

О формировании нагрузочных устройств для мехатронных систем с замкнутым кинематическим контуром

В.С. Исаков, О.В. Исакова, Е.А. Ерейская

ФГБОУ ВПО ЮРГТУ (НПИ), г. Новочеркасск

Строительное, дорожное, горное, нефтегазодобывающее производства включают большой комплекс разнообразных работ и технологических процессов. Несмотря на их различия и сложившиеся проектные традиции часть модулей и систем можно считать типовыми, группируя их по функциональному или конструктивному принципу. В области станко- и роботостроения выделение отдельных модулей (управляющих, энергетических и т.п.), их унификация и систематизация развиты достаточно полно. Разработкой обобщенных структурных схем и систематизацией функциональных механизмов в области технологических строительных и дорожных машин занимались Д.П. Волков, В.Я. Крикун, К.К. Шестопалов, В.И. Баловнев, В.И. Брауде, Л.А. Хмара и другие ученые. Аналогичные работы в области горного производства проводили В.И. Солод, А.О. Спиваковский, Л.И. Кантович, Г.Ш. Хазанович, А.Н. Дровников, Г.М. Водяник и другие. О.П. Гуджояном, В.И. Коноплянко и другими систематизированы тандемно-сочлененные агрегаты независимо от их технологического назначения.

Внедрение в структуру мехатронных систем механизмов с замкнутым кинематическим контуром требует их систематизации, обоснования области рационального применения, унификации основных модулей на основе структурной аналогии как устойчивой упорядоченности элементов и связей функциональных устройств. В инженерной практике используются различные системы представления структур, в том числе с замкнутыми контурами, например, в виде топологической сети, графовой модели, модифицированных структурных изображений, условных изображений и т.д. Оригинальная система обозначения систематизации в виде каталогов разработана К. Ротом. Непосредственно для строительных, дорожных, горных и других технологических машин А.Н. Дровниковым, В.С. Исаковым была предложена обобщенная модель [1,2], позволяющая разрабатывать функциональные механизмы с напряженным замкнутым контуром.

Отдельные блоки, соединенные между собой механическими, гидравлическими или иными связями обеспечивают вариативность и произвольное количество контуров наложения. Разработанный на этой основе метод синтеза типовых структур позволяет получить принципиально новые технические решения. Однако вопрос о размещении нагрузочных устройств и их формировании в соответствии с характером технологического процесса рассматривался лишь частично.

Конструктивно замыкание контура можно производить силовым или геометрическим способом. Силовое замыкание может носить избирательный или временный характер, а также непрерывный или постоянный. Некоторые исследователи, например, С.Н. Кожевников, А.И. Соловьев, О.Г. Озол, А.Н. Дровников, С.Н. Кузнецов и другие отмечают структурные, кинематические и динамические связи, распространяя эти понятия на нагрузочные устройства. Нагрузочный элемент с фрикционными элементами управления для испытательных стендов, работающих по замкнутой схеме, рассмотрен Д.П. Волковым и А.Ф. Крайневым. В соответствии с целевой функцией предложенная ими классификация включает три группы нагрузочных элементов: обеспечивающие непрерывное нагружение, непрерывное реверсивное и переменное реверсивное.

Принципиальные схемы нагрузочных элементов представлены в работах Э.А. Сухарева, Ш.Г. Гойхмана, Г.К. Трубина, М.М. Хрущева, В.Н. Кудрявцева и других авторов. В частности, рассмотрены механические, гидравлические, электромагнитные и пневматические нагрузочные элементы. Наиболее распространенными являются механические: зубчатые осевого и радиального смещения, муфтовые, рычажно-винтовые и

нагрузатели, фрикционные (предельной нагрузки), саморегулируемые (адаптивные), мехатронные (управляемые и интеллектуальные).

Синтез функциональных механизмов с нагрузателями первых двух типов уже описан авторами в работах [3,4]. В качестве примера реализации нагружения с саморегулированием можно привести схему отрезного механизма (рис.2).

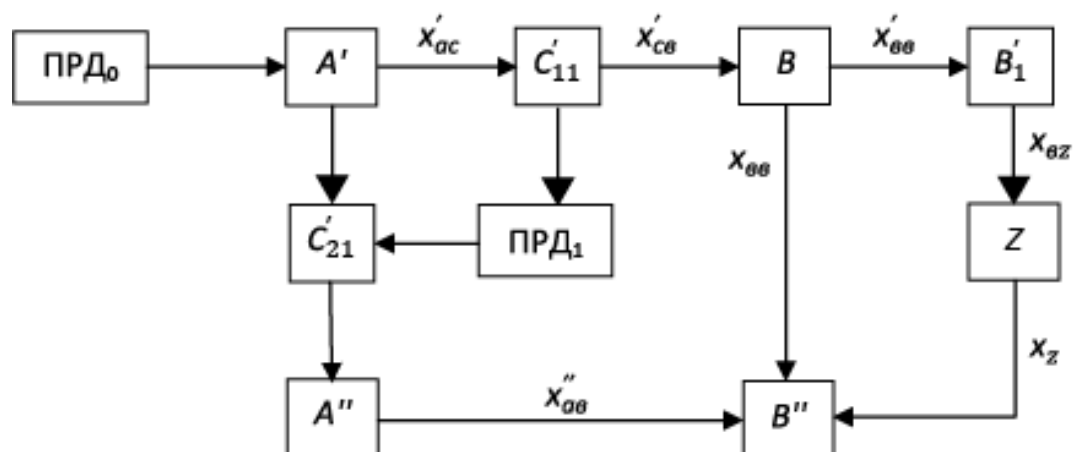


Рис.2. Структурная модель отрезного механизма

В качестве группы $R(A)$ использована цепная передача с винтовой стяжкой и дополнительным гидравлическим приводом ПРД₁.

Одно из колес зубчатого зацепления $R(B)$ жестко соединено с ножом, который воздействует на объект обработки Z , закрепленный на колесе B'' . В период саморегулирования напряжение в контуре $A'-B'-B''-A''-A'$ отсутствует. При включении привода ПРД₀ крутящий момент через звездочку A' , фрикционную муфту, колесо B' передается на нож. По другой ветви – через звездочку A' , цепь со стяжкой, звездочку A'' – на колесо B'' с объектом обработки Z .

В зависимости от величины крутящего момента, необходимого для первой резки, муфта включает промежуточный привод ПРД₁, который в свою очередь затягивает винтовую стяжку. Таким образом, по окончании процесса саморегулирования в контуре $A'-B'-B''-A''-A'$ создается предварительное натяжение, пропорциональное усилию резания. В дальнейшем, например при затуплении ножа, муфта может повторно включить привод ПРД₁ с целью увеличения предварительного напряжения замкнутого контура.

В период основной работы на холостом ходу, т.е. объект Z отсутствует, происходит замыкание контура $A'-B'-B''-A''-A'$. При соприкосновении ножа с объектом обработки возникает дополнительный контур $A'-B'-Z-B''-A''-A'$. Связь x_{ee} ослабевает и постепенно заменяется связями x_{ez} и x_{ze} . Наибольший эффект от использования предварительно напряженного замкнутого контура достигается, когда при максимальном усилии резания связь x_{ee} полностью разъединяется, т.е. усилие между зубьями колес B' и B'' равно нулю. В этом случае все предварительное напряжение контура передается через нож и объект обработки Z . При окончании резания связи x_{ez} и x_{ze} разрываются. Замкнутость контура обеспечивает связь x_{ee} , величина предварительного напряжения внутри контура остается постоянной.

Апробация разработанной схемы осуществлена на экспериментальном стенде. При исследовании установлено, что рациональная величина предварительного напряжения контура не является постоянной для материалов с различными физическими свойствами (рис.3).

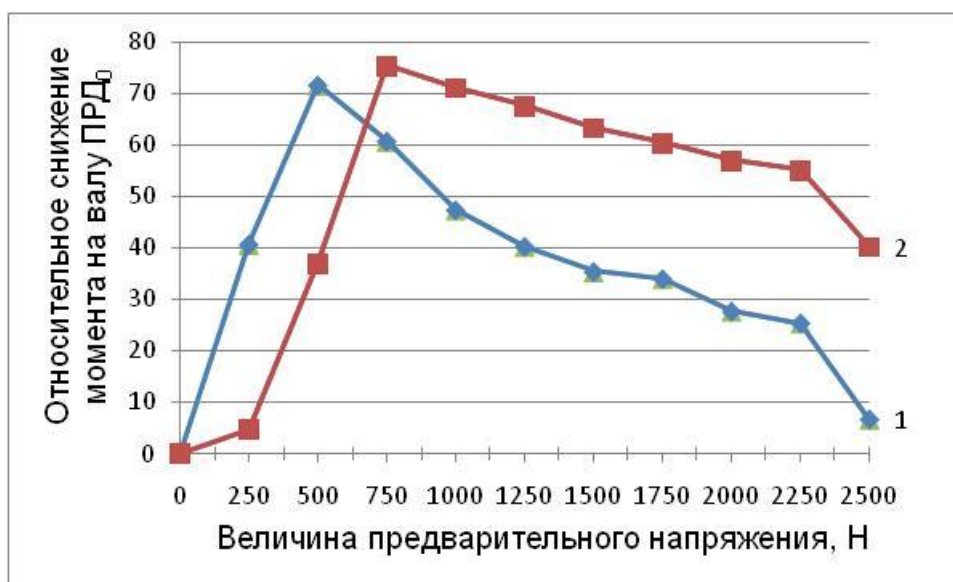


Рис.3. Относительное снижение момента на валу ПРД₀ в зависимости от величины предварительного напряжения

- 1 – для образца из алюминия;
2 – для образца из меди.

Поэтому при формировании нагрузочных устройств должна быть предусмотрена возможность саморегулирования или адаптации напряжения в контуре в соответствии с объектом обработки. Предложенная структурная модель позволяет осуществить последовательный синтез различных функциональных механизмов с напряженным замкнутым контуром и нагрузочных устройств, начиная со структурной и кинематической схем и заканчивая конструктивным решением. Кроме этого, позволяет перейти к созданию каталога структурных, кинематических и принципиальных схем нагрузателей для мехатронных технологических систем.

Литература

1. Механизмы с силовым замыканием контура / В.С. Исаков, А.Н. Дровников, С.А. Кузнецов и др. Новочерк.политехн.ин-т. – Новочеркасск, 1991. – 141 с. – Деп. в ВИНТИ 24.06.91. №2621-В91.
2. Исаков В.С. О формировании структур замкнутых напряженных гидромеханических контуров // Изв. вузов Сев.-Кавк.регион. Спец. Вып. Актуальные проблемы машиностроения. -2006. – С.81-88.
3. Энергосберегающие и энергонакопительные тормозные системы горных, строительных и подъемно-транспортных машин и использованием замкнутых кинематических контуров / А.Н. Дровников, В.С. Исаков, В.Д. Ерейский и др. // Горное оборудование и электромеханика. №10 – 2007. – С.29-35.
4. Исаков В.С. Об использовании напряженных замкнутых кинематических контуров в строительном оборудовании // Тр. Междунар. науч.-техн. конф. «Интерстроймех - 2001». – СПб: Изд-во СПбГТУ, 2001. – С.291-293.