

АВТОНОМНЫЙ ПРИВОД ДЛЯ СТАНОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ-СПУТНИКОВ

Медведев В. С., Чепель О. Л.

Рассмотрены вопросы применения когнитивных моделей для проектирования станочных приспособлений-спутников. Разработанная когнитивная модель обеспечивает учет влияния технических, организационных и эксплуатационных факторов на конструкции приводов. В нее введены весовые коэффициенты связей, которые определили степень влияния различных факторов на конструкцию привода. В результате разработано ряд конструкций автономных приводов. Для исследования выбрана одна из конструкций гидравлического автономного привода. Проведены исследования технических характеристик разработанного привода. Определены допустимые потери масла, при которых привод сохраняет работоспособность.

Розглянуті питання застосування когнітивних моделей для проектування верстатних пристосувань-супутників. Розроблена когнітивна модель враховує вплив технічних, організаційних і експлуатаційних факторів на конструкції рушіїв. В неї введені вагові коефіцієнти зв'язків, які визначили вплив різних факторів на конструкцію рушія. У результаті розроблено ряд конструкцій автономних рушіїв. Для дослідження обрана одна з конструкцій гідравлічного автономного рушія. Проведені дослідження технічних характеристик розробленого рушія. Визначені допустимі втрати масла, при яких рушій зберігає працездатність.

The questions of application of cognitive models for design of machine-tool companion fixtures are considered. The developed cognitive model allows taking into account influence of technical, organizational and operating factors on drive designs. Gravimetric coefficients of connections were introduced into the model that defined the influence degree of different factors on drive designs. As a result, a number of autonomous drive designs were worked out. One of hydraulic autonomous drive designs was chosen for research. Studies of technical descriptions of the developed drive were conducted. Permissible oil loss amounts were defined at that a drive keeps its capacity.

Медведев В. С.

Чепель А. Л.

ст. преп. каф. ТМ ДГМА

gazeta@dgma.donetsk.ua

студент ДГМА

chxal@mail.ru

УДК 621.914.004.73

Медведев В. С., Чепель А. Л.

АВТОНОМНЫЙ ПРИВОД ДЛЯ СТАНОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ-СПУТНИКОВ

Для установки деталей на обрабатывающих центрах (ОЦ) применяются приспособления-спутники. Заготовки на них устанавливаются на отдельном участке вне рабочей зоны ОЦ. При этом время на установку и снятие заготовок перекрывается основным временем обработки других деталей на ОЦ. В результате снижаются простои ОЦ, и повышается производительность труда. Приспособление-спутник после закрепления на нем заготовки перемещается по цеху на роботизированных тележках к ОЦ на обработку.

Усилие закрепления в приводах приспособлений-спутников создаются пружинно-гидравлическими приводами, приводами с самоторможением или ручными механизмами [1]. Однако в пружинно-гидравлических приводах изменяются его силовые характеристики при возникновении вибраций в технологической системе. В приводах с самоторможением самотормозящие механизмы приводятся в действие вручную, часто с приложением большого усилия. Закрепление деталей ручными зажимами не обеспечивает стабильность силы закрепления.

Стабильные силовые характеристики могут обеспечивать гидравлические (пневматические) приводы, но для поддержания их работоспособности необходимо обеспечить постоянный подвод энергии. Гидравлический привод имеет значительные преимущества перед приводами, указанными выше. Это получение больших сил при малой массе, плавность движений, высокая эксплуатационная надежность и устойчивость к перегрузкам [2]. Однако для его нормальной работы необходимо постоянное соединение с гидросистемой, что невозможно обеспечить при перемещении приспособления по цеху.

Подвод энергии в гидросистеме может быть обеспечен установкой аккумуляторов [3], при этом на стол-спутник устанавливаются привод и аккумулятор, которые соединяются в одну гидросистему. Однако такая компоновка гидрооборудования имеет большие габариты, занимает большую площадь на установочной поверхности стола-спутника, а при переналадках предполагает изменение в прокладке соединительных труб. Вместе с тем применение аккумуляторов обеспечивает автономность приспособлению-спутнику. Поэтому разработка конструкций приводов с независимым энергообеспечением являются перспективными.

Приспособления-спутники, которые применяются на ОЦ, должны быть универсальными и быстропереналаживаемыми. В связи с меняющимися внешними факторами, сопровождающими механообработку, их конструкции должны иметь эксплуатационные свойства, позволяющие адаптироваться для различных условий механообработки. Сами привода в этих условиях должны обеспечивать надежное закрепление. Поэтому для учета не только эксплуатационных, но и других факторов целесообразно в процессе проектирования пользоваться когнитивными моделями [4].

Целью работы является повышение автономности работы приводов приспособлений-спутников на базе проектирования по когнитивным моделям.

Основными задачами исследования являются:

- 1) исследование когнитивных связей между эксплуатационными факторами и конструкцией привода;
- 2) разработка конструкций автономных приводов.

Применение когнитивных моделей показали положительные результаты при проектировании конструкторско-технологического классификатора станочных приспособлений [9]. Они являются методологическим аппаратом конструктора. При этом когнитивность выступает как системные проявления сознательных манипуляций с понятийными структурами различных предметных областей.

Когнитивные модели могут строиться по концептуальным принципам или на основе теории графов. Первое хорошо раскрывает цели, ценности и действия проектанта, но поскольку они являются концептуальными, то неопытный конструктор не всегда может правильно определить структуру действий. Модель на основе теории графов более подробно указывает на связи внешних факторов с конструкцией привода. В данной работе в когнитивную карту, представленную в работе [5], введены весовые коэффициенты, и тем самым установлена степень влияния каждого фактора на конструкцию привода. В результате получен размеченный когнитивный граф.

В разработанной когнитивной модели рассматриваются технические, организационные и эксплуатационные факторы (концепты).

1. Технические:

X1 – доступность подводимой энергии;

X2 – сила закрепления, развиваемая приводом;

X3 – направление силы закрепления;

X4 – сложность (количество узлов и деталей входящих в привод).

2. Организационные:

X5 – автономность;

X6 – время установки привода на приспособление-спутник.

3. Эксплуатационные:

X7 – вес привода;

X8 – компактность;

X9 – ремонтпригодность;

X10 – плавность движения;

X11 – точность (неизменность) положения заготовки.

Связи между концептами отражают влияние факторов друг на друга, а динамика изменения ситуации учитывается когнитивной моделью в целом, являющейся графом, в котором концепты X1-X13 являются базисными факторами, а дуги представляют собой функциональную зависимость между соответствующими факторами. Таким образом, появляется когнитивная модель на базе когнитивного графа. Если в когнитивную карту введена степень влияния одного фактора на другой, то когнитивный граф становится размеченным когнитивным графом. На основании экспертного анализа введены дискретные значения влияний концепт друг на друга -1, 0, +1, при этом:

-1 – негативное влияние фактора;

0 – фактор не влияет;

+1 – положительное влияние фактора.

Таблица 1

Когнитивная карта

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11
X1	0	0	0	0	+1	+1	+1	+1	+1	0	0
X2	0	0	0	0	-1	0	+1	-1	-1	0	-1
X3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+1
X4	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1	+1	0
X5	+1	0	+1	0	0	-1	-1	-1	-1	0	0
X6	+1	0	0	-1	0	0	-1	+	+1	0	0
X7	+1	0	0	+1	0	+1	0	-1	-1	+1	0
X8	+1	-1	+1	0	+1	0	0	0	+1	0	0
X9	0	0	0	-1	+1	+1	-1	0	0	0	0
X10	0	0	0	+1	0	0	+1	-1	+1	0	+1
X11	0	-1	0	+1	0	0	0	0	0	+1	0

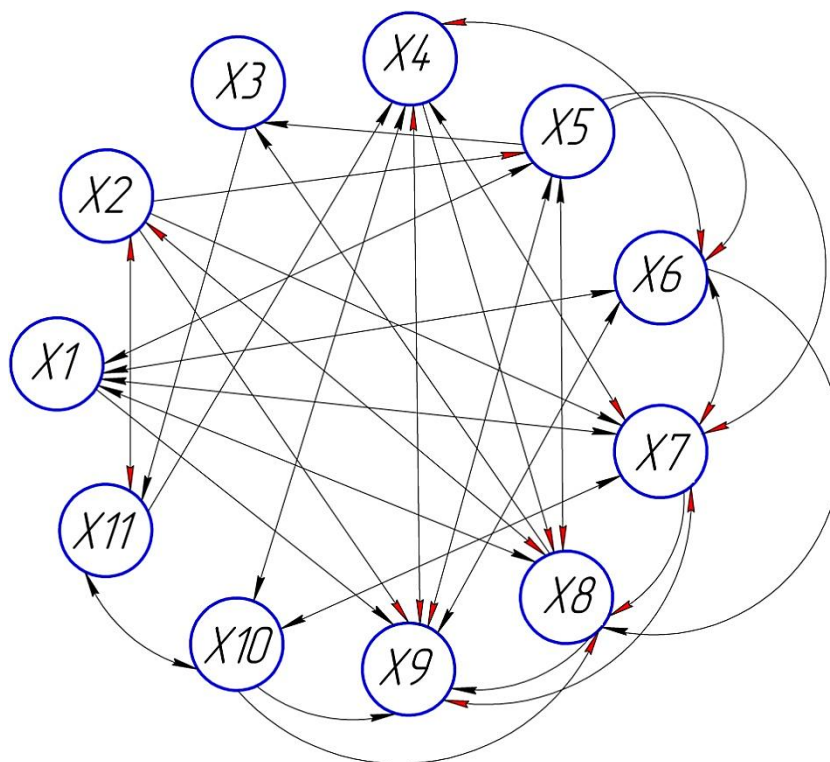


Рис. 1. Когнитивная модель для проектирования приводов

Разработанная когнитивная модель (рис. 1) не консервативна и позволяет вводить в нее другие концепты для уточнения конечного результата или получения новых результатов проектирования. На базе построенной модели разработаны различные конструкции приводов, которые могут использоваться в приспособлениях-спутниках в автономном режиме.

Для реализации когнитивных моделей все рассуждения идут от уже сформированного гештальта, т. е. образа конструкции [4]. В нашем случае ими выступают пневмоцилиндры и гидроцилиндры. По когнитивным связям определяются характеристики, необходимые для разработки нового привода. Так доступность энергии определило применение пневматического привода, а получение больших сил закрепления – применение гидравлического привода. На эксплуатационные концепты (компактность, ремонтпригодность, величина развиваемой силы) влияют технические концепты. Поочередное принятие целевых концепт X7-X11 позволило сформировать девять схем приводов различной конструкции. В табл. 2 приведены четыре схемы, имеющие практическое применение.

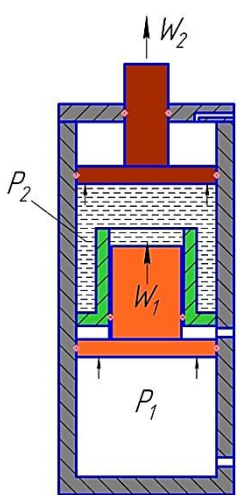
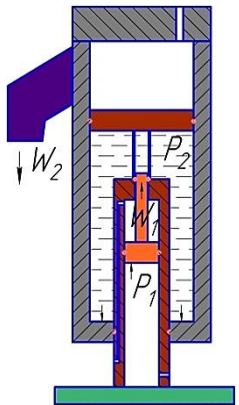
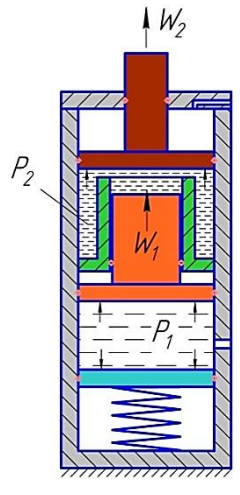
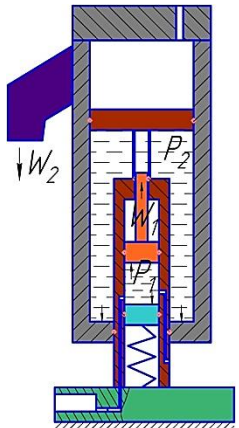
Например, при принятии целевой концепты $X8 \rightarrow (+X1; -X2; +X3; +X5; +X9)$ формируются схемы, в которых детали привода выполняют две функции. Так, третий цилиндр одновременно обеспечивает движение прихвата, а вертикальное расположение привода позволяет непосредственно закреплять заготовку без дополнительных механизмов. Концепта компактности, кроме того, определила схему расположения цилиндров. Они располагаются один в другом.

На схемах 1, 2 (таб. 2) приведены пневмогидроприводы, у которых в качестве целевой концепты задавалась автономность (X5) и компактность (X7). В приведенных конструкциях сила закрепления может действовать вверх и вниз. Первая схема применяется в том случае, если привод будет передавать силу другим механизмам, например, прихватам. Вторая схема может быть реализована как самостоятельный механизм

для закрепления заготовок. В обеих схемах использовано свойство воздуха – сжимаемость. Это обеспечивает запас энергии без дополнительных устройств. Если необходимо увеличить объем запасаемого воздуха, то в первый цилиндр может быть вмонтирован дополнительный аккумулятор, состоящий из поршня и пружины.

Таблица 2

Схемы конструкций приводов

	Варианты направлений действия силы закрепления	
	Действие силы вверх	Действие силы вниз
Полученные варианты пневмоприводов при: X5→max; X7→max.	1 	2 
Полученные варианты гидроприводов при: X5→max; X2→max; X10→max.	3 	4 

На схемах 3, 4 приведены гидрогидроприводы, у которых в качестве целевой концепты задавалась автономность (X5), высокая сила закрепления (X2) и плавность движения (X10). Они обеспечивают высокую надежность закрепления за счет больших сил закрепления. Передача силы закрепления (вверх и вниз) аналогична рассмотренным пневмоприводам. В привод вмонтирован отдельный пружинный аккумулятор.

Выбор схемы аккумулятора осуществлялся по рациональной зависимости давления от объема. Так, сейчас известны грузовые, пружинные и баллонные аккумуляторы. Грузовые аккумуляторы обеспечивают постоянность давления при изменении объема, однако они не могут применяться на приспособлениях-спутниках из-за того, что груз должен иметь большие габариты и создавать силу вертикально вниз. Баллонные

аккумуляторы имеют экспоненциальную зависимость падения давления от объема, а у пружинных аккумуляторов эта зависимость линейная. Поэтому целесообразно применять пружинные аккумуляторы.

Из девяти разработанных схем автономных приводов выбрана схема, представленная на рис. 2. Она может быть реализована с применением гидравлики и пневматики. Дальнейшие исследования проводились с гидравлическим приводом, имеющим максимальную силу закрепления. Вместе с тем, для сравнения, приведены характеристики и пневматического привода.

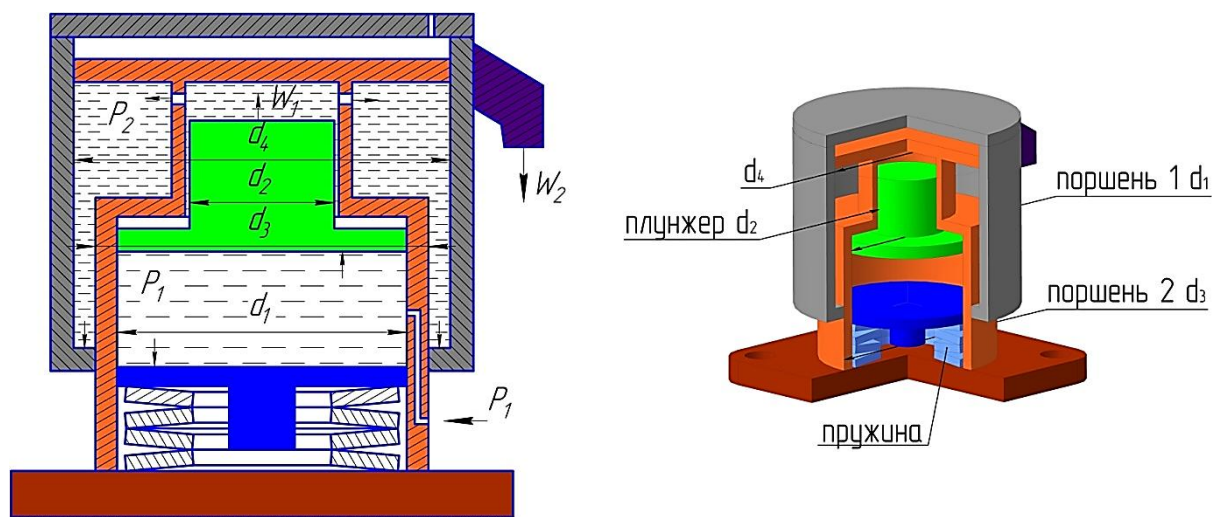


Рис. 2. Схема автономного привода с гидроусилителем и пружинным аккумулятором

В разработанной схеме гидравлического привода с гидроусилителем (рис. 2), масло под давлением P_1 попадает в первый цилиндр d_1 . При этом поршень 1 вместе с плунжером перемещается вверх, а поршень аккумулятора перемещается вниз и запасает механическую энергию в тарельчатой пружине. Плунжер создает давление P_2 , которое распространяется в третий цилиндр (d_3, d_4). Он перемещается вниз, создавая усилие закрепления заготовки W_2 . На третьем цилиндре смонтирован прихват, который закрепляет заготовку.

Для исследования разработанного автономного гидрогидропривода принималось давление в системе $P_1 = 8$ МПа, диаметр первого цилиндра изменялся в пределах $d_1 = 20\text{--}80$ мм, а диаметр плунжера $d_2 = 10\text{--}15$ мм. Для пневмоприводов $P_1 = 0,6$ МПа, а размеры цилиндров аналогичные предыдущему примеру. КПД приводов не учитывалось.

Сила закрепления заготовки, развиваемая приводом, отражена зависимостью (1), а ее график представлен на рис. 3.

$$W_2 = \frac{\pi \cdot P_1 \cdot d_1^2 \cdot (d_4^2 - d_3^2)}{4 \cdot d_2^2}, \text{ Н}, \quad (1)$$

где P_1 – давление в сети;

d_1 – диаметр поршня первого цилиндра;

d_2 – диаметр плунжера;

d_3 – внутренний диаметр третьего цилиндра;

d_4 – наружный диаметр третьего цилиндра.

Сила закрепления монотонно возрастает при увеличении диаметра первого цилиндра и уменьшении диаметра плунжера.

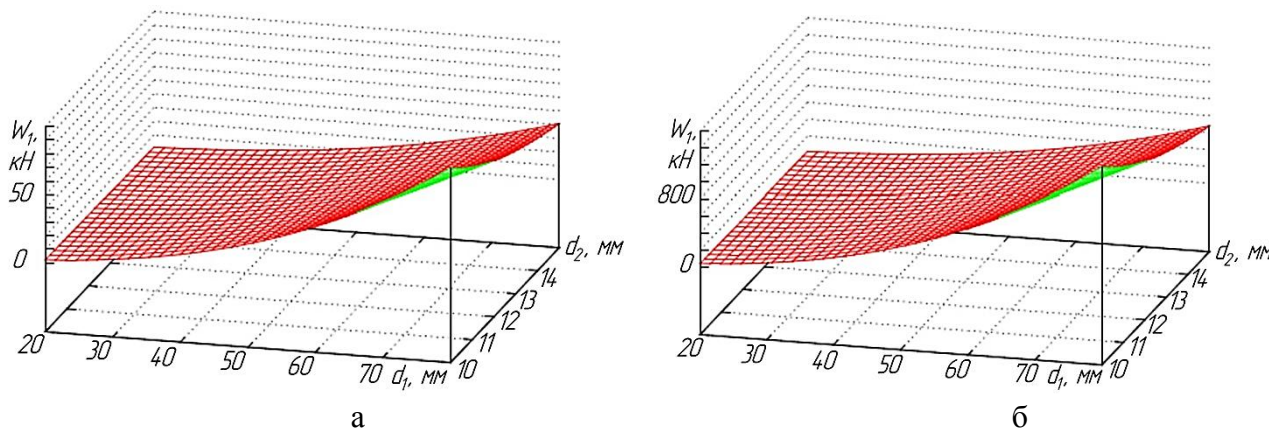


Рис. 3 – Зависимость силы закрепления заготовки от геометрических параметров приводов:

а – пневмогидропривод; б – гидропривод

Для анализа допустимых потерь было принято то, что работоспособность автономного привода сохраняется, если потери рабочего тела (масла или воздуха) не приводят к снижению силы закрепления ниже минимального допустимого значения. В приводах приспособлений, на этапе их проектирования, обеспечивается запас силы закрепления. Он задается коэффициентом запаса. Его минимальное значение составляет 1,5 [3]. Поэтому при исследовании потерь принималось допустимое снижение силы закрепления в 1,5 раза от расчетного значения. Снижение силы закрепления происходит вследствие падения давления в первом цилиндре из-за потерь рабочего тела. При этом потери рабочего тела могут быть определены по закону Бойля – Мариотта.

$$P_1 V_1 = P_2 V_2, \quad (2)$$

где P_1 , P_2 – начальное и конечное давление в цилиндре привода;

V_1, V_2 – начальный и конечный объем рабочего тела.

В уравнение (2) введем объемы цилиндров привода и допустимое изменение силы закрепления. При этом поршень аккумулятора при потере рабочего тела может сместиться на величину h_1 .

Решив уравнение относительно допустимой потери объема рабочего тела, получим уравнение (3).

$$V = \frac{\pi^2 \cdot P_1 \cdot h_1 \cdot d_1^4 \cdot (d_4^2 - d_3^2)}{16 \cdot W_1 \cdot d_2^2}, \text{ мм}^3, \quad (3)$$

где V – допустимый объем потерь рабочего тела;

h_1 – высота смещения поршня при возникновении потерь рабочего тела;

W_1 – сила, создаваемая плунжером.

Допустимое изменение объема потерь рабочего тела для различных сил закрепления представлено на рис. 4.

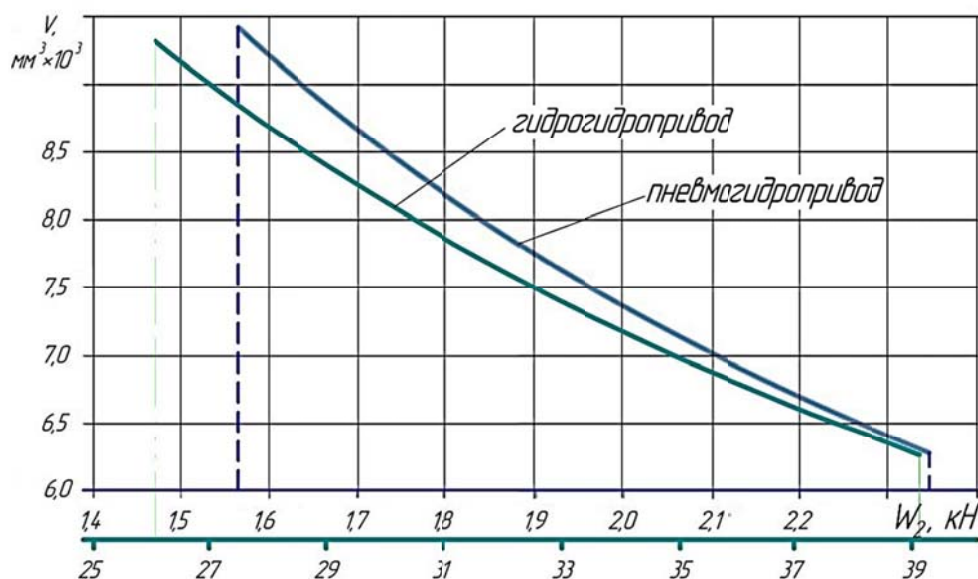


Рис. 4. График изменения потерь рабочего тела для различных сил закрепления

Из графика видно, что величина допустимых потерь может быть обеспечена современными средствами уплотнения гидравлических систем. Поэтому разработанные приводы могут обеспечить надежное закрепление заготовок.

В целом описанные технические решения различных конструкций приводов обеспечивают широкий диапазон создаваемых сил закрепления, компактны, автономны и могут быть использованы в качестве силовых механизмов при конструировании приспособлений-спутников.

ВЫВОДЫ

Разработана когнитивная модель для проектирования приводов станочных приспособлений-спутников. Введение весовых коэффициентов связей между ее концептами позволило создать размеченный когнитивный граф, который более детально определил влияние различных факторов на конструкцию привода. При этом повышена эффективность проектных работ.

Установлены когнитивные связи между техническими, организационными, эксплуатационными факторами и конструкцией автономного привода станочных приспособлений-спутников.

Разработанная когнитивная модель обеспечила разработку ряда схем приводов. Они могут найти практическое применение в различных приспособлениях-спутниках. Исследованы технические характеристики одной из конструкций привода.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кузнецов Ю. И. Оснастка для станков с ЧПУ: Справочник. – 2-е изд., перераб. и доп. / Ю. И. Кузнецов, А. Р. Маслов, А. Н. Байков. – М. : Машиностроение, 1990. – 512 с.
2. Лепешкин А. В. Гидравлика и гидропневмопривод. Часть 2. / А. В. Лепешкин, А. А. Михайлин, А. А. Шейнак. М. : МГИУ. 2003 г. – 352 с.
3. Вардашкин Б. Н. Станочные приспособления. Том 1. Справочник. В 2-х т. / Б. Н. Вардашкин, А. А. Шатилов. – М. : Машиностроение, 1984 г. – 592 с.
4. Козлов Л. А. Когнитивное моделирование на ранних стадиях проектной деятельности : Учебное пособие / Алт. гос. техн. Университет им. И. И. Ползунова. – Барнаул : АлтГТУ. – 2008 г. – 246 с.
5. Медведев В. С. Разработка классификатора станочных приспособлений на базе когнитивных моделей / В. С. Медведев, Р. А. Рюмин // Вісник Донбаської державної машинобудівної академії : зб. науч. пр. – Краматорськ : ДДМА, 2012. – № 2 (27). – 338 с.

Статья поступила в редакцию 09.07.2013 г.