



АВТОМАТИЗАЦИЯ КЛАССИФИКАЦИИ ПРИЕМОВ УЛУЧШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ НА ЭТАПЕ КОНЦЕПТУАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

О.И. Евдошенко (Астраханский государственный архитектурно-строительный университет)

Классификация приемов улучшения эксплуатационных характеристик технических устройств состоит из двух основных процессов: формирование базы ключевых слов для каждой обобщенной группы и определение обобщенной группы приема. Представлен алгоритм определения обобщенной группы приема, включающий графематический, морфологический и частотный анализы приема. Для иллюстрации результатов работы алгоритма рассмотрены приемы улучшения эксплуатационных характеристик биморфных элементов. Представлены архитектура и функциональные возможности разработанной автоматизированной информационной системы определения группы приема.

Ключевые слова: прием, обобщенная группа, ключевое слово, графематический анализ, морфологический анализ, частотный анализ, Web-приложение, функциональный модуль, информационная система.

Введение

Современная динамика темпов разработки, использования, непрерывного совершенствования технологии производства и расширения областей применения технических устройств приводит к необходимости улучшения их эксплуатационных характеристик с целью получения превосходства перед аналогами. Процесс конструирования любого технического устройства можно разделить на несколько стадий. Наиболее важная из них — стадия концептуального проектирования, на которой применяются принципиальные проектные решения по облику и принципам действия проектируемых устройств и систем. Именно на концептуальном этапе выбор наилучшего решения из числа проработанных концепций обеспечивает его качественное преимущество по сравнению с аналогами.

Концептуальное проектирование нового технического устройства сводится к выполнению трех фаз:

— структурный анализ и синтез нового физического принципа действия устройства;

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

— анализ и синтез обобщенных приемов улучшения эксплуатационных характеристик синтезированной конструкции.

Для прохождения первых фаз могут применяться системный подход к инженерному проектированию (Pahl и Beitz, 1970), метод концептуального проектирования (Р. Коллер), автоматизированное поисковое проектирование (А.И. Половинкин, В.А. Камарев, С.А. Фоменков), энерго-информационный метод поиска новых технических решений (М.Ф. Зарипов, И.Ю. Петрова, О.М. Шикунская). Для автоматизации процессов этих фаз разработаны информационные системы: САПФИТ, АСПИТ «Интеллект», Эффекты 200, изобретающая программа «Новатор» и др.

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. Также применимы авторские специализированные обобщенные приемы — направленное изменение конструкции, схемы, использование новых материалов и другие способы, с помощью которых в конкретном техническом решении по-

Таблица 1. Классификация обобщенных приемов улучшения эксплуатационных характеристик

Обобщенные методы	Обобщенные цели			
	Цель 1 (чувствительность)	Цель 2 (надежность)	Цель N (масса)
Конструктивные	Прием 1.1.1. Прием 1.1.2. Прием 1.1.m.	Прием 1.2.1. Прием 1.2.2.	Прием 1.N.1. Прием 1.N.2. Прием 1.N.k.
Технологические		Прием 2.2.1.	Прием 2.N.1.
Новые материалы	Прием 3.1.1.	Прием 3.2.1.	
Схемотехнические		Прием 4.2.1.	



Рис. 1. Классификация приемов

лучен положительный эффект по сравнению с прототипом [1]. Однако работа с такими приемами не автоматизирована, и отсутствует общая технология выбора, оценки и применения таких приемов [2], в том числе отсутствует автоматизированный процесс классификации приемов совершенствования технических устройств.

Классификация приемов необходима для того, чтобы по признакам и сформулированным правилам, принимать решение, в какую обобщенную группу отнести конкретный прием, что позволит значительно снизить трудоемкость процесса поиска способов улучшения эксплуатационных характеристик новых технических устройств [3]. Пример результатов классификации обобщенных приемов улучшения эксплуатационных характеристик представлен в табл. 1

Цель исследования: повышение эффективности использования приемов на этапе концептуального проектирования за счет их автоматической классификации по обобщенным группам.

Научная новизна исследования: разработан алгоритм классификации приемов совершенствования эксплуатационных характеристик на основе гравиметрического, морфологического и частотного анализов текста приема, реализованный в составе САПР [4].

Для демонстрации результатов классификации рассматриваются приемы улучшения биморфных пьезоэлементов [1].

Классификация приемов совершенствования эксплуатационной характеристики

Классификация приемов состоит из двух основных процессов (рис. 1).

1) Формирование базы ключевых слов для каждой обобщенной группы. Классификация приемов по виду обобщенной группы (далее группы) заключается в отнесении приема к одной из заранее из-

вестных групп: конструктивные, технологические, схемотехнические методы или новые материалы [5]. Представим такие группы приемов множеством:

$$G = \{g_r\},$$

где $r = 1, \dots, m$.

Для каждой из групп эксперт определяет множество признаков, которые ее характеризуют:

$$F(G) = \bigcap (g_r),$$

где $F(g_r) = \langle f_1, \dots, f_k, \dots, f_z \rangle$.

Множество $F(G)$ называют словарем, а в качестве признаков f_k могут быть использованы ключевые слова и словосочетания.

Определим словари:

g_1 — конструктивные методы, g_2 — схематические методы;

$F(g_1) = \{\text{прокладка, пластина, рамка, электрод, связь, усилитель, ...}\};$

$F(g_2) = \{\text{электрод, усилитель, обратная связь, делитель, цепь, ...}\}.$

2) Алгоритм определения обобщенной группы приема состоит из следующих этапов.

1) **Графематический анализ (сегментация).** Входными данными для модуля графематического анализа является строковый тип данных (текст приема). Работа алгоритма заключается в разбиении текста на отдельные токены (элементы), которые впоследствии преобразуются в массив данных [6].

Пусть дана строковая величина:

$$S = \{N_1 N_2 N_3 N_4 \dots N_i\}.$$

В результате работы алгоритма получаем массив токенов (элементов):

$$S_g\{S\} = \{N_1, N_2, N_3, \dots, N_i\},$$

где S — строковый тип данных (текст приема), N_i — токены (элементы), S_g — массив данных (все элементы разбиты по отдельности).

2) *Морфологический анализ.* К алгоритмам, широко применяемым на морфологическом уровне, относятся лемматизация и стемминг [7].

После разбиения текста на отдельные токены (элементы) необходимо произвести морфологический анализ (лемматизация). Целью и результатом морфологического анализа является определение морфологических характеристик слова и его основной словоформы (леммы) [7, 8]. От основной формы (леммы) создаются все остальные формы.

При лемматизации для каждого слова входного текста морфологический процессор выдает множество морфологических интерпретаций следующего вида: морфологическая часть речи; множество наборов граммем.

Морфологическая часть речи определяется традиционным образом за исключением того, что некоторые специфические морфологические формы также получают статус части речи. Распределение по частям речи является существенным параметром при проведении автоматической классификации и категоризации текстов [9].

Алгоритм анализа работает следующим образом:

Элемент состоит из множества $\{S\}$. Если элемент — изменяемая часть речи, то результат будет иметь вид:

$$S_g\{N_i\}=\{C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, \dots, C_i\},$$

где S_g — массив данных (лексема), C_i — словоформы.

Иначе по формуле: $\{S_g\} = N_{i..}$

Ключевые слова	
отрицательной обратной связи	2
обратной связи	2
отрицательной обратной	2
усилитель	3
усилитель	1
усилителя	2
обратной	2
отрицательной	2
связи	2
электродов	2
электродов	1
электроды	1

Рис. 2. Результаты анализа текста приема (text.ru)

Для иллюстрации работы алгоритма в табл. 2 приведены результаты графематического и морфологического анализов приема «Введение отрицательной обратной связи с помощью пьезоэлектрического трансформатора, причем входная система электродов пьезотрансформатора подключена к выходу усилителя, а выходная — к входу, образуя цепь отрицательной обратной связи».

Для семантического анализа текстов приемов могут быть использованы возможности электронного ресурса text.ru.

Ресурс определил следующее семантическое ядро: усилитель, обратной, связи, отрицательной, электродов (рис. 2), что соответствует результатам табл. 2.

3) *Частотный анализ.* После морфологического преобразования слов приема осуществляется поиск на соответствия с базой ключевых слов (элементов). При возможности одно ключевое слово можно отнести к нескольким разным группам одновременно необходимо также учитывать частоту слов в тексте и число признаков, соответствующих каждой группе.

Результат частного анализа приема представлен в табл. 3.

В исходном множестве $S_g\{S\}$ для анализируемого приема было определено 5 элементов-признаков (таблица 2, раздел «Семантическое ядро»). При пересечении $S_g\{S\}$ с $F(g_1)$ формируется множество, содержащее три элемента, что составляет 60% от мощности множества $S_g\{S\}$, а при пересечении с $F(g_2)$ — пять элементов, что составляет 100% от мощности множества $S_g\{S\}$. Преодолеть порог 75% возможно при пересечении с множеством $F(g_2)$, следовательно можно сделать выводы, что данный прием можно отнести к группе — схмотехнические приемы g_2 . Достоверность данного вывода также подтверждается значением суммарной частоты: при сравнении с группой g_2 оно выше, чем с группой g_1 ($24,12 < 37,9$).

Если число признаков и средняя частота совпадают, и решение об обобщенной группе невозможно принять (неоднозначный результат), инженер отправляет этот прием эксперту, который должен принять уже окончательное решение.

Описание информационно-аналитической системы классификации приемов

Разработка информационно-аналитической системы (ИАС) классификации приемов совершенствования технических устройств направлена на повышение эффективности использования приемов на этапе концептуального проектирования за счет их автоматической классификации по обобщенным группам.

Таблица 2. Результаты анализа текста приема

Статистика текста		
Наименование показателя	Значение	
Число символов с пробелами, ед.	265	
Число символов без пробелов, ед.	235	
Число слов, ед.	29	
Семантическое ядро		
Основная словоформа	Число, ед.	Частота, %
Усилитель (усилитель, усилителя)	3 (1,2)	10,34
Обратная (обратной)	2 (2)	6,89
Связь (связи)	2 (2)	6,89
Отрицательная (отрицательной)	2 (2)	6,89
Электрод (электродов, электроды)	2 (1,1)	6,89

Таблица 3. Результаты частного анализа текста приема

Конструктивные			Схмотехнические		
	Число признаков, ед.	Частота, %		Число признаков, ед.	Частота, %
электродов	2	6,89	электродов	2	6,89
связи	2	6,89	обратной	3	10,34
усилитель	3	10,34	отрицательной	2	6,89
			связи	2	6,89
			усилитель	2	6,89
Итого	$\Sigma=7$	$\Sigma=24,12$	Итого	$\Sigma=11$	$\Sigma=37,9$

Разработанная ИАС представляет собой Web-приложение, которое основано на двухзвенной клиент-серверной архитектуре. Для хранения данных используется СУБД PostgreSQL (www.postgresql.org).

ИАС состоит из нескольких функциональных модулей.

Функциональный модуль «Регистрация и авторизация». Регистрация пользователя с указанием логина, пароля, электронной почты, подтверждение учетной записи. Авторизация пользователя по логину и паролю.

Функциональный модуль «Личный кабинет». Данный модуль отвечает за формирование фона рабочего стола и истории классификаций. Реализует такие функции, как просмотр истории классификаций приемов, просмотр текста ранее классифицированных приемов.

Функциональный модуль «База ключевых слов» реализует функции:

- создание базы ключевых слов;
- редактирование базы ключевых слов;
- удаление из базы ключевых слов;
- просмотр базы ключевых слов;
- поиск ключевых слов по группам.

Функциональный модуль «Классификация приемов» реализует функции:

- загрузка текста приема из текстового файла;
- ввод текста приема вручную;
- определение обобщенной группы приема (классификация);
- просмотр статистики классификации и краткой характеристики текста приема (число слов и число стоп-слов в тексте; соотношение найденных ключевых слов по группам; диаграмма, показывающая в процентном соотношении число найденных ключевых слов по каждой из групп).

Функциональный модуль «Ручная классификация приема экспертом» доступен только для роли «Эксперта» и реализует функции:

- просмотр приемов, отправленных инженерами для принятия окончательного решения о группе приема;
- определение обобщенной группы приема и сохранение результатов.

Функциональный модуль «Поиск приемов» реализует функции: поиск приемов по заданной группе и по фрагменту текста.

Доступ ко всем модулям осуществляется в зависимости от роли пользователя:



Рис. 3. Страница личного кабинета пользователя

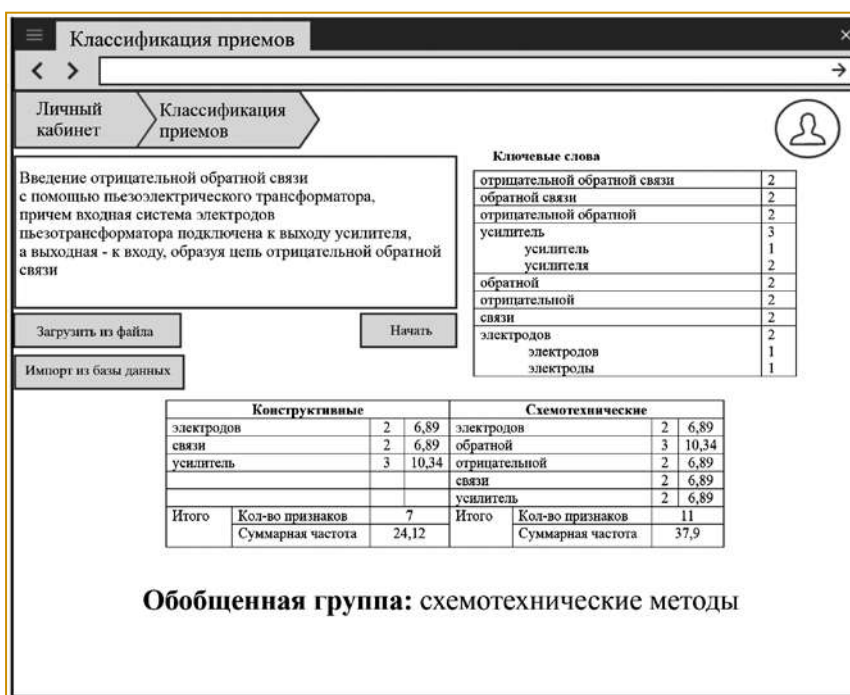


Рис. 4. Классификация приема

— *администратор* (регистрация, авторизация, база ключевых слов (формирование, просмотр, редактирование), классификация приемов, поиск приемов, личный кабинет);

— *инженер* (регистрация, авторизация, база ключевых слов (только просмотр), классификация приемов, поиск приемов, личный кабинет);

— *эксперт* (авторизация, база ключевых слов (формирование, просмотр, редактирование), классификация приемов, поиск приемов, определение нечеткой классификации, личный кабинет).

Рассмотрим пользовательский интерфейс ИАС классификации приемов совершенствования технических устройств.

Если пользователь успешно авторизовался, то он перейдет на страницу личного кабинета (рис. 3)

В личном кабинете инженера отображается история ранее классифицированных приемов, а именно: порядковый номер, часть текста приема, обобщенная группа, статус классификации.

При нажатии в таблице на строке с названием приема справа, отобразится полный текст приема и название обобщенной группы. На странице «Классификация приемов» необходимо подготовить входной массив данных. Этот массив может быть получен тремя способами. Первый способ заключается во вводе пользователем текстовой информации в поле, второй — в загрузке текстового файла из локального хранилища («Загрузить из файла») и третий способ — загрузка из баз данных Федерального института промышленной собственности («Импорт из базы данных»). Далее пользователю необходимо нажать на кнопку «Начать». Результат работы алгоритма включает: название обобщенной группы («Решение»), к которой будет относиться данный прием и статистику по данному приему, а именно: количество слов в тексте приема; таблица с количеством найденных ключевых слов и их суммарной частоте по каждой обобщенной группе (рис. 4).

Если обобщенная группа не будет однозначно определена, то выдается сообщение о том, что система не нашла соответствий в тексте приема с ключевыми словами. Данный прием будет носить статус «Не определен» и перейдет в личный кабинет эксперта для определения его классификации.

Заключение

В результате проведенного исследования были описаны процессы классификации приемов совершенствования технических устройств: формирование базы ключевых слов и алгоритм определения обобщенной группы приема. Алгоритм позволяет инженеру-конструктору принимать решение в какую группу отнести конкретный прием, что позволит значительно снизить трудоемкость процесса поиска способов улучшения эксплуатационных характеристик новых технических устройств на этапе концептуального проектирования. Алгоритм положен в основу информационной системы классификацией приемов,

что позволяет упростить информационный поиск для экспертов и инженеров-конструкторов при проектировании нового технического устройства.

Список литературы

1. *Петрова И.Ю.* Приемы совершенствования эксплуатационных характеристик биморфных сенсоров и актюаторов / И.Ю. Петрова, О.И. Евдошенко, В.М. Зарипова, Т.Г. Гурская // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. — 2014. — Вып. 4(28). — С. 213-226.
2. *Евдошенко О.И.* Методика выбора приемов улучшения эксплуатационных характеристик на этапе концептуального проектирования / О.И. Евдошенко, И.Ю. Петрова // Современные наукоемкие технологии. — 2016. — 8. — Т. 2, №8, - с. 220-224.
3. *Шабанов В.И.* Метод классификации текстовых документов, основанный на полнотекстовом поиске / В.И. Шабанов, А.М. Андреев // Тр. I российского семинара по оценке методов информационного поиска. Под ред. И.С. Некрестьянова. — СПб.: НИИ Химии СПбГУ, 2003.
4. *Евдошенко О.И.* Информационная система поиска приемов улучшения технических устройств // Перспективы развития строительного комплекса. — 2014. — Т. 1. — С. 181-186.
5. *Евдошенко О.И.* Анализ существующих групп методов улучшения эксплуатационных характеристик технических устройств / О.И. Евдошенко // Сб. научных тр. по итогам международной научно-практической конференции. Инновационный центр развития образования и науки, г. Красноярск, 2014. — С. 7-9.
6. *Митина О.В.* Методы анализа текста: методологические основания и программная реализация / О.В. Митина, А.С. Евдокименко // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Психология. 2010. Т. 2, №1. С. 179-185.
7. *Яцко В.А.* Алгоритмы и программы автоматической обработки текста / В.А. Яцко // Вестник Иркутского государственного лингвистического университета. 2012. № 17 (1). С. 150-161.
8. Обработка текстов на естественном языке [Электронный ресурс] URL: www.osp.ru/os/2003/12/183694/ (дата обращения 20.09.2020).
9. *Santini M.* Common criteria for genre classification: annotation and granularity [Text] / M. Santini // 3-rd international workshop on text-based information retrieval (TIR-06). - Riva del Garda, Italy : University of Trento, 2006. - P. 35-40.

*Евдошенко Олег Игоревич — канд. техн. наук, доцент
Астраханского государственного архитектурно-строительного университета.
E-mail: goronet@list.ru*

21-23 сентября 2020 г. в Санкт-Петербурге в КВЦ «ЭКСПОФОРУМ» прошла международная специализированная выставка «АВТОМАТИЗАЦИЯ».

Организатор - ВО «ФАРЭКСПО».

Выставка традиционно прошла в рамках Международного промышленного форума «Радиоэлектроника. Приборостроение. Автоматизация» совместно с выставкой «РАДЭЛ».

Партнером выставки выступил «Газпромбанк» (Акционерное общество).

На «Автоматизации 2020» продукцию представили известные компании: «Феникс Контакт», ЭлеСи, МЕАНДР, ПЛКСистемы, СТОИК, РЭЛСИБ, СУЭР, ЗМКС, КИП-Энерго и др.

Информация о всех новинках, представленных на выставке в 2020 г., размещена на сайте организатора в разделе «Биржа решений».

<https://automation-expo.ru>