



УДК 681.518.5

© 2017 г. **В.В. Воронин**, д-р техн. наук

(Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск)

## СИСТЕМА ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ В КОНЦЕПТУАЛЬНОЙ МОДЕЛИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

Предлагается критерий для оценки эффективности системы технического обслуживания (*СТО*). В области изменения этого критерия выделяются: негативность, допустимость, оптимальность и избыточность. Разрабатывается фрагмент схемы концептуальной диагностической модели в части систем технического обслуживания. Анализируется возможность представления информации о *СТО* структурами платформы 1С: Предприятие.

**Ключевые слова:** система технического обслуживания, надежность, диагностирование, экспертная система, информационное обеспечение.

DOI: 10.22250/isu.2017.53.67-74

### Введение

В самом общем случае диагностическая деятельность подразумевает наличие объекта деятельности – объекта диагностирования, субъекта (субъекта диагностической деятельности) и их внешнее окружение. Наличие, состояние и особенности указанных элементов будем характеризовать понятием «диагностическая ситуация». Выявление, анализ и описание возможных ситуаций в фиксированной предметной области есть отправная точка процесса моделирования этой области с целью разработки концептуальной модели для последующего проектирования базы данных и базы знаний прикладной экспертной системы [1].

Известно, что в приложениях технической диагностики за внешнее окружение принимают систему обеспечения надежности, включающую в себя *СТО*, которую, в свою очередь, можно разбить на подсистемы защиты, подсистемы функционального и тестового диагностирования, ремонтно-восстановительную подсистему. Решению диагностических задач в каждой из перечисленных подсистем должен предшествовать анализ особенностей их надсистемы [2]. Кроме того, в

перечне инструментальных средств субъекта диагностической деятельности полезно иметь средства для сравнения возможных вариантов *СТО* [3].

### Постановка задачи

В большинстве диагностических экспертных систем недостаточно полно отражается зависимость эффективности диагностических процедур от особенностей *СТО*. Основная задача данной работы – исследовать и учесть в концептуальной модели такую зависимость, а также предложить критерий для сравнения возможных вариантов *СТО* и информационные структуры для хранения характеристик *СТО*.

### Зависимость надежности объекта от его *СТО*

Из бесконечного множества свойств технического объекта его комплексное свойство «надежность» является одним из важнейших. Комплексность в первую очередь характеризуется тем, что она имеет существенное значение для каждого этапа жизненного цикла. На этапе эксплуатации это свойство обеспечивается *СТО*. Одним из основных свойств *СТО* считается размер отрезка  $[t_2, t_3]$ , где  $t_2, t_3$  – соответственно моменты начала и окончания этапа эксплуатации. Он определяет основные надежностные требования и к техническому объекту и к структуре и параметрам его *СТО*. Причем эти требования должны быть взаимозависимыми. Такая взаимозависимость имеет следующий смысл: чем надежнее технический объект, тем более простая *СТО* ему требуется. Проанализируем последнее утверждение. Поставим во взаимно однозначное соответствие отрезку  $[t_2, t_3]$  некоторый обобщенный показатель надежности  $P$

$$P_T = F([t_2, t_3]),$$

где индекс  $T$  обозначает требуемый уровень показателя. Пусть текущий этап развития техники и технологии позволяет обеспечить объекту без учета *СТО* значение показателя  $P_D$  (индекс  $D$  обозначает фактически возможный (действительный) уровень показателя). Тогда разность

$$\Delta P = P_T - P_D$$

может характеризовать взаимозависимость между объектом и его *СТО*.

Если  $\Delta P \leq 0$ , то это означает, что возможный уровень надежности объекта больше, чем требуемый. И при реальной обеспеченности данного соотношения *СТО* может быть элементарной, т.е. она либо отсутствует, либо представляется подсистемой защиты. Подобная ситуация имеет место для невозстанавливаемых объектов.

Если  $\Delta P > 0$ , то это свидетельствует, что возможная надежность объекта меньше, чем требуемая. Данное обстоятельство обязывает предусмотреть в *СТО*

не только подсистему защиты, но и другие подсистемы (например, технического обслуживания и ремонта).

Предложим в качестве простейшего линейного критерия отбора вариантов отношение следующего вида:

$$K = (P_T - P_C) / (P_T - P_D) = (P_T - P_C) / \Delta P,$$

где  $P_C$  – показатель надежности объекта при определенной  $СТО$  ( $\Delta P > 0$ ). Данный критерий характеризует функциональное назначение  $СТО$  – обеспечить заданный уровень надежности объекта. Для  $P_C = P_T$  имеем  $K = 0$ , что соответствует полной компенсации  $\Delta P$  данной  $СТО$ , и этот случай – идеальный вариант выбора. Следующий граничный вариант имеет место при  $P_C = P_D$ . Для него  $K = 1$ , и это значение критерия свидетельствует о бесполезности выбранной  $СТО$  постольку, поскольку затраты на нее дают нулевой эффект (см. рис. 1). Из принадлежности  $P_C \in [P_D, P_T]$  следует истинность  $K \in [1, 0]$ , которая характеризует целесообразные значения критерия.

Из соотношения  $P_C > P_T$  имеем  $K < 0$ , что соответствует эффекту перекомпенсации разности  $\Delta P$  выбранной  $СТО$ . Последний возможный случай  $P_C < P_D$ ,  $K > 1$  является случаем негативного, обратного эффекта, когда выбранная  $СТО$  снижает заложенный уровень показателя надежности.

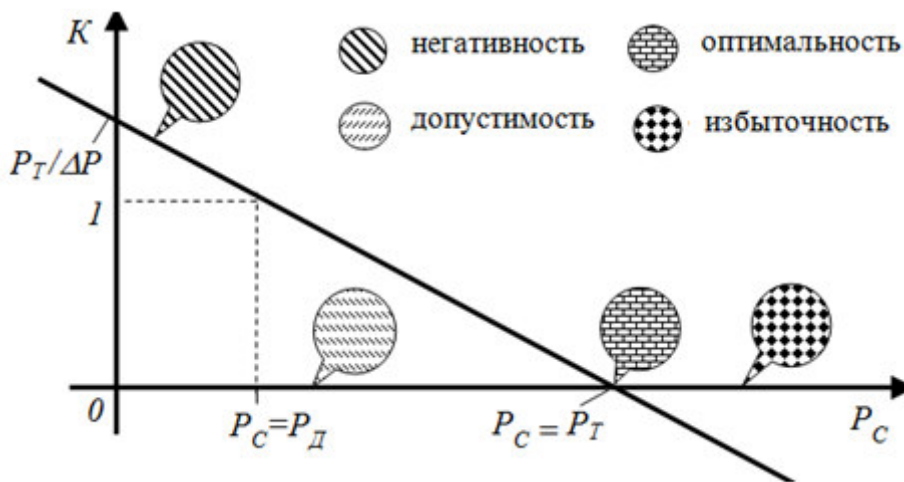


Рис. 1. Критерий оценки эффективности  $СТО$ .

Решение о выборе единственного варианта из допустимых можно получить формально из истинности следующего выражения

$$\forall (i, j), (K_i < K_j) \vee P_C^i \in [P_D, P_T].$$

Из вышеизложенного следует, что  $СТО$  данного объекта должна рассматриваться в первую очередь как «необходимый компенсатор недостающей врожденной надежности» этого объекта. Технический объект, его надежность, его  $СТО$  – это органически взаимосвязанные понятия. Поэтому если  $СТО$  включает в себя необходимой частью подсистему диагностирования, то разработка информацион-

ного обеспечения этой подсистемы должна учитывать данный факт. В частности, такой учет следует обеспечить в концептуальной диагностической модели.

### **СТО в концептуальной диагностической модели**

Принято считать систему обеспечения надежности надсистемой для СТО. В свою очередь СТО является надсистемой для системы диагностирования. Следовательно, характеристики СТО во многом определяют множество возможных ситуаций для предметной области "техническая диагностика" (диагностических ситуаций). На рис. 2 предлагается фрагмент схемы концептуальной диагностической модели в части объекта диагностирования его технического состояния и системы технического обслуживания.

<b>Фрейм ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ_СИТУАЦИЯ:</b>	
Объект	(Фрейм ТЕХНИЧЕСКИЙ_ОБЪЕКТ);
Надсистема	(Фрейм СТО, Фрейм СРЕДА).
<b>Фрейм ТЕХНИЧЕСКИЙ_ОБЪЕКТ:</b>	
Экземпляр_ТО	(Фрейм ИДЕНТИФИКАЦИЯ_ТО(X));
ОД	(Фрейм ТЕХНИЧЕСКОЕ_СОСТОЯНИЕ(X)).
<b>Фрейм ИДЕНТИФИКАЦИЯ_ТО(X):</b>	
Идентификатор	(ЗАПРОС(X));
Особенности	(ЗАПРОС(БД_ИДЕНТИФИКАЦИЯ(X))).
<b>Фрейм ТЕХНИЧЕСКОЕ_СОСТОЯНИЕ(X):</b>	
Деградация	(Фрейм Т-РЕСУРС(X), Фрейм РЕМОНТНАЯ_ИСТОРИЯ(X));
Вн_представление	(Фрейм ДП_ОД(X));
ТМД	(СПИСОК(Фрейм ДЕФЕКТ(x))).
<b>Фрейм СТО:</b>	
Нормативы	(Фрейм ПЕРИОДИЧНОСТЬ(X) , Фрейм ТРУДОЕМКОСТЬ(X))
Технология	(Фрейм ТЕХНОЛОГ-КИЕ_КАРТЫ(X, Y))
Ресурс	(Фрейм Т-РЕСУРС(X), Фрейм РЕМОНТНАЯ_ИСТОРИЯ(X))
<b>Фрейм СРЕДА:</b>	
Внешняя	(Фрейм КЛИМАТ)
Внутренняя	(Фрейм НАГРУЗКА(X))

Рис. 2. Фрагмент схемы концептуальной диагностической модели.

Диагностическая экспертная система – это инструмент, который помогает субъекту диагностической деятельности обоснованно принять решение о текущем техническом состоянии ОД. Поэтому база знаний экспертной системы по определению не включает знания о субъекте.

Учитывая данный факт, формальное описание диагностической ситуации (см. рис. 2) зададим соответствующим **Фреймом ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ\_СИТУАЦИЯ**, в состав которого включим слоты *Объект* и *Надсистема*. Первому слоту присвоим значение вложенного **Фрейма ТЕХНИЧЕСКИЙ\_ОБЪЕКТ**, а вто-

рому – *СТО* и *СРЕДА*.

Содержательное описание особенностей технического объекта как объекта диагностирования приведено в [4]. В первую очередь технический объект должен быть охарактеризован отношением «множество – элемент», поэтому в **Фрейм ТЕХНИЧЕСКИЙ\_ОБЪЕКТ** включаем слот *Экземпляр\_ТО* (экземпляр технического объекта). Иллюстративный пример такого отношения: автомобиль→легковой автомобиль→Лада Веста→ Лада Веста выпуска 2015 г. → Лада Веста выпуска 2015 г. с идентификационным номером 590021397. Значением данного слота будет вложенный **Фрейм ИДЕНТИФИКАЦИЯ\_ТО(X)** с одним интерфейсным параметром.

Параметр *X* получает значение, определяющее конкретный экземпляр объекта, в результате вызова функции *ЗАПРОС(X)* через слот *Идентификатор*. Это значение является входным для вложенной функции *БД\_ИДЕНТИФИКАЦИЯ(X)*, которая возвращают конструктивные особенности экземпляра *ОД*.

Второй слот *ОД Фрейма ТЕХНИЧЕСКИЙ\_ОБЪЕКТ* фактически фиксирует технический объект как объект диагностирования, и его значением является вложенный **Фрейм ТЕХНИЧЕСКОЕ\_СОСТОЯНИЕ(X)** с одним интерфейсным параметром.

**Фрейм ТЕХНИЧЕСКОЕ\_СОСТОЯНИЕ(X)** определен тремя слотами. Первый предназначен для отслеживания деградационного представления посредством вложенных **Фреймов** (текущий ресурс) *T-РЕСУРС(X)* и *РЕМОНТНАЯ\_ИСТОРИЯ(X)*. Второй слот *Вн\_представление* фактически запускает процесс диагностирования данного *ОД* через вложенный **Фрейм ДП\_ОД(X)** А третий слот *ТМД* (текущее множество дефектов) необходим для фиксации результатов процесса диагностирования посредством вложенного **Фрейма ДЕФЕКТ(x)**, вызываемого через функцию *СПИСОК* [5].

**Фреймы T-РЕСУРС(X)** и **РЕМОНТНАЯ\_ИСТОРИЯ(X)**, с одной стороны, являются формализмом деградационного представления *ОД*, а с другой, – они характеризуют *СТО*, одна из основных функций которой – обеспечение эффективности эксплуатационного процесса. Система технического обслуживания, как правило, имеет составной частью подсистему ремонта, и она обеспечивает комплекс организационных и технологических мероприятий по обслуживанию и ремонту технических объектов.

Перечень мероприятий включает планирование, подготовку и реализацию технического обслуживания с заданными последовательностью и периодичностью.

Основу организационного обеспечения *СТО* составляют обоснованные нормативы ресурса, продолжительности межремонтных периодов, ремонтных

циклов, простоев и трудоемкости ремонта (техническом обслуживании), а основу технологического обеспечения – примерное содержание технологических работ по диагностированию, обслуживанию и ремонту. В соответствии с этим **Фрейм СТО** получил три слота: *Нормативы*, *Технология* и *Ресурс*. Содержание первого раскрывается вложенными **Фреймами** *ПЕРИОДИЧНОСТЬ(X)* и *ТРУДОЕМКОСТЬ(X)*, которые описывают декларативные знания количественных показателей технических воздействий. Второй – описывает технологию выполнения различных технических воздействий, включая алгоритмы выполнения диагностических проверок (*ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ\_КАРТЫ(X,Y)*) – это алгоритм выполнения определенного (*Y*) технического воздействия для данного (*X*) объекта). Третий – представляет текущее состояние и историю технических воздействий данного объекта. По существу, **Фрейм СТО** описывает знания, хранимые в технической документации технического отдела определенного предприятия, и его вложенные составляющие далее не конкретизируются.

Однако необходимо отметить: дальнейшая конкретизация **Фрейма СТО** должна учитывать основную особенность системы, а именно ее методологический принцип построения, выражающийся в применении одного из двух альтернативных подходов. Первый – планово-периодический подход (все виды работ планируются и выполняются в строго установленные нормативами сроки); второй – подход по текущему техническому состоянию (виды и сроки работ устанавливаются в зависимости от технического состояния объекта, определяемого периодическим диагностированием).

Содержание **Фрейма СРЕДА** в данной работе не анализируется.

В задаче поиска дефектов внешнее представление (*Вн\_представление*) – это то, что дано субъекту, а текущее множество дефектов (*ТМД*) – что ему неизвестно и следует определить. Причем соответствие между этими характеристиками на практике осложняется проблемами кратности дефектов и их относительной эквивалентности. Определение **Фреймов** *ДЕФЕКТ(x)* и *ДП\_ОД(X)* приводится в [4].

### **Информационное обеспечение процессов в СТО**

Предпочтительно иметь адекватные информационные структуры для хранения характеристик *СТО* в базе данных экспертной системы.

В соответствии с приказом Минкомсвязи России от 29 июня 2017 г. № 334 «Об утверждении методических рекомендаций по переходу федеральных органов исполнительной власти и государственных внебюджетных фондов на использование отечественного офисного программного обеспечения, в том числе ранее закупленного офисного программного обеспечения» Минобрнауки России рекомендует подведомственным учреждениям организовать работу по переходу на

использование отечественного офисного программного обеспечения. Таким образом, импортозамещение в Российской Федерации распространяется уже и на непроизводственные сферы деятельности.

Самым распространенным отечественным программным обеспечением офисного назначения считается платформа 1С:Предприятие, предназначенная для автоматизации управленческой деятельности [6]. Первоначально платформа 1С:Предприятие была предназначена для автоматизации бухгалтерского и управленческого учётов, включая начисление зарплаты и управление кадрами. В настоящее время эта система широко применяется в областях, далеких от собственно бухгалтерских задач.

В частности, данная платформа может быть использована в качестве инструментального средства для разработки информационного обеспечения *СТО*. Приведем аргументы, свидетельствующие в пользу последнего утверждения.

Во-первых, фактически платформа обеспечивает поддержку реляционной модели данных, а именно: объекты конфигурации *Справочники* позволяют моделировать любые сущности предметной области, а их табличные части обеспечивают возможность задания связей по типу "один ко многим" между родительской и дочерними сущностями. При этом автоматически отслеживается ссылочная целостность данных. Например, в соответствии с концептуальной моделью (рис. 2) в системе необходима сущность *Экземпляр\_ТО*; задавая для этой сущности табличную часть – *РЕМОНТНАЯ\_ИСТОРИЯ*, мы обеспечиваем для каждого объекта диагностирования хранение результатов всех технических воздействий.

Во-вторых, в системе имеется механизм, позволяющий отслеживать временные последовательности, – это технология *проводки документов*. Данная технология применима для организации многих процессов, характерных для *СТО*: в частности, для организации и контроля технических воздействий в рамках принятой стратегии технического обслуживания. Другой пример, – разработка алгоритмов диагностирования и реализация условных и безусловных диагностических проверок.

В-третьих, в платформу встроен интеграционный механизм, позволяющий в текущем времени отслеживать изменения различных количественных показателей. Он реализован в форме объекта конфигурации *Регистр накопления*. Его составные части – измерения, ресурсы и реквизиты – обеспечивают возможность моделировать накопительные процессы со сложной структурой. К таким процессам относят и деградиационные процессы в технических объектах. В концептуальной модели загрузку из базы данных фрейма *T-РЕСУРС(X)* удобно реализовать средствами регистра накопления.

Таким образом, основные объекты конфигурации и встроенные технологические механизмы платформы 1С:Предприятие позволяют организовать хранение

фактических данных о техническом состоянии объекта диагностирования и характеристиках его *СТО*.

### Заключение

В данной работе предложен фрагмент концептуальной диагностической модели, включающий характеристики системы технического обслуживания, которые планируется учитывать в разработках диагностических экспертных систем.

Проанализированы взаимоотношения между надежностью, заложенной в технический объект на этапах проектирования и производства, и системой технического обслуживания этого объекта. Предложен критерий для оценки эффективности системы технического обслуживания. В области изменения данного критерия выделены: негативность, допустимость, оптимальность и избыточность.

Обосновано утверждение, что основные объекты конфигурации и встроенные механизмы платформы 1С:Предприятие могут быть эффективно использованы для автоматизации процессов в технических отделах предприятий, организующих и сопровождающих все необходимые функции системы технического обслуживания.

### ЛИТЕРАТУРА

1. *Каменев А.В., Клецев А.С., Черняховская М.Ю.* Логическая модель причинно-следственных отношений различных типов в области медицинской диагностики: Препринт / ИАПУ ДВО РАН. – Владивосток, 2003.
2. *Гаскаров Д.В., Строганов В.И., Францев В.И.* Системы прогнозирования на экспертной основе. – СПб.: Энергоатомиздат, 2002.
3. *Микони С.В.* Модели и базы знаний. – СПб.: СПГУПС, 2000.
4. *Воронин В.В., Давыдов О.А.* Концептуальные диагностические модели. – Хабаровск: Изд-во ТОГУ, 2017.
5. *Воронин В.В., Давыдов О.А.* Технология мониторинга технического состояния оборудования локальных вычислительных сетей // Информатика и системы управления. – 2016. – № 2. – С.79-91.
6. *Радченко М.Г., Храсталева Е.Ю.* 1С: Предприятие 8.2. Практическое пособие разработчика. Примеры и типовые приемы. – М.: ООО "1С-Публишинг", 2009.

*Статья представлена к публикации членом редколлегии С.В. Шалобановым.*

*E-mail:*

*Воронин Владимир Викторович – 004183@pni.edu.ru.*