

Гречка І.П., канд. техн наук, доцент
ORCID 0000-0003-4907-9170

Ткачук М.А., д-р техн наук, професор
ORCID 0000-0002-4174-8213

Грабовский А.В., д-р техн наук,
ORCID 0000-0002-6116-0572

Ткачук М.М., д-р техн наук
ORCID 0000-0002-4753-4267

Голенко С.О.
ORCID 0009-0009-3078-2473

Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»

Хованський С.О., канд. техн наук, доцент
ORCID 0000-0003-2435-7787

Сумський державний університет

КОМПЛЕКСНІ МОДЕЛІ ЗВ'ЯЗАНИХ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У ГІДРОМАШИНАХ ІЗ ВИСОКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

Для сучасних гідро- та пневмоагрегатів характерними є низка особливостей та тенденцій [1–3].

Зокрема на етапі проєктних досліджень необхідно забезпечувати високі характеристики, які стосуються ККД, міцності, довговічності, здатності здійснювати передачу тих чи інших рухів, швидкодії, чутливості тощо. Ці різномірні критерії та обмеження у багатьох випадках вступають у взаємні протиріччя. З іншого боку, функціональні властивості тих чи інших, для прикладу, гідромашин визначаються різними фізико-механічними процесами і станами, що реалізуються при виконанні роботи, заради якої, власне, і створюються такі агрегати. Тому моделювання цих процесів і станів є невід'ємною складовою згаданих проєктних досліджень.

Отже, розглядаючи ту ж проєктовану гідромашину із системної точки зору, маємо низку процесів і станів, які необхідно аналізувати, а також – множину критеріїв та обмежень, які необхідно задовольняти. Таким чином, ситуація, що складається, змушує застосовувати, не просто низку моделей, що пов'язують (кожна) «певний процес (чи

стан) – певна технічна характеристика», а – «комплекс процесів (станів) – множина характеристик».

Зазначена особливість задач проектних досліджень об'єктивно формує одну із важливих тенденцій, що цим дослідженням об'єктивно притаманні. Дійсно, на етапі розв'язання задач аналізу необхідно поєднувати у єдине ціле процеси і стани різної природи, що між собою знаходяться у взаємовпливі та взаємозв'язках. Надалі на етапі синтезу необхідно задля задоволення цілої множини критеріїв та обмежень здійснювати цілеспрямоване поліпшення поточних технічних рішень проєктованих конструкцій, причому ці технічні рішення формуються, своєю чергою, сукупністю варійованих компоновок, структур, параметрів тощо.

Як результат, на етапі проектних досліджень виникає системна проблема, яка полягає у відсутності комплексних математичних і чисельних моделей зв'язаних процесів і станів, які (моделі) придатні для розв'язання також і задля синтезу.

Для вирішення сформованої проблеми розроблено новий підхід, що базується на розвитку та адаптації методу узагальненого параметричного моделювання процесів і станів у складних системах. Цей підхід полягає в інтеграції у частині моделі процесів і станів узагальнених параметрів. Ці параметри охоплюють параметри, що визначають усі чинники, які визначають технічні рішення проєктованих машин (структура, склад, компоновка, геометричні розміри, властивості робочих рідин та конструкційних матеріалів тощо).

Зазначену інтеграцію неможливо застосовувати для загального випадку довільного проєктованого об'єкту, проте вона можлива для певного класу машин. Із цією метою необхідно залучати досвідчених експертів, які виконують ту частину роботи, яку важко формалізувати іншим способом. Тобто, на основі накопиченого досвіду визначаються чинники, які формують, з одного боку, модельовані процеси і стани, а, з іншого, – варійовані технічні рішення. Якраз такі узагальнені параметричні моделі створюють можливість здійснювати усі проектні дослідження певного класу машин на єдиній платформі. Відповідно, у подальшому це створює основу для формування спеціалізованих баз знань та експертних систем для того чи іншого класу машин.

Як ілюстрація дієвості розробленого підходу – проєктні дослідження радіальних гідропередач для перспективних трансмісій вітчизняних бойових броньованих машин.

Ці машини працюють у важких умовах, за високих та рваних рівнів діючих навантажень, а також жорстких обмежень на габаритні розміри. Окрім того, існує стійкий тренд на зростання питомої потужності основного силового агрегату (тобто відношення потужності двигуна до загальної маси машини). Це, своєю чергою, інтенсифікує режими навантаження, зокрема, гідропередач у складі трансмісій.

Зокрема, в Україні створені унікальні двигуни для бронетехніки серій 3ТД, 5ТД, 6ТД. Вони мають різні модифікації із різним рівнем форсованості (та, відповідно, потужності). Для передачі потужності на рушій та підвищення рухливості бойових броньованих машин серед інших варіантів розробляються гідрооб'ємні передачі.

Наприклад, для перспективних танкових трансмісій ДП «Харківське конструкторське бюро машинобудування імені О. О. Морозова» створило радіальну гідрооб'ємну передачу ГОП-900 [2]. Ця передача має у своєму складі насос та гідромотор, які оснащені кульковими поршнями. Ці поршні здійснюють комбінований рух: зворотньо-поступальний – у циліндрі (ротор) та кочення – уздовж бігової доріжки статора.

Для такого типу гідропередач характерними процесами і станами є: кінематика складного руху поршнів; силове навантаження поршнів, блоку циліндрів та статорного кільця; перехідні та усталені гідродинамічні процеси при перекачуванні робочої рідини із насоса у гідромотор та здійсненні тиску на поршні; контактна взаємодія кулькового поршня із біговою доріжкою статорного кільця та стінками блоку циліндрів; напружено-деформований стан основних силових елементів гідропередачі, тертя та зношування у рухомих з'єднаннях деталей гідропередачі тощо. Усі ці процеси і стани між собою зв'язані: вони взаємовпливають та взаємозалежні. Отже, їх необхідно розглядати у єдиній комплексній моделі. Така модель була побудована та використана для проєктних досліджень цих **радіальних гідропередач**.

Якщо розглядати проблематику із точки зору технічних рішень, то слід зазначити, що визначальними узагальненими параметрами

для гідропередачі є: компоновальна схема; геометрична форма блоку циліндрів та бігової доріжки статорного кільця; розмір та властивості матеріалу кулькового поршня; робочий об'єм робочої рідини та конфігурація робочих порожнин насоса та гідромотора; фізико-механічні властивості робочої рідини (оливи), і конструкційних матеріалів, із яких виготовляються деталі статора і ротора тощо. Відповідно, усі ці узагальнені параметри формують простір, довільна точка якого описує поточний варіант технічного рішення гідропередачі. Якраз шляхом цілеспрямованого варіювання зазначених варійованих параметрів можливе поліпшення технічних характеристик проєктованих гідропередач. При цьому слід зазначити, що для кожної точки згаданого параметричного простору формується ланцюг моделей та задач, «нанизаних» саме на інтегрований у ці моделі узагальнений параметричний опис.

Описаний підхід дав можливість обґрунтувати раціональні технічні рішення радіальних гідрооб'ємних передач для вітчизняної броньованої техніки із високими тактико-технічними характеристиками.

Список використаних джерел

1. Гречка І.П., Ткачук М.М., Сериков В.І., Ткачук М.А., Грабовський А.В., Ткачук Г.В., Васильєв А.Ю., Льозний О.С., Голенко С.О. Базові підходи до аналізу зв'язаних фізико-механічних процесів і станів у елементах радіальнопоршневих гідропередач // Вісник Національного технічного університету «ХПІ», серія: Машинознавство та САПР, №2, 2025. С. 46–57.

2. Аврунін Г.А., Глушкова Д.Б. Еволюція пар тертя в об'ємних гідромашинах завдяки досягненням у матеріалознавстві та технологіях. Вісник ХНАДУ, 2023. Вип. 103. С. 94–103.

3. Kiurchev S., Luzan P., Zasiadko A., Radionov H., Boltianska N. Influence of the flow area of distribution systems on changing the operating parameters of planetary hydraulic motors. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. № 1021. 2021. P. 012037.