

АНАЛІЗ КОМПОНУВАЛЬНИХ СХЕМ І ШЛЯХИ ПОКРАЩЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОГО СТАНУ ІНЕРЦІЙНИХ ПЛАНЕТАРНИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ ОБЕРТОВОГО МОМЕНТУ

У статті поданий аналіз компоновальних схем інерційних планетарних передач, відзначені фактори, що негативно впливають на працездатність при їх використанні як трансформаторів обертового моменту, а також шляхи їх подолання. Зосереджено увагу на умовах працездатності відзначених передач на основі тільки імпульсного планетарного механізму. На основі аналізу запропонована класифікація напрямів створення інерційних планетарних трансформаторів обертового моменту та відзначені характерні за спільними ознаками впливу сил інерції групи.

Використання інерційних планетарних передач як безступеневих автоматичних механічних трансформаторів обертового моменту від початку їх створення долає труднощі забезпечення працездатного стану, пов'язані зі специфічним впливом сил інерції.

Автори всебічно проаналізували з точки зору системного підходу до створення технічних об'єктів відомі схеми інерційних планетарних передач, котрі послужили основою відповідних напрямів створення інерційних планетарних трансформаторів обертового моменту (ІПТОМ). В результаті аналізу запропонована багатоваріантна структура ІПТОМ, яка подана в таблиці 1.

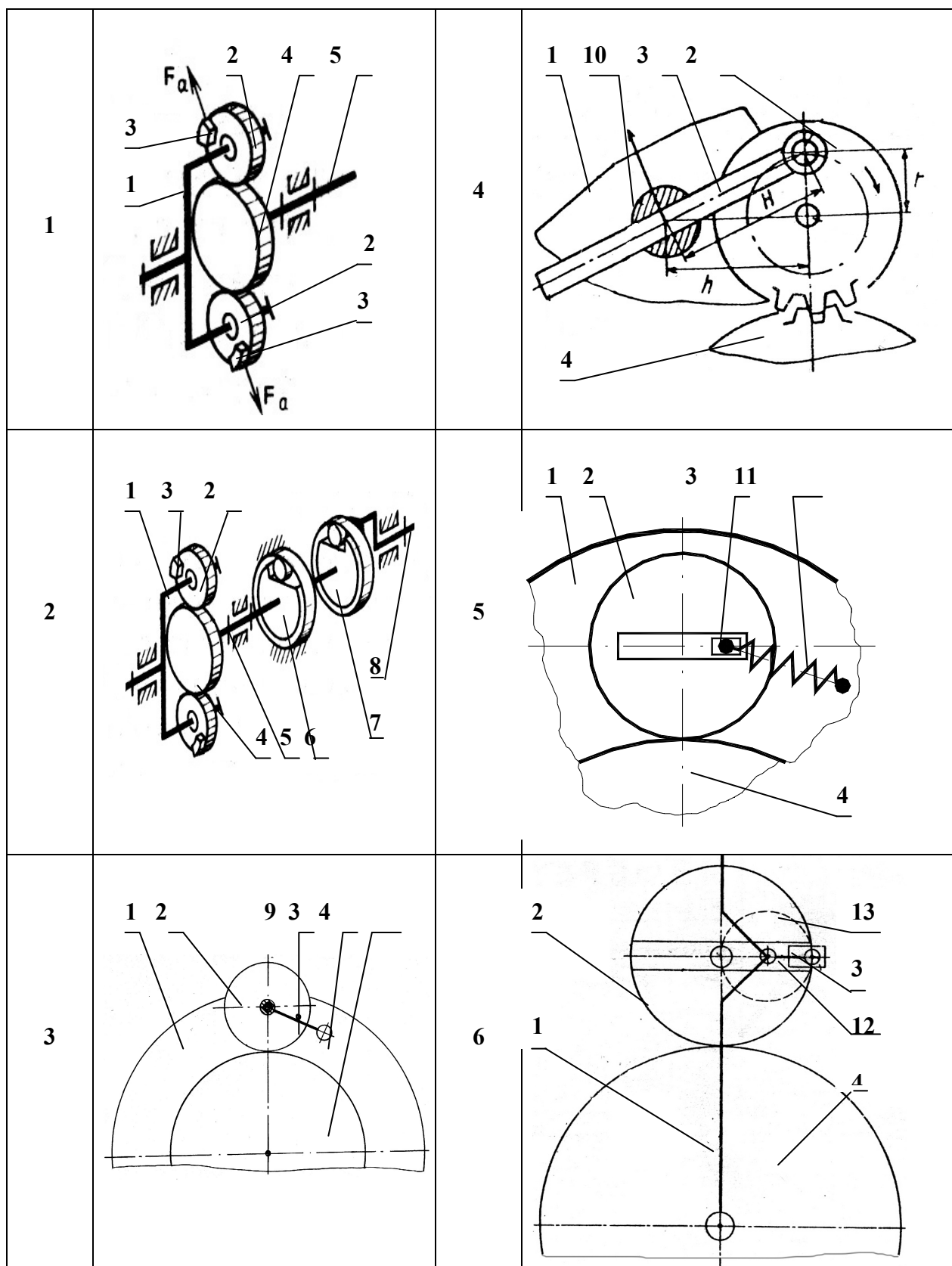
У поз.1 показана схема базового імпульсного планетарного механізму, до якого належить ведуче водило 1, сателіти 2 з жорстко посадженими на них дебалансами 3, а також центральне колесо 4 і вихідний вал 5 [1]. При обертанні водила 1 сателіти 2 котяться навколо центрального колеса 4, у результаті чого на дебалансах 3 виникають сили інерції. Впливаючи на обертання сателітів 2, переносні сили інерції формують на центральному колесі 4 знакозмінний обертовий момент. Відносні сили інерції, не впливаючи безпосередньо на центральне колесо 4, негативно діють на водило 1 і кінематику передач в цілому. Відзначені недоліки базового імпульсного планетарного механізму не дозволяють використовувати його як трансформатор моменту.

Відомі конструктивні рішення ІПТОМ з базовим імпульсним планетарним механізмом передбачають усунення негативних імпульсів обертового моменту перетворювачами руху у вигляді механізмів вільного ходу (МВХ) [2]. Позитивний імпульс моменту передається через корпусний МВХ 6 (поз.2) та вихідний МВХ 7 на вихідний вал 8 трансформатора. При негативному імпульсі моменту спрацьовує корпусний МВХ 6, не дозволяючи можливості центральному колесу 4 обертатися в зворотньому напрямі. Замикання на корпус центрального колеса 4 зумовлює розгін переносними силами інерції водила 1, що нейтралізує негативний вплив відносних сил інерції. Вихідний МВХ 7 зменшує нерівномірність обертання валу 5, періодично зв'язуючи його з вихідним валом 8 трансформатора при досягненні обертів останнього.

Таблиця 1

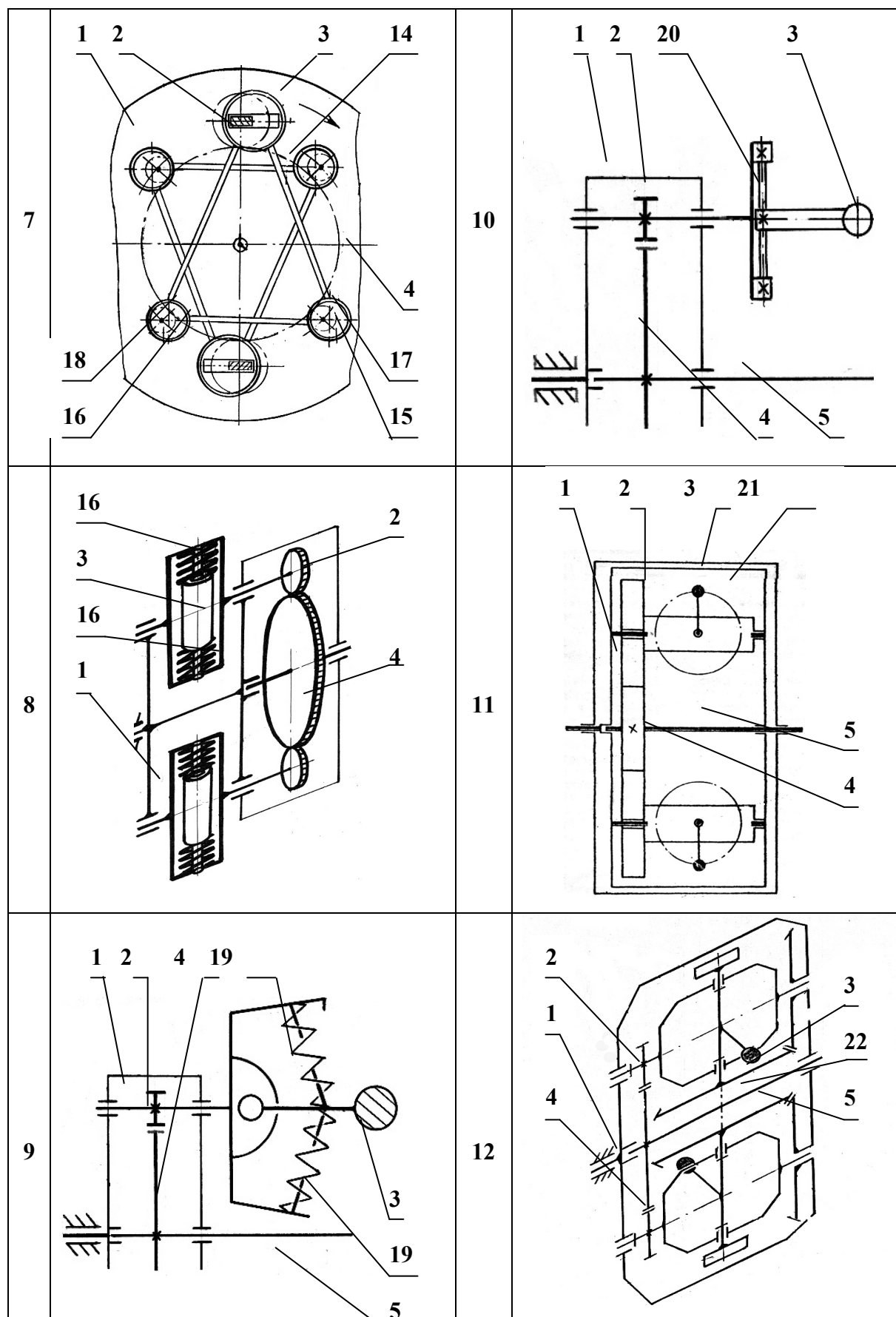
Багатоваріантна структура інерційних планетарних трансформаторів обертового моменту

№ поз.	Схема передачі	№ поз.	Схема передачі
1	2	1	2



Продовження табл.1

1	2	1	2
---	---	---	---



Синтез та дослідження оптимальних варіантів імпульсних планетарних механізмів та перетворювачів руху (передача Х.Хоббса, імпульсний планетарний

механізм С.Ф.Левіна, дослідження жорсткої (М.Ф.Балжі) та пружної (А.І.Леонов) схем ПТОМ) дають певну перспективу, однак ефективне використання конструктивних рішень даного напрямку обмежує низька довговічність МВХ.

У ряді компоновальних схем передбачено переміщення дебалансів відносно сателітів з метою утворення знакопостійного моменту безпосередньо на вихідному валі імпульсного планетарного механізму.

Зображений у поз.3 механізм включає шарнірно розміщені на осях сателітів 2 та періодично зв'язані з ними за допомогою пальців 9 дебаланси 3 [3], що зумовлює передачу на центральне колесо 4 лише позитивних імпульсів переносних сил інерції. Аналогічно періодичний жорсткий зв'язок дебалансів з сателітами забезпечують МВХ на сателітах [4]. Однак ефективне використання конструкцій даного напрямку як трансформаторів моменту ускладнене, насамперед, непередбаченістю кінематики дебалансів та негативним впливом відносних сил інерції на водило, а також низькою довговічністю.

Серед запропонованих конструктивних рішень інерційних планетарних передач з шарнірним ексцентричним зв'язком дебалансів з сателітами ряд конструкцій, наприклад [5,6], виявилися складними та малоефективними через обладнання їх регульовальними пристроями та фрикційними елементами для погашення виникаючих негативних імпульсів обертового моменту, що виникають. У зображеному в поз.4 інерційно-імпульсному механізмі [7] утворення знакопостійного моменту на центральному колесі 4 зумовлене переміщенням центру мас дебалансу 3 відносно втулки 10, зв'язаної з водилом 1. Однак самі автори пропонують використовувати конструкцію як інерційну муфту, оскільки передбачене в режимі трансформації обертання сателітів 2 навколо своєї осі ускладнене відчутним впливом відносних сил інерції.

Деякі компоновальні рішення передбачають утворення знакопостійного моменту на виході імпульсного планетарного механізму за рахунок повзунного переміщення дебалансів в одній з діаметральних площин сателітів. У зображеному в поз.5 механізмі [8] дебаланси 3 зорієнтовані на один бік від ліній, що з'єднують центри водила 1 і відповідних сателітів 2, за рахунок підпружинення їх пружинами 11. Забезпечуючи певні режими роботи, відзначена передача вимагає вдосконалення при використанні її на інших передбачених приводом режимах, наприклад, у стоповому чи режимі холостого ходу, що зумовлює впровадження допоміжних пристроїв [9], що ускладнюють конструкцію.

У поз.6 зображено імпульсний планетарний механізм [10], дебаланси 3 якого, переміщуючись в одній з діаметральних площин сателітів 2, обертаються завдяки шатунові 12 відносно водила 1. Однак ефективне використання передачі обмежене непередбаченістю кінематики дебалансів 3. Переміщуючись на коловій траєкторії 13, вони, найімовірніше, залишаться на осях сателітів 2, що не дозволяє сформувати на центральному колесі 4 обертового моменту. Окремі конструкції цього напрямку, наприклад [11], передбачають переміщення дебалансів на один бік від ліній, що з'єднують центри водила і відповідного сателіту, за рахунок ексцентрично відносно осей сателітів розміщених орбіт. Однак вони виявилися складними та малоефективними через неузгодженість динаміки з особливостями кінематики, зумовленої негативним впливом на водило відносних сил інерції.

Усунення відзначених у попередніх конструкціях негативних факторів передбачає конструктивне рішення [12]. У цьому випадку дебаланси 3 (поз.7) кінематично зв'язані з водилом 1 через тришарнірні шатуни 14 і кривошипи 15 і 16. Наявність жорстко посаджених на корінних шийках кривошипів 15 і 16 шестерень 17 і 18 діаметром

половини діаметра сателіту 2 сприяє закономірному переміщенню дебалансів 3. Відносні сили інерції зосереджені на водило 1 у зонах кривошипів 15 і 16, які передбачено розміщувати в іншій відносно відповідного сателіта 2 півплощині, що зумовлює узгодженість динаміки з особливостями кінематики. Працездатність деяких конструкцій цього напрямку [13,14] зумовлена впровадженням допоміжних регуляторів та муфт переключень, що ускладнює їх ефективне використання як автоматичних передач.

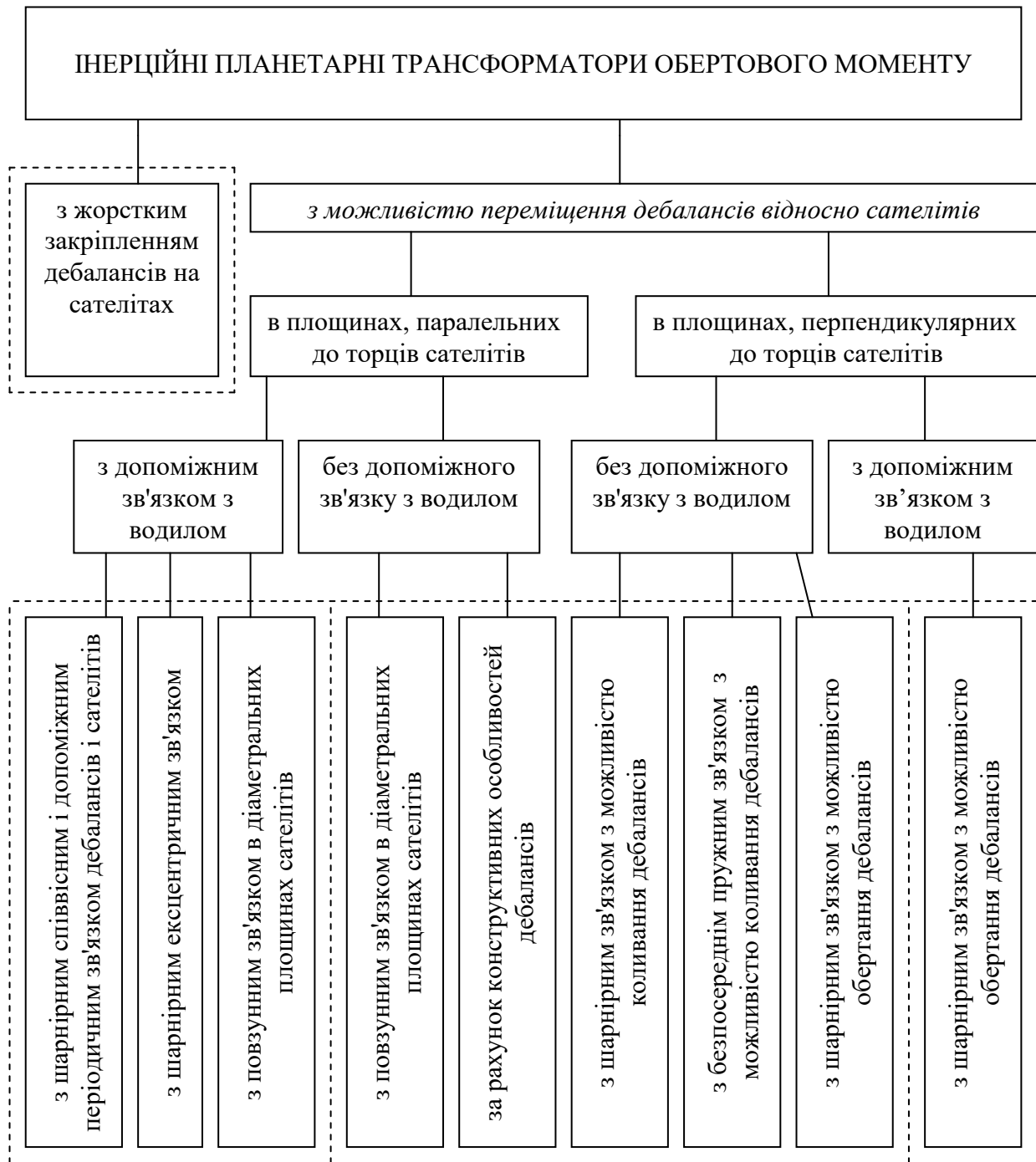


Рис.1. Класифікація напрямів створення та характерні групи інерційних планетарних трансформаторів обертового моменту.

Запропонована винахідником В.А.Петрушовим інерційна планетарна передача [15] передбачає повзунний зв'язок дебалансів з сателітами у діаметральних площинах сателітів без допоміжного зв'язку дебалансів з водилом. Однак, її ефективне використання обмежене непередбаченістю переміщення дебалансів, зумовленою негативним впливом відносних сил інерції. "Залягання" дебалансів трансформує передачу на базовий імпульсний планетарний механізм.

У зображеному в поз.8 трансформаторі моменту [16] відзначений вплив відносних сил інерції нейтралізується підпружиненням дебалансів 3 співвісно сателітам 2. Перебуваючи під впливом рівнодійної сил інерції та сил пружності пружин 16, дебаланси 3 зорієнтовані переносними силами інерції, що позитивно впливає на працездатність конструкції.

Ряд запропонованих конструкцій дозволяють, за висновками авторів [17,18,19], утворити знакопостійний момент на виході за рахунок конструктивних особливостей дебалансів при переміщенні їх у паралельних сателітам площинах. Однак використання передач з дебалансирами у вигляді металічного порошку чи кульок [17], в'язкої рідини [18] або замкнутого ланцюга [19] в силу багатьох причин виявилось малоефективним.

Утворення знакопостійного моменту на виході передачі передбачене також імпульсними планетарними механізмами, дебаланси яких можуть переміщуватися в перпендикулярних до торців сателітів площинах. В ШТОМ [20] дебаланси 3 (поз.9) шарнірно зв'язані з сателітами 2 і підпружинені пружинами 19 співвісно останнім. Деякі варіанти трансформатора [20] дозволяють переміщувати дебаланси 3 за рахунок кінематичного зв'язку їх і сателітів 2 безпосередньо пружним елементом, наприклад, торсіоном 20 (поз.10). Принцип дії конструктивних рішень [20] аналогічний [16].

Винахідник В.І.Довгополов запропонував автоматичний інерційний планетарний варіатор [21] з можливістю обертання дебалансів 3 (поз.11) навколо осі 21 за рахунок сил інерції. Однак передача характеризується непередбаченістю кінематики дебалансів через негативний вплив відносних сил інерції аналогічно [15]. Відмічені недоліки попередньої передачі усуває ШТОМ [22], дебаланси 3 (поз.12) якого кінематично зв'язані з водилом 1 з можливістю їх обертання з однаковими з сателітами 2 кутовими швидкостями, що забезпечує кінцева передача 22 з передаточним числом, що дорівнює одиниці. Постійне перебування по один бік від міжцентрової лінії 22 дебалансів 3 сприяє утворенню на центральному колесі 4 і вихідному валі 5 трансформатора знакопостійного моменту.

У результаті аналізу відомих конструвальних схем запропонована класифікація напрямів створення ШТОМ (див.рис.1), що за спільними ознаками впливу сил інерції на окремі ланки конструкції передбачає чотири характерні групи:

1. Трансформатори з жорстким закріпленням дебалансів на сателітах - характеризуються конструктивно простим імпульсним планетарним механізмом, проте необхідність погашення негативних імпульсів сил інерції вимагає впровадження МВХ, що негативно впливає на довговічність.

2. Трансформатори з можливим переміщенням дебалансів відносно сателітів у паралельних до торців сателітів площинах з допоміжним зв'язком дебалансів з водилом - характеризуються негативним впливом відносних сил інерції на водило. Передбачені деякими конструктивними рішеннями погашення відмічених негативних імпульсів призводять до ускладнення конструкцій.

3. Трансформатори з можливим переміщенням дебалансів відносно сателітів без допоміжного зв'язку з водилом - характеризуються непередбаченістю кінематики дебалансів. Запропоноване співвісне з сателітами підпружинення дебалансів нейтралізує вплив відносних сил інерції, що позитивно впливає на працездатність.

4. Трансформатори з можливим переміщенням дебалансів відносно сателітів у перпендикулярних до торців сателітів площинах з допоміжним зв'язком дебалансів з водилом - здатні утворити знакопостійний момент на виході, не передбачаючи за певних умов негативного впливу відносних сил інерції на водило, що досягається при обертанні дебалансів з рівними з сателітами кутовими швидкостями.

Незважаючи, таким чином, на ряд малоефективних відомих конструктивних рішень, деякі конструкції ПТОМ дозволяють позитивно оцінити перспективу розвитку даної автоматичної механічної передачі її впровадження у безступеневих трансмісіях транспортних засобів і приводах машин загального та спеціального призначення.

The scheme analysis of inertial planetary transfers is carried out. The factors are determined which negatively influence on their serviceability in case of use them as transformers of the rotary moment. Also the way of prevention of these factors is given. The special attention is given to consideration of conditions of serviceability of transfers on base only of pulse planetary mechanism. On the basis of the given analysis the classification of inertial planetary transformers of rotary moment is discussed and the groups with common influence of inertia forces are determined.

Література

1. Крайнев А.Ф. Словарь-справочник по механизмам. 2-е изд.-М.:Машиностроение, 1987.-560 с.
2. Леонов А.И. Инерционные автоматические трансформаторы вращающего момента.-М.: Машиностроение, 1978.-224 с., ил.
3. А.с. 979747 СССР, МКИ F16D43/20. Муфта предельного момента С.Г.Нагорняка/ С.Г.Нагорняк (СССР).-№ 325802/25-27; Заявлено 11.03.81; Оpubл. 07.12.82, Бюл.№ 45.-3с.
4. А.с. 295928 СССР, МКИ F16H31/00. Автоматический импульсивный планетарный вариатор/ В.Ф.Мальцев, А.Ф.Тришин, В.А.Саченко (СССР).-№ 1376255/25-28; Заявлено 20.10.69; Оpubл. 21.04.71, Бюл.№ 8.-2с.
5. А.с. 423956 СССР, МКИ F16H21/14. Устройство для передачи крутящего момента/ В.В.Зарщиков (СССР).-№ 1659495/25-28; Заявлено 29.04.71; Оpubл. 15.04.74, Бюл.№ 14.-2с.
6. А.с. 1440133 СССР, МКИ F16H33/14. Инерционно-импульсный механизм/ Н.Е.Осипов, В.С.Борисов, А.С.Борисов и др. (СССР).-№ 4213034/25-28; Заявлено 20.03.87.-3с.
7. А.с. 1693311 СССР, МКИ F16H33/14. Инерционно-импульсный механизм/ В.С.Борисов, А.С.Борисов, И.М.Володин, Л.П.Борисов (СССР).-№ 4722063/28; Заявлено 28.07.89; Оpubл. 23.11.91, Бюл.№ 43.-4с.
8. А.с. 647478 СССР, МКИ F16D7/04. Зубчатая предохранительная муфта/ С.Г.Нагорняк (СССР).-№ 2424989/25-27; Заявлено 01.12.76; Оpubл. 15.02.79, Бюл.№ 6.-3с.
9. Заявка № 99084575 на выдачу патенту України на винахід, МПК F16H31/00. Інерційний планетарний трансформатор моменту/ Г.М.Данилишин (Україна), Заявлено 10.08.99.-7с.
10. А.с. 868207 СССР, МКИ F16H31/00. Импульсный планетарный механизм/ И.М.Бендас, В.Г.Белоголазов, Э.Н.Меликов, В.Н.Гнездилов (СССР).-№ 2872561/25-28; Заявлено 18.01.80; Оpubл. 30.09.81, Бюл.№ 36.-3с.
11. А.с. 89256 СССР, МКИ F16H33/14. Планетарная инерционная передача с автоматическим изменением передаточного отношения/ Н.Н.Рахманов (СССР).-№ 386706; Заявлено 02.11.48.-3с.
12. Заявка № 99073945 на выдачу патенту України на винахід, МПК F16H31/00. Інерційний планетарний трансформатор моменту/ Г.М.Данилишин (Україна), Заявлено 12.07.99.-7с.
13. А.с. 1379540 СССР, МКИ F16H31/00. Импульсный планетарный механизм/ Г.В.Грудинин, А.Н.Самбарова (СССР).-№ 4070035/25-28; Заявлено 12.05.86; Оpubл. 07.03.88, Бюл.№ 9.-3с.
14. Патент 2049284 Российской Федерации, МКИ F16H33/14. Преобразователь крутящего момента/ А.В.Ашмаров (Российская Федерация).-№ 5062722/28; Заявлено 22.09.92; Оpubл. 27.11.95, Бюл.№ 33.-7с.
15. А.с. 100816 СССР, МКИ F16H31/00. Планетарная передача инерционного типа/ В.А.Петрушов (СССР).-№ 3722/10589/450038; Заявлено 06.04.54; Оpubл.в Бюл.№ 2 за 1963 г.-3с.
16. Патент 25659 України, МПК F16H31/00, B60K17/08. Трансформатор моменту/ Г.М.Данилишин (Україна).-№ 97104942; Заявлено 08.10.97; Оpubл. 25.12.98, Бюл.№ 6.-3с.
17. А.с. 861799 СССР, МКИ F16H33/08. Инерционная импульсная передача/ Н.Е.Осипов (СССР).-№ 2733980/25-28; Заявлено 11.03.79; Оpubл. 07.09.81, Бюл.№ 33.-2с.
18. А.с. 310072 СССР, МКИ F16H31/00. Автоматический инерционный планетарный вариатор скорости/ А.И.Юкна (СССР).-№ 1387694/25-28; Заявлено 15.12.69; Оpubл. 26.07.71, Бюл.№ 23.-2с.

МАШИНОБУДУВАННЯ ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА

19. А.с. 1020669 СССР, МКИ F16H31/00. Инерционно-импульсный планетарный механизм/ И.М.Данильченко (СССР).-№ 3368014/25-28; Заявлено 25.12.81; Опубл. 30.05.83, Бюл.№ 20.-3с.
20. Заявка № 99031245 на выдачу патенту України на винахід, МПК F16H31/00. Трансформатор моменту/ Г.М.Данилишин (Україна), Заявлено 05.03.99.-7с.
21. А.с. 947543 СССР, МКИ F16H33/14. Автоматический инерционный планетарный вариатор В.И.Долгополова/ В.И.Долгополов (СССР).-№ 2986981/25-28; Заявлено 01.10.80; Опубл. 30.07.82, Бюл.№ 28.-3с.
22. Заявка № 99126557 на выдачу патенту України на винахід, МПК F16H31/00, B60K17/08. Інерційний планетарний трансформатор моменту/ Г.М.Данилишин (Україна), Заявлено 02.12.99.-6с.

Одержано 24.02.2000 р.