

# ПРИКЛАДНІ ПРОБЛЕМИ ДИНАМІКИ, МІЦНОСТІ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОМИСЛОВОГО УСТАТКУВАННЯ

УДК 629.083

Р. Я. Качмар, М. О. Дмитрів  
Національний університет “Львівська політехніка”,  
кафедра експлуатації та ремонту автомобільної техніки

## МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ КОНСТРУКТИВНИХ ЗМІН ПІДВІСКИ АВТОПОЇЗДІВ МАРКИ MAN В СЕРЕДОВИЩІ SOLIDWORKS

© Качмар Р. Я., Дмитрів М. О., 2015

**Змодельовано півресору підвіски причіпа автопоїзда, показано небезпечні перерізи півресори та напруження, які виникають під час максимальних навантажень. Запропоновано для зменшення відмов встановити вставку між віссю і півресорою напівпричіпа автомобіля.**

**Ключові слова:** автопоїзд, причіп, ресора, відмова, пневмопідвіска, моделювання, програма SolidWorks.

**Modeled spring suspension train trailer shown dangerous sections and spring tension arising during maximum load. A set of failures to reduce insertion between the axles and the trailer spring car.**

**Key words:** road train, trailer, spring, breakage, air suspension, modeling, program SolidWorks.

**Постановка проблеми.** Автомобільний транспорт, незважаючи на сьогоденне зниження вантажообігу іншими видами транспорту, розвивається якісно і кількісно бурхливими темпами, навіть спостерігається збільшення вантажопотоків. Попри підвищення показників комерційної експлуатації вантажних автомобілів, рівень їх технічної експлуатації та показники надійності залишаються або сталими, або навіть понижуються. Крім того, незадовільний стан автомобільних шляхів спричиняє створення типових груп несправностей, пов'язаних із неякісним (а подекуди практично відсутнім) дорожнім покриттям – це проблеми груп: шини і підвіска. Водночас забезпечити якимось способом підвищення показників надійності підвіски на рівні сервісного обслуговування можливо за допомогою набутого досвіду та стажу працівників станцій технічного обслуговування та автотранспортних підприємств, які методом спроб і помилок за допомогою змін чи регулювань конструкції підвіски досягали збільшення пробігу чи відновлення працездатності тягачів чи причепів. Тому дослідження, які скеровані на моделювання ресори причіпа автопоїзда і визначення напружень, що виникають під час її роботи у складі підвіски автопоїзда для розроблення практичних рекомендацій щодо внесення конструктивних змін у конструкцію підвіски з метою зменшення потоку відмов її елементів, є актуальними.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Покращенням експлуатаційних характеристик підвісок автопоїздів вантажних автомобілів на етапі експлуатації, займалися і займаються провідні науковці, зокрема П. М. Гащук [1], Є. Ю. Форнальчик [2] та багато інших. Водночас, необхідно

наголосити, що їхні дослідження переважно скеровані на розроблення рекомендації щодо підвищенні надійності елементів чи підвіски загалом лише на етапі проектування, для закладення наперед відомих критеріїв та показників надійності. В умовах особливості експлуатації на українських дорогах створюються особливі несправності елементів підвіски, які цілком пов'язані з виходом параметрів роботи підвіски автомобілів та причіпів за закладені конструктором межі. Причому це не тільки перевантаження транспортного засобу, а і рух порожнього автомобіля чи особливо причіпа на нерівностях дороги, коли ходи підвіски перевищують граничні значення.

**Формулювання мети досліджень.** Метою досліджень було проведення моделювання ресори причіпа автопоїзда за допомогою програмного продукту SolidWorks для визначення напружень, які виникають під час її роботи з розроблення практичних рекомендацій щодо внесення конструктивних змін у конструкцію підвіски для збільшення надійності підвіски напівпричіпа.

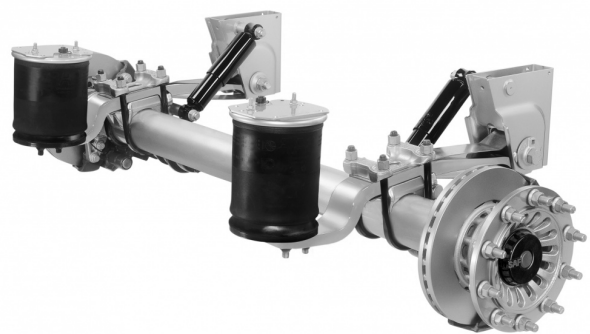
**Викладення основного матеріалу дослідження.** Проаналізуємо два найпоширеніших типи конструкції підвіски напівпричіпа [3], основна відмінність яких полягає в застосуванні пневматичної підвіски з ресорою (півресорою) і підвіски з інтегрованими в єдине ціле поздовжніми реактивними тягами і балкою моста. Кожна має переваги і недоліки, що впливають на експлуатаційні витрати і підвіски, і причіпної техніки загалом. Крім того, одним з важливих конструкційних питань є поперечний переріз осі балки причіпа (напівпричіпа) – круглий або квадратний. Основні бренди з виробництва осей і підвіски для європейської причіпної техніки – це: SAF, BPW, Mercedes-Benz, Rotos (Schmitz), ROR, Gigant [3]. Причому перші чотири з них набули найбільшого поширення в Україні. Фірма SAF також випускає різноманітні моделі підвіски з різними формами півресори і способом їх кріплення до балки моста. Дешевшим варіантом є підвіска з півресорою SAF Modul (рис. 1).

SAF постійно вдосконалює конструкцію осей і підвіски, що, з одного боку, добре, з іншого – призводить до збільшення гами запасних частин та виникнення технологічних особливостей обслуговування. Однією з особливостей підвіски BPW є балка осі квадратного профілю, яка, за заявою виробника, краще працює на скручування.

Усі механічні агрегати підвіски і комплектуючі осі BPW серійно оброблені методом глибоко-катодного фарбування з попереднім цинкофосфатуванням.

Дослідження експлуатаційної надійності елементів підвіски напівпричіпів автопоїздів проводили на Львівській автобазі №1 на автопоїздах підприємства чи тих організацій, яким надаються послуги з обслуговування чи ремонту рухомого складу. Інформацію про надійність елементів їх підвісок збирали впродовж 2012–2014 рр. за результатами діагностування їх технічного стану. Програма досліджень передбачала збирання інформації про час та кількість надходжень АТЗ на обслуговування (усунення несправностей та відмов), їх пробіг, особливості прояву дефектів за інформацією від водіїв.

Спостереження і збирання відповідної інформації виконували від моменту прийняття автомобіля на обслуговування із спілкуванням з водієм на предмет встановлення прояву несправностей, виконання розбирання дефектних вузлів підвісок і оцінювання їх технічного стану, до моменту завершення замінних операцій і внесення відповідних записів у базу даних СТО і супроводжувальну документацію. На основі доступу до баз даних підприємства



*Рис. 1. Підвіска напівпричіпа автомобіля з півресорою SAF Modul*

встановлено, що найчастіше в підвісці напівпричіпа руйнується напівресора. Загальний вигляд зламаної напівресори автопоїзда Volvo FH12 і самого злому наведено на рис. 2, 3 відповідно. Водій автомобіля під час зовнішнього огляду виявив несправність, яка полягала у зламаній півресорі. Причиною міг бути заводський дефект, втомне руйнування матеріалу півресори, нерівність дорожнього покриття.



Рис. 2. Світлина несправної підвіски автопоїзда Volvo FH12



Рис. 3. Світлина розламаної півресори

На рис. 3 чітко виражена початкова маленька тріщина, причиною якої міг бути удар внаслідок нерівностей дорожнього покриття або втома матеріалу півресори, в результаті чого вона розламалась на дві частини.

Для визначення напружень, які виникають у півресорі підвіски причіпа автопоїзд, використано програму SolidWorks – програмний комплекс САПР для автоматизації робіт промислового підприємства на етапах конструкторської та технологічної підготовки виробництва [4]. Для встановлення напружень, які виникають у небезпечних перерізах півресори було проведено моделювання в середовищі SolidWorks Simulation Xpress. Задавши матеріал півресори і дію на неї сил від пневмобалона і осі за допомогою методу кінцевих елементів встановлюємо напруження, які виникають в ресорі (рис. 4). Аналіз напружень, які виникають у півресорі, дозволив визначити основні небезпечні перерізи (рис. 5).

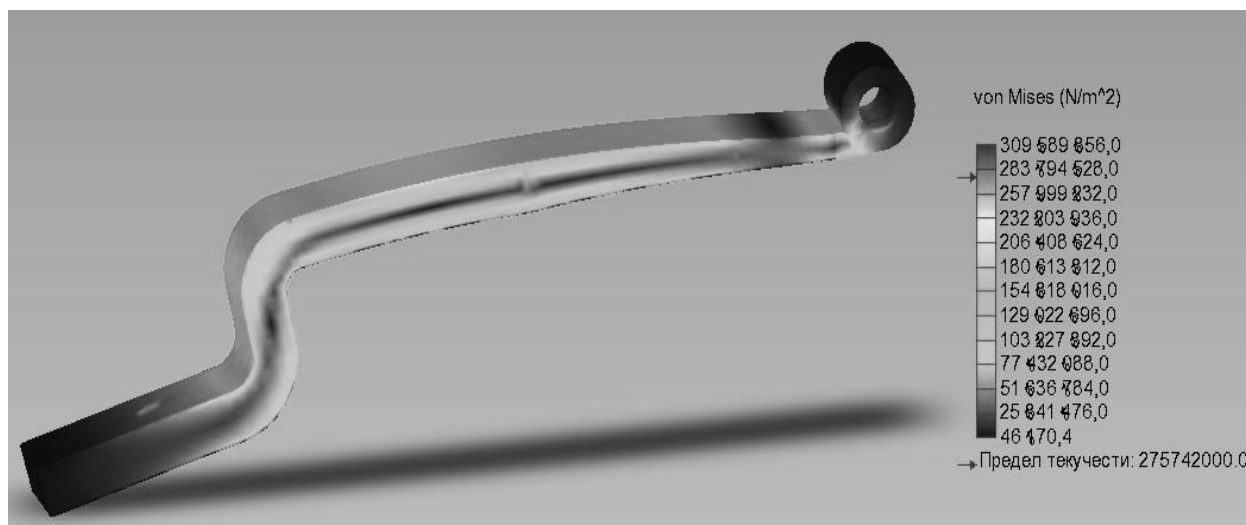


Рис. 4. Поля напружень, які виникають у півресорі напівпричіпа автомобіля

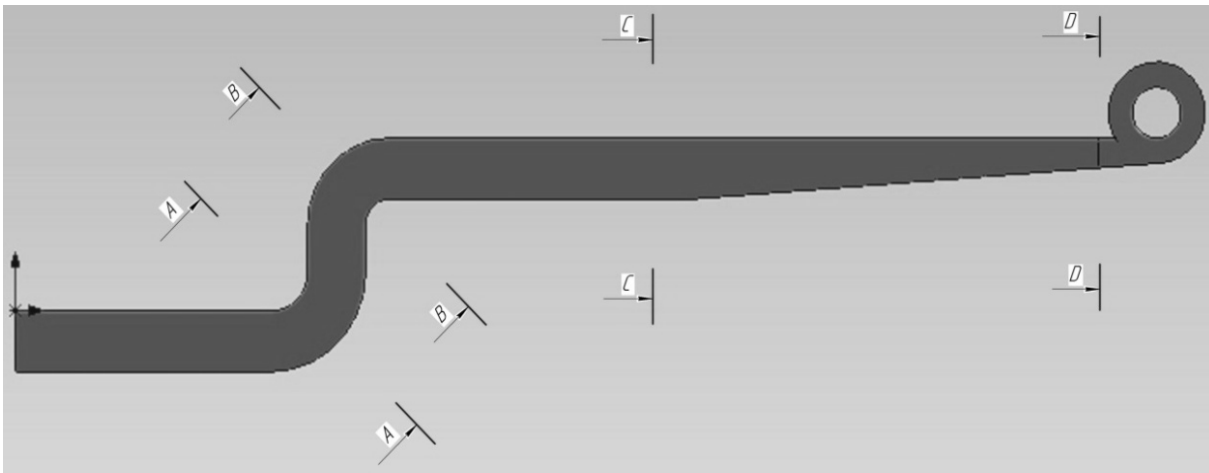


Рис. 5. Небезпечні перерізи у півресорі напівпричіпа автомобіля

За результатами практики експлуатації підвісок автомобілів та проведеного моделювання запропоновано два практичні способи для зменшення напружень у критичних перерізах півресори напівпричіпа автомобіля:

- додаткове встановлення сегменту корінного листа ресори для зменшення напружень у зоні отвору для кріплення центрального гвинта півресори напівпричіпа автомобіля;
- скручування стремянкою у місці початкового зламу із застосуванням металевої проставки.

За результатами моделювання впливу конструктивних змін на напруження в півресорі підвіски автопоїзда визначено величину напруження у кожному із небезпечних перерізів півресори та пораховано зміну напруження відносно стандартної півресори без змін. Перший спосіб – це встановлення сегменту корінного листа ресори для зменшення напружень у зоні отвору для кріплення центрального гвинта півресори (рис. 6), другий – скручування стремянкою у місці початкового зламу із застосуванням металевої проставки (рис. 7). Результати проведеного моделювання наведені у таблиці.

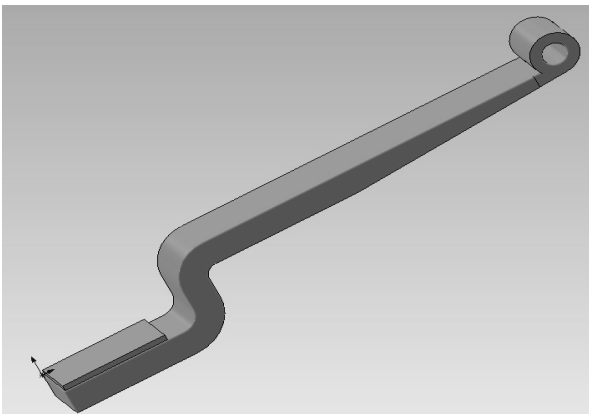


Рис. 6. Вигляд півресори із проставкою під пневмобалон

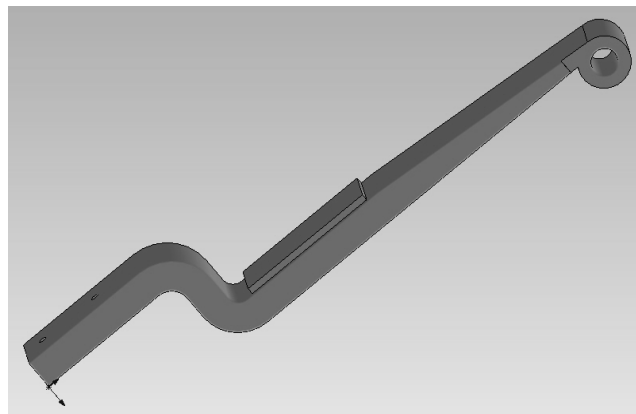


Рис. 7. Вигляд півресори з проставкою між віссю і півресорою

#### Вплив конструктивних змін на величину напружень

Вид конструктивних змін	Напруження за перерізами, МПа				Відносна зміна, %			
	A-A	B-B	C-C	D-D	A-A	B-B	C-C	D-D
Стандартна півресора без змін	208,3	108,1	261,9	240,1	–	–	–	–
З проставкою під пневмобалон	206,4	141,5	231,1	543,1	-0,9	+30,9	-11,8	+126,2
З проставкою між віссю і півресорою	164,1	98,7	80,8	261,7	-21,2	-8,7	-69,1	+8,6

За результатами аналізу видно, що у разі встановлення проставки під пневмобалон напруження зменшуються у перерізі першого коліна (-0,9 %) і в зоні закріплення балки (-11,8 %), проте напруження істотно збільшуються у перерізі другого коліна (+30,9 %) і біля місця кріплення півресори до рами (+126,2 %). Водночас у разі встановлення проставки між віссю і півресорою напруження значно зменшуються у перерізі першого коліна (-21,2 %), другого коліна (-8,7 %) і в зоні закріплення балки (-69,1 %), проте збільшуються у місці кріплення півресори (+8,6 %).

**Висновки.** Змодельовано півресору підвіски причіпа автопоїзда, показано небезпечні перерізи півресори та напруження, які в них виникають під час максимальних навантажень. Наведено практичні способи зменшення напружень у півресорі. Змодельовано вплив конструктивних змін підвіски на напруження у півресорі. Запропоновано практичні рекомендації внесення конструктивних змін у конструкцію підвіски автопоїзда з метою зменшення потоку відмов, а саме встановлення проставки між віссю і півресорою напівпричіпа автомобіля, що дасть змогу загалом знизити напруження в небезпечних перерізах напівресори.

1. Гащук П. М. *Методологічні аспекти проведення спостережень за відмовами деталей автомобіля Peugeot j9 Karsan та оцінка отриманих результатів* / П. М. Гащук, О. В. Антошків // Зб. наук. пр. Асоціації “Автобус” “Проектування, виробництво та експлуатація автотранспортних засобів і поїздів”. – Львів, 1999. – С. 18–22. 2. Форнальчик Є. Ю. *Оптимізація конструктивних параметрів деталей передньої підвіски автобуса Iveco-КрАЗ* / Є. Ю. Форнальчик, Т. Ю. Підгайний // “Динаміка, міцність та проектування машин і приладів” // Вісник Нац. ун-ту “Львівська політехніка”, 2004. – № 509. – С. 109–114. 3. [www.trailenparts.ie](http://www.trailenparts.ie). 4. [www.solidworks.ie](http://www.solidworks.ie).