

Чугай Н. М., аспірантка кафедри дизайну

Литовченко В. В., викладач кафедри
автомобілів та технологій їх експлуатації

Черкаський державний технологічний
університет

ВИКОРИСТАННЯ БІОМЕХАНІЧНИХ ПРИНЦИПІВ ФОРМОУТВОРЕННЯ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ СПЕЦІАЛЬНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Анотація. В статті розглянуто використання біомеханіки в транспортному дизайні. Досліджено принципи дії систем живої природи і їх втілення в конкретних конструкціях транспортних засобів. Виявлено особливості проектування спеціальних транспортних засобів на основі біомеханічних конструкцій.

Ключові слова. Біоніка, біомеханіка, формоутворення, конструкція, спеціалізований транспортний засіб, локомоція.

Анотация. Чугай Н. Н., Литовченко В. В. Использование биомеханических принципов формообразования при проектировании специальных транспортных средств. В статье рассмотрено использование биомеханики в транспортном дизайне. Исследованы принципы действия систем живой природы и их воплощение в конкретных конструкциях транспортных средств. Выявлены особенности проектирования специальных транспортных средств на основе биомеханических конструкций.

Ключевые слова: бионика, биомеханика, формообразование, конструкция, специализированное транспортное средство, локомоция.

Annotation: Chugai N. N., Litovchenko V. V. The use of biomechanical principles of forming in the design of special vehicles. The article describes the use of bionics in transport design. Round principles of the systems of wildlife and their embodiment in concrete structures of transport vehicles. Peculiarities of design of special vehicles on the basis of biomechanical constructions.

Keywords: bionics, biomechanics, shape, design, specialized vehicle, locomotion.

Постановка проблеми. Актуальність статті зумовлена відсутністю глибоких наукових досліджень в транспортному дизайні з питань формоутворення спеціальних транспортних засобів підвищеної прохідності на основі біомеханічних конструкцій та незначною кількістю сучасних дизайнерських розробок спеціальних транспортних засобів для переміщення у важкопрохідних умовах.

Зв'язок роботи з науковими планами. Напрямок дослідження, проведеного згідно плану науково-дослідної роботи Черкаського державного технологічного університету. Робота виконана в рамках реалізації Постанови Кабінету міністрів України № 37 від 20.01.1997 р. "Про першочергові заходи щодо розвитку національної системи дизайну та ергономіки і впровадження їх досягнень у промислово-комплексі, об'єктах житлової, виробничої і соціально-культурної сфер".

Мета статті полягає в дослідженні використання біонічних форм в дизайні спеціальних транспортних засобів.

Аналіз останніх досліджень та виклад основного матеріалу.

Аналіз наукових досліджень з питань розвитку біодизайну показав, що вони були яскраво висвітлені в публікаціях вітчизняних дизайнерів: В. Я. Даниленка, В. Є. Михайленка, О. В. Кашенка, М. Д. Пригодіна та ін. Більшість досліджень в області біонічного проектування зробили зарубіжні дизайнери – Філіп Старк, Луїджі Колані, Алесандро Мендіні та ін.

Існує версія визначення поняття «біоніка»: біоніка (від грецьк. βίον – елемент життя, буквально – живий) – прикладна наука про застосування в технічних пристроях і системах принципів організації, властивостей, функцій і структур живої природи, тобто форми живої природи, та їх промислові аналоги.

Великий енциклопедичний словник трактує поняття біоніки, як науки, що вивчає особливості будови та життєдіяльності організмів для створення нових приладів, механізмів, систем і вдосконалення існуючих. Перспективні напрямки: вивчення нервової системи людини і тварин, органів чуттів, принципів навігації, орієнтації і локації, тваринами, що використовуються для вдосконалення обчислювальної техніки, розробки нових датчиків і систем виявлення і т. д.

У словнику з дизайну і ергономіки знаходимо ще одне визначення біоніки – наука, що вивчає принципи будови й функціонування живих систем для вирішення інженерних та інших проектних завдань; досягнення біоніки у дизайні спрямовані на вивчення конструктивно-морфологічних властивостей форм органічної природи і практичне застосування результатів досліджень в проектно-художній діяльності [6].

Вивчення законів природи призвело до розуміння біологічних (природних) об'єктів як еталонів високого ступеня цілісних, інтегрованих систем. Опора на біологічні прототипи і закони їх функціонування в даний час визнається одним з напрямків науково-технічного прогресу.

Надійшла до редакції 21.12.2012

Вивчення закономірності формоутворення організмів для побудови за їх подобою штучних об'єктів зазвичай однозначно відносять до області біоніки. Насправді принципи побудови біоформ, біоструктур, біофункцій з метою їх використання при створенні технічних систем або архітектурних об'єктів досліджує не одна, а кілька біофізичних наук [7].

Приступаючи до аналізу використання біонічних прийомів формоутворення в архітектурі і об'єктах дизайну, слід зазначити, що існують певні труднощі у вивченні особливостей організації природних об'єктів. Крім того, різноманітність природних форм, дає, з одного боку, необмежену можливість пошуку необхідних прийомів формоутворення в дизайн-проектванні, а з іншого боку – вимагає певної їх класифікації для більш ефективного використання особливості формоутворення природних структур в дизайні транспортних засобів. Тому, перш за все, необхідно виділити основні поняття, що лежать в основі біонічних досліджень процесу формоутворення: «природна форма», «біоформа», «форма», «структура», «функція».

Форма в технічній естетиці може бути визначена як засіб вираження внутрішнього змісту й призначення виробу через його зовнішній вигляд (стайлінг, styling).

Форма – поняття матеріальне; ряд властивостей матерії формують її зовнішню виразність. До них відносяться геометричні характеристики, орієнтація в просторі, колір, фактура, членування та ін.

Формоутворення – дисципліна, що вивчає закономірності утворення форми, принципи та методи художнього конструювання, спрямовані на створення оптимальної форми промислових виробів, які відповідають функціональним, техніко-економічним, композиційно-естетичним вимогам

В даний час відомі окремі дизайн-концепції та розробки на основі вивчення особливостей формоутворення об'єктів природи [5].

Яскравий приклад освоєння природних аналогів – творчість найекстравагантнішого і найнезвичайнішого з дизайнерів, італійця Луїджі Колані (народився в 1928 році в Берліні). Його сміливі експерименти з формою предметів, у тому числі і автомобілів, багатьма сприймаються як божевілля. Він вважає, що пластика природних об'єктів робить можливим взаємозв'язок різнохарактерних виробів один з одним, з навколишнім середовищем, утворюючи при цьому єдиний предметно-просторовий комплекс. Колані захоплюють заняття по аеродинаміці. Його ескізи транспортних засобів строго підпорядковані аеродинамічним законам, перегікаючи одна в одну, плавні форми виглядають дуже незвично для сучасників. Зразком оптимальних, з погляду аеродинаміки моделей служать обтічні тіла морських ссавців, про що свідчать його ескізи – ретельні замальовки пластичних і гідродинамічних особливостей тіл мешканців водного середовища – дельфінів-косаток, зубатих китів та ін. Для визначення цього стилю Колані вводить в обіг термін «біодизайн». [9].

Роботу природних конструкцій і конструктивні властивості органічних матеріалів вивчає **біомеханіка**. Жодна галузь техніки так не зобов'язана природі своїм стрімким розвитком, кількістю запозичених у неї ідей і методів, засобів і видів пересування, як сучасний транспорт у всьому його різноманітті. Ідею створення колеса, можливо, підказала сама природа. Дійсно, придивіться уважніше, як пересувається людина: спираючись на одну ногу, вона відштовхується носком іншої ступні від землі і, зберігаючи рівновагу, виносить ногу вперед; нога-маятник описує в повітрі частину кола і в кінці шляху плавно опускається на землю. Ось цей простий принцип руху, цілком можливо, привів людини до створення колеса.

Для зручності сприйняття інформації, пропонуємо класифікацію використання біонічних принципів формоутворення в дизайні транспортних засобів (рис. А.1).

Принцип пересування пінгвінів по снігу ліг в основу створеного в Горьківському політехнічному інституті імені Жданова під керівництвом професора А. Ф. Миколаєва снігоходу з пліцевими гребнями. Пліці висуюються на необхідну величину, залежно від щільності сніжного покриву. Водій плавно з допомогою гідросистеми зменшує дорожній просвіт, і машина, як і пінгвін, ковзає на днищі корпусу. Дно покрито фторопластом, що має малий коефіцієнт опору тертя на снігу. Снігохід «Пінгвін» може розвивати швидкість по снігу до 50 км/год. Беззаперечний інтерес для конструкторів наземних транспортних засобів представляє повзання тварин і волочиння туба по землі.

Кенгуру природа пристосувала до швидкого бігу стрибками на задніх кінцівках. Всі специфічні особливості «стрибокподібного» руху цих тварин, як стверджує В. Турік, знайшли своє відображення, точніше, технічне втілення, в розробленій ним конструкції автомобіля-стрибуна. Машину для стрибання потрібно забезпечити амортизацією, яка могла б зрівнятися з тією, яку забезпечують задні ноги кенгуру, виступаючи пристосовані природою не тільки для відштовхування, але і для приземлення.











Природа створила ноги найрізноманітніших конструкцій. Вибрати оптимальну конструкцію для крокоходу – одне з найважливіших біонічних завдань. Від пристрою ніг багато в чому залежить швидкість пересування тварин. Великий російський математик П. Л. Чебишев (1821 – 1894), перший побудував модель «переступаючого механізму» – «крокохідної машини». Модель складалася з чотирьох, схожих на грецьку букву «лямбда», ніг. Механічні ноги з'єднані так, що їх кривошипи утворили звичайний паралелограм, в кутах якого перебували шарніри. Варто рукою перемістити корпус крокоходу вперед або назад, як машина приходила в рух. Чотири ноги переміщалися попарно, подібно до ніг тварини: друга з четвертою та перша з третьою. Крокохід крокував. Але чебишевська машина не отримала практичного застосування при житті її творця.

Дев'яносто років тому з'явився дослідний зразок машини «СAMS» («Кібернетична антропоморф-

Додаток А

**Використання біонічних принципів формоутворення
в дизайні транспортних засобів**

Таблиця А.1

Біологічний об'єкт-прототип	Особливості природного об'єкту	Транспортний засіб	Функціональне призначення
1	2	3	4
	<p>здатність піднімати тулуб за допомогою гідравлічної системи</p>		<p>збільшення дорожнього просвіту</p>
	<p>загострена передня частина тіла</p>		<p>імітація зовнішнього вигляду з урахуванням аеродинаміки</p>
	<p>гнучкість та маневреність при великій довжині тіла</p>		<p>велика вантажо-під'ємність та модульна конструкція</p>
	<p>стійкість під час руху</p>		<p>статичне положення кузова при роботі</p>
	<p>переміщення великого об'єму</p>		<p>нагнітання потужності для переміщення на невеликі відстані</p>

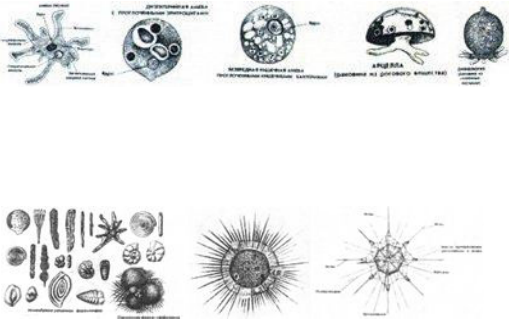

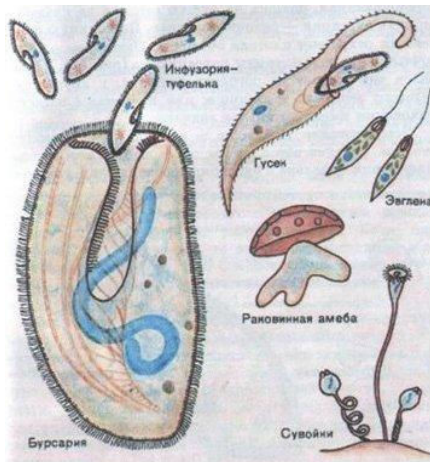

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4
	стрибокподібний рух		здійснення ударних стрибків
	низький коефіцієнт аеродинамічного опору		аеродинамічна форма кузова
	невеликі розміри, шоломоподібна форма		малогоабаритність, каплеподібна форма
	ущільнене тіло		жорсткість конструкції
	форма тулуба забезпечує опір воді		аеродинамічна форма
	«ажурна конструкція» крил		полегшена конструкція, простота виготовлення

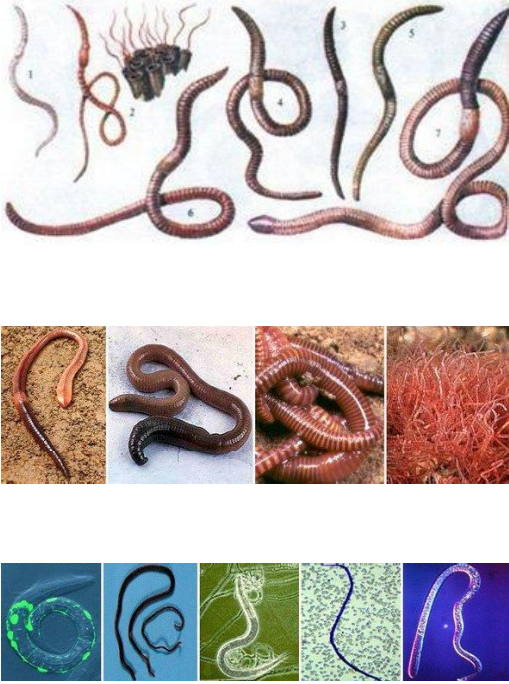
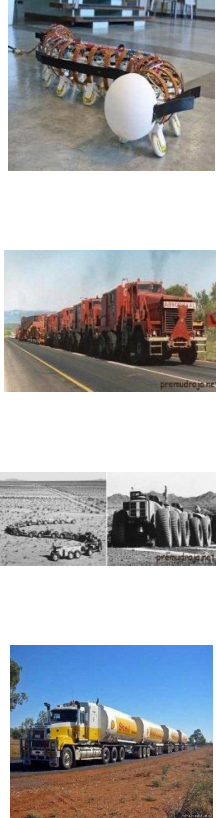
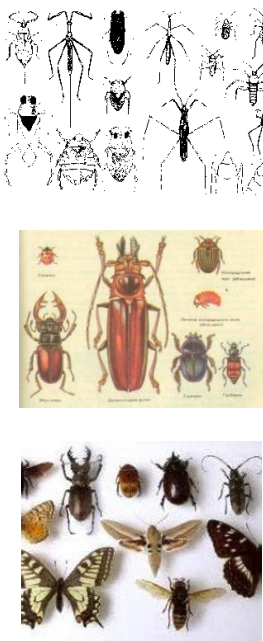

Додаток А

Використання способів руху безхребетних в транспортному дизайні

Таблиця А.2

Організм природи	Спосіб руху	Обґрунтування способу руху	Транспортний засіб
1	2	3	4
 <p><i>Тип найпростіші. Клас саркодові</i></p>	<p>г і д р а в л і ч н и й</p>	<p>У саркодових рух відбувається в результаті переміщення цитоплазми в різні частини тіла. Саркодові мають псевдоподіальний рух, який здійснюється за гідравлічним принципом – ендоплазма спрямовується в ту або іншу ділянку периферії і «натягує» у більш щільній і пружній ектоплазмі виріст – псевдоподію</p>	
 <p><i>Тип найпростіші. Клас жгутикові</i></p>	<p>г в и н т о п о д і б н и й</p>	<p>Серед різних видів криволінійного руху особливий інтерес представляє рівномірний рух тіла по колу. Це найпростіший вид криволінійного руху. Разом з тим будь-який складний криволінійний рух тіла на досить малій ділянці його траєкторії можна розглядати як рівномірний рух по колу</p>	

Продовження таблиці А.2

1	2	3	4
 <p><i>Тип черв'яки. Підтип плоскі черв'яки, круглі черв'яки, кільчасті</i></p>	<p>з г и н а л ь н о з и г з а г о п о д і б н и й</p>	<p>У черв'яків сформувалася нова форма руху – згинання тіла, а у зв'язку з цим у них розвинулася потужна рухова мускулатура. У більшості з них на кожному членнику є різні придатки у вигляді лопастей, щупиків і зябрових ниток – пароподій. За допомогою пароподій – примітивних органів, здійснюється пересування. Шкіром'язовий мішок черв'яків складається з двох основних шарів м'язів – кільцевого й поздовжнього</p>	
 <p><i>Тип членистоногі. Клас комахи</i></p>	<p>в а ж і л ь</p>	<p>З формуванням підоймових кінцівок, за винятком багатоніжки, рухова функція перейшла на ножні придатки. У предків членистоногих кінцівки грали роль не основних органів руху, а тільки підсобних, але важливо, що важільні кінцівки, при всій їх надзвичайній функціональній ускладненості (політ), – єдиний апарат руху</p>	

на механічна система»), яку найчастіше називають «крокуючою вантажівкою». Цей гігант загальною висотою 3,05 м (кузов довжиною 3,05 м і шириною 1,21 м) має масу близько півтори тисячі кілограм. Він забезпечений 90-сильним автомобільним мотором, від якого працює гідронасос, годуючий гідродвигуни механізмів чотирьох довгих (більше двох метрів) «ніг». Кожна нога – це триланцюговий важіль. Рух кожного з членувань здійснюється окремим приводом. А управляє всіма цими рухами людина, що сидить у кабіні, розташованій в центральній частині машини.

Пошук раціональної конструкції крокоходу навів ряд винахідників, конструкторів до створення машин, які поєднують принцип ходи з перекачуванням. Наприклад, чеський інженер Юліус Мацкерле замислив систему, яка отримала назву «крокуюче колесо». У механізмі його пересування неважко побачити одну з особливостей ходьби людини: при кожному кроці нога відштовхується від землі в точці, що знаходиться позаду центру ваги тіла; це змушує корпус людини падати вперед до тих пір, поки він не виставить вперед іншу ногу. Точно так само крокує колесо Мацкерле з допомогою великої кількості пневматичних камер на ободі. Тиск повітря в них змінюється, і всі вони пов'язані з компресором, який, змінюючи тиск в камерах, змушує колесо переміщатися.

Професор Катис створив двоопорний крокуючий пристрій, «крокохід», який складається з чотирьох блоків: корпусу у вигляді штанги з розміщеними на ній різними вузлами основного, керуючого блоку, оснащеного аналізуючими пристроями, і двох складових опор. І керуючий блок, і опори переміщуються уздовж штанги і встановлюються на будь-якій її ділянці. Під час переміщення інформаційний блок проводить аналіз поверхні уздовж певної смуги, не обмеженої по довжині [8].

Великий інтерес для вчених представляють біомеханічні пристосування, якими забезпечені личинки комах для прокладання ходів у ґрунті. Природа наділила їх добре розвиненим апаратом для розпушування або розсування часток ґрунту і спеціальними пристосуваннями для фіксації положення тіла. Розсування часток ґрунту проводиться або гідравлічним способом, або за допомогою розширених, щелеп. Функції опорних пристосувань для фіксації положення тіла виконують або одне або два вістря, розташованих на задньому кінці тіла, в площині докладання сил бурового апарату, або значне число подушкоподібних утворень, покритих безліччю дрібних шипів.

Коли прогрес науки привів до відкриття фундаментальних законів не тільки механіки, фізики, хімії, біології та інших галузей природознавства, виявилось наступне: спираючись на ці закони, ставлячи їх в основу відповідних технічних пристроїв, можна почати здійснювати одну за іншою давніші мрії людини. З'явилися аеростати, потім літаки, були винайдені підводні човни і здійснено безліч інших чудових досягнень науки і техніки. Людина завоювала, подібно птахам, повітряний океан і, подібно риbam, морські глибини [5].

Для зручності сприйняття інформації, пропонуємо класифікацію використання способів руху безхребетних в транспортному дизайні (рис. А.2).

У природі фактори середовища і конструктивні форми живих організмів гранично узгоджені. Збільшення створюваних людиною виробів із природними формами зумовлено тим, що конструктор, особливо останнім часом, розв'язує ті ж завдання, що й «конструктор»-природа, а саме: отримати максимальну несучу спроможність при мінімальній власній масі конструкції і знайти таку форму, яка б сприяла збільшенню її міцності й надійності.

Обидва завдання успішно розв'язуються в природних конструкціях. Природа не визнає двовимірності. Усі біологічні конструкції працюють у трьох вимірах поза просторовою залежністю від об'єкта. Наприклад, раковина молюска, павутина або скелет. У природі рідко трапляються елементи, які працюють на згин. В основному біологічні конструкції працюють на стиск і розтяг. Використовуючи ці раціональні принципи, природа створює безпомилкові, практичні, економічні форми.

Незважаючи на старанне вивчення природних конструкцій і відтворення принципів їх роботи за допомогою найновіших досягнень науки й техніки, між біологічними об'єктами і створеними людськими руками все ж існує велика різниця. Причина цього полягає, по-перше, в різноманітних фізичних і хімічних якостях конструктивного матеріалу, по-друге, у великій різниці розмірів конструкції. Проте, найголовніше в тім, що технічні конструкції залишаються для людини лише допоміжним засобом організації конкретного простору, тоді як у біології організм ототожнюється з конструкцією, що становить його невід'ємну частину.

Можна говорити швидше про зовнішню подібність творінь людини і живої природи, зумовлену тим, що штучні конструкції служать людині для тих самих цілей, що й біологічні їх господарям – організмам.

Тому переносити природну форму «один до одного», без змін, не можна, адже транспортні засоби повинні, перш за все, відповідати цільовому призначенню й процесу експлуатації. У кожному конкретному випадку дизайнер зобов'язаний творчо підійти до використання природної форми, тобто, застосовуючи ті ж принципи формоутворення, запропонувати свою нову форму, яка відповідала б функціональним і експлуатаційним вимогам.

Підбираючи аналоги з числа біологічних об'єктів, слід приділяти увагу в основному тим із них, які хоча б побічно виконують функцію (таку ж чи подібну), потрібну в проектуванні конструкції. Вибравши відповідний природний аналог, визначають те суттєве в його формі та конструкції, що забезпечує виконання поставлених перед дизайнером завдань.

Дизайнер повинен бачити й розуміти логіку природних форм, аналізувати їх, виділяти найсуттєвіше і потім моделювати на цій основі нові об'єкти та структури. Тому важливо ознайомлюватись із проблемами біоніки і вивчати можливості застосування принципів

природного формотворення в проектуванні транспорту, яке у творчому процесі відбувається у таких напрямках:

- вивчення тектоніки біологічних конструкцій;
- вивчення способів і механізмів трансформування форм у живій природі;
- вивчення можливостей використання різних властивостей і форм природних об'єктів [8].

Під терміном **локомоція** (від лат. *Locus* – місце і *motio* – рух) розуміють переміщення тіла з одного місця простору в інше, для чого необхідні деякі сили, що змінюють початковий стан організму. Зусилля, що розвиваються при цьому, повинні подолати силу тяжіння, опір навколишнього середовища і сили інерції тіла. На локомоцію впливають характер і рельєф місцевості. Під час локомоції необхідно постійно підтримувати рівновагу [1].

Увагу вчених привернув звичайний павук. Їх зацікавило те, як він ходить і досить швидко бігає, маючи довгі лапки, практично позбавлені м'язів. Вчені встановили, що ця рушійна сила має гідравлічне походження. Природа наділила павуків чудовим гідроприводом. Якщо павук витягає лапки, гідропривід підвищує у них тиск крові до такої міри, що тверднуть їх щетинки, і, навпаки, при згинанні кінцівок гідропривід зменшує у них тиск крові. У стані спокою тиск крові в організмі павука, лише на 0,05 атмосфер вище тиску навколишнього повітря. Але в момент стрибка тварини, він миттєво підвищується на 0,5 атмосфер. «Штучна гіпертонія» служить джерелом енергії, яка дозволяє павукові ставити «світові рекорди» у стрибках [10].

Черв'як або гусениця переміщуються, переносячи масу за допомогою хвильових коливань. Сороконіжка переставляє першу, другу, десятую, сорокову ногу – у підсумку на один крок переміститься весь тулуб.

Великий інтерес для вчених представляють біомеханічні пристосування, якими забезпечені личинки комах для прокладання ходів у ґрунті. Природа наділила їх добре розвиненим апаратом для розпушування або розсування часток ґрунту і спеціальними пристосуваннями для фіксації положення тіла. Розсування часток ґрунту проводиться або гідравлічним способом, або за допомогою розширених щелеп. Функції опорних пристосувань для фіксації положення тіла виконують або одне або два вістря, розташовані на задньому кінці тіла, в площині докладання сил розпушуючого апарату, або значне число подушкоподібних утворень, покритих безліччю дрібних шипів.

Коли прогрес науки привів до відкриття фундаментальних законів не тільки механіки, фізики, хімії, біології та інших галузей природознавства, виявилось наступне: спираючись на ці закони, ставлячи їх в основу відповідних технічних пристроїв, можна почати здійснювати одну за іншою давніші мрії людини. З'явилися аеростати, потім літаки, були винайдені підводні човни і здійснено безліч інших чудових досягнень науки і техніки. Людина завоювала подібно птахам повітряний океан і подібно рибакам морські глибини.

Під прохідністю транспортного засобу розуміють його здатність рухатися у важких дорожніх умовах,

тобто долати значні нерівності та різноманітні перешкоди – рівчаки, стрімкі підйоми та горби. Спеціальні транспортні засоби, що використовуються для рятувальних операцій, туризму, вантажоперевезень іноді працюють в особливо важких експлуатаційних умовах – в горах, на ґрунтових лісових дорогах зі значними нерівностями, в умовах бездоріжжя. Тому прохідність – це одна з важливих експлуатаційних властивостей [11].

Висновки. В статті проаналізовано поняття «формуотворення» та «фактори формуотворення» в промисловому дизайні. Визначено основні принципи біонічного формуотворення в дизайні транспортних засобів (раціональне розміщення складових, малогабаритність, здійснення ударних стрибків та ін.); досліджено принципи переміщення об'єктів живої природи та їх використання в дизайні транспортних засобів. Проведено аналіз аналогів транспортних засобів, що за своєю формою та структурою імітують конструктивні системи живої природи, переважна більшість яких зорієнтована на організацію автопоїздів, сільськогосподарського та будівельного спецтранспорту.

Запропоновано класифікацію формуотворення транспортних засобів на основі біомеханічних конструкцій та класифікацію застосування способів руху безхребетних в транспортному дизайні.

Подальший напрямок досліджень пов'язаний із формуотворенням об'єктів промислового дизайну на основі біоніки.

Література:

1. Афанасьев Б. А., Бочаров Н. Ф., Жеглов Л. Ф. и др. Проектирование полноприводных колесных машин: В 2 т. Т. 1. Учеб. для вузов; Под общ. ред. А. А. Полунгяна.-М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1999. -488 с.
2. Дизайн. Иллюстрированный словарь-справочник / Г. Б. Минервин, В. Т. Шимко, А. В. Ефимов и др. – М.: Архитектура-С, 2004. – 288 с.
3. Дизайн і ергономіка. Термінологічний словник для студентів інженерно-педагог. спеціальностей / А.Т. Ашероф [та ін.]; під загальною ред. Свірка В.О., Ашерова А.Т. – Харків: видавництво НТМТ, 2009. – 100 с.
4. Проектирование и моделирование промышленных изделий: Учеб. Для вузов / С. А. Васин, А. Ю. Талашук, В. Г. Бандорин, Ю. А. Грабовенко, Л. А. Морозова, В. А. Редько. – М.: Машиностроение-1, 2004. – 692 с.
5. Устин В. Б. Композиция в дизайне. Методические основы композиционно-художественного формообразования в дизайнском творчестве: учебное пособие, – 2-е изд., уточненное и доп. – М.: АСТ: Астрель, 2007. – 239 с.
6. Чугай Н.М. Використання принципів біонічного формуотворення
7. При проектуванні меблів, що трансформуються: Вісник Харківської державної академії дизайну і мистецтв: зб. наук. пр./ за ред. Даниленка В.Я. – Х.: ХДАДМ, 2012. – 186с., с. – 47-51.
8. Шпара П. Е., Шпара И. П. Техническая эстетика и основы художественного конструирования. Киев: Вища школа, 1989.
9. Електронний ресурс: publ/biologicheskie/biomekhanika/4-1-0-11
10. Електронний ресурс: http://www.fogeron.ru/statie/about_design/Forma/
11. Електронний ресурс: <http://www.bio-log.info/?p=276>
12. Електронний ресурс: <http://monstrohod.ru>