

УДК 622.64

Поліщук Л. К., д.т.н., Булига Ю. В., к.т.н.

Вінницький національний технічний університет

ПРОЕКТУВАННЯ ВМОНТОВАНИХ ГІДРОПРИВОДІВ ПТМ З ВИКОРИСТАННЯМ ЇХ СТРУКТУРНО-ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Анотація. На основі принципів системного аналізу виділено структурно-функціональні елементи відомих конструкцій вмонтованих приводів, якими є: барабани; передавальні механізми; піввісі; опорні елементи; засоби автоматики. Кожний з цих елементів отримав позначення, яке використовується для складання структурної формули приводу, за допомогою якої здійснюється їхній вибір. Вони забезпечують задані технологічні та конструктивні параметри приводного механізму. Це полегшує пошук нового технічного рішення і можливість вибору раціональної компоновочної схеми вмонтованих гідроприводів.

Ключові слова: вмонтований гідропривід, системний аналіз, структурно-функціональні елементи.

Аннотация. На основе принципов системного анализа выделены структурно-функциональные элементы известных конструкций встроенных приводов, которыми являются: барабаны, передаточные механизмы, полуоси, опорные элементы, средства автоматики. Каждый из этих элементов получил обозначение, которое используется для построения структурной формулы привода. Они обеспечивают заданные технологические и конструктивные параметры приводного механизма. Это облегчает поиск нового технического решения и возможность выбора рациональной компоновочной схемы встроенных гидроприводов.

Ключевые слова: встроенный гидропривод, системный анализ, структурно-функциональные элементы.

Abstract. Based on the principles of system analysis, structural and functional components of known constructions of built-in drives are distinguished. They are drums; driving gears; half-axles; supporting components; automation tools. Each component obtained its symbol used for forming a structural formula of the drive which helps making their choice. They ensure the given technological and constitutive parameters of the driving-gear. This facilitates searching new technical solution and possibility for choosing efficient layout of built-in hydraulic drives.

Key words: built-in hydraulic drives, system analysis, structural and functional components.

Процес проектування механічної системи є складною конструкторською задачею і вимагає виконання великого обсягу робіт. Скороченню тривалості процесу її розробки за умови забезпечення високої якості проектування сприяє використанню систем автоматизованого проектування, побудованих із врахуванням особливостей структурно-функціональних елементів конструкції механічної системи.

У праці [1] розглядається питання створення на основі структурно-функціонального аналізу загальної автоматизованої системи розрахунково-конструкторських робіт «Гідроімпульсний привід» (АСРКР ГП), яка за потреби може розвиватися та доповнюватися. Прогнозування надійності зубчастих механізмів [2] також проведено з урахуванням структурно-функціональних елементів. Такий підхід пропонується для раціонального проектування нових конструкцій вмонтованих приводів підйимально-транспортних машин.

Вмонтовані приводи застосовуються в машинах та пристроях різного технологічного призначення. Зокрема, в підйомно-транспортних машинах знайшли широке використання мотор-барабани (МБ) як приводи конвеєрів.

Проведений аналіз різних конструкцій МБ дозволив виділити як найбільш поширені електричні та гідравлічні привідні пристрої. Незважаючи на різні джерела енергії, конструкції їх мають подібну структуру, яка складається з елементів, що наділені однаковими конструктивними та функціональними ознаками.

Якщо виділення структурних і функціональних ознак елементів конструкцій підпорядкувати принципам системного аналізу [3], то вони будуть відтворювати внутрішню організацію, порядок і побудову механічної системи таким чином, що дозволить створити основу для розробки автоматизованої системи конструкторських робіт [4] мотор-барабанів (АСКР МБ), яка буде виконувати такі задачі:

- 1) комплексні проектні розрахунки вузлів з врахуванням вимог до обладнання у цілому;
- 2) чисельне порівняння багатьох варіантів конструкцій та її оптимізацію за різними критеріями працездатності;
- 3) оптимізацію конструктивних рішень в нових умовах роботи приводу;
- 4) математичне моделювання нової конструкції, в результаті якого скорочуються витрати часу на її доведення після виготовлення.

При розробці автоматизованої системи необхідно враховувати такі критерії [5]:

– структурні і функціональні ознаки об'єктів аналізу не повинні повторюватись на інших рівнях деталізації, а на одному рівні не дублюватись;

- виділені елементи повинні забезпечувати проектні статичні і динамічні характеристики конструкцій;
- можливість компоновки у поєднанні з іншими елементами конструкцій;
- уніфікація стикових елементів, комунікацій;
- можливість створення уніфікованих складальних одиниць в межах окремих, а також суміжних типорозмірів.

Увесь процес проектування можна представити, як складну систему, що включає в себе декілька зв'язаних між собою розрахунково-конструкторських підсистем.

Кожна підсистема, що входить в АСКР МБ, вирішує задачі трьох рівнів, враховуючи основні стадії проектування. На першому рівні приймаються принципові рішення, що будуть визначати майбутню конструкцію. На другому рівні виконується попередній розрахунок для визначення основних конструктивних рішень вузлів та механізмів. На третьому рівні виконуються уточнені проектні та перевірені розрахунки та визначаються конкретні конструктивні параметри проектованої механічної системи.

В результаті аналізу значної кількості конструкцій електричних (Е) та гідравлічних (Г) мотор-барабанів можна виділити першу підсистему «Б» зі структурно-функціональними елементами – барабанами (Б1 ... Б9).

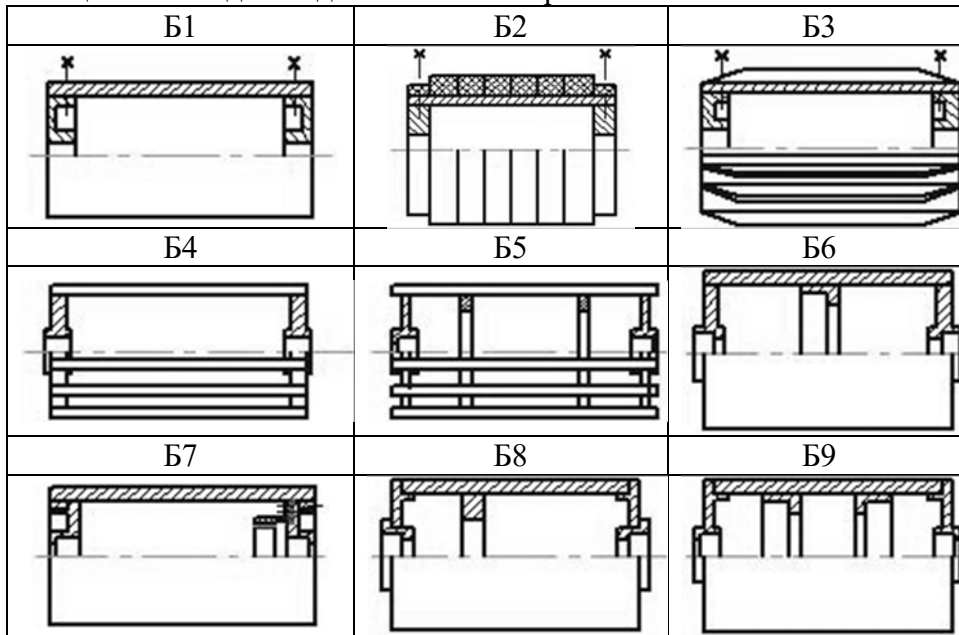
Усі барабани мають відмінності за конструктивними рішеннями щодо обичайки, улаштуванням її на осі, наявності елементів, які збільшують зчеплення поверхні барабана зі стрічкою або забезпечують кінематичний зв'язок з передавальним механізмом.

Склад підсистеми:

- Б1 – корпус барабана з боковими кришками без додаткових конструктивних елементів, Б2 – корпус барабана футерований по зовнішній поверхні для підвищення щеплення із стрічкою, Б3 – корпус барабана з металевими полосами, прикріпленими на зовнішній поверхні, Б4 – корпус барабана у вигляді білячого колеса, Б5 – корпус барабана у вигляді білячого колеса з двома дисками, скріпленими по внутрішній поверхні обичайки для передачі руху, Б6 – корпус барабана з скріпленням в середній частині внутрішньої поверхні кільцем для приєднання коронного зубчастого колеса, Б7 – корпус барабана з скріпленням до внутрішньої сторони кришки зубчастим вінцем, Б8 – корпус барабана з скріпленням до внутрішньої поверхні кільцем для приєднання привідного диску, Б9 – корпус барабана з двома скріпленнями до внутрішньої поверхні кільцями для приєднання коронних зубчастих коліс.

Друга підсистема представляється передавальними механізмами «П» з відповідною кількістю ступенів (П1...П3). Ця підсистема є більш складною та розгалуженою, складовими якої є різні типи механічних

Таблиця 1 – Складові підсистеми «Б» барабани

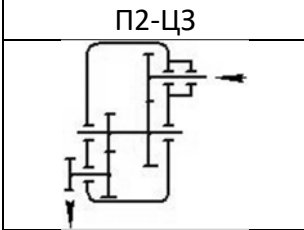
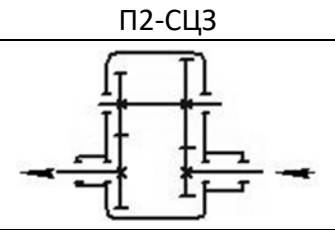
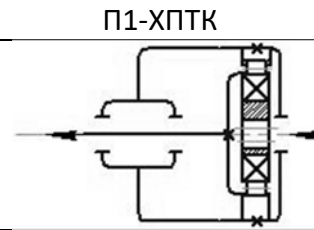
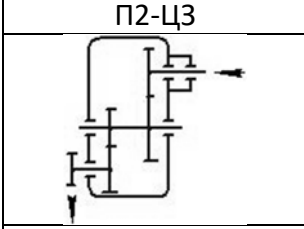
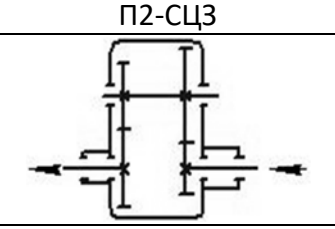
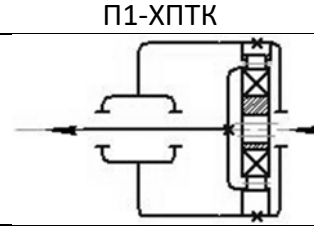
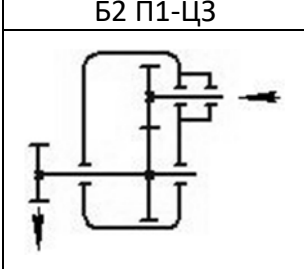
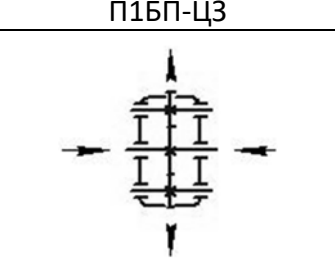
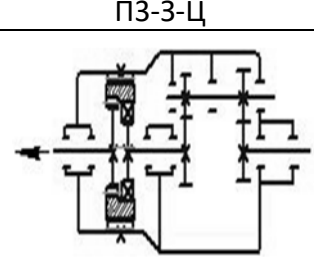
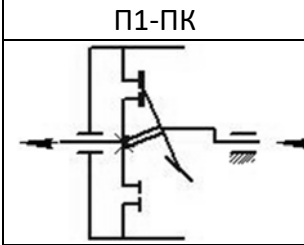
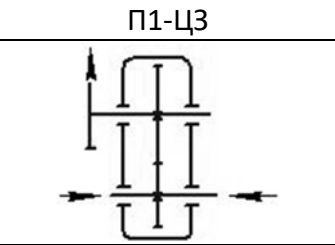
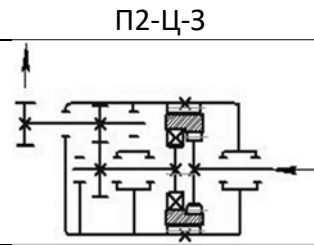
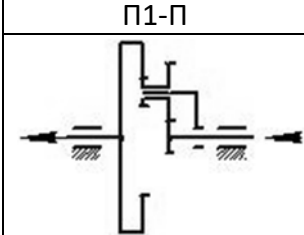
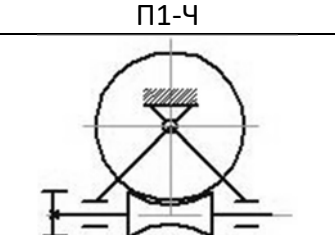
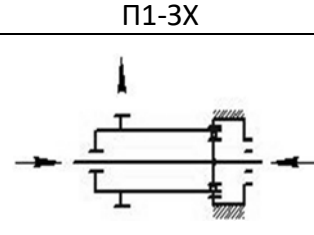


передач. Як приклад можна навести – циліндрична (Ц), зубчато-хвильова (ЗХ), цівково-зубчаста (ЦЗ), зубчато-цівкова (ЗЦ), хвильова з проміжними тілами кочення (ХПТК), черв'ячна передача (Ч) тощо.

Можливий склад передавальних механізмів:

- П1-П – передавальний механізм з одноступінчастим планетарним редуктором, П1-ПК – передавальний механізм з одноступінчастим планетарним редуктором і кривошипом у ведучій ланці, П1-ЦЗ – передавальний механізм з одноступінчастим циліндричним зубчастим редуктором, П2-ЦЗ – передавальний механізм з двоступінчастим циліндричним зубчастим редуктором, П1-Ч – передавальний механізм з одноступінчастим черв'ячним редуктором, П1-БЦЗ – передавальний механізм з одноступінчастою багатопоточною циліндричною зубчатою передачею, П2-СЦЗ – передавальний механізм з двоступінчастим співвісним циліндричним зубчастим редуктором, П1-ЗХ – передавальний механізм з одноступінчастим зубчато-хвильовим редуктором, П2-Ц-З – передавальний механізм з двоступінчастим цівково-зубчастим редуктором, П3-З-Ц – передавальний механізм з трьохступінчастим зубчато-цівковим редуктором, П1-ХГК – передавальний механізм з одноступінчастою хвильовою передачею з гнучким колесом, П1-ХПТК – передавальний механізм з одноступінчастою хвильовою передачею з проміжними тілами кочення. Однак різноманіття типів механічних передач велике і не обмежується наведеними вище прикладами.

Таблиця 2 – Склад підсистеми «П» передавальні механізми

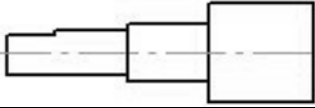
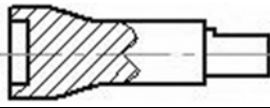
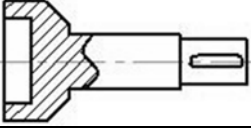
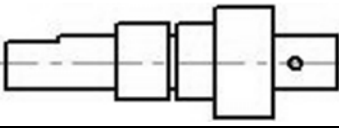
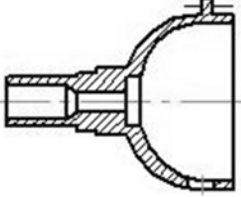
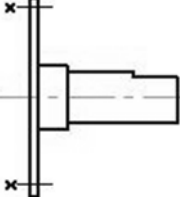
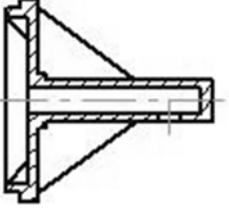
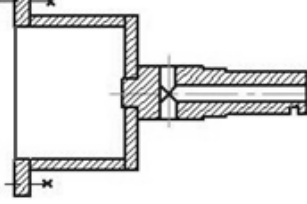
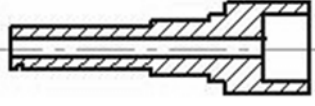
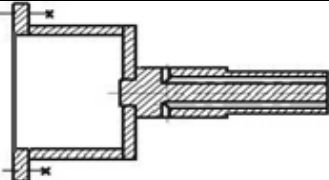
Наступною підсистемою може бути підсистема, що враховує різновиди піввісей «Н» (Н1...Н10), що можуть бути застосовані в механічній системі. Це піввісь суцільна з різними елементами під фіксацію, з поверхнею для приєднання передавального механізму, з'являється з фланцевою порожнинною циліндричною поверхнею для улаштування гідромотора, центральними, аксіальними та радіальними каналами для підведення енергоносія тощо.

Можливі типи піввісей:

- Н1 – піввісь суцільна з фіксацією по лисці, Н2 – піввісь з зовнішньою опорною поверхнею під підшипник із фіксацією по лисці, Н3 – піввісь

з зовнішньою опорною поверхню під підшипник із фіксацією за допомогою шпонки, Н4 – піввісь суцільна з приєднувальною циліндричною поверхню для передавального механізму, Н5 – піввісь з півсферичним фланцем і центральним отвором для кабелю живлення, Н6 – піввісь з дисковим фланцем і фіксацією по лисці, Н7 – піввісь порожнинна фланцева з центральною поверхню, Н8 – піввісь з фланцем і центральним отвором для підведення рідини та радіальними каналами, Н9 – піввісь з центральним отвором для підведення рідини та з внутрішньою опорною поверхню під підшипник, Н10 – піввісь з фланцем і двома отворами для підведення і відведення рідини та двома радіальними каналами.

Таблиця 3 - Склад підсистеми «Н» піввісь

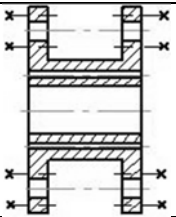
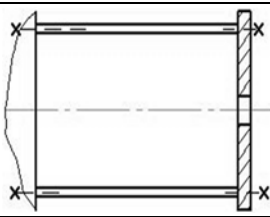
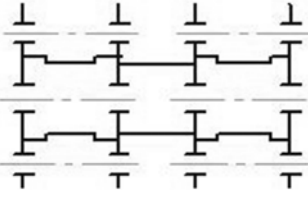
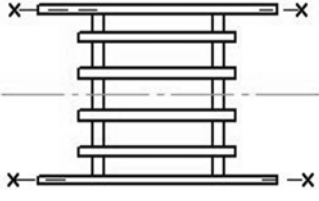
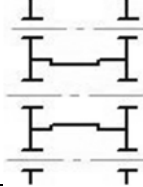
Н1	Н2
	
Н3	Н4
	
Н5	Н6
	
Н7	Н8
	
Н9	Н10
	

Наступною складовою системою є підсистема, що має назву опорний елемент «О», наприклад, у вигляді білячого колеса (ОБ), циліндра із зовнішнім фланцем на торцевій поверхні (ОЦ) тощо.

Можливі складові:

- ОБ – опорний елемент у вигляді білячого колеса, ОЦ – опорний елемент у вигляді циліндра з зовнішнім фланцем на його торцевій поверхні, ОС – опорний елемент із стяжними шпильками, ОЦ-АО1 – опорний елемент у вигляді циліндра з аксіальними отворами під привідні двигуни, ОЦ-АО2 – опорний елемент у вигляді циліндра з центральним отвором під привідні двигуни і двома аксіальними отворами під проміжні зубчасті колеса, ОЦ-2-АО2 – опорний елемент у вигляді здвоєних циліндрів з центральними отворами під привідні двигуни і двома аксіальними отворами під проміжні зубчасті колеса, ОР-АО2 – опорний елемент у вигляді чотирикутної рами з двома щокovinaми і центральними отворами для кріплення піввісей та двома отворами в щокovinaх для привідних двигунів.

Таблиця 4 - Склад підсистеми «О» опорний елемент

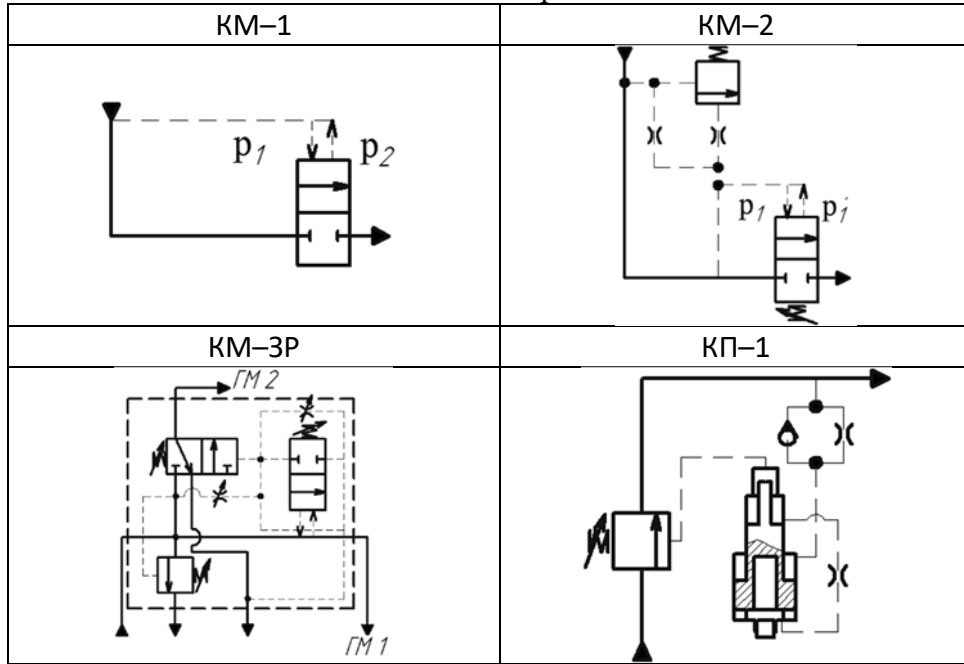
<p style="text-align: center;">ОЦ-АО1</p> 	<p style="text-align: center;">ОС</p> 
<p style="text-align: center;">ОЦ-2-АО2</p> 	<p style="text-align: center;">ОБ</p> 
<p style="text-align: center;">ОЦ-АО2</p> 	

Невід’ємною частиною даної АСКР є підсистема пристроїв або систем керування «К».

Пристрої керування [6].

- КМ-1 – пристрій керування зміною моменту на привідному барабані з однокаскадним клапаном прямої дії, КМ-2 – пристрій керування зміною моменту на привідному барабані з двокаскадним клапаном прямої дії, КМ-ЗР – пристрій керування зміною моменту на привідному барабані з сенсором та запірно-розподільним елементом, КП-1 – пристрій керування пуском приводу

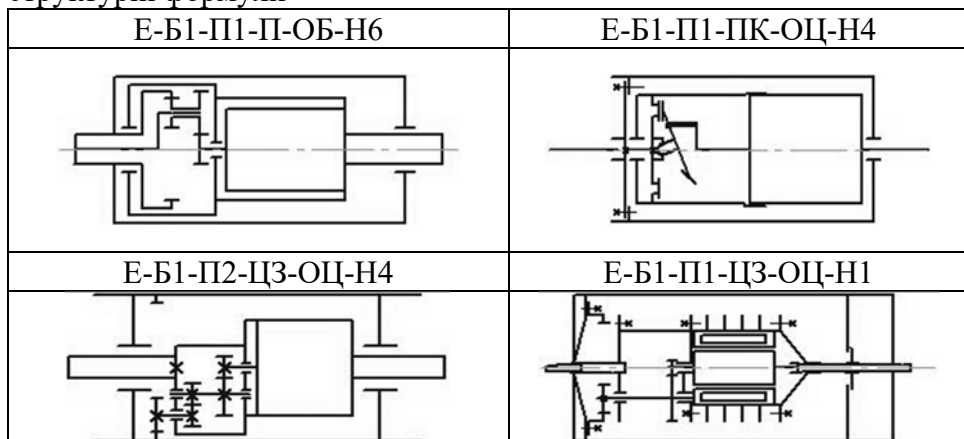
Таблиця 5 - Склад підсистеми «О» опорний елемент



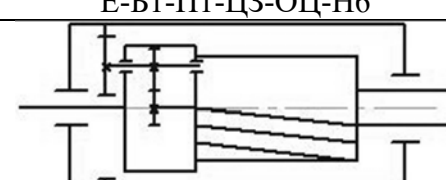
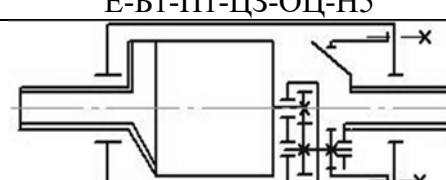
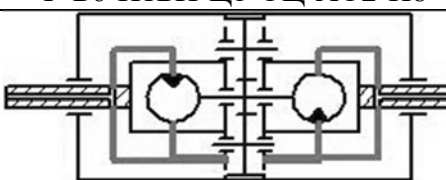
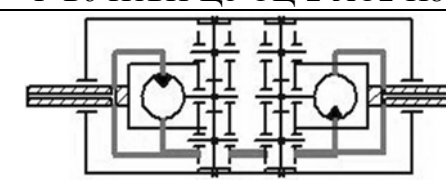
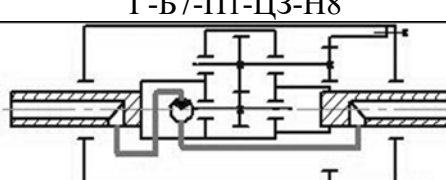
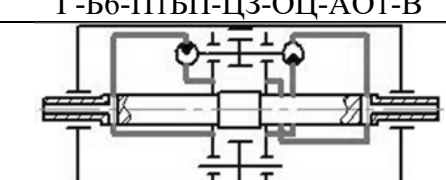
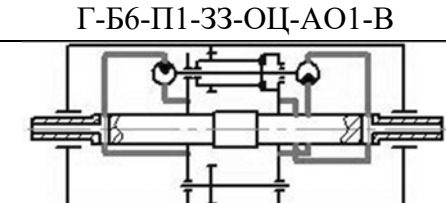
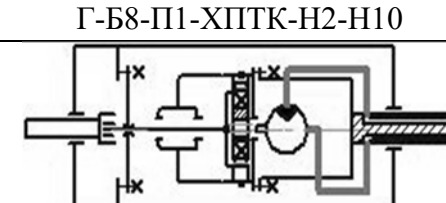
Така систематизація структурно-функціональних елементів дозволяє скласти структурну формулу приводу, за допомогою якої здійснюється вибір цих елементів, котрі забезпечують задані технологічні та конструктивні параметри механізму. Це полегшує пошук нового технічного рішення і можливість вибору раціональної компоновочної схеми вмонтованого приводу.

Для прикладу в табл. 6 наведені деякі конструктивні схеми вмонтованих приводів, які побудовані за розробленими структурними формулами.

Таблиця 6 – Конструктивні схеми вмонтованих приводів та їх структурні формули



продовження таблиці 6

<p>Е-Б1-П1-Ц3-ОЦ-Н6</p> 	<p>Е-Б1-П1-Ц3-ОЦ-Н5</p> 
<p>Г-Б6-П1БП-Ц3-ОЦ-АО2-Н8</p> 	<p>Г-Б6-П1БП-Ц3-ОЦ-2-АО2-Н8</p> 
<p>Г-Б7-П1-Ц3-Н8</p> 	<p>Г-Б6-П1БП-Ц3-ОЦ-АО1-В</p> 
<p>Г-Б6-П1-33-ОЦ-АО1-В</p> 	<p>Г-Б8-П1-ХПТК-Н2-Н10</p> 

За таким принципом побудовані нові конструкції вмонтованих гідравлічних приводів на кафедрі галузевого машинобудування ВНТУ. На рис. 1 наведена конструкція вмонтованого гідравлічного приводу для приймального конвеєра буртоукладника БУМ-65М2Б3-К [7], побудованого за структурною формулою Г-Б9-2П1БП-Ц3-Н8-ОЦ-2АО2-КМ2-ЗР.

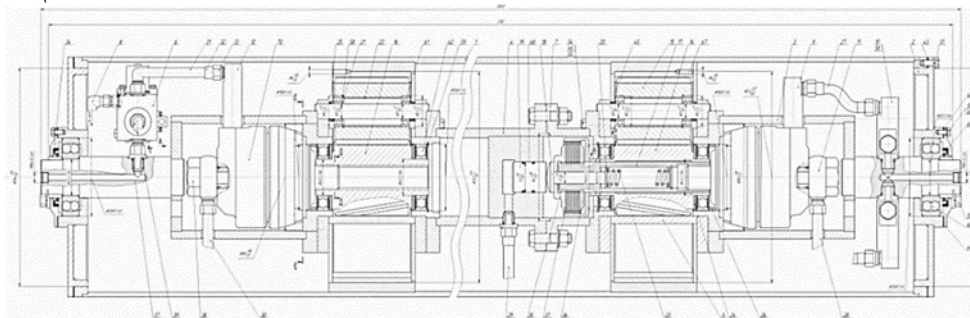


Рисунок 1 – Конструкція вмонтованого гідроприводу приймального конвеєра буртоукладника БУМ-65М2Б3-К

Керований гідравлічний мотор-барабан [8] містить корпус барабана 1, у який вбудовано привід, виконаний у вигляді двох окремих гідромоторів основного 2 (ГМ1) та додаткового 3 (ГМ2), і два

передавальні механізми, кожний з яких складається з ведучих шестірень 4 і 7, проміжних 5 і 8 та коронних 6 і 9 зубчастих коліс. Корпус барабана 1 встановлено на вісі, що складається із трьох частин 10, 11, 12. Для підведення і відведення робочої рідини до гідромоторів 2 та 3 в середині лівої та правої частин вісі 10 та 12 виконано осьові канали 13 і 14, які за допомогою радіальних каналів 15 і 16, а також напірних трубопроводів 17 і 18 та зливних – 19 і 20, з'єднані з робочими камерами гідромоторів 2 та 3. В напірному трубопроводі 17 встановлено пристрій керування 21. Вхід додаткового гідромотора 3 при вимкненому пристрої керування 21 з'єднано із зливом через зворотний клапан 22. Пристрій керування 21 виконано у вигляді двокаскадного клапана, наділеного функціями гідравлічного розподільника.

В другому передавальному механізмі між валом додаткового гідромотора 3 та ведучою шестернею 8, встановлена фрикційна муфта 25, ліва півмуфта якої через грибок має контакт з торцевою сферичною поверхнею натискного плунжера 26, що встановлений у більшому діаметрі центрального ступінчастого отвору, виконаного з правого боку середньої частини 11 вісі. Плоска поверхня натискного плунжера 26 з більшим діаметром центрального ступінчастого отвору утворює порожнину 27, яка з'єднана з порожниною меншого діаметра.

За номінального навантаження на робочій ланці конвеєра працює основний гідромотор 2, який через передавальний механізм приводить в рух корпус барабана 1. При раптовому підвищенні навантаження, величина якого відповідає значенням тиску «відкриття», спрацьовує пристрій керування 21 і, спочатку, відбувається вмикання додаткового гідромотора 3, а потім – спрацьовує фрикційна муфта 25, і крутний момент від вала додаткового гідромотора 3 через передавальний механізм передається корпусу барабана 1. Після зниження навантаження на робочій ланці конвеєра до величини, що відповідає тиску «закриття», спрацьовує пристрій керування 21, відмикається фрикційна муфта 25, а потім додатковий гідромотор 3.

Виконаний структурно-функціональний аналіз вмонтованих приводів дозволяє не лише систематизувати складові елементи за властивими їм характерними ознаками й отримати привід з раціональною кінематичною схемою, але й виконати їх формалізацію для створення підсистеми автоматизованого проектування «Вмонтований привід», яка може інтегруватися в розгалужену систему автоматизованого проектування підіймально-транспортних машин.

ЛІТЕРАТУРА

1. Элементы привода приборов: расчет, конструирование, технологии / под ред. Ю.М. Плескачевского. – Минск: Беларус. навука. – 2012. – 769 с. – ISBN 978-985-08-1429-6.
2. R. Iskovich-Lototckiy, R. Obertuh, Yu. Bulyha Structure end organization of the automated systems of designing works hydraulic impulse drive «Buletinul institutului politehnic din lasi» Tomul XLVIII (LII), Fasc. 3-4, 2002p. 95-97
3. Дитрих Я. Проектирование и конструирование: Системный подход/ Я. Дитрих. Пер. с польск. – М.: Мир, 1981. – 456 с., ил.
4. Тищенко Н. М. Введение в проектирование систем управления / Н. М. Тищенко. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, – 1986. – 248 с.
5. Хубка В. Теория технических систем/ В. Хубка: пер. с нем. – М.: Мир, 1987. – 208 с.
6. Поліщук Л. К. Вибір параметрів вмонтованого гідравлічного приводу з пристроєм керування / Л. К. Поліщук, О. О. Адлер, М. Салех // Машинознавство. – 2010. – № 6. – С. 36-40.
7. Поліщук Л. К. Гідрофікація транспортних засобів буртоукладальних машин / ЛК Поліщук, РД Іскович-Лотоцький, РП Коцюбівський // Вібрації в техніці і технологіях.. – 2002 – № 5. – С. 26.
8. Пат. 107491 України, МПК8 В65G 23/00 Керований гідравлічний мотор-барабан / Поліщук Л. К., Коваль О. О. заявник та патентовласник Вінницький нац. техн. університет – № u 201601464; заявл. 18.02.2016; опубл. 10.08.2016, Бюл. №15