

УДК 004.896

МЕТОДИКА ВЫБОРА ПРИЕМОВ УЛУЧШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК НА ЭТАПЕ КОНЦЕПТУАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

¹Евдошенко О.И., ²Петрова И.Ю.¹*Астраханский государственный университет, Астрахань, e-mail: goronet@list.ru;*²*Астраханский государственный архитектурно-строительный университет,
Астрахань, e-mail: irapet1949@gmail.com*

В статье рассматриваются три фазы концептуального проектирования технического устройства. Для реализации первых двух фаз разработаны методы и подходы, а также системы автоматизации процессов. На третьей фазе инженер-конструктор может применять универсальные приемы или авторские специализированные обобщенные приемы для улучшения эксплуатационных характеристик устройства. В настоящее время отсутствует единая технология выбора обобщенных приемов. Данная статья посвящена описанию разработанных процедур выбора обобщенных приемов на заключительной третьей фазе концептуального проектирования. Пошагово рассмотрены две процедуры выбора: по требованию к улучшаемым эксплуатационным характеристикам и патентоспособности проектируемого устройства на изобретательском уровне. На заключительном этапе инженеру-конструктору для дальнейшего использования необходимо отобрать наиболее перспективные обобщенные приемы. Поэтому в данной статье разработан ряд критериев, которые позволяют произвести оценку выбранного приема: коэффициент универсальности и эффективности, средняя балльная оценка степени улучшения или ухудшения, количество улучшаемых или ухудшаемых характеристик. На основе перечисленных критериев сформулирован комплексный критерий, который может применяться для выбора наиболее эффективного приема улучшения эксплуатационных характеристик технического устройства.

Ключевые слова: концептуальное проектирование, процедуры выбора, обобщенный прием, комплексный критерий оценки, изобретательский уровень, физико-технические эффекты

THE CHOICE TECHNIQUE OF OPERATIONAL CHARACTERISTICS IMPROVING METHODS AT THE STAGE OF CONCEPTUAL DESIGN

¹Evdoshenko O.I., ²Petrova I.Yu.¹*Astrakhan State University, Astrakhan, e-mail: goronet@list.ru;*²*Astrakhan Civil Engineering Institute, Astrakhan, e-mail: irapet1949@gmail.com*

In this article three stages of the technical device conceptual design are considered. Methods, approaches and systems of processes automation are developed for fulfilling the first two stages. On the third stage a design engineer can use versatile methods or the author's special generalized methods to improve operational characteristics of the device. Now there is no common choice technology of the generalized methods. This article is devoted to the description of the developed choice procedures of the generalized methods on a final third stage of conceptual design. Two choice procedures are step by step considered: a demand to the improved operational characteristics and patentability of the designed device at the inventive level. At the final stage a design engineer needs to select the most promising generalized methods for further use. Therefore in this article a number of criteria, which allow to assess the chosen method, is developed: a versatility and efficiency index, an average rate of improvement or deterioration level, a number of the improved or worsened characteristics. On the basis of the listed criteria the complex criterion is formulated, it can be used to choose the most effective method of operational characteristics improvement of the technical device.

Keywords: conceptual design, procedures of choice, generalized method, complex criterion of assessment, inventive level, physics and technology effects

Концептуальное проектирование является основополагающим, наиболее трудоемким и важным этапом проектирования, важнейшая составляющая процесса создания нового технического решения, определяющая законченный облик решения, и включающая проведение исследования и согласование характеристик созданных технических решений с возможной их последующей организацией. Именно на этом этапе правильные решения обеспечивают наибольшую выгоду, и, в конечном итоге, именно число проработанных концепций будущего изделия определяет его новизну и качество, а

следовательно, его конкурентоспособность и объем продаж. Концептуальное проектирование нового технического устройства сводится к выполнению трех фаз [4, 5]:

Фаза 1 – структурный анализ и синтез нового физического принципа действия устройства.

Фаза 2 – морфологический анализ и синтез – поиск наиболее эффективной конструктивной реализации (по совокупности эксплуатационных характеристик) принципа действия, осуществляемый на множестве вариантов технических реализаций отдельных элементов.

Фаза 3 – анализ и синтез обобщенных приемов улучшения эксплуатационных характеристик синтезированной конструкции.

Для прохождения первых фаз могут применяться системный подход к инженерному проектированию (немецкие профессора Pahl и Beitz, 1970) [14], метод концептуального проектирования (Р. Коллер, Германия) [13], автоматизированное поисковое проектирование (А.И. Половинкин, В.А. Камаев, С.А. Фоменков (Россия)) [1, 10, 11], энерго-информационный метод поиска новых технических решений (М.Ф. Зарипов, И.Ю. Петрова, О.М. Шикульская) [6, 15–17]. Для автоматизации процессов этих фаз разработаны информационные системы: САПФИТ [12, 16], АСПИТ «Интеллект» [7], Эффекты 200, изобретающая программа «Новатор» [8] и другие.

На третьей фазе концептуального проектирования технического устройства могут применяться универсальные приемы Г.С. Альтшуллера, которые задают направление инженерной мысли, описывают общий подход к улучшению, используются для разрешения технических противоречий [2, 3] и авторские специализированные обобщенные приемы – направленное изменение конструкции, схемы, использование новых материалов и другие способы, с помощью которых в конкретном техническом решении получен положительный эффект по сравнению с прототипом [9]. Работа с такими приемами не автоматизирована, и отсутствует общая технология выбора, оценки и применения таких приемов.

Цель данной работы: разработка комплексного критерия оценки эффективности и процедур выбора обобщенных приемов по требованиям к улучшаемым характеристикам и для определения патентоспособности (изобретательский уровень).

Оценка эффективности обобщенного приема. Определение критериев оценки

Для оценки эффективности обобщенно-го приема в работе предложено использовать следующие критерии:

1. *Коэффициент универсальности приема* $K_{унив}(UC)$ – показатель, характеризующий степень цитирования приема в документах, который определяется по формуле:

$$K_{унив}(UC) = \frac{D_{pr}}{D}$$

где D_{pr} – количество документов, описывающих (цитирующих) данный прием; D – общее количество научно-технических документов в базе для определенной группы устройств.

2. *Коэффициент экспертной оценки* $K_{эо}(CE)$ – показатель, который позволяет

оценить эффективность приема с учетом экспертных оценок степени улучшения или ухудшения значения эксплуатационных характеристик. Этот коэффициент определяется по формуле

$$K_{эо}(CE) = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta O_i}{\max * \alpha}$$

где ΔO_i – экспертная балльная оценка i характеристики (для ухудшающихся характеристик – со знаком минус): $\Delta O \in X$ и $\Delta O \in (-1)Y$; α – общее количество затрагиваемых характеристик: $\alpha = |I \cup W|$; \max – максимальная экспертная балльная оценка степени улучшения (ухудшения) значения характеристики (за основу берется $\max = 5$).

3. *Количество одновременно улучшаемых Count(I) или ухудшаемых Count(W) эксплуатационных характеристик* в результате применения данного приема;

4. *Пользовательская рейтинговая оценка (R)* – выставляется инженером-конструктором по итогам применения данного приема (в баллах от 1 до 5).

На основании критериев: $Count(I)$, $Count(W)$, $K_{эо}$, $K_{унив}$, R формируется комплексный критерий оценки эффективности приема, который рассчитывается по формуле

$$KO = K_{унив} \bar{\tau}_1 + K_{эо} \bar{\tau}_2 + \frac{Count(I) - Count_{max}}{Count_{max}} \bar{\tau}_3 + \frac{R}{\max} \bar{\tau}_4 - \frac{Count(W) - Count_{max}}{Count_{max}} \bar{\tau}_5$$

где $\bar{\tau}_1, \bar{\tau}_2, \bar{\tau}_3, \bar{\tau}_4, \bar{\tau}_5$ – средневзвешенные нормированные веса критериев (устанавливаются инженером-конструктором):

$$\bar{\tau}_i = \frac{\tau_i}{\sum_{i=1}^m \tau_m}, \quad \bar{\tau}_i \in [0..1], \quad m - \text{количество}$$

учтенных критериев. Если необходимость учитывать критерий отсутствует, то $\bar{\tau} = 0$; $Count_{max}$ – максимальное количество эксплуатационных характеристик, затрагиваемых в данной группе устройств; \max – максимальная балльная оценка степени улучшения или ухудшения значения эксплуатационной характеристики. Так как все составляющие комплексного критерия могут принимать значения от 0 до 1: $K_{унив}$, $K_{эо}$, $\frac{Count(I) - Count_{max}}{Count_{max}}$, $\frac{Count(W) - Count_{max}}{Count_{max}}$, $R \in [0, 1]$, то сам комплексный критерий может принимать значения в диапазоне от -1 до $+1$: $KO \in [-1, 1]$.

Основные бизнес-процессы, протекающие на заключительной фазе концептуального проектирования

Инженер-конструктор на последней фазе концептуального проектирования может выполнить одну из следующих задач:

1) выбор возможных приемов улучшения для заданных эксплуатационных характеристик (см. рис. 1);

2) определение условий патентоспособности принципа действия технического устройства (изобретательский уровень) (см. рис. 2).

Процедура выбора обобщенных приемов по требованиям к улучшаемым эксплуатационным характеристикам

Процедура выбора эффективного приема улучшения эксплуатационной характеристики технического устройства сводится к выполнению следующих шагов:

Шаг 1. Определить множество критериев, по которым будут оцениваться приемы:

$$Cr = \{Cr_j \mid j = \overline{1, n}\}.$$

Шаг 2. Формируется решающее правило для отнесения приема к классу допустимых. Обобщенный прием можно называть *допустимым*, если хотя бы у 51 % критериев значения совпадают со значениями критериев сформированного решающего правила. Обобщенный прием является *недопустимым*, если у более чем 49 % критериев значения не совпадают со значениями решающего правила. Правило должно состоять из n наборов: критерий-значение-знак:

$$\mathcal{N} = \{\{Cr_1, Value, S\}, \{Cr_2, Value, S\}, \dots, \{Cr_n, Value, S\}\},$$

где S – знак: $<$, $>$, $=$, \geq , \leq .

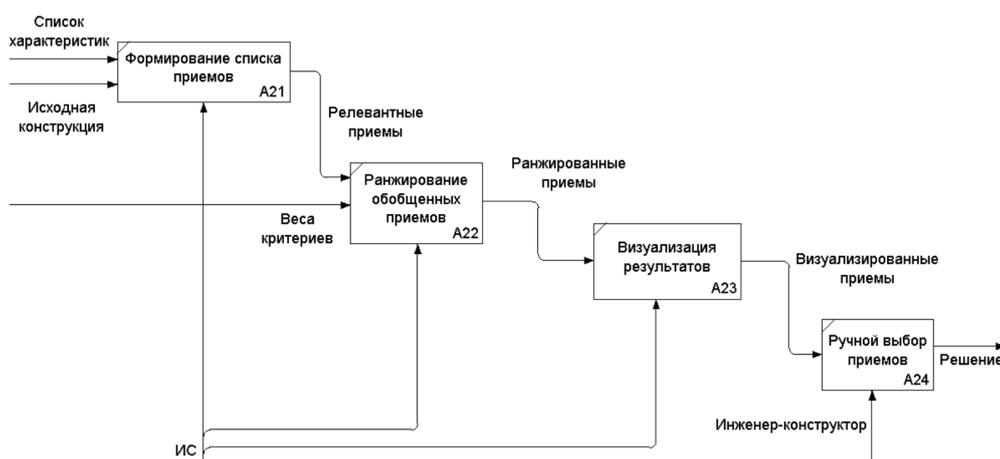


Рис. 1. Бизнес-процесс выявления возможных приемов улучшения и формирование паспорта

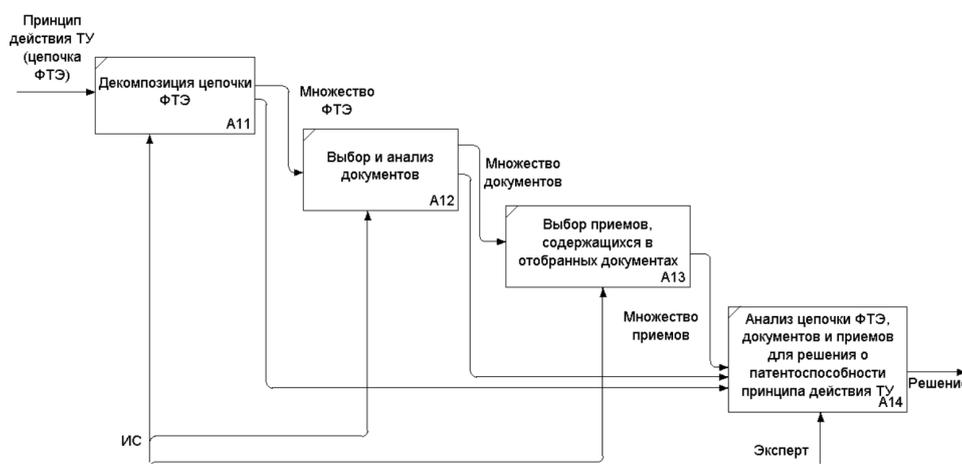


Рис. 2. Бизнес-процесс определения патентоспособности ТУ (изобретательский уровень)

Шаг 3. Определить множество приемов, которые улучшают заданную характеристику:

$$M = \{M_i \mid i = \overline{1, m}\}.$$

Шаг 4. Определяются значения каждого критерия для всех отобранных приемов Cr_k . Таким образом, каждый прием описывается вектором

$$M_i = \{\{Cr_k, Value_k\} \mid k = \overline{1, n}\}.$$

Шаг 5. Решающее правило накладывается на каждый прием и формируется вектор-результат для каждого приема: $\aleph(M_i) = \{1, 0, 1, \dots, 0\}$, 1 – соответствие значению критерия, 0 – несоответствие значению критерия. Количество единиц в векторе-результате обозначим как β , количество нулей – β , $\beta + \beta = n$.

Шаг 6. На основании анализа векторов-результатов, множество приемов, определенных на шаге 3, разбиваются на два класса: $Class_1$ – допустимые приемы, с такими приемами работа может быть продолжена, и $Class_2$ – недопустимые приемы, такие приемы в дальнейшем не учитываются. Сформировать результат из допустимых приемов.

Шаг 7. Для каждого критерия инженер-конструктор устанавливает важность критерия (вес): $\bar{c}_i, i, \bar{c} = 1, n$.

Шаг 8. Рассчитывается значение комплексного критерия оценки обобщенного приема, и приемы сортируются в порядке убывания значения критерия.

Процедура выбора обобщенных приемов по требованиям патентоспособности (изобретательский уровень) проектируемого устройства

Как известно, автоматизированная система «Интеллект» позволяет синтезировать цепочки физико-технических эффектов и параметров, отражающие физический принцип действия технического устройства [5].

Такая цепочка ФТЭ может использоваться для определения патентоспособности (изобретательский уровень) принципа действия технического устройства.

Если в качестве входной информации использовался структурно-параметрический принцип действия технического устройства в виде цепочки ФТЭ, то в результате можно определить множество научно-технических документов. В результате анализа множества этих документов они могут быть разбиты на группы, каждый из которых позволяет сформулировать обобщенный прием улучшения эксплуатационных характеристик.

$$\begin{aligned} FTE &\rightarrow \{FTE_1, FTE_2, \dots, FTE_k\} \rightarrow \\ &\rightarrow \{\{D_{i,1}D_{i,2} \dots D_{i,n}\}, \{D_{j,1}D_{j,2} \dots D_{j,l}\} \dots \{D_{p,1}D_{p,2} \dots D_{p,b}\}\} \rightarrow \\ &\rightarrow \{\{M_{i,1}\}, \{M_{j,1}\} \dots \{M_{p,1}\}\}, \end{aligned}$$

где FTE – физико-технический эффект; D – научно-технический документ; i, j, p – номер группы; M – обобщенный прием.

Процедура анализа цепочки ФТЭ, отобранных документов и приемов для решения о патентоспособности (изобретательский уровень) принципа действия устройства сводится к выполнению следующих шагов:

Шаг 1. Из полученной цепочки извлекаются номера ФТЭ:

$$FTE \rightarrow \{FTE_1, FTE_2, \dots, FTE_i\}.$$

Шаг 2. Отобрать множество научно-технических документов, которые содержат ФТЭ из цепочки:

$$\begin{aligned} &\{FTE_1, FTE_2, \dots, FTE_i\} \rightarrow \\ &\rightarrow \{D_1, D_2, \dots, D_n\}, D = \{D_n \mid n = \overline{1, m}\}. \end{aligned}$$

Шаг 3. Исключить документы, которые описывают уже известную техническую реализацию устройства.

Шаг 4. Документы распределяются по группам. Каждая такая группа отождествляется с ФТЭ из цепочки и представляет собой набор научно-технических документов, которые содержат этот эффект:

$$\check{T}_i = \{d_j \mid d_j \in D\},$$

где i – номер группы.

Если документ содержит не один ФТЭ, то он одновременно попадает в несколько групп.

Шаг 5. Выполняется декартово произведение групп T_1, T_2, \dots, T_n . В результате получаем множество кортежей (наборов документов: $D_1D_2 \dots D_n$) длины n , образованных так, что первый компонент (документ) принадлежит группе T_1 (т.е. содержит первый ФТЭ их цепочки), второй – T_2 и т.д.

Шаг 6. Из полученных кортежей документов выявляются обобщенные приемы:

$$\{D_1 D_2 \dots D_n\} \rightarrow \{M_1 M_2 \dots M_j\}.$$

Таким образом, для каждого кортежа документов получаем кортеж соответствующих приемов. Рассчитывается среднее значение комплексного критерия оценки $KO_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^j KO_i}{j}$ приемов, входящих в один кортеж.

Шаг 7. Кортежи приемов сортируются в порядке убывания значения комплексного критерия оценки. Приемы, входящие в один кортеж, анализируются экспертами на возможность их сочетания с целью получения требуемого эффекта.

Заключение

Авторами разработана методика выбора обобщенных приемов по требованиям к улучшаемым эксплуатационным характеристикам, которая позволяет сократить время поиска и выбора приема по совокупности требуемых эксплуатационных характеристик. Кроме того, сформулирована процедура выбора обобщенных приемов по требованиям патентоспособности (изобретательский уровень) проектируемого устройства, основанная на анализе принципа действия технического устройства в виде структурно-параметрической схемы (цепочки физико-технических эффектов из системы «Интеллект»). Для оценки эффективности приема разработан комплексный критерий оценки обобщенного приема по универсальности; эффективности; количеству, степени улучшения и ухудшения эксплуатационных характеристик.

Список литературы

1. Автоматизация поискового конструирования / под ред. А.И. Половинкина. – М.: Радио и связь, 1981. – 344 с.
2. Альтшуллер Г.С. Основные приемы устранения технических противоречий при решении изобретательских задач. – Баку: Гянджлик, 1971. – 52 с.
3. Альтшуллер Г.С. Дополнительный список приемов устранения технических противоречий. – Баку, 1972.
4. Зарипова В.М. Объектно ориентированная модель базы знаний о физико-технических эффектах для системы концептуального проектирования новых элементов информационно-измерительных систем и систем управления // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2013. – № 1. – С. 162–171.
5. Зарипова В.М. Модели и комплексы программ для синтеза датчиков с поддержкой многопользовательской работы в сети // диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Астрахань, 2006.
6. Зарипов М.Ф., Петрова И.Ю. Морфологический анализ и синтез чувствительных элементов систем управления // Датчики и системы. – 2002. – № 5. – С. 10–14.
7. Зарипова В.М., Цырульников Е.С., Киселев А.А. «Интеллект» для развития навыков инженерного творчества // Alma Mater (Вестник высшей школы). – Изд-во РУДН, 2012(1). – С. 58–61.
8. Консультант по инновациям, автоматическая разработка концепт- проектов. [Электронный ресурс]. – 2013. – Режим доступа: <http://www.method.ru/> (дата обращения: 25.06.2016).
9. Петрова И.Ю., Евдошенко О.И., Зарипова В.М., Гурская Т.Г. Приемы совершенствования эксплуатационных характеристик биморфных сенсоров и актуаторов // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2014. – № 4 (28). – С. 213–226.
10. Половинкин А.И. Методы инженерного творчества: учеб. пособие / А.И. Половинкин. – Волгоград: ВолгПИ, 1984. – 364 с.
11. Половинкин А.И. Основы инженерного творчества / А.И. Половинкин. – М.: Машиностроение, 1988. – 368 с.
12. Фоменков С.А. Автоматизированная система поиска физических принципов действия изделий и технологий (САПФИТ). / С.А. Фоменков, В.А. Гришин, Г.А. Карачунова. – Волгоград. Деп. в ВИНТИ, 1990, 1944-В.
13. Koller R. Konstruktionsmethode für den Maschinen-, Geräte- und Apparatebau. Berlin – Heidelberg – New-York: Springer -Verlag, 1976.
14. Pahl G. and Beitz W. Engineering Design, 3rd edition. Springer-Verlag, Berlin, 1995.
15. Petrova I., Shikulskaya O., Shikulskiy M. Conceptual modeling methodology of multifunction sensors on the basis of a fractal approach. Advanced Materials Research. – 2014. – Т. 875–877. – С. 951–956.
16. Shikulskaya O.M., Nezametdinova É.R., Modernization of a conceptual model of a data bank for physicotchnical effects based on contemporary information technology // Measurement Techniques. – 2007. – Т. 50. № 1. – С. 7–9.
17. Zaripov M., Petrova I., Zaripova V. Project of creation of knowledge base on physical and technological effects // Proceedings IMEKO TC1 Symposium on Education in Measurement and Instrumentation 2002: Challenges of New Technologies. 2002.