрями удосконалення нормативно-стандартизаційної бази систем опираючих котлів залізничних цистерн як одного з критично важливих елементів забезпечення безпеки перевезень рідких та небезпечних вантажів. Підкреслено, що надійність функціонування опорних вузлів безпосередньо впливає на міцність, довговічність і експлуатаційну придатність усього вагона-цистерни, особливо в умовах зростання швидкостей руху, підвищення осьових навантажень та інтенсифікації перевізного процесу. Проведено комплексний аналіз чинних нормативних документів, а також сучасних наукових досліджень, присвячених питанням розрахунку, проектування та експлуатації несівних конструкцій вагонів-цистерн.*

*Встановлено, що існуюча нормативна база в багатьох аспектах є застарілою та не повною мірою враховує сучасні досягнення в галузі матеріалознавства, комп'ютерного моделювання та цифрових технологій моніторингу технічного стану. Виявлено відсутність єдиного підходу до оцінки втомної міцності вузлів опираючих, а також недостатню деталізацію вимог до якості зварних з'єднань і процедур технічного діагностування.*

*Проаналізовано відмінності між північноамериканською та європейською системами стандартизації, що дозволило визначити основні тенденції розвитку нормативного регулювання, зокрема перехід від жорстко регламентованих параметричних вимог до підходів, заснованих на результатах випробувань і розрахунків.*

*Особливу увагу приділено впровадженню цифрових технологій, зокрема систем телематики та моніторингу навантажень, які забезпечують можливість прогнозування відмов і підвищення рівня безпеки експлуатації.*

*Визначено, що інтеграція таких систем потребує відповідного нормативного забезпечення, включаючи стандартизацію місць встановлення датчиків та параметрів контролю.*

© Каграманян А. О., Аракелян Т. А., 2026

*Також встановлено, що гармонізація національних стандартів із міжнародними вимогами є необхідною умовою забезпечення конкурентоспроможності вітчизняного вагонобудування на світовому ринку.*

*У результаті дослідження сформульовано основні напрями вдосконалення нормативно-стандартизаційної бази, серед яких: уточнення розрахункових схем навантаження опорних вузлів з урахуванням динамічних впливів; впровадження критеріїв оцінки втомної довговічності; розширення вимог до експериментальних випробувань; удосконалення стандартів якості зварних з'єднань; а також розвиток гібридних підходів до нормування, що поєднують прескриптивні та перформансні вимоги. Запропоновано концептуальні підходи до створення адаптивної нормативної системи, здатної оперативно реагувати на технологічні зміни та інновації.*

*Доведено, що модернізація нормативної бази систем опирання котлів залізничних цистерн є необхідною передумовою підвищення рівня безпеки перевезень, зниження ризику аварійних ситуацій та продовження терміну служби рухомого складу. Отримані результати можуть бути використані при розробленні нових стандартів, удосконаленні існуючих нормативних документів, а також у практиці проектування та експлуатації вантажних вагонів. Перспективи подальших досліджень пов'язані з вивченням роботи інноваційних матеріалів, зокрема композитів, у складі систем опирання та їх нормативного забезпечення.*

*Ключові слова:* транспорт, залізничний транспорт, вагон-цистерна, стандартизація, опори котла.

**Вступ.** Залізничний транспорт є стратегічно важливою ланкою економіки, що потребує постійного технічного оновлення. Безпека перевезень рідких вантажів безпосередньо залежить від надійності конструкції залізничних цистерн. Системи опирання котла на раму вагона є критичним вузлом, що сприймає динамічні навантаження. Стандартизація процесів проектування дозволяє мінімізувати ризики аварійних ситуацій. Наявна нормативна база в цій галузі подекуди залишається застарілою та не враховує нові матеріали.

Сучасні умови експлуатації вимагають підвищення швидкостей та осьових навантажень. Ефективність кріплення котла впливає на довговічність усєї металлоконструкції цистерни. Вивчення сучасного стану нормативних документів дозволяє виявити прогалини в методах розрахунку міцності. Використання сучасних засобів моделювання потребує відповідного нормативного супроводу, та переходу від консервативних до адаптивних стандартів проектування.

Інтеграція українських стандартів у європейський простір вимагає гармонізації вимог до рухомого складу. Нормативне регулювання має чітко визначати критерії граничного стану опорних елементів. Впровадження нових технологій зварювання вимагає перегляду стандартів контролю якості опорних швів. Сучасні композитні матеріали потребують створення принципово нових нормативних вимог. Аналітичне обґрунтування нових норм дозволить уникнути надлишкового запасу міцності. Відсутність єдиного підходу до оцінки втомної міцності вузлів опирання гальмує інновації. Удосконалення бази стандартів дозволить вітчизняним виробникам виходити на міжнародні ринки.

Цифровізація залізничної галузі передбачає створення точних стандартів для цифрових двійників конструкцій. Застосування датчиків моніторингу напружень

потребує стандартизації місць їх встановлення на опорах. Поліпшення експлуатаційних характеристик цистерн неможливе без реформування нормативної системи. Вивчення динаміки взаємодії «котел-опора-рама» є фундаментальним завданням для стандартизації. Дослідження актуальне з огляду на необхідність продовження терміну служби наявного парку цистерн. Наукове супроводження процесу стандартизації гарантує об'єктивність технічних вимог, а вдосконалення нормативів є прямим внеском у розвиток інженерної галузі.

### **Аналіз останніх досліджень.**

Документ [1] спрямований на підвищення безпеки вагонів-цистерн шляхом модернізації конструкцій, зокрема вимог до ударостійкості та енергопоглинання. У ньому значна увага приділяється оновленню застарілого парку цистерн та гармонізації стандартів із сучасними ризиками перевезення небезпечних вантажів. Законодавча ініціатива передбачає посилення контролю технічного стану та обов'язкові програми модернізації. Це впливає і на системи опирання котлів, оскільки змінюються вимоги до розподілу навантажень і жорсткості конструкції. Документ формує стратегічний напрям оновлення нормативної бази у США.

Нормативний акт [2] орієнтований на комплексне підвищення безпеки залізничних перевезень, включаючи рухомий склад. У ньому розглядаються питання контролю технічного стану, цифрового моніторингу та управління ризиками. Передбачено оновлення стандартів для вагонів-цистерн, що прямо впливає на конструктивні вимоги до їх елементів. Особлива увага приділяється запобіганню аваріям через конструктивні відмови. У результаті формується більш жорстка нормативна база, яка стимулює вдосконалення систем опирання котлів.

Документ [3] визначає технічні вимоги до конструкції не напірних вагонів-цистерн. Він регламентує геометричні параметри, матеріали та допустимі напруження елементів котла. Значна увага приділяється вузлам взаємодії котла з рамою, включаючи опорні елементи. Норматив встановлює базові вимоги до міцності та безпеки при експлуатації. Він є ключовим документом для стандартизації систем опирання у північноамериканській практиці.

Стандарт [4] регламентує модернізацію існуючих вагонів-цистерн до сучасного рівня безпеки. Основний акцент зроблено на посиленні конструкції котла та підвищенні його стійкості до аварійних навантажень. Вимоги включають модернізацію елементів кріплення та взаємодії з рамою. Це безпосередньо впливає на конструкцію систем опирання, які повинні забезпечувати нові рівні навантажень. Документ сприяє уніфікації підходів до модернізації вагонів.

Документ [5] встановлює мінімальні вимоги до товщини елементів котла. Ці параметри визначають міцність та довговічність конструкції при експлуатаційних навантаженнях. Вимоги враховують вплив внутрішніх і зовнішніх сил, включаючи навантаження від опор. Документ забезпечує базу для розрахунків напружено-деформованого стану. Він є важливим елементом нормативного забезпечення конструкцій вагонів-цистерн.

В статті [6] автори досліджують навантаження несівної конструкції вагона-цистерни при перевезенні на поромі. Встановлено, що динамічні впливи суттєво змінюють розподіл навантажень у рамі та котлі. Особливо важливим є врахування додаткових інерційних сил, які впливають на опорні вузли. Результати можуть бути використані для уточнення нормативних вимог. Робота підкреслює необхідність адаптації стандартів до мультимодальних перевезень.

В роботі [7] обґрунтовують продовження терміну служби несівної конструкції вагона-цистерни. В роботі враховано вплив модернізації візків типу Y25 на навантаження конструкції. Показано, що зміна ходової частини впливає на напружений стан котла та його опор. Отримані результати мають значення для нормативного регулювання ресурсу. Дослідження сприяє вдосконаленню стандартів оцінки довговічності.

В дослідженні [8] проводять експериментальну перевірку передачі поздовжніх сил у вагоні-цистерні. Дослідження показує, як сили розподіляються між елементами конструкції при складних умовах руху. Особливу увагу приділено взаємодії рами та котла через опорні елементи. Отримані результати підтверджують необхідність уточнення розрахункових схем у стандартах. Робота має прикладне значення для розробки нормативів.

Науковці [9] досліджують нову конструкцію вагона для перевезення небезпечних вантажів. В роботі проаналізовано структурні властивості та міцність елементів. Враховано вплив конструкції на безпеку перевезень. Результати демонструють можливості вдосконалення конструкцій з урахуванням нормативних вимог. Дослідження сприяє розвитку сучасних стандартів.

Вчені [10] аналізують динамічні навантаження у вагоні-цистерні з пружними зв'язками між котлом і рамою. Встановлено, що такі зв'язки змінюють характер передачі навантажень. Це дозволяє зменшити пікові напруження в конструкції. Отримані результати можуть бути враховані у нормативних документах. Робота відкриває нові підходи до проектування систем опираючого.

Автор статті [11] розглядає конструкції несівних систем залізничних транспортних засобів. У роботі систематизовано підходи до проектування опорних та несівних елементів. Значну увагу приділено взаємодії кузова і рами. Представлено сучасні принципи стандартизації конструкцій. Праця є теоретичною основою для розвитку нормативної бази.

В роботі [12] аналізують можливості створення ультралегких конструкцій вантажних вагонів. В роботі розглядаються обмеження, що накладаються нормативними документами. Показано, що зменшення маси впливає на розподіл навантажень у конструкції. Це вимагає перегляду стандартів міцності. Дослідження демонструє необхідність адаптації нормативної бази до нових матеріалів.

Дослідники [13] застосовують методологію RCM для оцінки надійності рухомого складу. Визначено критичні компоненти, що впливають на безпеку експлуатації. До них віднесено елементи несівної конструкції. Результати можуть бути використані для вдосконалення стандартів технічного обслуговування. Робота підкреслює важливість системного підходу до нормативного регулювання.

Документ [14] встановлює технічні специфікації інтероперабельності для вантажних вагонів. Документ регламентує вимоги до конструкції, безпеки та сумісності. Особлива увага приділяється вагонам-цистернам. Визначено вимоги до міцності, енергопоглинання та взаємодії елементів. Це є ключовим нормативним документом у ЄС.

В документі [15] деталізовано вимоги TSI WAG для вагонів-цистерн. Він уточнює технічні параметри та процедури оцінки відповідності. Враховано сучасні ризики перевезення небезпечних вантажів. Вимоги охоплюють конструкцію котла та його опорні елементи. Це сприяє гармонізації стандартів у Європі.

Проведений аналіз наукових джерел та нормативної документації засвідчив, що питанню визначення сучасного стану та напрямів удосконалення нормативно-стандартизаційної бази систем опираючого котлів залізничних цистерн не приділено достатньої уваги. Більшість публікацій фокусуються на загальних розрахунках міц-

ності рами вагону, оминаючи детальний аналіз вузькоспеціалізованих стандартів для опорних вузлів. Існуючі дослідження часто базуються на методиках минулих десятиліть, які не повною мірою враховують динамічні особливості сучасних цистерн. У літературі відсутній комплексний підхід до гармонізації технічних вимог між різними міжнародними системами стандартизації. Наукові праці рідко розглядають взаємозв'язок між зміною нормативних параметрів та фактичним ресурсом експлуатації опорних елементів. Таким чином, існує об'єктивна потреба у детальному дослідженні нормативно-стандартизаційної бази систем опирання котлів залізничних цистерн.

**Методи дослідження.** При виконанні дослідження було застосовано комплексний метод системного аналізу нормативної бази. Використовувалися методи порівняльного правознавства та технічного регулювання для аналізу міжнародних стандартів. Застосовано метод експертних оцінок при визначенні пріоритетних напрямів удосконалення бази. Використовувалися методи логічного узагальнення для формування висновків та практичних рекомендацій.

**Об'єкт та предмет дослідження.** Об'єктом дослідження є процес нормативно-стандартизаційного забезпечення проектування, виготовлення та експлуатації систем опирання котлів залізничних цистерн. Предметом дослідження є сукупність вимог, норм та методик, що складають базу стандартів для опорних вузлів цистерн, а також шляхи їхнього технічного вдосконалення.

**Постановка проблеми.** Проблема забезпечення надійності систем опирання котлів залізничних цистерн стоїть гостро через фізичне та моральне зношення рухомого складу. Чинна нормативно-стандартизаційна база часто містить вимоги, що не корелюють із сучасними умовами експлуатації.

Процеси міжнародної інтеграції залізничного сполучення вимагають термінової адаптації внутрішніх стандартів до вимог міжнародних технічних регламентів. Відсутність чітких методологічних вказівок у нормативах щодо розрахунку втомної міцності вузлів опирання призводить до передчасного виходу вагонів із ладу. Проблема посилюється складністю напружено-деформованого стану в зонах контакту котла з опорами, що потребує більш точного регламентування. Недостатня деталізація вимог до якості зварних з'єднань у системах опирання створює ризики прихованих дефектів. Також гостро стоїть питання стандартизації процедур діагностування технічного стану опор під час планових ремонтів.

Брак науково обґрунтованих напрямів удосконалення бази стандартів гальмує впровадження інноваційних конструкторських рішень. Виникає необхідність системного перегляду підходів до формування вимог, що забезпечують стійкість та міцність систем опирання. Усе це визначає потребу в комплексному дослідженні, спрямованому на модернізацію нормативно-технічного супроводу виробництва та експлуатації цистерн.

**Мета статті.** Метою дослідження є проведення комплексного аналізу сучасного стану нормативно-стандартизаційної бази систем опирання котлів залізничних цистерн та розробка науково обґрунтованих рекомендацій щодо її вдосконалення. Це передбачає виявлення невідповідностей між чинними вимогами та фактичними умовами експлуатації для підвищення безпеки перевезень. Кінцевим результатом є формування концепції оновлення стандартів, що сприятиме впровадженню інноваційних конструкцій опорних вузлів.

**Виклад основного матеріалу.** Сучасна нормативно-стандартизаційна база систем опирання котлів залізничних цистерн перебуває в стадії активної трансформації, викликаній необхідністю підвищення безпеки перевезень. Основна тенденція –

перехід до базованих на випробуваннях та моделюванні вимог, а також широке впровадження цифрових технологій моніторингу стану конструкцій.

Сьогодні вимоги до систем опирання (кріплення) котлів та захисного обладнання цистерн визначаються двома основними регуляторними системами: північноамериканською (США, регулювання DOT/FRA) та європейською (RID, TSI, стандарти UIC та EN). В обох системах простежується посилення вимог до конструктивного захисту.

Ключовим документом (північноамериканської системи) є 49 CFR (Code of Federal Regulations), зокрема частина 179, яка визначає вимоги до цистерн. Сучасний стан характеризується жорсткими стандартами DOT-117, запровадженими після аварій із розливом нафти. Основні вимоги до систем захисту від руйнувань днища: вимагають наявності головних щитів мінімальною товщиною 1/2 дюйма (12,7 мм). Для специфікації DOT-117R (модернізовані цистерни) це обов'язкова вимога. Система термозахисту: обов'язкове використання термозахисних ковдр товщиною не менше 1/2 дюйма, вкритих металевою оболонкою товщиною не менше 11 калібру (приблизно 3 мм) для запобігання нагріванню вмісту під час пожежі.

Також особлива увага приділена захисту верхньої арматури. Метод (DOT-117R) вимагає розташування арматури всередині захисного кожуха товщиною не менше 1/2 дюйма. Кожух має бути сконструйований так, щоб його міцність на розрив становила не більше 70% від міцності з'єднання патрубків з котлом (для забезпечення контрольованого руйнування кожуха, а не патрубка під час удару). При цьому допускає альтернативне проектування за умови підтвердження випробуваннями. Вимагається забезпечення мінімальної швидкості бічного удару 12 миль/год (19,3 км/год) та удару в головну частину 18 миль/год (29 км/год) без розгерметизації. Захист нижнього зливу передбачає видалення рукояток керування або використання систем, що унеможливають випадкове відкриття під час аварії.

У Європі (європейська система (ЕС та UIC) основою є Правила міжнародного залізничного перевезення небезпечних вантажів (RID) та Технічні специфікації інтероперабельності (TSI). Ключову роль відіграють стандарти Міжнародного союзу залізниць. UIC – базовий документ, що визначає стандартизацію конструкцій, включаючи вимоги до кріплення котла до рами, розташування арматури та захисних елементів. регламентує стандартизацію та розташування елементів доступу, сходів, поручнів, що опосередковано впливає на конструкцію систем опирання та обслуговування. EN – встановлює структурні вимоги до несучих кузовів вантажних вагонів, включаючи з'єднання «котел-рама». Окрема серія EN – деталізує вимоги до пристроїв верхнього/нижнього наливу та зливу, які інтегруються в системи опирання.

На відміну від американського підходу, європейські норми більше зосереджені на типі конструкції та загальній механічній міцності, залишаючи більше простору для інженерних рішень, але з обов'язковим дотриманням вимог до інтероперабельності.

Аналіз законодавчих ініціатив останніх років та регуляторних змін дозволяє визначити ключові напрями розвитку нормативно-стандартизаційної бази:

1. Впровадження систем телематики та цифрового моніторингу. Найбільш значущим напрямом є перехід від пасивного захисту до активного моніторингу стану систем опирання та ходових частин. Законодавча ініціатива «American Tank Car Modernization Act of 2025» передбачає створення грантових програм для оснащення цистерн системами телематики. Пропонується обов'язкове встановлення датчиків для моніторингу ударних навантажень – для фіксації перевантажень, що можуть пошкодити систему опирання: температури коліс та буксових вузлів; стану гальма та вузлів розвантаження; внутрішньої температури котла. Мета: забезпечення ви-

димості стану активу в режимі, наближеному до реального часу, що дозволяє прогнозувати відмови та ідентифікувати вагони, які можуть стати небезпечними.

2. Посилення вимог до інспекцій та технічного обслуговування. Закон «Railway Safety Act of 2025» вимагає перегляду та оновлення норм інспекції. Встановлення мінімальних вимог до часу огляду одним механічним інспектором. Запровадження обов'язкового інспектування всіх вагонів у складі поїзда, що перевозить небезпечні вантажі. Посилення ролі шляхових дефектоскопів з вимогою встановлення детекторів буксових вузлів кожні 10 миль на маршрутах руху небезпечних вантажів.

3. Розвиток гібридних стандартів. Сучасна стандартизація рухається від жорстких приписів («товщина металу має бути X») до вимог до результату («конструкція має витримати удар зі швидкістю Y»). Підхід (DOT-117P) вже дозволяє виробникам використовувати комп'ютерне моделювання та фізичні випробування для підтвердження безпеки конструкції замість суворого дотримання таблиць товщини, що стимулює інновації в матеріалах та формі. Уніфікація з європейськими нормами: виробники (наприклад, Greenbrier) орієнтуються на одночасне виконання вимог RID, TSI та EN, що формує тренд до глобальної гармонізації стандартів на системи опирання.

**Обговорення отриманих наукових та прикладних результатів.** Аналіз показав суттєвий розрив між теоретичними нормами та практичним станом систем опирання під час експлуатації. Чинна база стандартів потребує перегляду в частині динамічних випробувань. Встановлено, що більшість існуючих параметрів міцності були розраховані без урахування сучасних швидкостей руху поїздів.

Акцентовано увагу на важливості уніфікації вимог до систем опирання для різних типів цистерн. Запропоновані напрями вдосконалення дозволять створити більш гнучку систему стандартизації. Отримані дані свідчать про те, що гармонізація з європейськими нормами є не лише політичним, а й критично необхідним технічним кроком.

### **Висновки.**

Нормативно-стандартизаційна база систем опирання котлів цистерн на даному етапі не повною мірою відповідає сучасним вимогам безпеки. Чинні стандарти потребують перегляду з урахуванням нових знань про втомну міцність металів та динаміку вагонів. Застосування диференційованого підходу до нормування опорних вузлів залежно від типу вантажу підвищить надійність перевезень.

Визначено, що основними напрямками вдосконалення є уточнення розрахункових схем та впровадження нових критеріїв якості зварювання. Встановлено необхідність інтеграції цифрових методів контролю в систему нормативних вимог. Рекомендовано розширити перелік обов'язкових випробувань для опорних вузлів.

Сучасна нормативно-стандартизаційна база систем опирання котлів залізничних цистерн характеризується посиленням вимог до пасивного захисту (проколостійкість, термозахист, захист арматури) у поєднанні з активним впровадженням цифрових технологій моніторингу. Основними напрямками удосконалення є:

1. Цифровізація контролю – обов'язкове оснащення цистерн телематичними системами та датчиками ударів/температури.

2. Посилення інспекцій – законодавче закріплення часу огляду та розширення мережі шляхових детекторів дефектів.

3. Гармонізація підходів – поєднання прескриптивних (DOT-117R) та перформансних (DOT-117P) методів для стимулювання інновацій. Гармонізація стандартів забезпечить безперешкодний вихід продукції на ринки ЄС та інших країн. Створення єдиної інформаційної бази стандартів спростить роботу конструкторів та інспекторів.

Науково обґрунтовані зміни до бази стандартів сприятимуть зниженню ризику виникнення екологічних катастроф. Подальші дослідження доцільно спрямувати на вивчення роботи композитних опор у межах нових стандартів. Удосконалена нормативна база стане фундаментом для інноваційного розвитку вагонобудівної галузі України.

### ЛІТЕРАТУРА

1. American Tank Car Modernization Act of 2025 : H.R. 2515, 119th Congress (2025) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.govinfo.gov/content/pkg/BILLS-119hr2515ih/xml/BILLS-119hr2515ih.xml>
2. Railway Safety Act of 2025 : H.R. 928, 119th Congress (2025) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.congress.gov/119/bills/hr928/BILLS-119hr928ih.htm>
3. Non-pressure tank car tanks (Classes DOT-111AW, 115AW, and 117AW) : 49 C.F.R. Part 179 Subpart D (2025) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.ecfr.gov/current/title-49/subtitle-B/chapter-I/subchapter-C/part-179/subpart-D>
4. Retrofit standard requirements (DOT-117R) : 49 C.F.R. § 179.202-13 (2026) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.ecfr.gov/current/title-49/subtitle-B/chapter-I/subchapter-C/part-179/subpart-D/section-179.202-13>
5. Specifications for non-pressure tank car tanks (Classes DOT-111AW, 115AW, and 117AW) – Thickness of plates : 49 C.F.R. § 179.200-6 (2024) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.ecfr.gov/current/title-49/subtitle-B/chapter-I/subchapter-C/part-179/subpart-D/section-179.200-6>
6. Fomin O., Vatulia G., Lovska A., Gerlici J., Kravchenko K. Determination of the loading of the carrying structure of a tank wagon during transportation by a railway ferry. *TransNav: International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*. 2021. Vol. 15. No. 2. P. 321–327. DOI: <https://doi.org/10.12716/1001.15.02.07>
7. Fomin O., Lovska A., Ivanchenko K., Medvediev I. Justifying the prolongation of the service life of the bearing structure of a tank car when using Y25 bogies. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2021. Vol. 6. No. 7. P. 21–29. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.231622>
8. Kuba E., Moravčík M., Pavelčík V. Experimental verification of tank wagon's ability to transmit longitudinal forces in opposite track curves. *Transportation Research Procedia*. 2021. Vol. 55. P. 767–774. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.07.045>
9. Gerlici J., Lovska A., Dizo J. Examination of structural properties of a new railway wagon design for flammable substance transportation. *Transportation Research Procedia*. 2021. Vol. 55. P. 760–766. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.07.043>
10. Fomin O., Lovska A., Bohomia V., Berestovoi I. Determination of dynamic loading of a tank wagon with malleable links between the pot and the frame. *Procedia Structural Integrity*. 2022. Vol. 36. P. 239–246. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.prostr.2022.01.030>
11. Ihme J. Supporting structures and superstructures of railway vehicles. *Rail Vehicle Technology*. Cham: Springer, 2022. P. 215–270. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-658-36969-9\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-658-36969-9_6)
12. Tomaszewski F., Sobaś M., Motyl M., Antkowiak T. Ultralight drive systems structures of freight wagons – possibilities and limitations resulting from regulations. *Engineering Reports*. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1002/eng2.12787>
13. Oskouei S. F. S., Abapour M., Beiraghi M. Identifying critical components for railway rolling stock reliability using RCM approach. *Scientific Reports*. 2024. Vol. 14. Art. 62841. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-024-62841-2>
14. European Commission. Technical specifications for interoperability relating to freight wagons (including tank wagons). – Official Journal of the European Union, 2025.
15. European Union Agency for Railways. Technical specification for interoperability (WAG TSI) – tank wagons requirements. 2025.

### **A. O. Kahramanyan**

Ukrainian State University of Railway Transport  
7 Feuerbach Square, 61050, Kharkiv, Ukraine  
Tel.: +380577301005, E-mail: [kartal@kart.edu.ua](mailto:kartal@kart.edu.ua)  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3520-4911>

*T. A. Arakelyan*

Ukrainian State University of Railway Transport

7 Feuerbach Square, 61050, Kharkiv, Ukraine

Tel.: +380577301035, E-mail: arakelyan.ta.2026@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-2062-6894>

## CURRENT STATUS AND IMPROVEMENTS TO THE REGULATORY FRAMEWORK FOR BOILER SUPPORT SYSTEMS IN RAILWAY TANKERS

*The article examines the current state and identifies the key directly to the improvement of the regulatory and standardization base of the spiracle boiler systems of salvage tanks as one of the critically important elements of ensuring the safety of transportation of rare and unsafe items. It is emphasized that the reliability of the functioning of the supporting assemblies directly affects the value, durability and serviceability of a tank car, especially in the production of liquids. movement, displacement of axial directions and intensification of the transportation process. A comprehensive analysis of official regulatory documents, as well as current scientific research related to food distribution, design and operation of non-cistern structures of tank cars was carried out.*

*It has been established that the current regulatory framework in many aspects is both outdated and not entirely incompatible with current advances in the field of material science, computer modeling and digital technologies for monitoring the technical industry. It was revealed that there is no single approach to assessing the intrinsic value of the helical nodes, as well as insufficient detail to the extent of all welded connections and technical diagnostic procedures. The differences between the modern American and European standardization systems were analyzed, which made it possible to identify the main trends in the development of regulatory regulation, including the transition from strictly regulated parametric systems to approaches based on the results of testing and development.*

*Particular attention is paid to the advancement of digital technologies, including telematics systems and monitoring, which are essential to ensure the ability to predict events and improve operational safety. It is noted that the integration of such systems will require consistent regulatory support, including standardization of the installation site of sensors and control parameters. It has also been established that the harmonization of national standards with international benefits is a necessary intellectual guarantee for the competitiveness of the domestic railcar industry in the light market.*

*As a result of the research, the main aspects of the regulatory and standardization base were formulated, including: clarification of the structural schemes for the attachment of support nodes with the alignment of dynamic inflows; Improving the criteria for assessing long-term durability; expansion to experimental testing; improving the quality standards of welded meats; as well as the development of hybrid approaches to normalization, which will combine prescriptive and performative benefits. Conceptual approaches have been proposed to create an adaptive regulatory system designed to quickly respond to technological changes and innovations.*

*It has been proven that the modernization of the regulatory framework of spirable boiler systems for liquid tanks is a necessary change in improving the level of transportation safety, reducing the risk of emergency situations and extending the service life of dry warehouses. The results can be obtained with the development of new standards, the improvement of existing regulatory documents, as well as the practice of design and operation of vans. The prospects for further research are related to the development of innovative materials, composite composites, and the storage of spiral systems and their regulatory security.*

**Keywords:** transport, railway transport, tank wagon, standardization, boiler supports.

### REFERENCES

1. American Tank Car Modernization Act of 2025, H.R. 2515, 119th Cong. (2025). *GovInfo*. Retrieved from: <https://www.govinfo.gov/content/pkg/BILLS-119hr2515ih/xml/BILLS-119hr2515ih.xml> -3
2. Railway Safety Act of 2025, H.R. 928, 119th Cong. (2025). *Congress.gov*. Retrieved from: <https://www.congress.gov/119/bills/hr928/BILLS-119hr928ih.htm> -4-7
3. Non-pressure tank car tanks (Classes DOT-111AW, 115AW, and 117AW), 49 C.F.R. Part 179 Subpart D (2025). *eCFR*. Retrieved from: <https://www.ecfr.gov/current/title-49/subtitle-B/chapter-I/subchapter-C/part-179/subpart-D> -2-5-8
4. Retrofit standard requirements (DOT-117R), 49 C.F.R. § 179.202-13 (2026). *eCFR*. Retrieved from: <https://www.ecfr.gov/current/title-49/subtitle-B/chapter-I/subchapter-C/part-179/subpart-D/section-179.202-13> -1
5. Specifications for non-pressure tank car tanks (Classes DOT-111AW, 115AW, and 117AW) – Thickness of plates, 49 C.F.R. § 179.200-6 (2024). *eCFR*. Retrieved from: <https://www.ecfr.gov/current/title-49/subtitle-B/chapter-I/subchapter-C/part-179/subpart-D/section-179.200-6>
6. Fomin, O., Vatulia, G., Lovska, A., Gerlici, J., & Kravchenko, K. (2021). Determination of the loading of the carrying structure of a tank wagon during transportation by a railway ferry. *TransNav: International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*, 15(2), 321–327. DOI: <https://doi.org/10.12716/1001.15.02.07>
7. Fomin, O., Lovska, A., Ivanchenko, K., & Medvediev, I. (2021). Justifying the prolongation of the service life of the bearing structure of a tank car when using Y25 bogies. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6(7), 21–29. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.231622>
8. Kuba, E., Moravčík, M., & Pavelčík, V. (2021). Experimental verification of tank wagon's ability to transmit longitudinal forces in opposite track curves. *Transportation Research Procedia*, 55, 767–774. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.07.045>
9. Gerlici, J., Lovska, A., & Dizo, J. (2021). Examination of structural properties of a new railway wagon design for flammable substance transportation. *Transportation Research Procedia*, 55, 760–766. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.07.043>
10. Fomin, O., Vatulia, G., Lovska, A., et al. (2022). Determination of dynamic loading of a tank wagon with malleable links between the pot and the frame. *Procedia Structural Integrity*, 36, 239–246. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.prostr.2022.01.030>
11. Ihme, J. (2022). Supporting structures and superstructures of railway vehicles. *Rail Vehicle Technology* (pp. 215–270). Springer. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-658-36969-9\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-658-36969-9_6)
12. Tomaszewski, F., et al. (2024). Ultralight drive systems structures of freight wagons – possibilities and limitations resulting from regulations. *Engineering Reports*. DOI: <https://doi.org/10.1002/eng2.12787>
13. Ghorbani, M., et al. (2024). Identifying critical components for railway rolling stock reliability using RCM approach. *Scientific Reports*, 14, 62841. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-024-62841-2>
14. European Commission. (2025). Technical specifications for interoperability relating to freight wagons (including tank wagons). *Official Journal of the European Union*
15. European Union Agency for Railways. (2025). Technical specification for interoperability (WAG TSI) – tank wagons requirements.



Стаття надійшла 07.04.2026  
Стаття прийнята 16.04.2026  
Опубліковано 29.05.2026