

УДК 683.03

Р.В.Зінько¹, І.С.Лозовий¹, О.М.Бадейнов²

¹Національний університет «Львівська політехніка»,

²Львівський науково-дослідний інститут судових експертиз

**МОРФОЛОГІЧНЕ СЕРЕДОВИЩЕ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ЗЧІПНИХ
ПРИСТРОЇВ РОЗЧЛЕНОВАНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ**

Пропонується за допомогою морфологічного середовища формувати базу знань для розробки конструкцій машин. Наведено приклад для конструювання тяго-зчіпного пристрою транспортного засобу. Запропонований алгоритм є основою для створення комп'ютерного середовища моделювання конструкцій машин.

Ключові слова: морфологічне середовище, зчіпні пристрої розчленованих транспортних засобів.

Рис. 4. Табл 6. Літ 23

Р.Зинько, И.Лозовый, О.Бадейнов

**МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ СРЕДА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ СЦЕПНЫХ
УСТРОЙСТВ РАСЧЛЕНЯЮЩИХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ**

Предлагается с помощью морфологической среды формировать базу знаний для разработки конструкций машин. Приведен пример для конструирования тяго-цепного устройства транспортного средства. Предложенный алгоритм является основой для создания компьютерной среды моделирования конструкций машин.

R.Zinko, I.Lozyvj, O.Badejnov

**A MORPHOLOGICAL ENVIRONMENT IS FOR RESEARCH OF WORK OF
COUPLINGS DEVICES OF DISMEMBERING TRANSPORT VEHICLES**

It is suggested by a morphological environment to form the base of knowledges for development of constructions of machines. An example is resulted for constructing of coupling device of transport vehicle. The offered algorithm is basis for creation of computer environment of design of constructions of machines.

Вступ. Створення нової техніки дозволяє вдосконалювати матеріальне виробництво, яке покликане задовольнити потреби людини в продовольчих товарах, побутових виробках, житлі і ін. До продуктів, що виготовляються на виробництві ставляться вимоги якості, ефективності і дешевизни. тому і машини, що їх продукують, повинні також ефективними і дешевими.

Виникає проблема створення машин, які створюються на основі нових ідей, можуть швидко модернізуватися і при цьому залишатися дешевими. Жодна нова ідея відразу не знаходить застосування, оскільки це викликано складністю структури нової техніки і її дії.

Темпи зміни поколінь технічних рішень почали значно випереджати темпи зміни поколінь їх розробників. Тепер за час трудової діяльності одного фахівця в передових галузях виробництва відбувається зміна декількох етапів технічних засобів. Таке швидке технічне переоснащення викликає таке ж швидке застарівання накопиченої бази знань і вимагає їх швидкої модернізації і доповнення. Але і до розробників пред'являються все більш зростаючі вимоги і ставляться все нові завдання. Щоб конструктор не відставав від технічного прогресу в різних областях техніки, йому доводиться безперервно удосконалювати свої знання і уміння виходячи не тільки з вузької спеціалізації, але враховуючи досвід і технічні можливості прогресу. Модернізації знань особливо допомагає величезний об'єм науково-технічної і виробничої і технологічної інформації, яка є в Інтернеті, і яку надають науково-технічні, дослідні інститути, а також промислові лабораторії.

Притік великих об'ємів знань відбувається на всіх етапах створення і освоєння нової техніки: на рівні наукових відкриттів, лабораторних досліджень, розробки виробничих зразків, при широкому застосуванні в якійсь одній чи в різних галузях.

Аналіз стану проблеми. Всі етапи розробки нової техніки можна згрупувати по чотирьох основних фазах, що у загальних рисах описують весь життєвий цикл створеного продукту: концептування, проектування, конструювання, реалізація [1]. У фазах проектування, конструювання і реалізації створені і розробляються програмні середовища, що дозволяють полегшити працю дослідників, конструкторів та експлуатаційників. Це середовища математичного моделювання MathCad [2], MatLab [3], Matematica [4], Maple [5], Dymola [6], системи автоматизованого проектування AutoCad [7], CATIA [8], T-FLEX CAD [9], Компас [10], ANSYS [11], Unigraphics [12], SolidWorks [13], системи управління базами даних Microsoft Access [14], Lotus Approach[15], dBase [16], Visual FoxPro [17], Oracle [18], MS SQL Server [19].

У фазі ж концептування використовується феноменологістичний опис методів проектування (евристичні методи, методи ітерацій, морфологічного аналізу, декомпозиції, теорія вирішення винахідницьких завдань). Спроби створення середовищ для обробки великих масивів знань, а не просто інформації поки-що не досягли великих результатів.

Феноменологістичний опис мислення людини накладає суттєві обмеження на дослідження, аналіз і використання знань, пов'язаних з діяльністю суспільства. Спроби використати успіхи сучасної математики досягають локальних результатів [20,21]. Впорядкування і структуризація знань – шлях до побудови такого середовища знань, яке б дозволяло моделювати людське мислення у створенні нових машин і механізмів, та дослідженні їх функціонування. Взаємозв'язки і особливості роботи середовища можна відобразити за допомогою графів. Структуру графа можна представити таблично, на основі якої сформулювати кінцеву формулу функціонування середовища.

Мета статті. На прикладі тяго-зчіпного пристрою розчленованого транспортного засобу показати можливість використання морфологічного середовища, яке дозволяє впорядкувати знання про конструктивні варіанти і запропонувати один з них на основі прийнятих критеріїв.

Основний матеріал. Морфологічне середовище для моделювання технічних систем представлено в [22]. Об'єкти зовнішнього світу (багатомірна інформація ззовні) завдяки рецепції відображаються в морфологічному середовищі (МП) на множину Ω (рис.1). При цьому формується модельна підсистема відносин (МПВ) або положення (знаходження, місце) об'єктів в МП Ω . МПВ містить саму множину відображень об'єктів (МВО), її сигнатуру Σ та аксіоматику U . Сигнатура Σ – група правил, що встановлюють процедуру порівняння. Сигнатура містить множини правил для відтворення елементарних ознак і властивостей, наборами правил побудови виразів з елементів, що входять в алфавіти. Аксіоматика (словник) U – фундаментальні поняття, що характеризують властивості об'єктів. Аксіоматика містить множини понять, визначень, символів для відтворення елементарних ознак і властивостей, сукупністю понять, визначень, символів і позначень, за допомогою яких утворюються алфавіти мов морфологічного простору.

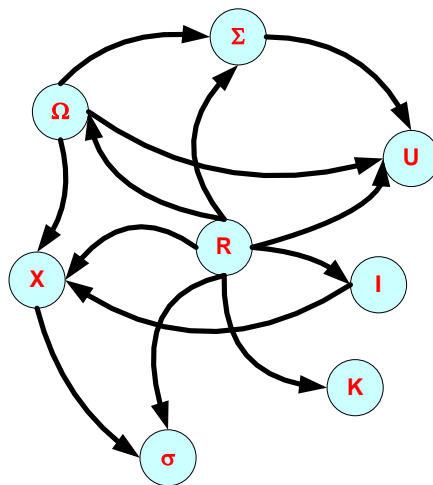


Рис. 1. Взаємозв'язки складових морфологічного середовища

У прагматико-процедурній підсистемі X (ППП) представлені різні перетворення, операції і дії з компонентами зі всіх основних підсистем теорії, а також процедури і правила виконання цих дій. Одночасно вона включає і різні аксіологічні оцінки різних компонент простору, а також явищ і об'єктів з її наочної області.

Модельно-репрезентативна підсистема K відображає область досліджуваної реальності за допомогою концептуальних моделей. З її допомогою явища і об'єкти представлені своїми моделями, які співвідносяться з різними рівнями ієрархії усередині цієї підсистеми. Можна виділити рівні: 1) експериментальних моделей (що містить інформацію про об'єкти, яка отримана без використання МП); 2) повних моделей (при описі яких використовується концептуальний апарат МП); 3) власних моделей МП (для яких виконуються закони МП); 4) обмежень,

представлених особливою підмножиною безлічі повних моделей.

Основна функція проблемно-евристичної підсистеми I полягає у відображенні тих сторін МП, які пов'язані з отриманням нового знання.

Взаємозв'язки між цими підсистемами представлені в підсистемі відповідностей R .

За правилами морфологічного середовища [23] запишемо граф моделювання конструкції тяго-зчіпного пристрою (ТЗП) розчленованого транспортного засобу, наприклад, автопоїзда.

Множина «Сукупність ознак» $R=\{ri\}$ має 3 предмета – значення сукупності ознак, тобто $i=1,\dots,3$, де $r1$ = тяго-зчіпні пристрої; $r2$ = опорно-зчіпні пристрої; $r3$ = комбіновано-зчіпні пристрої.

Множина «Ознаки» $U=\{ui\}$ має 3 предмети – значень ознак, тобто $i=1,\dots,3$, де $u1$ = жорсткі; $u2$ = пружно-демфуючі; $u3$ = з напрямними.

Множина «Характеристики ознак» $L=\{li\}$ має 5 предметів – значень характеристики ознак, тобто $i=1,\dots,5$, де $l1$ = гак-петля; $l2$ = кульові; $l3$ = вилка-петля; $l4$ = фіксація шворня; $l5$ = стопор бокових роликів.

Введемо достатньо чітко окреслену множину $Q=\{qi\}$ областей інтелектуальних знань $qi, i=1,\dots,8$ тобто:

$$Q=\{qi\}, i=1,\dots,8. \quad (1)$$

Можна побудувати парадигматичну таблицю, що відображає зв'язок між областю локалізації інтелектуальних знань qi і предметних змінними l, u, r (табл. 1).

Опишемо, що означає, наприклад, область локалізації інтелектуальних знань $q1=r1u1l1$ = тяго-зчіпні пристрої^v жорсткого типу зв'язку між ланками автопоїзда^v з'єднання гак-петля. $q4=r2u2l4$ = опорно-зчіпні пристрої^v пружно-демфуючого зв'язку між ланками автопоїзда^v з фіксацією шворня.

Область локалізації інтелектуальних знань q виражається через значення предметних змінних r, l, u наступним чином:

$$\begin{aligned} r1u1l1=q1; r1u1l2=q2; r1u1l3=q3; r2u2l4=q4; \\ r2u2l5=q5; r1u2l1=q6; r1u2l2=q7; r3u3l1=q8. \end{aligned} \quad (2)$$

Таблиця 1.

Зв'язок між областю локалізації інтелектуальних знань qi та предметними змінними l, u, r

Сукупність ознак	Ознаки	Характеристики ознаки	
r1	u1	l1	q1
r1	u1	l2	q2
r1	u1	l3	q3
r2	u2	l4	q4
r2	u2	l5	q5
r1	u2	l1	q6
r1	u2	l2	q7
r3	u3	l1	q8

Виконуємо операцію почленної диз'юнкції можливо більшого числа споріднених рівностей [23]. Введення почленної диз'юнкції з використанням спорідненої рівності обумовлене необхідністю отримання локальних областей інтелектуальних знань. Такі області можуть включати більш ніж одну обчислювану обмежену кількість ознак і предметних областей досліджень.

$$\begin{aligned} r1u1(l1 \vee l2 \vee l3) = q1 \vee q2 \vee q3; r2u2(l4 \vee l5) = q4 \vee q5; \\ r1u2(l1 \vee l2) = q6 \vee q7; r3u3l1 = q8. \end{aligned} \quad (3)$$

Формуємо функцію переходу від предметної області інтелектуальних знань q до локальної області досліджень експерта m , у професійну діяльність якого входить ця область дослідження q .

$$q1 \vee q2 \vee q3 \vee q8 = m1; \quad q4 \vee q5 \vee q6 \vee q7 = m2 \quad (4)$$

Тобто експерт залежно від поставленої проблеми може локалізувати загальну предметну область знань до локальної відповідно до поставленого завдання або на основі прийнятих критеріїв. Це можна сприймати як формальні обмеження для локальної задачі.

Враховуючи залежності предметних областей інтелектуальних знань q від предметних змінних r, l, u (2) та зв'язок між предметними областями інтелектуальних знань q та локальними областями досліджень експерта m (4), залежності локальних областей m від предметних змінних r, l, u мають вигляд:

$$m1 = r1u1(l1 \vee l2 \vee l3) \vee r3u2l1; \quad m2 = r2u2(l4 \vee l5) \vee r1u2(l1 \vee l2) \quad (5)$$

Предикат $P(r, l, u, m)$, що описує зв'язок між локальними областями досліджень експерта m та предметними змінними r, l, u має наступний вигляд:

$$P(r, l, u, m) = m1r1u1(l1 \vee l2 \vee l3) \vee m1r3u2l1 \vee m2r2u2(l4 \vee l5) \vee m2r1u2(l1 \vee l2) \quad (6)$$

Предикат P можна наочно зобразити у вигляді логічної мережі (рис.2). Він описує локальні області досліджень, де домінуючими є дослідження для характеристик ознак $l1$ і $l2$ (конструкції зчіпних пристроїв як гак-петля і кульові).

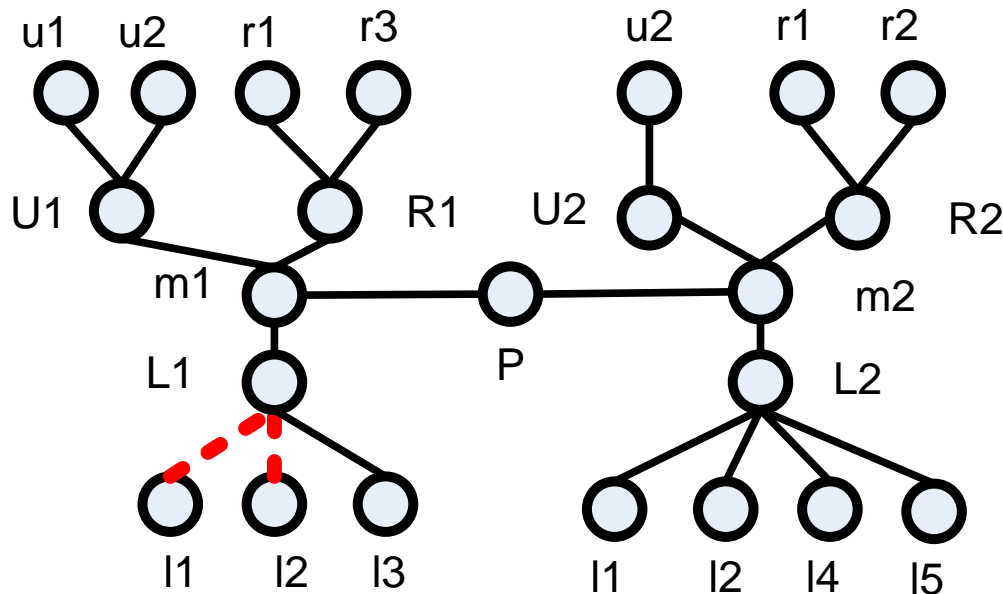


Рис. 2. Предикат P відношень значень змінної m локальних областей досліджень експерта та предметних змінних r, u, l предметних областей інтелектуальних знань q .

Далі вдосконалення ТЗП автопоїзда проведемо з врахуванням його ознак, вибраних з загального переліку ознак. Загальний перелік ознак наведено в табл. 2. Загальний перелік критеріїв наведено в табл. 3.

Характеристики ознак об'єкта

№ п/п	Характеристика	Значення 1	Значення 2	
	Розмір	Великий Малий Посередній		
	Колір			
	Форма (вигляд)	Кубічна Сферична Еліптична Пірамідна Тетраедрна Інша		
	Матеріал	Сталь Чавун Камінь Дерево Пластмаса	Твердий М'який Пористий Змінний	Липкий В'язкий Абразивний Хімічний склад
	Впливи довкілля (розміщення, знаходження, вплив)	Силові Температурні Електричні Магнітні Хімічні Гравітаційні	Постійні Змінні: спадаючі, зростаючі, пульсуючі	
	Положення	Нахилене Вертикальне Горизонтальне Змінюється (непостійне)		
	Структура	Суцільна Складова Змінна		
	Процес	Передає Перетворює	Розділяє (Дробить) Додає (Збільшує) Сортує	
	Явища, задіяні в процесі	Накладання явищ Розділення явищ Співпадіння (резонанс)	Повільна зміна агрегатного стану Різка зміна агрегатного стану (удар): Силовий Гідравлічний Тепловий Ультразвуковий Світловий Електромагнітний Гравітаційний Пульсація	
	Об'єкт, з яким взаємодіє	Наявний Відсутній		

Критерії оцінки ефективності функціонування машин

Функціональні (призначення), експлуатаційні	Продуктивність, Точність (якість), Надійність (безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність), Спеціальні, прохідність, маневреність, динаміка функціонування, Придатність до сервісного обслуговування
Технологічні	Трудоємкість виготовлення та експлуатації, можливість розчленування елементів, неперервність технологічного циклу
Часові	Час технологічного циклу, час елементів циклу, суміщення елементів циклу, час допоміжних операцій
Економічні	Затрати матеріалів, енергії, на конструювання, зменшення габаритних розмірів, ощадність, вартість виготовлення та експлуатації
Антропометричні	Ергономічність (вібрації, шум), безпека, екологічність,
Інформаційні	Забезпечення ефективності керування, прогнозування станів робочих процесів
Енергетичні	Робочий процес машини, забезпечення характеристик робочого тіла, оператор і обслуговуючий персонал, виробництво та технічне обслуговування машин
Соціальні	Необхідність, мода, краса, реклама

Вибір критеріїв здійснюватимемо за алгоритмом, представленим на рис. 3.

Оскільки ознак може бути багато, то для зменшення трудозатрат на основі критеріїв відбору проводиться відсів несуттєвих ознак. Ознаки, що залишилися, проходять перевірку на сумісність (рис. 4). Перевірка відбувається на основі базової сукупності частинок знань: сумісність понять – круглий квадрат, суха вода тощо.

Сформована множина ознак матрично формується в базу знань. При цьому доцільно записати об'єкт в процесі, в якому він задіяний, на основі таких розділів як агрегатний стан, його зміна в певних межах, отриманий при цьому ефект, величина ефекту, техніко-експлуатаційні та економічні показники від ефекту.

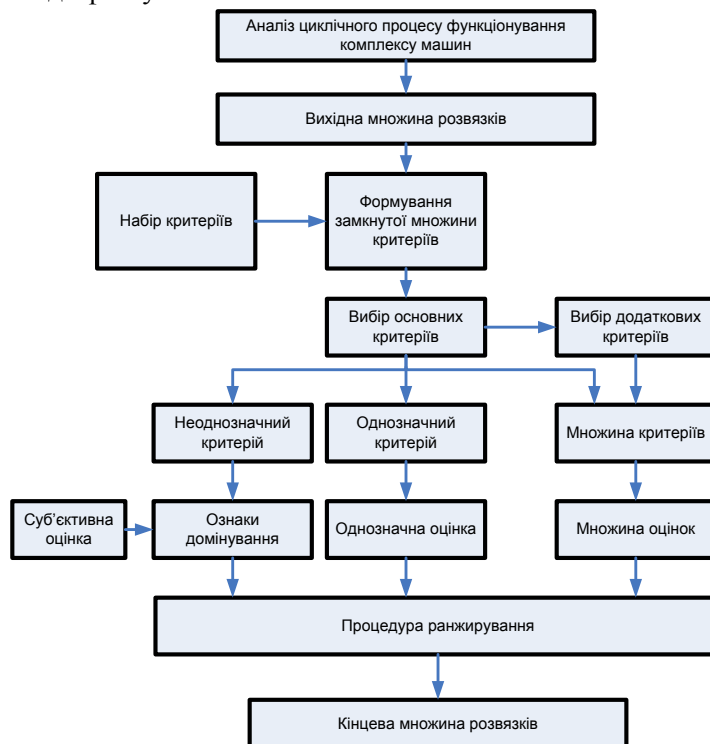


Рис. 3. Послідовність формування замкнутої множини критеріїв

Для ТЗП із загальної множини критеріїв виключаємо соціальні та інформаційні. З основних критеріїв (табл.4) частину критеріїв переводимо в допоміжні (табл.5). Всі критерії є однозначними.

Проводимо процедуру ранжирування для основних критеріїв: продуктивність, надійність, затрати енергії на роботу, затрати матеріалів, вартість виготовлення та експлуатації, придатність до сервісного обслуговування.

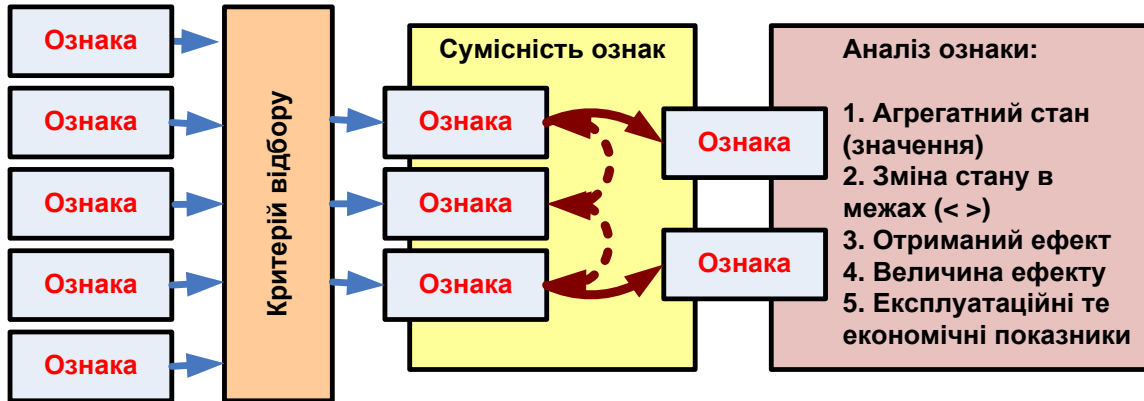


Рис. 4. Аналіз ознак об'єкта дослідження

Табл. 4.

Основні критерії при вдосконаленні ТЗП

Критерії	Основні
Функціональні (призначення), експлуатаційні	Місткість, Надійність (безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність), Спеціальні, прохідність, маневреність, динаміка функціонування, Придатність до сервісного обслуговування
Економічні	Затрати матеріалів, енергії, на конструювання, зменшення габаритних розмірів, ощадність, вартість виготовлення та експлуатації

Табл. 5.

Додаткові критерії при вдосконаленні ТЗП

Критерії	Допоміжні
Технологічні	Трудоємкість виготовлення та експлуатації, можливість розчленування елементів, неперервність технологічного циклу
Часові	Трудоємкість виготовлення та експлуатації, можливість розчленування елементів, неперервність технологічного циклу
Антропометричні	Ергономічність (вібрації, шум), безпека, екологічність,

Проводимо процедуру ранжирування для додаткових критеріїв: час технологічного циклу, час елементів циклу, суміщення елементів циклу, час допоміжних операцій, трудоємкість виготовлення та експлуатації, можливість розчленування елементів, неперервність технологічного циклу, ергономічність (вібрації, шум), безпека, екологічність, робочий процес машини, забезпечення характеристик робочого тіла, оператор і обслуговуючий персонал, виробництво та технічне обслуговування машин.

Процедура ранжирування дозволяє визначити важливість критеріїв, їх вагову частку. Проводимо відсів другорядних, менш важливих, критеріїв.

Наступним етапом вдосконалення ТЗП є перевірка на сумісність ознак. Порівнюємо характеристики, наведені в табл. 6. Всі вони сумісні.

Характеристики ознак об'єкта

№ п/п	Характеристика	Значення 1	Значення 2	
1	Розмір	Великий Малий Посередній		
2	Матеріал	Сталь Чавун Камінь Дерево Пластмаса	Твердий М'який Пористий Змінний	Липкий В'язкий Абразивний Хімічний склад
3	Процес	Передає Перетворює	Розділяє (Дробить) Додає (Збільшує) Сортує	

Отже, база знань для моделювання конструкції зчпного пристрою повинна стосуватися тяго-зчпних пристроїв з переважаючою інформацією стосовно пристроїв типу кульові і гак-петля. Пристрої малого розміру, виготовлені з сталі, задіяні в процесах передачі (в даному випадку зусиль).

На основі підбору знань за вказаними ознаками був проведений аналіз характерних конструкцій і їх відповідність для забезпечення функціонування ТЗП з певними експлуатаційними властивостями. Результатом є конструкція зчпного пристрою плаваючого типу, який розміщений між тяговим органом і дишлом причепа, виконаного у вигляді повзуна, що рухається по напрямній, прикріпленій до тягового органа, згідно з винаходом, між дишлом причепа і тяговим органом встановлено пневмобалон і амортизатор двосторонньої дії, а пневмобалон через клапан з'єднано з ресивером, клапан керується блоком керування на основі сигналів від датчиків вантажності і пришвидшення.

Співставлення конструкції з прототипом дає можливість зробити висновок, що заявлене технічне рішення містить новизну, оскільки містить пневмобалон, що може змінювати свою жорсткість при різних режимах руху автопоїзда на основі інформації про завантаження і величину розгону чи гальмуванні автопоїзда.

На рис.4 показано пропонований тяго-зчпний пристрій.

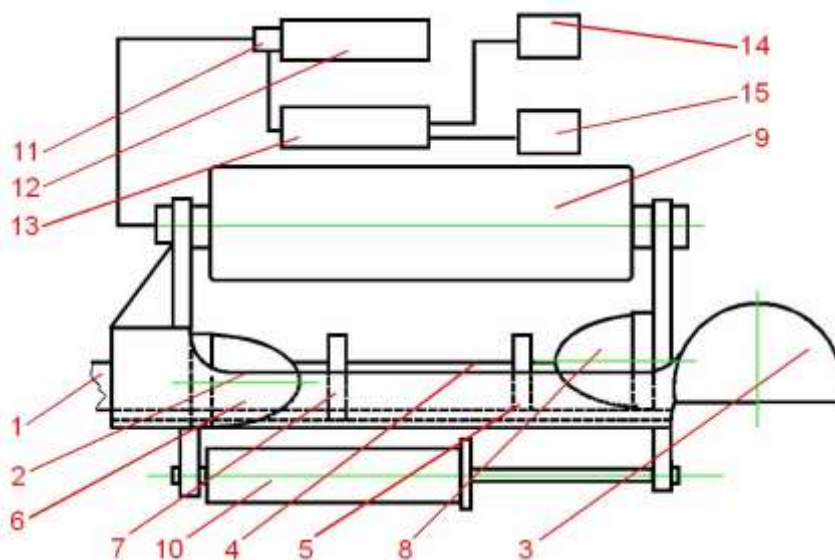


Рис. 4. Тяго-зчпний пристрій

Тяго-зчіпний пристрій містить дишло причепа 1, яке закінчується повзуном 2, напрямку 3, з'єднану з тяговим органом 4. На повзуні 2 встановлено обмежувачий буфер 6 і опорну пластину 7, а на напрямній 3 – обмежувачий буфер 8 і опорну пластину 7, а на напрямній 3 – обмежувачий буфер 8 і опорну пластину 5, дишлом 1 причепа і тяговий орган 4, також пневмобалоном 9 з'єднано і амортизатором двосторонньої дії 10. Пневмобалоном 9 через клапан керування 11 з'єднано з ресивером 12. Клапан керування 11 під'єднано до блока керування 13. До блока керування 13 також під'єднано датчик вантажності 14 і пришвидшення 15.

Пристрій працює наступним чином. При руханні автопоїзда, завдяки інертності причепа, двигун витрачає потужність тільки на рухання маси тягача. Причеп в цей час залишається нерухомим, оскільки повзун 2 дишла 1 ковзає по напрямній 3 до моменту, коли опорна пластина 5 не впреться в буфер 6 напрямної 3. При цьому також розтягуються пневмобалон 9 і амортизатор. Після деформації буфера 6 через опорну пластину 5 тягове зусилля від двигуна передається на дишло 1 причепа і причеп зрушає з місця. Швидкість зрушення причепа визначається жорсткістю пневмобалона 9. Можливі ривки причепа згладжуються амортизатором 10. Жорсткість пневмобалона 9 визначається кількістю повітря, що подається з ресивера 10 за допомогою клапана керування 11 на основі сигналу з блока керування 12. Блок керування 12 отримує інформацію з датчиків вантажності 13 і пришвидшення 14, розміщених на причепі і на тягачеві. Відповідно відбувається робота пристрою при гальмуванні. Тільки при цьому опорна пластина 7 впирається в буфер 8.

Висновки. Морфологічне середовище дозволяє формувати базу знань заданої структури і на основі визначених критеріїв відсіювати менш вагому інформацію. Це дає можливість обробити і впорядкувати великі масиви знань, зокрема, конструкції ТЗП і запропонувати ефективні конструктивні рішення.

1. Этапы разработки легкового автомобиля: [навч. посіб.] / Е.У. Исаев, Н.С. Соломатин, В.В. Ковтун, В.М. Карпов. – Тольятти: ТГУ, 2004. – 113 с.
2. Компания Parametric Technology Corporation. Режим доступа: www.ptc.com.
3. Компания The MathWorks Incorporation. Режим доступа: www.mathworks.com.
4. Компания Wolfram Research Incorporation. Режим доступа: <http://mathworld.wolfram.com>.
5. Компания Waterloo Maple Incorporation. Режим доступа: www.maplesoft.com.
6. Modelica language. Режим доступа: www.modelica.org.
7. Компания Autodesk Incorporation. Режим доступа: www.autodesk.com.
8. Multi-platform CATIA (Computer Aided Three-dimensional Interactive Application). Режим доступа: www.3ds.com/products-services/catia.
9. Система автоматизированного проектирования T-FLEX CAD. Режим доступа: tflex.com.
10. Компания АСКОН. Режим доступа: www.kompas.vn.ua.
11. Компания ANSYS. Режим доступа: www.ansys.com.
12. Siemens PLM Software Products. Режим доступа: www.plm.automation.siemens.com.
13. Компания SolidWorks Corporation. Режим доступа: www.solidworks.com.
14. Database management system Microsoft Access/ Режим доступа: <http://office.microsoft.com/en-001/access>.
15. Database management system Lotus Approach. Режим доступа: www.lotus.com/
16. Database management system Dbase. Режим доступа: www.dbase.com.
17. Procedural programming language Visual FoxPro. Режим доступа: microsoft-visual-foxpro.software.informer.com.
18. Компания Oracle Corporation. Режим доступа: www.oracle.com.
19. Система управления реляционными базами данных Microsoft SQL Server. Режим доступа: microsoft-sql-server.softpedia.com.
20. Нестеров М.М. Мезоморфные вычислительные среды / М.М. Нестеров, В.Н. Трифанов // Научное приборостроение. – 2000. – Т. 10, №2. – С. 20-34.
21. Цвиркун А.Д. Основы синтеза структуры сложных систем / А.Д. Цвиркун. – М.: Наука, 1982. – 200 с.
22. Зінько Р.В. Морфологічне середовище для моделювання технічних систем. / Р.В. Зінько // Міжвузівський збірник «Наукові нотатки» Луцьк: ЛНТУ. – 2012.– Випуск № 38. – С. 61-66.
23. Бондаренко М.Ф. Теория интеллекта / М.Ф. Бондаренко, Ю.П. Шабанов-Кушнарченко – Харьков: СМИТ, 2006. – 576 с.

Стаття надійшла до редакції 28.03.2014