

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ РАДИАЛЬНО-ПЛУНЖЕРНОГО РЕДУКТОРА НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СЕМАНТИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Пашкевич В.М., Миронова М.Н.

ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет»

Рассмотрены вопросы расчета параметров радиально-плунжерного редуктора. Использован подход, базирующийся на технологиях функциональных семантических сетей. Рассмотрена возможность применения функциональных семантических сетей для выбора рациональных параметров радиально-плунжерного редуктора. Приведены семантические сети для расчета массы радиально-плунжерного редуктора.

Ключевые слова: радиально-плунжерный редуктор, искусственный интеллект, функциональные семантические сети.

DOI: <https://doi.org/10.22281/2413-9920-2016-02-04-52-63>

Для эффективного проектирования радиально-плунжерных редукторов требуются знания о взаимосвязях между его параметрами. Выявление таких взаимосвязей возможно на основе подхода, базирующегося на технологиях функциональных семантических сетей, позволяющих осуществлять выбор рациональных значений параметров радиально-плунжерных редукторов, при которых обеспечиваются минимальные его массогабаритные показатели [1].

Функциональные семантические сети представляют собой логическую схему, описывающую функциональные взаимосвязи между аргументами совокупности математических зависимостей. В качестве такой совокупности могут выступать аналитические зависимости, связывающие параметры редуктора между собой [2–5].

Рассмотрим определение рациональных значений параметров одноступенчатого редуктора с муфтовым присоединением приводного электродвигателя. Расчетная схема редуктора представлена на рис. 1. Основные его детали изображены на рис. 2–7.

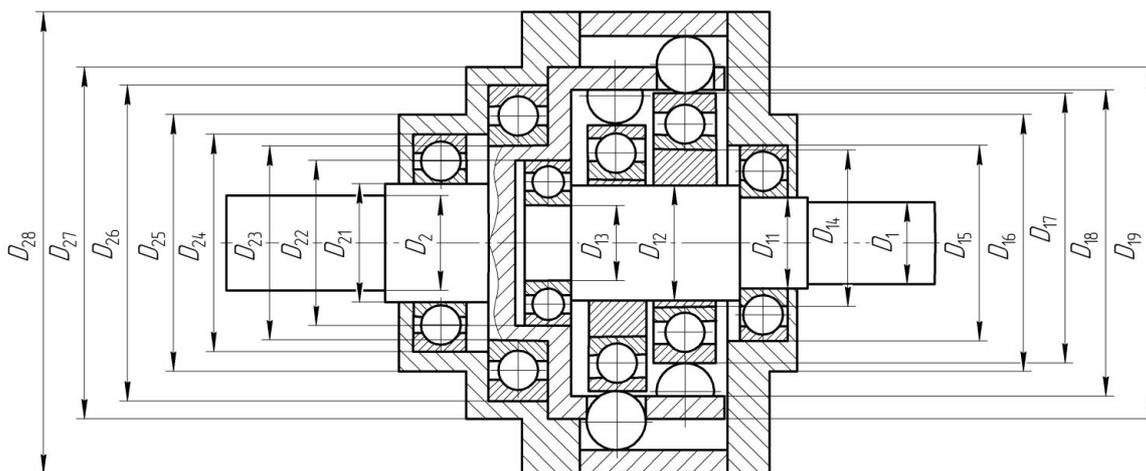


Рис. 1. Расчетная схема редуктора

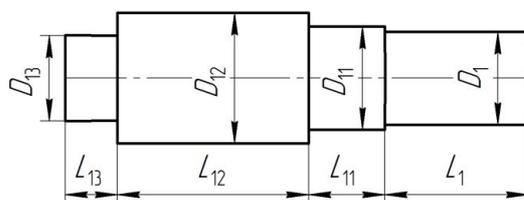


Рис. 2. Расчетная схема ведущего вала

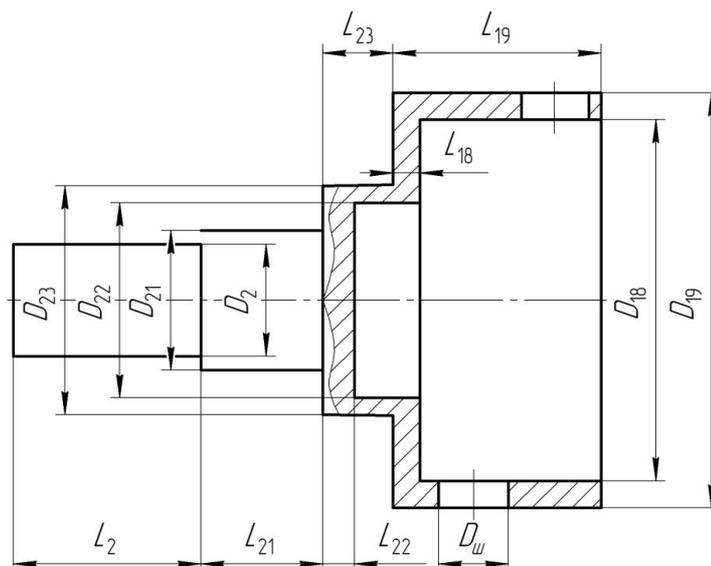


Рис. 3. Расчетная схема ведомого вала

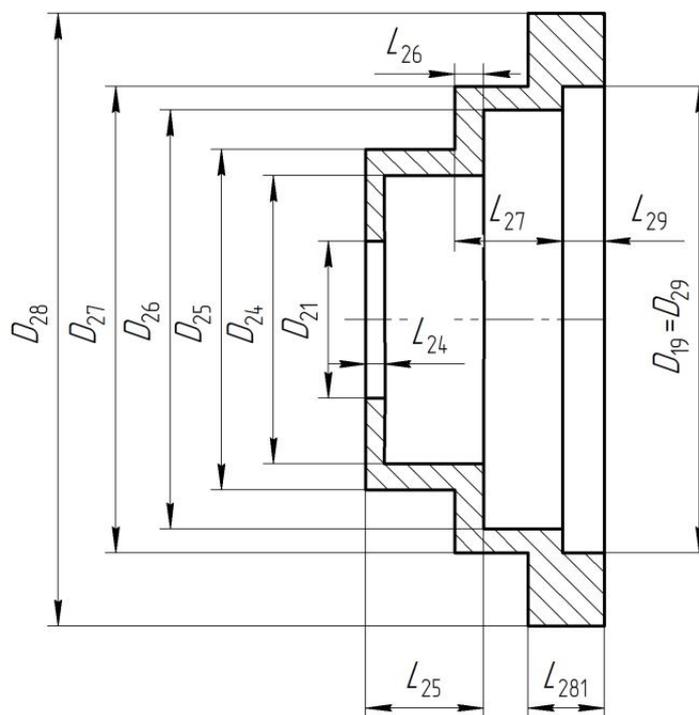


Рис. 4. Расчетная схема левой крышки

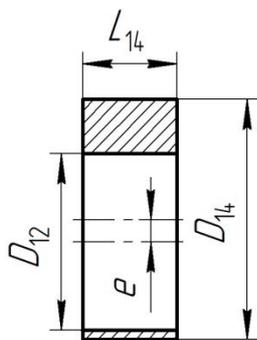


Рис. 5. Расчетная схема эксцентрика

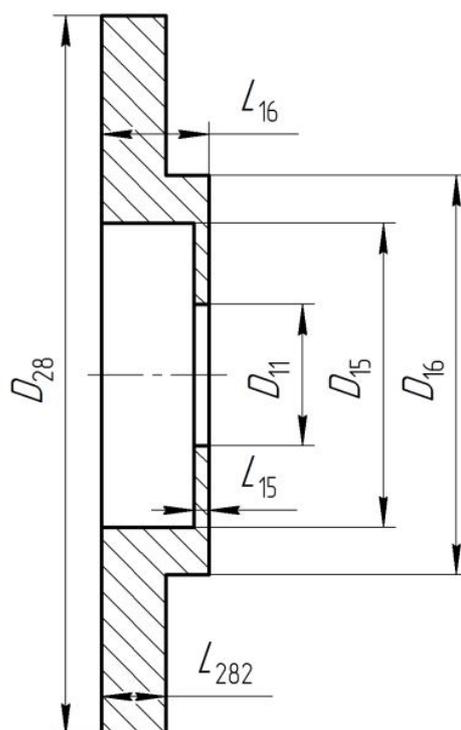


Рис. 6. Расчетная схема правой крышки

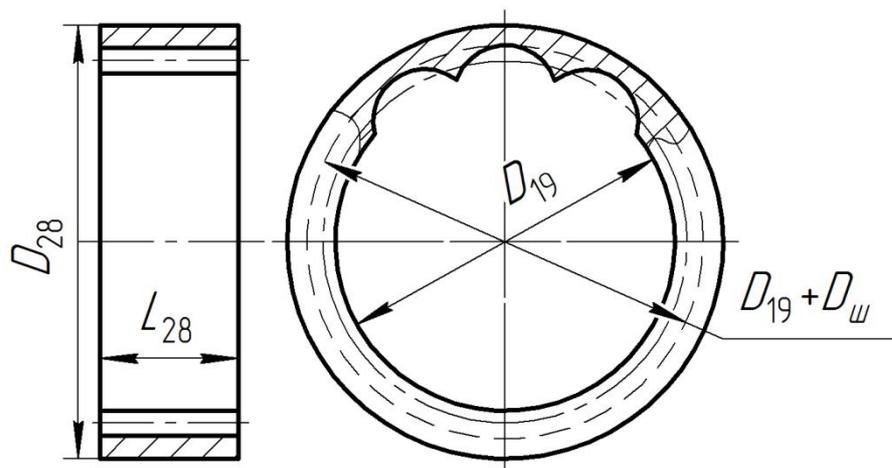


Рис. 7. Расчетная схема центрального колеса

Функциональную семантическую сеть можно представить в виде двудольного графа, состоящего из двух типов вершин P (множество параметров рассчитываемых задач, в том числе исходные данные) и R (множество отношений, определяющих функциональные зависимости решаемых с помощью семантической сети задач). Множество вершин сети V является объединением этих непересекающихся подмножеств. Отношение сети, определяющее функциональные зависимости между параметрами $P_1, \dots, P_j, \dots, P_k$, имеет вид [8–10]:

$$f(P_1, \dots, P_j, \dots, P_k) = 0.$$

Запись зависимостей в таком виде позволяет решать как прямые так обратные задачи, так как каждый из параметров отношений сети может выступать как в роли входного, так и в роли выходного.

В результате проведенного анализа конструкции радиально-плунжерного редуктора были определены параметры и математические зависимости, на основе которых построены функциональные семантические сети, позволяющие определять рациональные размеры редуктора, обеспечивающие минимальную его удельную массу.

Функциональная семантическая сеть для расчета размеров шаровых плунжеров представлена на рис. 8.

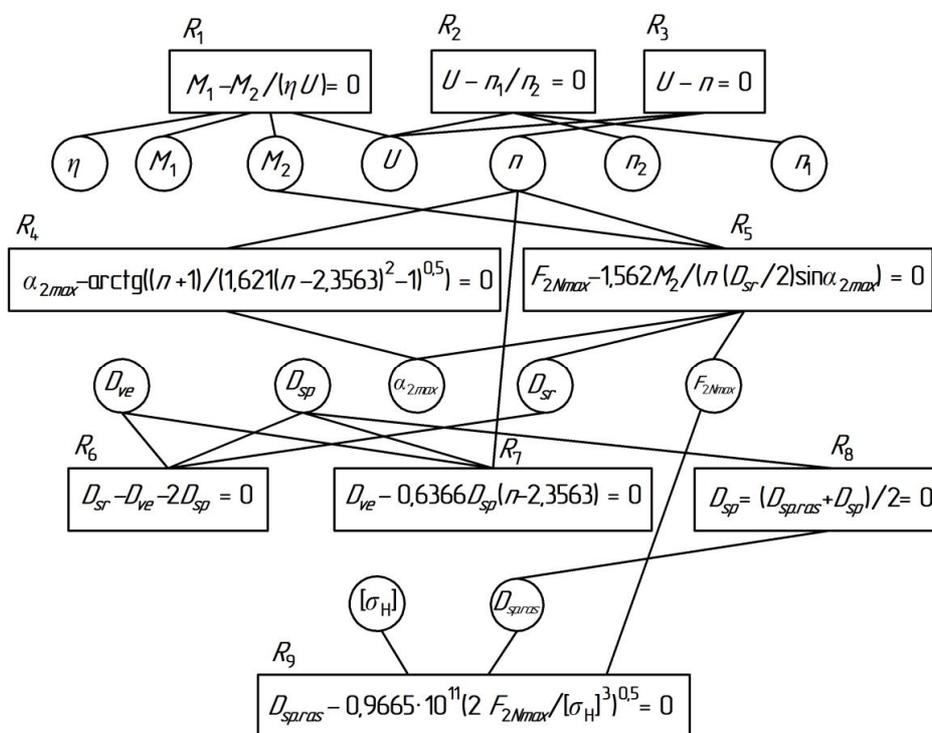


Рис. 8. Функциональная семантическая сеть для расчета шарового плунжера: M_1 – момент на ведущем валу; M_2 – момент на ведомом валу; η – КПД редуктора; U – передаточное отношение редуктора; n_1 – частота вращения ведущего вала; n_2 – частота вращения ведомого вала; n – количество шаровых плунжеров; α_{2max} – угол; F_{2Nmax} – нормальная сила, действующая на один плунжер со стороны центрального колеса; D_{sr} – средний диаметр зубчатого венца центрального колеса; D_{ve} – диаметр ведущего эксцентрика; D_{sp} – диаметр шарового плунжера; $[\sigma_n]$ – контактные напряжения в материале центрального колеса; $D_{sp.ras}$ – расчетный диаметр шарового плунжера

Функциональная семантическая сеть для расчета массы правой крышки (рис. 6) представлена на рис. 9; редуктора (рис. 1) – на рис. 10; центрального колеса (рис. 7) – на рис. 11; ведущего вала (рис. 3) – на рис. 12; левой крышки (рис. 4) – на рис. 13; ведомого вала (рис. 2) – на рис. 14.

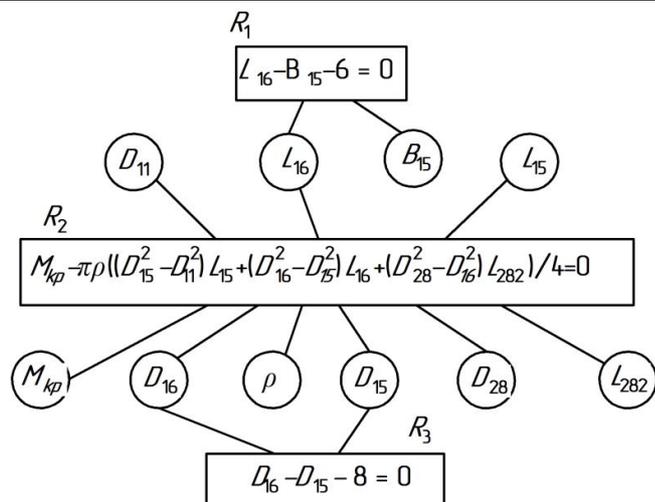


Рис. 9. Функциональная семантическая сеть для расчета массы крышки правой: M_{kp} – масса крышки правой; ρ – плотность материала крышки; B_{15} – ширина правого подшипника на ведущем валу

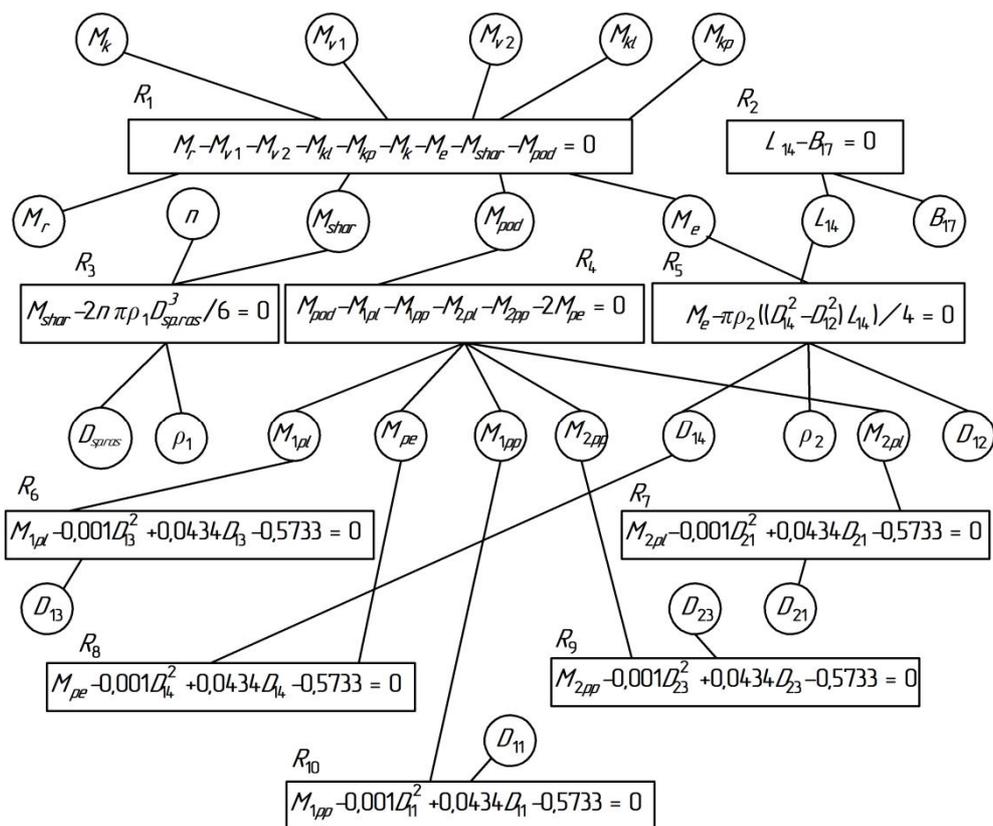


Рис. 10. Функциональная семантическая сеть для расчета массы редуктора: M_r – масса редуктора; M_{kl} – масса крышки левой; M_{kp} – масса крышки правой; M_{12} – масса ведомого вала; M_{V1} – масса ведущего вала; M_e – масса эксцентрика; M_{shar} – масса шаровых плунжеров; M_{pod} – масса подшипников; M_k – масса центрального колеса; ρ_1 – плотность материала шаровых плунжеров; n – количество шаровых плунжеров; ρ_2 – плотность материала эксцентрика; M_{1pl} – масса левого подшипника ведущего вала; M_{1pp} – масса правого подшипника ведущего вала; M_{2pl} – масса левого подшипника ведомого вала; M_{2pp} – масса правого подшипника ведомого вала; M_{pe} – масса подшипника эксцентрика; B_{17} – ширина подшипника на эксцентрикe; $D_{sp.ras.}$ – диаметр шарового плунжера

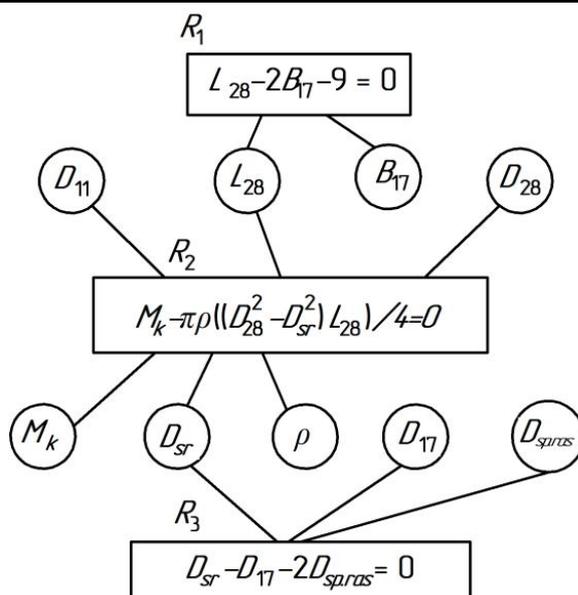


Рис. 11. Функциональная семантическая сеть для расчета массы центрального колеса:
 M_k – масса центрального колеса; ρ – плотность материала колеса; B_{17} – ширина подшипника на эксцентрике; $D_{sp.ras.}$ – диаметр шарового плунжера; D_{sr} – средний диаметр зубчатого венца центрального колеса

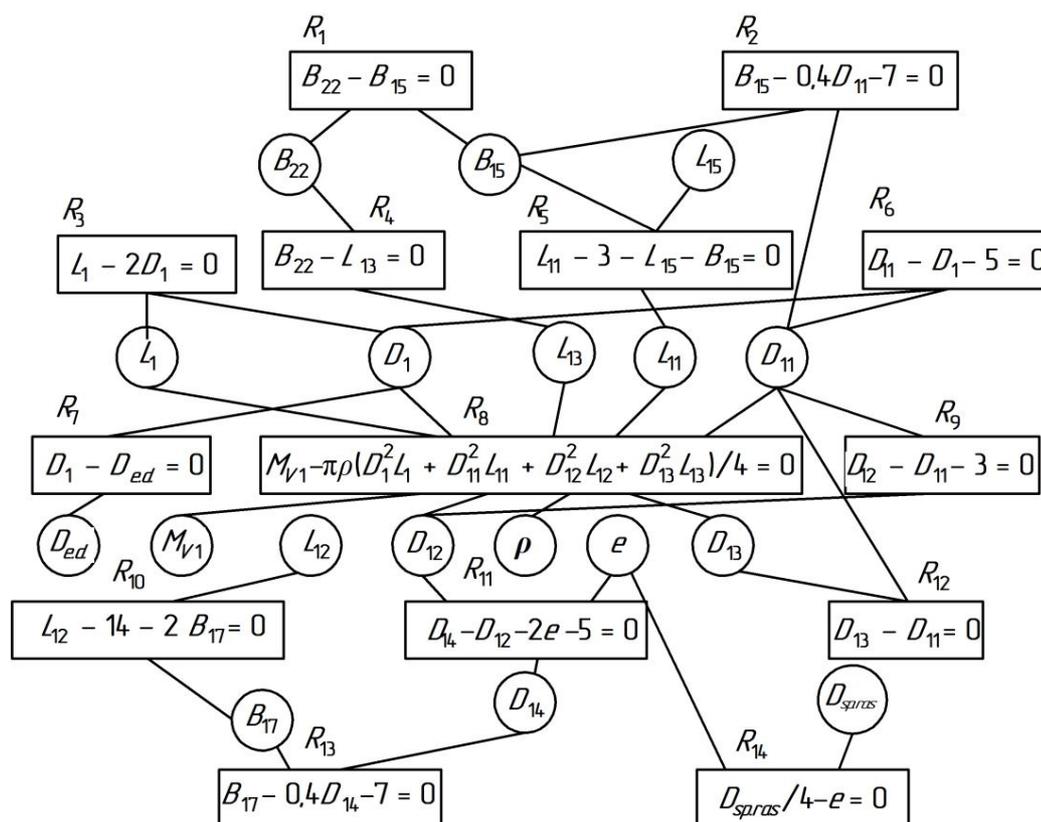


Рис. 12. Функциональная семантическая сеть для расчета массы ведущего вала:
 M_{V1} – масса ведущего вала; ρ – плотность материала ведущего вала; B_{15} – ширина правого подшипника на ведущем валу; B_{22} – ширина левого подшипника на ведущем валу; B_{17} – ширина подшипника на эксцентрике; $D_{e.d.}$ – диаметр вала электродвигателя; $D_{sp.ras.}$ – диаметр шарового плунжера

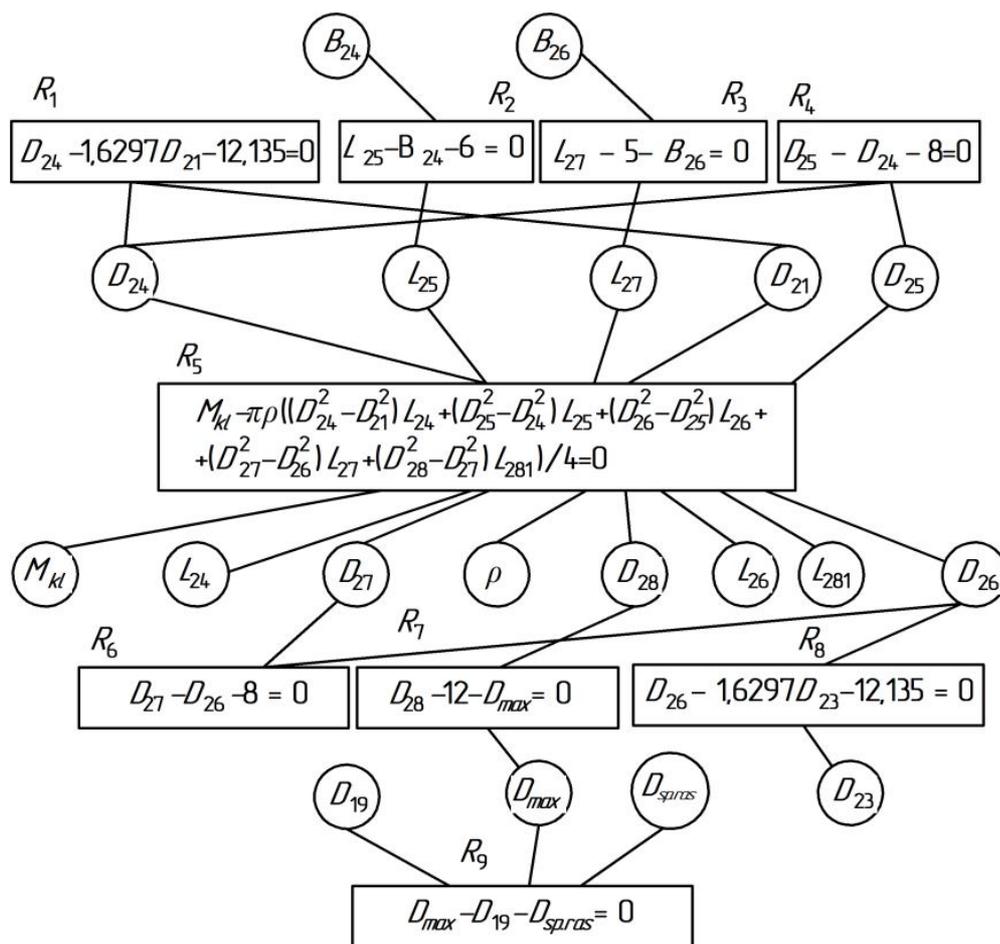


Рис. 13. Функциональная семантическая сеть для расчета массы крышки левой: M_{kl} – масса крышки левой; ρ – плотность материала крышки; B_{24} – ширина левого подшипника на ведомом валу; B_{26} – ширина правого подшипника на ведомом валу; $D_{sp.ras.}$ – диаметр шарового плунжера; D_{max} – наибольший диаметр зубчатого венца центрального колеса

Функциональные семантические сети, представленные на рис. 8–14, изображены в виде графов, где вершины-окружности являются параметрами радиально-плунжерного редуктора, а вершины-прямоугольники содержат расчетные зависимости между ними. Такое представление семантических сетей позволяет наглядно показать взаимосвязи между параметрами редуктора.

Для объединения результатов совместной работы сетей, представленных на рис. 8–14, в общую сеть для обеспечения минимальной удельной массы редуктора следует обеспечить обмен данными между ними. С этой целью были выделены параметры, по которым происходит «сшивание» сетей.

Так, функциональная семантическая сеть, представленная на рис. 8, связана с сетями, изображенными на рис. 9, 10, 12, параметром $D_{sp.ras.}$

Параметры, по которым происходит «сшивание» сетей, изображенных на рис. 9–14, приведены в табл. 1.

Применение обобщенной функциональной семантической сети, включающей набор из 64 отношений, учитывающих 83 параметра, дает возможность решать задачи, связанные с выбором рациональных значений параметров, обеспечивающих наименьшую удельную массу радиально-плунжерного редуктора, что позволяет более обосновано подходить к их проектированию.

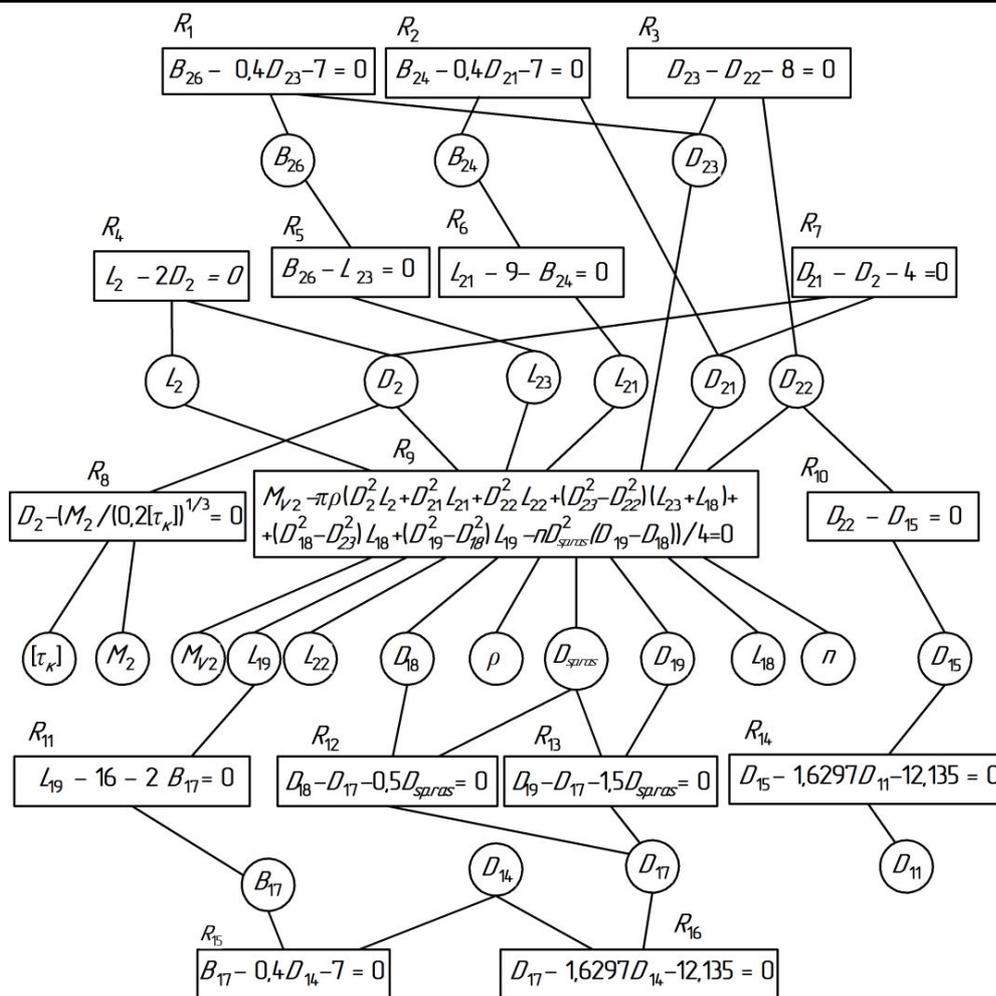


Рис. 14. Функциональная семантическая сеть для расчета массы ведомого вала: M_{V2} – масса ведомого вала; ρ – плотность материала ведомого вала; M_2 – момент на ведомом валу; $[\tau_k]$ – допускаемое напряжение при кручении ведомого вала; B_{26} – ширина правого подшипника на ведомом валу; B_{24} – ширина левого подшипника на ведомом валу; B_{17} – ширина подшипника на эксцентрик; n – количество шаровых плунжеров; $D_{sp,ras}$ – диаметр шарового плунжера

Таблица 1

Параметры, связывающие семантические сети

Сеть, представленная на	Сети, представленные на					
	рис. 9	рис. 10	рис. 11	рис. 12	рис. 13	рис. 14
рис. 9	-	M_{kp}, D_{11}	D_{11}	D_{11}, B_{15}	-	D_{11}
рис. 10	M_{kp}, D_{11}	-	M_k, D_{11}	$M_{V1}, D_{11}, D_{14}, D_{13}, D_{12}$	M_{kl}, D_{21}	$M_{V2}, D_{11}, D_{14}, D_{23}$
рис. 11	D_{11}	M_k, D_{11}	-	D_{11}	-	B_{17}, D_{17}, D_{11}
рис. 12	D_{11}, B_{15}	$M_{V1}, D_{11}, D_{14}, D_{13}, D_{12}$	D_{11}	-	-	D_{11}, D_{14}
рис. 13	-	M_{kl}, D_{21}	-	-	-	$D_{19}, D_{23}, B_{24}, B_{26}$
рис. 14	D_{11}	$M_{V2}, D_{11}, D_{14}, D_{23}$	B_{17}, D_{17}, D_{11}	D_{11}, D_{14}	$D_{19}, D_{23}, B_{24}, B_{26}$	-

Рассмотрим процедуру поиска рациональных значений на основе использования функциональных семантических сетей.

Функциональная семантическая сеть является неориентированным графом, т. к. только при постановке условия расчетной задачи станет известно, какие параметры являются входными, а какие выходными для отношений сети [8].

Каждое отношение сети имеет несколько разрешений. Так, например, отношение R_9 функциональной семантической сети, изображенной на рис. 13, имеет три разрешения относительно параметров D_{max} , D_{19} и $D_{sp.ras}$ (рис. 15).

Покажем процесс поиска решений на примере решения задачи, определяющей диаметр наружной поверхности левой крышки редуктора D_{28} . При этом исходными данными являются: масса крышки M_{kl} ; плотность материала крышки ρ ; диаметральные размеры D_{26} , D_{24} ; линейные размеры L_{26} , L_{281} ; ширина левого подшипника на ведомом валу B_{24} ; ширина правого подшипника на ведомом валу B_{26} .

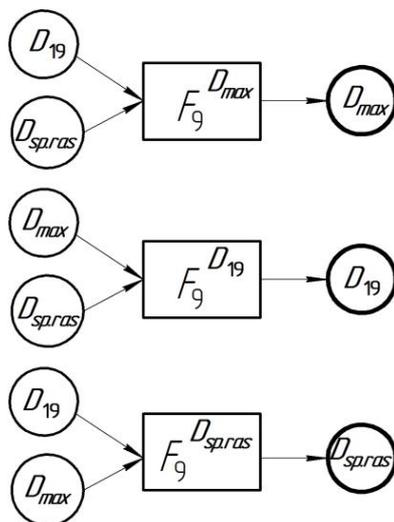


Рис. 15. Разрешения отношения R_9

При решении поставленной задачи необходимо определить минимально замкнутую систему отношений сети, построение которой позволяет указать какие разрешения должны быть у каждого из них и какие параметры являются входными для них. Поскольку в данном случае параметры D_{23} , D_{19} , $D_{sp.ras}$, D_{max} вычислять не требуется, то отношения R_7 – R_9 использоваться не будут, и тем самым минимально замкнутая подсистема отношений состоит лишь из R_1 – R_6 .

Таким образом, у отношений, входящих в минимально замкнутую систему, выявляются входные и выходные параметры, что приводит к преобразованию их в соответствующие функции. Так, например, для отношения R_1

$$R_1 = \{ D_{21} - (D_{24} - 12,135) / 1,6297 = 0 \} \rightarrow F_1 = \{ D_{21} = (D_{24} - 12,135) / 1,6297 \}.$$

В результате этого происходит формирование цепочек функций (рис. 16) и преобразование неориентированного двудольного графа (рис. 14), представляющего собой функциональную семантическую сеть, в ориентированный граф решения задачи (рис. 17).

У ориентированного графа решения задачи (рис. 17) вершины-окружности являются параметрами проектируемой системы, а вершины-прямоугольники содержат функции, в которые отношения были преобразованы.

Возможность преобразования функциональных семантических сетей в последовательность вычисляемых функций позволяет автоматизировать процедуру поиска рациональных значений параметров проектируемой системы, обеспечивающих снижение ее массогабаритных показателей.

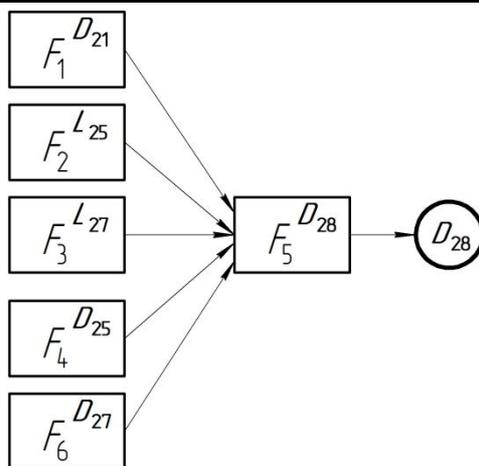


Рис. 16. Цепочка функций для решения поставленной задачи

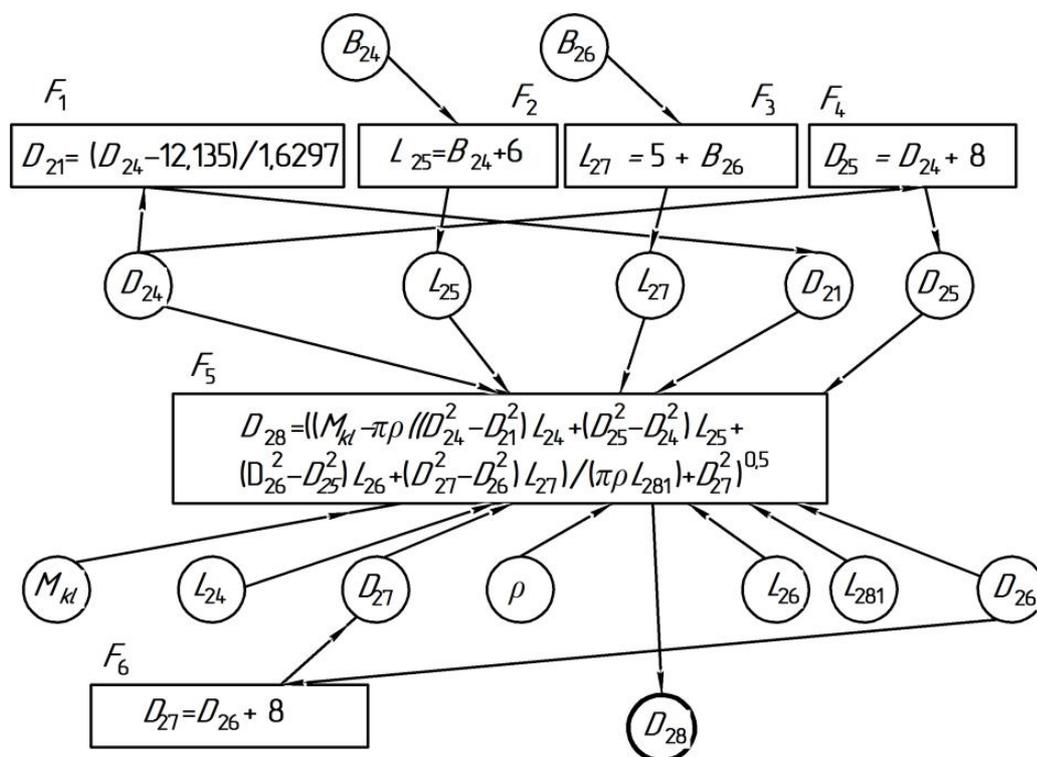


Рис. 17. Ориентированный граф решения задачи

Таким образом, средством проектирования радиально-плунжерных редукторов могут стать компьютерные программы, использующие технологии функциональных семантических сетей, обеспечивающих построение эффективных алгоритмов поиска рациональных значений параметров радиально-плунжерных редукторов на основе учета функциональных взаимосвязей его конструктивных параметров с его удельной массой.

Список литературы

1. Пашкевич, В.М. Управление точностью обработки деталей машин на основе использования семантических сетей / В.М. Пашкевич, М.Н. Миронова // Вестник Гомельского государственного технического университета имени П.О. Сухого. – 2012. – № 1. – С. 14–21.
2. Поспелов, Г. С. Искусственный интеллект – основа новой информационной технологии / Г.С. Поспелов – М.: Наука, 1988. – 280 с.

3. Гаврилова, Т.А. Базы знаний интеллектуальных систем / Т.А. Гаврилова, В.Ф. Хорошевский. – СПб: Питер, 2000. – 384 с.
4. Рассел, С. Искусственный интеллект: современный подход / С. Рассел, П. Норвиг. – 2-е изд. – М.: Вильямс. – 2006. – 1408 с.
5. Искусственный интеллект: справочник: в 3 кн. / Д.А. Попов [и др]; под ред. Д. А. Попова. – М.: Радио и связь, 1990. – Кн. 2: Модели и методы. – 304 с.
6. Пашкевич, В.М. Самообучающиеся системы искусственного интеллекта в машиностроении / В.М. Пашкевич, Ж.А. Мрочек. – Могилев: МГТУ, 2003. – 423 с.
7. Братко, И. Программирование на языке Пролог для искусственного интеллекта / И. Братко. – М.: Мир, 1990. – 559 с.
8. Пашкевич, В.М. Многофакторная оптимизация параметров обработки на основе использования семантических сетей / В.М. Пашкевич, М.Н. Миронова // Вестник Белорусско-Российского университета. – 2011. – № 4. – С. 51–61.
9. Миронова, М.Н. Интеллектуальная система для расчета станочных приспособлений / М.Н. Миронова // Вестник Полоцкого государственного университета. – 2010. – № 2. – С. 26–33.
10. Пашкевич, В.М. Методология комплексного решения технологических задач на основе использования функциональных семантических сетей / В.М. Пашкевич, М.Н. Миронова // Вестник Белорусско-Российского университета. – 2013. – № 2. – С. 95–105.

Сведения об авторах

Пашкевич Виктор Михайлович - доктор технических наук, доцент, проректор по научной работе ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет», *pvm@bk.ru*.

Миронова Марина Николаевна, старший преподаватель кафедры «Технологии машиностроения» ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет», *MarinaMN16@mail.ru*.

CALCULATION OF PARAMETERS OF RADIAL-PISTON REDUCER BASED ON THE USE OF FUNCTIONAL SEMANTIC NETWORKS

Pashkevich V.M., Mironova M.N.

State Institution of Higher Professional Education «Belarusian-Russian University»

The questions of calculation of parameters of radial-piston reducer are considered in this article. It is used the approach which is based technologies of functional semantic networks. It is considered possibility applications of functional semantic networks for calculation of parameters of radial-piston reducer. Semantic networks to calculate the mass of the radial piston reducer are given.

Key words: *radial-piston reducer, artificial intelligence, functional semantic networks.*

DOI: 10.22281/2413-9920-2016-02-04-52-63

References

1. Pashkevich V. M., Mironova M. N. Management of the accuracy of processing of details of cars on the basis of use of semantic networks. *The Bulletin of the Gomel state technical university of P. O. Sukhy*, 2012, No. 1, pp. 14–21.(in Russian).
2. Pospelov G.S. *Artificial intelligence – a basis of new information technology*. Moscow, Nauka, 1988. 280 p. (in Russian).
3. Gavrilova T.A. *Knowledge Base of Intelligent Systems*. SPb, Piter, 2000. 384 p. (in Russian).

4. Russel C. *Artificial Intelligence: a modern approach*. Moscow, Williams, 2006. 1408 p. (in Russian).
5. Popov D.A. ed. *Artificial Intelligence. Book 2: Models and methods*. Moscow, Radio i svyaz, 1990. 304 p. (in Russian).
6. Pashkevich V.M., Mrochek G.A. *Self-learning artificial intelligence systems in mechanical engineering*. Mogilev: MGTU, 2003. 423 p. (in Russian).
7. Bratko I. *Programming in Prolog for Artificial Intelligence*. Moscow, Mir, 1990. 559 p. (in Russian).
8. Pashkevich V.M., Mironova, M.N. Multiple-factor optimization of parameters of processing on the basis of use of functional semantic networks. *The Bulletin of the Belarusian-Russian university*, 2011, No.4, pp. 51–61. (in Russian).
9. Mironova M.N. Intellectual system for calculation of machine adaptations. *The Bulletin of the Polotsk state university*, 2010, No.2, pp. 26–33. (in Russian).
10. Pashkevich V.M. Mironova M.N. Metodologiya of the complex solution of technological tasks on the basis of use of functional semantic networks. *The Bulletin of the Belarusian-Russian university*, 2013, No.2, pp. 95–105. (in Russian).

Authors' information

Victor M. Pashkevich - Doctor of Technical Sciences, Associate professor, Vice rector for Science at Belarusian-Russian University, *pvm@bk.ru*.

Marina N. Mironova, senior lecturer at Department of Engineering Technology at Belarusian-Russian University, *MarinaMNI6@mail.ru*.

Дата публикации
(Date of publication):
25.12.2016