

УДК: 629.4.015

## ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ГІДРАВЛІЧНИХ ГАСИТЕЛІВ КОЛИВАНЬ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ НА ВІЗКАХ ТИПУ КВЗ-ЦНИИ ШЛЯХОМ КОНСТРУКТИВНИХ ЗМІН

Іщенко В.М., Щербина Ю.В.

## IMPROVING PERFORMANCE HYDRAULIC OSCILLATION PASSENGER CARRIAGE TYPE КВЗ-ЦНИИ BY CHANGED CONSTRUCTIONS

Ischenko V., Scherbina Y.

*У статті викладені результати роботи з пошуку раціональних конструктивних схем та технічних рішень, щодо покращення роботи гідравлічних гасителів коливань в умовах експлуатації.*

*На базі комп'ютерної моделі динаміки пасажирського вагона для швидкісного руху в програмному комплексі «Универсальный механизм» виконано дослідження зусиль, що передаються на шток гасителя коливань в динаміці. В САПР SolidWorks проведено розрахунок напружень системи «шток-направляюча». Запропонований проект модернізації вузлів гідравлічного гасителя коливань НЦ-1100.*

**Ключові слова:** гідравлічні гасителі коливань, комп'ютерна модель гасителя, технічний стан, модернізація вузлів.

**Вступ.** За допомогою комп'ютерного моделювання в програмному пакеті «Универсальный механизм», з використанням моделі динаміки пасажирського вагона на візках типу КВЗ-ЦНИИ визначено бічні навантаження, що передаються на гідравлічний гаситель коливань і можуть привести до заклинювання його частин, які працюють в умовах, близьких до експлуатаційних.

Встановлено, що поступове збільшення швидкості руху призводить до пропорційного зростання бічних сил, які передаються на шарнірні вузли кріплення гідравлічних амортизаторів. В цілому, зростання горизонтальних бічних сил призводить до погіршення умов праці гасителя коливань, підвищує температуру пари тертя «шток-направляюча», яка, в свою чергу, при досягненні критичних значень може привести до втрати робочих властивостей рідини.

Запропоноване технічне рішення щодо комплексної модернізації гідравлічного коливання надасть можливість поліпшити якість роботи, знизити ризик втрати працездатності внаслідок ймовірної появи «заклинювання» від дії бічних сил, зменшити робо-

ти, пов'язані з технічним обслуговуванням або ремонтом.

**Постановка проблеми.** Багаторічний досвід експлуатації, чисельні теоретичні і експериментальні дослідження свідчать, що на динамічні якості пасажирського вагона суттєвий вплив здійснює технічний стан гідравлічних гасителів коливань. При виникненні несправностей, або зміні робочих параметрів гасителів суттєво зростають прискорення коливань кузова вагона, погіршуються показники плавності руху, зростає рівень напруженого стану несучих елементів конструкції. Метою написання цієї статті є аналіз проблем в роботі гідравлічних гасителів вітчизняного виробництва на базі аналогу - типу НЦ-1100, які виникають під час експлуатації пасажирських вагонів та пошук технічних рішень, спрямованих на удосконалення конструкції цих демпферів.

**Мета статті.** Пошук раціональних конструктивних рішень гідравлічного гасителя коливань типу НЦ-1100. Дослідження засобами імітаційного моделювання бічних навантажень, які передаються на гідравлічний гаситель і призводять до заклинювання його робочих частин.

**Результати досліджень.** Аналіз технічного стану гідравлічних гасителів коливань в експлуатації показує, що до найбільш поширених несправностей слід віднести:

- втрату робочої рідини за рахунок зниження щільності гідросистеми;
- підвищення зазорів в системі «шток-направляюча», внаслідок чого відбувається зменшення параметра опору від максимального до -25% номінального значення;
- послаблення різьбового з'єднання штока з верхньою головкою гідравлічного гасителя коливань, внаслідок багатократних навантажень згину (при перекосах) і розтягу-стискання;

- зриви різьби штока, при частому розбиранні, зумовленому заміною гумових ущільнюючих манжет;
- знос та руйнування направляючої та «перекал» метала в робочій зоні штока внаслідок температурного перегріву, викликаних конструктивними особливостями вузлів кріплень гасителя від дії значних бічних сил при перекосах, що призводить до заклинювання в роботі.

Для вирішення питань, пов'язаних з виникненням вказаних несправностей гідравлічних гасителів коливань типу НЦ-1100 запропоновано провести комплексну модернізацію вузлів. До основних заходів, що передбачаються проектом модернізації відносяться:

- заміна ущільнюючих гумових манжет (рис. 1, поз.1);
- зміна шарнірних вузлів кріплень гасителя коливань (рис. 1, поз.2);
- зміна конструктивного виконання направляючої (рис. 1, поз.3);
- зміна вузла кріплення штока до верхньої головки гасителя (рис. 1, поз.4).

Конструктивне виконання проекту зображено на рис. 1.

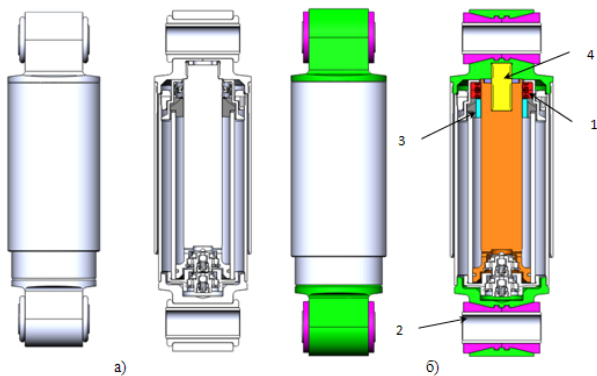


Рис. 1. Гідравлічний гаситель коливань а – до модернізації; б – після проведення модернізації

З метою визначення величин бічних сил, що діють на вузли гідравлічного амортизатора в програмному комплексі «Универсальный механизм» виконано дослідження комп'ютерної моделі динаміки пасажирського вагона на візках типу КВЗ-ЦНИИ [1, 2] в умовах, наближених до експлуатаційних.

Обрано умови розрахунку, за якими проведено дослідження об'єкту, а саме:

- швидкісний режим руху вагона,  $V = 20-140$  км/год;
- прямолінійні та криволінійні ділянки колії;
- стан колії – відсутність та наявність горизонтальних та вертикальних нерівностей;
- параметри жорсткості повідка візка,  $S_{пов} = 2500 - 4700$  кГ/см;

- перед початком інтегрування система знаходиться в стані статичної рівноваги;
- час проведення інтегрування 12 секунд.

Згідно прийнятих умов чисельного інтегрування отримано результати розрахунку бічних зусиль, що передаються на гідравлічний гаситель коливань (рис. 2).

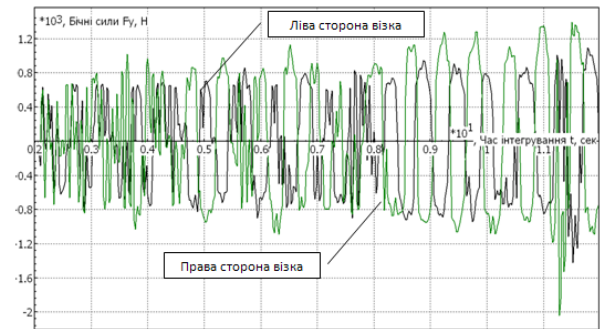


Рис. 2. Осцилограма бічних зусиль, що передаються на шток гасителя коливань під час руху в прямій ділянці колії при  $V = 80$  км/год, отримані методом комп'ютерного моделювання в програмному комплексі «Универсальный механизм»

Для визначення залежності змін повздовжніх навантажень від умов швидкісного руху проведено імітаційне дослідження в динаміці моделі пасажирського вагона з урахуванням параметрів жорсткості повідка візка, як елемента, що сприймає повздовжні зусилля, які діють на центральне ресорне підвішування та обмежує відносні кути поворотів рами візка щодо надресорного бруса, і стану рейкової колії.

Зміна величини бічного зусилля при зростанні швидкості руху показана на рис. 3-6.

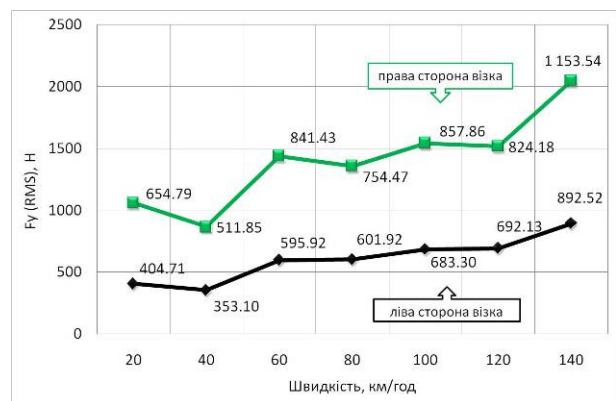


Рис. 3. Залежність СКВ (RMS) бічних зусиль  $F_y$ , які передаються на вузли кріплення гідравлічного амортизатора при жорсткості повідка  $S_{пов} = 2500$  кГ/см в маршрутному діапазоні швидкостей до 140 км/год на прямолінійній ділянці колії з нерівностями



Рис. 4. Залежність СКВ (RMS) бічних зусиль  $F_y$ , які передаються на вузли кріплення гідравлічного амортизатора при жорсткості повідка Спов. = 4700 кГ/см в маршрутному діапазоні швидкостей до 140 км/год на прямолінійній ділянці колії з нерівностями

Відповідно до результатів проведеного модельного розрахунку сформована таблиця вихідних даних.

Таблиця  
Результати розрахунку бічних зусиль залежно від прийнятих вихідних умов

Швидкість руху, км/год	Ділянка колії	Горизонтальні та вертикальні нерівності колії	Жорсткість повідка, Спов., кГ/см	СКВ бічних зусиль, Н
140	Пряма	Відсутні	2500	460,37
140	Пряма	Відсутні	4700	455,02
140	Пряма	Наявні	2500	1151,52
140	Пряма	Наявні	4700	1157,96
120	Крива, R = 600 м	Відсутні	2500	475,21
120	Крива, R = 600 м	Відсутні	4700	469,47
140	Крива, R = 600 м	Наявні	2500	1089,66
140	Крива, R = 600 м	Наявні	4700	1091,95
140	Крива, R = 1000 м	Відсутні	2500	477,02
120	Крива, R = 1000 м	Відсутні	4700	476,51
140	Крива, R = 1000 м	Наявні	2500	1257,29
140	Крива, R = 1000 м	Наявні	4700	1251,51

За аналізом результатів встановлено:

- при зростанні швидкості руху пасажирського вагона поступово підвищується рівень бічних зусиль, що передаються на гідравлічний гаситель коливань;
- величина параметра жорсткості повідка, яка знаходиться в межах Спов. = 2500-4700 кГ/см не суттєво впливає на отримані значення бічних зусиль. Вони знаходяться практично на одному рівні;
- при врахуванні в розрахунку нерівностей колії більш ніж в 2,5 рази підвищується величина горизонтальних зусиль, що передаються на вузли кріплення амортизатора;
- середньоквадратичні відхилення бічних зусиль можуть досягати більше 1000 Н при маршрутних швидкостях руху ( $V = 110-130$  км/год).

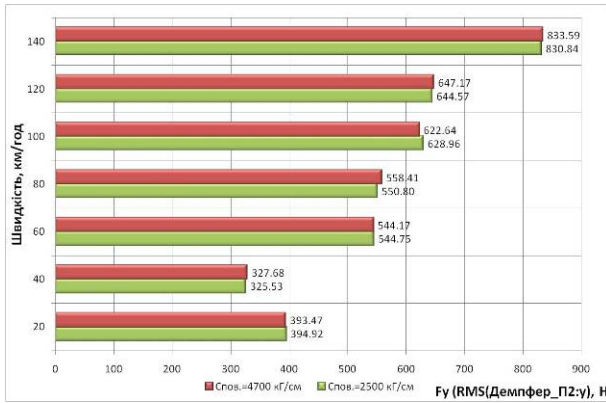


Рис. 5. Залежність СКВ (RMS) бічних зусиль, які передаються на вузли кріплення гідравлічного амортизатора (ліва сторона візка) при жорсткості повідка Спов. = 2500 - 4700 кГ/см в маршрутному діапазоні швидкостей до 140 км/год на прямолінійній ділянці колії

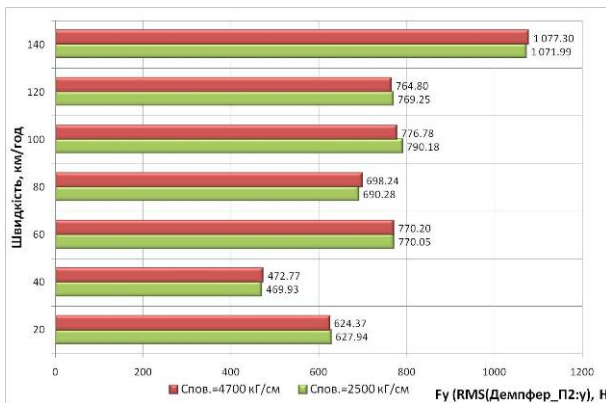


Рис. 6. Залежність СКВ (RMS) бічних зусиль, які передаються на вузли кріплення гідравлічного амортизатора (права сторона візка) при жорсткості повідка Спов. = 2500 - 4700 кГ/см в маршрутному діапазоні швидкостей до 140 км/год на прямолінійній ділянці колії

Отримані результати з визначення горизонтальних бічних зусиль, які передаються на гаситель коливань свідчать про дійсну можливість виникнення ситуації, коли при зростанні рівня бічних сил відбудеться «заклинювання» в роботі гасителя, що призведе до часткової, або повної втрати працездатності амортизатора.

Для знаходження розподілу напружень від дії бічних горизонтальних сил при «заклинюванні» в системі «шток-направляюча» за допомогою програмного пакету SolidWorks проведено імітаційне дослідження створеної комп'ютерної моделі гасителя коливань. При виконанні розрахунку прийняті до уваги властивості матеріалів складових одиниць, та витримана точність виконання геометрії елементів, відповідно до креслеників конструкторської документації гідравлічного гасителя коливань НЦ-1100.

Перед початком визначення напружень методом кінцевих елементів, на твердому тілі моделі гасителя була створена сітка високої якості, з загальною кількістю елементів – 86802, вузлів – 142680, без спотворених елементів за Якобіаном.

Методика проведення розрахунку передбачає повну фіксацію направляючої і робочого циліндра, з обмеженням усіх ступенів вільності, та прикладення визначених в програмному комплексі «Універсальний механізм» бічних горизонтальних зусиль на

елементи верхньої частини амортизатора (головка з штоком) (рис. 7).

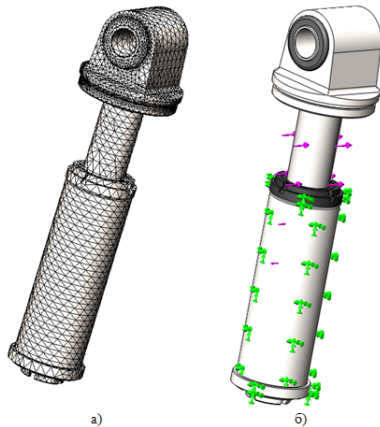


Рис. 7. Створення сітки (а) та схема прикладення зовнішніх навантажень до елементів гасителя коливань (б)

З урахуванням пікових бічних навантажень розподіл напружень в направляючій буде мати наступний вигляд (рис. 8).

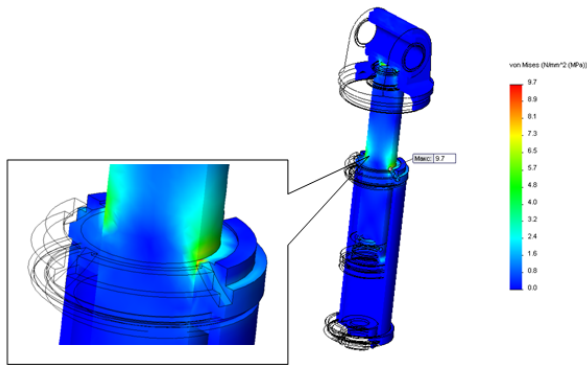


Рис. 8. Графічне відображення розподілу напружень при дії на гідравлічний гаситель коливань поздовжнього бічного зусилля  $F_y = 2000$  Н

Отримані величини максимальних значень напружень, що виникають в направляючій гасителя коливань, при прикладенні бічних горизонтальних зусиль до 2500 Н показані на рис. 9.

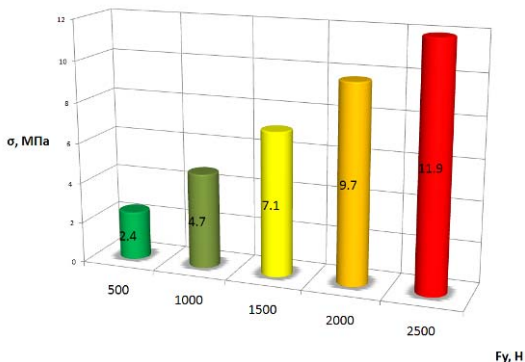


Рис. 9. Характер зміни величин напружень в направляючій амортизатора від дії бічних зусиль

Враховуючи постійну циклічність дії поздовжніх навантажень при русі вагона, які передаються на вузли кріплення гасителя, можна стверджувати про їх негативний вплив на елементи гасителя коливань. Проведені дослідження пояснюють причину виникнення «заклинювання» роботи гасителя коливань, появу випадків зношень та руйнування направляючої, «перекал» металу штоку, деформацій поверхні робочого циліндра. Загалом, при зростанні бічних горизонтальних сил відбувається погіршення умов роботи гасителя коливань, підвищується температура нагріву пари тертя «шток-направляюча», що в свою чергу при досягненні критичних значень може призвести до втрати властивостей робочої рідини.

**Висновок.** На підставі виконаних досліджень та проведеного аналізу:

1. Встановлений діапазон значень середньоквадратичних відхилень поздовжніх зусиль в межах швидкісного руху  $V = 20 \div 140$  км/год. Засобами комп'ютерного моделювання досліджено характер зміни поздовжніх бічних зусиль, які передаються на вузли кріплення амортизатора, та їх вплив на напружений стан елементів гасителя.

2. Виявлено суттєвий вплив стану колії на зміну поздовжніх бічних сил у заданому інтервалі швидкостей. Встановлено низьку чутливість жорсткості повідка до шуканих показників.

3. Запропоноване технічне рішення щодо проведення комплексної модернізації гідравлічного гасителя коливань надасть можливість поліпшити якість його роботи, зменшити ризик втрати працездатності внаслідок «заклинювання» від дії бічних сил, підвищити ресурс роботи.

### Література

1. Черняк Г.Ю., Щербина Ю.В. Розробка моделі пасажирського вагона для досліджень динаміки в програмному комплексі «Універсальный механизм» // Збірник наукових праць ДЕУТУ. Серія «Транспортні системи і технології». – К.: ДЕУТУ, 2007. Вип.12. – С. 75-82.
2. Черняк Г.Ю., Щербина Ю.В. Розробка математичної моделі динаміки пасажирського вагона в програмному комплексі «Універсальный механизм» // Проблеми та перспективи розвитку транспортних систем в умовах реформування залізничного транспорту: управління, економіка і технології: Матеріали IV міжнародної науково-практичної конференції. Серія «Техніка, технологія». – К.: ДЕУТУ, 2008. – С. 112.
3. Pogorelov D.Yu. Simulation of Rail Vehicle Dynamics with Universal Mechanism Software / D.Yu. Pogorelov // Rail vehicle dynamics and associated problems. Gliwice: Silesian University of Technology, 2005. – P. 13-58.
4. Paul Tran. SOLIDWORKS 2016 Advanced Techniques, 728p.
5. Paul Kurowski. Engineering Analysis with SOLIDWORKS Simulation 2016, 500p.

### References

1. Chernyak G., Scherbina Yu. Розробка моделі пасажирського вагона для досліджень динаміки в програмному комплексі «Универсальный механизм» // Збірник наукових праць ДЕТУТ. Серія «Транспортні системи і технології». – К.: ДЕТУТ, 2007. Вип.12. – С. 75-82.
2. Chernyak G., Scherbina Yu. Розробка математичної моделі динаміки пасажирського вагона в програмному комплексі «Универсальный механизм» // Проблеми та перспективи розвитку транспортних систем в умовах реформування залізничного транспорту: управління, економіка і технології: Матеріали IV міжнародної науково-практичної конференції. Серія «Техніка, технологія». – К.: ДЕТУТ, 2008. – С. 112.
3. Pogorelov D.Yu. Simulation of Rail Vehicle Dynamics with Universal Mechanism Software / D.Yu. Pogorelov // Rail vehicle dynamics and associated problems. Gliwice: Silesian University of Technology, 2005. – P. 13-58.
4. Paul Tran. SOLIDWORKS 2016 Advanced Techniques, 728p.
5. Paul Kurowski. Engineering Analysis with SOLIDWORKS Simulation 2016, 500p.

**Ищенко В.Н, Щербина Ю.В. Повышение эффективности работы гидравлических гасителей колебаний пассажирских вагонов на тележках типа КВЗ-ЦНИИ путем конструктивных изменений.**

*В статье изложены результаты работы по поиску рациональных конструктивных схем и технических решений, относительно улучшения работы гидравлических гасителей колебаний в условиях эксплуатации.*

*На базе компьютерной модели динамики пассажирского вагона для скоростного движения в программном комплексе «Универсальный механизм» выполнено исследование усилий, передаваемых на шток гасителя колебаний в динамике. В САПП SolidWorks проведен расчет напря-*

*жений системы «шток-направляющая». Предложенный проект модернизации узлов гидравлического гасителя колебаний НЦ-1100.*

**Ключевые слова:** гидравлические гасители колебаний, компьютерная модель гасителя, техническое состояние, модернизация узлов.

**Ischenko V., Scherbina Y. Improving performance hydraulic oscillation passenger carriages type КВЗ-ЦНИИ by changed constructions.**

*The article presents the results of the search of rational constructive schemes and technical solutions to improve the work of hydraulic oscillation in operation.*

*On the basis of a computer model of the car speakers for high-speed passenger traffic in the software package "Universal Mechanism" The research efforts that are transmitted to the rod oscillation dynamics. In SolidWorks CAD calculation of the stress system "rod-guide". The analysis of the problems in the hydraulic dampener domestic production based on analog, which arise during the operation of passenger cars and search for technical solutions aimed at improving the design of the dampers. The proposed modernization project of hydraulic units oscillation НЦ-1100.*

**Keywords:** hydraulic dampers, a computer model dampener, technical condition, upgrade units.

**Ищенко В.М.** – к.т.н., т.в.о. зав. кафедри «Вагони та вагонне господарство» Державного економіко-технологічного університету транспорту

**Щербина Ю.В.** – старший викладач кафедри «Вагони та вагонне господарство» Державного економіко-технологічного університету транспорту, e-mail: scherbina1520mm@gmail.com

*Рецензент:* д.т.н., проф. **Горбунов М.І.**

Стаття подана 14.03.2017