

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

А. П. Поляков, М. С. Гречанюк, С. С. Коробов

**ПОПЕРЕЧНА СТІЙКІСТЬ
СІДЛОВОГО АВТОПОЇЗДА
ПРИ ДІЇ ЗОВНІШНІХ ЗБУРЕНЬ**

Монографія

Вінниця
ВНТУ
2015

УДК 629.332
ББК 39.335.42
П54

Рекомендовано до друку Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол № 13 від 25.06.2015 р.)

Рецензенти:

В. Ф. Анісімов, доктор технічних наук, професор

І. О. Сивак, доктор технічних наук, професор

Поляков, А. П.

П54 Поперечна стійкість сідлового автопоїзда при дії зовнішніх збурень : монографія / А. П. Поляков, М. С. Гречанюк, С. С. Коробов. – Вінниця : ВНТУ, 2015. – 105 с.

ISBN 978-966-641-631-8

В монографії розглядаються питання поліпшення показників поперечної стійкості сідлового автопоїзда з пневматичною підвіскою. Встановлено, що поперечно-кутові коливання напівпричепа сідлового автопоїзда погіршують поперечну стійкість сідлового автопоїзда в залежності від завантаженості платформи напівпричепа. В роботі вдосконалено систему регулювання пневматичної підвіски напівпричепа, яка дозволяє зменшити амплітуду поперечно-кутових коливань напівпричепа на 22...26 % залежно від режиму руху та завантаження напівпричепа.

УДК 629.332
ББК 39.335.42

ISBN 978-966-641-631-8

© А. Поляков, М. Гречанюк, С. Коробов, 2015

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1 ПОПЕРЕЧНА СТІЙКІСТЬ ЯК ФАКТОР ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ РУХУ	6
1.1 Аналіз існуючих шляхів поліпшення показників поперечної стійкості сідлового автопоїзда	6
1.2 Стійкість руху сідлового автопоїзда	18
1.3 Обґрунтування вибору критерію оцінювання показників поперечної стійкості сідлового автопоїзда	25
2 ШЛЯХИ УДОСКОНАЛЕННЯ ПНЕВМАТИЧНОЇ ПІДВІСКИ НАПІВПРИЧЕПА З МЕТОЮ ПОЛІПШЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ПОПЕРЕЧНОЇ СТІЙКОСТІ СІДЛОВОГО АВТОПОЇЗДА	29
2.1 Визначення поперечної стійкості сідлового автопоїзда за кутом крену та боковим прискоренням	29
2.2. Оцінювання амплітудно-частотних характеристик поперечно- кутових коливань сідлового автопоїзда при наїзді на нерівності дорожнього покриття	31
2.2.1 Аналіз впливу нерівностей дорожнього покриття на характеристики поперечно-кутових коливань сідлового автопоїзда	36
2.2.2 Математична модель поперечно-кутових коливань сідлового автопоїзда при наїзді на нерівності дорожнього покриття	39
2.3 Оцінювання амплітудно-частотних характеристик поперечно- кутових коливань сідлового автопоїзда при здійсненні маневрів «поворот» та «переставка»	46
2.4 Удосконалена пневматична підвіска напівпричепа сідлового автопоїзда	55
3 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОПЕРЕЧНО-КУТОВИХ КОЛИВАНЬ СІДЛОВОГО АВТОПОЇЗДА ПРИ РІЗНИХ РЕЖИМАХ РУХУ	61

3.1 Удосконалений метод визначення висоти точки центра мас та точки перекидання напівпричепа сідлового автопоїзда.....	61
3.2 Параметри поперечно-кутових коливань сідлового автопоїзда при русі по дорожньому покриттю.....	69
3.3 Чисельне оцінювання амплітудно-частотних характеристик поперечно-кутових коливань сідлового автопоїзда при наїзді на нерівності дорожнього покриття	74
3.4 Чисельне оцінювання амплітудно-частотних характеристик поперечно-кутових коливань сідлового автопоїзда при здійсненні маневрів типу «поворот» та «переставка»	86
3.5 Чисельне оцінювання впливу поперечно-кутових коливань на поперечну стійкість сідлового автопоїзда	92
ВИСНОВКИ.....	95
ЛІТЕРАТУРА	96

ВСТУП

Стійкість є однією з найважливіших експлуатаційних властивостей автомобіля. Збереження стійкості автомобіля дозволяє інтенсифікувати транспортні перевезення та гарантувати безпеку руху автотранспортних засобів. Зауважимо, що при вирішенні багатьох науково-практичних задач разом із покращенням стійкості поліпшується і керованість автотранспортних засобів. Проблему поліпшення показників стійкості та керованості сідлового автопоїзда розглядали такі відомі вчені, як Д. А. Антонов, П. В. Аксенов, В. П. Волков, Я. Х. Закін, А. С. Літвінов, М. А. Подригало, В. П. Сахно, А. П. Солтус, Г. А. Смірнов, Я. Є. Фаробін. Серед закордонних праць відомими є роботи R. J. Sharp, D. Pan, F. Yu, D. A. Crolla, Y. Kusahara, наукового колективу компанії WABCO.

Сучасні електронні системи керування характеристиками підвіски сідлового автопоїзда дозволяють коригувати його режим руху задля збереження стійкості. Проте алгоритм роботи зазначених систем не дозволяє впливати на поперечно-кутові коливання напівпричепа, які погіршують поперечну стійкість сідлового автопоїзда.

Для врахування впливу поперечно-кутових коливань напівпричепа та поліпшення показників поперечної стійкості сідлового автопоїзда виникла необхідність проведення дослідження щодо удосконалення пневматичної підвіски напівпричепа сідлового автопоїзда.

В монографії розглядається сідловий автопоїзд з пневматичною підвіскою, який в подальшому будемо називати «сідловий автопоїзд».

1 ПОПЕРЕЧНА СТІЙКІСТЬ ЯК ФАКТОР ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ РУХУ

1.1 Аналіз існуючих шляхів поліпшення показників поперечної стійкості сідлового автопоїзда

Сідлові автопоїзди є одними з основних видів вантажного транспорту, якими перевозиться значна частина вантажів на території України. В зв'язку з недотриманням швидкісного режиму руху, можливим виникненням несправних станів та недосконалістю конструкції сідлових автопоїздів можуть виникати аварії, наслідками яких є значні людські жертви та фінансові втрати. З метою покращення рівня безпечної експлуатації такого виду транспорту проводяться роботи з поліпшення їх показників поперечної стійкості, від рівня яких, серед інших факторів, залежить якість виконання транспортної роботи сідловими автопоїздами.

Попри наявність сучасних електронних систем керування динамічними характеристиками сідлового автопоїзда під час його руху не зникає проблема зниження рівня аварійності цього виду вантажного транспорту. Для прикладу, аварії зі смертельними наслідками, які відбувались за участі сідлових автопоїздів, в США щорічно складають близько 74 %, а найбільш розповсюдженим видом аварій сідлових автопоїздів є перекидання [1]. Як свідчить статистична інформація, у 2009 році з 457 осіб, які загинули в ДТП за участю сідлових автопоїздів, з причини їхнього перекидання загинуло 237 осіб, що склало 52 % усіх смертельних випадків на цьому виді транспорту [2]. В нашій же державі ситуація не є кращою. За повідомленням Управління ДАІ МВС України, за 2011 рік через перекидання транспортних засобів загинуло 470 осіб і 3316 осіб травмовано [3]. Тому питання зниження аварійності сідлових автопоїздів завдяки поліпшенню їх стійкості не втрачає своєї актуальності.

Серед багатьох шляхів поліпшення показників поперечної стійкості сідлового автопоїзда існують різні методи та способи, які дозволяють поліпшити стійкість руху сідлового автопоїзда загалом, і поперечну стійкість, зокрема.

Одними з основних шляхів, спрямованих на поліпшення показників поперечної стійкості сідлового автопоїзда (під сідловим автопоїздом будемо розуміти вантажний автомобіль з напівпричепом) є удо-

сконалення конструкції елементів ходової частини, гальмівної і рульової систем (оскільки вони найбільше впливають на ці показники), а також розробка електронних систем, що забезпечують стійкість та безпеку руху автомобіля. Крім того, шляхами поліпшення поперечної стійкості сідлового автопоїзда є вдосконалення підходів до експлуатації сідлового автопоїзда з метою поліпшення його показників поперечної стійкості та проведення робіт з моделювання руху сідлового автопоїзда в складних дорожніх ситуаціях з метою оцінювання його показників стійкості.

Основи теорії стійкості та керованості автомобіля були закладені А. С. Літвіновим, Я. Х. Закіним та ін. Так, в роботі [4] викладено теорію стійкості та керованості автомобіля. Значна увага приділяється характеристикам еластичного колеса, від якого, в більшості випадків, залежить криволінійний рух автомобіля. Крім того, проаналізовано зовнішні впливи а також характеристики елементів автомобіля, які впливають на його стійкість та керованість.

Грунтовному вивченню стійкості автопоїздів присвячена робота наукової школи проф. В. П. Сахно (Національний транспортний університет). Зокрема проведений комплекс робіт з розробки математичних моделей для різноманітних режимів експлуатації автопоїздів та вибору їх оптимальної компоувальної схеми з метою поліпшення ефективності експлуатації без погіршення показників стійкості, керованості та маневреності. В роботі [5] наведені одержані диференціальні рівняння руху автопоїзда-контейнеровоза в поздовжній і поперечній площинах, розв'язання яких дозволило визначити кути крену ланок автопоїзда та проаналізувати їх вплив на показники маневреності й стійкості руху.

Результати дослідження показників стійкості різних компоувальних схем автопоїздів при гальмуванні дозволили зробити висновок про те, що вони є кращими у дволанкового автопоїзда. Незначно поступається показниками маневреності та стійкості руху такому автопоїзду дволанковий автопоїзд з системами прямого і подвійного керувань осями напівпричепа, значно більшою мірою поступається автопоїзд з системою зворотного керування осями напівпричепа. Для триланкових автопоїздів були одержані гірші результати показників маневреності та стійкості руху, а тому було зроблено висновок про те, що в конструкції-

ях таких автопоїздів необхідно передбачити спеціальний пристрій, що підвищував би стійкість третьої ланки в процесі гальмування [6].

Для дослідження стійкості та маневреності руху триланкового причіпного автопоїзда з різними експлуатаційними, масово-геометричними і конструктивними параметрами його складових була розроблена універсальна математична модель руху триланкового причіпного автопоїзда на підкатному візку, яка дозволяє проводити теоретичні дослідження його маневреності і стійкості руху залежно від параметрів його складових [7].

В роботі [8] запропоновано універсальну плоску математичну модель руху багатоланкового автопоїзда з тривісним напівпричепом та одновісним опорним підкатним візком, яка дозволяє проводити теоретичні дослідження впливу величини та характеру перекосу мостів та ексцентриситету центрів мас ланок автопоїзда на його експлуатаційні властивості, зокрема на маневреність і стійкість з урахуванням параметрів компоувальної схеми та режимів руху.

Науковцями розроблено метод оцінювання ефективності гальмівних властивостей модифікацій та комплектацій базової моделі дорожніх транспортних засобів для теоретичних досліджень процесу гальмування [9]. Метод дозволяє з високою достовірністю теоретично оцінювати показники процесу гальмування дорожніх транспортних засобів без проведення складних і дорогих натурних випробувань. Проводились роботи з обґрунтування можливості застосування розрахункових методів оцінювання ефективності гальмівних властивостей дорожніх транспортних засобів для їх сертифікації [10].

Значні роботи проводяться в напрямку обґрунтування прийняття оптимальних компоувально-масових рішень щодо складу ланок триланкових автопоїздів та моделювання їх руху. На основі проведених досліджень визначено, що найкращі показники стійкості та маневреності має сідлово-причіпний автопоїзд з подвійним приводом управління на передню вісь напівпричепа і причеп з наближеними осями. Дещо нижчі показники стійкості руху має автопоїзд типу «B-Double», однак його критична швидкість є більшою, ніж максимальна швидкість руху автопоїзда [11, 12]. Встановлено, що забезпечення допустимих показників маневреності триланкових автопоїздів можливе лише за використання системи управління колесами напівпричепа і тягача [13]. Поглибленого вивчення вимагає питання забезпечення

необхідних показників гальмівних властивостей, керованості, маневреності та стійкості руху таких автопоїздів [14]. Використання триланкових автопоїздів може дозволити підвищити вантажопідйомність і корисний об'єм автопоїзда на 40–60 % у порівнянні з дозволеними на сьогодні дволанковими автопоїздами [15].

Питання стійкості транспортних засобів в режимах гальмування розглядаються в роботах проф. М. А. Подригало (Харківський національний автомобільний університет) [16, 17]. Було запропоновано нетрадиційний підхід до оцінювання курсової стійкості дво- та тривісних транспортних засобів в режимах гальмування за різних умов блокування коліс. Досліджено вплив бокової сили на занос автомобіля.

Вдосконаленню конструктивних параметрів автопоїздів та наданню рекомендацій з покращення експлуатаційних параметрів присвячені роботи В. В. Стельмашука, О. А. Крестьянполь, Р. М. Кузнецова, С. В. Данілова, R. J. Sharp, D. Pan, F. Yu, D. A. Crolla, Y. Kusahara.

В роботах В. В. Стельмашука був кількісно оцінений вплив експлуатаційних і конструктивних параметрів на керованість і стійкість руху триланкового автопоїзда та визначено оптимальні значення цих параметрів і раціональний склад триланкових автопоїздів. На основі геометричних характеристик автопоїзда та сил, які на нього діють, було складено диференціальні рівняння для визначення показників стійкості та керованості триланкового автопоїзда у різних режимах руху. В результаті проведених експериментальних досліджень встановлено особливості руху триланкових автопоїздів і вплив типу складових автопоїзда на його показники стійкості та керованості [18].

Роботи О. А. Крестьянполь, присвячені дослідженню маневреності та стійкості руху автопоїзда з самовстановлювальною віссю [19]. Нею була запропонована методика вибору і обґрунтування масово-геометричних і конструктивних параметрів автопоїзда з самовстановлювальною віссю за критеріями маневреності та стійкості прямолінійного руху. Показано, що використання самовстановлювальної осі напівпричепа поліпшує вписування автопоїзда в поворот і дозволяє зменшити радіус його повороту в середньому на 20 %. Доведено, що розташування самовстановлювальної осі напівпричепа щодо некерованих осей та її параметри значно впливають на перехідні процеси при прямолінійному русі. Встановлено оптимальну відстань між цими осями. Отримано співвідношення, які дозволяють вибрати

найбільш раціональну для заданих умов компоувальну схему автопоїзда .

Визначення початкової максимальної швидкості автопоїзда, за якої ще забезпечується стійкість в процесі гальмування, та аналіз впливу компоувальної схеми триланкового сідлово-причіпного автопоїзда, конструктивних та експлуатаційних факторів на величину цієї швидкості здійснено в роботах Р. М. Кузнецова. Показано, що для триланкового автопоїзда з керованим причіпом має місце значне збільшення бокового відхилення центра мас третьої ланки, в результаті чого автопоїзд потребує застосування спеціальних пристроїв, оскільки знаходиться на межі допустимої смуги руху. На основі теоретичних й експериментальних досліджень розроблено методику вибору та обґрунтування масово-геометричних і конструктивних параметрів триланкових сідлово-причіпних автопоїздів за критеріями стійкості у граничних режимах руху [20].

Дослідженням стійкості сідлових автопоїздів займаються й інші вітчизняні та закордонні науковці. Зокрема М. В. Дячук запропонував модель автопоїзда, яка враховує його конструктивні параметри, розподіл кутів повороту керованих коліс та стаціонарну нелінійність зв'язку шин (зчеплення в контактних точках шини, кути відведення та стабілізувальні моменти кожного з коліс) з дорожньою поверхнею, яка має перспективу удосконалення для врахування й інших факторів, які впливають на рух автопоїзда [21].

R. J. Sharp і D. Pan досліджували системи активного контролю запобігання перекиданню автомобіля. Розроблена ними математична модель показала істотне зниження крену внаслідок застосування системи активного контролю запобігання перекиданню автомобіля при зміні траєкторії руху [22].

F. Yu та D. Scolla запропонували оптимальний саморегулювальний алгоритм керування на основі системи лінійних і квадратичних одиниць Гауса (LQG) для активної підвіски транспортного засобу. Метою їх роботи було зменшення прискорення кузова і збереження робочої області коливань підвіски та динамічного відхилення шин в межах заданого реального інтервалу за певних вхідних даних: експлуатаційних умов (дорожні нерівності, швидкість транспортного засобу) і параметрів транспортного засобу (розглядалась зміна завантаження платформи та жорсткості шин) [23].

У. Kusahara досліджував активний стабілізатор поперечної стійкості з метою зменшення кута крену напівпричепа сідлового автопоїзда на експериментальному сідловому автопоїзді, призначеному для нормального режиму експлуатації та обладнаному переднім і заднім стабілізаторами поперечної стійкості, з'єднаними з гідравлічним приводом.

Випробування такого транспортного засобу при проходженні повороту показали зменшення кута крену на одну третину від первинного кута. За словами водіїв, які брали участь в дослідженнях, відчутним було також і істотне поліпшення стійкості та керованості транспортного засобу [22].

Характерною особливістю розглянутих робіт є розв'язання конкретних прикладних задач удосконалення експлуатаційних і конструктивних параметрів сідлового автопоїзда, серед яких можливо виділити нерозглянуті шляхи, а саме: дослідження впливу поперечно-кутових коливань платформи напівпричепа на показники поперечної стійкості сідлового автопоїзда та залежності кута крену платформи напівпричепа від її завантаження.

Серед науковців нашої держави роботи з удосконалення методів оцінювання стійкості виконувались О. М. Тімковим. Була розроблена методика визначення критичної швидкості втрати стійкості та порогової швидкості початку коливальної нестійкості автопоїзда з наближеними осями причепа, яка передбачає врахування власних значень характеристичного визначника системи [24].

Серед робіт з удосконалення методів оцінювання стійкості, які проводяться у світі, то такому шляху поліпшення стійкості сідлового автопоїзда присвячена значна кількість наукових доробок Кембриджської асоціації динаміки транспортних засобів (CVDC). Кембриджською асоціацією динаміки транспортних засобів (CVDC) та Радою з інженерних та фізичних наукових досліджень ведеться робота з впровадження оптимальних методів запобігання перекиданню автопоїздів для поліпшення їх характеристик руху (EPSRC) [25].

В напрямку удосконалення методів оцінювання стійкості транспортних засобів не розглядалося питання розробки методу оцінювання стійкості для сідлового автопоїзда за кутом крену платформи напівпричепа.

Моделюванню руху автопоїзда в складних дорожніх ситуаціях присвячені роботи І. С. Мурованого, який створив розрахунково-теоретичний метод і математичну модель для оцінювання маневрено-

сті та стійкості руху триланкових причіпних автопоїздів, а також методику й програму для розрахунків їх оцінних показників і характеристик, прийнятих до використання відділом конструкторських розробок та науково-технічних експертиз ДП «ДержавтотрансНДІпроект» при виборі конструктивних параметрів перспективних магістральних автопоїздів [26].

В світі ж відомими роботами з моделювання руху сідлового автопоїзда в складних дорожніх ситуаціях є праці таких вчених, як I. Cech, R. J. Dorling, D. J. M. Sampson і D. Sebon.

I. Cech досліджував лінійну модель площини перекидання сідлового автопоїзда зі статичним і динамічним контролем підвіски для вертикальних і бокових вхідних реакцій. Порівнювались пасивні та активні підвіски, які самовирівнюються, і встановлено, що управління підвіскою погіршує статичну характеристику вертикальної реакції, але поліпшує характеристику бокової реакції. Інакше кажучи, динаміка перекидання транспортного засобу може бути вдосконалена використанням активної підвіски лише за умови недостатніх характеристик руху (низька швидкість, нерівність дорожнього покриття).

R. J. Dorling розробив модель крену напівгусеничного автомобіля, який мав параметри і характеристики вантажного автомобіля, з вхідними параметрами моделі – дорожні нерівності і динамічні характеристики шини, які викликають боковий перерозподіл навантаження. Розроблена модель відрізнялась простотою розрахунків (необхідно було виміряти лише два параметри вантажного автомобіля: відхилення підвіски при перекиданні та бокове прискорення) [27].

D. J. M. Sampson і D. Sebon займалися розробкою моделі перекидання для різних комбінацій зчленованих транспортних засобів. Вони розробили систему керування сталим режимом крену (LQR) для комбінації тягач/причіп, що дозволяє скоротити максимальний перерозподіл навантаження, в порівнянні з пасивною підвіскою, для низки маневрів [25, 28, 29].

В напрямку моделювання руху сідлового автопоїзда відсутня модель його руху, яка б визначала кут крену платформи напівпричепа.

Розробкою систем керування динамікою руху для сідлових автопоїздів займаються іноземні дослідники, найвідомішими серед яких є L. Palkovics, C.-F. Lin, A. B. Dunwoody та S. Froese, D. E. Williams та W. M. Haddad, компанія WABCO.

L. Palkovics розглядав способи виявлення та запобігання перекиданню сідлового автопоїзда, використовуючи існуючі датчики і пристрої Електронної Гальмівної Системи (EBS). Дослідження показали, що EBS дає гарну основу для реалізації таких систем, як, наприклад, Керування стійкістю руху (DSC) і Запобігання перекиданню (ROP) і не вимагає ніяких додаткових датчиків, а лише зміни в програмному забезпеченні. Робота мала теоретичний характер і в результаті її виконання якісні результати не були отримані [22].

Крім того С.-F. Lin досліджував активні системи запобігання перекиданню для окремого вантажного автомобіля та порівнював бокове прискорення і зворотний сигнал системи LQR. Модель транспортного засобу мала реальну систему підвіски, яка складалась із стабілізаторів поперечної стійкості з гідравлічним приводом з обмеженою пропускною здатністю. Дані, отримані при дорожніх випробовуваннях, були оброблені та об'єднані з даними, отриманими для моделювання повного спектра характеристик кута повороту для «найгіршого випадку» при зміні смуги руху. Ці результати були використані для вибору найкращої стратегії керування запобіганням перекиданню транспортного засобу. Дослідження показали, що статичний поріг перекидання зріс до 66 %, а середньоквадратичний перерозподіл навантаження зменшився до 34 %. Було визначено, що стратегія запобігання перекиданню транспортного засобу за боковим прискоренням є кращою через простоту її реалізації та високу швидкодію.

Велика увага приділяється розробкам та впровадженню автоматизованих систем управління динамікою руху автопоїздів шляхом активного використання сил і моментів гальмівної та протибуксовних систем в режимі поздовжнього та поперечного руху, які позитивно впливають на стійкість транспортного засобу в цілому, а також створенню механізмів активного запобігання складанню та боковому перекиданню сідлового автопоїзда. Провідною в цій області є Компанія Westinghouse Air Braking Company (WABCO) – лідер на ринку систем безпеки та контролю руху транспортних засобів. Найвідомішими є гальмівні системи ABS та EBS, які запобігають блокуванню коліс транспортного засобу при гальмуванні (в основному на дорогах із низьким коефіцієнтом зчеплення), зберігаючи сили бокового відведення коліс для забезпечення стійкості транспортного засобу, в межах фізичних можливостей, одночасно досягаючи оптимального зчеплення шин з дорожнім покриттям. Крім того, електронна система керування пневмопідвіскою

(ECAS) дозволяє змінювати тиск у пневматичних балонах залежно від завантаження напівпричепа сідлового автопоїзда, тим самим поліпшуючи ступінь передачі гальмового зусилля дорожньому полотну.

A. B. Dunwoody та S. Froese вивчали активне запобігання крену напівпричепа при проходженні повороту для поліпшення порогу перекидання напівпричепа. Їх система активного запобігання перекиданню складалася з удосконаленого п'ятого колеса, розташованого під нахилом, та гідравлічних приводів, і повністю перебувала в межах напівпричепа. Розрахунки показали підвищення порога перекидання до 30 %.

D. E. Williams та W. M. Haddad проводили дослідження в напрямку розвитку нелінійного контролера для поліпшення динаміки керування транспортним засобом шляхом контролю та перерозподілу перекидного моменту між осями сідлового автопоїзда [30].

Проводились роботи з розробки автоматизованої системи керування динамікою руху автопоїздів («СУДАП»), яка б дозволяла запобігти складанню та боковому перекиданню сідлового автопоїзда [31].

Загальною рисою для електронних систем керування динамікою руху сідлових автопоїздів є їх значна вартість, тому постає питання забезпечення достатнього рівня стійкості сідлових автопоїздів, які перебувають в експлуатації в Україні і не обладнані такими системами, завдяки застосуванню альтернативних систем керування динамікою руху меншої вартості та забезпечення показників стійкості, які відповідають сучасним вимогам. Одним із методів поліпшення показників стійкості сідлових автопоїздів, які обладнані пневматичною підвіскою, є удосконалення систем керування нею. Загалом розрізняють електронні (Mercedes, MAN, IVECO, Renault, DAF, Scania), механічні (підвіска причепів та напівпричепів) та електромеханічні (Volvo, Scania) системи керування пневматичною підвіскою.

У підвісці з електромеханічним або лише механічним керуванням (рис. 1.1) повітря спочатку потрапляє до входу крана рівня підлоги 7. Кран рівня підлоги розташований на рамі і шарнірно за допомогою регульованої тяги з'єднаний з мостом напівпричепа. Він необхідний для автоматичного регулювання рівня підвіски в транспортному положенні, а більш складний варіант виконує також функцію автоматичного обмеження висоти підвіски при максимальному підйомі.

Залежно від положення рами відносно моста, кран рівня підлоги 7 відкриває доступ повітря до пневматичних балонів, перекриває пові-

тря, або з'єднує пневматичні балони з атмосферою і випускає надлишок повітря.

Між краном рівня підлоги 7 і безпосередньо пневматичними балонами встановлюється кран ручного керування пневматичними балонами. Він може бути механічним, з важелем перемикання, або електропневматичним з пультом керування в кабіні.

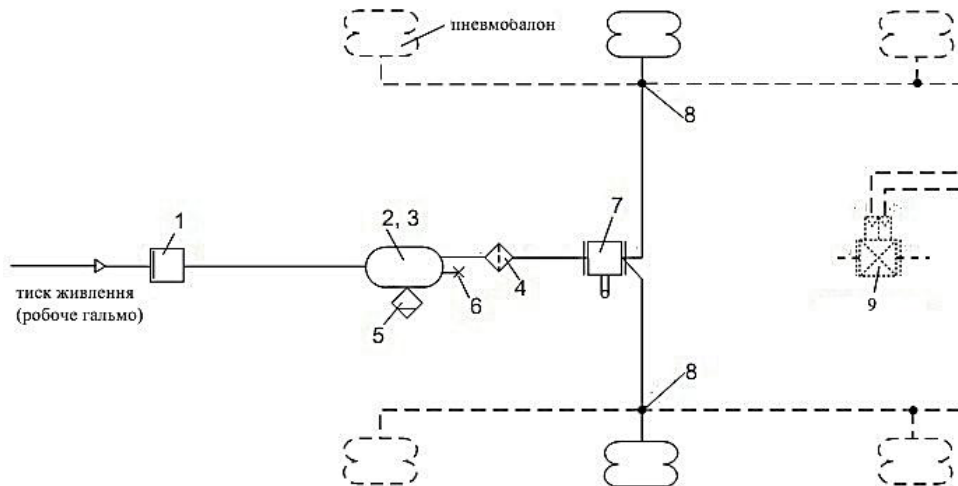


Рисунок 1.1 – Схема пневматичної підвіски напівпричепи [32]:

- 1 – перепускний клапан; 2 – балон-ресивер; 3 – стрічкова розтяжка;
- 4 – магістральний фільтр; 5 – кран скидання конденсату; 6 – контрольний вивід;
- 7 – кран рівня підлоги; 8 – контрольний вивід; 9 – регулятор гальмівного зусилля.

Незалежно від типу системи керування пневматичною підвіскою, до її складу входять такі елементи:

- ресивер (рис. 1.2);
- кран рівня підлоги (рис. 1.3);
- пневматичні балони (рис. 1.4).

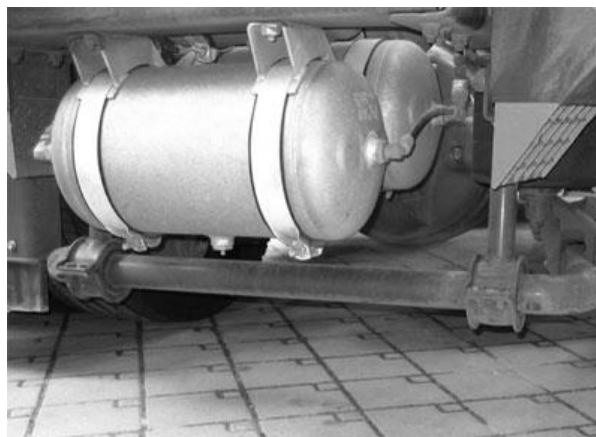


Рисунок 1.2 – Ресивер сідлового тягача

Кран рівня підлоги має три положення: транспортне (при якому пневматичні балони з'єднані безпосередньо з краном рівня підлоги), підйом платформи напівпричепа (при якому пневматичні балони з'єднуються з повітряним ресивером) і опускання (при якому повітря з пневматичні балонів виходить в атмосферу). Рукоятка механічного крана рівня підлоги має проміжне положення – СТОП, у якому перекриваються виводи з пневматичних балонів.



Рисунок 1.3 – Кран рівня підлоги



Рисунок 1.4 – Пневматичний балон сідлового тягача

Перевагою застосування пневматичних балонів, у порівнянні зі сталевими ресорами, є їх властивість краще гасити коливання, які виникають від руху сідлового автопоїзда по нерівностях дорожнього по-

криття. При частковому завантаженні напівпричепа жорстка підвіска зі сталевими ресорами не в змозі забезпечити прогин, необхідний для того, щоб вібрація й поштовхи не передавалися з коліс на раму. Цього не відбувається при використанні пневматичних балонів.

Системи керування пневмопідвіскою мають свої переваги й недоліки. До недоліків механічної системи належать: підвищена витрата повітря, більша інертність, менша точність; але така система проста і має високу ремонтпридатність.

Перевагами електронної системи керування пневмопідвіскою є:

- прискорення процесу подачі й скидання повітря завдяки великому перерізу клапанів;

- можливість реалізації таких додаткових функцій, як керування підйомною віссю, допомога при рушанні, компенсація просідання шин і т. д.;

- зменшена витрата повітря за рахунок затримки спрацьовування клапанів при коливаннях підвіски на дорозі. Це також знижує кількість конденсату й ступінь забруднення всієї системи, сприяючи довговічності елементів.

До недоліків електронної системи керування пневмопідвіскою можна віднести неможливість виконання водієм сідлового автопоїзда аварійного ремонту цієї системи на трасі через її складність та необхідність застосування спеціалізованого обладнання для ремонту, яке наявне лише у сервісних центрах.

Але роботи з підвищення надійності датчиків проводяться безупинно. Наприклад, відомо, що датчики виходять із ладу найчастіше у своїй механічній частині. Тому проводяться роботи зі створення безконтактних датчиків, які виконують вимірювання за допомогою ультразвукових хвиль, оптичних елементів і т. п. Однак це може спричинити ще більшу ненадійність датчиків у майбутньому з причини ускладнення їх конструкції.

Електромеханічна система керування пневмопідвіскою напівпричепа об'єднує в собі як переваги, так і недоліки розглянутих вище систем [33, 34].

В зв'язку з широким застосуванням механічної системи керування пневмопідвіскою на напівпричепах, які експлуатуються на території України, та високим рівнем її ремонтпридатності проведено дослідження в напрямку вдосконалення такої системи.

1.2 Стійкість руху сідлового автопоїзда

Під стійкістю руху сідлового автопоїзда розуміємо сукупність його властивостей, що характеризують здатність сідлового автопоїзда зберігати заданий напрямок руху при впливах зовнішнього середовища, що прагнуть відхилити його від цього напрямку (перекидання, занос, ковзання та ін.) [35]. Стійкість автомобіля залежить від його конструкції (розташування центра маси, колії, бази) і жорсткості шин.

Розрізняють траєкторну та курсову стійкість і стійкість до перекидання. Траєкторна стійкість характеризується здатністю зберігати напрямок руху центра мас автомобіля, а курсова стійкість – здатністю зберігати орієнтацію поздовжньої осі автомобіля. Перша оцінюється боковим зсувом центра мас від заданої траєкторії, а друга – курсовим кутом. Якщо при цьому настає бокове ковзання коліс одного або всіх мостів, то це є граничний випадок втрати стійкості, названий заносом.

Іншим граничним випадком втрати стійкості є перекидання. Перекидання являє собою поворот автомобіля в поперечній або поздовжній площині з відривом відповідних коліс від опорної поверхні дороги. У першому випадку відбувається поперечне перекидання, а в другому – поздовжнє.

При подоланні автомобілем крутого поздовжнього ухилу його стійкий рух обмежується умовами зчеплення ведучих коліс із дорогою [36, 37].

Залежно від напрямку ковзання або перекидання розрізняють поздовжню та поперечну стійкості. Більш імовірним є порушення поперечної стійкості внаслідок дії бокових сил: відцентрової сили, поперечної складової сили тяжіння, бокового вітру, ударів від нерівностей дорожнього покриття.

На поперечну стійкість сідлового автопоїзда, значно більший вплив мають різні конструктивні параметри та експлуатаційні фактори. Передусім це стосується напівпричепа, оскільки сідловий тягач має більшу поперечну стійкість порівняно з напівприцепом. До них належать: маса напівпричепа сідлового автопоїзда; висота центра мас напівпричепа сідлового автопоїзда; база та ширина колії напівпричепа сідлового автопоїзда; розмір шин, їх конструкція і стан; радіуси кривизни і стан дорожнього покриття; конструкція і стан гальм; швидкість і напрям руху сідлового автопоїзда; уміння керувати та спосіб гальмування сідловим автопоїздом; крен платформи напівпричепа сідлового автопоїзда [38].

Оскільки для сідлових автопоїздів характерний відносно високий центр мас і вузька колія, вони можуть втратити поперечну стійкість навіть при помірних рівнях бокового прискорення.

При погіршенні стану дорожнього покриття (дощ, сніг, ожеледиця) значно зменшується зчеплення коліс із дорогою, що може призвести до заносу сідлового автопоїзда. При русі на дорогах з малими радіусами поворотів (найменші радіуси поворотів доріг становлять 30 м [39]) створюються умови для порушення поперечної стійкості автомобіля у зв'язку зі зниженням його критичної швидкості по заносу.

Для поліпшення стійкості колія повинна бути якомога ширшою, а центр маси знаходитись якнайнижче [40]. Наявність вантажу в напівпричепі, особливо великогабаритного, збільшує висоту центра мас, погіршуючи стійкість. Крім того, при русі ухилом і по кривій переміщення вантажів у бік дії поперечної сили викликає зміну положення центра підресорених мас, внаслідок чого зростає небезпека перекидання сідлового автопоїзда.

Під дією поперечних сил відбувається деформація шин одночасно в радіальному і поперечному напрямках. При більших значеннях поперечних сил шина стискається з проїзною частиною дороги протектором і частиною боковини, менш еластичною в порівнянні з протектором.

При більших значеннях поперечних сил можливе повне сплюскування шини і врізання ободу колеса в дорожнє покриття, що різко збільшує загальну силу поперечного зчеплення шин з дорогою й імовірність перекидання сідлового автопоїзда.

Втрату поперечної стійкості сідлового автопоїзда за різних умов руху характеризують такі показники:

- критична швидкість руху сідлового автопоїзда по боковому заносу V_3 , км/год;
- критична швидкість руху сідлового автопоїзда по перекиданню V_{II} , км/год;
- критичний кут поперечного ухилу дороги (косогору) по боковому заносу β_3 , °;
- критичний кут поперечного ухилу дороги (косогору) по перекиданню β_{II} , °;
- коефіцієнт поперечної стійкості η [41, 42].

ЛІТЕРАТУРА

1. NHTSA Report : Tractor Semi-Trailer Stability Objective Performance Test Research - Roll Stability. DOT HS 811 467 / U.S. Department of Transportation, National Highway Traffic Safety Administration, May 2011. – Режим доступу до звіту : [http://www.nhtsa.gov/ DOT/NHTSA/NVS/ Vehicle%20Research% 20&%20Test%20Center%20 \(VRTC\)/ca/811467.pdf](http://www.nhtsa.gov/DOT/NHTSA/NVS/Vehicle%20Research%20&%20Test%20Center%20(VRTC)/ca/811467.pdf).
2. Fatality Facts 2009 : Large trucks / Insurance Institute for Highway Safety. – Режим доступу до звіту : [http://www.iihs.org/research/ fatality_facts_2009/ largetrucks.html#sec1](http://www.iihs.org/research/fatality_facts_2009/largetrucks.html#sec1).
3. Аварійність на автошляхах України за 12 місяців 2012 року / Управління ДАІ МВС України. – Режим доступу до звіту : [http://www.sai.gov.ua/ uploads/filemanager/ file/ dtp2012.pdf](http://www.sai.gov.ua/uploads/filemanager/file/dtp2012.pdf).
4. Литвинов А. С. Управляемость и устойчивость автомобиля / А. С. Литвинов. – М. : Машиностроение, 1971. – 416 с.
5. До визначення показників маневреності і стійкості руху автопоїзда-контейнеровоза / В. П. Сахно, Р. М. Марчук, В. П. Онищук, В. М. Придюк // Вісник Житомирського державного технологічного університету. – 2010. – Т. 2, № 2 (53). – С. 127–135.
6. До визначення показників стійкості триланкового автопоїзда у гальмівному режимі / В. П. Сахно, Р. М. Кузнецов, М. М. Горбаха, О. О. Лагошна // Управління проектами, системний аналіз і логістика. – 2009. – № 6. – Режим доступу до журн. : [http://www.nbu.gov.ua/ portal/natural/ Upsal/2009_6/09svpcbr.pdf](http://www.nbu.gov.ua/portal/natural/Upsal/2009_6/09svpcbr.pdf).
7. Розробка математичної моделі триланкового причіпного автопоїзда / В. П. Сахно, В. Г. Вербицький, І. С. Мурований [та ін.] // Управління проектами, системний аналіз і логістика. – 2008. – № 5. – Режим доступу до журн. : [http://www.nbu.gov.ua/portal/natural/Upsal/ 2008_5/08svptlc.pdf](http://www.nbu.gov.ua/portal/natural/Upsal/2008_5/08svptlc.pdf).
8. Математичне моделювання руху багатоланкових автопоїздів, що мають перекося мостів та ексцентриситет центрів мас ланок / В. М. Поляков, О. М. Тімков, Д. Ю. Приходченко, В. Г. Гаращенко // Автомобільний транспорт. – 2009. – Вип. 25. – С. 90–93.

9. Кравчук П. Математична модель руху автопоїзда в режимі гальмування / П. Кравчук, О. Грищук // Автошляховик України. – 2008. – № 2 (202). – С. 22–23.

10. Кравчук П. Стійкість руху автопоїзда в режимі гальмування / П. Кравчук, О. Грищук // Автошляховик України. – 2008. – № 6 (206). – С. 10–11.

11. Сахно В. До вибору типу та складу причіпних ланок триланкових автопоїздів / Володимир Сахно, Микола Марчук, Валерій Глінчук // Автошляховик України. – 2009. – № 1 (207). – С. 7–10.

12. Сахно В. До вибору типу та складу причіпних ланок триланкових автопоїздів / Володимир Сахно, Микола Марчук, Валерій Глінчук // Автошляховик України. – 2009. – № 2 (208). – С. 10–11.

13. Сахно В. Шляхи підвищення безпеки руху триланкових автопоїздів / Володимир Сахно, Інна Вороніна, Валерій Стельмашук // Автошляховик України. – 2004. – № 6 (182). – С. 16–17.

14. Сахно В. До питання використання триланкових автопоїздів в Україні / Володимир Сахно, Руслан Кузнецов, Олег Енглезі // Автошляховик України. – 2005. – № 5 (187). – С. 13–16.

15. До порівняльної оцінки дво- і триланкових автопоїздів / В. П. Сахно, В. М. Глінчук, Р. М. Кузнецов [та ін.] // Автошляховик України. – 2006. – № 5 (193). – С. 14–17.

16. Подригало Михайло Абович. Устойчивость колесных машин при торможении / М. А. Подригало, В. П. Волков, В. И. Кирчатый. – Харьков : Изд-во ХГАДТУ, 1999. – 93 с.

17. Динамика автомобиля / [Подригало М. А., Волков В. П., Бобошко А. А. и др.]. – Харьков : Изд-во ХНАДУ, 2008. – 424 с.

18. Стельмашук В. В. Поліпшення показників керованості та стійкості триланкових автопоїздів : автореф. дис. канд. техн. наук : 05.22.02 / Стельмашук Валерій Віталійович ; Нац. трансп. ун-т. – К., 2005. – 18 с.

19. Крестьянполь О. А. Маневреність та стійкість руху автопоїзда із самовстановлювальною віссю напівпричепа : автореф. дис. канд. техн. наук : 05.22.02 / Крестьянполь Олена Анатоліївна ; Укр. трансп. ун-т. – К., 1999. – 18 с.

20. Кузнецов Р. М. Покращення показників стійкості триланкових автопоїздів у граничних режимах руху : автореф. дис. канд. техн.

наук : 05.22.02 / Кузнецов Руслан Михайлович ; Нац. трансп. ун-т. – К., 2007. – 20 с.

21. Дячук М. Дослідження керованості автопоцяга по моделі з чотирма степенями свободи / М. Дячук, Д. Петренко // Автомобільний транспорт. – 2009. – Вип. 25. – С. 76–85.

22. Miede Arnaud J. P. Development of Active Anti-Roll Control for Heavy Vehicles: First Year Report Submitted to the University of Cambridge / Arnaud J.P. Miede. – Cambridge : Cambridge University Engineering Department. – 2000. – 80 p.

23. Yu F. An optimal self-tuning controller for an active suspension / F. Yu, D. A. Crolla // Vehicle System Dynamics. – 1998. – Vol. 29. – P. 51–65.

24. Тімков О. М. Поліпшення показників маневреності та стійкості автопоїздів з наближеними осями причепа : автореф. дис. канд. техн. наук : 05.22.02 / Тімков Олексій Миколайович ; Нац. трансп. ун-т. – К., 2005. – 20 с.

25. Sampson David John Matthew. Active roll control of articulated heavy vehicles : a dissertation submitted to the University of Cambridge for the Degree of Doctor of Philosophy / Sampson David John Matthew. – UK, Cambridge, 2000. – 277 p.

26. Мурований І. С. Поліпшення показників маневреності та стійкості руху триланкових причіпних автопоїздів : автореф. дис. канд. техн. наук : 05.22.02 / Мурований Ігор Сергійович ; Нац. трансп. ун-т. – К., 2008. – 20 с.

27. Dorling R. J. Achievable dynamic response of active suspensions in bounce and roll / R. J. Dorling, M. C. Smith, D. Cebon // IFAC Workshop on Advances in Automotive Control. – Ascona, Switzerland. – 1995. – P. 67 – 74.

28. Sampson D. J. M. Development of Active Anti-Roll / D. J. M. Sampson, P. G. McKevitt, D. Cebon // The development of an active roll control system for heavy vehicles, Proc. 16th IAVSD Symposium on the Dynamics of Vehicles on Roads and Tracks. – Pretoria, South Africa. – 1999.

29. Sampson D. An investigation of roll control system design for articulated heavy vehicles / David Sampson, David Cebon // Proc. 4th International Symposium on Advanced Vehicle Control. – Nagoya, Japan, 1998. – P. 311–316.

30. Williams D. Nonlinear control of roll moment distribution to influence vehicle yaw characteristics / Daniel Williams, Wassim Haddad // IEEE Transactions on Control Systems Technology. – 1995. – V. 3, № 1. – P. 110–116.
31. Абрамов А. Управление динамикой движения седельных автопоездов / А. Абрамов // Транспорт Российской Федерации. – 2007. – № 9. – С. 70–73.
32. Компоненты пневматических тормозных систем для прицепов в соответствии с 71/320/EWG. Схематическое отображение и описание тормозных систем и пневматических агрегатов. – WABCO, 2007. – 34 с.
33. Системы управления пневмоподвеской. Режим доступа до ресурсу : www.pnevmoballon.ru/?page=9&id=3.
34. Ожерельев М. Системы управления пневмоподвеской / М. Ожерельев // Автотрак. – 2006. – № 6. Режим доступа до ресурсу : <http://www.autotruck-press.ru/archive/number62/article490>.
35. Вонг Дж. Теория наземных транспортных средств : пер. с англ. / Вонг Дж. – М. : Машиностроение, 1982. – 284 с.
36. Гришкевич А. И. Автомобили : теория / А. И. Гришкевич. – Минск : Вышэйш. шк., 1986. – 208 с.
37. Автомобили: Основы проектирования / М. С. Высоцкий, А. Г. Выгонный, Л. Х. Гилелес, С. Г. Херсонский. – Минск : Вышэйш. шк., 1987. – 152 с.
38. Bernd Heißing. Chassis Handbook – Fundamentals, Driving Dynamics, Components, Mechatronics, Perspectives / Heiring Bernd, Ersoy Metin. – Berlin : MercedesDruck, 2011. – 611 p.
39. Споруди транспорту. Автомобільні дороги : ДБН В.2.3-4-2000–ДБН В.2.3-4-2000. – Чинні від 2000-01-07. – К. : Держбуд України, 2000. – 114 с.
40. Шепеленко И. Г. Основы проектирования специализированного подвижного состава / И. Г. Шепеленко – К. : УМКВО, 1989. – 164 с.
41. Тарасик В. П. Теория движения автомобиля / В. П. Тарасик. – СПб. : БХВ-Петербург, 2006. – 478 с.
42. Волков В. П. Теорія руху автомобіля / В. П. Волков, Г. Б. Вільський. – Суми : Університетська книга, 2010. – 320 с.
43. Вахламов В. К. Автомобили: эксплуатационные свойства / В. К. Вахламов. – М. : Академия, 2006. – 240 с.

44. Хусаинов А. Ш. Теория автомобиля / А. Ш. Хусаинов, В. В. Селифонов. – Ульяновск : УЛГТУ, 2008. – 121 с.
45. Волков В. П. Теорія експлуатаційних властивостей автомобіля / В. П. Волков. – Харків : ХНАДУ, 2003. – 292 с.
46. ISO 10392:2011 Транспорт дорожный. Определение центра тяжести. Требования. – ТС 22/SC 9. – 13 с. – Международный стандарт.
47. Karl Popp. Ground Vehicle Dynamics / Popp Karl, Schiehlen Werner. – Berlin : Springer, 2010. – 366 p.
48. Фаробин Я. Е. Оценка эксплуатационных свойств автопоездов для международных перевозок / Я. Е. Фаробин, В. С. Шупляков. – М. : Транспорт, 1983. – 200 с.
49. Закин Я. Х. Прикладная теория движения автопоезда / Я. Х. Закин. – М. : Транспорт, 1967. – 255 с.
50. ГОСТ Р 52302-2004. Автотранспортные средства. Управление и устойчивость. Технические требования. Методы испытаний. – Введен с 2006-01-01. – М. : Издательство стандартов, 2005. – 31 с.
51. Данилов С. В. Повышение безопасности работы маршрутных такси в системе водитель-автомобиль-дорога-среда-пассажиры : автореф. дис. канд. техн. наук : 05.22.10 / Данилов Сергей Васильевич ; Волгоградский государственный технический ун-т. – Волгоград, 2006. – 21 с.
52. Поляков А. Аналіз шляхів підвищення стійкості та керованості вантажних автомобілів з напівпричепами / Андрій Поляков, Микола Гречанюк // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2010. – № 5. – С. 90–95.
53. ISO 11026:2010. Тяжелые грузовики и автобусы. Метод испытания на поперечную стабилизацию. Испытание по замкнутой кривой. Методы определения поперечной устойчивости. Требования. – ТС 22/SC 9. – 12 с. – Международный стандарт.
54. Аксенов П. В. Многоосные автомобили / П. В. Аксенов. – М. : Машиностроение, 1989. – 280 с. – ISBN 5-217-00471-1.
55. ISO 14791:2000. Транспорт дорожный. Тягачи большой грузоподъемности для грузовых перевозок с сочлененными автобусами. Методы определения поперечной устойчивости. Требования. – ТС 22/SC 9. – 26 с. – Международный стандарт.
56. Єдині технічні приписи щодо офіційного затвердження автоцистерн категорій N і O стосовно їхньої стійкості проти перекидання

(Правила ЄЕК ООН № 111-00:2001, IDT): ДСТУ UN/ECE R 111-00-2002. – Чинний від 2003-01-01. – К. : Держстандарт України, 2000. – 34 с.

57. Солтус А. П. Теорія експлуатаційних властивостей автомобіля / А. П. Солтус. – К. : Арістей, 2006. – 176 с.

58. Яценко Н. Н. Нагруженность трансмиссии автомобиля и плавность дороги / Н. Н. Яценко. – М. : Транспорт, 1967. – 164 с.

59. Бычковский Н. Н. Ледовые строительные площадки, дороги и переправы / Н. Н. Бычковский, Ю. А. Гурьянов; под общ. ред. Н. Н. Бычковского. – Саратов : Саратов. гос. техн. ун-т, 2005. – 260 с.

60. Ровность покрытия : Эксплуатация, проектирование и строительство автодорог и аэродромов. – Режим доступа до ресурсу : <http://odoroze.ru/rovnost-pokrytiya.html>.

61. Певзнер Я. Исследование статистических свойств микропрофиля основных типов автомобильных дорог / Я. Певзнер, А. Тихонов // Автомобильная промышленность. – 1964. – № 1. – С. 15–18.

62. Поляков А. Диференціальне рівняння поперечно-кутових коливань напівпричепа вантажного автомобіля / Андрій Поляков, Микола Гречанюк // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2011. – № 4. – С. 160–163.

63. Силаев Андрей Алексеевич. Спектральная теория поддресорирования транспортных машин / А. А. Силаев. – М. : Машиностроение, 1972. – 192 с.

64. Краткий справочник для инженеров и студентов : Высшая математика. Физика. Теоретическая механика. Сопротивление материалов. / А. Д. Полянин [и др.]. – М. : Международная программа образования, 1996. – 432 с.

65. Поляков А. Математична модель поперечно-кутових коливань напівпричепа сідельного автопоїзда / Андрій Поляков, Микола Гречанюк // Вісник СХУ ім. Володимира Даля. – 2012. – № 9 (180). – Частина 1. – С. 217–222.

66. ISO 11012:2009 Тяжелые коммерческие автомобили и автобусы. Методы испытаний по разомкнутому кругу для квантификации перемещений. Испытание с обгоном и испытание с переходом. Требования. – TC 22/SC 9. – 14 с. – Международный стандарт.

67. Божкова Л. Влияние поперечных вынужденных колебаний кузова на опрокидывание автомобиля при объезде препятствия /

Л. Божкова, В. Рябов, Г. Норицина // Транспортное дело России. – 2009. – Вып. 3. – С. 141–151.

68. Ротенберг Р. В. Подвеска автомобиля: колебания и плавность хода / Р. В. Ротенберг. – М. : Машиностроение, 1972. – 392 с.

69. Закин Я. Х. Автомобильный поезд и безопасность движения / Я. Х. Закин. – М. : Транспорт, 1991. – 126 с.

70. Добронравов В. В. Курс теоретической механики : учебн. для машиностроит. спец. вузов / В. В. Добронравов, Н. Н. Никитин. – М. : Высшая школа, 1983. – 575 с.

71. ГОСТ Р 41.55-2005. Единообразные предписания, касающиеся механических сцепных устройств составов транспортных средств. – Введен с 2006-07-01. – М. : Стандартиформ, 2006. – 55 с. – Правила ЕЭК ООН №55.

72. Гречанюк М. Метод поліпшення показників поперечної стійкості сидельного автопоїзда / М. Гречанюк // Вісник Житомирського державного технологічного університету. – 2012. – Т. 2, № 3 (62). – С. 38–42.

73. Закон України Про дорожній рух : (за станом на 01 червня 2012 р.) // Верховна Рада України. – К. Режим доступу до ресурсу : <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/3353-12>.

74. Пат. 59949 Україна, МПК В60G 15/00. Пневматична підвіска напівпричепа вантажного автомобіля / М. С. Гречанюк, заявник і патентовласник Вінницький національний технічний університет. – № u201012579 ; заявл. 25.10.2010 ; опубл. 10.06.2011, Бюл. № 11/2011. – 4 с.

75. Air braking equipment for trailers according to council directive 71/320/ EEC. Catalogue for trailers. – WABCO, 2010. – 192 p.

76. Каталог продуктів WABCO. Режим доступу до ресурсу: <http://www.wabco.info/intl/ru/index.html>.

77. Гречанюк М. Удосконалення пневматичної підвіски напівпричепа вантажного автомобіля / М. Гречанюк // Вісник Донецької академії автомобільного транспорту. – 2011. – № 4. – С. 48–52.

78. Поляков А. Критерії стійкості вантажних автомобілів з напівпричепами / Андрій Поляков, Микола Гречанюк // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – 2010. – № 7(149). – С. 24–28.

79. Голубева О. В. Теоретическая механика / О. В. Голубева. – М. : Высшая школа, 1968. – 488 с.
80. Жуковский Н. Е. Теоретическая механика / Н. Е. Жуковский. – М. – Л. : ГИТТЛ, 1952. – 812 с.
81. Современные грузовые автотранспортные средства : справочник / В. В. Пойченко [и др.]. – М. : Доринформсервис, 2004. – 592 с.
82. Автомобильный справочник. – М. : За рулем, 2004. – 992 с.
83. Technical specifications of semitrailer model S.CF FX. – Schmitz Cargobull AG, 2008. – 2 p.
84. Пат. 63957 Україна, МПК G01M 17/00. Спосіб визначення положення точки центру мас напівпричепа вантажного автомобіля / А. П. Поляков, М. С. Гречанюк, заявник і патентовласник: Вінницький національний технічний університет. – № u201103793 ; заявл. 29.03.2011 ; опубл. 25.10.2011, Бюл. № 20/2011. – 6 с.
85. Patent № US 6.370.938 B1. Method and device for determining a quantity describing the height of the center of gravity of a vehicle / Klaus-Dieter Leimbach, Moeglingen; Wetzel Gabriel, Stuttgart, both of (DE); assignee Robert Bosch GmbH, Stuttgart (DE); appl. no.: 09/191,948; filed: nov. 13, 1998; date of patent: apr. 16, 2002.
86. Поляков А. Метод визначення положення точки центру мас напівпричепа вантажного автомобіля / Андрій Поляков, Микола Гречанюк // Вісті автомобільно-дорожнього інституту. – 2011. – Вип. 1(12). – С. 35–38.
87. Протяжність і характеристика автомобільних доріг загального користування на 1 січня 2010 р. / Державна служба автомобільних доріг України // Бюлетень автомобільних доріг. – К. : УКРАВТОДОР, 2010.
88. ДСТУ 3587–97. Безпека дорожнього руху. Автомобільні дороги, вулиці та залізничні переїзди. Вимоги до експлуатаційного стану. – Чинний від 1997-08-31. – К. : Держстандарт України, 1997. – 24 с.
89. Shock absorbers for commercial vehicles. – WABCO, 2008. – 152 p.
90. Пневмобаллоны для транспортных средств. – WABCO, 2009. – 74 с.
91. Яворский Борис Михайлович. Справочник по физике : для инженеров и студентов вузов / Б. М. Яворский, А. А. Детлаф,

А. К. Лебедев. – М. : Издательство Оникс: Издательство Мир и Образование, 2006. – 1056 с.

92. Маркеев А. П. Теоретическая механика / А. П. Маркеев. – М. : НИЦ «РХД», 2007. – 592 с.

93. ГОСТ Р 52389-2005. Транспортные средства колесные. Массы и размеры. Технические требования и методы испытаний . – Введен с 2007-01-01. – М. : Стандартинформ, 2006. – 69 с.

94. Креслення пневмобалона 951 811 710 0 . – Режим доступа до ресурсу : <http://inform.wabco-auto.com/intl/ru/index.html>

95. Truck tyres 2010 : каталог шин Matador. – 2010. – 18 с.

96. Технічні характеристики напівпричепи Schmitz Cargobull S.CF FX. – Режим доступа до ресурсу : <http://vs-cars.ru/Polupritsepyi-Schmitz/S.CF/FX.html>.

97. Каталог продуктів WABCO. Режим доступа до ресурсу: <http://www.wabco.info/intl/ru/index.html>.

98. Раймпель Й. Шасси автомобиля: амортизаторы, шины и колеса / Й. Раймпель ; пер. с нем. В. П. Агапова. – М. : Машиностроение, 1986. – 264 с.

99. Transport Problems 2013 : Conference proceedings II International Symposium of Young Researchers / edition and reviews prof. Aleksander Sładkowski. – Katowice, Poland : Silesian University of Technology Faculty of Transport, 2013. – P. 596–602.

Наукове видання

**Поляков Андрій Павлович
Гречанюк Микола Сергійович
Коробов Сергій Сергійович**

**ПОПЕРЕЧНА СТІЙКІСТЬ
СІДЛОВОГО АВТОПОЇЗДА
ПРИ ДІЇ ЗОВНІШНІХ ЗБУРЕНЬ**

Монографія

Редактор С. Малішевська

Оригінал-макет підготовлено М. Гречанюк

Підписано до виготовлення 7.09.2015 р.

Системні вимоги:

процесор Pentium; 512 Mb RAM;

Windows XP,7,8; Acrobat Reader 6.0.

Один електронний оптичний диск (CD-ROM); Обсяг даних 3,0 Мб.

Наклад 100 (1-й запуск 1–30) прим. Зам. № E2015-06

Видавець та виготовлювач – Вінницький національний технічний університет,
Комп'ютерний інформаційно-видавничий центр Хмельницьке шосе, 95, ВНТУ,
ГНК, к. 114, м. Вінниця, 21021, тел.: (0432) 59-85-32, 59-81-59.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.