

ОЦІНКА НАПРЯМКІВ ЗНИЖЕННЯ ТЕПЛОВОЇ НАПРУЖЕНОСТІ ДЕМПФІРУЮЧИХ ПРИСТОЇВ ПІДВІСКИ ГУСЕНИЧНИХ ТА КОЛІСНИХ МАШИН

Постановка проблеми. При проектуванні систем підресорювання (СП) швидкохідних військових гусеничних та колісних машин (ВГКМ), досить часто, головною проблемою є не саме знаходження оптимальних параметрів підвіски, а забезпечення допустимої теплової напруженості її демпфіруючих пристроїв (ДП) при реалізації даних параметрів. Дотримання теплового балансу необхідне для запобігання перегріву робочої рідини або поверхонь тертя, руйнування ущільнень і виходу з ладу всього вузла. Крім того, негативний вплив вносить висока температурна нестабільність характеристик ДП, що вимагає при виборі параметрів СП, приймати необхідні заходи для зниження їх теплової напруженості.

Аналіз останніх публікацій. Відомі декілька напрямків зниження теплової напруженості ДП ВГКМ та стабілізації їх характеристик. Одним з них є застосування у тому чи іншому вигляді спеціальних систем охолодження ДП – традиційних, на основі охолоджуючої рідини, або нетрадиційних, наприклад, із застосуванням теплової труби [1,2,3]. Також розроблено нетрадиційні системи стабілізації температури та охолодження ДП підвіски ВГКМ на основі використання фізичних ефектів фазових переходів [4,5].

Ціль досліджень. Провести оцінку напрямків зниження теплової напруженості ДП та зробити висновки щодо перспектив їх застосування.

Кількість тепла, яке ДП повинні розсіювати в одиницю часу або, інакше кажучи, необхідна потужність, що поглинається ними, визначається вимогами до плавності ходу ВГКМ (її прохідній висоті нерівностей), середніми швидкостями руху й часом можливого руху ГКМ в заданих дорожніх умовах, у певному швидкісному режимі, без перегріву ДП. Встановлено, що в екстремальних умовах руху, ДП підвіски важкої ВГКМ повинні поглинати і розсіювати до 7кВт на тонну ваги машини. З огляду на те, що на коливання корпусу машини, які потім гасять зазначені пристрої, витрачається енергія двигуна, неважко підрахувати, що значна частина його потужності губиться в ДП СП.

На рис.1 представлені залежності потужностей, що поглинаються телескопічними гідроамортизаторами (ГА) кожної підвіски від швидкості руху гусеничної машини (ГМ) вагою 19т по синусоїдальному профілю нерівностей з відстанню між вершинами дві бази машини (2L). Висоти нерівностей і швидкості руху відповідають швидкісній характеристиці СП ГМ. Тут же представлений графік потужності $N_{a.дон.}$, яку даний ГА здатний розсіювати в навколишній простір на грані перегріву при температурі навколишнього середовища 20⁰С.

З аналізу кривих виходить, що на швидкостях руху до 21км/год, при максимальних припустимих по вимогах плавності ходу, висотах нерівностей, перегрів ГА спостерігатися не буде. Із збільшенням швидкості руху ГА 1-ї підвіски почне перегріватися. На швидкості руху, більшу за 32км/год, наступить перегрів ГА 2-ї підвіски, а на швидкостях руху, більших за 51км/год, будуть перегріватися ГА усіх підвісок.

Варто помітити, що наведені цифри відповідають найбільш важким режимам руху. Вони служать для орієнтування при оцінці теплової напруженості ДП і використовуються в якості обмежень при оптимізації параметрів СП. У реальних ситуаціях, перед в'їздом

ГМ на ділянку з важкими дорожніми умовами, ДП можуть мати невисоку температуру, а отже і запас по кількості тепла, що буде ними поглинатися і витратитися на їх нагрів до граничної температури. На це піде певний час, за який машина може встигнути проїхати дану ділянку. Крім того, імовірно зниження швидкості руху через обмеження по тягових можливостях двигуна, що зменшить потужність, яка поглинається ДП. І, нарешті, висоти нерівностей можуть бути меншими, ніж максимально припустимі по швидкісній характеристиці, для якої й побудовані розглянуті залежності.

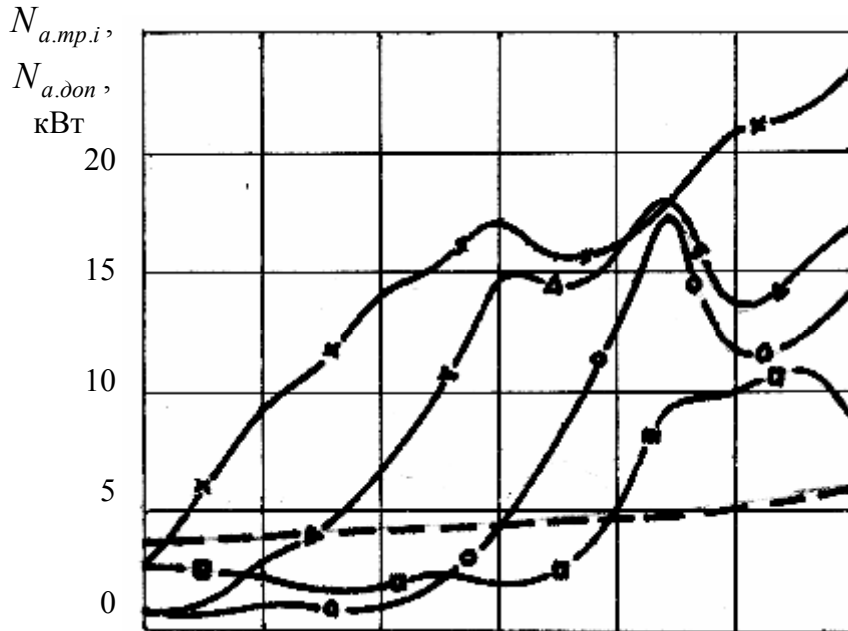


Рис. 1. Баланс потужностей телескопічних ГА ГМ

Потужності $N_{a.mp.i}$, що поглинаються ГА:

- x— 1-ша підвіска; —Δ— 2-га підвіска; —○— 6-та підвіска; —□— 7-ма підвіска;
- — — $N_{a.dop}$ - допустима потужність ГА при $\Delta t = 160^\circ\text{C}$

Тим не менш, наведений приклад свідчить, що пікова потужність ДП повинна бути мінімум у 3 рази більша за існуючу. Саме тому, при проектуванні сучасних СП швидкохідних ВГКМ, питанню теплової напруженості ДП приділяють велику увагу і застосовують наступні напрямки її зниження.

1. Як правило, самим теплонапруженим є ДП 1-ї підвіски, тому, зробивши його характеристики більше "м'якими" і зменшивши потужність, яка ним поглинається, тим самим довантажують менш теплонапружені ДП інших підвісок і виводять їх приблизно на один рівень. При цьому необхідно перевіряти, чи зберігається необхідна плавність ходу. Даний напрямок використовується для зниження теплової напруженості телескопічних ГА вітчизняних основних танків, коли ГА 1-ї підвіски має на зворотньому ході набагато менший опір, ніж ГА 2-ї та 6-ї підвісок. Це дозволило знизити його теплову напруженість та забезпечити працездатність. Однак, цей напрямок не є оптимальним, бо призводить до зниження енергоємності ДП підвіски у цілому.

2. Застосовується термоклапан, який різко знижує опір ГА при перегріві, що забезпечує його остигання до певної температури. Термоклапани використовуються у телескопічних ГА вітчизняних основних танків. Полігонні випробування показали, що на різних підвісках вони спрацьовують не одночасно і плавність ходу машини зменшується.

ся незначно. Але це спостерігається при середніх швидкостях руху до 25...30 км/год. Із збільшенням швидкості відключення ГА навіть однієї підвіски призводить до суттєвого погіршення плавності ходу, а ймовірність частого відключення ГА перших підвісок різко збільшується.

3. Підвищуються допустимі межі теплової напруженості. Для цього використовуються більш термостійкі робочі рідини, матеріали для ущільнень та покриття дисків тертя. Так, замість робочих рідин на основі мінеральних масел (робоча температура до 130⁰С) використовуються напівсинтетичні та синтетичні масла (робоча температура до 200⁰С і більше). Недоліком є висока вартість таких робочих рідин та недостатнє підвищення енергоємності ДП.

4. Використовуються додаткові ДП - гідропідресорники (гідроупори, гідробуфери), які мають високу енергоємність і вступають у роботу тільки у важких дорожніх умовах та екстремальних режимах руху, наприкінці динамічного ходу підвіски. Яскравим прикладом є гідроупори СП основного танка Леопард-2 (ФРН), який має середню швидкість на місцевості 50...55 км/год. В АО ХТЗ ім. С.Орджонікідзе разом з фахівцями кафедри «Колісні і гусеничні машини» ім. О.О. Морозова НТУ «ХПІ», для нового покоління машин, були розроблені та випробувані гідропідресорники з регулюванням опору в залежності від ходу підвіски, які виключали один з головних недоліків додаткових ДП – досить великий скачок (на 0,5...0,7g) вертикальних прискорень у момент вступу їх у роботу та забезпечили можливість використання серійних ГА з одночасним значним підвищенням плавності ходу [6,7]. Проведені полігонні випробування підтвердили позитивні висновки теоретичних досліджень.

5. Застосовуються спеціальні системи охолодження ДП. Це можуть бути традиційні рідинні системи, які найчастіше використовуються для охолодження пневмогідравлічних ресор гідропневматичних підвісок, а також нетрадиційні, які використовують принцип теплової труби. Така система охолодження була розроблена і запатентована на кафедрі «Колісні і гусеничні машини» ім. О.О. Морозова [3] для телескопічного ГА основного танка. Вона відрізняється простотою конструкції, високою надійністю та дозволяє відводити до 10 кВт потужності, що підвищує повну енергоємність ГА до 15 кВт, тобто у 3 рази. Також, автором була розроблена і запатентована система стабілізації температури ГА на основі використання фазових переходів I-го роду, які відбуваються з натрієм, що розмішений у додатковій порожнині ГА [5]. Саме ці, нетрадиційні системи охолодження і стабілізації дозволяють кардинально вирішити проблему теплової напруженості ДП, не підвищуючи складності конструкції, її вартості, забезпечивши при цьому високу надійність. Цей напрямок представляється найбільш перспективним.

Розглядаючи проблему теплової напруженості ДП підвіски ВГКМ необхідно вказати і на наступне. Істотно знизити теплову напруженість ДП можна, застосувавши систему керування характеристиками вузлів СП, що буде запобігати розгойдуванню корпусу машини, а, отже, не буде чого й гасити. Але цей напрямок на сьогоднішній день, у випадку ВГКМ, із зрозумілих причин, поки що являє собою віддалену перспективу.

Більш реальним є перехід до ДП з новим фізичним принципом дії, тобто від найпоширених гідравлічних амортизаторів до забутих фрикційних амортизаторів (ФА). Дані ДП вже застосовуються на згаданому вище основному танку Леопард-2, СП якого вважається однією з найкращих у світі. Принципово ФА відрізняється від ГА лише тим, що його зусилля опору постійне або залежить від ходу підвіски, на відміну від останнього, де зусилля опору, в загальному випадку, залежить від швидкості переміщення вузла підвіски. Як показали дослідження, проведені автором, ця відмінність кардинальним чином впливає не тільки на коливання підресореного корпусу машини і рівень вертикальних прискорень, а й на теплову напруженість ДП, знижуючи її у 1,7 рази [8].

Висновки.

1. Нетрадиційні системи охолодження і стабілізації на основі використання теплової труби та фазових переходів I-го роду дозволяють кардинально вирішити проблему теплової напруженості ДП, не підвищуючи складності конструкції, її вартості, забезпечивши при цьому високу надійність.

2. Одним з перспективних напрямків зниження теплової напруженості ДП є перехід від гідравлічних до фрикційних амортизаторів.

Література: 1. Дуценко В.В. Выбор конструктивных параметров тепловой трубы системы охлаждения демпфирующих устройств подвески гусеничных машин / В.В. Дуценко, А.В. Дудка // Вестник НТУ „ХПИ”. Сб. науч. трудов. – 2005. – Вып. 37. – С. 85–92. 2. Дуценко В.В. Математическое моделирование работы тепловой трубы системы охлаждения демпфирующих устройств подвески гусеничных машин / В.В. Дуценко, А.В. Дудка // Вестник НТУ „ХПИ”. Сб. науч. трудов. – 2007. – Вып. 33. – С. 53–60. 3. Пат. 21950 на корис. мод., Україна, МПК F16F 9/00, B60G 13/00. Гідравлічний амортизатор / Дуценко В.В., Дудка О.В.; заявник і патентовласник Нац. Техн. Ун-т „Харків-ї політехн. ін-т”. – № у 200611381; заявл. 30.10.06; опубл. 10.04.07, Бюл. № 4. 4. Дуценко В.В. Стабілізація температури та охолодження демпфіруючих 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. 5. Пат. 37868 на корис. мод., Україна, МПК F16F 9/00. Гідравлічний амортизатор / Дуценко В.В., Бабіч С.М.; заявник і патентовласник Нац. Техн. Ун-т „Харків-ї політехн. ін-т”. – № у 200809280; заявл. 16.07.08; опубл. 10.12.08, Бюл. № 23. 6. Дуценко В.В. Математическая модель гидравлического подрессорника транспортной гусеничной машины / В.В. Дуценко, С.Н. Воронцов // Вестник ХГПУ, Сб. науч. трудов. – 1999. – Вып. 7. – С. 276–279. 7. Дуценко В.В. Выбор оптимальных параметров гидравлических подрессорников / В.В. Дуценко, С.М. Воронцов // Механіка та машинобудування. – 1999. – №1. – С. 192–200. 8. Дуценко В.В. Оценка физических принципов действия демпфирующих устройств систем подрессоривания по их влиянию на плавность хода транспортных средств / В.В. Дуценко // Вісник Харк. НТУ сільського господарства. Сб. наук. праць. – 2011. – Вип. 115. – С. 231–237.

Bibliography (transliterated): 1. Duwenko V.V. Vybory konstruktivnykh parametrov teplovoj truby sistemy ohlazhdenija dempfirujuvixh ustrojstv podveski gusenichnykh mashin / V.V. Duwenko, A.V. Dudka // Vestnik NTU „HPI”. Sb. nauch. trudov. – 2005. – Vyp. 37. – S. 85–92. 2. Duwenko V.V. Matematicheskoe modelirovanie raboty teplovoj truby sistemy ohlazhdenija dempfirujuvixh ustrojstv podveski gusenichnykh mashin / V.V. Duwenko, A.V. Dudka // Vestnik NTU „HPI”. Sb. nauch. trudov. – 2007. – Vyp. 33. – S. 53–60. 3. Pat. 21950 na koris. mod., Ukraina, MPK F16F 9/00, B60G 13/00. Gidravlichnij amortizator / Duwenko V.V., Dudka O.V.; zajavnik i patentovlasnik Nac. Tehn. Un-t „Harkiv-j politehn. in-t”. – № u 200611381; zajavl. 30.10.06; opubl. 10.04.07, Bjul. № 4. 4. Duwenko V.V. Stabilizacija temperaturi ta oholodzhennja dempfirujuchih pristroiv pidviski vijs'kovih gusenichnih ta kolisnih mashin na osnovi vikoristannja effektiv fa-zovih perehodiv / V.V. Duwenko // Vestnik NTU „HPI”. Sb. nauch. trudov. – 2008. – Vyp. 46. – S. 77–82. 5. Pat. 37868 na koris. mod., Ukraina, MPK F16F 9/00. Gidravlich-nij amortizator / Duwenko V.V., Babich S.M.; zajavnik i patentovlasnik Nac. Tehn. Un-t „Harkiv-j politehn. in-t”. – № u 200809280; zajavl. 16.07.08; opubl. 10.12.08, Bjul. № 23. 6. Duwenko V.V. Matematicheskaja model' gidravlicheskogo podressornika transport-noj gusenichnoj mashiny / V.V. Duwenko, S.N. Voroncov // Vestnik HGPU, Sb. nauch. trudov. – 1999. – Vyp. 7. – S. 276–279. 7. Duwenko V.V. Vybory optimal'nykh parametrov gidravlicheskih podressornikov / V.V. Duwenko, S.M. Voroncov // Mehanika ta ma-shinobuduvannja. – 1999. – №1. – S. 192–200. 8. Duwenko V.V. Ocenka fizicheskih prin-cipov dejstvija dempfirujuvixh ustrojstv sistem podressorivannja po ih vlijaniju na plavnost' hoda transportnyh sredstv / V.V. Duwenko // Visnik Hark. NTU sil's'kogo gospodarstva. Sb. nauk. prac'. – 2011. – Vip. 115. – S. 231–237.

Дущенко В.В.

**ОЦЕНКА НАПРАВЛЕНИЙ СНИЖЕНИЯ ТЕПЛОВОЙ НАГРУЖЕННОСТИ
ДЕМПФИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ ПОДВЕСКИ ГУСЕНИЧНЫХ И КОЛЕСНЫХ
МАШИН**

Проведена оценка возможных направлений снижения тепловой напряженности демпфирующих устройств подвески, наиболее перспективными из которых являются применение нетрадиционных систем охлаждения и стабилизации на основе использование тепловой трубы и фазовых переходов I-го рода.

Dushchenko V.V.

**ESTIMATION OF DIRECTIONS OF DECLINE OF THERMAL LOADING OF
DAMPING DEVICES OF A SUSPENSION SYSTEM OF CATERPILLAR AND
WHEELED MACHINES**

The estimation of possible directions of decline of thermal tension of snubbers is conducted pendants most perspective from that it is been application of the un conventional systems of cooling and stabilizing on the basis of use of thermal pipe and phase transitions of I of family.

УДК 539.3

*Карпейчик И.Н., канд. эконом. наук; Чепурной А.Д., д-р техн. наук;
Ткачук Н.А., д-р техн. наук*

**МНОГОУРОВНЕВЫЕ ГИБРИДНЫЕ РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ
МОДЕЛИ ДЛЯ СИНТЕЗА ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕМЕНТОВ
СПЕЦИАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ**

Введение. Современное машиностроения характеризуется резкой интенсификацией проектных работ по созданию специальных транспортных средств с высокими техническими и тактико-техническими характеристиками (ТТХ). В этих условиях особые требования предъявляются к степени адекватности расчетных моделей наиболее ответственных и нагруженных элементов этих машин. Следует принять во внимание также и степень ответственности при принятии проектно-технологических решений, базирующихся на создаваемых расчетных моделях. В частности, особую важность при этом приобретают проблемы, связанные с разработкой и изготовлением элементов высокоответственных технологических, военных, транспортных машин специального назначения. Это, например, машины для работы на режимных объектах (аэродромы, АЭС, предприятия химической промышленности), машины для транспортировки опасных грузов (жидкостей, газов и т.д.), боевые машины (бронетранспортеры, боевые машины пехоты, тягачи), элементы заправочных комплексов для ракетной техники и т.д. К таким машинам предъявляются особые повышенные требования. При этом условия работы данных машин сопряжены с выполнением широкого спектра регламентированных операций или боевых задач, а выполняемые функции настолько ответственны, что требуется высокая прочность, надежность, недопущение поломок и аварий. При проектировании таких машин в силу наличия многих трудноучитываемых факторов, стохастических воздействий, разного рода нелинейностей заранее сложно предвидеть и рассчитать действующие в ходе их эксплуатации нагрузки. Это усложняет расчетное обоснование рациональных параметров высокоответственных элементов данных машин.