

ОБОБЩЕННЫЕ ЭВРИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТРАНСМИССИЙ

В статье рассмотрена структура эвристических методов. Выявлены эвристические приемы, которые их составляют. На основе проведенного анализа предложена классификация эвристических методов. Разработаны обобщенные методы к каждому из этапов проектирования трансмиссий.

Ключевые слова: классификация эвристических методов, структура метода, эвристические приемы, проектирование трансмиссий.

V.V. IVANOV

National Polytechnic University of Odessa

THE GENERALIZED HEURISTIC METHODS OF TRANSMISSIONS' DESIGN

This paper is devoted the structure of heuristic methods. There heuristic techniques that included them are founded. Classification heuristic's methods are made on the basis of the analysis it structure. Combined heuristic's methods to each of the stages of design transmissions are made. On the basis of the review described in the literature heuristic methods created a classification based on the analysis of their structure. The selected heuristic techniques used within the selected group of methods, which enabled us to create one generic method, for each of the groups. Developed generalized heuristic can reduce the design time and get rational design and patentable solutions.

Keywords: classification of heuristic methods, the structure of the method, heuristic techniques, designing transmissions.

Постановка задачи

Применение эвристических методов при проектировании трансмиссий не стало нормой, несмотря на большое количество публикаций по данной тематике. Этому мешает разнородность мнений о месте эвристических методов при проектировании. В компьютерных науках эвристические методы используются при разработке математического обеспечения САПР. В машиностроении эвристические методы относят к специальному разделу САПР – разрешению технических конфликтов [1]. В менеджменте обычно применяют эвристические методы в системе поддержки принятия решений. В каждом из приведенных случаев есть своя терминология, свои представления о том, что является эвристическим методом, своя классификация и разнятся сами используемые методы. Нам представляется, что применение эвристических методов при проектировании трансмиссий должно быть реализовано в виде системы поддержки принятия решений, которая дополняет известные программные комплексы.

Анализ исследований и публикаций

В соответствии с классификацией Г.Я.Буша методы делятся на общие и частные. К общим методам относят аналогию, объединение и инверсию. Частными являются методы, предназначенные для решения задач в определенной области техники [2]. А.И. Половинкин разделяет методы на полностью формализованные, которые можно реализовать в виде алгоритма, и методы, которые формализовать невозможно – эврисмы. А также методы, которые предполагают, что часть операций выполняет проектировщик, а часть программа [3]. Наравне с эвристическим методом употребляется термин метод проектирования. В частности П.И. Орлов к методам проектирования относит: секционирование, конвертирование, компаундирование и метод базового агрегата [4]. Данные методы можно трактовать как частные эвристические методы. В соответствии с классификацией, предложенной В.М. Заенчиком, первая группа это эвристические (интуитивные, или иррациональные) методы; вторая группа методов основана на использовании логики [5]. Данная классификация содержит важную идею: существуют эвристические методы, которые опираются на активизацию творческой деятельности человека и принятие интуитивных решений, и эвристические же методы, содержащие четко сформулированную стратегию требующую, в основном, выполнения операций, опирающихся на логику. В.М. Заенчик, Г.Я. Буш едины во мнении, что классификация методов должна опираться на анализ их структуры и выявление эвристических приемов в составе метода.

Необходимо выяснить какие эвристические методы, на каком этапе проектирования необходимо использовать. В англо-американских публикациях, посвященных САПР, полагают, что процесс проектирования, в соответствии с терминологией предложенной Дж.К.Джонсом, включает три этапа: дивергенция, трансформация и конвергенция [6]. Эти этапы можно соотнести с определенным стандартом: техническое задание – дивергенция, эскизное проектирование – трансформация, технический проект – конвергенция.

Выделение нерешенных частей

Для использования эвристических методов при проектировании трансмиссий необходимо дать четкую классификацию описанных в литературе методов. Целесообразно, чтобы классификация базировалась на анализе их структуры. Для этого из каждого метода должны быть выделены эвристические приемы, которые в нем используются. Такой анализ позволит вычлениить из огромного числа описанных в литературе методов методы, являющиеся содержательными и оригинальными. Следующим этапом отбора

эвристических методов является возможность применения их при проектировании трансмиссий. Получив перечень эвристических приемов используемых в пределах выбранной группы методов, можно сформировать один обобщенный метод, включающий все методы данной группы. Найденные обобщенные методы должны быть ориентированы на решение задач соответствующих определенному этапу проектирования.

Основные термины

Для дальнейшего анализа эвристических методов дадим свои определения наиболее важным понятиям – метод, эвристика, эвристический метод и прием с учетом специфики задач, решаемых при проектировании трансмиссий. **Метод** – это путь решения конкретной задачи, включающий совокупность приемов или процедур. **Эвристика** – это совокупность методов интенсификации и организации мышления проектировщика.

Эвристический метод – это совокупность эвристических приемов и процедур, позволяющая интенсифицировать и организовать мышление проектировщика. **Эвристический прием** – это процедура, содержащая операции, которые требуют участия проектировщика.

Аксиома. Эвристический метод должен содержать хотя бы один эвристический прием.

Теорема. Если два эвристических метода содержат одни и те же эвристические приемы и отличаются лишь выполняемыми процедурами, то это модификации одного и того же метода.

Разработка эвристических методов

Опираясь на сформулированные нами определения эвристических метода и приема, попытаемся разобраться в структуре известных методов. Используя аксиому и теорему, решим: какие из известных эвристических методов имеют право называться методами и какие из них являются оригинальными.

На этапе дивергенции варианты решения проблемы отсутствуют и необходимо выдвинуть какие-либо идеи решения. Для этого подходят интуитивные или иррациональные методы по В.М. Заенчику или методы-эврисмы по А.И. Половинкину. Нам представляется, что наиболее точно такие методы можно назвать: методы активизации творческой деятельности [7].

Наиболее известным из методов активизации творческой деятельности является метод мозгового штурма. В литературе встречаются также методы мозговой атаки, прямого мозгового штурма, двойного мозгового штурма, электронного мозгового штурма, массового мозгового и индивидуального мозгового штурма. Являются ли перечисленные методы, в действительности, отдельными методами или различными названиями одного и того же метода позволит выяснить анализ их структуры.

В методе мозгового штурма обычно выделяют следующие этапы: четкая формулировка цели и ограничений; генерация идей; отбор лучшего решения на основе экспертных оценок [2]. Либо вместо структуры метода акцентируют внимание на принципах его построения: тщательное формирование состава участников, определение ведущего и распределение ролей; предоставление слова каждому; полный запрет на критику; иерархическое ведение обсуждения [5].

При рассмотрении модификаций метода мозгового штурма можно видеть, что не все этапы являются обязательными и не все принципы строго выполняются. Так при прямом мозговом штурме формулировка проблемы и ограничений проходит непосредственно в процессе обсуждения. При индивидуальном мозговом штурме не выполняется принцип распределения ролей среди участников обсуждения. А в методе двойного мозгового штурма допускается критика идей до окончания процесса их выдвижения. Анализ метода мозгового штурма позволил вычленив эвристические приемы, которые являются общими для всех его многочисленных модификаций и отбросить рекомендации и указания, которые не вносят существенных изменений в его реализацию. Полагаем, что метод мозгового штурма можно свести к трем эвристическим приемам, которые полностью отражают суть метода: коллективное обсуждение; разброс во времени выдвижения идей и их критики; использование экспертных оценок [8].

На основе анализа структуры описанных в литературе методов активизации творческой деятельности количество оригинальных методов сведено к девяти: мозговой штурм, фокальных объектов, гирлянд случайностей и ассоциаций, синектика, свободных ассоциаций, аналогий, эмпатии, переключения стратегии, морфологический анализ. Выявленные оригинальные методы сведены в таблицу 1, из которой видно, что есть методы «богатые» по своему содержанию, включающие несколько эвристических приемов, а есть методы, основанные на использовании лишь одного эвристического приема. Метод эмпатии, фокальных объектов, переключения стратегии оставлены нами в качестве отдельных методов лишь в силу огромного числа публикаций, посвященных им, и для соблюдения некоего «историзма» при классификации методов [2, 5, 9].

Учитывая, что число эвристических приемов используемых во всех методах активизации творческой деятельности невелико, можно рекомендовать применение всех шести приемов в одном методе [9]. Такой подход позволил сформулировать обобщенный метод активизации творческой деятельности, который включает в себя эвристические приемы, применяемые в определенной последовательности:

- коллективное обсуждение;
- разброс во времени выдвижения идей и критики;
- использование случайных ассоциаций;
- использование четырех типов аналогии;
- составление матрицы;

- использование экспертных оценок.

Таблица 1

Методы и приемы активизации творческой деятельности

Название операции. приема Название Метода	Коллективное обсуждение	Разброс во времени выдвижения идей и критики	Использование случайных ассоциаций	Использование четырех типов аналогии	Использование экспертных оценок	Составление матриц
Мозговой штурм	+	+			+	
Фокальных объектов			+			
Гирлянд случайностей и ассоциаций			+	+		+
Синектика	+			+	+	
Свободных ассоциаций		+	+			
Аналогий				+		
Эмпатии				+		
Переключение стратегии			+			
Морфологический анализ						+

Задачам, решаемым на этапе трансформации, отвечают методы исследования структуры проблемы, к которым нами отнесены матрица взаимодействий [3], сеть взаимодействий [6], структурный анализ Р.В. Амбарцумянца [10], метод сигнальных графов E. Vetadzokoska [11], потоковых графов SFG [8], анализ взаимосвязанных областей решения (AIDA) [6], организованных стратегий, проектирования нововведений путем смещения границ, определение компонентов по Александру [6], системотехника [1], проектирование систем человек-машина [9] (табл. 2).

Таблица 2

Методы и приемы исследования структуры проблемы

Название операции. приема Название Метода	Выделение элементов	Установление взаимосвязей между элементами	Выявление взаимосвязанных и не зависимых групп элементов	Определение входов и выходов системы	Использование графов	Использование матриц
Матрица взаимодействий	+	+				+
Сеть взаимодействий	+	+			+	
Структурный анализ Р.В. Амбарцумянца	+	+	+		+	
Метод сигнальных графов E. Vetadzokoska	+	+			+	
потоковых графов SFG	+	+		+	+	
Анализ взаимосвязанных областей решения (AIDA)	+		+			+
Организованных стратегий		+	+			
Проектирования нововведений путем смещения границ	+	+	+			
Определение компонентов по Александру	+		+			+
Системотехника	+		+	+		
Проектирования систем человек-машина	+		+	+		

Анализ методов, которые мы отнесли к группе исследования структуры проблемы, показал, что в

большинстве из них первый эвристический прием – разделение системы на элементы. Исследователи, уделявшие основное внимание задачам машиностроения, в качестве элементов рассматривают узлы или детали. В качестве элементов в методе проектирования нововведений путем смещения границ рассматривают устройства. В методе проектирования систем человек-машина в качестве элементов выступают машины и человек, как элемент системы, а в методе системотехника элементы – нормализованные узлы, которые, например, могут быть логическими блоками.

Эвристический прием установление взаимосвязей между элементами логически является следующим шагом. Для установления взаимосвязей применяют графы либо матрицы [2]. При большом количестве элементов, что свойственно, например, задачам решаемых методом системотехника, важным является прием выявления взаимосвязанных и не зависимых групп элементов. А при рассмотрении сателлитных механизмов необходим прием определение входов и выходов системы.

На базе выявленных эвристических приемов сформулирован обобщенный метод исследования структуры проблемы, включающий шесть приемов, которые должны быть применены в определенной последовательности:

- выделение элементов;
- установление взаимосвязей между элементами;
- определение входов и выходов системы;
- выявление взаимосвязанных и не зависимых групп элементов;
- использование графа или матрицы;

Задачам, решаемым на этапе конвергенции, отвечают методы оценки вариантов конструктивного решения. К данным методам относятся: стоимостной анализ; контрольные перечни, ранжирование и взвешивание, индекс надежности по Квирку, упорядоченный поиск, фундаментальный метод проектирования Мэтчетта [6, 9, 12] (табл. 3).

Таблица 3

Методы и приемы оценки вариантов конструктивного решения

Название операции, приема	Определить функцию и качество каждого элемента	Подготовить перечень задач, контрольных вопросов которым, должны отвечать проектные решения	Распределить задачи по степени предпочтения, назначить каждой задаче коэффициент весомости	Оценить степень, с которой проектное решение отвечает задаче	Выявить элементы которыми проектировщик может варьировать и неизменные элементы	Присвоить численные значения (ранг, весовой коэффициент, стоимость, оценка, вероятность отказов) каждому из сочетаний элементов
Стоимостного анализа	+					+
Контрольных перечней		+		+		
Ранжирование и взвешивание	+		+	+		
индекса надежности по Квирку	+	+		+		+
Упорядоченного поиска	+			+	+	+
Фундаментальный метод проектирования Мэтчетта	+			+	+	+

На основе анализа этих методов выявлены характерные для данного этапа приемы и сформирован обобщенный метод оценки вариантов конструктивного решения, который включает эвристические приемы в такой последовательности:

- определить функцию и качество каждого элемента;
- выявить элементы, которыми проектировщик может варьировать и неизменные элементы;
- подготовить перечень задач, контрольных вопросов которым должны отвечать проектные решения;
- распределить задачи по степени предпочтения назначить каждой задаче коэффициент весомости;
- присвоить численные значения (ранг, весовой коэффициент, стоимость, оценка, вероятность отказов) каждому из сочетаний элементов.

- оценить степень, с которой проектное решение отвечает задаче.

Выводы

На базе рассмотрения описанных в литературе эвристических методов создана классификация, основанная на анализе их структуры. Выделены эвристические приемы, используемые в пределах выбранной группы методов, что позволило сформировать один обобщенный метод, для каждой из групп. На этапе дивергенции предпочтительно использование обобщенного метода активизации творческой деятельности, на этапе трансформации – обобщенного метода исследования структуры проблемы, а на этапе конвергенции – обобщенного метода оценки вариантов конструктивного решения. Разработанные обобщенные эвристические позволяют сократить сроки проектирования, получить рациональные конструкции и патентоспособные решения.

Литература

1. Mikhalev O., Yanyushkin A. Main principles of automation of designing of technological processes for creation of intellectual CAD/CAM-systems and the organizations of virtual manufacture. Machines, technologies, materials 2011 8th International Congress PROCEEDINGS 19–21 September 2011. Varna, Bulgaria.
2. Буш Г.Я. Эвристика и диалогика решения конструкторско-изобретательских задач / Г.Я. Буш. – Рига : Зинатне, 1983. – 167 с.
3. Половинкин А.И. Основы инженерного творчества : учеб. пособие для студентов вузов / А.И. Половинкин. – М. : Машиностроение, 1988. – 368 с.
4. Орлов П.И. Основы конструирования : справочно-методическое пособие / П.И. Орлов. – М. : Машиностроение, 1988. – 560 с.
5. Заенчик В.М. Основы творческо-конструкторской деятельности: Методы и организация / В.М. Заенчик, А.А. Карачев, В.Е. Шмелев. – М. : Машиностроение, 1978. – 136 с.
6. Jones J.C. Design Methods: Seeds of Human Futures. New York, Toronto: J.Wiley & Sons, 1992. 326 p.
7. Larson L. Problem Solving Through Problems. New York, Berlin, Heidelberg, Tokyo: Springer - Verlag, 1983. 344 p.
8. Иванов В.В. Эвристические методы при проектировании машин / В.В. Иванов, А.М. Харсун // Проблемы техники : научно-виробничий журнал Одеського національного морського ун-ту. – 2010 – № 1. – С. 78–86.
9. Иванов В.В. Эвристические модели в машиностроении / В.В. Иванов. – Одесса : АО Бахва, 2012. – 268 с.
10. Дашенко А.Ф. Трансформация конструкции машин с использованием метода графов / А.Ф. Дашенко, В.В.Иванов // Теорія і практика процесів подібнення, розділення, змішування і ущільнення. – 2008. – Вип. 13. – С. 34–43.
11. Vetadzokoska E. Application of signal flow graphs to the kinematics analysis of the planetary gear trains. The international conference of power transmissions. Beograd, 1998.
12. Matchett E. FDM – A means of controlled thinking and personal growth. Proceedings of the state conference of designers. CSSR: Prague, 1987.

References

1. Mikhalev O., Yanyushkin A. Main principles of automation of designing of technological processes for creation of intellectual CAD/CAM-systems and the organizations of virtual manufacture. Machines, technologies, materials 2011 8th International Congress PROCEEDINGS 19–21 September 2011. Varna, Bulgaria.
2. Bush, G.Ya. Evristika i dialogika resheniya konstruktorsko-izobretatelskih zadach. - Riga.: Zinatne, 1983. - 167s. [in Russian]
3. Polovinkin, A.I. Osnovy inzhenernogo tvorchestva: Ucheb. posobie dlya studentov vtuzov / A.I. Polovinkin - M.: Mashinostroenie, 1988. - 368 s. [in Russian]
4. Orlov, P.I. Osnovy konstruirovaniya: Spravochno-metodicheskoe posobie / P.I. Orlov. - M.: Mashinostroenie, 1988. - 560s. [in Russian]
5. Zaenchik, V.M. Osnovy tvorcheshko-konstruktorskoy deyatelnosti: Metody i organizatsiya / V.M. Zaenchik, A.A. Karachev, V.E. Shmelev – M.: Mashinostroenie, 1978. - 136s.
6. Jones, J.C. Design Methods: Seeds of Human Futures / J.C. Jones - New York, Toronto: J.Wiley & Sons, 1992 - 326p.
7. Larson, L. Problem Solving Through Problems / L.Larson - Springer - Verlag, New York, Berlin, Heidelberg, Tokyo, 1983. - 344 p.
8. Ivanov, V.V. Evristicheskie metody pri proektirovani mashin / V.V. Ivanov, A.M. Harsun // Naukovo-virobnichiy zhurnal «Problemi tehniki» Odeskogo natsionalnogo morskogo univrsitetu. - 2010 - № 1. - S. 78 - 86. [in Russian]
9. Ivanov, V.V. Evristicheskie modeli v mashinostroenii / V.V. Ivanov. - Odessa: AO Bahva, 2012. - 268s. [in Russian]
10. Daschenko, A.F. Transformatsiya konstruktсии mashin s ispolzovaniem metoda grafov / A.F. Daschenko, V.V. Ivanov // ZbIrnik naukovih prats «Teoriya I praktika protsesiv podriblennya, rozdilennya, zmishuvannya i uschilnennya». - 2008. - Vup. 13. - S. 34 - 43. [in Russian]
11. Vetadzokoska E. Application of signal flow graphs to the kinematics analysis of the planetary gear trains / E. Vetadzokoska // The international conference of power transmissions. – Beograd, 1998.
12. Matchett E. FDM - A means of controlled thinking and personal growth / E. Matchett // Proceedings of the state conference of designers. – CSSR: Prague, - 1987.

Рецензія/Peer review : 5.8.2014 р. Надрукована/Printed :27.9.2014 р.
Рецензент: д.т.н., проф. М.Г. Сурьянінов