

DOI: <https://doi.org/10.37129/2313-7509.2020.13.1.113-121>

УДК 623.4

**В.Т. Беліков**, к.т.н., доц.**С.С. Ковалішин****В.Н. Цуканов**, к.т.н., доц.**О.П. Лісовий***Військова академія (м. Одеса), Україна*

## **СТРУКТУРНО-МОДУЛЬНЕ КОНСТРУЮВАННЯ ОПОРНИХ КАРКАСІВ АВТОНОМНИХ БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНИХ РОБОТИЗОВАНИХ ПЛАТФОРМ ДЛЯ СКРИТНОГО ВЕДЕННЯ БОЙОВИХ І СПЕЦІАЛЬНИХ ОПЕРАЦІЙ**

*У статті запропоновані структурно-модульні принципи конструктивних особливостей побудови опорних каркасів автономних багатофункціональних роботизованих платформ для скритного ведення бойових і спеціальних операцій. Показано, що трубчасті каркаси зазначених платформ доцільно проектувати на основі модульних принципів побудови не тільки окремих початкових технічних агрегатів для збірних об'єктів, а й самих зазначених об'єктів в цілому. Застосування методів математичної теорії симетрії, принципів пропорції «золотого перетину» і рядів переважних чисел дає можливість проведення розрахункової уніфікації для зменшення кількості вихідних функціональних блоків-модулів з метою зниження як вартості самих об'єктів, так і експлуатаційних витрат.*

**Ключові слова:** модульні багатофункціональні транспортні платформи, структурно-модульне конструювання, модулі нульового рівня, чарунки каркаса, замки каркаса, пропорція, золотий перетин, переважні числа, труби круглі та прямокутні.

### **Постановка проблеми**

Проведений аналіз світового досвіду розвитку і застосування інноваційних технологій в процесі створення перспективних високотехнологічних наземних роботизованих комплексів (НРК) військового призначення свідчить, що однією з найбільш пристосованих для цих цілей конструктивно-технологічних інновацій є впровадження модульно-каркасних методів конструювання багатофункціональних платформ автономного руху.

### **Аналіз останніх досліджень і публікацій**

Вперше лінійка багатофункціональних платформ на гусеничному ході Ripsaw, розроблена на основі трубчастого каркаса була створена фірмою Howe & Howe (США) і пройшла встановлений етап натурних випробувань. При цьому ряд зазначених конструкцій, відповідно до вимог військових, був обладнаний опціональними функціональними блоками-модулями робочих місць для розміщення зовнішнього оператора. Дані роботи продемонстрували хороші перспективи прийняття більшості зразків такої військової техніки на озброєння армії США [1, 2, 3].

Принциповою основою всіх зазначених вище дистанційно керованих бойових роботизованих гусеничних машин компанії Howe & Howe є застосування у ролі основного конструктивного елемента жорсткого трубчастого каркаса. Слід зазначити, що каркаси всіх без винятку роботизованих гусеничних НРК Ripsaw не є модульними конструкціями, а являють собою жорсткі нерозбірні агрегати, виготовлені з відрізків сталевих труб круглого профілю за допомогою зварювальних технологій. Однак, саме на основі таких жорстких зварних каркасів в США створені нові бойові роботи Ripsaw, придатні, як вказують їх потенційні споживачі, для застосування у війнах нового покоління [4].

На підставі висновків військово-технічної експертизи американські консорціуми Textron / Howe & Howe і QinetiQ North America / Pratt & Miller, і фірми HDT Global і Oshkosh до кінця другого кварталу 2020 фінансового року США отримають контракти на створення і поставку чотирьох прототипів роботів для їх випробувань і оцінки.

При цьому слід зазначити, що ще 2015 року Пентагон оприлюднив своє бачення військових конфліктів майбутнього. На думку військових, сучасні міста мають тенденцію до швидкого розростання, так що в найближчі пару десятків років більша частина населення планети буде жити в межах міста. Це означає, що військові конфлікти будуть вестися переважно в умовах міської забудови, коли загрози нападу слід очікувати буквально з усіх боків. Одну з провідних ролей в таких війнах гратимуть роботи; завдяки їх використанню можна буде уникнути втрат особового складу.

Командування Армії США планує організувати поставки легких, середніх і важких бойових роботів у війська до 2028 року. Так, на базі показаного консорціумом Textron / Howe & Howe середнього гусеничного бойового робота RCV Ripsaw M5 буде створена легка роботизована версія, здатна нести озброєння і розвідувальні системи масою до 454 кілограмів. Середня версія RCV Ripsaw M5 масою до 10 тонн буде нести бойове навантаження масою до 2,7 тонни. RCV Ripsaw M5 озброєний гарматою калібру 30 міліметрів. Робот оснащений оптико-електронною системою і тепловізором. Розробники повідомили, що машина здатна в автоматичному режимі виявляти і класифікувати цілі і вести їх обстріл по команді оператора. Робот може розвивати швидкість до 105 кілометрів на годину. Важка версія бойового гусеничного робота масою до 20 тонн буде створена також на основі RCV Ripsaw.

Однак, незважаючи на те, що модульна структура лінійки бойових роботів-танків Ripsaw забезпечує легкість і дешевизну ремонту, при цьому в них продовжують використовуватися жорсткі нероз'ємні трубчасті каркаси, виготовлені з відрізків сталевих труб круглого профілю за допомогою зварювальних технологій.

### **Постановка завдання. Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми**

Перехід до модульно-каркасного способу конструювання платформ НРК був розроблений і запропонований науковцями науково-дослідної лабораторії (інноваційних технологій і роботизованих комплексів) наукового Центру Військової академії (м. Одеса) та Центрального науково-дослідного інституту озброєння та військової техніки МО України (м. Київ) 2019-2020 років.

Основні принципи, покладені в основу цього нового перспективного структурно-технологічного методу конструювання головних елементів багатофункціональних рухомих наземних військових роботизованих агрегатів і установок, які спеціально призначені для проведення надійного скритного само- і дистанційно керованого транспортування особового складу, військових вантажів і устаткування з метою забезпечення максимального рівня ефективного функціонування військових підрозділів на всіх стадіях їх участі в бойових діях, базуються на наступному.

Каркасно-модульне проектування основних функціональних блоків-модулів зазначеної вище наземної бойової роботизованої техніки, що представляє собою одну з методик структурно-технологічного конструювання складних технічних об'єктів, побудовано на двох фундаментальних теоретичних обґрунтуваннях, а саме, – принципах математичної теорії симетрії та принципі пропорції [5, 6, 7].

Відомо, що математична теорія симетрії в найзагальнішому фізичному плані зіставляє структуру об'єктів з їх фізичними властивостями. Так, з узагальнення принципу Неймана-Міннегероде-Кюрі (МНК) щодо фізичних властивостей технічних об'єктів, впливає, що групи симетрії останніх визначають групи симетрії їх фізичних властивостей [5, 6].

Принцип пропорції, який розуміється в даному випадку, як рівна, однакова, однорідна зміна мірності, свідчить про динаміку структурних змін досліджуваних тут технічних об'єктів в особі агрегатів наземної бойової роботизованої техніки [7].

Суттєвим доповненням до двох зазначених вище принципів моментів є використання приписів Державного стандарту ГОСТ 8032-84 – Переважні числа і ряди переважних чисел.

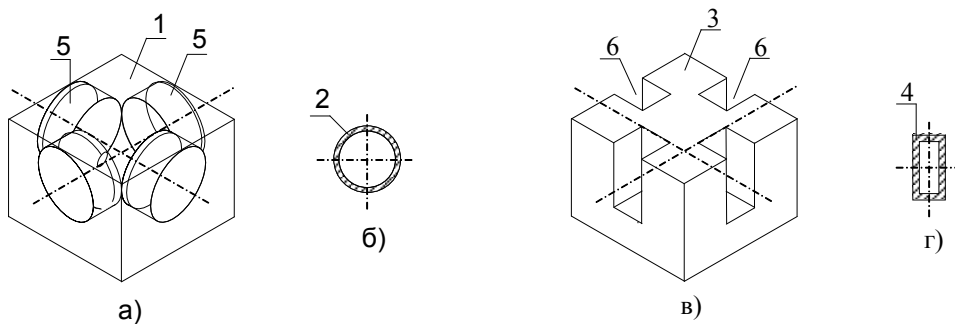
Відповідно до ГОСТ 8032-84 співвідношення між основними модульними лінійними розмірами, довжиною  $L_{пл}$  і шириною  $B_{пл}$  досліджуваного головного функціонального блоку-модулю платформ багатфункціональних рухомих наземних військових роботизованих агрегатів і установок – верхнього плоского елемента, вибрано на основі принципу «золотого перетину» («золотої пропорції»), тобто

$$\frac{L_{пл}}{B_{пл}} = 1,618. \quad (1)$$

Висока механічна жорсткість цього конструктивного агрегату забезпечена завдяки застосуванню одно- або двоплощинного модульного трубчастого каркаса, конструкція якого спільно розроблена науковими співробітниками Військової академії (м. Одеса) та ЦНДІ ОВТ (м. Київ).

### Виклад основного матеріалу дослідження

Функціональними блоками-модулями нижчого, нульового рівня тут є мірні відрізки прецизійних міцних тонкостінних металевих або композитних труб круглого або прямокутного профілю (перетину) 2 і 4, і замкові елементи 1 і 3 у вигляді квадратних або прямокутних паралелепіпедів, що вказано на рис. 1. Трубчасті елементи як круглого, так і прямокутного перетинів виконані в двох типорозмірах, відносини довжин яких повинні повністю відповідати формулі (1).

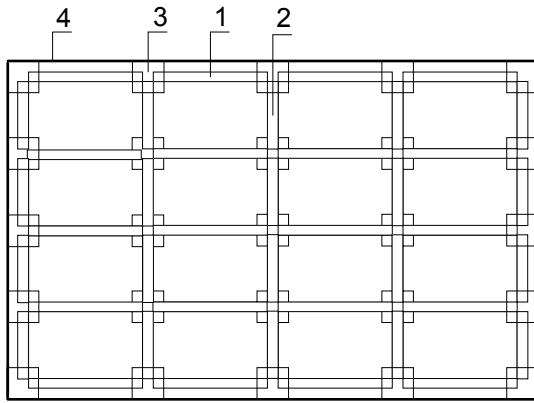


*а) замковий елемент для труб круглого перетину; б) поперечний перетин круглої труби;  
в) замковий елемент для труб прямокутного перетину; г) поперечний перетин прямокутної труби*

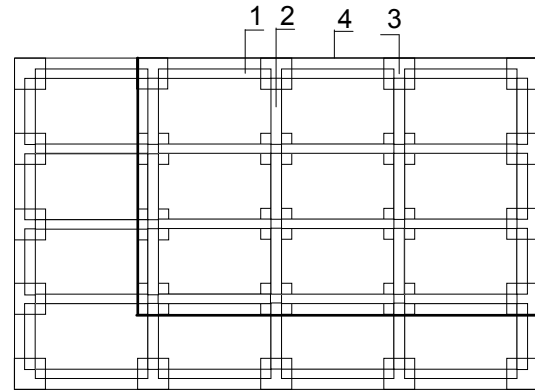
**Рис. 1. Функціональні блоки-модулі замкових елементів і перетину трубчастих функціональних блоків-модулів нульового рівня**

На рис. 2 показаний модульний каркас платформи максимального габариту з 16-ма вихідними елементарними платформами, а на рис. 3-5 представлені приклади конфігурацій трубчастих каркасів, виконаних у вигляді ряду трьох ступенів подібних платформ, що отримані шляхом подібного зменшення максимального габариту, що зображений на рис. 2.

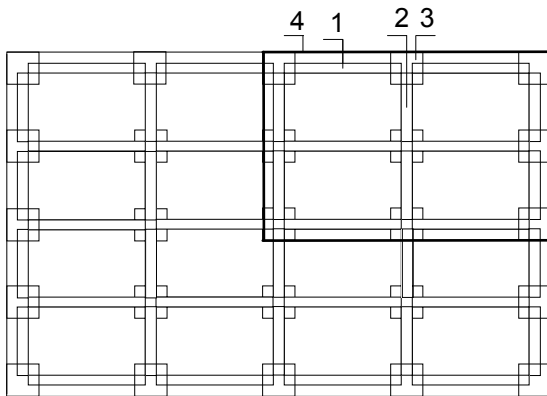
На кожному з рис. 2, 3, 4 і 5 обидва кінці всіх поздовжніх трубчастих функціональних блоків-модулів 1 нульового рівня круглого або прямокутного перетину в процесі монтажу каркасу верхньої горизонтальної площадки платформи закріплені в порожнинах 5 і 6 (див. рис. 1) корпусів замків 1 або 3.



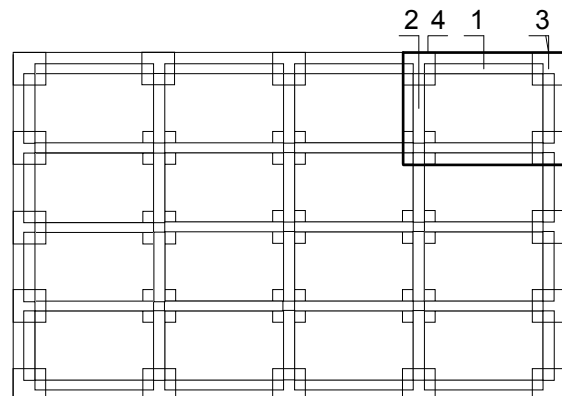
**Рис. 2. Модульний каркас платформи максимального габариту (16 вихідних елементарних платформ)**



**Рис. 3. Модульний каркас платформи при подібному зменшенні першого ступеня (9 вихідних елементарних платформ)**



**Рис. 4. Модульний каркас платформи при подібному зменшенні другого ступеня (4 вихідних елементарних платформи)**



**Рис. 5. Модульний каркас платформи при подібному зменшенні третього ступеня (1 вихідна елементарна платформа)**

Відповідно, у перпендикулярних до них порожнинах 5 і 6 закріплені всі кінці поперечних трубчастих функціональних блоків-модулів 2 нульового рівня круглого або прямокутного перетину. Після фіксації всіх замків 3 каркаса на верхньому листі 4 платформи, який є функціональним блоком-модулем першого рівня, каркас стає максимально жорстким функціональним блоком-модулем другого рівня, здатним нести не тільки розрахункові навантаження по масі, але і витримувати високий рівень бойових динамічних перевантажень.

Порівняльна кількісна оцінка головних механічних характеристик трубчастих каркасів з металевими або композитними трубами кільцевого і прямокутного профілів полягає в розрахунку їх повних мас, моментів інерції і моментів опору згину профілів трубчастих елементів. З цією метою на першому етапі розрахунків виконані розрахунки площ поперечного перетину зазначених профілів для заданих розмірів їх габаритів, а також моментів інерції і моментів опору згину профілів трубчастих елементів щодо їх центральних координатних осей  $X$  і  $Y$ .

Для забезпечення сумісності критеріїв кількісне порівняння проведено із завданням зовнішнього діаметра кільцевого профілю значенням, рівним 30 мм, і максимального габариту – довжини прямокутного профілю, яка так само дорівнює 30 мм за його ширини 15 мм.

Труба круглого профілю.

Розрахунок площі, моменту інерції, моменту опору згину труби кільцевого перетину

Зовнішній діаметр труби  $d = 30$  см.

Товщина стінки  $s = 2 \dots 4$  мм.

Площа кільцевого перетину труби

$$F = \frac{\pi}{4} (d^2 - d_1^2). \quad (2)$$

Осьові моменти інерції щодо центральних осей кільцевого перетину труби

$$J_X = \frac{\pi}{64} (d^4 - d_1^4), \quad J_Y = J_X. \quad (3)$$

Моменти опору згину кільцевого перетину труби щодо його центральних осей

$$W_X = 2 \frac{J_X}{d}, \quad W_Y = W_X. \quad (4)$$

Всі результати відповідних розрахунків наведені у табл. 1.

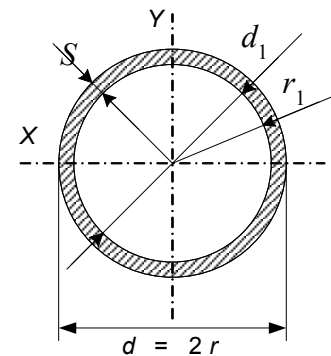


Рис. 6. Круглий профіль труби з показом центральних осей

Таблиця 1

Результати розрахунку площі, моменту інерції, моменту опору згину труби кільцевого перетину

Зовнішній діаметр $d$ перетину, мм	Товщина $s$ стінки, мм	Площа $F$ перетину, мм <sup>2</sup>	Момент $J_X$ інерції щодо осі $X$ , мм <sup>4</sup>	Момент $J_Y$ інерції щодо осі $Y$ , мм <sup>4</sup>	Момент $W_X$ опору згину щодо осі $X$ , мм <sup>3</sup>	Момент $W_Y$ опору згину щодо осі $Y$ , мм <sup>3</sup>
30	2,0	175,8	17329,0	17329,0	1155,3	1155,3
30	3,0	254,3	23474,8	23474,8	1565,0	1565,0
30	4,0	326,6	28261,8	28261,8	1884,1	1884,1

Прямокутна труба.

Розрахунок площі, моменту інерції, моменту опору згину

Ширина прямокутника  $b = 15$  мм.

Висота прямокутника  $h = 30$  мм.

Товщина вертикальної стінки  $s_{b_1} = 2 \dots 3$  мм.

Товщина горизонтальної стінки  $s_{h_1} = 2 \dots 3$  мм.

Площа перетину порожнистого прямокутника

$$F = bh - b_1 h_1. \quad (5)$$

Осьові моменти інерції щодо центральних осей порожнистого прямокутника

$$J_X = \frac{bh^3 - b_1 h_1^3}{12}, \quad J_Y = \frac{hb^3 - h_1 b_1^3}{12}. \quad (6)$$

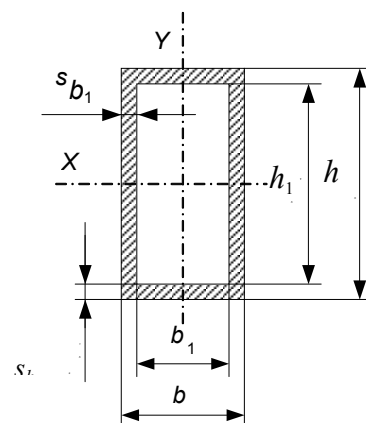


Рис. 7. Прямокутний профіль труби з показом центральних осей

Моменти опору згину порожнистого прямокутника щодо його центральних осей

$$W_X = \frac{bh^3 - b_1 h_1^3}{6h}, \quad W_Y = \frac{hb^3 - h_1 b_1^3}{6b}. \quad (7)$$

Всі результати відповідних розрахунків наведені у табл. 2.

Таблиця 2

**Результати розрахунку площі, моменту інерції, моменту опору згину труби  
прямокутного перетину**

Висота $h$ перетину, мм	Ширина $b$ перетину, мм	Товщина $s_{b_1}$ стінки по осі $X$ , мм	Товщина $s_{h_1}$ стінки по осі $Y$ , мм	Площа $F$ перетину, мм <sup>2</sup>	Момент $J_X$ інерції щодо осі $X$ , мм <sup>4</sup>	Момент $J_Y$ інерції щодо осі $Y$ , мм <sup>4</sup>	Момент $W_X$ опору згину щодо осі $X$ , мм <sup>3</sup>	Момент $W_Y$ опору згину щодо осі $Y$ , мм <sup>3</sup>
30	15	2,0	2,0	164	17638	5554	1175,9	740,5
30	15	3,0	3,0	234	23382	6980	1588,8	930,6

Очевидно, що основною механічною характеристикою функціонального блоку-модуля першого рівня, тобто власне каркасного агрегату платформи, є величина моменту  $W_X$  опору згину профілів перетину круглої і прямокутної труби щодо осі  $X$ .

Якщо позначити величиною  $K_{пр}$  коефіцієнт порівняння моментів  $W_X$  прямокутного і кільцевого профілів труб каркаса за однакової товщини стінок кожного з профілів, то його величина  $K_{пр}$  дорівнюватиме 1,02 та 1,015 за товщини  $s$  2 і 3 мм, відповідно.

Кількісне порівняння модульно-каркасних платформ проведено нижче на основі розрахунку сумарних мас каркасів з трубами кільцевого і порожнистого прямокутного профілів для платформи, конфігурація якої представлена на рис. 2.

Товщина стінки обох профілів прийнята однаковою та дорівнює 2,0 мм.

На рис. 8, а) і б) надані всі необхідні для розрахунку розміри замків двох конструкції, – для кільцевого і прямокутного порожнистого профілів труб каркасів, відповідно.

Згідно з розрахунком, трубчасті функціональні блоки-модулі нульового рівня з кільцевим профілем, що паралельні координатним осям  $X$  і  $Y$ , запропоновано виконати у вигляді відрізків прецизійних сталевих труб діаметром 30 мм з довжинами  $l_X = 450$  мм,  $l_Y = 270$  мм.

Порожнисті труби прямокутного перетину також виконано у вигляді відрізків прецизійних сталевих труб висотою 30 мм и шириною 16 мм.

Їх розміри у напрямках тих же самих координатних осей  $X$  и  $Y$  мають довжини  $l_X = 465$  мм;  $l_Y = 285$  мм.

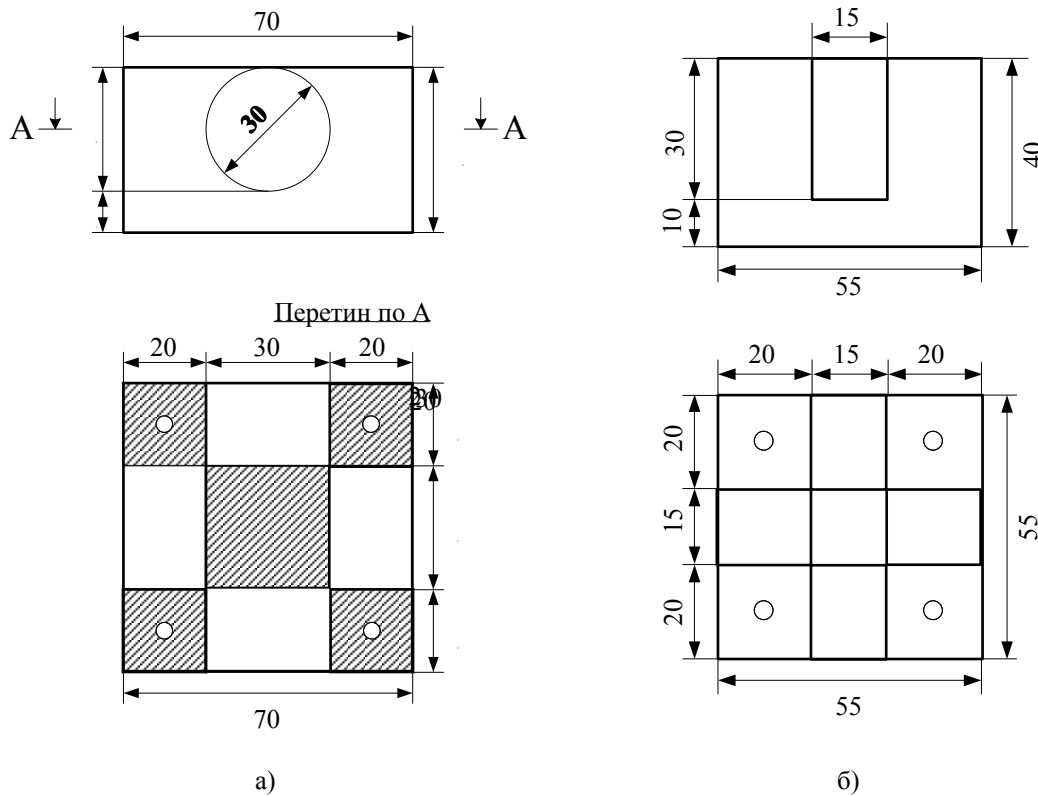
Визначення основних габаритних розмірів каркасів з урахуванням розмірів замків проведено відповідно до наступних формул.

Загальна довжина  $L_{кл}$  трубчастого каркасу з трубами кільцевого профілю

$$L_{кл} = L_{кл X} = 4l_X + 5d + 40 = 1800 + 150 + 40 = 1990 \text{ мм}. \quad (8)$$

Загальна ширина  $B_{кл}$  трубчастого каркасу з трубами кільцевого профілю

$$B_{кл} = L_{кл Y} = 4l_Y + 5d + 40 = 1080 + 150 + 40 = 1270 \text{ мм}. \quad (9)$$



**Рис. 8. Конструкції замків для модульних трубчастих каркасів:**  
**а) каркас з круглими трубами кільцевого профілю; б) каркас з прямокутними трубами**

Коефіцієнт  $K_{\text{кл}}$  відношення довжини  $L_{\text{кл}}$  до ширини  $B_{\text{кл}}$  дорівнює

$$K_{\text{кл}} = \frac{L_{\text{кл}}}{B_{\text{кл}}} = \frac{1990}{1270} = 1,57 \quad (10)$$

Загальна довжина  $L_{\text{пр}}$  трубчастого каркасу з трубами порожнистого прямокутного профілю

$$L_{\text{пр}} = L_{\text{пр}X} = 4l_X + 5b + 40 = 1860 + 80 + 40 = 1980 \text{ мм} . \quad (11)$$

Загальна ширина  $B_{\text{пр}}$  трубчастого каркасу з трубами порожнистого прямокутного профілю

$$B_{\text{пр}} = L_{\text{пр}Y} = 4l_Y + 5d + 40 = 1140 + 80 + 40 = 1260 \text{ мм} . \quad (12)$$

Коефіцієнт  $K_{\text{пр}}$  відношення довжини  $L_{\text{пр}}$  до ширини  $B_{\text{пр}}$  дорівнює

$$K_{\text{пр}} = \frac{L_{\text{пр}}}{B_{\text{пр}}} = \frac{1980}{1260} = 1,57 \quad (13)$$

Остаточний висновок за результатами порівняння обох трубчастих каркасів отриманий на основі розрахунків їх сумарних мас.

Для цього необхідно, насамперед, отримати дані про такий питомий показник, як маса  $g_{\text{пм}}$  погонного метра кожного з порівнюваних сталевих трубчастих профілів. Виходячи з даних табл. 1, 2, де наведені значення площ їх поперечних перетинів, отримаємо для круглої труби кільцевого профілю

$$g_{\text{пм кл}} = F_{\text{кл}} g_{\text{Fe}} = 1,758 \times 7,8 \times 0,1 = 1,37 \text{ кг/пм} . \quad (14)$$

Для порожнистої труби прямокутного профілю

$$g_{\text{пм пр}} = F_{\text{пр}} g_{\text{Fe}} = 1,680 \times 7,8 \times 0,1 = 1,31 \text{ кг/пм} . \quad (15)$$

Сумарна маса  $G_{\text{тр}}$  всіх відрізків прецизійних сталевих труб кожного з двох порівнюваних каркасів розрахована відповідно до конструктивної схеми рис. 2, з якої випливає, що в них використано по 20 труб довжиною  $l_X$  і 20 труб довжиною  $l_Y$ .

Таким чином розрахункові формули приймуть вигляд:

$$G_{\text{тр кл}} = 20 (l_{\text{кл } X} + l_{\text{кл } Y}) g_{\text{пм кл}} = 20 (0,45 + 0,27) 1,37 = 19,73 \text{ кг}; \quad (16)$$

$$G_{\text{тр пр}} = 20 (l_{\text{пр } X} + l_{\text{пр } Y}) g_{\text{пм пр}} = 20 (0,465 + 0,285) 1,31 = 19,65 \text{ кг}. \quad (17)$$

У кожному каркасі використано по 25 сталевих замків, усі розміри яких показані на рис. 8. Згідно з розрахунками, що було виконано, маса кожного з них дорівнює

$$G_{\text{зм кл}} = 1,088 \text{ кг}; \quad G_{\text{зм пр}} = 0,663 \text{ кг}. \quad (18)$$

Таким чином, сумарні маси кожного з каркасів дорівнюють

$$G_{\Sigma \text{ кл}} = G_{\text{тр кл}} + 25 G_{\text{зм кл}} = 19,73 + 25 \times 1,088 = 47 \text{ кг}; \quad (19)$$

$$G_{\Sigma \text{ пр}} = G_{\text{тр пр}} + 25 G_{\text{зм пр}} = 19,65 + 25 \times 0,663 = 36 \text{ кг}.$$

### Висновки

1. На основі проведеного аналізу і виконання розрахункових досліджень показано, що на сучасному етапі розробки і практичного застосування автономних багатофункціональних модульних платформ наземних роботів для скритного ведення бойових і спеціальних операцій доцільно використовувати сітчасто-вузлові каркаси з прецизійними трубчастими порожнистими стрижнями круглої і прямокутної форм.

2. Результати розрахунків переконливо свідчать про те, що з точки зору витрат матеріалів маса модульного каркаса, заснованого на застосуванні труб прямокутного профілю з відповідними замками, в 1,3 рази менше маси каркаса з круглими трубами кільцевого профілю при одночасному збільшенні моменту опору згину в 1,02 рази.

### Список використаних джерел

1. *Американцы создали трижды беспилотный танк [Електронний ресурс]. Режим доступу: [www.popmech.ru](http://www.popmech.ru) › weapon › news-514442-amerikancy-sozdali-trizh...*
2. *Ripsaw M5 – роботанк от Textron Systems - Хайтек+*
3. *Армия США к 2028 году массово будет использовать боевые роботы [Електронний ресурс]. Режим доступу: [www.trust.ua](http://www.trust.ua) › news › 177695-armia-ssa-k-2028-godu-massovo-bud...*
4. *Создан самый большой в мире экзоскелет для человека [Електронний ресурс]. Режим доступу: [www.ferra.ru](http://www.ferra.ru) › news › techlife › sozdan-samyi-bolshoi-v-mire-ekzosk...*
5. *Шубников А.В., Копцик В.А. Симметрия в науке и искусстве. – Москва. «Наука». 1972. – 340 с.*
6. *Шаскольская М.П. Кристаллография. – Москва. «Высшая школа». 1984. – 376 с.*
7. *Шевелев И.Ш. Принцип пропорции. – Москва. «Стройиздат». 1986. – 200 с.*
8. *Предпочтительные числа и ряды предпочтительных чисел. ГОСТ 8032-84. Статус – действующий. Актуализация текста – 2015. Актуализация описания – 2019.*

**Рецензент:** Скачков В.В., д.т.н., професор, Військова академія (м. Одеса)



**СТРУКТУРНО-МОДУЛЬНОЕ КОНСТРУИРОВАНИЕ  
ОПОРНЫХ КАРКАСОВ АВТОНОМНЫХ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ  
РОБОТИЗИРОВАННЫХ ПЛАТФОРМ ДЛЯ СКРЫТОГО ПРОВЕДЕНИЯ  
БОЕВЫХ И СПЕЦИАЛЬНЫХ ОПЕРАЦИЙ**

В. Беликов, С. Ковалишин, В. Цуканов, О. Лисовой

*В статье предложены структурно-модульные принципы конструктивных особенностей построения опорных каркасов автономных многофункциональных роботизированных платформ для скрытого ведения боевых и специальных операций. Показано, что трубчатые каркасы таких платформ целесообразно проектировать на основе модульных принципов построения не только отдельных начальных технических агрегатов для сборных объектов, а и самих объектов в целом. Применение методов математической теории симметрии, принципов пропорции «золотого сечения» и рядов предпочтительных чисел дает возможность проведения расчетной унификации для уменьшения количества выходных функциональных блоков-модулей с целью снижения как стоимости самих объектов, так и эксплуатационных затрат.*

**Ключевые слова:** модульные многофункциональные транспортные платформы, структурно-модульное конструирование, модули нулевого уровня, ячейки каркаса, замки каркаса, пропорция, золотое сечение, предпочтительные числа, трубы круглые и прямоугольные.

**STRUCTURAL AND MODULAR DESIGNING OF SUPPORTING FRAMEWORKS OF  
AUTONOMOUS MULTIFUNCTIONAL ROBOTIC PLATFORMS FOR COVER COMBAT AND  
SPECIAL OPERATIONS**

V. Belikov, S. Kovalishyn, V. Tsukanov, O. Lisovy

*Analysis of world development and use of innovative technologies in the process of creation of perspective high-technology of military ground robotic complexes demonstrates that one of the most adapted purpose of constructive and technological innovation is the implementation of modular and framework methods of autonomous multifunctional platforms construction.*

*For the first time, Howe & Howe Company (USA) created the set of Ripsaw tracked multifunctional platforms on the basis of tubular frameworks, which was tested in situ. Besides, these constructions were equipped with optional functional blocks-modules of working places to place outside operator according to military requirements.*

*The principal basis for all above mentioned remote controlled combat robotic tracked vehicles by Howe & Howe Company is the use of rigid tubular frameworks as the main constructive element. It should be mentioned that the frameworks of all Ripsaw tracked ground robotic complexes are not the modular constructions, but they are the rigid non-fragmenting aggregates, made from the segments of steel pipes of a round profile using welding technology. However, new Ripsaw combat robots adapted to use in new generation wars (according to the potential consumers) were created in the USA on the basis of such rigid welded frames.*

*This article proposes the structural and modular principles of design features of supporting frameworks of autonomous multifunctional robotic platforms for cover combat and special operations. It is showed that the tubular frameworks of such platforms should be designed on the basis of modular principles of not only initial technical aggregates for modular objects, and the very objects as a whole. The use of methods of mathematical theory of symmetry, principles of golden ratio proportion and preferable numbers give the opportunity to conduct a calculated unification for decreasing the numbers of output functional blocks-modules in order to reduce as the objects' cost and the operational costs.*

**Keywords:** modular multifunctional transport platforms, structural and modular designing, zero modules, framework cells, framework locks, proportion, golden ratio, preferable numbers, round and rectangular tubes.