

Автомобільний транспорт

УДК 656.025

[https://doi.org/10.32515/2664-262X.2026.13\(44\).322-333](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2026.13(44).322-333)

Ів. Б. Гевко, проф., д-р техн. наук, **М. Я. Сташків**, доц., канд. техн. наук,
Т. А. Довбуш, доц., канд. техн. наук, **М. Г. Левкович**, доц., канд. техн. наук
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, м. Тернопіль, Україна
Ів. Б. Гевко, доц., канд. техн. наук
Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і природокористування України «Бережанський агротехнічний інститут», м. Бережани, Україна
e-mail: gevkoivan1@ukr.net

Проектування трансформаційних контейнерів з метою ефективного перевезення габаритних вантажів автотранспортними засобами

У межах дослідження реалізовано структурно-схемний синтез трансформаційних контейнерів. Із застосуванням методів морфологічного аналізу розроблено морфологічну таблицю ознак конструктивних елементів та сформовано модель механічної системи «Трансформаційний контейнер». На основі результатів експертного оцінювання ідентифіковано пріоритетні морфологічні ознаки, що визначають конфігурацію об'єкта. Систематизація зазначених ознак дозволила згенерувати низку варіантів конструкцій, зокрема з функціями вертикальної та горизонтальної трансформації. Такі технічні рішення забезпечують можливість ефективного транспортування габаритних вантажів або спеціальної техніки в закритому (маскованому) стані з використанням автотранспортних засобів. Також в роботі проведено дослідження напружено-деформованого стану трансформаційних контейнерів яке показало, що рівень напружень у розгорнутому стані контейнера сягає сотень МПа, що на порядок перевищує показники у складеному стані. З метою підвищення жорсткості та несучої здатності конструкції обґрунтовано необхідність інтеграції додаткових елементів жорсткості (перемичок). Зокрема, для розсунутого контейнера з габаритними розмірами 5x2x1м встановлено доцільність встановлення додаткових перемичок у зонах четвертого та восьмого напрямних елементів. Це дозволяє оптимізувати розподіл внутрішніх зусиль та забезпечити надійність експлуатації системи при максимальних експлуатаційних навантаженнях.

проекування, морфологічний аналіз, структурно-схемний синтез, розсунний, контейнер, автотранспортний засіб

Постановка проблеми. Сучасний стан вантажних перевезень характеризується значною динамічністю і широким використанням новітніх та модернізованих механічних систем, і це в значній мірі стосується автотранспортних та інших засобів спеціалізованої техніки, а також кузовів, причепів та контейнерів. Проблема створення контейнерів нестандартних розмірів стає досить актуальною за необхідності перевезення габаритних вантажів і загального підвищення ефективності логістичних процесів. Досить часто виникає потреба у збільшенні габаритних розмірів контейнерів для їх відповідності до габаритів вантажу, що зумовлює потребу у пошуку таких технічних рішень. Особливо важливою ця проблема постала під час проведення бойових дій, коли існує підвищена потреба у перевезеннях в закритому чи замаскованому стані військової техніки. Тож вищезазначені виклики зумовлюють необхідність активізації пошуку та розробки інноваційних, вдосконалених конструкцій контейнерів нестандартних розмірів. Пріоритет повинен надаватись рішенням, які

передбачають функціонал трансформації їх габаритів шляхом розсування, зсування чи інших модифікацій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Збільшення обсягів вантажоперевезень, спричинене зростанням населення та технологічним розвитком, формує нові, жорсткіші вимоги до вантажного автотранспорту. Попри те, що наукова спільнота [1–12, 18] активно працює над методиками проектування та синтезу ефективних конструкцій механічних систем для проведення ефективної логістики, залишається певна потреба у подальшому дослідженні проектування багатофункціональних нестандартних контейнерів з функцією трансформації їх габаритів шляхом розсування, зсування чи інших модифікацій, для перевезення автотранспортними та іншими засобами. Такі дослідження широко проводяться з використанням різноманітних методів та синтезу і, зокрема, з методом морфологічного аналізу з використанням ієрархічного групування отримання ефективних конструктивних альтернатив [13–15, 18]. Проте, аналіз наявних досліджень виявляє низку невирішених питань, що вимагають подальшого вивчення. Це необхідно для пошуку та проектування багатофункціональних нестандартних контейнерів для автотранспортних та інших перевезень.

Метою роботи є проектування трансформаційних контейнерів з метою ефективного перевезення габаритних вантажів автотранспортними засобами.

Виклад основного матеріалу. Пошук і проектування трансформаційних контейнерів проведено з метою одержання конструкцій контейнерів, що дозволяють ефективно перевезення габаритних вантажів чи військової техніки в закритому або замаскованому стані автотранспортними засобами.

Загалом контейнери були створені для морських перевезень. Товщина матеріалу, з якого виготовляються морські контейнери, зазвичай становить близько 3 мм. При цьому бічні стінки, дах і двері, як правило, виготовляють з гофрованого сталюого листа, як правило марки Corten, товщиною 1,6 ... 2,0 мм. Каркас (дверний та інший) для більшої міцності та жорсткості виготовляють із сортового прокату товщиною 4,0 ... 6,0 мм [16]. Дно контейнера зазвичай виготовляють з деревини і закріплюють на сталевих поперечних балках. Сталь Corten (COR-TEN), яка є легованою, для будівництва контейнерів вибрано не випадково, вона містить мідь, хром, нікель та фосфор і є надзвичайно стійкою до корозії. На поверхні деталей виготовлених із цієї сталі під впливом погодних умов утворюється захисний шар іржі, що в подальшому значно запобігає корозії. Крім того, деталі виготовлені з цієї сталі мають значну міцність і довговічність [16].

Вантажний контейнер визначають, як стандартизовану, багаторазову тару, що використовується для перевезення більшості сухих товарів. Оскільки ці контейнери не мають вбудованого обладнання для контролю температури (на відміну від рефрижераторних контейнерів або рефконтейнерів), вони не підходять для вантажів, що вимагають особливого температурного режиму. Існує кілька типів морських контейнерів з різними розмірами та габаритами. Стандартними й найпоширенішими є контейнери 20 футів (6,1 м) та 40 футів (12,2 м). Крім того, на ринку представлені й інші розміри, зокрема 10 футів (3,05 м), 45 футів (13,7 м), 53 фути (16,15 м) та інші спеціалізовані варіанти [16]. 20-футіві контейнери є універсальними та зручними для логістики завдяки легкому укладанню на судах і простоті перевантаження (з корабля на потяг, а потім на вантажівку до складу). Для перевезення крупногабаритних вантажів та з метою економії для одночасного транспортування значних партій товарів використовують 40-футіві контейнери, а для виробів з більшою висотою використовують 40-футіві High Cube, який у порівнянні зі стандартними 40-футівими є вищими на 30 см. Крім наведених вище стандартних контейнерів використовуються і спеціальні стандартних типорозмірів. Зокрема Open top (відкриті контейнери зі знімним дахом для завантаження товару зверху) з внутрішньою довжиною 5,894 м або 12,028 м,

та Flat rack (без даху і бічних стінок) з внутрішньою довжиною 5,940 м та 12,130 м. Також використовуються 20 та 40 футові контейнери з бічним відкриттям дверей (SIDE DOOR), спецконтейнери, контейнери з відкидним дахом (TOP КОНТЕЙНЕР та HARD TOP), гаражі контейнерного типу, 10 (3,05 м), 45 (13,7 м) та 53 (16,15 м) футові контейнери тощо [16].

На відміну від морських перевезень, автомобільні допускають зміну габаритних розмірів не лише по довжині та висоті контейнера, а й по ширині. Тож для генерації прогресивних конструкцій нестандартних контейнерів було застосовано метод синтезу ієрархічних груп на основі модифікованого морфологічного аналізу [13-15]. Цей підхід дозволив отримати низку рішень шляхом генерування альтернатив на окремих ієрархічних рівнях у межах визначених конструктивних ознак елементів системи. Проведене експертне оцінювання впливу різноманітних факторів на конструкції трансформаційних контейнерів дозволило ідентифікувати ключові морфологічні ознаки конструктивних елементів та встановити їхні функціональні взаємозв'язки. Результати цього аналізу стали основою для:

а) побудови морфологічної таблиці ознак конструктивних елементів трансформаційних контейнерів (табл. 1);

б) формування структурної моделі механічної системи «Трансформаційний контейнер» (рис. 1).

Шляхом експертного аналізу, здійсненого під час структурно-схемного синтезу, було визначено наступні основні морфологічні ознаки елементів трансформаційних конструкцій трансформаційних контейнерів:

- тип і геометрична форма стінок, днища, даху та дверей: конструкція, розміщення листів, товщина листа, отвори для кріплення, геометрична форма листів, наявність та геометрична конфігурація ребер жорсткості;

- каркаси (бічні та кутові): конструкція; форма; отвори для кріплення;

- з'єднання на основі: стикове, таврове;

- спосіб з'єднання елементів: нерухоме і рухоме.

При цьому не розглядалися конструктивні рішення пов'язані із варіантами зміни габаритних розмірів контейнерів за допомогою пневматичних, гідравлічних, гвинтових чи іншого типу механічних передач, позаяк це значно ускладнить конструкцію контейнера і не є раціональним рішенням контейнерів, які повсякчас використовуються для перевезення автотранспортними засобами. Приймається варіант, у якому під дією навантаження (з допомогою кранового чи іншого стороннього обладнання чи оснащення) проходить розтягування чи стягування контейнера на необхідну величину і скріплення його стінок, днища, даху, дверей та каркасів (бічних чи/та кутових) простим болтовим з'єднанням в отворах для кріплення (ознаки 4 і 10 з табл. 1).

Таблиця 1 - Морфологічна таблиця ознак конструктивних елементів трансформаційних контейнерів

Тип і геометрична форма стінок, днища, даху та дверей						
1. Конструкція	2. Розміщення листів	3. Товщина листа	4. Отвори для кріплення	5. Геометрична форма листів	6. Ребра жорсткості	
					6. Наявність	7. Геометрична конфігурація
1.1. Стаціонарна.	2.1. Суцільний лист.	3.1. 1,6 мм. 3.2. 2 мм. 3.3. 2,5 мм.	4.1. Присутні. 4.2. Відсутні.	7.1. Прямий 7.2. Трапецієвидний. 7.3. Трикутний. 7.4. Трапецієвидний з трикутним.	6.1. Присутні. 6.2. Відсутні.	7.1. Квадрат. 7.2. Гнугий профіль з рівними сторонами. 7.3. Швелер стандартний. 7.4. Гнугий профіль із округло вигнутою
1.2. Розсувна.	2.2. Торцеве з боковим з'єднанням. 2.3. Торцеве	3.4. 3 мм.				

	із з'єднанням через ребро жорсткості.			7.5. Дугоподібний.		стороною. 7.5. Гнучий профіль із округло вгнутою стороною. 8.6. Профільна труба. 8.7. Кутник рівносторонній із тупим кутом. 9.8. М-подібний профіль.
Каркаси (бічні та кутові)						
8. Конструкція	9. Форма			10. Отвори для кріплення	10. З'єднання на основі	17. Спосіб з'єднання
8.1. Стационарна. 8.2. Розсувна.	9.1. Квадратна труба. 9.2. Профільна труба. 9.3. Прямокутна труба. 9.4. Кутник. 9.5. Швелер стандартний. 9.6. Швелер рівносторонній. 9.7. Швелер із загнутими до середини кінцями. 9.8. Конструкція з елементом Т-подібної форми. 9.9. Квадратний прокат. 9.10. Прямокутний прокат.			10.1. Присутні. 10.2. Відсутні.	11.1. Стикове. 11.2. Таврове.	12.1. Зварне. 12.2. Клепане.

Джерело: розроблено авторами

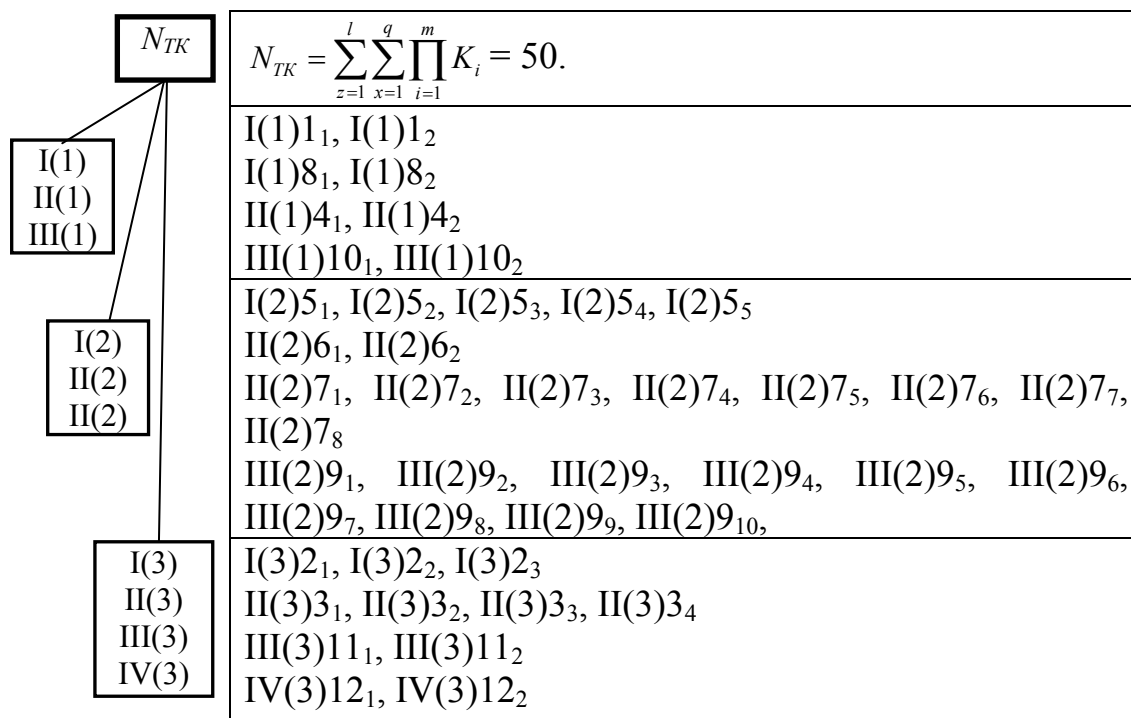


Рисунок 1 - Модель механічної системи «Трансформаційний контейнер»

I - IV – підгрупи ієрархічного рівня; (1) - (3) – відповідні ієрархічні рівні

Джерело: розроблено авторами

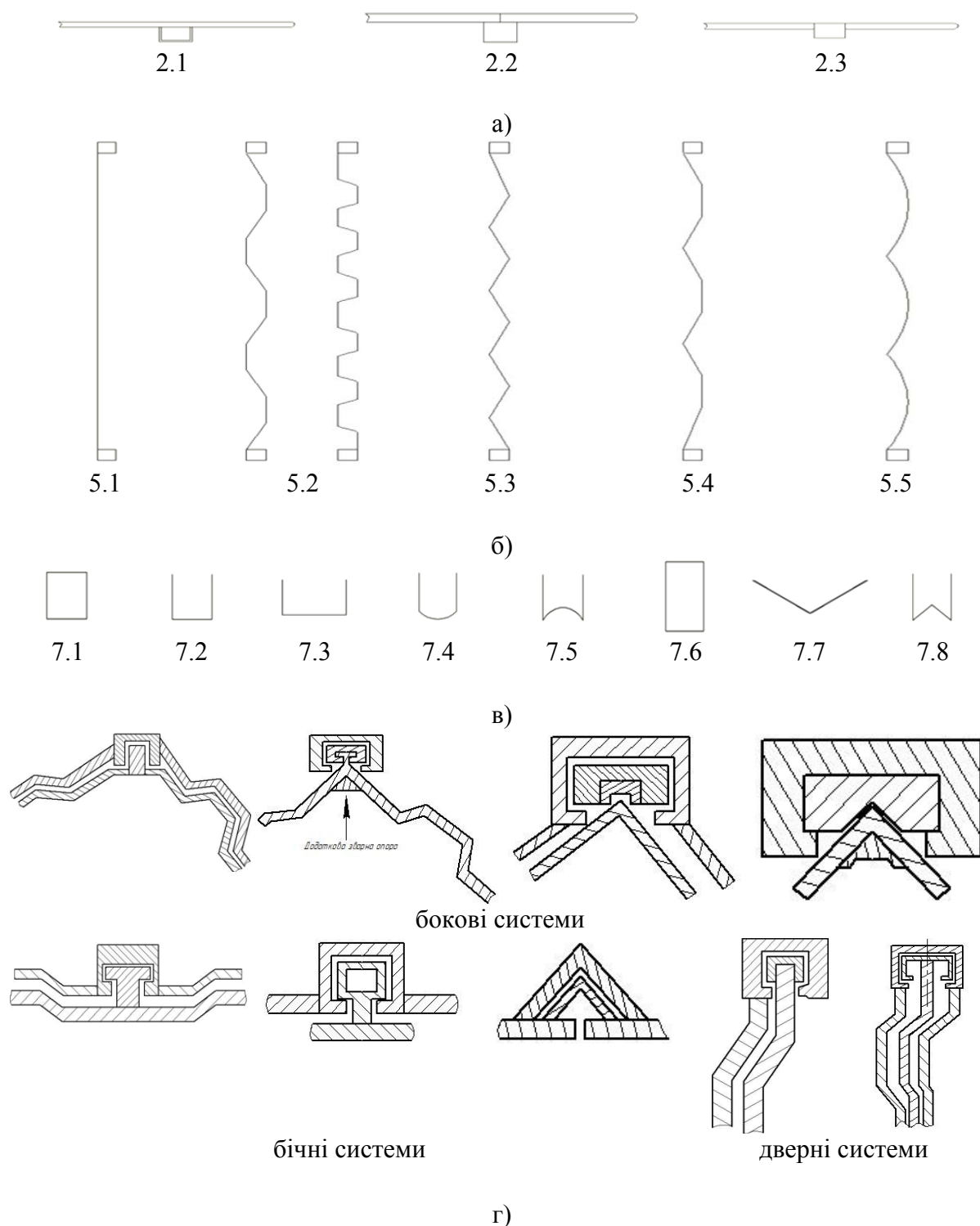


Рисунок 2 - Конструктивні рішення з використанням елементів з табл.1:
 а) розміщення листів; б) геометрична форма листів; в) геометрична конфігурація ребер жорсткості; г) поєднання геометричної форми стінок, днища, даху та дверей з каркасами (бічним та кутовими)
 Джерело: розроблено авторами

На основі проведеного дослідження розроблено конструкції розсувних контейнерів, які наділені властивістю розсування у вертикальному (рис. 3) та горизонтальному (рис. 4) напрямках, що дозволяє змінювати їх габаритні розміри при необхідності перевезення габаритних вантажів автотранспортними засобами. Зокрема

на конструкцію контейнера з функцією розсування у вертикальному напрямку отримано патент на корисну модель України [17], а на конструкцію контейнера з функцією розсування у горизонтальному напрямку подано заявку на отримання патенту на корисну модель України.

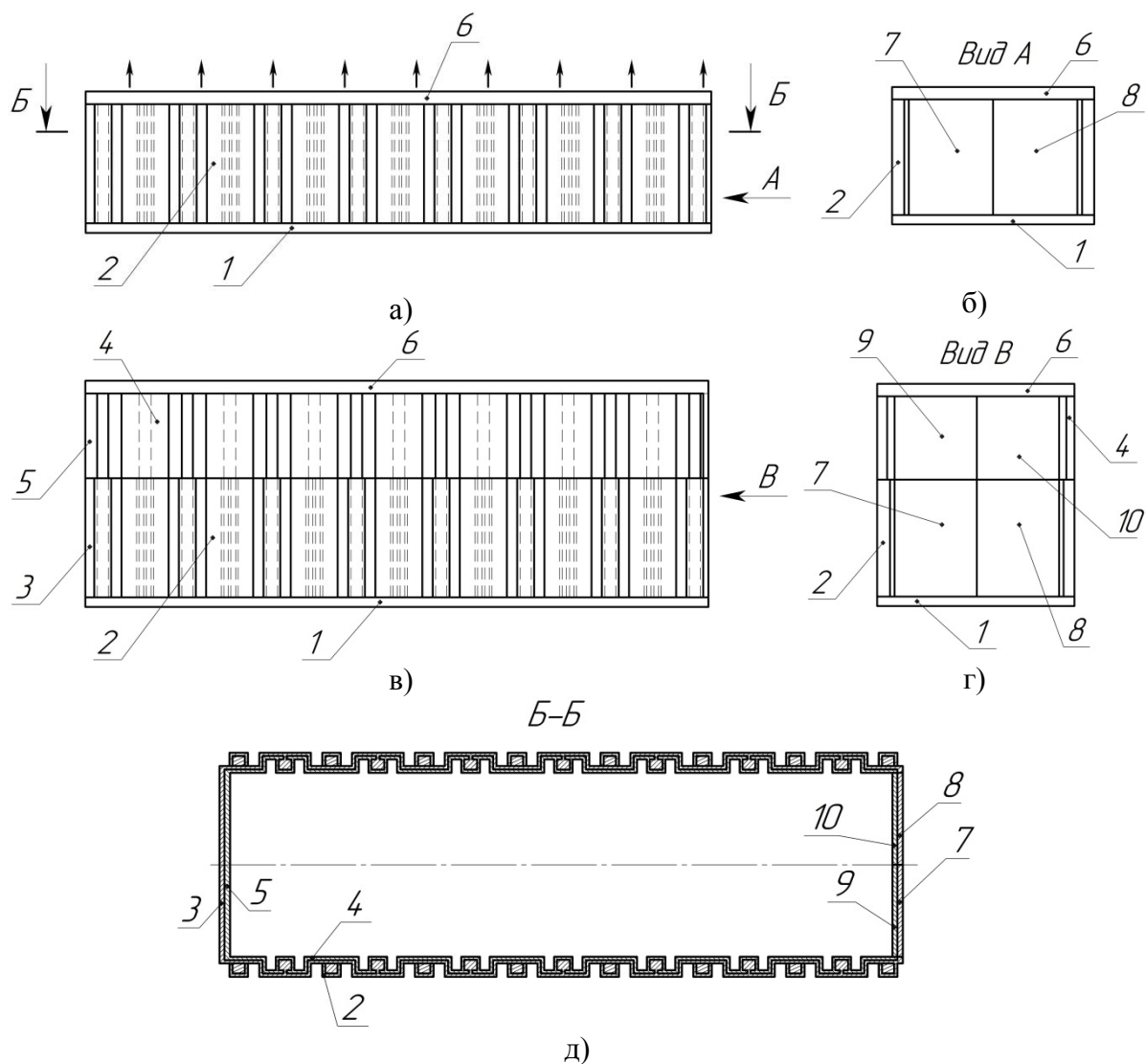


Рисунок 3 – Розсувний контейнер з функцією розсування у вертикальному напрямку: а) у складеному вигляді; б) вид по А у складеному вигляді; в) у розкладеному вигляді; г) вид по В у розкладеному вигляді; д) вид по Б

Джерело: розроблено авторами

Розсувний контейнер з функцією розсування у вертикальному напрямку (рис. 3) виконаний у вигляді днища 1, нижніх частин бічних бортів 2 і переднього борта 3, верхніх частин бічних бортів 4 і переднього борта 5, даху 6, нижніх лівої 7 та правої 8 частини заднього борта, а також верхніх лівої 9 та правої 10 частини заднього борта. До днища 1 жорстко закріплені нижні частини бічних бортів 2 та передній борт 3, відповідно у яких з можливістю осьового пересування з метою зміни висоти контейнера закріплені верхні частини бічних бортів 4 та передній борт 5. Верхні частини бічних бортів 4 та передній борт 5 жорстко закріплені до даху 6. Нижні ліва 7 та права 8 частини заднього борта, а також верхні ліва 9 та права 10 частини заднього борта, відповідно закріплені з можливістю здійснення колового провертання (на завісах) до нижніх та верхніх частин бічних бортів 2 і 4.

Використання розсувного контейнера з функцією розсування у вертикальному напрямку у складеному (рис. 3 а і рис. 3.б) чи розкладеному (рис. 3 в і рис. 3.г) положеннях. Для приведення у розкладений стан проводиться осьове зміщення верхніх частин бічних бортів 4, переднього борта 5, лівої 9 та правої 10 частин заднього борта ввєрх відносно нижніх частин бічних бортів 2, переднього борта 3, лівої 7 та правої 8 частин заднього борта. Далі проводиться їх фіксація нижніх та верхніх частин бортів на необхідній величині відомим методом.

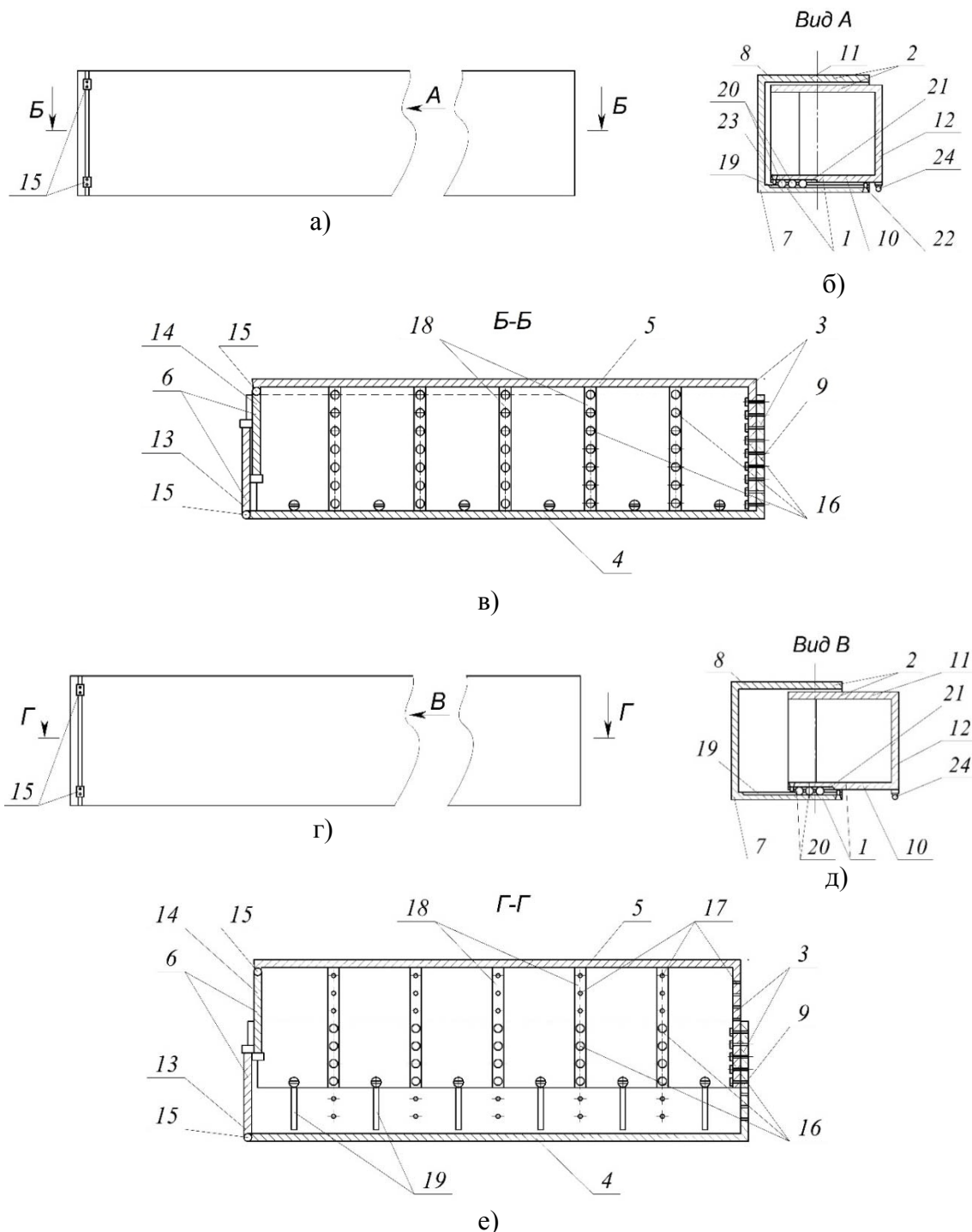


Рисунок 4 – Розсувний контейнер з функцією розсування у горизонтальному напрямку:
 а) у складеному вигляді; б) вид по А у складеному вигляді; в) вид по Б-Б у складеному вигляді;
 г) у розкладеному вигляді; д) вид по В у розкладеному вигляді; е) вид по Г-Г у розкладеному вигляді
 Джерело: розроблено авторами

Розсувний контейнер для автомобільних перевезень з функцією розсування у горизонтальному напрямку (рис. 4) виконаний у вигляді днища 1, даху 2, переднього борта 3, лівого бічного борта 4, правого бічного борта 5 та заднього борта 6. Днище 1, дах 2 та передній борт 3 складаються із двох частин, лівої та правої. Ліва частина днища 7, ліва частина даху 8 і ліва частина переднього борта 9 жорстко закріплені до лівого бічного борта 4, а права частина днища 10, права частина даху 11 і права частина переднього борта 12 жорстко закріплені до правого бічного борта 5. Права частина днища 10, права частина даху 11 і права частина переднього борта 12 знаходяться з можливістю осьового зміщення, відповідно, у лівій частині днища 7, лівій частині даху 8 і лівій частині переднього борта 9. Задній борт 6 виконаний у вигляді лівих дверей 13 і правих дверей 14, які встановлено на завісах 15 з можливістю здійснення колового зміщення. Завіси 15 закріплені на торцевих частинах лівого бічного борта 4 та правого бічного борта 5. Причому ліві двері 13 при закриванні накладаються на праві двері 14. Ліва частина днища 7 та права частини днища 10, ліва частина даху 8 і права частина даху 11, а також ліва частина переднього борта 9 та права частина переднього борта 12 жорстко з'єднані між собою з допомогою болтових з'єднань 16, які розміщені у кріпильних отворах 17, що періодично виконані на певній відстані між собою в каркасах 18 лівої частини днища 7 та правої частини днища 10, лівої частини даху 8 і правої частини даху 11, а також лівої частини переднього борта 9 та правої частини переднього борта 12. На верхній торцевій поверхні лівої частини днища 7 у повздовжніх пазах 19 знаходяться кульки 20, які контактують із нижньою торцевою поверхнею повздовжніх пазів 21 правої частини днища 10. Довжина осьового зміщення кульок 20 у повздовжніх пазах 19 і 21 обмежена стопорними гвинтами 22 і 23, які, відповідно, загвинчено у повздовжні пази 19 і 21 лівої частини днища 7 та правої частини днища 10. На нижній торцевій поверхні правого бічного борта 5 закріплено з можливістю повертання опорні колеса 24.

Використання розсувного контейнера з функцією розсування у горизонтальному напрямку (рис. 4) здійснюється наступним чином. Якщо немає потреби у значних обсягах накопичення та перевезення габаритних вантажів, то розсувний контейнер для автомобільних перевезень з функцією розсування у горизонтальному напрямку використовується у складеному вигляді, як зображено на фіг. 1. Якщо виникає потреба у накопиченні та перевезенні більш габаритних вантажів, то розсувний контейнер для автомобільних перевезень з функцією розсування у горизонтальному напрямку використовується у розкладеному вигляді, як зображено на фіг. 2. Для його розкладання проводиться осьове зміщення на необхідну величину одних відносно інших правої частини днища 10, правої частини даху 11 і правої частини переднього борта 12 відносно лівої частини днища 7, лівої частини даху 8 і лівої частини переднього борта 9, з подальшим жорстким з'єднанням між собою з допомогою болтових з'єднань 16 у кріпильних отворах 17 каркасів 18.

Дослідження напружено-деформованого стану розсувних елементів (стінок) розсувних контейнерів проводилось за методикою, представленою у [1, 5, 14]. Результати розрахунків представлені на рис. 5. Дослідження показало, що напруження в розкладених контейнерах знаходяться в діапазоні сотень МПа і є на порядок більшими, ніж у складених контейнерах. Тому, є зміст додавати додаткові перемички. Зокрема, при проведеному розрахунку напружено-деформованого стану розсувного контейнера розміром 5x2x1м (рис. 5) додаткові перемички доцільно додати в зоні четвертого та восьмого направляючого елемента.

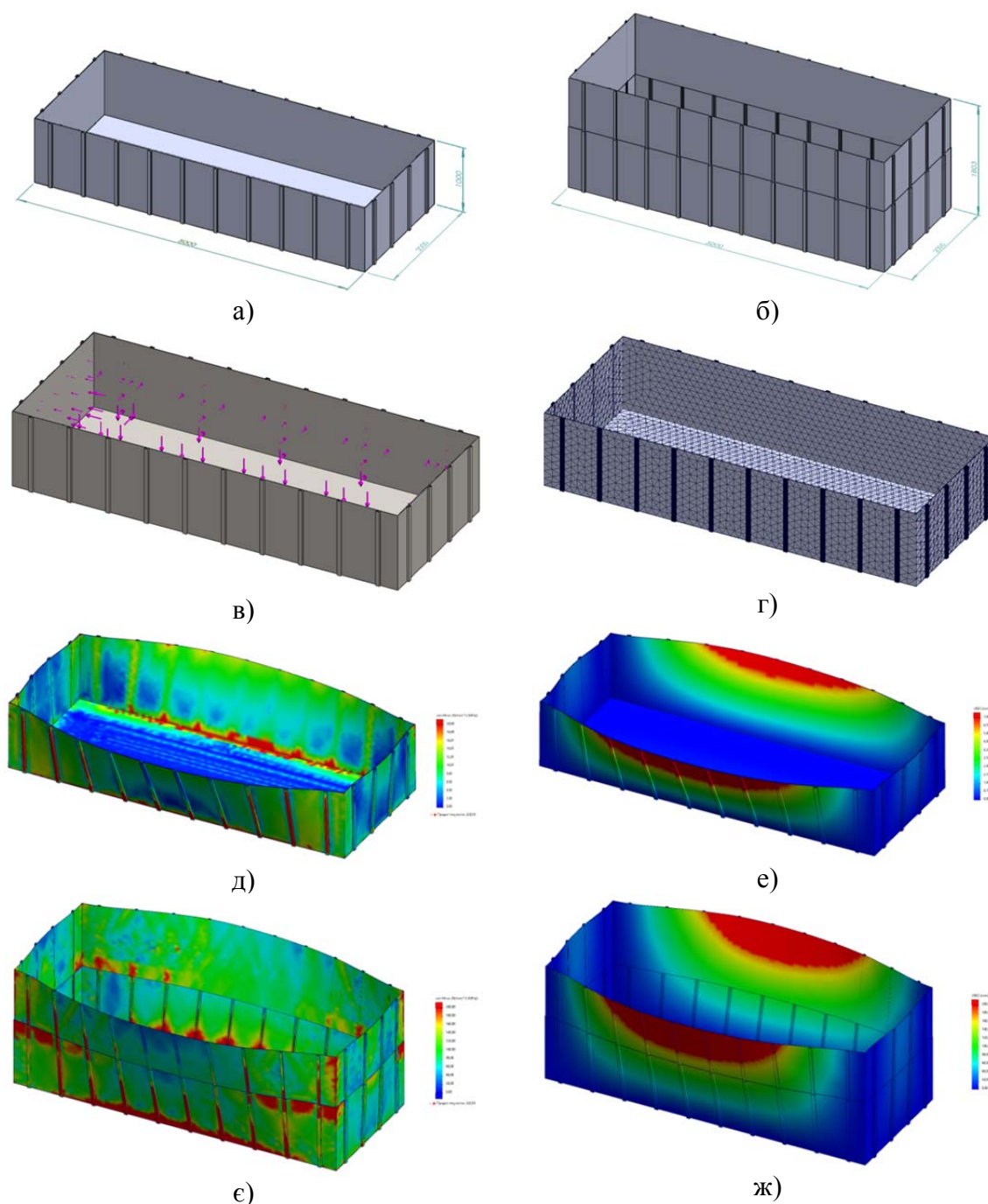


Рисунок 5 – Схеми з дослідження напружено-деформованого стану розсувного контейнера розміром 5х2х1м: а) складений вигляд; б) розкладений вигляд; в) з гідростатичним розподілом навантаження по стінках у 100000 Н (10 т); г) розмір елементів кінцево-елементної сітки – 100 мм для стінки та 5 мм для направляючих елементів; д) статичні напруження, що діють на елементи в складеному вигляді; е) переміщення верхніх кромek елементів контейнера в складеному вигляді (> 10 мм); є) статичні напруження, що діють на елементи у розкладеному вигляді; ж) переміщення верхніх кромek елементів контейнера у розкладеному вигляді (> 100 мм)

Джерело: розроблено авторами

Висновок. Проведено структурно-схемний синтез трансформаційних контейнерів. При використанні морфологічного аналізу побудовано морфологічну таблицю ознак конструктивних елементів трансформаційних контейнерів і модель механічної системи «Трансформаційний контейнер». Проведений експертний аналіз

дозволив обрати певні морфологічні ознаки трансформаційних контейнерів: тип і геометрична форма стінок, днища, даху та дверей: конструкція, розміщення листів, товщина листа, отвори для кріплення, геометрична форма листів, наявність та геометрична конфігурація ребер жорсткості; каркаси (бічні та кутові): конструкція; форма; отвори для кріплення; з'єднання на основі: стикове, таврове; спосіб з'єднання елементів: нерухоме і рухоме. Це дозволило отримати відповідну кількість варіантів конструкцій трансформаційних контейнерів з різними конструктивними ознаками, і, зокрема, з функціями розсування у вертикальному та горизонтальному напрямках, що можуть забезпечити ефективне перевезення габаритних вантажів чи військової техніки в закритому або замаскованому стані автотранспортними засобами.

Також було проведено дослідження напружено-деформованого стану розсувних елементів (стінок) розсувних контейнерів, яке показало, що напруження в розкладених контейнерах знаходяться в діапазоні сотень МПа і є на порядок більшими, ніж у складених контейнерах. Тому, є зміст додавати додаткові перемички. Зокрема, при проведеному розрахунку напружено-деформованого стану розсувного контейнера розміром 5x2x1м додаткові перемички доцільно додати в зоні четвертого та восьмого направляючого елемента.

Список літератури

1. Ляшук О. Л., Гевко І. Б., Левкович М. Г., Вовк Ю. Я., Сташків М. Я., Капський Д. В. Дослідження напружено-деформованого стану дна кузова напівпричепа вантажного автомобіля. *Науковий вісник Херсонської державної морської академії : науковий журнал*. Херсон: Херсонська державна морська академія. 2021. № 1 (24). С 93-103.
2. Техніко-економічне обґрунтування інженерних рішень на СТО та АТП : Навчальний посібник / Гевко І.Б. та ін.,– Тернопіль : Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 276 с.
3. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів : Навчальний посібник / Гевко І.Б., та ін., – Тернопіль : Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя. 2021. 544 с.
4. Liashuk O., Nevko I., Hud V., Khoroshun R., Nevko B., Matviishyn A., Sipravska M. Stands for car suspension research. *Bulletin of Lviv National Environmental University. Agroengineering Research*, No. 26 (2022). С 93-103.
5. Lyashuk, O., Levkovich, M., Vovk, Y., Gevko, I., Stashkiv, M., Slobodian, L., Pyndus, Y. The study of stress-strain state elements of the truck semi-trailer body bottom. *Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport*. 2023, 118, 161-172. ISSN: 0209-3324. DOI: <https://doi.org/10.20858/sjsutst.2023.118.11>.
6. Sokil B., Lyashuk O., Sokil M., Vovk Y., Lebid I., Nevko I., Levkovich M., Khoroshun R., Matviyishyn. Methodology of Force Parameters Justification of the Controlled Steering Wheel Suspension A.. - *COMMUNICATIONS*, 2022. Vol. 24, № 3, P. 247-258.
7. Lyashuk O., Aulin V., Rohatynskiy R., Gevko I., Hupka A., Mironov D., Martyniuk V., Lutsyk A., Denysiuk N. Mathematical modelling of hybrid powertrain systems for improved energy efficiency. *COMMUNICATIONS*, 2025. Vol. 27, № 2, P. 36-52.
8. Rohatynskiy R., Gevko I., Lyashuk O., Aulin V., Tson O., Nikerui Y., Horkunenko A., Serilko L., Gevko B., Mosiy O. Substantiation of parameters of cargo movement by car rope systems. *COMMUNICATIONS*, 2024.- Vol. 26, № 4, P. 225-236.
9. Рогатинський Р.М., Ляшук О.Л., Гевко І.Б., Хорошун Р.В., Романюк О.Б. Модель руху автомобіля по криволінійній трасі. *Науковий вісник Херсонської державної морської академії : науковий журнал*. Херсон : Херсонська державна морська академія. 2021. № 2 (25). С. 72–81.
10. Рогатинський Р.М., Ляшук О.Л., Гевко І.Б., Хорошун Р.В., Шевчук В.В. Модель руху автомобіля по криволінійній трасі. *Вісник ЛДУБЖД*. Львів, 2023. № 28. С. 115–122.
11. Ляшук О.Л., Рогатинський Р.М., Гевко І.Б., Хорошун Р.В., Кашканова Г.Г., Антонюк О.П. Модель проходження повороту автомобілем. *Вісник машинобудування та транспорту*. Вінниця, 2023. Випуск №2(18) С. 87-93.
12. Міронов Д.В., Ляшук О.Л., Гевко І.Б., Гупка А.Б., Слободян Л.М., Гевко Б.Р., Хорошун Р.В. Розробка моделі узагальненого діагностичного показника технічного стану ходової частини автомобіля з використанням математичних методів теорії планування експерименту. *Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті*. № 2 (21). Луцьк: 2023. С. 135 – 144.
13. Гевко І.Б., Рогатинський Р.М., Левкович М.Г., Клендій В.М., Гупка В.В. Структурний синтез гальмівних систем з техніко-економічним обґрунтуванням. *Міжвузівський збірник "Наукові нотатки"*. Вип. 71. Луцьк. Ред.-вид. відділ ЛТНУ. 2021. С. 228-233.

14. Гевко І.Б., Рогатинський Р.М., Ляшук О.Л., Левкович М.Г., Тесля В.О. Структурний синтез кузова напівпричепа вантажного автомобіля з техніко-економічним обґрунтуванням. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки*. 2022. Вип. 5(36) II. С. 25-33.
15. Гевко І.Б., Ляшук О.Л., Рогатинський Р.М., Матвіїшин А.Й., Хорошун Р.В. Синтез підвіски автотранспортних засобів. *Збірник наукових праць «Центральноукраїнський науковий вісник». Кропивницький*, 2023. Випуск №8(39) I. С. 153-164.
16. Розміри та ваги морських контейнерів [Електронний ресурс]. – Hz-Containers. – Режим доступу: <https://hz-containers.com/uk/%D1%80%D0%BE%D0%B7%D0%BC%D1%96%D1%80%D0%B8-%D1%82%D0%B0-%D0%B2%D0%B5%D0%BB%D0%B8%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%B8-%D0%BC%D0%BE%D1%80%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B8%D1%85-%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%82%D0%B5%D0%B9%D0%BD/> (дата звернення: 07.01.2026).
17. Розсувний контейнер : пат. 155042 Україна, МПК В60Р 1/26 . № u202303613; опубл. 10.01.2024. Бюл. № 2/2024.
18. Гевко І.Б., Ляшук О.Л., Довбуш Т.А., Хорошун Р.В., Гевко І.Б. Проектування трансформаційних причепів для оптимізації площ зберігання в автотранспортних підприємствах. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. Кропивницький*, 2025. Випуск №12(43) II. С. 236-243.

References

1. Liashuk O. L., Hevko I. B., Levkovych M. H., Vovk Yu. Ya., Stashkiv M. Ya., Kapskyi D. V. Study of the stress-strain state of the bottom of a semi-trailer truck body. Scientific Bulletin of the Kherson State Maritime Academy: scientific journal. – Kherson: Kherson State Maritime Academy, 2021. No. 1 (24). p. 93–103.
2. Technical and economic justification of engineering solutions at service stations and motor transport enterprises: Textbook . compilers: Hevko I.B., Liashuk O.L., Lutsykyi I.V., Plekan U.M., Klendii V.M. Ternopil: Ivan Pul'uj Ternopil National Technical University Publishing House, 2021. 276 p.
3. Fundamentals of Automobile Production and Repair Technology: Textbook. Compiled by: Hevko I.B., Rohatynskiy R.M., Liashuk O.L., Levkovych M.H., Hud V.Z., Stashkiv M.Ya., Sipravska M.D. Ternopil: Ivan Pul'uj Ternopil National Technical University Publishing House, 2021. 544 p.
4. Liashuk O., Hevko I., Hud V., Khoroshun R., Hevko B., Matviishyn A., Sipravska M. Stands for car suspension research. Bulletin of Lviv National Environmental University. Agroengineering Research, No. 26 (2022). p. 93-103.
5. Lyashuk, O., Levkovych, M., Vovk, Y., Gevko, I., Stashkiv, M., Slobodian, L., Pyndus, Y. The study of stress-strain state elements of the truck semi-trailer body bottom. Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport. 2023, 118, p. 161-172. ISSN: 0209-3324. DOI: <https://doi.org/10.20858/sjstut.2023.118.11>.
6. Methodology of Force Parameters Justification of the Controlled Steering Wheel Suspension. B. Sokil, O. Lyashuk, M. Sokil, Y. Vovk, I. Lebid, I. Hevko, M. Levkovych, R. Khoroshun, A. Matviyishyn. - COMMUNICATIONS, 2022. - Vol. 24, № 3, p. 247-258.
7. Mathematical modelling of hybrid powertrain systems for improved energy efficiency. O. Lyashuk, V. Aulin, R. Rohatynskiy, I. Gevko, A. Hupka, D. Mironov, V. Martyniuk, A. Lutsyk, N. Denysiuk. - COMMUNICATIONS, 2025. - Vol. 27, № 2, P. 36-52.
8. Substantiation of parameters of cargo movement by car rope systems. R. Rohatynskiy, I. Gevko, O. Lyashuk, V. Aulin, O. Tson, Y. Nikerui, A. Horkunenko, L. Serilko, B. Gevko, O. Mosiy. - COMMUNICATIONS, 2024. - Vol. 26, № 4, p. 225-236.
9. Rohatynskiy R.M., Liashuk O.L., Hevko I.B., Khoroshun R.V., Romaniuk O.B. Model of vehicle motion on a curved track. Scientific Bulletin of the Kherson State Maritime Academy: scientific journal. Kherson: Kherson State Maritime Academy, 2021. No. 2 (25). p. 72–81.
10. Rohatynskiy R.M., Liashuk O.L., Hevko I.B., Khoroshun R.V., Shevchuk V.V. Model of vehicle motion on a curved track. Bulletin of the Lviv State University of Railway Transport. Lviv, 2023. No. 28. p. 115–122.
11. Liashuk O.L., Rohatynskiy R.M., Hevko I.B., Khoroshun R.V., Kashkanova H.H., Antoniuk O.P. Model of a car turning. Bulletin of Mechanical Engineering and Transport. Vinnytsia, 2023. Issue No. 2(18) pp. 87-93.
12. Mironov D.V., Liashuk O.L., Hevko I.B., Hupka A.B., Slobodian L.M., Hevko B.R., Khoroshun R.V. The development of a model for a generalized diagnostic indicator of the technical condition of a vehicle's running gear using mathematical methods of experimental design theory. Modern technologies in mechanical engineering and transport. No. 2 (21). Lutsk: 2023. p. 135–144.
13. Hevko I.B., Rohatynskiy R.M., Levkovych M.H., Klendii V.M., Hupka V.V. Structural synthesis of braking systems with technical and economic justification . Interuniversity collection “Scientific Notes.” Issue 71. Lutsk. Edited and published by the LTNU Publishing Department. 2021. p. 228–233.
14. Hevko I.B., Rohatynskiy R.M., Liashuk O.L., Levkovych M.H., Teslia V.O. Structural synthesis of a semi-trailer truck body with technical and economic justification. Central Ukrainian Scientific Bulletin. Technical Sciences. 2022. Issue 5(36) II. p. 25–33.

15. Hevko Iv. B., Liashuk O. L., Rohatynskiy R. M., Matviishyn A. Y., Khoroshun R. V. Synthesis of suspension systems of motor vehicles. Central Ukrainian Scientific Bulletin. Technical Sciences. Kropyvnytskyi, 2023. Issue No. 8(39), Part I. P. 153–164.
16. Dimensions and weights of shipping containers [Electronic resource]. – Hz-Containers. – Available at: <https://hz-containers.com/uk/%D1%80%D0%BE%D0%B7%D0%BC%D1%96%D1%80%D0%B8-%D1%82%D0%B0-%D0%B2%D0%B5%D0%BB%D0%B8%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%B8-%D0%BC%D0%BE%D1%80%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B8%D1%85-%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%82%D0%B5%D0%B9%D0%BD/> (accessed: 07.01.2026).
17. Sliding container : Pat. 155042 Ukraine, IPC B60P 1/26. No. u202303613; published 10.01.2024. Bulletin No. 2/2024.
18. Hevko Iv. B., Liashuk O. L., Dovbush T. A., Khoroshun R. V., Hevko I. H. Design of transformational trailers for optimization of storage areas at motor transport enterprises. Central Ukrainian Scientific Bulletin. Technical Sciences. Kropyvnytskyi, 2025. Issue No. 12(43), Part II. P. 236–243.

Ivan Hevko, Prof., Dr. Tech. Sci., **Mykola Stashkiv**, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Taras Dovbush**, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Mykhailo Levkovich**, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Igor Hevko**, Assoc. Prof., PhD tech. sci.
Ternopil National Technical University named after Ivan Pulyu, Ternopil, Ukraine
Berezhany Professional College of the National University of Life Resources and Environmental Management of Ukraine, Berezhany, Ukraine

Design of Transformation Containers for the Purpose of Efficient Transportation of Oversized Cargo by Motor Vehicles

The current state of cargo transportation is characterized by significant dynamism and widespread use of the latest and most modernized mechanical systems, and this largely applies to motor vehicles and other specialized equipment, as well as bodies, trailers and containers. The problem of creating containers of non-standard sizes becomes quite relevant when it is necessary to transport oversized cargo and generally increase the efficiency of logistics processes. Quite often, there is a need to increase the overall dimensions of containers to match their cargo dimensions, which necessitates the search for such technical solutions. This problem has become especially important during hostilities, when there is an increased need for transportation of military equipment in a closed or camouflaged state. Therefore, the above-mentioned challenges necessitate the intensification of the search and development of innovative, improved designs of containers of non-standard sizes. Priority should be given to solutions that provide for the functionality of transforming their dimensions by sliding, sliding or other modifications.

The increase in freight traffic, caused by population growth and technological development, creates new, more stringent requirements for freight vehicles. Despite the fact that the scientific community is actively working on methods for designing and synthesizing effective structures of mechanical systems for effective logistics, there remains a certain need for further research into the design of multifunctional non-standard containers with the function of transforming their dimensions by sliding, sliding or other modifications, for transportation by road and other means. Such research is widely carried out using various methods and synthesis and, in particular, with the method of morphological analysis using hierarchical grouping to obtain effective design alternatives. However, the analysis of existing research reveals a number of unresolved issues that require further study. This is necessary for the search and design of multifunctional non-standard containers for road and other transportation. The purpose of the work is to design transformation containers for the effective transportation of oversized cargo by motor vehicles.

The work carried out a structural and schematic synthesis of transformation containers. Using morphological analysis, a morphological table of features of structural elements of transformation containers and a model of the mechanical system “Transformation container” were built. The expert analysis made it possible to select certain morphological features of transformation containers: type and geometric shape of walls, bottom, roof and doors: design, placement of sheets, sheet thickness, holes for fastening, geometric shape of sheets, presence and geometric configuration of stiffeners; frames (lateral and corner): design; shape; holes for fastening; connection on the base: butt, T-shaped; method of connecting elements: fixed and movable. This made it possible to obtain a corresponding number of variants of transformation container designs with different structural features, and, in particular, with functions of sliding in vertical and horizontal directions, which can ensure effective transportation of oversized cargo or military equipment in a closed or camouflaged state by motor vehicles.

A study of the stress-strain state of the sliding elements (walls) of sliding containers was also conducted, which showed that the stresses in the unfolded containers are in the range of hundreds of MPa and are an order of magnitude higher than in the folded containers. Therefore, it makes sense to add additional jumpers. In particular, when calculating the stress-strain state of a sliding container measuring 5x2x1m, it is advisable to add additional jumpers in the area of the fourth and eighth guide elements.

design, morphological analysis, structural-schematic synthesis, sliding, container, vehicle

Одержано (Received) 07.01.2026

Прорецензовано (Reviewed) 22.01.2026

Прийнято до друку (Approved) 10.02.2026