

**МЕТОД ПОЛІПШЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ПОПЕРЕЧНОЇ СТІЙКОСТІ
СІДЕЛЬНОГО АВТОПОЇЗДА**

(Представлено д.т.н., проф. Поляковим А.П.)

Описано запропонований авторами підхід до поліпшення поперечної стійкості сидельного автопоїзда за рахунок застосування вдосконаленої схеми пневматичної підвіски його напівпричепа.

Вступ. Сідельні автопоїзди є одними з основних видів вантажного транспорту, якими перевозиться значна частина вантажів на території України.

Попри наявність сучасних електронних систем керування динамічними характеристиками сидельного автопоїзда під час його руху не зникає проблема зниження рівня аварійності цього виду вантажного транспорту.

Внаслідок ряду причин, таких як недотриманням швидкісного режиму руху, можливим виникненням несправних станів, недосконалістю конструкції сидельних автопоїздів можуть виникати аварії, наслідками яких є значні фінансові втрати.

Для прикладу, аварії зі смертельними наслідками, які пов'язані з сидельними автопоїздами, в США щорічно займають близько 74 %. Найбільш розповсюдженим видом аварій сидельних автопоїздів є перекидання [1]. Як свідчить інформація, у 2009 році із 457 загиблих у сидельних автопоїздах через перекидання сидельного автопоїзду загинуло 237 людей, що склало 52 % всіх смертей 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 загинула 451 людина і було травмовано 3306 [3]. Тому питання зниження аварійності сидельних автопоїздів завдяки підвищенню їх стійкості не втрачає своєї актуальності.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Розв'язанню задачі поліпшення показників стійкості транспортних засобів присвячена значна частина робіт як вітчизняних науковців, так і вчених із інших країн. Дослідженню стійкості автомобіля займалися: Я.Х. Закин, А.С. Літвінов, М.А. Подригало, В.П. Сахно, Г.А. Смірнов, D.Cebon, I.Cech, R.J. Dorling, D.J.M. Sampson та інші вчені [4]. Одними із основних шляхів, спрямованих на поліпшення показників поперечної стійкості сидельного автопоїзда є вдосконалення конструкції елементів підвіски його напівпричепа через значний вплив її характеристик на згадані показники.

Викладення основного матеріалу. Широке застосування сидельного автопоїзда для вантажних перевезень стало причиною його вибору для дослідження. Попри значні досягнення в автомобільній галузі, ще залишається значна частина невирішених питань і, зокрема поліпшення показників поперечної стійкості сидельного автопоїзда, від яких залежить його безпечна експлуатація.

Серед багатьох шляхів підвищення показників поперечної стійкості сидельного автопоїзда існують різноманітні підходи, методи та способи. З них, на основі аналізу літературних джерел, виділено три основних:

- застосування електронних систем керування динамікою руху сидельного автопоїзда;
- вдосконалення підходів до експлуатації сидельного автопоїзда;
- удосконалення конструкції елементів напівпричепа.

На відміну від сидельного тягача, який завдяки конструктивним особливостям і компоувальній схемі має достатньо високий рівень поперечної стійкості, його напівпричіп не має такої властивості, тому було вирішено провести дослідження в напрямку поліпшення стійкості напівпричепа за рахунок внесення змін у конструкцію пневматичної підвіски. Перевагою її застосування, порівняно із ресорною, є їх властивість краще гасити коливання, які виникають від руху сидельного автопоїзда по нерівностям дорожнього покриття. 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 пневматичної підвіски.

Для покращання показників поперечної стійкості сидельного автопоїзда запропоновано вдосконалити схему пневматичної підвіски його напівпричепа [5]. Суть удосконалення полягає у внесенні конструктивних змін в існуючу схему пневматичної підвіски шляхом застосування другого крана рівня підлоги, що дозволяє зменшити амплітуду поперечно-кутових коливань напівпричепа сидельного автопоїзда і запобігти його перекиданню (рис. 1).

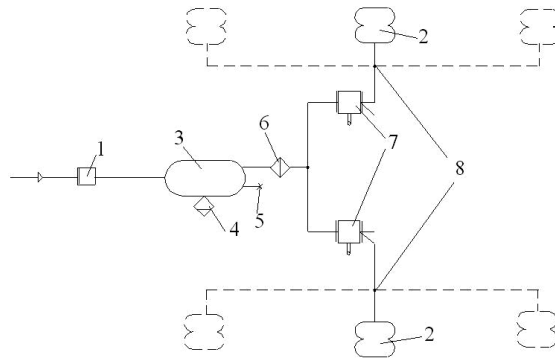


Рис. 1. Схема вдосконаленої пневматичної підвіски напівпричепа сідельного автопоїзда:
 1 – перепусковий клапан односторонньої дії; 2 – пневматичний балон; 3 – балон-ресивер;
 4 – кран скидання конденсату; 5 – контрольний вивід; 6 – магістральний фільтр;
 7 – кран рівня підлоги; 8 – контрольний вивід

До недоліків існуючої пневматичної підвіски напівпричепа сідельного автопоїзда з одним краном рівня підлоги можна віднести те, що: при завантаженні платформи такого напівпричепа обов'язково вимагається рівномірне розташування вантажу по платформі, так як при нерівномірному розташуванні вантажу при завантаженні відбувається крен напівпричепа, який при подальшому продовженні завантаження може викликати перекидання сідельного автопоїзда; при його русі і виникненні поперечно-кутових коливань платформи, повітря у пневматичній системі здійснює коливальні рухи, частота яких при вході в резонанс з власною частотою поперечно-кутових коливань напівпричепа викликає перекидання сідельного автопоїзда; в пневматичній системі застосовуються лише однотипні пневматичні балони, які в разі виникнення у них несправностей при здійсненні перевезень, створюють труднощі в їх заміні.

Для усунення перерахованих недоліків існуючої пневматичної підвіски напівпричепа сідельного автопоїзда було вирішено ввести другий кран рівня підлоги напівпричепа, який розташований симетрично до першого крана рівня підлоги по краях осі напівпричепа та з'єднаний з пневматичними балонами відповідної сторони), що дозволить усунути зазначені вище недоліки.

З метою визначення впливу на показники стійкості напівпричепа сідельного автопоїзда застосування вдосконаленої схеми пневматичної підвіски напівпричепа та перевірки адекватності запропонованої математичної моделі поперечно-кутових коливань напівпричепа було проведено експериментальні дослідження за розробленою методикою. Як об'єкт дослідження був обраний сідельний автопоїзд у складі сідельного тягача IVECO EuroStar Cursor 430 в з'єднанні з тривісним напівприцепом Schmitz Cargobull S.CF FX. Вимірально-реєструючий комплекс для проведення експериментальних досліджень складався з двох датчиків рівня підлоги Knorr-Bremse 0504002107, двох датчиків тиску MM355-3829010, двох кранів рівня підлоги РПК 0060.41.000, цифрового USB осцилографа USB Autoscope II та персонального комп'ютера (ПК) MSI Wind U100 Plus. При проведенні експериментальних досліджень виконувався маневр "переставка" [6] та реєструвалися: спідометром в кабіні водія тягача – швидкість руху транспортного засобу; датчиком тиску – зміна тиску в пневматичних балонах правого і лівого боку підвіски напівпричепа; датчиком рівня підлоги – характеристики коливань платформи напівпричепа. Проведені експериментальні дослідження показали, що при застосуванні вдосконаленої пневматичної підвіски, залежно від завантаження напівпричепа, коливання платформи його починають гаситись раніше в 1,1...1,2 раза, а коефіцієнт демпфування зростає в 1,3...1,4 раза (рис. 2).

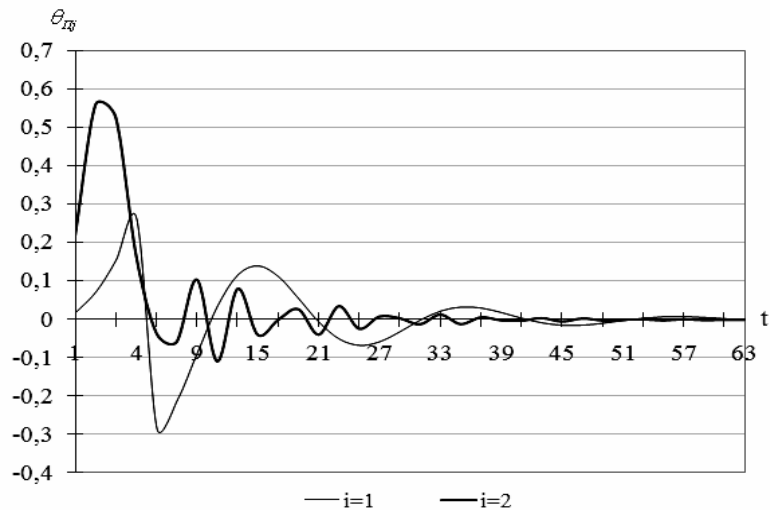


Рис. 2. Графік поперечно-кутових коливань платформи напівпричепа із вантажем 8470 кг при виконанні маневру "переставка" сідельним автопоїздом на швидкості 45 км/год.:

$i = 1$ – на існуючій підвісці;
 $i = 2$ – на вдосконаленій підвісці

Для оцінки ефективності застосування вдосконаленої системи пневматичної підвіски було запропоновано диференціальні рівняння коливального руху платформи напівпричепа сідельного автопоїзда, які разом складають математичну модель.

Для визначення впливу поперечно-кутових коливань напівпричепа сідельного автопоїзда на його перекидання під час виконання маневру "переставка" на основі розрахункової схеми (рис. 2), застосували принцип Даламбера [7], складено систему диференціальних рівнянь:

$$\begin{cases} -3R_{z\phi} B - \frac{m_{\phi}^{ii} V^2 h_{\phi_j}}{R} - h'_{\phi_j} - h_{\phi_j} & \frac{m_{\phi}^{ii} V^2 h_{\phi_j} - h_{\phi_j}}{h'_{\phi_j} - h_{\phi_j} R} - \frac{m_{\phi}^{ii} V^2 h'_{\phi_j} h_{\phi_j} - h_{\phi_j}^2}{h'_{\phi_j} - h_{\phi_j} R} + \\ + m_{\phi}^{ii} g l + \frac{B (1,2g m_{\phi_i} + 0,4g m_{\phi_{\phi}})}{2} + g \frac{0,6 m_{\phi} m_{\phi}^{ii} h_{\phi_{\phi}}}{m_{\phi} + m_{\phi}^{ii} - m_{\phi_{\phi}}} = 0; \\ 3R_{z\alpha} B - \frac{m_{\phi}^{ii} V^2 h_{\phi_j}}{R} - (h'_{\phi_j} - h_{\phi_j}) & \frac{m_{\phi}^{ii} V^2 (h_{\phi_j} - h_{\phi_j})}{(h'_{\phi_j} - h_{\phi_j}) R} - \frac{m_{\phi}^{ii} V^2 h'_{\phi_j} (h_{\phi_j} - h_{\phi_j})}{(h'_{\phi_j} - h_{\phi_j}) R} \\ - m_{\phi}^{ii} g (l - l) & \frac{B (1,2g m_{\phi_i} + 0,4g m_{\phi_{\phi}})}{2} - g \frac{0,6 m_{\phi} m_{\phi}^{ii} h_{\phi_{\phi}}}{m_{\phi} + m_{\phi}^{ii} - m_{\phi_{\phi}}} = 0, \end{cases} \quad (1)$$

де $R_{z\phi}$, $R_{z\alpha}$ – зведені реакції дорожнього покриття, які діють на колеса в момент максимального нахилу платформи напівпричепа; m_{ϕ}^{ii} – загальна маса завантаженого напівпричепа, m_{ϕ_i} – маса, зведена до передньої осі, $m_{\phi_{\phi}}$ – маса, що припадає на сідельно-зчпний пристрій, m_{ϕ} – повна маса сідельного автопоїзда, h'_{ϕ_j} – висота центра маси сідельного автопоїзда при нахилі напівпричепа, h_{ϕ_j} – висота центра маси сідельного автопоїзда в положенні рівноваги, h_{ϕ_j} – висота центра перекидання при j -му завантаженні, $h_{\phi_{\phi}}$ – висота точки зчпки на сідельно-зчпному пристрої, B – ширина колії сідельного автопоїзда, V – швидкість руху сідельного автопоїзда.

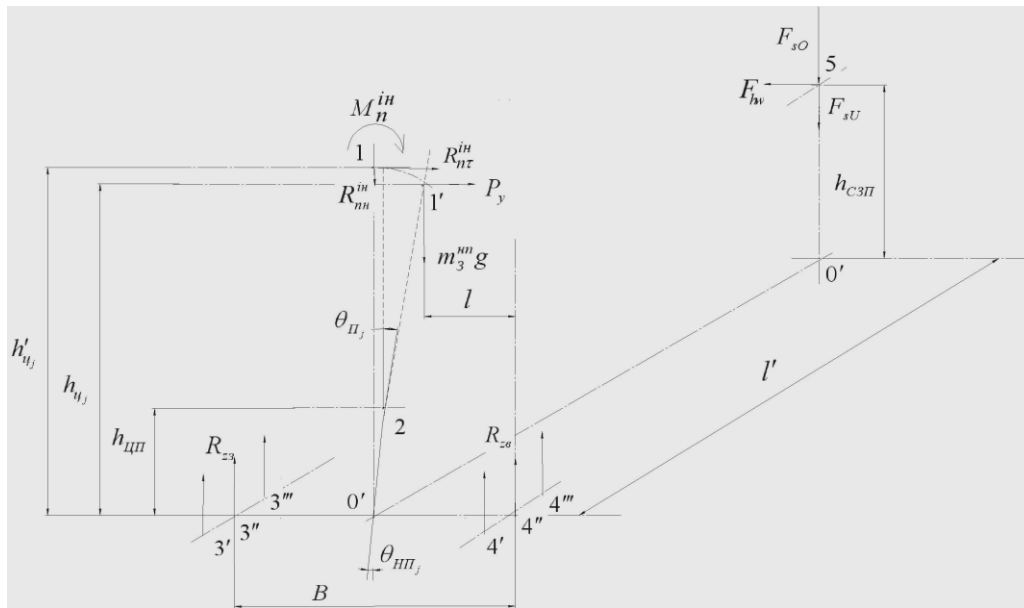


Рис. 3. Розрахункова схема сил, що діють на напівпричепу сідельного автопоїзда, з врахуванням поперечно-кутових коливань платформи напівпричепи і її нахилу на максимально можливий кут: $R_{к\tau}^{3f}$, $R_{кн}^{3f}$ – тангенційна і нормальна складова головного вектора сили інерції; M_n^{3f} – головний момент сили інерції; P_y – сила інерції; F_{hw} , F_{so} , F_{su} – горизонтальна та вертикальна сили, що виникають у сідельно-зчипному пристрої; $\theta_{пj}$, $\theta_{нпj}$ – кути крена підресорних та невідресорних мас

Початок перекидання напівпричепи сідельного автопоїзда є можливим при рівності нулю реакції, які діють на менш навантажені колеса, тобто $R_{z\sigma} = 0$.

Звідси, на підставі системи рівнянь (1), критична швидкість руху сідельного автопоїзда по перекиданню V_j , при якій можливе перекидання напівпричепи сідельного автопоїзда визначається за формулою:

$$V_j = \sqrt{\frac{gR \left[l + B(0,6\chi_{i_4} + 0,2\chi_{i_3}) + \frac{0,6\chi_{i_5} h_{c\sigma}}{\chi_{i_5} + 1 - \chi_{i_3}} \right]}{h_{\delta_j} + (h_{\delta_j} - h_{\delta j}) \left[1 + \frac{h_{\delta_j} h_{\delta j} - h_{\delta j}}{(h'_{\delta_j} - h_{\delta j})^2} \right]}}, \quad (2)$$

де χ_{i_3} , χ_{i_4} , χ_{i_5} – коефіцієнти співвідношень масових факторів.

Використовуючи рівняння (2), визначено критичну швидкість руху по перекиданню V_j для сідельного автопоїзда (сідельного тягача IVECO EuroStar Cursor 430/напівпричепи Schmitz Cargobull S.CF FX) для різних варіантів завантаження як для існуючої, так і для вдосконаленої пневматичної підвіски (табл. 1) з врахуванням впливу поперечно-кутових коливань.

Як показав аналіз проведених розрахунків, на величину критичної швидкості по перекиданню V_j руху сідельного автопоїзда істотний вплив чинять поперечно-кутові коливання його напівпричепи, особливо при перевезенні вантажів від 10000 до 20000 кг. З врахуванням дії поперечно-кутових коливань напівпричепи на існуючій пневматичній підвісці, його критичну швидкість по перекиданню рекомендовано знизити в 1,13...1,28 рази при таких величинах завантажень. В разі застосування вдосконаленої пневматичної підвіски – лише в 1,04...1,11 рази. Крім того, запропоноване рівняння для визначення критичної швидкості руху сідельного автопоїзда по перекиданню V_j дозволяє підвищити точність оцінки значення.

Таблиця 1

*Критична швидкість V_f для різних варіантів завантаження
напівпричепи сідельного автопоїзда*

Величина завантаження, кг	Критична швидкість по перекиданню V_f , м/с		
	без врахування поперечно-кутових коливань	на існуючій підвісці	на вдосконаленій підвісці
5000	17,82	15,64	17,10
10000	17,17	14,91	16,61
15000	16,52	14,16	15,93
20000	16,00	13,37	14,59

Висновки. Застосування запропонованого методу поліпшення показників поперечної стійкості сідельного автопоїзда дозволить поліпшити показники його поперечної стійкості.

Список використаної літератури:

1. NHTSA Report [Електронний ресурс]: 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 : [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 [Електронний ресурс]: Large trucks / Insurance Institute for Highway Safety. – Режим доступу : http://www.iihs.org/research/fatality_facts_2009/largetrucks.html#sec1.
3. Аварійність на автошляхах України за 12 місяців 2011 року [Електронний ресурс] / Управління ДАІ МВС України. – Режим доступу : http://www.sai.gov.ua/uploads/filemanager/file/dtp12_2011.pdf.
4. Поляков А. Аналіз шляхів підвищення стійкості та керованості вантажних автомобілів з напівпричепами / А.Поляков, М.Гречанюк // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2010. – Вип. 5. – С. 90–95.
5. Гречанюк М. Удосконалення пневматичної підвіски напівпричепи вантажного автомобіля / М.Гречанюк // Вісник Донецької академії автомобільного транспорту. – 2011. – Вип. 4. – С. 48–52.
6. ДСТУ 3310-96. Засоби транспортні дорожні. Стійкість. Методи визначення основних параметрів випробовуваннями. – [Чинний від 1997–01–01]. – К. : Держстандарт України, 1996. – 10 с.
7. Добронравов В.В. Курс теоретической механики : учебник / В.В. Добронравов, Н.Н. Никитин. – М. : Высшая школа, 1983. – 575 с.

ГРЕЧАНЮК Микола Сергійович – аспірант кафедри автомобілів та транспортного менеджменту Вінницького національного технічного університету.

Наукові інтереси:

– моделювання та дослідження експлуатаційних властивостей автотранспортних засобів.

Тел.: (0432)59–84–38.

E-mail: mgrechanyk@rambler.ru

Стаття надійшла до редакції 19.08.2012

Гречанюк М. С. Метод поліпшення показників поперечної стійкості седельного автопоїзда

Гречанюк Н. С. Метод улучшения показателей поперечной устойчивости седельного автопоезда

Grechanyuk M. S. Method of upside roll stability of the truck with semitrailer

УДК 629.3.017.2: 629.1-43

Метод улучшения показателей поперечной устойчивости седельного автопоезда / Н. С. Гречанюк.

Описано предложенный авторами подход к улучшению поперечной устойчивости седельного автопоезда за счет применения усовершенствованной схемы пневматической подвески его полуприцепа.

UDC 629.3.017.2: 629.1-43

Method of upside roll stability of the truck with semitrailer /M. S.Grechanyuk

Described author's offer treatment of improvement transverse roll stability of the truck with semitrailer using developed scheme of the pneumatic suspension it's semitrailer.