

О. О. ОСТРОВЕРХ, А. Г. МАМОНТОВ, А. І. ВЕНГЕР

СТАТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАДНІХ І БОКОВИХ ЗАХИСНИХ ПРИСТРОЇВ ВАНТАЖНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

В роботі проведені статичні дослідження навантаження задніх і бокових захисних пристроїв вантажних транспортних засобів. В якості матеріалу застосована Сталь 20, з межею плинності 241МПа, і межею міцності в 448МПа. Навантаження проводилося в два етапи: 1) навантаження з лівого боку балки; 2) навантаження по центру. Так, як результати при додатку зусиль на лівий кінець балки буде аналогічний докладеному зусиллю з правого боку дослідження проводилося тільки з однієї лівої частини. Фіксація проводилася в місцях кріплення до рами на рівній відстані від центру з міжосьовою відстанню 1280 мм.

Ключові слова: транспортний засіб, статичне дослідження, балка, епюра, напруга, удар, моделювання.

О. OSTROVERKH, A. MAMONTOV, A. VENHER

STATIC INVESTIGATION OF REAR AND SIDE PROTECTIVE DEVICES OF TRUCK VEHICLES

In the work, static studies of the load of rear and side protective devices of cargo vehicles were carried out. The material used is Steel 20, with a yield strength of 241MPa and a strength of 448MPa. Loading was carried out in two stages: 1) loading from the left side of the beam; 2) center load. So, as the results of applying effort to the left end of the beam will be similar to the effort applied from the right side, the study was conducted only from one left part. Fixation was carried out in places of attachment to the frame at an equal distance from the center with an interaxial distance of 1280 mm.

Key words: vehicle, static study, beam, plot, tension, impact, modeling.

Вступ.

Дорожньо-транспортна пригода (ДТП) з вантажними автомобілями завжди спричиняє важкі наслідки для легкового автомобіля. Одна з найпоширеніших аварій це коли легковик наздоганяє попереду автопоїзд, що їде або стоїть рис. 1. У цьому випадку удар припадає зазвичай на корму напівпричепа.

Щоб легковий автомобіль не підірнув під нього і таким чином зберіг цілісність салону, на трейлери в обов'язковому порядку встановлюються бруси проти підкати.



Рис. 1 – Одна з найпоширеніших аварій легковиків з вантажними автомобілями

Протипідкатним брусом називається металевий упор, що розміщується в задній частині транспортних засобів з великим дорожнім проясненням. Ця деталь потрібна для запобігання

попаданню під машину нижчих автомобілів при попутному зіткненні. Такі аварії загрожують серйозними наслідками, тому що елементи пасивної безпеки легкових автомобілів у цьому випадку залишаються байдужими і машина вривається у вантажівку фактично стійками даху, а в кращому разі – лише капотом. Ці системи складаються із сталевих балок або панелей, які поглинають і розподіляють енергію удару, тим самим запобігаючи серйозним аваріям і травмам для пасажирів транспортних засобів, що стежать, і часто вони є обов'язковими з точки зору законодавства для підвищення безпеки на дорогах [1].

Аналіз останніх досягнень і публікацій.

Для багатьох власників вантажних автомобілів переваги зниження ваги не обмежується економією палива – експлуатація легших автомобілів дозволяє скоротити загальні витрати та підвищити ефективність за рахунок перевезення більшої кількості вантажу, не порушуючи встановлені законом обмеження ваги. Деякі компоненти вантажного автомобіля, для виробництва яких замість традиційної вуглецевої сталі використовували алюміній або армовані вуглецевим волокном полімери, є кандидатами для переходу на більш економічний і довговічний матеріал - прогресивну сталь підвищеної міцності [2].

Розробники вантажних автомобілів зазначають, що Original equipment manufacturer та постачальники першого рівня починають проектування та впровадження бамперів із високоміцних марок сталі. Загартована під пресом сталь та інші марки надміцної сталі дозволяють виготовляти полегшені економічні бампери з високим рівнем захисту від зіткнень.

Починаючи з березня 2021 року фірма Krone поступово почала оснащувати свої напівпричепи новим заднім протипідкатним захистом, який значно підвищує пасивну безпеку рис. 2.



Рис. 2 – Новий протипідкатний захист фірми Krone

Поява нового заднього протипідкатного бруса ґрунтується на поправці до директиви Євросоюзу UN/ECE-R 58 AS 03, яка набула чинності для всіх виробників комерційного транспорту по всій Європі з 1 вересня 2021 року. Модульна система, що вийшла в результаті, для напівпричепів Profi Liner, Mega Liner, Cool Liner і Dry Liner, а також для причепів Load Carrier робиться на болтових з'єднаннях замість зварних - з цілою низкою переваг для оператора автопарку. Однак більш висока безпека та підвищена міцність неминуче впливають на характеристики продукту. Наприклад, вага нового заднього протипідкатного захисту у стандартній комплектації збільшується в середньому на 22 кг. У зв'язку з великими, згідно з вимогами закону, габаритами, великою вагою та використанням вищих сортів матеріалів, збільшиться і її ціна [3].

Мета та постановка задачі.

Метою даної роботи є статичне дослідження заднього протипідкатного бруса вантажного автомобіля за допомогою програмного забезпечення SolidWorks CosmosWorks Designer [4].

Для надання комплексу послуг, пов'язаних з випробуваннями технічного стану колісних транспортних засобів, у 2018 році в м. Чернівці, по вул. Енергетичній, 22, засновано Буковинський центр техогляду. На території розміщено приватні підприємства «Буковинатранссервіс», «Тахотехсервіс» та «Буковинський центр техогляду» [5]. На базі підприємств «Буковинатранссервіс» та «Буковинський центр техогляду» акредитовано лабораторії, які проводять випробування транспортних засобів, а підприємство «Тахотехсервіс» надає послуги по адаптації та обслуговуванні автомобільних тахографів рис. 3.



Рис. 3 – Буковинський центр техогляду

Зокрема, випробувальна лабораторія (ВЛ) ПП «Буковинатранссервіс» акредитована Національним агентством з акредитації України на відповідність вимогам ДСТУ ISO/IEC 17025-2019. Підприємство внесено в державний Реєстр суб'єктів проведення обов'язкового технічного контролю (ОТК) транспортних засобів за номером 001418 і та має право на проведення ОТК наступних категорій транспортних засобів: М, N, O та L.

Персонал ВЛ уповноважений на проведення перевірок колісних транспортних засобів (КТЗ) та має 5-річний досвід щодо проведення випробувань КТЗ. ВЛ має у своєму розпорядженні засоби вимірювальної техніки та відповідні споруди, щоб забезпечити у повному обсязі виконання перевірок КТЗ із забезпеченням переважно автоматичного фіксування результатів випробувань.

ВЛ має у власному користуванні засоби копіювальної техніки, фототехніки, відео фіксації процесу випробувань зі збереженням відео файлів впродовж не менш двох тижнів, а також засоби електронного інформаційного зв'язку відповідної спроможності. Також, ВЛ обладнана трьома IP-камерами відео спостереження, при цьому система відео спостереження забезпечує надання персоналізованого он-лайн доступу до перегляду відео архіву та надання персоналізованого он-лайн доступу до перегляду відеоінформації у реальному часі.

ВЛ має нормативні, організаційно-методичні, технологічні та інші документи, необхідні для проведення випробування КТЗ. А також має фонд документів, який містить: настанови ЄКМТ, Правила ЄЕК ООН, Директиви ЄС та інші міжнародні, міждержавні та національні стандарти, що містять вимоги до перевірки конструкції та технічного стану КТЗ і методів їх випробувань.

Щомісячно лабораторією проводяться випробування біля 150-200 транспортних засобів, по результатах яких видаються протоколи технічного контролю або акти технічної невідповідності. Випробування проводяться у відповідності до «Порядку проведення обов'язкового технічного контролю та обсягів перевірки технічного стану транспортних

засобів, технічного опису та зразка протоколу перевірки технічного стану транспортного засобу» затверджених Постановою КМУ №137 та методів, передбачених ДСТУ 3649:2010. А саме:

1. Методи контролювання зовнішніх світлових приладів.
2. Методи контролювання рульового керування.
3. Методи контролювання пневматичних шин та колі.
4. Методи контролювання гальмівних систем.
5. Методи контролювання склоочищувачів та склоомивачів вітрового скла.
6. Методи контролювання двигуна та його систем.
7. Методи контролювання газобалонного обладнання.
8. Методи контролювання інших елементів конструкції.

Як вже зазначалось, для захисту від попадання при ДТП під вантажний транспортний засіб легкових автомобілів і мототехніки, всі вантажні автомобілі і причепа (крім тягачів) обладнуються задніми і боковими захисними пристроями [7-9].

Випробування захисних пристроїв, як правило, зводиться до органолептичної перевірки цілісності, надійності кріплень і відповідність заокруглень профільної труби нормативним вимогам. Інших випробувань, через відсутність устаткування, лабораторії не проводять, за виключенням ДП "ДержавтотрансНДПроект", де є спеціалізовані прилади і організовано пост перевірки задніх і бокових захисних пристроїв.

Для покращення власної бази, ВЛ ПП «Буковинатранссервіс» було розроблено концепцію і спільно із ТОВ «Ваговий сервісний центр «ТВД» було виготовлено прилад, який має назву «Прилад перевірки захисних пристроїв», скорочена назва – «ППЗП-120» [6]. При цьому, ВЛ ПП «Буковинатранссервіс» на власній базі виготовлено раму приладу, рухомий блок кріплення навантажувача, вмонтовано серійний стаціонарний гідравлічний прес в блок навантажувача, зроблено фіксатори, для належного кріплення приладу.

Прилад ППЗП-120 рис. 4 складається з таких основних частин:

- 1) металева рама
- 2) рухомий блок кріплення навантажувача
- 3) гідравлічний навантажувач з гідронасосом та гідроциліндром
- 4) тензодатчик
- 5) електронний блок-монітор

Прилад пройшов калібрування в калібрувальній лабораторії і отримав відповідне свідоцтво. В роботі прилад показав себе позитивно, процес випробувань задніх і бокових захисних пристроїв проходить в часових рамках 30-40 хв.

Далі проведено теоретичний розрахунок за аналогією з приладом ППЗП-120 за допомогою програмного забезпечення SolidWorks CosmosWorks Designer.

Габаритні розміри балки з позначенням навантаження відповідають правилам перевірки на приладі ППЗП-120. В якості елементів для навантаження використана труба сталевий квадрат і безшовна труба круглого перерізу. Розмір квадратної труби 100 мм, товщина стінки 6 мм. Розміри круглої труби діаметр 102 мм, товщина стінки 6 мм.

Тип дослідження: статичне, в якості матеріалу застосована Сталь 20, з межею плинності 241 МПа, і межею міцності в 448 МПа. Навантаження проводилося в два етапи: 1) навантаження з лівого боку балки; 2) навантаження по центру. Так, як результати при додатку зусиль на лівий кінець балки буде аналогічний докладеному зусиллю з правого боку дослідження проводилося тільки з однієї лівої частини. Фіксація проводилася в місцях кріплення до рами рис. 5 на рівній відстані від центру з міжосьовою відстанню 1280 мм.



Рис. 4 – Прилад ППЗП-120

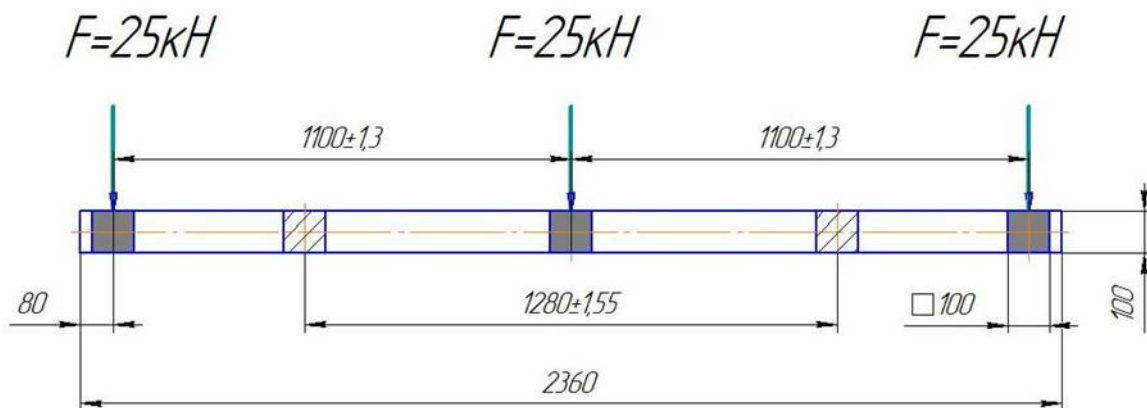


Рис. 5 – Габаритні розміри балки з позначенням навантажень

Сітка кінцевих елементів рис. 6 для квадрата складається з 72394 вузлів, 36568 елементів високої якості сітки. Сітка деталізації для круглого перерізу складається з 21435 вузлів та 10718 елементів якості теж висока.

Прикладене навантаження на балку знаходиться в межах 25кН до 100кН, з кроком 25кН.

Епюра статичної напруги, прикладена з лівого краю балки, представлена на рис. 7. Як ми можемо бачити максимальну напругу в місцях кріплення балки і становить 675 МПа.

На епюрі переміщення рис. 8 показано максимальне зміщення, яке становить 3,3 мм.

Також прикладено відповідне навантаження по центру труби, епюра навантаження рис. 9 та епюра переміщення рис. 10.

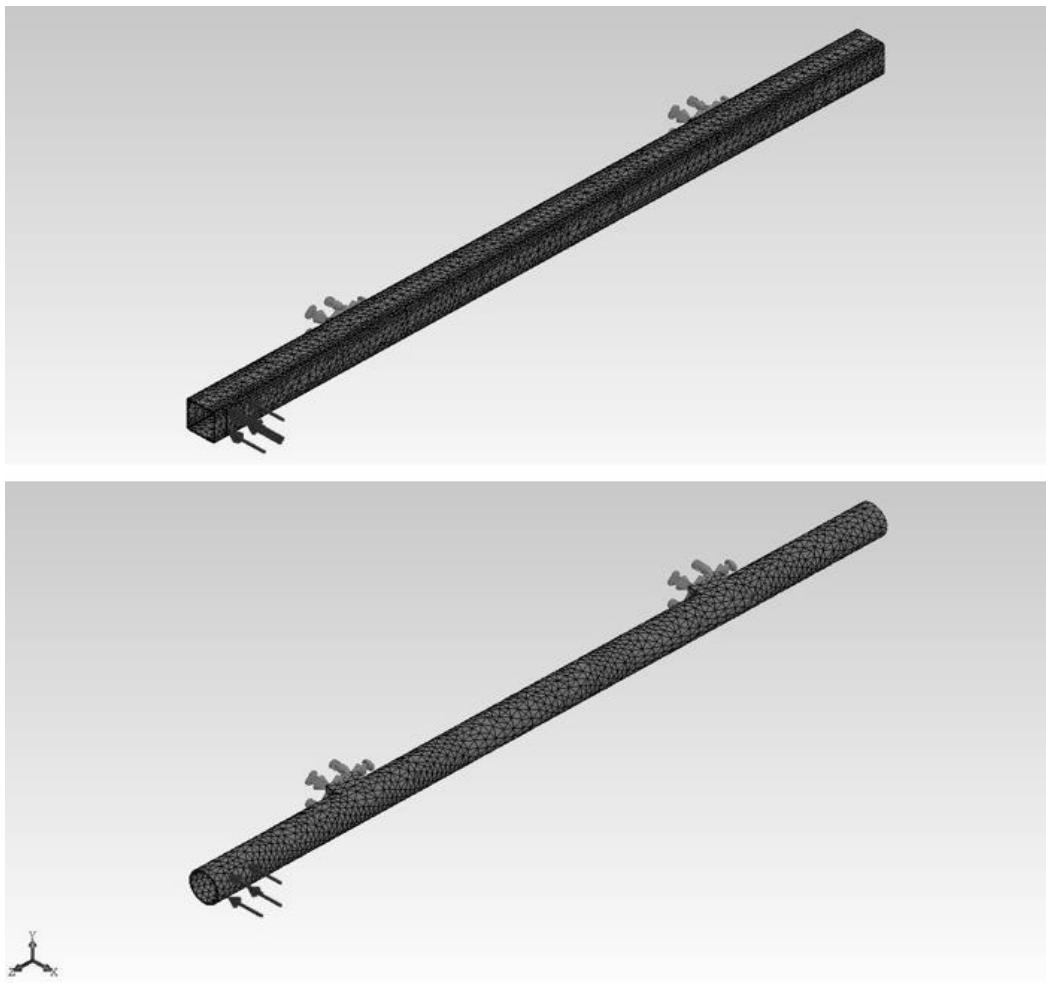


Рис. 6 – Місця фіксації, навантаження та сітка кінцевих елементів квадратної та круглої труби

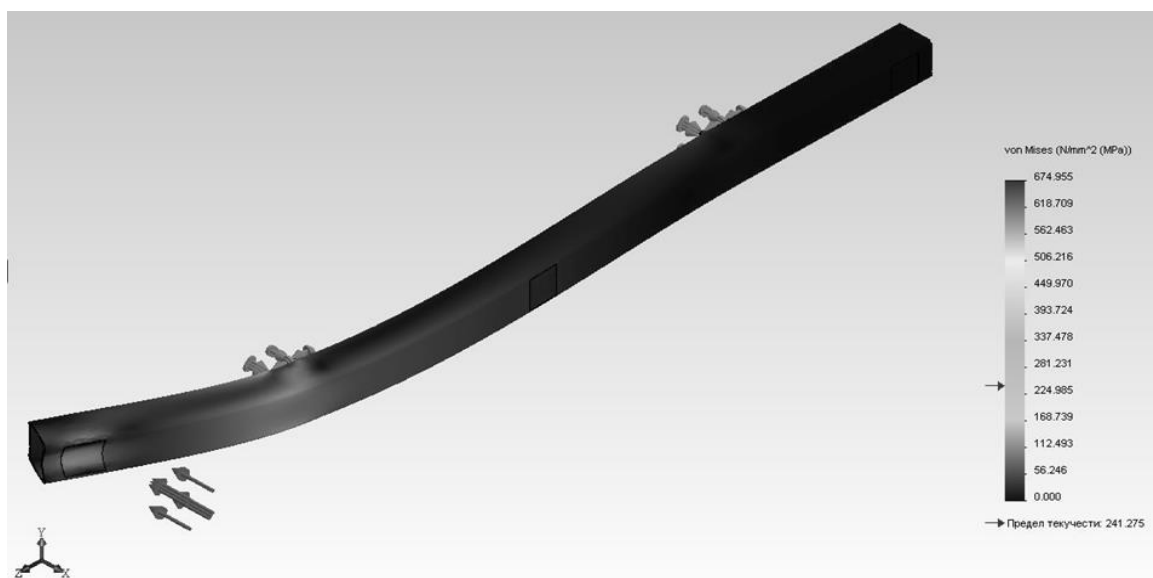


Рис. 7 – Епюра напруги з лівої частини балки

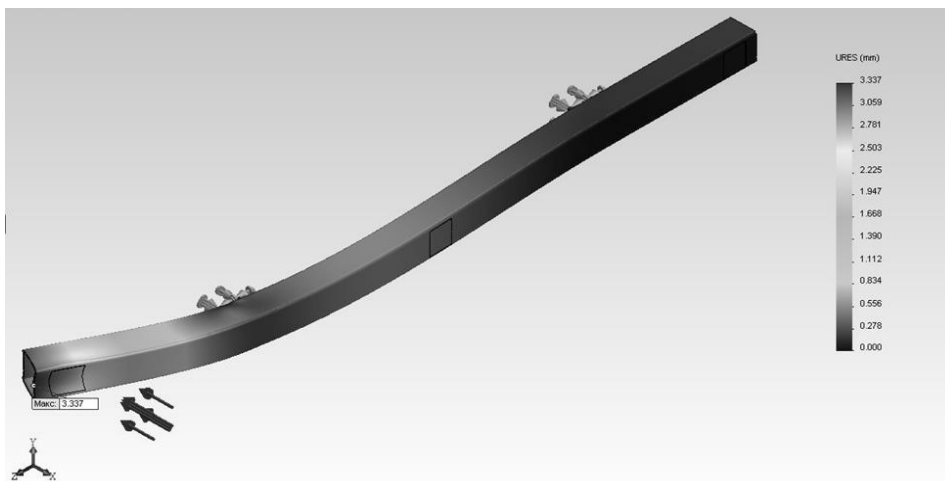


Рис. 8 – Епюра переміщення квадратної труби (зусилля зліва)

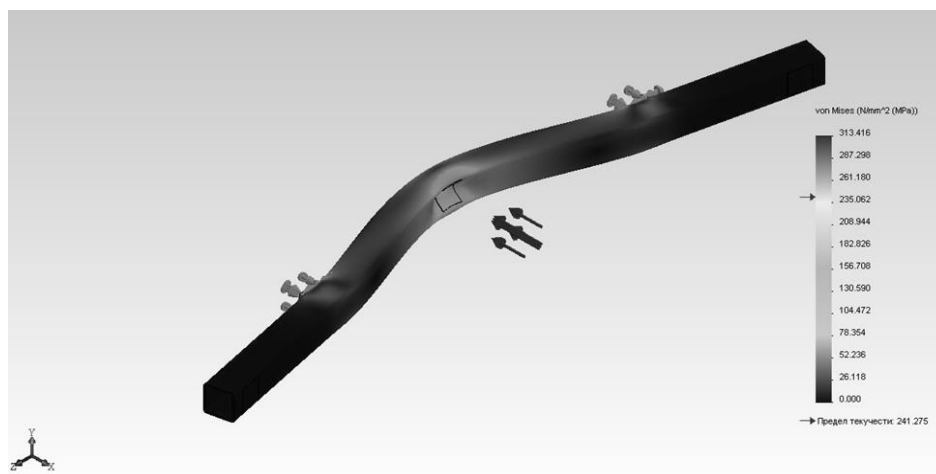


Рис. 9 – Епюра напруги в центрі балки

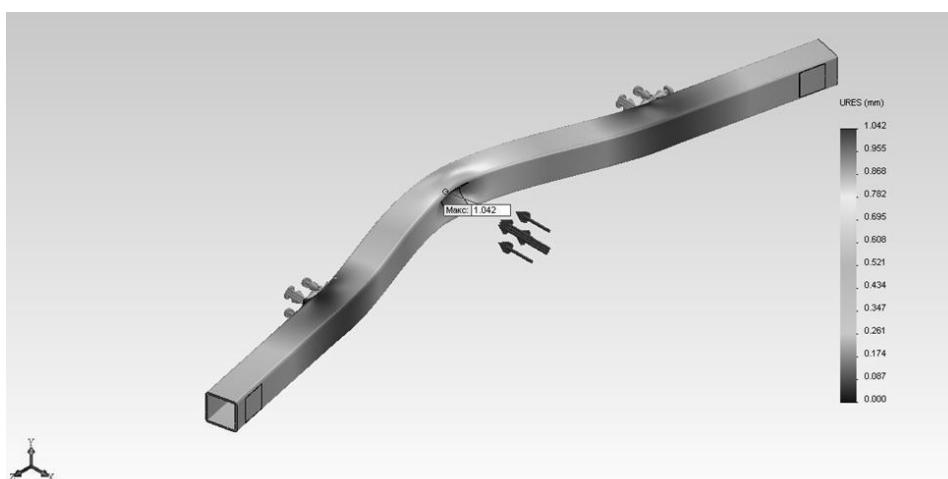


Рис. 10 – Епюра переміщення у центрі труби (зусилля 25 кН)

Результати по напрузі в центрі показують майже вдвічі менше значення 313 МПа, і максимальне переміщення становить 1,042 мм. Всі наступні результати навантаження на квадратну трубу зведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Результати дослідження квадратної труби

Результати	Навантаження 25 кН		Навантаження 50 кН		Навантаження 75 кН		Навантаження 100 кН	
	з лівої частини	по центру	з лівої частини	по центру	з лівої частини	по центру	з лівої частини	по центру
Напруження, МПа	674,95	313,41	1349,91	626,83	2024,86	940,24	2699,8	1253,7
Переміщення, мм	3,337	1,042	6,674	2,084	10,011	3,126	13,347	4,169

Аналогічні розрахунки проведені і для труби круглого перерізу з додатком відповідного навантаження з лівого боку та по центру. Епюри напруги та переміщення зліва рис. 11, 12. І при навантаженні центром рис. 13, 14 відповідно.

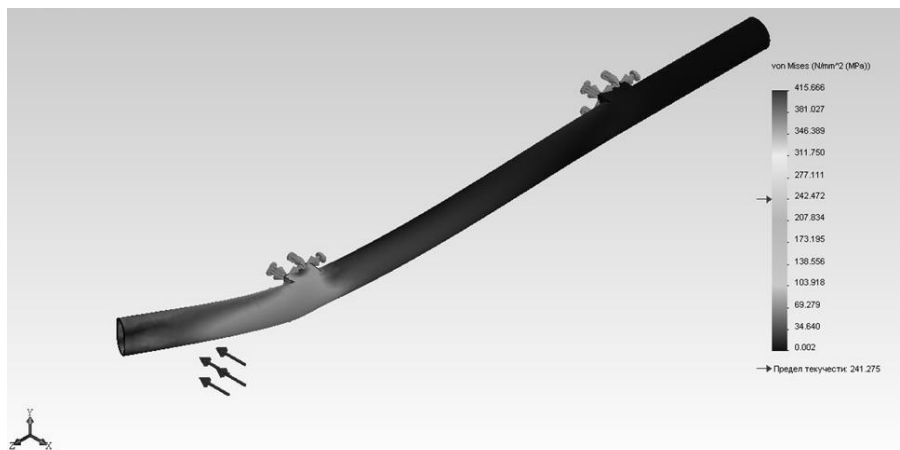


Рис. 11 – Епюра напруги з лівої частини круглої балки (25 кН)

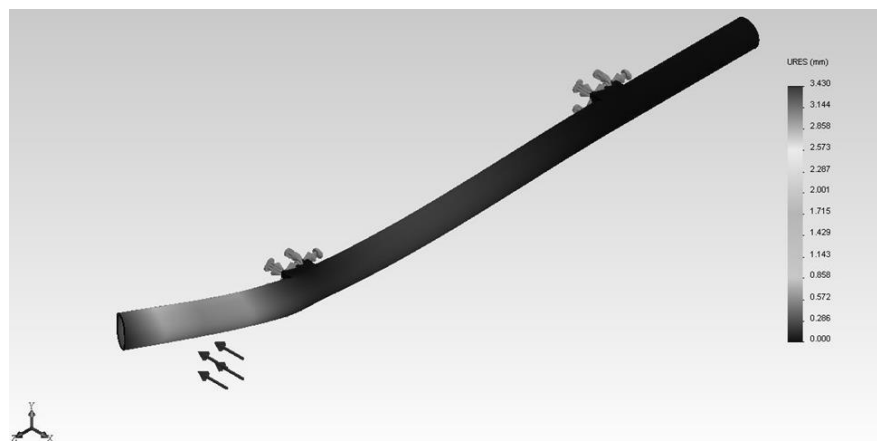


Рис. 12 – Епюра переміщення круглої труби (зусилля зліва 25 кН)

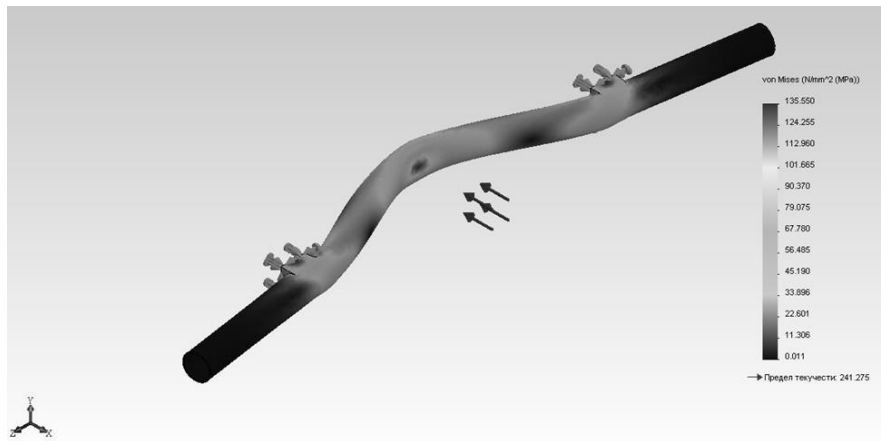


Рис. 13 – Епюра напруги у центрі круглої балки 25 кН

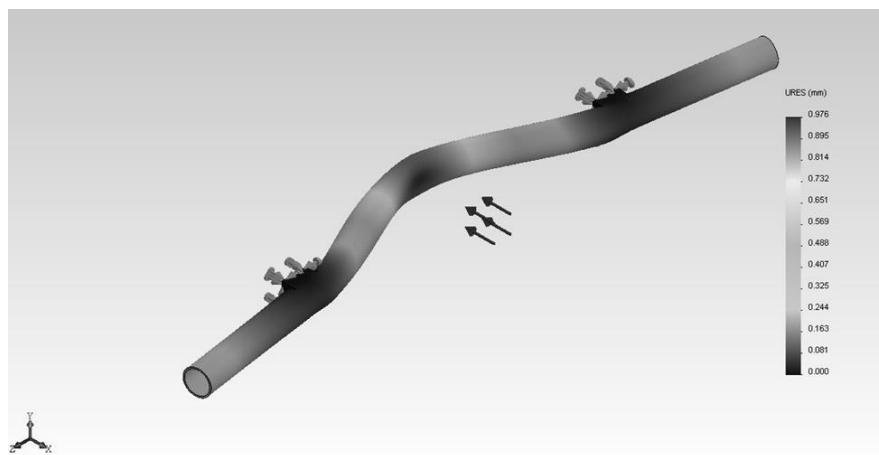


Рис. 14 – Епюра переміщення у центрі труби круглого перерізу (25 кН)

Отримані епюри для труби круглого перерізу показують, що напруга в них менша ніж у квадратному майже на третину, але при цьому саме переміщення балки не дуже відрізняється, 3,34 мм квадрат і 3,43 мм круглий переріз. Результати навантажень 25, 50, 75 і 100 кН представлені в табл. 2.

Таблиця 2 – Результати дослідження круглої безшовної труби

Результати	Навантаження 25 кН		Навантаження 50 кН		Навантаження 75 кН		Навантаження 100 кН	
	з лівої частини	по центру	з лівої частини	по центру	з лівої частини	по центру	з лівої частини	по центру
Напруження, МПа	415,67	135,55	831,33	271,09	1247,0	406,65	1662,66	542,20
Переміщення, мм	3,43	0,976	6,86	1,953	10,29	2,929	13,72	3,905

Також проведено моделювання зіткнення із задньою захисною балкою автомобіля масою 2,5 т, на швидкості 100 км/годину, габарити автомобіля становить ширину 2000 мм. Використовуючи формулу кінетичної енергії, знаходимо, що кінетична енергія, що впливає на трубу, становитиме 1036,8 кДж. При моделюванні на балку докладено розподілене зусилля 1036,8 кН по всій ширині габариту автомобіля. Сітка кінцевих елементів, місця кріплення та навантаження для труби квадратного та круглого перерізу показані на рис. 15. Якість та кількість елементів та вузлів така сама, як і в попередніх розрахунках висока.

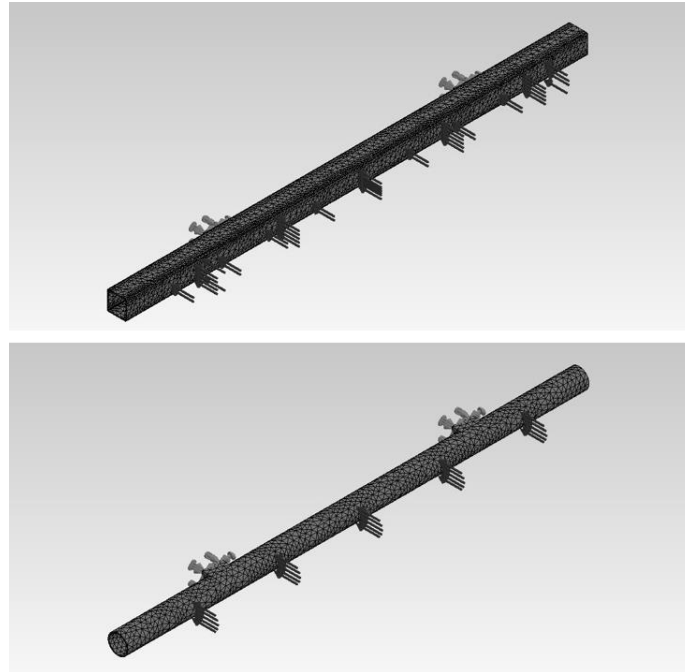


Рис. 15 – Місця фіксації, навантаження та сітка кінцевих елементів квадратної та круглої труби з розподіленим навантаженням

Отримані епюри максимальної напруги та переміщення для квадратної труби представлені на рис. 16 та 17. З яких видно, що концентрація напруги знаходиться в місцях кріплення балки 4434 МПа, а максимальне переміщення знаходиться у центрі балки 9,861 мм.

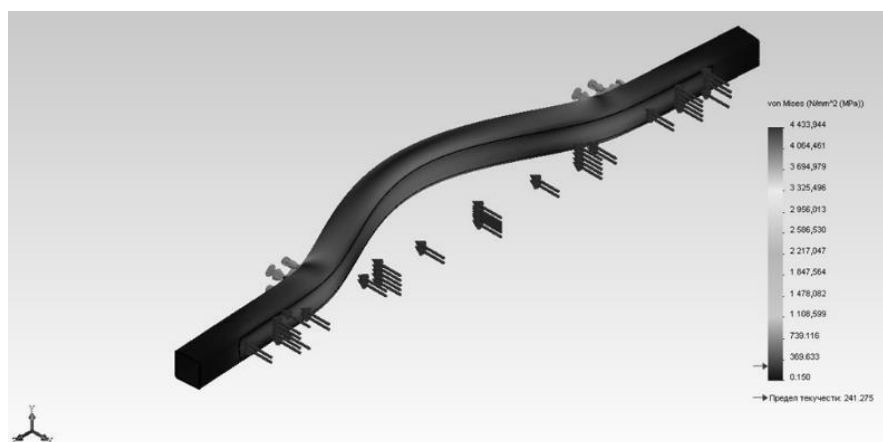


Рис. 16 – Епюра напруги квадратної балки

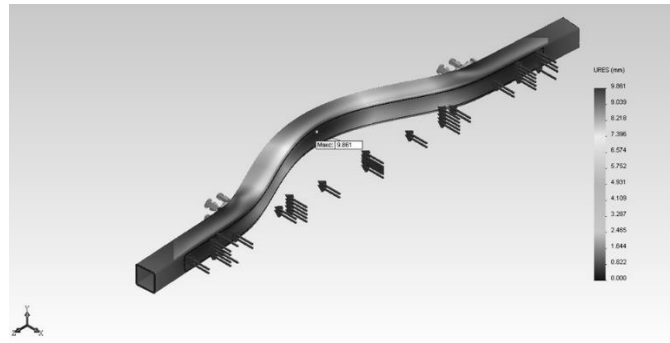


Рис. 17 – Епюра переміщення труби квадратного перерізу

Значення максимальної напруги труби круглого перерізу рис. 18 складає 1974 МПа, а максимальне переміщення рис. 19. Складає 11,303 мм.

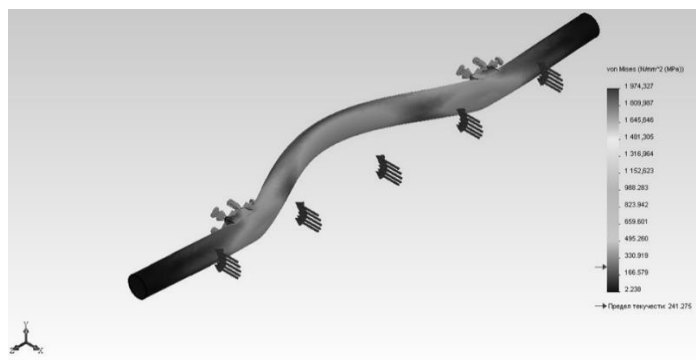


Рис. 18 – Епюра напруги круглої балки

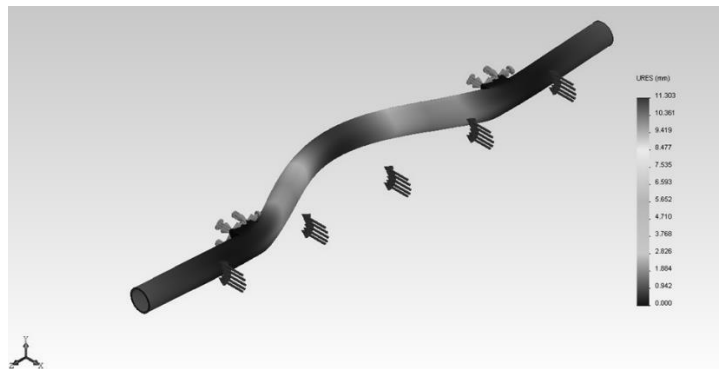


Рис. 19 – Епюра переміщення труби круглого перерізу

Висновки.

Проведені дослідження задніх захисних пристроїв вантажних транспортних засобів. показують, що застосування труби як круглого, так і квадратного перерізу забезпечують майже ідентичні показники максимального переміщення і з лівої частини, і по центру, незважаючи на те, що максимальна напруга має значні відмінності. Тому знаючи показання максимальної напруги в залежності від навантаження можливе застосування більш міцних сплавів металів, які зможуть забезпечити необхідні характеристики міцності при відповідних навантаженнях в 50, 75, і 100 кН.

Підсумки моделювання удару автомобіля в захисну балку показують, що при належному закріпленні задньої труби як квадратного, так і круглого перерізу вона дозволяє захистити від попадання автомобіля під кузов напівпричепа.

Список літератури

1. Автоцентр [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.autocentre.ua/avtopravo/pdd-i-bezopasnost/naezd-na-furu-ispytuvaem-protivopodkatnye-brusya-video-345295.html>
2. Docol. The avtomotive steel. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.ssab.com/ru-kz/brands-and-products/docol/automotive-steel-resources/automotive-insights/ahss-lightweighting-of-truck-components>
3. Krone. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.krone-trailer.com/news/neuer-heckunterfahrerschutz-bei-krone-schon-ab-maerz/>
4. SolidWorks: офіційний сайт [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.solidworks.com/ru>
5. Буковинський центр техногляду. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://techcontrol.cv.ua/>
6. Прибор проверки защитных приспособлений ППЗП-120. Руководство по эксплуатации. – Ваговый сервисный центр «ТВД», 2020. - 17 с.
7. Z. F. Albahash, M.N.M. Ansari 2016 A review on rear under-ride protection devices for trucks International Journal of Crashworthiness
8. National Highway Traffic Safety Administration 2009 Title 49 Code of Federal Regulations (CFR) Part 571, rear impact protection Washington, DC: Office of the Federal Register
9. A. Chege, Kshitij, A Kale, M. R. B. Agrewale, K. C. Vora. 2017 Design and development of impact energy absorbing bumper J.Sci. & Eng.research 8 2229-5518

References (transliterated)

1. Autocenter [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.autocentre.ua/avtopravo/pdd-i-bezopasnost/naezd-na-furu-ispytuvaem-protivopodkatnye-brusya-video-345295.html>
1. Docol. The automatic steel. [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.ssab.com/ru-kz/brands-and-products/docol/automotive-steel-resources/automotive-insights/ahss-lightweighting-of-truck-components>
2. Krone. [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.krone-trailer.com/news/neuer-heckunterfahrerschutz-bei-krone-schon-ab-maerz/>
3. SolidWorks: official website [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.solidworks.com/ru>
4. Bukovinian technical inspection center. [Electronic resource]. – Access mode: <https://techcontrol.cv.ua/>
5. Device for checking protective devices PPZP-120. Manual. – Vag service center “TVD”, 2020. - 17 p.
6. Z. F. Albahash, M.N.M. Ansari 2016 A review on rear under-ride protection devices for trucks International Journal of Crashworthiness
7. National Highway Traffic Safety Administration 2009 Title 49 Code of Federal Regulations (CFR) Part 571, rear impact protection Washington, DC: Office of the Federal Register
8. A. Chege, Kshitij, A Kale, M. R. B. Agrewale, K. C. Vora. 2017 Design and development of impact energy absorbing bumper J.Sci. & Eng.research 8 2229-5518

Надійшла (received) 25.05.2024 р.

Відомості про авторів / About the Authors

Острроверх Олександр Олегович (Ostroverkh Oleksandr) – кандидат технічних наук, доцент, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», доцент кафедри автомобіле- і тракторобудування; м. Харків, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8334-0286>; e-mail: ostrov.sasha@gmail.com

Мамонтов Анатолій Геннадійович (Mamontov Anatolii) – кандидат технічних наук, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», доцент кафедри автомобіле- і тракторобудування; м. Харків, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5586-2113>; e-mail: monkhoktar@gmail.com

Венгер Артур Іванович (Venher Artur) – директор приватного підприємства «Тахотехсервіс», співзасновник приватного підприємства «Буковинський центр техногляду» та приватного підприємства «Буковинатранссервіс», м. Чернівці, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-7057-3126>; e-mail: artur.venger@i.ua