

### ОЦІНКА ПАРАМЕТРІВ РУХУ ПОВІТРЯНИХ ОБ'ЄКТІВ, ЩО МАНЕВРУЮТЬ, В АКТИВНІЙ НЕКОГЕРЕНТНІЙ СИСТЕМІ ПРИ ОБРОБЦІ ІНФОРМАЦІЇ ВІД КІЛЬКОХ НЕРІВНОТОЧНИХ ДЖЕРЕЛ З РІЗНИМ ТЕМПОМ ОГЛЯДУ ПРОСТОРУ

С.В. Герасімов, С.С. Рощупкін, Г.О. Федак, Я.В. Бабій

*Запропоновано алгоритм визначення параметрів руху повітряного об'єкта в єдиній прямокутній системі координат при обробці радіолокаційної інформації, що отримується системою з несинхронним оглядом простору від декількох нерівноточних джерел з різним темпом оновлення інформації.*

**Ключові слова:** радіолокаційна інформація, алгоритм, об'єкти, що маневрують.

### EVALUATION OF MOTION PARAMETERS OF MANEUVERING AIR OBJECTS IN ACTIVE NON-COHERENT SYSTEM WHEN PROCESSING INFORMATION FROM SEVERAL SOURCES OF UNEQUAL ACCURACY WITH DIVERSE TEMPOES OF SPACE SURVEILLANCE

S. Herasimov, E. Roshchupkin, G. Fedak, Y. Babiy

*The algorithm of determination of an air object motion operation factors in single cartesian reference system is proposed. The algorithm takes into account asynchronous air surveillance by some radars with unequal accuracy and different data rate.*

**Keywords:** radar data, algorithm, maneuvering object.

УДК 629.1.032

В.В. Дущенко

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків

### ПИТАННЯ УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДОЛОГІЇ АНАЛІЗУ ТА СИНТЕЗУ СИСТЕМ ПІДРЕСОРЮВАННЯ ВІЙСЬКОВИХ ГУСЕНИЧНИХ І КОЛІСНИХ МАШИН

*Представлено удосконалену методологію аналізу та синтезу систем підресорювання військових гусеничних і колісних машин, що складається з етапів розробки вірогідної математичної моделі руху машини, функціонально-фізичного і речовинно-польового аналізів вузлів підвіски та постановки задачі і синтезу нових патентоспроможних технічних рішень і фізичних принципів дії згаданих вузлів.*

**Ключові слова:** система підресорювання, пружні елементи, демпфіруючі пристрої, теплова напруженість, аналіз, синтез, фізичні принципи дії, технічні рішення, фізичні ефекти.

**Актуальність.** Система підресорювання (СП) військових гусеничних і колісних машин (ВГКМ) відіграє істотну роль у забезпеченні їх вогневої міцності, захищеності та рухомості. Однак застарілі і малоефективні теоретичні підходи та методології, які на сьогодні використовуються при удосконаленні СП ВГКМ, не забезпечують можливості створення високоякісних підвісок. Внаслідок цього недосконалі СП багатьох типів машин не дозволяють повною мірою реалізувати підвищені в процесі модернізації можливості їх удосконалених комплексів озброєння, силових установок і трансмісій. Тому актуальною науковою проблемою є обґрунтування та застосування нових підходів і методологій аналізу та синтезу нових технічних рішень (ТР) і фізичних принципів дії (ФПД) вузлів СП для перспективних зразків ВГКМ.

**Аналіз останніх публікацій.** У роботі [1] розглянуто математичне моделювання руху військових гусеничних машин (ГМ) по нерівностях,

його етапи і підходи, що використовуються, а також параметрична оптимізація торсіонної і гідропневматичної підвісок. У роботі [2] представлена найбільш повна багатофункціональна математична модель, для комплексного дослідження руху колісних машин (КМ) на різних режимах, та її модифікація для випадку ГМ. При розробці даної моделі був використаний метод декомпозиції загальної структури на підсистеми, для кожної з яких складалася своя функціональна математична модель. Це обумовило її складність, громіздкість і підвищення імовірності помилок. Крім того, відсутні експериментальні дані по ідентифікації зазначеної моделі та оцінці впливу тих або інших факторів, облік яких істотно ускладнює математичну модель, але не приводить до порівнянного підвищення точності розрахунків. У роботі [3] при математичному моделюванні застосовано новий

комплексний підхід, який полягає у спільному врахуванні факторів, що збурюють, та керуючих факторів, які виникають у системі ґрунт – машина – водій. Підхід засновано на методі кінцевих елементів, однак, використано не силові, а кінематичні зв'язки. Розроблено програмний комплекс «Dynamics» для дослідження перехідних процесів в моторно – трансмісійних установках ГМ, а також комплексного аналізу їх рухомості і маневреності.

Крім того, на ринку програмного забезпечення з'явилося багато продуктів, що дозволяють досліджувати рух ВГКМ по нерівностях, як коливальної системи. Це такі універсальні системи автоматизованого проектування, як Pro/ENGINEER, SolidWorks, ANSYS та ін. Але їх універсальність у багатьох випадках є негативною якістю, особливо, коли необхідно моделювати складні динамічні процеси, що протікають у специфічних об'єктах.

На сьогоднішній день удосконалювання методології досліджень СП ВГКМ складається, в основному, в усе більшому ускладненні математичних моделей, обліку неохоплених нелінійностей з подальшим, часто тільки якісним, дослідженням процесів. Цей процес близький до насичення, а більшість моделей не має експериментальної оцінки вірогідності.

Показники якості та критерії розвитку СП роздрібнені і не систематизовані. Вони застосовуються лише при вирішенні окремих задач досліджень, в основному, при параметричній оптимізації.

Для підвищення якості підресорювання, у кращому випадку, застосовується лише параметрична оптимізація, яка, внаслідок обмежень, що накладаються, часто вже не дозволяє на практиці більш-менш значимо поліпшувати якість роботи СП. Практично не розглядаються питання структурної оптимізації (пошуку оптимальних ТР) та синтезу нових ФПД, а існуючі математичні моделі та програмне забезпечення не пристосовані до вирішення цих задач і потребують переробки.

Сучасні універсальні програмні продукти характеризуються суттєвою вартістю, складністю вивчення та роботи з ними і, в разі дослідження нестандартних ТР з новими альтернативними ФПД, потребують розробки і доповнення новими модулями.

Важливим фактором є і те, що складність відомих сучасних математичних моделей руху ВГКМ часто не дозволяє досліджувати динамічні процеси в реальному масштабі часу, що є особливо важливим при розробці алгоритмів систем керування характеристиками СП та використання цих математичних моделей у тренажерах екіпажу ВГКМ.

**Мета досліджень.** На базі численних теоретичних та експериментальних розробок, із залученням сучасної методології наукових досліджень, розробити удосконалену методологію аналізу та синтезу нових ТР і ФПД вузлів підвіски ВГКМ, на основі чого отримати нові, патентоспроможні рішення, які забезпечать якісно новий технічний рівень.

**Основний зміст.** В останні роки точиться багато розмов про кризисні явища у розвитку бронетанкової техніки, а особливо у танкобудуванні. Вважається, що для їх подолання потрібен перехід від еволюційних змін до якісного стрибку по всіх головних системах ВГКМ.

Подальший розвиток СП наражається на суттєві труднощі. Вони викликані важкими умовами експлуатації та підвищеними вимогами до надійності і працездатності. Окремою проблемою є велика теплова напруженість демпфіруючих пристроїв (ДП) підвіски.

Розвиток СП іде по трьох напрямках. Це вибір оптимальних параметрів підвіски, керування її характеристиками та використання нових матеріалів, ТР і ФПД вузлів.

Досвід показав, що удосконалення СП шляхом вибору оптимальних параметрів для традиційних ТР у багатьох випадках себе вже вичерпало або дає незначний вигреш.

Істотно підвищити якість СП можна, лише керуючи її характеристиками. На сьогоднішній день цьому питанню приділяється велика увага. Але керування за допомогою відомих ТР не отримало широкого розповсюдження через складність, високу вартість та недостатню надійність.

Розвиток по третьому напрямку, тобто пошук нових ТР, а тим більше нових ФПД вузлів підвіски, відбувається хаотично і навмання, а саме їх виявлення є випадковим. Зовсім не розглядаються питання структурної оптимізації та синтезу нових ФПД.

Таким чином, подальший розвиток СП став тісно пов'язаним з процесом удосконалення підходів та методологій досліджень. Тобто:

1. Виникає необхідність удосконалення математичних моделей руху ВГКМ з метою їх використання у системах керування та при синтезі нових ТР і ФПД СП.

2. Необхідно розробити методологію системного аналізу і комплексної оцінки критеріїв розвитку та показників якості роботи СП.

3. Удосконалення вузлів СП на базі відомих підходів і методологій не дозволяє отримати суттєвий позитивний результат. Головною проблемою, що стримує розвиток і удосконалення СП, є відсутність системного аналізу та методології синтезу їх нових ТР і ФПД.

Протягом тривалого часу автором послідовно були проведені наукові дослідження з метою вирішення даної проблеми. В результаті було розроблено удосконалену методологію, блок-схема якої представлена на рисунку.

У роботах [1, 4, 5] представлено удосконалені математичні моделі руху військових ГМ і КМ по нерівностях та експериментальну оцінку їх вірогідності, які було розроблено з врахуванням поставлених задач:

а) дослідження впливу СП на навантаженість силової установки і трансмісії та стрільбу з гарматного озброєння великого калібру;

б) використання при синтезі нових ТР і ФПД вузлів підвіски;

в) використання у системах керування характеристиками СП та тренажерах екіпажу ВГКМ.

Проведена ідентифікація даних математичних моделей та аналіз розбіжностей розрахункових і експериментальних результатів показала, що вони забезпечують достатню для практичних цілей точність. Похибка по основних параметрах плавності ходу склала від 5% до 15%.

Дані математичні моделі були впроваджені і успішно використовуються у тренажерах екіпажу ВГКМ, які розроблені у КП ХКБМ ім. О.О. Морозова, а також використовуються при проведенні параметричної оптимізації вузлів СП військових ГМ та КМ, що модернізуються та розроблюються на підприємствах галузі.

З метою визначення нових перспективних напрямів подальшого розвитку СП ВГКМ було проведено глибокий функціонально-фізичний аналіз роботи їх складових частин, з'ясовано взаємозв'язки даних частин між собою і з об'єктами навколишнього середовища та одержано цільну уяву про технічну систему (ТС), що розглядається, на рівні фізичних операцій еретворення і фізичних ефектів (ФЕ), що використовуються. Результати даних досліджень представлено у роботах [6, 7, 8, 9, 10].

В процесі функціонально-фізичного аналізу було сформульовано поняття ідеальної СП, розглянуто її ознаки і вимоги до неї. Розроблено класифікацію відомих ФПД пружних елементів (ПЕ) і ДП та ТР, що їх реалізують, а також методологію системної оцінки технічного рівня СП ВГКМ, яка призначена для використання при створенні нових поколінь вузлів підвіски. Проведено аналіз критеріїв розвитку і показників якості СП, на базі якого запропоновано головний узагальнений показник її ефективності.

За результатами проведеного функціонально-фізичного аналізу було визначено головні недоліки, причини їх виникнення та протиріччя розвитку ПЕ і ДП для основних ФПД і ТР, які використовуються на сьогоднішній день. Складено таблиці аналізу функцій складових частин СП та опису їх фізичних операцій і об'єктів навколишнього середовища. Проведено аналіз вхідних та вихідних потоків енергії, сигналів і речовини та побудовано конструктивну і потокову функціональні структури СП ВГКМ.

Проведений функціонально-фізичний аналіз показав наступне:

1. На сучасному етапі розвитку основним фактором у забезпеченні показників якості функціональних критеріїв є необхідність керування жорсткістю ПЕ та силами опору ДП зі швидкодією 0,1...0,01 с. Однак виникають наступні протиріччя розвитку: для керування характеристиками вузлів з відомими ФПД необхідно застосовувати складні і громіздкі, часто не прийнятні для ВГКМ, ТР, які істотно погіршують технологічні і економічні критерії розвитку, а також знижують показники надійності, довговічності та ремонтпридатності.

2. Намітилася межа можливостей удосконалення СП у традиційних напрямках. Найбільш перспективним є усунення протиріччя розвитку шляхом переходу до нових ТР і ФПД.

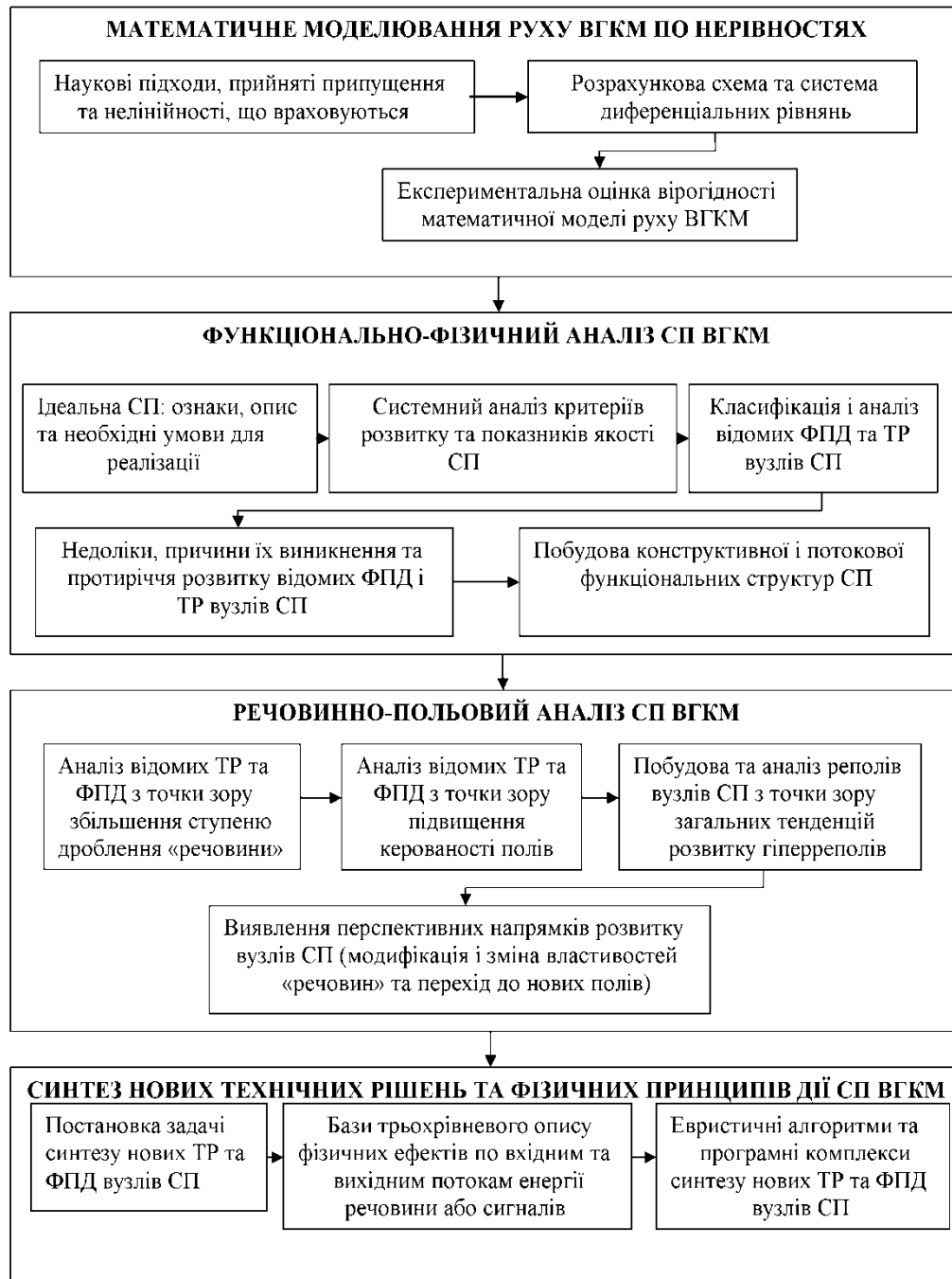


Рис. Блок-схема удосконаленої методології аналізу та синтезу СП ВГКМ

3. Необхідність переходу до нових ТР і ФПД вузлів СП визначається для кожного класу ВГКМ окремо, виходячи із висунутих до них вимог, за результатами функціонально-вартісного аналізу.

При вирішенні складних задач синтезу нових ФПД та ТР, що їх реалізують, для підвищення ефективності необхідно проводити структурний речовинно-польовий аналіз. При цьому ТС, що розглядається, замінюється її спрощеною моделлю – реполем, тобто речовина – поле, розглядається їх взаємодія, виявляються тенденції розвитку ФЕ, що використовуються, та, в остаточному підсумку, одержуються принципово нові рішення.

При речовинно-польовому аналізі ТС розглядається у вигляді пов'язаних між собою

об'єктів – речовин, які взаємодіють одна з одною за допомогою полів. Дані поля можуть бути різної інтенсивності і характеризують або енергетичну взаємодію речовин, або обмін інформацією між ними. На цей час відомі наступні види полів: гравітаційне, механічне, електромагнітне, хімічне і біологічне. Всі речовини умовно розділяються за ступенем зв'язаності і ступенем керованості. Крім того, речовини можуть виділяти або поглинати енергію.

При проведенні речовинно-польового аналізу СП ВГКМ було визначено речовини та поля, що використовуються, на якому етапі розвитку реполів перебувають сучасні ТР ПЕ і ДП, а також тенденції та напрями їхнього розвитку, виходячи із загальних

тенденцій розвитку гіперреполів. Результати проведених досліджень представлені у роботах [11, 12].

У СП ВГКМ за речовини приймалися наступні об'єкти: опорні вузли, тобто колеса або котки, ДП, ПЕ і підресорений корпус машини. Виходячи з відомих ТР СП ВГКМ можна зробити висновок, що розглянуті речовини здійснюють взаємодію одна з одною і навколишнім середовищем за допомогою механічних полів.

В результаті проведених досліджень було побудовано реполі ПЕ, ДП та їхньої спільної роботи, які, за прийнятою класифікацією, являють собою складні змішані реполі, а також розглянуті ФЕ, що використовуються.

Проведений репольний аналіз показав:

Вепольний аналіз ПЕ:

1. В результаті пошуку та аналізу ФЕ, альтернативних вже використовуваним на 1-му етапі розвитку гіперреполів і придатних для застосування в ПЕ СП ВГКМ, які б усували характерні протиріччя, виявлено не було. Таким чином, можливості 1-го етапу розвитку даних ПЕ, як мехполя, що використовується, можна вважати на даний момент вичерпаними.

2. Використання в ПЕ підвіски ВГКМ відомих, чутливих до механічного поля, речовин є неможливим через їх невисоку енергоємність.

3. Зміна ступеня зв'язаності «основної» речовини як спосіб вирішення проблем на цей час достатньою мірою реалізована у відомих конструкціях.

4. Потенціал розвитку мехполя як «основного» поля у напрямі збільшення його керованості на цей час можна вважати вичерпаним.

5. Перехід від механічного поля до більш керованого електромагнітного поля на даний момент для СП ВГКМ є передчасним.

6. Подальший розвиток ПЕ СП ВГКМ має перспективу по наступних можливих напрямках:

а) розробка нової «основної» речовини ПЕ, чутливої до механічного поля, що діє, або введення додаткової речовини з відповідним керуючим полем, з метою полегшення керування характеристиками ПЕ, в залежності від характеристик діючого механічного поля;

б) використання змін властивостей «основної» речовини пов'язане з переходом з макро- на мікрорівень;

в) перехід до більш керованого хімічного поля на основі використання явищ сорбції та десорбції, із застосуванням двох «основних» речовин.

Вепольний аналіз ДП:

1. За підсумками пошуку, для 1-го етапу розвитку гіперреполів, ФЕ, альтернативних вже відомим ФПД ДП, знайдено не було.

2. Використання в ДП підвіски ВГКМ відомих, чутливих до механічного поля, речовин є неможливим через їх невисоку енергоємність.

3. Зміна ступеня зв'язаності «основної» речовини як спосіб вирішення проблем на цей час достатньою мірою реалізована у відомих конструкціях.

4. Потенціал розвитку мехполя як «основного» поля у напрямі збільшення його керованості на цей час можна вважати вичерпаним.

5. Подальший розвиток ДП СП ВГКМ має перспективу по наступних можливих напрямках:

а) модифікація «основної» речовини (робочих рідин і матеріалів поверхонь тертя) з метою усунення (мінімізації) недоліків відомих ТР ДП;

б) використання змін властивостей «основної» речовини пов'язане з переходом з макро- на мікрорівень;

в) застосування додаткової речовини і відповідного керуючого поля з метою полегшення керування характеристиками ДП, в залежності від характеристик діючого механічного поля;

г) проведений аналіз теплового поля та пов'язаних з ним ефектів показав, що найбільш ефективним способом зниження теплової напруженості ДП і підвищення їх енергоємності є збільшення від них тепловідводу за допомогою нетрадиційних систем охолодження.

Необхідно зазначити, що перехід до більш керованого хімічного поля для ПЕ, на основі використання явищ сорбції і десорбції, та застосування додаткових речовин з відповідними керуючими полями для ДП, в кінцевому результаті, з великою імовірністю, може привести до створення багатофункціонального робочого середовища для єдиного вузла підвіски, що поєднає функції ПЕ і ДП, та вирішення основних протиріч розвитку вузлів СП ВГКМ.

Таким чином, удосконалена математична модель руху ВГКМ та проведений системний аналіз критеріїв розвитку, функціонально-фізичний і речовинно-польовий аналізи СП складають основу удосконаленої методології аналізу та синтезу нових ефективних ТР і ФПД СП.

Із застосуванням даної методології було синтезовано нові рішення вузлів підвіски та проведено їх дослідження, результати яких представлено у роботах [13, 14, 15, 16, 17, 18, 19]. Це:

1. Застосовано один з виявлених перспективних напрямів розвитку, а саме, використання змін властивостей «основної» речовини, пов'язане з переходом з макро- на мікрорівень. По відповідних вхідних та вихідних потоках енергії і речовини було проаналізовано велику кількість ФЕ, які могли б бути застосовані для використання у даному випадку. В результаті було розроблено та запатентовано систему регулювання положення корпусу ВГКМ з новим ФПД на основі використання матеріалів з ефектом пам'яті форми.

На прикладі тягача МТ-ЛБ було проведено необхідні розрахунки і доказано принципову можливість створення такої системи регулювання для легких ВГКМ. У порівнянні з традиційними пневматичними, гідравлічними або електромеханічними конструкціями дана система регулювання відрізняється простотою та надійністю.

2. На основі використання одного з виявлених перспективних напрямів розвитку, а саме, застосування додаткової речовини і відповідного керуючого поля, було синтезовано новий ФПД системи керування характеристиками ФА та розроблено і запатентовано його конструкцію. Нерухомі диски тертя мають напівпровідникове покриття (додаткова речовина), яке при зміні температури (теплове керуюче поле) забезпечує зміну коефіцієнта тертя між дисками. Даний ФЕ відомий під назвою ефекту Джонсона-Рабека. Дана система керування відрізняється простотою, надійністю, дешевизною, малими вагою і габаритами вузлів.

3. Як показали проведені дослідження для перспективних ВГКМ, енергоємність їх ДП необхідно підвищувати у 3...5 разів. З цією метою дану методологію було застосовано для синтезу альтернативних систем охолодження.

По відповідних вхідних та вихідних потоках енергії і речовини було проаналізовано велику кількість ФЕ. За результатами пошуку, серед інших, найбільш перспективними для створення альтернативних, нетрадиційних систем охолодження було визнано ефекти фазових переходів I і II родів та ефект теплової труби. Проведені попередні розрахунки показали принципову можливість створення нетрадиційних систем охолодження на основі даних ФЕ.

В одній з них використовувався ефект фазового переходу I роду, який зазнає додаткова речовина у твердому або рідкому стані. Розрахунки показали, що використання близько 800 г натрію дозволяє підвищувати пікову енергоємність ДП на 15 кВт протягом 6...7 с. Конструкцію телескопічного ГА з такою системою стабілізації та охолодження було запатентовано.

Найбільш перспективним напрямом підвищення енергоємності ДП виявилось застосування нетрадиційної системи охолодження на основі використання теплової труби. Було проведено необхідні розрахунки та вибрано розміри теплової труби, здатної передавати до 10 кВт теплової енергії. На базі цих розрахунків було розроблено конструкцію телескопічного ГА, яка була запатентована. Від традиційних рідинних систем охолодження запропонована система охолодження відрізняється високою ефективністю, простотою та надійністю.

## Висновки

Розроблена методологія аналізу та синтезу нових ТР і ФПД вузлів СП ВГКМ дозволяє отримувати патентоспроможні рішення, що забезпечують їх якісно новий технічний рівень.

## Список літератури

1. Колебания в транспортных машинах / Е.Е. Александров, Я.В. Грита, В.В. Дуценко и др. – Харьков: ХДПУ, 1996. – 256 с.
2. Динамика транспортно-тяговых колесных и гусеничных машин / Е.Е. Александров, Д.О. Володцевич, В.А. Карпенко и др. – Харьков: Изд-во ХГАДТУ, 2001. – 642 с.
3. Муцинский Ю.М. Использование математического моделирования для исследования подвижности гусеничных машин / Ю.М. Муцинский, В.А. Толстолуцкий // *Механіка та машинобудування*. – 2004. – № 1. – С. 174-178.
4. Дуценко В.В. Математическое моделирование колебаний подрессоренного корпуса многоопорной колесной машины по критериям «простота-адекватность» / В.В. Дуценко, И.И. Якименко // *Механіка та машинобудування*. – 2004. – № 2. – С. 139-147.
5. Дуценко В.В. Экспериментальная оценка достоверности математической модели движения колесной машины по неровностям / В.В. Дуценко, И.И. Якименко // *Вестник НТУ «ХПИ»*. Сб. науч. трудов. – 2005. – Вып. 37. – С. 93-100.
6. Дуценко В.В. Критерии развития и показатели качества систем подрессоривания транспортных средств; системный подход / В.В. Дуценко // *Вестник НТУ «ХПИ»*. Сб. науч. трудов. – 2006. – Вып. 26. – С. 87-94.
7. Дуценко В.В. Функционально-физический анализ и построение конструктивной функциональной структуры систем подрессоривания гусеничных и колесных машин / В.В. Дуценко // *Механіка та машинобудування*. – 2005. – № 1. – С. 140-145.
8. Дуценко В.В. Построение потоковой функциональной структуры систем подрессоривания гусеничных и колесных машин / В.В. Дуценко // *Механіка та машинобудування*. – 2006. – № 1. – С. 126-135.
9. Дуценко В.В. Недостатки, причины их возникновения и противоречия развития известных физических принципов действия упругих элементов систем подрессоривания военных гусеничных и колесных машин / В.В. Дуценко // *Вестник НТУ «ХПИ»*. Сб. науч. трудов. – 2007. – Вып. 33. – С. 46-52.
10. Дуценко В.В. Недостатки, причины их возникновения и противоречия развития известных физических принципов действия демпфирующих устройств систем подрессоривания военных гусеничных и колесных машин / В.В. Дуценко // *Механіка та машинобудування*. – 2007. – № 1. – С. 113-123.
11. Дуценко В.В. Вепольный анализ упругих элементов систем подрессоривания военных гусеничных и колесных машин / В.В. Дуценко // *Механіка та машинобудування*. – 2007. – № 2. – С. 163-168.
12. Дуценко В.В. Вепольный анализ демпфирующих устройств систем подрессоривания военных гусеничных и колесных машин / В.В. Дуценко // *Механіка та машинобудування*. – 2008. – № 1. – С. 130-140.

13. Пат. 21950 на корис. мод., Україна, МПК F16F 9/00, B60G 13/00. Гідравлічний амортизатор / В.В. Дуценко, О.В. Дудка; заявник і патентовласник НТУ «ХПИ». – № u200611381; заявл. 30.10.06; опубл. 10.04.07, Бюл. № 4.

14. Пат. 37868 на корис. мод., Україна, МПК F16F 9/00. Гідравлічний амортизатор / В.В. Дуценко, С.М. Бабіч; заявник і патентовласник НТУ «ХПИ». – № u200809280; заявл. 16.07.08; опубл. 10.12.08, Бюл. № 23.

15. Пат. 37869 на корис. мод., Україна, МПК B60G 17/015. Система регулювання положення корпусу транспортного засобу/ В.В. Дуценко, О.О. Щербина; заявник і патентовласник НТУ «ХПИ». – № u200809281; заявл. 16.07.08; опубл. 10.12.08, Бюл. № 23.

16. Пат. 37887 на корис. мод., Україна, МПК F16F 7/00. Фрикційний амортизатор / В.В. Дуценко, І.М. Сипливий; заявник і патентовласник НТУ «ХПИ». – № u200809513; заявл. 21.07.08; опубл. 10.12.08, Бюл. № 23.

17. Дуценко В.В. Синтез систем подрессоривания военных гусеничных и колесных машин; постановка

задачи / В.В. Дуценко // *Механіка та машинобудування*. – 2006. – № 2. – С. 77-82. (нетасмно).

18. Дуценко В.В. Стабілізація температури та охолодження демпфуючих пристроїв підвіски військових гусеничних та колісних машин на основі використання ефектів фазових переходів / В.В. Дуценко // *Вестник НТУ «ХПИ»*. Сб. науч. трудов. – 2008. – Вып. 46. – С. 77-82.

19. Дуценко В.В. Питання оптимізації та синтезу нових фізичних принципів дії вузлів систем подрессоривання військових гусеничних і колісних машин/ В.В. Дуценко // *Вестник НТУ «ХПИ»*. Сб. науч. трудов. – 2009. – Вып. 47. – С. 88-97.

**Рецензент:** Д.О. Волонцевич, д.т.н., доц., завідувач кафедри «Колісні і гусеничні машини» Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут».

## ВОПРОСЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МЕТОДОЛОГИИ АНАЛИЗА И СИНТЕЗА СИСТЕМ ПОДРЕССОРИВАНИЯ ВОЕННЫХ ГУСЕНИЧНЫХ И КОЛЕСНЫХ МАШИН

В.В. Дуценко

*Представлена усовершенствованная методология анализа и синтеза систем подрессоривания военных гусеничных и колесных машин, которая содержит этапы разработки достоверной математической модели движения машины, функционально-физического и вещественно-полевого анализов узлов подвески, а также постановку задачи и синтез новых патентоспособных технических решений и физических принципов действия упомянутых узлов.*

**Ключевые слова:** система подрессоривания, упругие элементы, демпфирующие устройства, тепловая напряженность, анализ, синтез, физические принципы действия, технические решения, физические эффекты.

## QUESTIONS OF PERFECTION OF METHODOLOGY OF THE ANALYSIS AND SYNTHESIS OF SYSTEMS OF CUSHIONING OF MILITARY TRACK AND WHEEL VEHICLES

V. Dushchenko

*The advanced methodology of the analysis and synthesis of systems of a cushioning of military track and wheel vehicles which contains development cycles of authentic mathematical model of vehicle movement, its functional-physical and substance – field analyses of attachment lugs, and also problem statement and synthesis of new patentable technical decisions and physical principles of the mentioned lugs operation is presented.*

**Keywords:** cushioning, elastic elements, damping devices, thermal strain, analysis, synthesis, physical operating principles, technical solutions and physical effects.

УДК 623.67:623.36

Ю.В. Кравченко<sup>1</sup>, Р.А. Миколайчук<sup>1</sup>, Ю.О. Фтемов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Національний університет оборони України, Київ

<sup>2</sup>Академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів

## КОНЦЕПТУАЛЬНІ ОСНОВИ ПОБУДОВИ СИСТЕМИ ДИНАМІЧНОГО МІНУВАННЯ

*Висвітлено проблемні питання застосування інженерних загороджень в сучасних воєнних конфліктах, для вирішення яких пропонується побудова та застосування системи динамічного мінування. Виявлено відсутність науково-методичного апарату для синтезу підсистем системи інженерних загороджень з динамічною структурою. Застосовано алгебраїчний підхід до формалізації процесів функціонування системи динамічного мінування. Визначено концептуальні основи побудови системи динамічного мінування з метою підвищення ефективності мінно-вибухових загороджень.*

**Ключові слова:** мінно-вибухові загородження, ефективність інженерних загороджень, система динамічного мінування.