

## АВТОМОБІЛЬНИЙ ТРАНСПОРТ

УДК 621.33

DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2022.5\(36\).2.186-194](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2022.5(36).2.186-194)

**Ів.Б. Гевко**, проф., д-р техн. наук, **Р.М. Рогатинський**, проф., д-р техн. наук, **О.Л. Ляшук**, проф., д-р техн. наук, **М.Г. Левкович**, доц., канд. техн. наук, **В.О. Тесля**, канд. техн. наук

*Тернопільський національний університет імені Івана Пулюя, м. Тернопіль, Україна*

*e-mail: geckoivan1@ukr.net*

### Структурний синтез кузова напівпричепа вантажного автомобіля з техніко-економічним обґрунтуванням

У результаті проведеного синтезу кузовів напівпричепів вантажних автомобілів методом морфологічного аналізу з використанням ієрархічного групування отримано прогресивні інженерні рішення по створенню конструкцій з покращеними техніко-економічними характеристиками шляхом аналізу впливу різних факторів на конструктивні особливості. Дані дослідження базуються на основі напружено – деформованому стані (НДС) інженерного аналізу Simulation спеціалізованого програмного комплексу SolidWorks на CAD - моделі кузова напівпричепа вантажного автомобіля.

**синтез, кузов, борт, конструкція, ребро жорсткості**

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Синтезу машинобудівних конструкцій присвячена значна кількість праць таких вчених, як Г.С.Альтшуллер [1], А.В.Андрейчиков [2], Б.І. Кіндрацький [3], Ю.М. Кузнецов [4], В.М. Одрін та С.С. Картавов [6], А.І. Половінкін [7] та багатьох інших. Проте питанням синтезу кузовів вантажних автомобілів виходячи з позиції техніко-економічної доцільності отримання їх ефективних конструкцій на даний час недостатньо приділено уваги, що зумовлює потребу в подальших дослідженнях.

**Постановка завдання.** Метою роботи є проведення синтезу кузовів напівпричепів вантажних автомобілів методом морфологічного аналізу з використанням ієрархічного групування для отримання конструкцій з покращеними техніко-економічними характеристиками.

**Виклад основного матеріалу.** Для пошуку нових ідей по створенню прогресивних конструкцій кузовів напівпричепів вантажних автомобілів використано модифікований варіант морфологічного аналізу [4], а саме, метод синтезу ієрархічних груп за допомогою морфологічного аналізу [8]. Він дозволив отримати певну кількість рішень при проведенні генерування альтернатив на окремих ієрархічних рівнях у межах окремих конструктивних ознак елементів системи.

У результаті проведеного аналізу впливу різних факторів на конструктивні особливості кузовів напівпричепів вантажних автомобілів шляхом структурно-схемного синтезу із застосуванням морфологічного аналізу [4] було визначено обмежену кількість конструктивних ознак елементів та зв'язків між ними, на основі чого складено морфологічну матрицю у вигляді таблиці 1. Обрані наступні основні морфологічні ознак (табл. 1): борти кузова, задній борт кузова, дно кузова, рама кузова, ребра жорсткості, верхня частина кузова (поперечини). Даний варіант морфологічної моделі отримано внаслідок виділення функціонально важливих елементів з метою спрощення моделі, що дозволить мінімізувати кількість генерованих варіантів.

При використанні запропонованого методу синтезу ієрархічних груп за допомогою морфологічного аналізу морфологічну модель кузова напівпричепа вантажного автомобіля (КНВА) (табл. 1) можна представити у вигляді морфологічної матриці, де кількість варіантів визначатиметься по формулі [8]:

$$N_l = \sum_{z=1}^l \sum_{x=1}^q \prod_{i=1}^m K_i, \quad (1)$$

де  $z$  – ієрархічний рівень;

$l$  – кількість ієрархічних рівнів;

$x$  – певна підгрупа відповідного ієрархічного рівня;

$q$  – кількість підгруп відповідного ієрархічного рівня;

$K_i$  – альтернатива конструктивної ознаки елементу певної підгрупи відповідного ієрархічного рівня;

$m$  – кількість альтернатив конструктивної ознаки елементів певної підгрупи відповідного ієрархічного рівня.

Згідно запропонованого групування до першого ієрархічного рівня моделі механічної системи «Кузов напівпричепа вантажного автомобіля» (рис. 1) слід віднести такі конструктивні елементи: 3 – товщина листа борта, 5 – геометрична форма бортового листа (рис. 2), 7 – компоновка ребер жорсткості на борті (рис. 3), 14 – основа осі кузова для підвищення жорсткості дна кузова; до другого ієрархічного рівня: 1 – конструкція борта, 8 – геометрична конфігурація ребер жорсткості (рис. 4), 11 – форма ребер жорсткості дна кузова, 12 – тип з'єднання на основі дна кузова, 13 – компонування ребер жорсткості дна кузова (рис. 6); до третього ієрархічного рівня: 2 – розміщення бортових листів (рис. 5), 4 – технологічні отвори для зменшення напруження при розвантаженні, 6 – основа борта (косинці), 9 – конструкція заднього борта, 10 – кріплення до осі кузова, 15 – наявність верхньої частини кузова (поперчин), 16 – профіль верхньої частини кузова (поперчин), 17 – спосіб з'єднання.

|                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $N_{КНВА}$                                                             | $N_{КНВА} = \sum_{z=1}^l \sum_{x=1}^q \prod_{i=1}^m K_i = 97.$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| I(1)<br>II(1)<br>III(1)<br>IV(1)                                       | I(1)3 <sub>1</sub> , I(1)3 <sub>2</sub> , I(1)3 <sub>3</sub><br>II(1)5 <sub>1</sub> , II(1)5 <sub>2</sub> , II(1)5 <sub>3</sub> , II(1)5 <sub>4</sub> , II(1)5 <sub>5</sub> , II(1)5 <sub>6</sub> , II(1)5 <sub>7</sub> , II(1)5 <sub>8</sub><br>III(1)7 <sub>1</sub> , III(1)7 <sub>2</sub> , III(1)7 <sub>3</sub> , III(1)7 <sub>4</sub> , III(1)7 <sub>5</sub> , III(1)7 <sub>6</sub> , III(1)7 <sub>7</sub> , III(1)7 <sub>8</sub> , III(1)7 <sub>9</sub> , III(1)7 <sub>10</sub><br>IV(1)14 <sub>1</sub> , IV(1)14 <sub>2</sub> , IV(1)14 <sub>3</sub> , IV(1)14 <sub>4</sub> |
| I(2)<br>II(2)<br>III(2)                                                | I(2)1 <sub>1</sub> , I(2)1 <sub>2</sub> , I(2)1 <sub>3</sub> , I(2)1 <sub>4</sub><br>II(2)8 <sub>1</sub> , II(2)8 <sub>2</sub> , II(2)8 <sub>3</sub> , II(2)8 <sub>4</sub> , II(2)8 <sub>5</sub> , II(2)8 <sub>6</sub> , II(2)8 <sub>7</sub> , II(2)8 <sub>8</sub><br>III(2)11 <sub>1</sub> , III(2)11 <sub>2</sub> , III(2)11 <sub>3</sub> , III(2)11 <sub>4</sub> , III(2)11 <sub>5</sub><br>III(2)12 <sub>1</sub> , III(2)12 <sub>2</sub><br>III(2)13 <sub>1</sub> , III(2)13 <sub>2</sub> , III(2)13 <sub>3</sub> , III(2)13 <sub>4</sub>                                      |
| I(3)<br>II(3)<br>III(3)<br>IV(3)<br>V(3)<br>VI(3)<br>VII(3)<br>VIII(3) | I(3)2 <sub>1</sub> , I(3)2 <sub>2</sub> , I(3)2 <sub>3</sub><br>II(3)4 <sub>1</sub> , II(3)4 <sub>2</sub><br>III(3)6 <sub>1</sub> , III(3)6 <sub>2</sub> , III(3)6 <sub>3</sub><br>IV(3)9 <sub>1</sub> , IV(3)9 <sub>2</sub><br>V(3)10 <sub>1</sub> , V(3)10 <sub>2</sub><br>VI(3)15 <sub>1</sub> , VI(3)15 <sub>2</sub><br>VII(3)16 <sub>1</sub> , VII(3)16 <sub>2</sub> , VII(3)16 <sub>3</sub> , VII(3)16 <sub>4</sub><br>VIII(3)17 <sub>1</sub> , VIII(3)17 <sub>2</sub>                                                                                                       |

Рисунок 1 – Модель механічної системи «Кузов напівпричепа вантажного автомобіля»:

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

Джерело: розроблено авторами

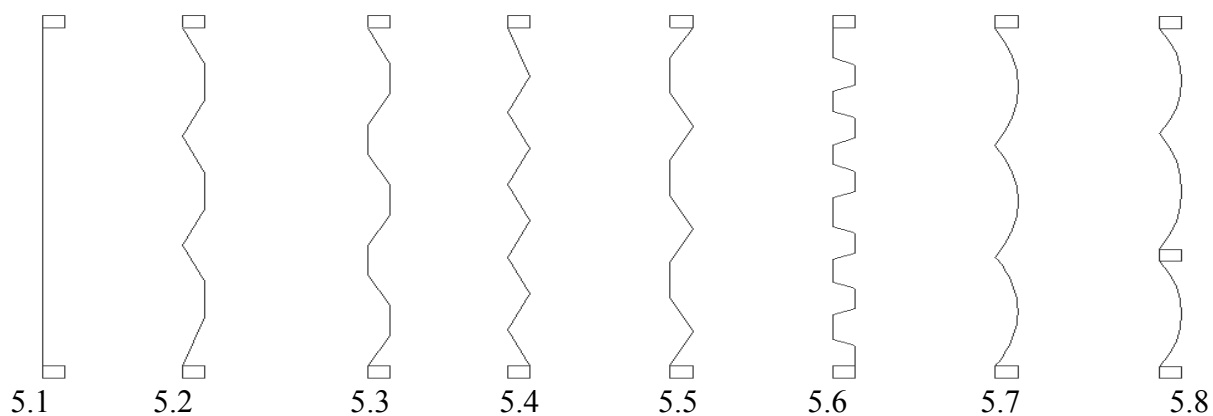


Рисунок 2 – Геометрична форма бортового листа

Джерело: розроблено авторами

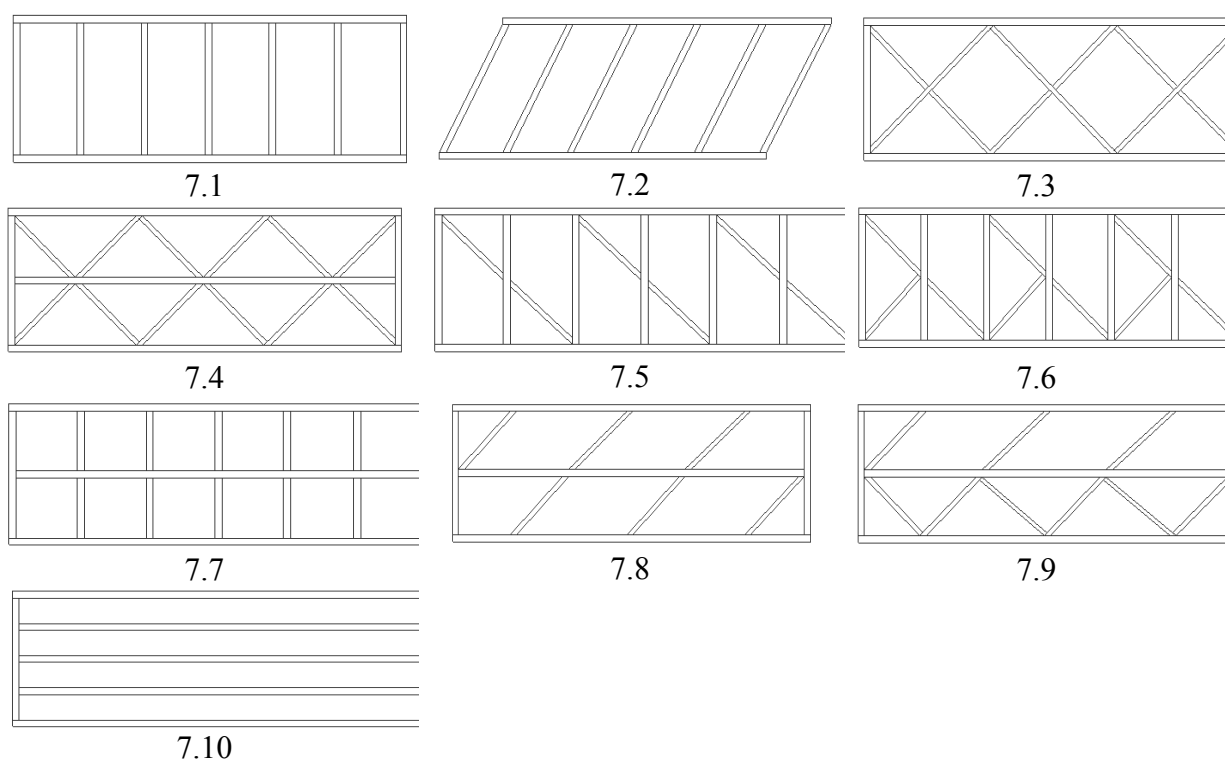


Рисунок 3 – Компоновка на борті

Джерело: розроблено авторами

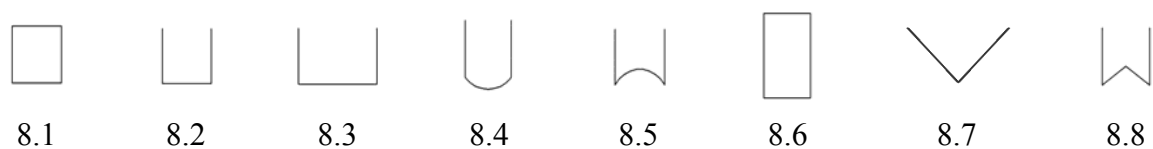


Рисунок 4 – Геометрична конфігурація ребер жорсткості

Джерело: розроблено авторами

Таблиця 1 – Морфологічна таблиця конструктивних ознак елементів кузовів напівпричепів вантажних автомобілів

| Борт                                                                                             |                                                                                                                                         |                                                 |                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 9.<br>Конст-<br>рукція<br>заднього<br>борта | Дно кузова                                                                                            |                                                                                                                                                        |                                            |                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                      | Верхня частина<br>кузова<br>(поперечини) |                                                                                                 | 17.<br>Спо-сіб<br>з'єднан-<br>ня           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| 1. Конст-<br>рукція<br>борта                                                                     | 2. Розмі-<br>щення<br>бортових<br>листів                                                                                                | 3. Тов-<br>щина<br>листа                        | 4. Тех-<br>нологічні<br>отвори для<br>зменшення<br>напружен-<br>ня при<br>розвантаже-<br>нні | 5.<br>Геометрична<br>форма<br>бортового<br>листа                                                                                                                                                                                                                                                                                | 6.<br>Основа<br>(косин-<br>ці)                                                          | Редра жорсткості                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                             | 10.<br>Кріп-<br>лення<br>до осі<br>кузова                                                             | 11. Форма<br>ребер<br>жорсткості                                                                                                                       | 12. Тип<br>з'єднан-<br>ня на<br>основі     | 13. Компо-<br>нування<br>ребер<br>жорсткості                                                                                                                                                                                                      | 14.<br>Основа<br>осі<br>кузова<br>для<br>підви-<br>щення<br>жорсткості                               | 15.<br>Наяв-<br>ність                    | 16. Про-<br>філь                                                                                |                                            |
|                                                                                                  |                                                                                                                                         |                                                 |                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                         | 7. Компоновка на<br>борті                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 8.<br>Геометрич-<br>на<br>конфігура-<br>ція                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                             |                                                                                                       |                                                                                                                                                        |                                            |                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                      |                                          |                                                                                                 |                                            |
| 1.1. Пря-<br>мий.<br>1.2. Нахи-<br>лений.<br>1.3. Бочко-<br>подібний.<br>1.4. Комбі-<br>нований. | 2.1. Су-<br>цільний<br>лист.<br>2.2. Торце-ве<br>з'єднання<br>м.<br>2.3. Торце-ве<br>із<br>з'єднання<br>м через<br>ребро<br>жорсткості. | 3.1. 3<br>мм.<br>3.2. 4<br>мм.<br>3.3. 5<br>мм. | 4.1. При-<br>сутні.<br>4.2. Від-<br>сутні.                                                   | 5.1. Прямий.<br>5.2. Трапеце-<br>їдальний з<br>гострими<br>кутами.<br>5.3. Прямий із<br>трапецеїдальни-<br>м з гострими<br>кутами.<br>5.4. Трикутний.<br>5.5. Трикутний<br>із прямим.<br>5.6. Прямий із<br>трапецеїдальни-<br>м.<br>5.7. Дугоподіб-<br>ний.<br>5.8. Дугоподіб-<br>ний із<br>поперечною<br>профільною<br>трубою. | 6.1. При-<br>сутні.<br>6.2. Від-<br>сутні.<br>6.3. 3<br>ребрам<br>и<br>жорст-<br>кості. | 7.1. Розміщені<br>вертикально.<br>7.2. Розміщені під<br>нахилом.<br>7.3. Перехресне<br>розташування.<br>7.4. Пересікання із<br>поперечним ребром.<br>7.5. Розміщені<br>вертикально із<br>нахиленими<br>поперечинами.<br>7.6. Розміщені<br>вертикально із<br>несиметричним<br>нахиленням поперечин в<br>різних напрямках.<br>7.7. 3 горизонтальним і<br>вертикальним<br>перехресним<br>розташуванням.<br>7.8. 3 горизонтальним та<br>нахиленим перехресним<br>розташуванням.<br>7.9. 3 горизонтальним та<br>несиметричним<br>нахиленням поперечин в<br>різних напрямках.<br>7.10. Розміщені<br>горизонтально. | 8.1. Квадрат.<br>8.2. Гнугий<br>профіль з<br>рівними<br>сторонами.<br>8.3. Швелер<br>стандартний<br>.<br>8.4. Гнугий<br>профіль із<br>округло<br>вигнутою<br>стороною.<br>8.5. Гнугий<br>профіль із<br>округло<br>вгнутою<br>стороною.<br>8.6.<br>Профільна<br>труба.<br>8.7. Кутник<br>рівносторон-<br>ній із тупим<br>кутом.<br>8.8. М-<br>подібний<br>профіль. | 9.1. Су-<br>цільна.<br>9.2. Сек-<br>ційна.  | 10.1. Укрі-<br>плено<br>пластин-<br>ною.<br>10.2. Дода-<br>тково<br>укріпле-<br>но<br>швелера-<br>ми. | 11.1. Квад-<br>ратна труба.<br>11.2. Профі-<br>льна труба.<br>11.3. Прямо-<br>кутна<br>труба.<br>11.4. Швелер.<br>11.5. Швелер<br>рівносторо-<br>нній. | 12.1. Сти-<br>кове.<br>12.2. Тав-<br>рове. | 13.1. Два<br>повздовжні<br>із попере-<br>чинами.<br>13.2. Три<br>повздовжні<br>із попере-<br>чинами.<br>13.3. Чотири<br>повздовжні<br>із попере-<br>чинами.<br>13.4. Попе-<br>речини з<br>двома суцільними та<br>проміжними<br>повздовж-<br>німи. | 14.1. Про-<br>фільні<br>вставки.<br>14.2. Про-<br>фільна<br>труба.<br>14.3. Шве-лер.<br>14.4. Плита. | 15.1. Ста-<br>ціонарні.<br>15.2. Знімні. | 16.1. Круг-<br>лий.<br>16.2. Пря-<br>мокутни-<br>й.<br>16.3. Квад-<br>ратний.<br>16.4. Шве-лер. | 17.1. Зва-<br>рне.<br>17.2. Кле-<br>пання. |

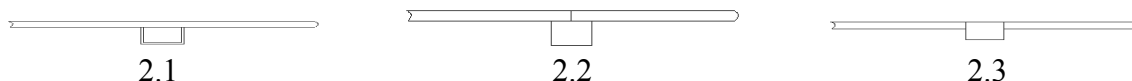


Рисунок 5 – Розміщення бортових листів

Джерело: розроблено авторами

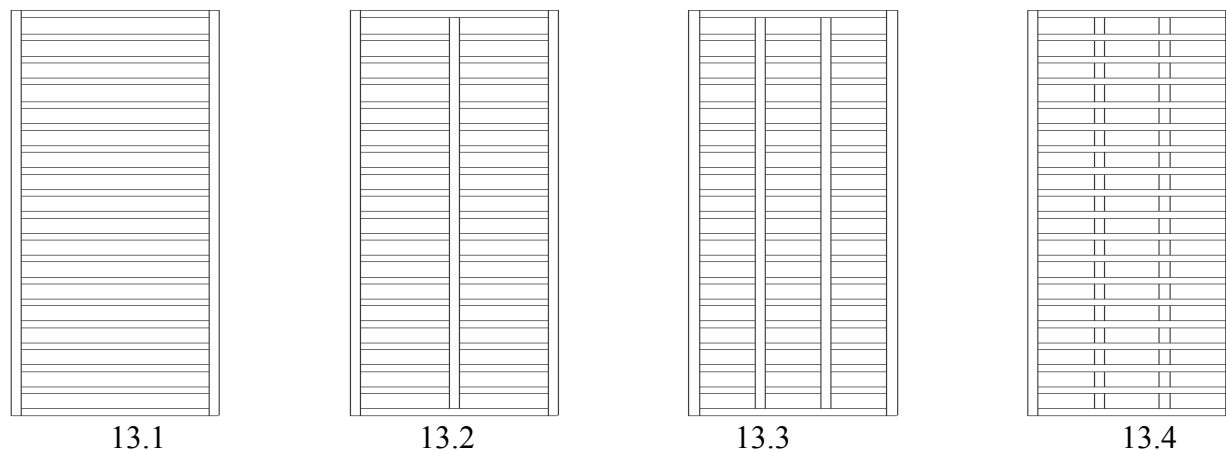


Рисунок 6 – Компонування ребер жорсткості дна кузова

Джерело: розроблено авторами

Виходячи із зробленого розподілу загальна кількість згенерованих варіантів КНВА при використанні методу синтезу ієрархічних груп за допомогою морфологічного аналізу становитиме:

$$N_{KHVA} = \begin{array}{c} \begin{array}{c} 3.1 \\ 3.2 \\ 3.3 \end{array} + \begin{array}{c} 5.1 \\ 5.2 \\ 5.3 \\ 5.4 \\ 5.5 \\ 5.6 \\ 5.7 \\ 5.8 \end{array} + \begin{array}{c} 7.1 \\ 7.2 \\ 7.3 \\ 7.4 \\ 7.5 \\ 7.6 \\ 7.7 \\ 7.8 \\ 7.9 \\ 7.10 \end{array} + \begin{array}{c} 14.1 \\ 14.2 \\ 14.3 \\ 14.4 \end{array} + \begin{array}{c} 1.1 \\ 1.2 \\ 1.3 \\ 1.4 \end{array} + \begin{array}{c} 8.1 \\ 8.2 \\ 8.3 \\ 8.4 \\ 8.5 \\ 8.6 \\ 8.7 \\ 8.8 \end{array} + \begin{array}{c} 11.1 \\ 11.2 \\ 11.3 \\ 11.4 \\ 11.5 \end{array} + \begin{array}{c} 12.1 \\ 12.2 \end{array} + \begin{array}{c} 13.1 \\ 13.2 \\ 13.3 \\ 13.4 \end{array} + \begin{array}{c} 2.1 \\ 2.2 \\ 2.3 \end{array} + \begin{array}{c} 4.1 \\ 4.2 \end{array} + \begin{array}{c} 6.1 \\ 6.2 \\ 6.3 \end{array} + \begin{array}{c} 9.1 \\ 9.2 \end{array} + \begin{array}{c} 10.1 \\ 10.2 \end{array} + \begin{array}{c} 15.1 \\ 15.2 \end{array} + \begin{array}{c} 16.1 \\ 16.2 \\ 16.3 \\ 16.4 \end{array} + \begin{array}{c} 17.1 \\ 17.2 \end{array} = 97.$$

Кількість варіантів КНВА при використанні запропонованого методу синтезу ієрархічних груп за допомогою морфологічного аналізу становитиме 97 базових альтернатив, а при використанні класичного методу [4], кількість варіантів становитиме 1415577600, що є нереальним для ефективного відбору кращих альтернатив.

Враховуючи те, що вітчизняні правила дорожнього руху допускають максимальну фактичну масу завантаженого вантажного автомобіля в розмірі 40 тонн (для контейнеровозів – 44 тонни), слід максимально знижувати масу його кузова для можливості забезпечення перевезення більшої кількості вантажу. Так на рис. 7 проілюстровано розрахунок маси зерновоза. Виходячи з нього можна зробити висновок, що при правильному виборі конструкції кузова напівпричепа вантажного

автомобіля можна збільшити можливість перевезення вантажу більш ніж на дві тонни. Виходячи з цього нами проведено підрахунок маси кузова зернового в залежності від товщини стінки борта (табл. 2) який показав, що різниця маси при використанні товщини стінки борта 5 мм і 3 мм для стандартного кузова габаритами  $2,5 \times 8 \times 1,8$  ( $36 \text{ м}^3$ ) становить 1769,6 кг.

У результаті проведеного дослідження на основі розробленої CAD – моделі напружено-деформованого стану дна КНВА [5] (рис. 8 і рис. 9) і його бортів з товщиною стінки в діапазоні від 3 мм до 5 мм було встановлено, що при раціональній конфігурації ребер жорсткості товщину стінки борта можна приймати у розмірі 3 мм. Отримані результати [5] якраз і стали основою для прийняття інженерних рішень з удосконалення конструкцій кузовів напівпричепів вантажних автомобілів.

Таблиця 2 – Маса кузова зернового в залежності від товщини стінки борта

| Елементи кузова                                                                                                  | Товщина стінки борта (кг) |                          |                          |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|
|                                                                                                                  | 3 мм                      | 4 мм                     | 5 мм                     |
| Лист $1,25 \times 2,50$ - 2 шт.                                                                                  | 199,6                     | 199,6                    | 199,6                    |
| <b>Борти</b>                                                                                                     |                           |                          |                          |
| Стійки на борти                                                                                                  |                           |                          |                          |
| Лист $(1,0 \times 2,0)$ = 8 шт.                                                                                  | $8 \times 49 = 392$       | $8 \times 64,6 = 516,8$  | $8 \times 80,66 = 645,2$ |
| Борти бокові, лист $(1,25 \times 2,50)$ = 15 шт.<br>Борти (передній і задній), лист $(1,25 \times 2,50)$ - 2 шт. | $15 \times 75,8 = 1137$   | $15 \times 99,8 = 1497$  | $15 \times 126 = 1890$   |
| <b>Дно кузова</b>                                                                                                |                           |                          |                          |
| Короба, лист $(1,25 \times 2,50)$ = 5 шт.                                                                        | $5 \times 75,8 = 379$     | $5 \times 99,8 = 499$    | $5 \times 126 = 630$     |
| Дно кузова, лист $(1,25 \times 2,50)$ = 7 шт.                                                                    | $7 \times 75,8 = 530,6$   | $7 \times 99,8 = 698$    | $7 \times 126 = 882$     |
| <b>Профіль</b>                                                                                                   |                           |                          |                          |
| $8 \times 6 = (2 \times 12) = 24$ м/п.                                                                           | $24 \times 6,5 = 156$     | $24 \times 8,48 = 203,5$ | $24 \times 10,4 = 249,6$ |
| $6 \times 6 = (2 \times 12) = 24$ м/п.                                                                           | $24 \times 5,5 = 132$     | $24 \times 7,17 = 172$   | $24 \times 8,3 = 199,2$  |
| $6 \times 6 = 8,32$ м/п.                                                                                         | $8,32 \times 5,3 = 44$    | $8,32 \times 5,3 = 44$   | $8,32 \times 5,3 = 44$   |
| <b>Двотавр</b>                                                                                                   |                           |                          |                          |
| 3,33 м/п.                                                                                                        | $3,33 \times 18,4 = 61$   | $3,33 \times 18,4 = 61$  | $3,33 \times 18,4 = 61$  |
| Лист сталевий ( $t=10$ мм) = $0,3 \text{ м}^2$ .                                                                 | 213                       | 213                      | 213                      |
| <b>Разом</b>                                                                                                     | 3244                      | 4104,5                   | 5013,6                   |

Джерело: розроблено авторами

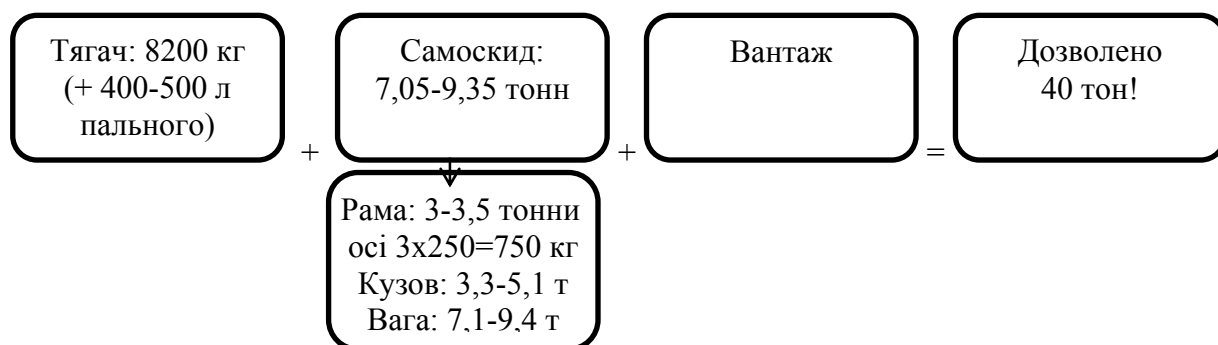


Рисунок 7 – Розрахунок маси завантаженого зернового

Джерело: розроблено авторами



Рисунок 8 – Схема розміщення швелерів на CAD - моделі кузова  
Джерело: розроблено авторами

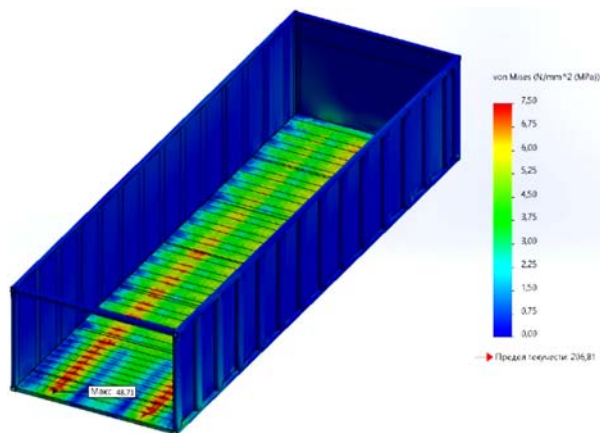


Рисунок 9 – Статичне напруження, що діє на швелер ( $t_{шв}=3$  мм,  $t_{л.дн}=3$ ,  $\sigma_T=206,8$  МПа)  
Джерело: розроблено авторами

Враховуючи проведені дослідження можна провести короткий техніко-економічних підрахунок ефективності використання КНВА виконаних із товщиною листів стінки борта розміром 3 мм у порівнянні з класичними бортами (5 мм). Розрахунки проведемо виходячи з цінової політики до початку війни в Україні станом на 23.02.2022 р. Для цього використаємо наступні вихідні дані транспортного розрахунку зернового із стандартним кузовом габаритами  $2,5 \times 8 \times 1,8$  ( $36 \text{ м}^3$ ).

Розхід палива:

1. Пустого – 27-28 л/100 км (з КНВА).
2. Завантаженого на значних відстанях - 35-36 л/100 км.
3. Завантаженого на коротких відстанях - 45-50 л/100 км.

Середня вартість ДП на кінець травня 2022 р. в Україні становить 70 грн. (проходить значне коливання відпускних цін на автомобільне паливо).

Якщо прийняти, що середній пробіг фури (зернового) протягом дня становить 300 км, а при середній кількості робочих днів на рік 250, то її середній річний пробіг становить 75 тис. км/рік.

Якщо враховувати, що максимальне значення максимально завантаженої і заправленої фури становить 40 тонн, а її вага з КНВА становить 15,75 тонн при товщині стінки бортів 3 мм і 18,05 тонн при товщині 5 мм, то різниця у можливості збільшення завантаження (зменшення ваги самої фури за рахунок зменшення ваги КНВА) становить 2,3 тонни. Тобто фура (зерновоз) може збільшити завантаженість з 22 тонн до 24,3 тонни.

Враховуючи те, що різниця у витратах пального при переміщенні фури (зернового) у завантаженому стані (на значні відстані) та у незавантаженому стані становить 8 л/100 км, то пропорційно можна визначити витрати ДП на розмір зменшення ваги КНВА (2,3 тонни):

$$Z_{ДП} = 8 \cdot 2,3 / 22 = 0,84 \text{ л/100 км.}$$

Тоді річна економія ДП за рахунок зменшення ваги фури (зернового) становитиме:

$$E_{PI} = 70 \cdot 0,84 \cdot 75000 / 100 = 44100 \text{ грн.}$$

Річна економія коштів за рахунок використання бортів товщиною стінки 3 мм у порівнянні з 5 мм (з врахуванням середньої вартості тонни листового металу на кінець травня 2022 р. [<http://www.rost.te.ua/products/mataloprokat.htm>]) та з врахуванням тривалості амортизації КНВА (група 5 основних засобів [<https://news.dtki.ua/taxation/profits-tax/65634>] – транспортні засоби (мінімально допустимі строки корисного використання – 5 років)) становитиме:

$$E_{p2} = 1,7696 \cdot 47400 / 5 \approx 16800 \text{ грн.}$$

Загальна річна економія коштів за рахунок вдосконалення конструкції КНВА становитиме:

$$E_p = 44100 + 16800 \approx 60900 \text{ грн.}$$

Якщо враховувати мінімальний термін експлуатації КНВА 5 років, то сума економія коштів за рахунок вдосконалення конструкції КНВА із стандартним кузовом габаритами  $2,5 \times 8 \times 1,8$  ( $36 \text{ м}^3$ ) приблизно складе 304,5 тис. грн. Це доводить ефективність розроблення інженерних рішень з удосконалення конструкцій кузовів напівпричепів вантажних автомобілів.

**Висновки.** Проведено синтез кузовів напівпричепів вантажних автомобілів методом морфологічного аналізу з використанням ієрархічного групування і отримано прогресивні інженерні рішення по створенню конструкцій з покращеними техніко-економічними характеристиками. В результаті проведеного дослідження встановлено, що то сума економія коштів за рахунок вдосконалення конструкції кузовів напівпричепів вантажних автомобілів із стандартним кузовом габаритами  $2,5 \times 8 \times 1,8$  ( $36 \text{ м}^3$ ) приблизно складе 304,5 тис. грн.

## Список літератури

1. Альтшуллер Г. С. Найти идею. Введение в теорию решения изобретательских задач. Новосибирск : Наука, 1986. 209 с.
2. Андрейчиков А. В. Интеллектуальный метод синтеза технологических инноваций. *Известия вузов. Сер. Машиностроение*. 2003. №10. С. 47-62.
3. Кіндрацький Б. І. Концепція і алгоритм багатокритеріального структурно-параметричного синтезу машинобудівних конструкцій. *Вісник ТДТУ*. 2003. Т. 8. № 1. С. 73–82.
4. Кузнецов Ю. М., Скляр Р. А. Прогнозування розвитку технічних систем / під заг. ред. Ю. М. Кузнецова. К. : ТОВ «ЗМОК». ПП «ГНОЗИС», 2004. 323 с.
5. 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*. 2021. № 1 (24). С. 93-103.
6. Одрин В. М., Картавов С. С. Морфологический анализ систем: Построение морфологических матриц. К. : Наукова думка, 1977. 183 с.
7. Половинкин А. И. Основы инженерного творчества: учеб. пособие для студентов вузов. М. : Машиностроение, 1988. 368 с.
8. Рогатинський Р.М., Гевко І.Б., Дячун. А.Є. Науково-прикладні основи створення гвинтових транспортно-технологічних механізмів: монографія. Тернопіль: ТНТУ імені Івана Пулюя, 2014. 280 с.

## References

1. Altshuller, H. S. (1986). *Naity ydeiu. Vvedeniye v teoriyu resheniya yzobretatelskykh zadach* [Find an idea. Introduction to the theory of inventive problem solving]. Novosybyrsk : Nauka [in Russian].



2. Andreichykov, A.V. (2003). Yntellektualnyi metod synteza tekhnolohycheskykh ynnovatsyi [Intelligent Method for Synthesizing Technological Innovations]. *Yzvestiya vuzov. Ser. Mashynostroenye – Izvestiya vuzov. Ser. mechanical engineering*. 10, 47-62 [in Russian].
3. Kindratskyi, B.I. (2003). Kontseptsii i alhorytm bahatokryterialnoho strukturno-parametrychnoho syntezy mashynobudivnykh konstrukttsii [Concept and algorithm of rich-criteria structural-parametric synthesis of machine-building structures]. *Visnyk TDTU – Bulletin of TDTU*, Vol. 8, 1, 73–82 [in Ukrainian].
4. Kuznetsov, Yu.M. & Skliarov, R.A. (2004). *Prohnozuvannia rozvytku tekhnichnykh system* [Forecasting the development of technical systems]. Yu.M. Kuznetsova (Ed.). Kyiv : TOV «ZMOK». – PP «HNOZIS» [in Ukrainian].
5. Liashuk, O.L., Hevko, I.B., Levkovych, M.H., Vovk, Yu.Ya., Stashkiv, M.Ya. & Kapskyi, D.V. (2021). Doslidzhennia napruzhenno-deformovanoho stanu dna kuzova napivprychepa vantazhnoho avtomobilia [Doslidzhennia stressed-deformed steel bottom of the body napivprichepa vantage avtomobilya]. *Naukovyi visnyk Khersonskoi derzhavnoi morskoi akademii : naukovyi zhurnal – Scientific Bulletin of the Kherson State Maritime Academy : journal of science*, 1 (24), 93-103 [in Ukrainian].
6. Odryn, V.M. & Kartavov, S.S. (1977). *Morfolohycheskyi analiz system: Postroenye morfolohycheskykh matryts* [Morphological analysis of systems: Construction of morphological matrices]. Kyiv : Naukova dumka [in Russian].
7. Polovynkyn, A.Y. (1988). *Osnovy inzhenerenogo tvorchestva* [Fundamentals of engineering creativity]. Moscow : Mashynostroenye [in Russian].
8. Rohatynskyi, R.M., Hevko, I.B. & Diachun, A.Ie. (2014). *Naukovo-prykladni osnovy stvorennia hvyntovykh transportno-tekhnolohichnykh mekhanizmiv* [Scientific and applied foundations for the creation of screw transport and technological mechanisms]. Ternopil: TNTU imeni Ivana Puliuia [in Ukrainian].

**Ivan Hevko**, Prof., DSc., **Roman Rohatynsky**, Prof., DSc., **Oleg Lyashuk**, Prof., DSc., **Mikhajlo Levkovich**, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Volodymyr Teslia**, PhD tech. sci.  
*Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ternopil, Ukraine*

### **Structural Synthesis of Brake Systems With Technical and Economic Rationale**

The purpose of the work is to synthesize the bodies of truck semi-trailers by the method of morphological analysis using hierarchical grouping to obtain structures with improved technical and economic characteristics.

As a result of the synthesis of truck semi-trailer bodies by morphological analysis using hierarchical grouping and advanced engineering solutions for creating structures with improved technical and economic characteristics by analyzing the influence of various factors on design features. The data of the research are based on the stress - strain state (VAT) of the Simulation engineering analysis of the specialized software complex SolidWorks on the CAD model of the body of the truck semi - trailer.

As a result of the conducted research, it was established that the amount of cost savings due to the improvement of the construction of semi-trailer bodies of trucks with standard body dimensions of 2.5×8×1.8 (36 m<sup>3</sup>) will be approximately UAH 304.5 thousand.

**synthesis, body, board, structure, stiffener**

*Одержано (Received) 10.05.2022*

*Прорецензовано (Reviewed) 19.05.2022*

*Прийнято до друку (Approved) 30.05.2022*