

## МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ В СРЕДЕ САПР SOLIDWORKS

Гордейчик К.А., Рыбинская Т.А., Шаповалов Р.Г.

*(каф. механики, ТРТУ, г. Таганрог, Россия)*

В авиационной технике используется большое количество разнообразных механизмов и машин, представляющих собой твердые тела, состоящие из большого количества деталей, которые целесообразно моделировать в графической среде SolidWorks.

SolidWorks существенно отличается от обычных программ автоматизированного проектирования, т.к. является параметрической программой создания моделей твердых тел, состоящих из элементов. Говоря о моделях, состоящих из элементов, мы имеем в виду свойства отдельных компонентов модели. Термин «параметрический» используется для описания для описания изменения формы геометрии модели путем изменения значения размера. Применительно к двумерному чертежу точность указания размеров является крайне важной. В SolidWorks параметризация позволяет размерами управлять габаритами и формой геометрии, но не наоборот. Поэтому чрезвычайно важным является задание размеров, что определяется целью разработки. Данная возможность является наиболее важным функциональным аспектом SolidWorks.

Под моделью твердого тела обычно понимается реальная трехмерная модель, обладающая плотностью и массой, которые можно ощутить руками. Эти свойства справедливы и для созданной компьютером модели, за исключением возможности поддержать ее в руках. Компьютерную модель можно считать реальной, потому что для нее можно указать плотность материала, из которого она будет создана. Модель имеет центр тяжести, а также обладает весом и объемом, по крайней мере, с точки зрения компьютера. Модель можно вращать на экране так же, как и руках. Ее можно измерить и получить о ней всю информацию.

Понимание того, как SolidWorks интерпретирует полученные данные, может облегчить взаимодействие с программным обеспечением. SolidWorks «знает» обо всех поверхностях, которые формируют внешнюю границу модели. Это называется топологией модели. SolidWorks «знает» также, какая сторона грани является внешней или внутренней.

Наиболее важное свойство SolidWorks состоит в том, что эта программа является инструментом конструктора. Эта фраза включает в себе гораздо больше смысла, чем кажется на первый взгляд. Возможность вернуться к более ранним этапам процесса проектирования и внести изменения, отредактировав эскиз или изменив значения размеров, чрезвычайно важна для конструктора. Именно эти преимущества выделяют SolidWorks из ряда параметрических конструкторских программ и даже некоторых его параметрических аналогов.

Есть ряд причин, делающих SolidWorks привлекательным программным продуктом. Одна из них состоит в том, что при создании SolidWorks основной упор делался на простоту применения и на внедрение мощных средств моделирования. Ядром SolidWorks является программа построения геометрических конструкций Parasolid. С ее помощью пользователь может выполнять работу, которая не под силу другим программам.

Важным достоинством программы SolidWorks является ее простота в применении и работа в среде наиболее распространенной в России и Украине операционной системы Microsoft Windows.

Среди других достоинств можно назвать возможность получения информации о конструкции и физических свойствах твердого тела еще до момента изготовления реального изделия или его макета. Существуют многочисленные приложения других производителей, например программы расчета кинематики и анализа методом конечных элементов, которые позволяют еще более расширить сферу приложения функциональных возможностей.

Рассмотрим применение программы Solidworks для моделирования реальных авиационных приводов.

Агрегат ГА211 является силовым приводом, предназначенным для приведения в действие щетки, очищающей стекло от атмосферных осадков.

Внешний вид агрегата показан на рис. 1.

Привод выпускается в 5-ти сборках, отличающихся друг от друга длиной выходного валика и углом поворота валика.

Агрегат работает в комплекте с дроссельным краном ГА171, который включается в линию питания перед приводом стеклоочистителя.

Схема присоединения дроссельного крана и привода стеклоочистителя к гидравлической системе самолета показана на рис. 2. Назначение крана ГА171 — понижать давление жидкости перед входом в привод стеклоочистителя и регулировать число ходов щетки.

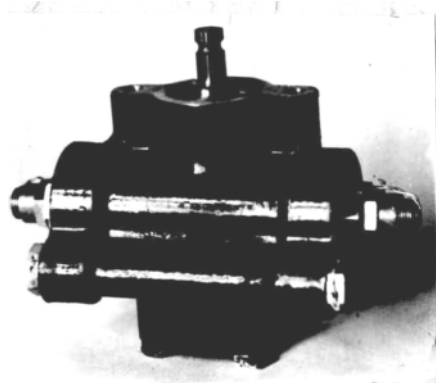


Рис. 1. Внешний вид агрегата

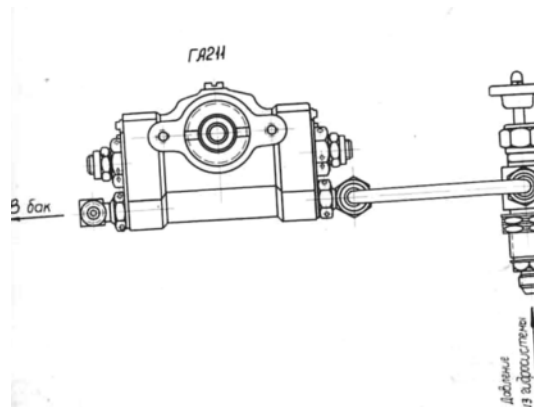


Рис. 2 Схема присоединения привода ГА211 с краном ГА171

На рис. 3 показана схема работы привода стеклоочистителя.

Давление из системы через кран ГА171 подходит к угольнику нагнетания привода, а из него по сверлениям корпуса через левый клапан попадает в левую полость гильзы (2). Правая полость гильзы в это время соединена правым клапаном через камеру переключающего механизма со сливным угольником.

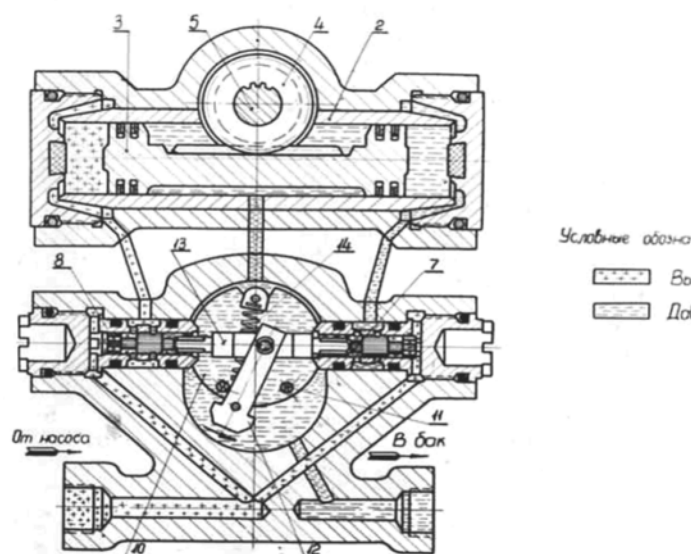


Рис. 3. Принципиальная схема агрегата

Вследствие этого поршень (3) движется слева направо, вращая против часовой стрелки шестерню (4), а с нею и приводной валик (5) вместе с насаженным на него поводком щетки.

Переключающий механизм действует следующим образом: ведущая шайба (10), вращаясь вместе с приводным валиком (5), на шлицы которого она насажена, упирается винтом (11) в скобу (12) и поворачивает ее против часовой стрелки.

Скоба (12), в свою очередь, поворачивает пружину (14). Так как ось вращения пружины смещена относительно оси вращения скобы, пружина (14) при повороте ее скобой (12) растягивается и создает усилие, действующее вдоль оси скобы. После перехода скобой равновесного положения скоба под действием пружины (14) поворачивается в крайнее левое положение, которое ограничивается стенкой корпуса. При этом действующее вдоль оси скобы усилие дает составляющую силу, направленную влево по оси планки (13).

Планка производит переключение клапанов (7), прижатых к ней с обеих сторон высоким давлением. После того движение поршня реверсируется.

Привод стеклоочистителя и редуктор привода являются твердотельными механизмами, поэтому их целесообразно моделировать в графической среде SolidWorks.

При проектировании в SolidWorks функционально используются следующие окна документов:

- Feature Manager (дерево конструирования) – содержит структуру детали сборки или чертежа;

- Property Manager (менеджер свойств);

- Configuration Manager (менеджер конфигурации);

Разработка модели ведется по следующей схеме:

1. Создается эскиз и определяется способ нанесения размеров, места взаимосвязей и т.д.

2. Выбираются соответствующие элементы, определяются наилучшие элементы для использования, порядок использования элементов и т.д.

3. Выбираются компоненты сборок для сопряжений, типы сопряжений и т.д.

После завершения создания эскиза можно создать трехмерную модель с помощью таких элементов, как «вытянуть» или «повернуть». Некоторые элементы на основе эскиза являются формами (бобышки, вырезы, отверстия и т.д.). Другие элементы на основе эскиза, например, «по сечениям» и вытяжки используют профиль по траектории. Другой тип элементов – это прикладные элементы, например, скругления, фаски и оболочки. Все детали включают элементы на основе эскиза и большинство деталей также включают прикладные элементы.

Несколько деталей собираются в сборку. Объединить детали в сборку можно с помощью таких сопряжений, как совпадение и коллинеарность. С помощью таких инструментов как переместить компонент или вращать компонент можно посмотреть способ функционирования детали сборки в трехмерном контексте.

Чтобы обеспечить правильность работы сборки, можно использовать такие инструменты, как определение конфликтов или проверить интерференцию компонентов.

Чертежи создаются из моделей детали и сборки и могут быть представлены множеством видов. Виды включают три стандартных вида, вид изометрия и т.д. Можно импортировать размеры из документа модели, добавлять примечания, например, обозначения базы и т.д.

## ПРИВЛЕЧЕНИЕ АЛГОРИТМОВ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ ДЛЯ ПОИСКА РЕЛЕВАНТНОЙ ИНФОРМАЦИИ В ИНТЕРНЕТЕ

**Краснощеков Е.Е.** (каф. ПИ, ТРТУ, г. Таганрог)

Обязательной функцией любой информационной системы является поиск информации. Сегодня Интернет используется повсеместно, поэтому возникает проблема извлечения из него нужной информации, а также избыточности ответов на поисковые запросы. Необходимо использовать новые инструменты поиска информации, позволяющие решить эти проблемы. Механизм полнотекстового поиска не дает возможности найти информацию, если были допущены ошибки при вводе информации. Поиск на точное соответствие не позволяет найти слово, если в документе оно встречается в другой грамматической форме.

Информационная потребность должна быть выражена в виде фразы (запроса) на специальном информационно-поисковом языке. Запрос редко может точно выразить информационную потребность, если это, конечно, не запрос на естественном языке. Однако многие информационно-поисковые системы по разным причинам не могут определить, соответствует ли тот или иной документ запросу. Степень соответствия документа запросу называется релевантностью.

Основная задача поисковой системы – минимизировать время, затрачиваемое пользователем на поиск релевантной запросу информации. Релевантность – одно из самых субъективных и запутанных понятий в науке информационного поиска. Наиболее часто говорят о релевантности с точки зрения пользователя, и тогда "релевантная запросу информация" и "нужная пользователю информация" – одно и то же. [1] В других обстоятельствах релевантная информация – это только та информация, которая достаточна для выполнения определенной задачи пользователя, например, поиска ответа на конкретный вопрос. Если в последнем случае в результатах поиска будет много избыточных данных, т.е. данных, которые имеют отношение к запросу, но не нужны для выполнения данной задачи, то выборка нужной информации займет у пользователя дополнительное время.

Общей чертой многих поисковых систем является использование промежуточного представления данных – индекса, составляемого программой-роботом, автоматически сканирующим информационную среду в основном по принципу исчерпывающего поиска. Обработка запросов пользователей осуществляется независимо от операции составления индекса, с помощью кластера высокопроизводительных рабочих станций, способных "просмотреть" обширный индекс за доли секунды. Иллюстрируемая архитектура классических поисковых систем (ПС) продиктована их происхождением: эти системы имеют своими предшественниками ПС предыдущего поколения, которые были ориентированы на работу с локализованными хранилищами данных. Современные информационно-поисковые системы (ИПС), ориентированные на работу в полнотекстовых базах данных, имеют некоторые отличные архитектурные особенности.

По сути, построение индекса есть упрощение исходной информации, хранимой в коллекции документов, до уровня централизованной (или распределенной на небольшом числе компьютеров) коллекции регулярных данных. Тем самым, решение задачи поиска информации сводится к давно отработанной задаче поиска информации в мощной, но вполне классической реляционной базе данных. Именно благодаря

такому подходу удалось быстро построить работающие ПС, полезность которых ни у кого не вызывает сомнений.

Однако, данному подходу присущи принципиальные недостатки, которые, вытекают из неполного соответствия поискового индекса самому документу. Практически все существующие ПС обладают следующими недостатками:

1. Низкая интеллектуальность поиска документов в коллекции – индекс составляется с помощью простейших программ-роботов, использующих наибо́льшие (а значит и самые простые) методы. Индекс составляется для произвольного запроса и, следовательно, не может быть ориентирован заранее на конкретную информацию или предметную область. Используемые в существующих системах модели индексирования не достаточно полно описывают документ. Из универсальности индекса вытекает его низкая точность при отработке конкретного запроса. Сжатие информационного содержимого документа в индекс, каким бы сложным методом оно не проводилось, неминуемо приводит к потере части информации, что принципиально снижает общность и точность поиска по сравнению с поиском, опирающимся на непосредственное сравнение полного содержимого документа с запросом пользователя. Однако чрезмерное расширение индекса так же не может быть использовано, ввиду ограничений, накладываемых на размер индекса. Поэтому, при составлении индекса должен соблюдаться разумный баланс между сложностью и полнотой индекса и его размером. Необходимо использовать модели, несущие максимум информации, имеющие максимальную информационную емкость.

2. Упрощенность процедуры вычисления степени релевантности документа на основе индекса. Сложные интеллектуальные методы пока мало применимы ввиду их повышенной вычислительной сложности, недостаточной информационной насыщенности запроса пользователя и индекса. Даже мощные интеллектуальные алгоритмы не смогут повысить релевантность ответа на достаточно простые запросы пользователя.

3. Отсутствие средств для полноценного расширения запроса пользователя с целью повышения полноты поиска информации. В данном случае подразумевается использование различного рода словарей и баз данных, позволяющих в автоматическом или диалоговом режиме расширять запрос сходными по смыслу терминами, позволяющими захватывать релевантные документы даже при отсутствии в них термов, указанных в запросе. Подобные схемы применяются лишь в небольшом количестве систем и пока еще не полностью отработаны все механизмы. Развитие данного подхода одной из мощных альтернатив развития технологий поиска информации.

4. Отсутствие средств для удобного уточнения результатов запроса. В существующих традиционных ИПС указание дополнительных параметров запроса сильно уменьшает полноту поиска, нет возможности гибкого управления параметрами запроса для регулирования соотношения критериев полноты/точности поиска. Роль пользователя в поиске информации недостаточна, пользователь практически выключен из процесса поиска. В Указанной архитектуре имеется односторонний поток данных запроса пользователь – подсистема обработки запроса и подсистема выдачи результата – пользователь.

Следствием перечисленных недостатков является общее низкое качество поиска, производимого классическими ПС в случае существования неоднозначности в описании предмета поиска, при несовпадении моделей знаний о предметной области пользователя и ИПС. Отсутствие полноценного диалога с пользователем сильно

затрудняет задачу поиска и приводит к получению нерелевантных ответов вследствие составления некорректного или неполного запроса.

Известные на сегодняшний день модели традиционного информационного поиска принято делить на три вида: теоретико-множественные (булевская, расширенная булевская), алгебраические (векторная, обобщенная векторная, латентно-семантическая, нейросетевая) и вероятностные.

Вполне справедливая критика булевской модели, заключается в ее жесткости и непригодности для ранжирования. Векторная модель была с успехом реализована в 1968 году Джерардом Солтоном в поисковой системе SMART (Salton's Magical Automatic Retriever of Text). [2] Ранжирование в этой модели основано на естественном статистическом наблюдении. В 1977 году Robertson и Sparck-Jones (Робертсон и Спарк-Джоунз) обосновали и реализовали вероятностную модель (предложенную еще в 1960). Релевантность в этой модели рассматривается как вероятность того, что данный документ может оказаться интересным пользователю. [3] При этом подразумевается наличие уже существующего первоначального набора релевантных документов, выбранных пользователем или полученных автоматически при каком-нибудь упрощенном предположении. Вероятность оказаться релевантным для каждого следующего документа рассчитывается на основании соотношения встречаемости терминов в релевантном наборе и в остальной, «нерелевантной» части коллекции. Вероятностные модели обладают некоторым теоретическим преимуществом, они располагают документы в порядке убывания "вероятности оказаться релевантным", на практике они так и не получили большого распространения.

В последние годы количество текстовой информации в электронном виде возросло настолько, что возникает угроза ее обесценивания в связи с трудностями поиска требуемых сведений среди множества доступных текстов. В настоящее время все большее распространение получают полнотекстовые базы данных. Крупные образовательные центры организуют в Интернете для студентов и сотрудников базы научных статей, авторефератов, многие организации предоставляют доступ к ресурсам электронных библиотек, оргкомитеты конференций публикуют тысячи полных текстов докладов и т.п.

С возрастанием объемов накопленной информации возникает задача смыслового поиска и экспертного статистического анализа данных с целью предоставить пользователю возможность правильно ориентироваться в среде электронных фондов большого объема, а эксперту – возможность выделять подклассы текстов по заданной тематике (в дальнейшем – естественно-тематические группы текстов).

В настоящее время в мире существуют и активно развиваются системы смыслового поиска в полнотекстовых базах данных, которые поддерживаются ведущими фирмами – производителями серверов баз данных, например, Oracle, Microsoft, IBM и др. Такие системы строятся на основе многомерных хранилищ, из которых данные извлекаются и обрабатываются с помощью алгоритмов для заранее определенных субъект-объектных отношений между ними. Крупные поисковые серверы в Интернете (например, Yahoo, Yandex) поддерживают алгоритмы поиска текстов "схожих" с данным и расчета релевантности найденных документов исходному запросу. Специализированные системы полнотекстового анализа (например, в России это "Следопыт", "ТекстАналист") позволяют проводить автоматическую классификацию и реферирование текстов.

В глобальной сети – Интернете стали доступны огромные массивы текстовой информации. По-видимому, скоро вся информация, накопленная человечеством

(текстовая, графическая и пр.) будет оцифрована и складирована на серверах глобальной сети. Это значит, что любая информация в принципе доступна и может быть выведена на любой компьютер, подключенный к сети. Точно также как доступна иголка в стоге сена, ее очень легко взять, если знать где она лежит.

Существующие технологии поиска информации в интернете недостаточно эффективны при поиске в массивах информации большого объема. В результате поиска по запросу поисковая система обычно выдает огромное количество ссылок, большинство которых не отвечают запросу, и являются для вас информационным мусором. Чем дальше развивается Интернет, чем больше накапливается в нем информации, тем труднее найти в нем то что нужно.

Накопление больших массивов информации в интернете, локальных сетях, автономных компьютерах, вызвало бурный рост нового класса программных средств – программ поиска информации в полнотекстовых базах данных.

Существующие технологии поиска недостаточно эффективны, чтобы найти в большом количестве разнородной информации глобальной сети, сведения отвечающие запросу. Поэтому развивается процесс двухэтапного поиска: первый – тематический поиск и отбор данных в полнотекстовую базу данных, второй – поиск в полнотекстовой базе данных. Можно прогнозировать рост спроса на такие базы, от небольших тематических объемом с один CD, до больших, объемом сотни гигабайт и даже терабайт, вмещающих содержание крупных библиотек.

На рынке сейчас представлено множество разношерстных и разнокалиберных программ поиска. Их функциональные возможности находятся в диапазоне от простого контекстного поиска до интернетовских поисковых машин и систем поиска для крупных библиотек. Диапазон цен: от бесплатных программ до систем стоимостью в сотни тысяч долларов.

В основном программы делятся на три основные категории: программы для поиска в персональной коллекции документов, программы для создания корпоративных хранилищ документов, программы поиска информации в произвольных текстовых массивах.

На основе анализа характеристик существующих поисковых систем и динамики их развития можно сделать вывод, что доминирующее место на рынке постепенно занимают поисковые системы, имеющие мощное поисковое ядро, обеспечивающее очень высокую скорость обработки неограниченных по размеру текстовых массивов.

В данной статье были перечислены недостатки существующих поисковых систем, для их устранения требуется применение моделей поиска, учитывающих смысловую составляющую текстовых документов, это приводит к необходимости привлечения методов искусственного интеллекта и анализа документов с использованием естественного языка (NLP – natural language processing).[4] К наиболее мощным методам из этого класса относят аппарат нечеткой логики (семантические сети и нечеткие графы), имеющей во многом сходную с естественным языком структуру. Кроме того, использование этих подходов позволяет естественным образом учитывать экспертные знания о предметной области поиска, выраженные в виде различных тезаурусов и позволяющих существенно повысить полноту и точность поиска. [5]

Решение задачи построения модели интеллектуального поиска заключается в разработке модели представления знаний в ИПС, состоящей из модели исходного документа, поступающего на вход из коллекции документов, модели представления такого документа в ИПС – поискового образа документа (ПОД), хранящегося в базе данных и используемого при поиске информации вместо самого документа, модели

поискового запроса пользователя, позволяющего в удобном виде выразить информационную потребность пользователя, модели базы знаний экспертов.

Кроме разработки математической модели представления знаний, при разработке интеллектуальной ПС необходимо получить алгоритмы, способные генерировать информационные объекты, соответствующие разработанным моделям.

Существующие на сегодняшний день методы поиска не отвечают потребностям рядовых пользователей, поиск на точное соответствие не позволяет найти слово, если в документе оно встречается в другой грамматической форме, а также если были допущены ошибки при вводе информации. Одним из методов решения этих проблем является применение нечеткой логики при поиске информации. Таким образом для нахождения релевантной информации необходимо использовать информационно-поисковые системы, имеющие в основе алгоритмы нечеткого поиска.

Под нечетким поиском понимается возможность найти достаточно близкое приближение к запрошенному термину или фразе. Он устраняет для пользователя необходимость знать правильное написание каждого термина, с которым он работает. Уже нет необходимости пролистывать сотни страниц таблиц, заполненных корнями и основами ключевых слов, чтобы найти объект поиска.

Существует технология адаптивного распознавания образов APRP (Adaptive Pattern Recognition Processing), которая открывает новое измерение в поиске информации. Данная технология работает не с ключевыми словами, а с образами. Две-три ошибочные буквы в слове или фразе не могут существенно изменить базовую картину текста. Таким образом, автоматически становится допустимой ошибка как во входных данных, так и в терминах запроса. APRP всегда в состоянии найти ближайшее приближение к терминам и фразам, заданным в качестве объектов поиска.

Нечеткий поиск особенно полезен в ситуациях, когда ввод данных осуществляется с помощью оптического распознавания символов, так как этот процесс не является на 100 процентов точным даже при очень высоком качестве печати. Например, если на данной странице с помощью оптического распознавания образов не удалось абсолютно правильно считать ни одного слова, практически никакая система четкого поиска не имеет шансов добиться успеха при поиске этой страницы.

Гибкость методологии поиска APRP позволяет улучшить параметры процесса поиска данных, позволяя пользователю самому определять степень совпадения найденной информации с запросом. Можно сформулировать эффективный запрос без знания правильного написания слов или фраз. Получив запрос найти какой-либо документ, система просматривает образы и составляет список “ближайших приближений” к тому, что было описано в запросе. Затем система упорядочивает содержимое этой области по степени вероятности того, что тот или иной найденный на этом этапе документ является истинной целью поиска. Можно определить “ближайшую десятку”, “ближайшую сотню” и т.д. Это потенциально создает среду поиска, в которой пользователь может производить поиск в интерактивном режиме, чтобы найти ответ, не определив точно, что же является ответом.

Технология поиска информации, основанная на применении нечеткой логики, позволяет расширять запрос близкими по написанию словами, содержащимися в коллекции документов, по которым ведется поиск. Оригинальный алгоритм способен найти все лексикографически близкие слова, отличающиеся заменами, пропусками и вставками символов.

Вид поиска, при котором происходит сравнение не слов запроса и документа, а “битовых образов” запроса и документа, т.е. происходит сравнение набора нулей и



единиц, представляющих собой битовый образ запроса, с наборами нулей и единиц, представляющих собой битовые образы документов, по определенному оригинальному алгоритму, позволяющему находить наиболее похожие сочетания.

В результате пользователь ИПС может найти документы, содержащие слова с ошибками в написании, с неправильными транслитерациями и т.д.

Использование "нечеткого" поиска по наименованиям товарных знаков позволяет найти знаки, "похожие" на искомый или почти эквивалентные по звучанию.

Параметр "Количество слов при нечетком поиске" регулирует степень совпадения "битовых образов" запроса и документа. Увеличение данного параметра приводит к нахождению большего количества вариантов, менее совпадающих с искомым.

Рассмотрение основных моделей поиска, используемых в существующих полнотекстовых поисковых системах, выявило их недостатки, к которым относятся игнорирование семантического содержания документов, слабая выразительность запроса, низкая полнота и точность поиска, особенно при несовпадении моделей знаний пользователя и ИПС.

Выявленные недостатки позволяют сделать вывод о необходимости разработки ИПС, ориентированной на интеллектуальный поиск с привлечением алгоритмов искусственного интеллекта и аппарата нечеткой логики, как наиболее подходящих для решения задачи интеллектуального поиска информации в коллекциях документов на естественном языке.

**Список литературы:** 1. Целых А. Н. Разработка и исследование моделей принятия решений в интегрированных интеллектуальных системах и их применение для решения экологических задач: Дис. на соискание ученой степени доктора наук. Таганрог, 2000. 2. The Thesaurus Approach to Information Retrieval T. Joyce and R.M. Needham American Documentation, 1958. 3. S.E. Robertson and Sparck Jones K. Relevance Weighting of Search Terms JASIS, 1976. 4. Robert C. Berwick. «Computational Linguistics» MIT Press, Cambridge, MA, 1999. ISBN 0262-02266-4. 5. Андриенко Е.В. Концепции поиска адекватной информации в полнотекстовых базах данных. Перспективные информационные технологии и интеллектуальные системы. Таганрог. Издательство ТРТУ, № 3 2003.

## **ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ПИЩЕВОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ЭТАПЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

**Моисеев А.В.** (кафедра ПП, ТулГУ, г. Тула, Россия)

Одно из направлений работ по внедрению информационной поддержки изделий на всех этапах жизненного цикла (ЖЦ) состоит в создании средств логистической поддержки постпроизводственных стадий. Наиболее трудоемкой задачей этого направления является разработка интерактивных электронных технических руководств по эксплуатации и ремонту изделий. Разрабатываемая в настоящее время программная система TGB требует для каждого вида изделий единого подхода к формализации данных состояния изделия, в том числе и на этапе эксплуатации.

Таким образом, анализ процессов логистической поддержки на постпроизводственных стадиях жизненного цикла пищевого оборудования и построение интерактив-

ных электронных руководствах по эксплуатации и ремонту является актуальной задачей.

Исходя из экономических соображений, в настоящее время наиболее приемлемым видом обслуживания МАПП является предупредительный, по состоянию. Но для его практической реализации необходимо обеспечить информационную поддержку, основой которой должна явиться формализации параметров трех его этапов: ретроспекции, диагностики и прогноза.

Содержанием первого этапа является применительно к решаемой задаче сопоставление априорно вычисленных при проектировании параметров состояния оборудования (параметров надежности, режима эксплуатации и др.) и фиксируемых в предшествующий период параметров, объемов выполненных работ и т.д. с целью их сопоставления с параметрами состояния в рассматриваемый отрезок времени. Результаты сравнения позволяют построить план диагностических мероприятий.

Наибольшая эффективность диагностического исследования состояния МАПП будет достигнута, если диагностические параметры приобретают три характерных количественных характеристики:

- а) начальное значение  $S_n$ , соответствующее величине диагностического признака в новых, технически исправных объектах и отвечающее требованиям нормативно-технической документации при правильном изготовлении и монтаже;
- б) допускаемое значение норматива  $S_o$ ;
- в) предельное значение норматива  $S_n$ , при котором происходит отказ по параметру.

Наличие численных значений  $S_n, S_o, S_n$  позволяет осуществить постановку диагноза не только на основании величин параметров на момент их определения, но и с учетом их изменения во времени, как посредством детерминистического описания, так и стохастического (с учетом кинетики информативных параметров).

Для реализации процесса автоматизированного учета состояния МАПП разработана система формализации в виде совокупности табличных данных по каждому элементу системы. Во всех видах таблиц используются данные числового, символьного, логического типа, а также модели корректировки параметров состояния и прогнозных.

Все параметры, определяющие состояние машины, разделены на три группы:

- а) функциональные выходные параметры (расход электроэнергии и пара, утечки пара и продукта для аппаратов, точность позиционирования для автоматов и т.д.);
- б) структурные параметры, характеризующие повреждение (степень коррозии, остаточные деформации, величина износа в сопряжении, степень старения и т.д.);
- в) сопутствующие (косвенные) параметры (шум, расход и чистота масла и др.).

С точки зрения оценки состояния все объекты классифицированы как простые и сложные. К сложным отнесены технические объекты, состояние которых не может характеризоваться одним диагностическим параметром.

Постановка диагноза осуществляется не только на основании величин параметров на момент их определения, но и с учетом их изменения во времени, как посредством детерминистического описания, так и стохастического (с учетом кинетики информативных параметров).

Во многих случаях применения средств НК и Д не удается точно оценить экономический эффект, полученный при эксплуатации проконтролированной продукции, особенно когда контроль направлен на обеспечение необходимой

безопасности, надежности и долговечности работы сложных машин и агрегатов. В этих случаях критерии приемки материалов и изделий непосредственно связаны с желаемым уровнем качества, который, в свою очередь, зависит от того, насколько важную роль играет данный компонент или узел в изделии. В зависимости от связи между этими факторами могут быть установлены следующие уровни качества:

- первый - для критических компонентов, т.е. для таких конструктивных элементов, отказ которых приводит к отказу всей системы или даже к аварии (например, паровой котел или система водоснабжения);
- второй - для некритических компонентов, т.е. для конструктивных элементов, отказ которых не приводит к аварии, но может нарушить нормальную работу системы или объекта. Такие компоненты требуют плановых осмотра и ремонта (например, отсадочные машины, фасовочные агрегаты и др.);
- третий - для неответственных конструктивных элементов (или элементов технологии), отказ которых может привести к некоторым неудобствам (например, осветительные приборы, предупредительные надписи установок и т.д.).

В инженерном аспекте реализация первого этапа регламентируется путем анализа отказов элементов, выборе и обосновании по результатам анализа диагностических параметров, определение характеристик изменения этих параметров и их разброса, и на этой основе установление параметров динамической модели состояния элементов с учетом связи структурных и диагностических параметров. Фундаментом динамической модели является предварительно набранный статистический материал.

Для использования в диагностическом процессе статистического материала предлагается создать доступный всем участникам ЖЦ банк данных, в котором для каждого типа изделия отводится формуляр; основным содержанием формуляра является полный перечень элементов, сроки их установки, формализованные параметры начального состояния, нормативные сроки замены или ремонта и расчетный (фактический) ресурс. По значениям начальных параметров и расчетным значениям ресурса назначаются оптимальные сроки и регламент технических обслуживаний и ремонтов. Одновременно с введением изделия в эксплуатацию включается виртуальная модель, прогнозирующая поведение изделия в плановом режиме эксплуатации. Признаки изменения режима эксплуатации вводятся в виртуальную модель с оптимальной периодичностью. При замене элемента в процессе обслуживания, обследования, освидетельствования или ремонта автоматически проводится уточнение вероятностных параметров эксплуатации, в том числе ресурса элемента.

Для создания банка данных используются стандартные алгоритмы, последующая корректировка проводится на основании формулы Байеса. Законы распределения случайных величин в формуле Байеса представляются в любой форме (дискретное, непрерывное распределение или их комбинации).

Третий этап разработки предусматривает проведение непосредственно диагностического прогноза и определение остаточного ресурса.

При любом методе НК, как отмечалось выше, суждение о величине и опасности дефекта проводится на основании их косвенных признаков (характеристик). Характеристики, измеряемые при выявлении дефекта данным методом и в совокупности позволяющие с определенной достоверностью оценить образ дефектов и идентифицировать их по типам и видам в соответствии с заданными граничными значениями этих характеристик, образуют измеряемые характеристики дефектов. В комплексе характеристик

выделяется главная, по значению которой при данном методе НК и Д принимается решение об отсутствии или о возможном обнаружении дефекта.

Деградация главной характеристики определяется по формуле

$$V_t = \frac{U_1(t) - U_1}{t^\alpha},$$

где  $U_1(t)$  – измеренная в момент диагностирования характеристика,  $U_1$  – начальное значение характеристики,  $t$  – межконтрольная наработка,  $\alpha$  – коэффициент чувствительности, определяемый по изменению режима, качеству замененных деталей и т.п. Деградация главной (главных) характеристики отслеживается в графической форме, что является несомненным удобством при пользовании ИЭТР. Для параметров состояния, определяемых режимом эксплуатации, устанавливается связь между изменением параметров режима и степенью деградации диагностического признака.

Для элементов изделия, не имеющих по той или иной причине математической модели, позволяющей формализовать признаки на основании аналитических расчетов, предусматривается обоснование признаков по результатам наблюдений за аналогами или предшественниками с внесением поправок на технологию изготовления, материал и т.п. (начальные признаки).

Для элементов изделия, отказ которых имеет социальные последствия в среде эксплуатации, периодически проводится определение остаточного ресурса. Для этого на основании показавшей наибольшую достоверность гипотезы накопления повреждений создается отдельный блок информационной поддержки, включающий в том числе, механизм учета накопленных повреждений (длину трещин в несущих конструкциях и интенсивность их роста, остаточных деформаций при теплосменах или перегрузках, износ, коррозионные повреждения и т.п.).

Создание формуляра позволит в процессе эксплуатации в любой отрезок времени оценить состояние изделия, ретроспективу состояния всех элементов, провести экономический анализ, назначить срок очередного освидетельствования, провести предупредительную замену элементов, остаточный ресурс которых оказывается менее межконтрольного срока.

## УПРАВЛІННЯ ТОЧНІСТЮ ОБРОБЛЕННЯ РІЗАННЯМ ЗА АПОСТЕРІОРНОЮ ІНФОРМАЦІЄЮ

**Петраков Ю.В., Артюх О.В.** (кафедра ТМ, ММІ, НТУУ „КПІ”, м. Київ, Україна)

Під управлінням, у загальному сенсі, розуміють вплив на систему з метою зміни її стану в бажаному напрямку. Управління у сучасному світі стає все більш важкою справою. Фізичні процеси, що мають місце у техніці, як правило є керованими, тобто можуть бути реалізовані різними способами в залежності від впливу на систему. Для ефективного управління необхідно, як мінімум, знайти вплив, що найбільш сильно діє на мету управління. Оскільки управління здійснюється через систему, її фізичні властивості і умови функціонування, що характеризуються різними збурюючими впливами, будь-яке управління повинно передбачати такий ланцюг проходження сигналу і компенсувати дію збурень. Можна визначити три основні методи управління: за апіорною,

поточною або апостеріорною інформацією. Таким чином задача управління може бути сформульована наступним чином: впливаючи на об'єкт, що управляється (ОУ), сигналом  $u(t)$  з урахуванням властивостей ОУ і збурень  $p(t)$  привести вихідну координату  $y(t)$ , що контролюється, до мети управління.

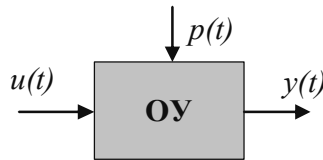


Рис.1. Об'єкт, що управляється

Оскільки метою досліджень є встановлення впливу управління на точність оброблення, достатньо використовувати модель, що враховує дві компоненти похибки - систематичну і випадкову.

Вирішимо поставлену задачу методом управління точністю за апостеріорною інформацією. Цей метод передбачає використання результатів вимірювання вже обробленої деталі для управління процесом оброблення наступної деталі, тобто виконується з певним запізненням на один цикл (рис.2).

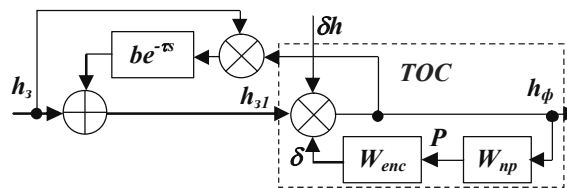


Рис.2. Схема управління за апостеріорною інформацією

На структурній схемі за рис.2 прийняті такі позначення:  $h_3$  – задана глибина різання;  $h_{31}$  – скоректоване значення заданої глибини різання;  $h_\phi$  – фактична глибина різання;  $\delta h$  – випадкове відхилення розміру заготовки від номіналу;  $\delta$  – пружна деформація еквівалентної пружної системи;  $W_{enc}$  – передатна функція еквівалентної пружної системи;

$W_{np}$  – передатна функція процесу різання. Запізнення відображається передатною функцією  $be^{-s}$ , де  $b$  – коефіцієнт корекції,  $\tau$  – час циклу оброблення і вимірювання однієї деталі,  $s$  – оператор Лапласа.

Такий метод управління може здійснюватись як у режимі «ручного» управління, так і в автоматичному режимі. Останнє передбачає створення комплексу, який автоматично вимірює оброблену деталь і передає інформацію на верстат з ЧПУ для відповідної корекції позиції інструмента на величину очікуваної похибки оброблення наступної деталі.

Залежність, використана для корекції згідно з методом автоналагоджування [2],

$$h_n(x) = bh_{n-1}^*(x), \quad (1)$$

де  $h_n(x)$  – налагоджувальна функція в  $n$ -му циклі;  $b$  – коефіцієнт налагоджування;  $h_{n-1}^*(x)$  – функція відхилення контуру деталі, обробленої в  $n-1$  циклі.

Головним завданням є визначення оптимального значення коефіцієнту корекції.

$$\begin{cases} h_n^*(x) = h_n(x) - bx \sum_{j=1}^{n-1} h_j^*(x), \\ h_1^*(x) = h_1(x). \end{cases} \quad (2)$$

Виконуючи імітаційне моделювання для одного й того ж набору значень  $h_n(x)$ , при одному і тому ж значенні координати  $x$ , що задається, але для різних  $b$ , обчислюють для кожного значення  $b$  середнє відхилення розмірів  $\bar{h}^*$  і дисперсію  $\sigma_h^{2*}$ :

$$\begin{aligned} \bar{h}^* &= \frac{1}{N - N_k} \sum_{k=N_k}^N h_k^*; \\ \sigma_h^{2*} &= \frac{1}{N - N_k} \sum_{k=N_k}^N \left[ (h_k^*)^2 - (\bar{h}^*)^2 \right]. \end{aligned} \quad (3)$$

Оптимальне значення коефіцієнта  $b$  знаходять за екстремумом залежностей (3). Для проведення імітаційних експериментів була розроблена прикладна програма, інтерфейс якої у стані моделювання корекції розміру на постійну величину представлений на рис.3.

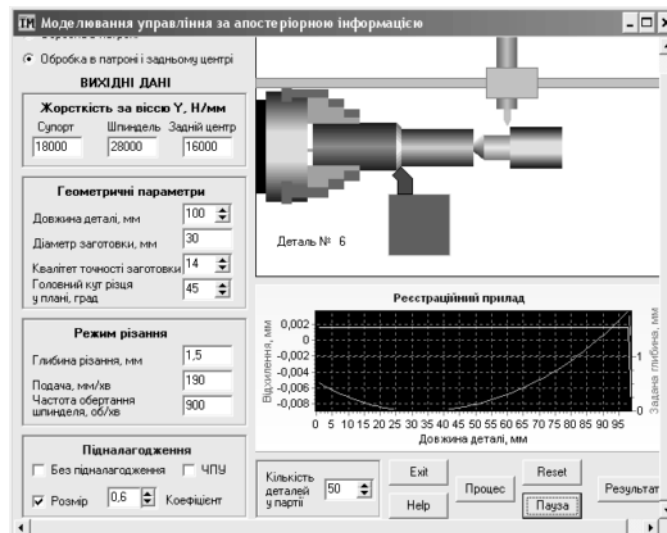


Рис.3. Головний інтерфейс прикладної програми

Сутність методу проілюстровано графіком у вікні реєстраційного приладу. Після вимірювань у відповідності до методу управління глибина різання при обробленні другої деталі була автоматично скорегована – лінія. Такі корекції відбуваються автоматично після оброблення кожної деталі.

Запропоновано оцінювати послаблення дії випадкової складової за коефіцієнтом уточнення операції (4), а компенсацію детермінованої складової за центрами групування максимального і мінімального розмірів деталі. Чим більше коефіцієнт уточнення – тим вище точність оброблення, а збіг центрів групування максимального і мінімального розмірів деталі характеризує компенсацію детермінованої складової.

$$k_y = S_{zag} / S_{det}, \quad (4)$$

де  $S_{zag}$ ,  $S_{det}$  – емпірична дисперсія діаметрів заготовок і деталей відповідно.

Результати можна оцінити за гістограмою розмірів, яка з'являється при натисканні кнопки «результати».

Вилучення з розгляду першої обробленої деталі значно поліпшує точність такого методу управління.

Програма дозволяє також оцінити точність оброблення без будь-якого підналагодження (дивись вікно «Підналагодження» на рис.3). Отримані наступні результати: коефіцієнт уточнення за максимальним діаметром деталей  $ky1=21,7$ ; за мінімальним діаметром  $ky2=33,2$ ; центри групування розмірів  $M1=27,089\text{мм}$  і  $M2=27,061\text{мм}$  відповідно.

За результатами імітаційних експериментів при управлінні за корекцією розміру побудовані графіки необхідних залежностей (рис.4).

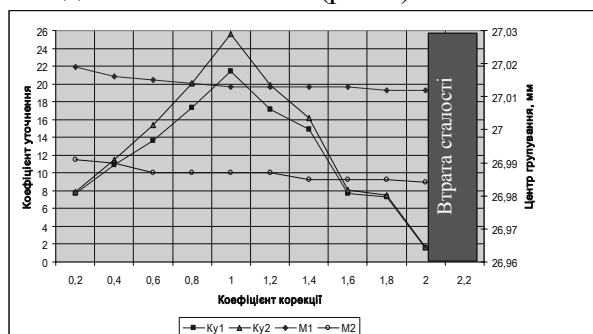


Рис.4. Графіки залежностей коефіцієнтів уточнення і центрів групування (розмір)

Аналіз отриманих результатів свідчить про значний вплив коефіцієнту  $b$  корекції на точність оброблення. Оптимальне значення коефіцієнту  $b=1$  може бути визначене за екстремумом коефіцієнтів уточнення операції.  $ky1=21,6$  і  $ky2=25,6$ , що дещо менше ніж при обробленні без будь-якого управління. Такий результат однозначно свідчить про неспроможність методу управління, що розглядається, зменшити вплив випадкової складової на точність оброблення.  $M1=27,013\text{мм}$ , а біля шпинделя  $M2=26,987\text{мм}$ , тобто мета корекції розміру за середнім значенням досягнута, оскільки  $M_{\text{сеп}}=27,000\text{мм}$ .

Сучасні системи підготовки програм для верстатів з ЧПУ також дозволяють реалізовувати метод управління за апостеріорною інформацією. Результати приведені на рис. 5.

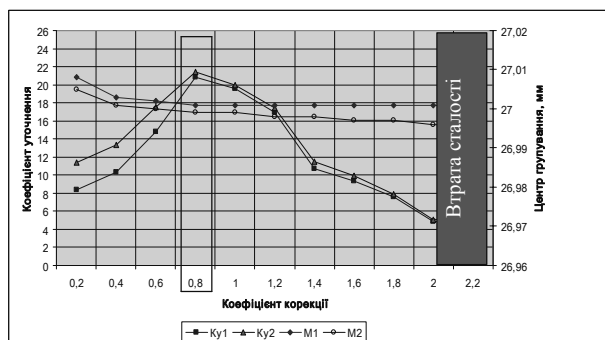


Рис.5. Графіки залежностей коефіцієнтів уточнення і центрів групування (ЧПУ)

Аналіз отриманих результатів дозволяє визначити оптимальне значення коефіцієнту  $b=0,8$ . При цьому  $ky1=20,8$  і  $ky2=21,4$ , центри групування  $M1=27,001\text{мм}$  і  $M2=26,999\text{мм}$ . При збільшенні коефіцієнта  $b$  точність знижується, а при  $b>2$  система управління втрачає сталість.

**Список литературы:** 1. Петраков Ю.В. Автоматичне управління процесами обробки матеріалів різанням. – Київ: УкрНДІАТ, 2003.-383с. 2. Невельсон М.С. Автоматическое управление точностью обработки на металлорежущих станках. – Л.:Машиностроение, 1980.-184с.

## **МЕХАНИЗМ ИНТЕГРАЦИИ ПОТРЕБИТЕЛЬСКОЙ ОЦЕНКИ С СИСТЕМОЙ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА ПРЕДПРИЯТИЯ НАУЧНОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ**

**Прима Я.Г.** (*Московский государственный институт делового администрирования, г. Москва, Россия*)

Говоря о таком специфическом продукте как прибор для научного применения, при включении потребительской оценки в систему менеджмента качества, важно учитывать особенности маркетинга научного оборудования, особенности работы с пользователями такой продукции, особенности программ лояльности, способы завоевания доверия потребителей и др.

В основе механизма интеграции потребительской оценки с системой менеджмента качества предприятия научного приборостроения лежит принцип единства трех концепций (теорий): маркетинга партнерских отношений, теории потребительской оценки и философии всеобщего управления качеством (TQM).

В маркетинге научного оборудования, вся философия бизнеса построена на принципах МПО. МПО (маркетинг партнерских отношений) уделяет основное внимание процессам и всему, что необходимо для установления более тесных отношений с покупателем. В стратегию МПО входит отбор приоритетных покупателей и концентрация на возможностях, которые необходимо согласовать с ожиданиями этих покупателей. Философия МПО накладывается на все стороны управления предприятием, в том числе и на управление качеством продукции. Рассматривая производство научного оборудования, необходимо отметить, что предприятие должно находить «золотую середину» между тем, чтобы производить серийные приборы и не увеличивать дистанцию между потребителем и производителем, как это бывает при переходе на серийное производство, вести политику индивидуальной работы с клиентом, развития лояльности и прочих мер для установления взаимовыгодных связей. При тесной работе с потребителем первым этапом в маркетинговом процессе при определении потребностей рынка может стать не маркетинговое исследование (по первичным и вторичным данным), а общение с лояльными пользователями. Применительно в рынку научного приборостроения, МПО экономически оправдан на сегменте «наука», т.к. потребители именно этого сегмента наиболее тесно связаны с компанией-производителем. Отношения компании с потребителем научного сегмента могут начинаться с получения от пользователя отписок (копий) статей и результатов измерений, выступлений на научных конференциях с целью формирования положительного мнения о компании в научных кругах, а заканчиваться разработкой улучшенных или новых методик измерений или даже согласием пользователя выступать в роли демо – лаборатории для демонстрации работы прибора потенциальным покупателям.

Т.о. основанное на концепциях TQM и МПО, использование потребительской оценки в СМК на предприятии научного приборостроения представляется важным инструментом управления предприятием и обеспечения его конкурентоспособности. По-



требительская оценка, в данном случае, является инструментом для получения обратной связи с пользователем прибора в «петле качества».

В таблице 1 представлено краткое описание механизма включения потребительской оценки на каждом возможном этапе ЖЦП (петли качества) и ЖЦП на рынке в сфере научного приборостроения. Потребитель в данном механизме присутствует также в соответствии со стадией его взаимоотношений с компанией. Следует обратить внимание на то, что в ЖЦП на рынке научного приборостроения стадии внедрения продукта предшествует стадия внедрения идеи продукта, и начинается она параллельно со стадией проектирования продукта технологического ЖЦП, а именно, со стадией изготовления пробного образца (валидации). Объясняется это тем, что на рынке научного приборостроения внедрение новинок или тем более новых концепций продукта (например, нанолaborатория вместо микроскопа) происходит в течение длительного периода времени, так как потребитель консервативен при выборе продукта, тем более продукт покупается во многих случаях разово, на длительный период эксплуатации. Поэтому маркетинговые методы продвижения продукции (идеи продукта) подключаются к процессу управления задолго до выхода готовой продукции.

Кроме того, для рынка научного приборостроения при использовании потребительской оценки необходимо учитывать особенности договорных отношений с потребителем. Существует понятие «R&D - контракт», при котором покупателю поставляется не серийный прибор, а прибор, требующий дополнительных разработок, учитывающих особые требования потребителя. В данном случае, потребитель наиболее тесно связан с производителем на этапе разработок и делит с ним ответственность за выполнение требований, и потребительская оценка выступает как прямая проверка того, насколько результаты разработки отвечают требованиям потребителя.

Таким образом, механизм интеграции потребительской оценки в СМК предприятия предполагает замыкать цепь (петлю) качества на каждой возможной стадии. В этом состоит отличие от традиционного подхода, при котором потребитель, как источник информации о качестве, присутствует только на первой стадии – стадии маркетинговых исследований.

При разработке механизма интеграции ПО с СМК использована процедура GFD (Quality Function Deployment) – развертывание функции качества, т.е. преобразование требований потребителя в параметры качества ожидаемого им продукта. Смысл использования данной процедуры - сформулировать требования потребителей на языке показателей качества. Отличие же от оригинала состоит в том, что «развертывание голоса потребителя» происходит не только по техническим характеристикам, а по всей номенклатуре показателей качества продукции. Кроме того, в процедуру включена потребительская оценка рыночных факторов (цена, сервис, доставка пр.)

Инструментом управления является информационная база для принятия управленческих решений, в основе которой лежит единая номенклатура показателей качества продукции и упомянутая процедура GFD.