

УДК 658.512:004.7

А.П. Собчак, О.И. Попова

Национальный аэрокосмический университет имени Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков

ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА ЭТАПА УТИЛИЗАЦИИ ИЗДЕЛИЙ СЛОЖНОЙ НАУКОЕМКОЙ ТЕХНИКИ

Предложен метод мониторинга морального старения наукоемких изделий с использованием онтологического инжиниринга, метод «мягкой утилизации» изделий сложной техники путем информационной поддержки этапа утилизации с применением инструментальных средств онтологического инжиниринга, который обеспечивает как пролонгацию срока эксплуатации изделия так и уменьшение статьи затрат потребителей изделия, имея значительно влияние на экологическую составляющую страны в положительную сторону.

Ключевые слова: *жизненный цикл, мягкая утилизация, сервисное обслуживание, онтологический инжиниринг, извлечение средств, интеллектуальная система извлечения данных, трансдисциплинарный подход, инструментальных средств (ИнС) онтологического инжиниринга.*

Введение

На сегодняшний день все больше ученых и практиков считают одной из самых серьезных экологических проблем Украины проблему утилизации. Традиционные методы обращения с отходами (складирование, захоронение, сжигание) неэффективны, поскольку из-за загрязнения повышают антропогенная нагрузка на окружающую среду [1 – 10]. И так, современные реалии вызывают необходимость совершенствования современной системы управления отходами, которая базировалась на принципах ресурсосбережения и экологической безопасности.

Цель статьи заключается в теоретико-методологическом обосновании минимизации отходов на основании исследования жизненного цикла продукции, материалов и развития утилизации рециклинга, определения оптимальных путей согласования экологических, экономических и социальных интересов общества относительно образования и использования отходов в аспекте устойчивого развития.

Результаты исследований

Перечислим проблемы, которые стимулируют исследование этапа утилизации: объем твердых отходов непрерывно растет как в абсолютных величинах, так и на душу населения; состав твердых отходов резко усложняется, включая в себя все большее количество экологически опасных компонентов; законы, ужесточающие правила обращения с отходами, принимаются на всех уровнях правительств; экономика управления отходами усложняется, цены утилизации отходов резко возрастают, современное управление утилизации отходов невозможно представить без частных предприятий и крупных инвестиций; разрыв, который сложился между объемами накопления отходов и их утилизацией и обезвреживанием, углубляет экологический кризис, придает ей

прогрессирующего характера и становится тормозным фактором для экономики страны.

Все эти аспекты проблемы завязаны в узел, который затягивался в развитых странах в течение последних 20-30 лет все туже и туже.

В Украине серьезное беспокойство вызывают проблемы, связанные с охраной окружающей среды и здоровьем населения. Через объемы накопленных в Украине отходов ее можно отнести к одной из самых техногенно-нагруженных стран мира. В опыте обращения с отходами Украина на несколько десятилетий отстала от развитых стран Европы. Это подтверждает тот факт, что общие объемы ежегодного накопления отходов с населением около 45800000 превышают соответствующие суммарные показатели стран Западной Европы с населением около 400 млн в 3-3,5 раза.

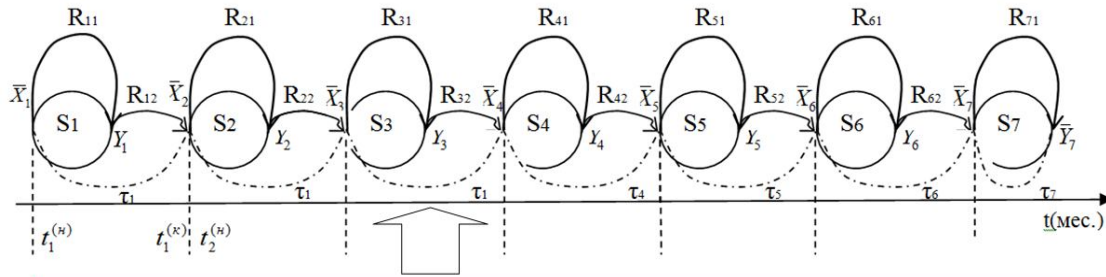
Украина уже не один год пытается внедрять собственные варианты и опыт других стран в обращении с опасными отходами. В последние годы наметились положительные тенденции в сфере государственного регулирования системы обращения с отходами, но до сих пор в Украине не создана соответствующая нормативно-правовая база, которая бы постепенно приближалась к требованиям европейского законодательства. В Украине 7% территории занимают свалки. Фактически более 90% мусора попадает на полигоны, которые уже сейчас переполнены. А перерабатывается едва 4% твердых отходов [1].

Таким образом, для комплексного исследования проблемы необходимо отображение стадий жизни изделия - от зарождения идеи до утилизации. Для этого используем понятие жизненного цикла изделия, которое состоит из целого ряда стадий, этапов и отдельных работ, выполняемых для обеспечения его существования.

Жизненный цикл (ISO 14040) - последовательные и взаимосвязанные между собой степени систе-

мы продукта - от приобретения или добычи природных ресурсов до окончательного удаления. В первую очередь отобразим жизненный цикл (ЖЦ) сложной наукоемкой техники как в графическом так

и формализованном виде (рис. 1), который состоит из 7-ми этапов: маркетинг; проектирование изделия; подготовка производства; производство; реализация; эксплуатация; утилизация.



Метод автоматизации технологической подготовки производства на виртуальном производственном предприятии путем представления технологических процессов в форме агентов на основе программно-аппаратной компиляции

Рис. 1. Жизненный цикл изделия сложной наукоемкой техники

Концептуальная модель жизненного цикла изделия имеет следующий вид:

$$A = \langle S, \bar{X}, \bar{Y}, R, T \rangle, \quad (1)$$

$$S \subseteq (S_1 \cup S_2 \cup \dots \cup S_7), \quad \bar{X}_i = \{x_j\}, \quad \bar{Y}_i = \{y_k\},$$

$$R \supset \{R_{l_1}\} \cup \{R_{n_2}\}, \quad \{R_{l_1}\} \cap \{R_{n_2}\} = \emptyset,$$

$$T = \{\tau_1, \dots, \tau_7\}, \quad \tau_i = [t_i^H, t_i^K], \quad S_{\tau_i} : R_{\tau_i} \rightarrow \bar{X}_{\tau_i},$$

$$l, i, j, k, n = \overline{1, 7},$$

где S_1, \dots, S_7 – этапы жизненного цикла продукции; \bar{X}_i – входные данные на соответствующем этапе жизненного цикла продукции; \bar{Y}_i – выходные данные этапов жизненного цикла продукции; $t_i^{(H)}, t_i^{(K)}$ – моменты соответственно начала и окончание каждого этапа жизненного цикла продукции; R_{l_1} – преобразователь данных типа «операция – элемент»; R_{n_2} –

преобразователь данных типа «элемент – элемент»; τ_1, \dots, τ_7 – временные интервалы длительности этапа жизненного цикла продукции;

Одним из весомых этапов жизненного цикла сложной наукоемкой техники является технологическая подготовка производства, где концентрируется большинство ошибок, что приводит к рискам выпуска бракованной продукции и поэтому автоматизация данного этапа позволяет не только их минимизировать, но и увеличить экономическую эффективность, уменьшая при этом длительность цикла выпуска изделий. Выделим все входные и выходные данные на каждом этапе ЖЦ на ВПП (табл. 1). Особую важность имеют требования эксплуатации для сложной техники, например, в таких отраслях, как авиа- или приборостроение. Достижение поставленных целей на современных предприятиях, выпускающих сложные технические изделия, оказывается невозможным без широкого использования автоматизированных систем (АС).

Таблица 1

Входные и выходные данные на каждом этапе жизненного цикла

Этапы	Вход	Выход
1	$\bar{X}_1 = \{x_1^1, \dots, x_n^1\}$ – множество потенциальных клиентов	$\bar{Y}_1 = \{y_1^{(1)}, \dots, y_n^{(1)}\}$ – множество заявок на изготовление j-го вида оборудования
2	$\bar{X}_2 = \{x_1^2, \dots, x_n^2\}$ – множество заказов на изготовление m-количества j-того вида оборудования	$\bar{Y}_2 = \{y_1^{(2)}, \dots, y_n^{(2)}\}$ – конструкторско-технологическая документация;
3	$\bar{X}_3 = \{x_1^3, \dots, x_n^3\}$ – технологические маршрутные карты	$\bar{Y}_3 = \{y_1^{(3)}, \dots, y_n^{(3)}\}$ – производственные агенты для изготовления j-того вида оборудования
4	$\bar{X}_4 = \{x_1^4, \dots, x_n^4\}$ – цифровые управляющие программы прошивки ПЛИС процессов станка с ЧПУ	$\bar{Y}_4 = \{y_1^{(4)}, \dots, y_n^{(4)}\}$ – множество изготовленных узлов и деталей
5	$\bar{X}_5 = \{x_1^5, \dots, x_n^5\}$ – Конструкторско-технологическая документация сборки изделия	$\bar{Y}_5 = \{y_1^{(5)}, \dots, y_n^{(5)}\}$ – множество изготовленного оборудования j-того вида
6	$\bar{X}_6 = \{x_1^6, \dots, x_n^6\}$ – установка оборудования	$\bar{Y}_6 = \{y_1^{(6)}, \dots, y_n^{(6)}\}$ – сервисное обслуживание
7	$\bar{X}_7 = \{x_1^7, \dots, x_n^7\}$ – множество заказов на утилизацию	$\bar{Y}_7 = \{y_1^{(7)}, \dots, y_n^{(7)}\} - \emptyset$

Специфика задач, решаемых на различных этапах жизненного цикла изделий, обуславливает разнообразие применяемых АС. На рис. 2 [2] указаны основные типы АС с их привязкой к тем или иным этапам жизненного цикла изделий.



Рис. 2. Этапы жизненного цикла промышленной продукции и используемые автоматизированные системы

В общей структуре управления выделяют несколько иерархических уровней. Автоматизация управления на различных уровнях реализуется с помощью автоматизированных систем управления (АСУ).

Функции обучения обслуживающего персонала выполняют интерактивные электронные технические руководства IETM (Interactive Electronic Technical Manuals). С их помощью выполняются диагностические операции, поиск отказавших компонентов, заказ дополнительных запасных деталей и некоторые другие операции на этапе эксплуатации систем. Управление данными в едином информационном пространстве на протяжении всех этапов жизненного цикла изделий возлагается на систему PLM (Product Lifecycle Management). Под PLM понимают процесс управления информацией об изделии на протяжении всего его жизненного цикла. Отметим, что понятие PLM-система трактуется двояко: либо как интегрированная совокупность автоматизированных систем CAE/CAD/CAM/PDM и ERP/CRM/SCM, либо как совокупность только средств информационной поддержки изделия и интегрирования автоматизированных систем предприятия, что практически совпадает с определением понятия CALS. Характерная особенность PLM — возможность поддержки взаимодействия различных автоматизированных систем многих предприятий, т.е. технологии PLM являются основой, интегрирующей информационное пространство, в котором функционируют SAP, ERP, PDM, SCM, CRM и другие автоматизированные системы многих предприятий целесообразно утилизацию рассматривать как отдельную стадию жизненного цикла. Работы по утилизации или уничтожению продукции, связаны с

вопросами охраны окружающей среды, безопасности, экономики и т.п. Особенно это касается продукции способной после ее изъятия из эксплуатации негативно влиять на человека, фауну, флору и природу в целом.

Утилизация - целесообразное использование отходов или остатков производства для получения полезной продукции.

Утилизация продукции после окончания срока эксплуатации. Развитие индустрии переработки отходов, системы раздельного сбора и заготовки использованных остатков продуктов конечного потребления, в частности, упаковочных материалов и тары и др. подходы к минимизации отходов позволяют перенести акцент с анализа на выходе к комплексному использованию природных ресурсов. Такая концепция поддерживается стратегиями практического применения, в частности это касается таких аспектов как более чистое производство, применение информационной поддержки с целью поддержания принципа безотходности производства, применение лучшей из доступных технологий. Предотвращение образования отходов при применении более чистых технологий заключается в разработке таких производственных процессов и продукции, которые сопровождаются малым количеством или полным отсутствием отходов. При использовании и производстве сложной наукоемкой продукции полное отсутствие отходов невозможно, поэтому предложена информационная поддержка этапа утилизации для минимизации отходов, пролонгации срока эксплуатации продукции, а также минимизации расходов предприятия.

Ежегодно на пригородных свалках оказываются десятки тонн устаревшей или непригодной для пользования электронной техники. Это оборудование имеет в своем составе материалы на основе фенолформальдегида и поливинилхлорида, и почти все металлы с периодической таблицы Менделеева.

Оказавшись на свалке под воздействием влаги, металлы, содержащиеся в электронных компонентах (мышьяк, кадмий, цинк, свинец), переходят в растворимые соединения, которые становятся сильнодействующими ядами. Эти соединения являются потенциальными канцерогенами для человека, проявляют высокую устойчивость и способность к биоаккумуляции. Пластиковые части, имеют разнообразный химический состав (полистирол, поливинилхлорид, полифенил, полипропилен, т.д.), включая хлорные соединения, не поддаются гниению или саморазрушению. Десятки лет они способны выделять биологически активные низкомолекулярные химические вещества (пластификаторы, растворители, красители, стабилизаторы, мономеры).

Токсичные материалы, которые входят в состав электронного оборудования и образуются в результате его захоронения на свалках, годами остаются в

водоемах, грунтовых водах, почве и воздухе, попадают к источникам питьевой воды, поля и огороды.

Такое оборудование не должно оказываться на полигонах и свалках, оно должно демонтироваться, а полученное сырье максимально использоваться для вторичной переработки (80-90%) и лишь незначительные безвредные остатки (5-10%) могут остаться на свалке. Эти процессы уже давно отработаны и отлажены в развитых

Статьей 1 Закона Украины «Об отходах» определено, что отходы - это любые вещества, материалы и предметы, которые образовались в процессе производства или потребления, а также товары (продукция), полностью или частично потеряли свои потребительские свойства и не имеют дальнейшего использования по месту их образования или выявления и от которых их собственник избавляется, намеревается или должен избавиться путем утилизации или удаления. электронное оборудование и аккумуляторы отработанные подпадают под термин отходы и классифицируются как опасные, что определено Постановлением № 1120 от 13.07.2000 г. «Об утверждении Положения о контроле за трансграничной перевозкой опасных отходов и их утилизацией / удалением и Желтого и Зеленого перечней отходов».

Критерии, определяющие срок службы техники и соответственно протекание процесса ее утилизации. Процесс протекания утилизации определяется ее началом этапа утилизации, которое в большинстве случаев совпадает с концом гарантийного периода от предприятия изготовителя или его представителей (дистрибьюторов, дилеров и т.д.) и временем необходимым для всего объема работ (определение путей и способов, разборка, сортировка, переработка и т.д.) этапа утилизации т.е. полного уничтожения изделия.

До настоящего времени бытуют ошибочные мнения о полезности сокращения сроков утилизации т.е. времени необходимого для выполнения данного этапа. Особенно это касается наукоемких высокотехнологических изделий, так как коли деталей входящих в их состав и технология их изготовления, а тем более сборки не дает обратимость процессов в кратчайшие сроки, например, когда детали сделаны путем диффузии материалов или в составе применяются вредоносные элементы (ртуть, аммиак и т.д.). Например, блок управления состоит из печатной платы, поверхностных и навесных элементов, монтаж которых, как правило производится при помощи оловянно-свинцового припоя, пластмассовых в т.ч. корпусных изделий, кабельно-проводниковых изделий.

Печатная плата, как правило, состоит из негорючего спрессованного при помощи компаундов стеклотекстолита, медных проводников (дорожек)

заложённых или обработанных антикоррозийным покрытием (припой, лак и т.д.).

Поверхностные элементы (микросхемы, транзисторы, резисторы, конденсаторы и т.д.) в свою очередь состоят из множества материалов, декомпозиция (разборка) которых невозможна в принципе. Каждая из деталей, входящих в состав изделия, имеет определенный конечный срок эксплуатации, после чего данная деталь безвозвратно теряет свои свойства для изделия, приобретая определение детали выработавшей свой ресурс.

Применяя данный метод – мягкой утилизации:

- потребитель экономит средства на утилизации, закупке новой техники, что немаловажно для производителей в период финансовой нестабильности;

- производитель наукоемкой техники получает прибыль от оборудования в период истечения гарантийного срока;

- для содержания дополнительной сервисной службы, необходимы сотрудники, другими словами обеспечение рабочими местами людей.

Время службы детали определяет срок службы узлов, которые в свою очередь определяют срок службы агрегатов, а агрегаты – срок службы изделия. Таким образом, ее физическое устаревание. Данный срок можно пролонгировать применяя **метод мягкой утилизации**, который исключает распределенную во времени определенных технической экспертизой или прогнозным моделированием выработавшие свой ресурс детали, исключая при этом одновременную утилизацию всего изделия по причине выхода из строя одного из компонентов или окончания гарантийного срока. Наряду с этим существует смежное понятие – модернизации, но оно не учитывает момент утилизации. Предложенным методом добиваемся, чтоб начало этапа утилизации наступило не по истечению срока службы самой быстро изнашиваемой детали (например, фильтра), а наоборот – пролонгировать срок службы изделия до срока службы самой долговечной детали

Введем термин «**Мягкая утилизация**» - распределенная во времени постепенная утилизация изделия путем декомпозиции изделия на выработавшие свой ресурс детали или нуждающиеся в модернизации с пролонгацией всего срока службы изделия до срока службы самой долговечной детали изделия. Замена выработавших свой ресурс узлов или деталей, модернизация изделия напрямую связана с сервисными работами предприятия поставщика (изготовителя).

В настоящее время сервисное обслуживание клиентов-потребителей рассматривается только в рамках маркетинговой концепции как необходимый и эффективный инструмент, обеспечивающий ус-

тойчивый сбыт продукции фирмы. Сервисные услуги продавца нужны как до, так и после продажи товара.

После истечения гарантийного срока наступает послегарантийный сервис. Для этого требуется специальная служба обслуживания потребителей, чтобы гарантировать полное использование товара в соответствии с его назначением.

Производители берут на себя все больше и больше сервисных задач, так как их решение привлекает потребителей, что способствует увеличению объема сбыта товаров [3]. Чем лучше и дольше работает оборудование, тем лучше развивается предприятие, расширяется выпуск продукции, появляются дополнительные средства и как результат доверие при приобретении у того же производителя дополнительной единицы оборудования с целью повышения производственной мощности.

Существуют факторы, которые влияют на заинтересованность клиента в проведении послегарантийного сервиса:

- 1) психологические, а именно передача ответственности за техническое состояние;
- 2) постоянство (одной проблемой меньше для руководителя);
- 3) экономический. амортизационные отчисления в год составляют примерно 20%, в послегарантийном сервисе около 10%, соответственно экономия видна.

Все это дает обоснование руководству, можно уверенно планировать бюджет, считать прибыль, затраты, процент вкладов в развитие мощностей предприятия.

Таким образом послегарантийный сервис имеет не только маркетинговую роль, а и влияет на экономическую и экологическую составляющую предприятия, за счет продления жизненного цикла изделия, т.е. срока эксплуатации техники. В результате после полной амортизации наукоемкой техники, проводится замена необходимых деталей или модернизация, что перекрывает не только физическое, но и моральное устаревание, утилизируя лишь 5-10% наукоемкой техники, таким образом производя мягкую утилизацию.

Наряду с физическим старением существует моральное, которое для наукоемких изделий, как показано в мировой практике, тенденциях и благодаря прогрессу оказывает большее влияние на окончание срока эксплуатации так как приобретает свойство неустойчивости. Например, стол, стул, мебель, окна, двери в офисе зачастую служат дольше чем наукоемкая техника, находящаяся в этом же помещении (персональные компьютеры, телефоны и т.д.) в силу прогресса модернизации и актуализации последних.

Данный фактор морального старения в последнее время привел к массовому возникновению про-

изводителей недолговечной, некачественной продукции, зачастую называемой «одноразовая». Рассчитывая на скорость прогресса и приобретения потребителями новых образцов, получая быструю прибыль, усугубляя при этом экологическую обстановку на планете решить проблему в данной работе предлагается применением **метода мониторинга морального старения наукоемких изделий** с использованием онтологического инжиниринга, который предполагает проведение глобального скрупулезного мультязычного анализа и составления спецификаций концептов, критериев модернизации с разбивкой по типам, классам, подклассам, видам, подвидам, подобных к находящимся в эксплуатации наукоемких высокотехнологичных изделий с дальнейшей выработкой путей улучшения их свойств, пролонгируя тем самым срок службы.

Применяя данный метод весомой является экологическая составляющая, что на сегодняшний день очень актуальна для Украины, в части утилизации электронного оборудования. Как правило, в связи с невозможностью разборки компонентов утилизация производится захоронением, накоплением в недрах земли вредных веществ или сжигание т.е. накоплением вредных веществ в атмосфере.

Например, за 15 лет утилизации подлежат 3 прибора (1 прибор – 5 лет), при использовании предложенного метода за 15 лет утилизации может подлежать только 1 прибор, утилизирующейся постепенно на протяжении 15 лет.

Поэтому при продвижении продукта производства до конечного потребителя и дальнейшее его существование в большой мере зависит не только от предпродажного и гарантийного сервиса, но и от правильной политики обеспечения послегарантийной жизни товара.

Правильный подход к сервисному обслуживанию влияет не только на сохранение достигнутого уровня рынка сбыта продукции и взаимоотношение с заказчиками, но и на экологическую и экономическую составляющую как производителя так и потребителя.

Для реализации вышеописанного метода предложено использование средств онтологического инжиниринга.

Онтология — это структурная спецификация некоторой предметной области, ее формализованное представление, которое включает словарь (или имена) указателей на термины предметной области и логические выражения, которые описывают, как они соотносятся друг с другом.

Онтология является видением эксперта предметной области начальной онтологии предметной области (ПрО), выраженным в некотором формальном представлении, что дает возможность использования этого понимания структуры и значения эле-

ментов информации при ее автоматической обработке. Именно формализация представления связей между понятиями в онтологии делает возможным их использование в широком спектре информационно-аналитических систем (далее - ИАС). В качестве онтологий, в разной степени формализованы, рассматриваются [4]:

- словарь с определениями;
- простая таксономия;
- тезаурус (таксономия со сроками);
- модель с произвольным набором отношений;
- таксономия и произвольный набор отношений;
- полностью аксиоматизирована теория.

Одновременно нужно подчеркнуть различие между фундаментальными онтологиями (fundamental ontologies), которые описывают предметную область максимально полно, безотносительно к приложениям и обычно с максимальной степенью формализации и прикладными онтологиями (application ontologies), которые также называются «легкими» онтологиями (lightweight ontologies) и которые формализуются настолько, насколько это необходимо для программы [5]. Как уже отмечалось, понятие онтологии, предназначенной для поддержки решения задач информационного поиска, должно быть аккуратно связано со значениями терминов предметной области ПРо. Такого рода онтологии называются лингвистическими онтологиями, главной характеристикой которых является то, что они связаны со значениями («are bound to the semantics») языковых выражений (слов, именных групп и т.д.) [4].

Формат представления онтологий задает вид их хранения в библиотеке, способ передачи онтологических описаний другим потребителям и метод обработки ее концептов. В качестве форматов разработаны определенные языки представления онтологий, наиболее известными из которых являются OWL, RDFS, KIF [5].

В формальном виде онтологическая система представляет собой отображение вида:

$$\Phi : I \rightarrow T, \quad (1)$$

где I - нерасширенный глоссарий онтологической системы; T - множество концептов предметной области; Φ - функционал состояния онтологической системы.

При этом отображение множества идентификаторов I во множество концептов T такое, что

$$\forall \tau \in T \exists I_s | \tau : I_s \rightarrow S, \quad (2)$$

где S - множество полей;

Отображение множества идентификаторов полей концепта во множество полей S , однозначно определяет сущность (концепт), что в свою очередь позволяет ввести операции над множеством $S \equiv \text{expr}(X)$, представляющие множество λ -выражений над системой типов X :

$$\text{expr}(X) \subset \Lambda(X), \quad (3)$$

включающих в себя отношения между концептами, ссылки на другие поля концептов, а так же ссылки на другие концепты.

Для отражения динамики функционирования онтологической системы рассмотрим поле концепта, как кортеж, состоящий из текущего значения поля, значения по умолчанию, процедур-демонов, процедур-запросов, ограничений и т.д. Таким образом, функция состояния Φ включает в себя статическую составляющую (концепты) и правила смены этого состояния. Данный подход дает возможность определить семантику с динамической модификацией множества правил, ограничений и других компонентов процессалогического вывода. Формально опишем поле концепта следующим образом:

$$S = \{(\text{val}, \text{def}, \{D_i\}, \{Tr_j\}, \{C_k\}, \subseteq_q, \subseteq_d, \alpha, \zeta)\}, \quad (4)$$

где $\text{val} \in X$ - текущее значение поля или NULL в случае, если значение не определено; $\text{def} \in X$ - значение поля по умолчанию или NULL в случае, если значение не определено; $\{D_i\}$ - множество присоединенных к полю процедур-демонов. Каждая процедура может быть произвольным выражением из некоторого множества выражений E^{set} , структура которого будет рассмотрена более подробно ниже; $\{Tr_j\}$ - множество присоединенных к полю процедур-триггеров. Триггер срабатывает при наступлении определенного условия, к примеру, присвоение значения полю концепта. Процедуры-триггеры $Tr_j : E^{\text{set}} \times \Phi^{\text{set}} \rightarrow \Phi^{\text{set}}$ применяются к функции состояния $\Phi \in \Phi^{\text{set}}$ в случае истинности некоторого выражения, и порождают тем самым новое состояние онтологической системы; $\{C_k\}$ - множество ограничений на значение поля, сформулированное в виде выражения-предиката, $C_k \in E^{\text{set}}$; $\subseteq_d, \subseteq_{Tr}$ - линейные порядки на множествах $\{D_i\}$ и $\{Tr_j\}$ соответственно, определяющие порядок применения соответствующих процедур в процессе вывода; $\alpha \in \{\text{true}, \text{false}\}$ - флаг, указывающий на участие поля в процессе рекуррентного восходящего логического вывода и служащий для предотвращения бесконечного заикливания; $\zeta \in \{\text{true}, \text{false}\}$ - флаг, указывающий на тип поля, и определяющий класс или экземпляр класса описан данным кортежем.

Для доступа к элементам

$$S = \{(\text{val}, \text{def}, \{D_i\}, \{Tr_j\}, \{C_k\}, \subseteq_q, \subseteq_d, \alpha, \zeta)\}$$

будем использовать обозначения $s.\text{value}$, $s.\text{default value}$, $s.\text{daemons}$, $s.\text{triggers}$, $s.\text{constraints}$, $s.\text{dsequence}$, $s.\text{triggerssequence}$, $s.\text{busy}$ и $s.\text{type}$ соответственно.

Аналогично, будем обозначать

$$\tau.s = \langle \tau, s \rangle \in I^{\text{set}}, \tau \in I, s \in I_\tau$$

для обозначения концепта, при этом для обозначения доступа к полю использовать запись $\Phi.\tau.s = \Phi(\tau, s)$.

Для описания операции изменения значения поля концепта введем функцию присваивания значения поля write: $I^{\text{set}} \times X \rightarrow \Phi^{\text{set}} \rightarrow \Phi^{\text{set}}$, формирующую новое состояние, которое будем обозначать как $\Phi[\tau, s \leftarrow v] = \text{write}(\Phi, \langle \tau, s \rangle, v)$. Эта функция формально представима следующим образом:

$$\begin{aligned} \Phi[\tau, s \leftarrow x] &= \lambda \tau_1 \lambda s_1. (\langle \tau_1, s_1 \rangle = \\ &= \langle \tau, s \rangle \rightarrow \Phi(\tau, s)[1 \leftarrow x], \Phi(\tau_1, s_1)), \end{aligned} \quad (5)$$

где $(b \rightarrow u, v)$ – операция условного вычисления нового значения поля концепта; $s[n \leftarrow x]$ – функция замены n-го компонента кортежа s на x : $(s[n \leftarrow x])_i = (i = n) \rightarrow x, s_i$. Аналогично определяет операция $\Phi[\tau.s.\text{busy} \leftarrow \text{true/false}]$ для присвоения логического значения компоненте $s.\text{busy}$.

Определим также операцию разности между состояниями $|-|: \Phi^{\text{set}} \times \Phi^{\text{set}} \rightarrow P(I^{\text{set}})$, возвращающую список идентификаторов полей, значения которых отличаются в двух известных состояниях (старом и новом):

$$\begin{aligned} \forall \langle \tau, s \rangle \in I^{\text{set}} \quad \langle \tau, s \rangle \in |\Phi_1 - \Phi_2| \Leftrightarrow \\ \Leftrightarrow \Phi_1(\tau, s) \neq \Phi_2(\tau, s). \end{aligned} \quad (6)$$

Функция состояния Φ описывает не только текущие значения концептов в процессе логического вывода, но также и множество правил, которое в задаче синтеза ОСППР по выбору РИУ для сборки авиационных конструкций может быть принято постоянным, поскольку оно не изменяется в процессе логического вывода.

Таким образом, в описании ОСППР выделяется функция

$$\Phi: I^{\text{set}} \rightarrow X: \Phi(\tau, s) = \Phi(\tau, s).\text{value} \quad \forall \tau \in I, s \in I_\tau,$$

которая будет характеризовать чисто статическую составляющую состояния системы, а также комплементарную к ней функцию, которая в свою очередь будет постоянной в процессе логического вывода.

Множество состояний системы Ξ можно представить себе в виде графа, вершинами которого будут различные состояния $\Phi \in \Xi$, а дуги будут задаваться правилами логического вывода. Неопределенность при задании такого графа будет, в первую очередь, вызвана потенциальной бесконечностью (в теоретическом плане – континуальностью) множества значений (X) каждого из полей. Однако, на практике, число различных состояний в каждой базе знаний будет конечно, так как во множестве посылок (антецедентах) всех правил базы содержится конечное число условий.

Для формализации этого понятия введем в рассмотрение отношение эквивалентности \cong , при ко-

тором $\Phi_1 \cong \Phi_2 \Leftrightarrow \Phi_1, \Phi_2$ неразличимы с точки зрения базы знаний, т.е. для всего множества посылок C в левых частях правил базы знаний $\|c\|_{\Phi_1} = \|c\|_{\Phi_2} \quad \forall c \in C$, где через $\|c\|_{\Phi}$ обозначено значение посылки c в состоянии Φ .

Семантическое представление-представления моделируемой системы в виде сети объектов, имеющих семантические (логические) связи друг с другом, используется для передельного обработки против поддержки вербального описания и позволяет установить базовую логическую структуру исследуемой системы.

Для определения семантики процесса вывода в системе воспользуемся, аналогично [6], отображением $E: E^{\text{set}} \times \Phi^{\text{set}} \times C^{\text{set}} \rightarrow X \times \Phi^{\text{set}}$, которое дает возможность вычислить значение произвольного выражения $E \in E^{\text{set}}$ в некотором состоянии Φ и контексте C^{set} , транслируя полученное значение $v \in X$ и новое состояние Φ' . Будем использовать следующее обозначение:

$$v = \|E\|_{\Phi \rightarrow \Phi'}^C \Leftrightarrow E(E, \Phi, C) = (v, \Phi'). \quad (7)$$

Механизм логического вывода в создаваемой ОСППР подразумевает, что при вычислении значения выражения может быть инициирован вывод значений тех полей, для которых значение не известно заранее и не было получено ранее в процессе вывода. Определим также отношение $E': E^{\text{set}} \times \Phi^{\text{set}} \times C^{\text{set}} \rightarrow X \times \Phi^{\text{set}}$, аналогичное E , но не инициирующее процесс вывода. Для этого отображения будем использовать обозначение

$$v = \|E'\|_{\Phi \rightarrow \Phi'}^C \Leftrightarrow E'(E, \Phi, C) = (v, \Phi').$$

В дальнейшем, если это не оговорено отдельно, все приведенные для E результаты будут аналогичным образом формулироваться для E' .

Понятие контекста вычисления необходимо для описания семантики наследования, чтобы корректно применять правила для концепта-родителя к значениям в дочерних концептах. В нашем случае достаточно будет положить $C^{\text{set}} = I^{\text{set}}$, хотя в более сложных онтологических системах в понятие контекста обычно включают и другие конструкции [5].

Функционал редактора онтологии является одной из важнейших характеристик, под которой понимается множество предоставляемых пользователю сервисов работы с онтологическими структурами. Базовый набор функций обеспечивает [7]:

- работа с одним или несколькими онтологическими описаниями (проектами) одновременно;
- графический интерфейс с пользователем;
- редактирование онтологии (создание, редактирование, удаление концептов, отношений, аксиом и других структурных элементов онтологии)

- инкапсулирования онтологий в среду информационных систем.

К дополнительным возможностям относятся поддержка языка запросов, анализ целостности, использование механизма логического вывода, поддержку удаленного доступа через Интернет, документирования. Известны три группы инструментальных средств (ИнС) онтологического инжиниринга [4]. К первой группе относятся инструменты создания онтологий, которые предусматривают поддержку совместной разработки и просмотра, создания онтологии в соответствии с заданной (произвольной) методологии, поддержку соображений. Ко второй группе относятся инструменты объединения, отображения и выравнивания онтологий. Объединение предусматривает нахождение сходств и различий между исходными онтологиями и создания результирующей онтологии, которая содержит элементы исходных онтологий. [10]. К третьей группе относятся инструменты для аннотирования Web-ресурсов на основе онтологий.

Достаточно много внимания уделяется методике создания онтологий в статье Н. Ноя и Д. Мак-Гиннес [10]. основополагающие правила разработки онтологии авторы формулируют таким образом:

1) не существует единственно правильного

способа моделирования предметной области - всегда существуют жизнеспособные альтернативы;

2) разработка онтологии - это обязательно итеративный процесс. Под итеративным процессом понимается неоднократный проход по онтологии с целью ее уточнение: есть на начальном этапе строится «черновой» вариант; затем следует проверить и уточнить составленную онтологию, и добавляя детали быть частично или даже полностью пересмотреть начальную онтологию;

3) элементы онтологии должны быть близки к объектам (физических или логических) и отношений в определенной предметной области ПрО.

Это можно назвать онтологией задач.

Извлечение информации (Information Extraction) [8] - это подход, позволяющий сузить круг задач, требующих специфического предметно-ориентированного решения при анализе текста. В рамках этого подхода задача обработки текста ограничена распознаванием множества классов ключевых понятий конкретной предметной области и игнорированием всякой другой информации. Несмотря на то, что системы извлечения информации могут строиться для выполнения различных задач, порой сильно отличаются друг от друга, существуют компоненты, которые можно выделить практически в каждой системе (рис. 3).

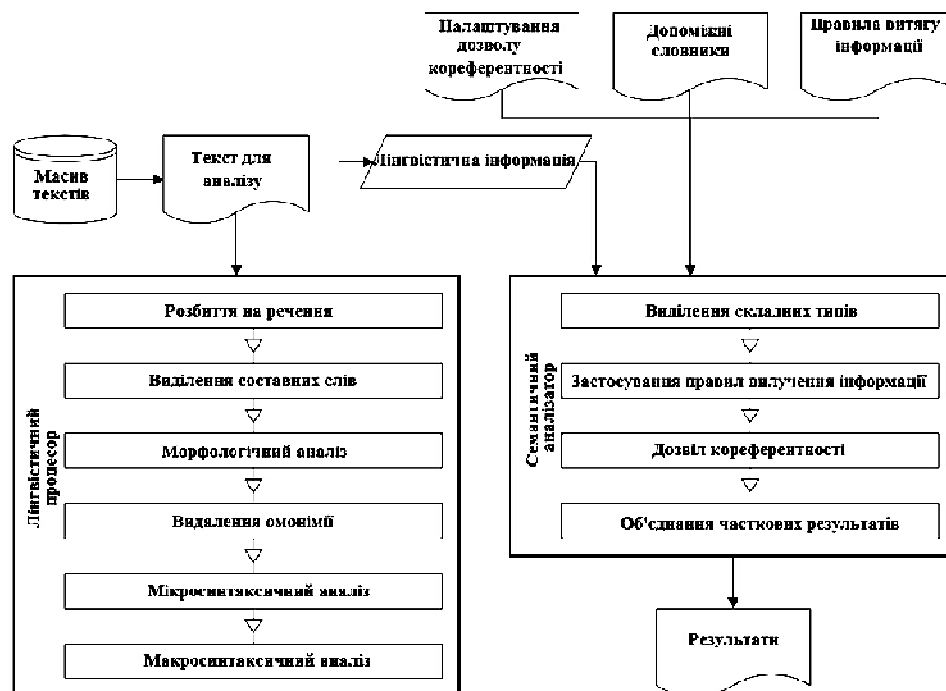


Рис. 3. Обобщенная архитектурно-структурная организация систем извлечения информации из текстов

В состав почти каждой системы извлечения информации входят четыре основных компонента, а именно:

- 1) компонент разбиения на лексемы;
- 2) определенный тип лексического или морфологического анализа, синтаксический анализ (микро- и макроуровень)

- 3) модуль извлечения информации;
- 4) модуль для анализа на уровне конкретной предметной области.

В зависимости от требований к конкретному программному продукту в приведенную выше схему добавляют дополнительные модули анализа (специальная обработка сложных слов; устранения омони-

ми, выделение составляющих типов, которое может также быть реализовано на языке правил извлечения информации; объединение частных результатов). В некоторые системы наряду с обычными средствами лексического и морфологического анализа могут быть включены модули для определения и категоризации атрибутов частей речи, смысловых нагрузок слов, имен или других нетривиальных лексических единиц.

Информационными компонентами специализированной оболочки для сложно-структурированной ПрО являются многоуровневая модульная онтология и модульная база знаний [8]. Создание и редактирование информационных компонент осуществляется многоуровневым редактором онтологий и редактором знаний, разработка которых основывается на онтологии уровня п.

Таким образом, специализированная оболочка должна содержать расширяемые библиотеки систем для решения задач различных классов, системы автоматического построения методов решения задач по их спецификации.

Метод решения задач может быть представлен либо в виде алгоритма, или в виде множества правил системы продукций. В первом случае для создания решателя задач используется процессор алгоритмического языка, во втором случае - процессор языка, основанного на правилах, который является одним из программных компонент специализированной оболочки.

Интеллектуальная система извлечения данных и их анализа (на основе текстов) ИСИДА-Т [9], обеспечивает добычу значимой информации определенного типа с (больших массивов) текста для последующей аналитической обработки. Результатом работы систем является получение структурированных данных и отношений на них. Основные компоненты ИСИДА-Т:

Инфраструктурные службы (конфигурация, параллельная обработка, взаимодействие модулей)

Лингвистический процессор;

Модули работы со знаниями ПрО;

Интерпретатор правил извлечения информации.

В рамках проекта ИСИДА-Т технологии, инструменты и продукты позволяют:

выявлять в электронных документах, извлекать и структурировать информацию о фактах, событиях, объектах и отношениях, представляющих интерес;

выполнять мониторинг сайтов в сети Интернет на предмет появления там значимой для пользователя информации.

Основные рабочие характеристики технологии и продуктов:

Поддержка русского языка;

быстрая настройка на предметную область с помощью эффективных инструментальных средств;

высокая точность и полнота анализа за счет использования предметных знаний;

наличие встроенных средств визуализации результатов анализа в виде диаграмм и схем;

легкая интеграция в другие информационные системы на любом уровне (программный или сетевой интерфейс, БД);

функционирование под управлением ОС Windows и большинства Linux-систем;

близкая к линейной масштабируемость при параллельной архитектуре анализа;

возможность работы на вычислительных машинах кластерного типа.

Некоторые области применения технологий семантического анализа и структурирования текстовой информации:

информационная поддержка бизнеса (business intelligence) и управления знаниями (knowledge management);

маркетинговые исследования;

финансовая аналитика;

военная и коммерческая разведка и мониторинг;

информационная поддержка органов государственной власти (в рамках направления «Электронное правительство»);

работа библиотек, издательств и СМИ.

Для распознавания текстовых ситуаций используется набор правил, описывающих характерные для конкретной задачи способы выражения ситуации в тексте. Эти правила задают образец для сравнения и действия, которые должны быть сделаны после успешного сопоставления. Ряд современных систем извлечения информации (в том числе, система ИСИДА-Т) берут за основу различные диалекты языка CPSL [9]. Использование этого языка предполагает разметку текста с помощью аннотаций.

Язык правил, который используется в системе ИСИДА-Т, является расширением CPSL. Предлагаемые расширения преследуют две цели: 1) обеспечить возможность описывать более сложные контексты, в которых встречается целевая информация, и 2) снизить объем рутинной работы при создании системы правил за счет более компактного описания контекста [9].

Отличия от других реализаций, например, JAPE [8] или диалекта CPSL заключаются в следующем:

Реализована встроенная поддержка расширенного спектра типов данных, в том числе, ссылки на аннотации и множественных значений. Данные этих типов могут использоваться в качестве значений переменных и значений атрибутов аннотаций.

Логика работы интерпретатора правил приведена в максимальное соответствие поведению интерпретатора обычных регулярных выражений. От-

личия от современной реализации JARE и Montreal transducer заключаются в поддержке «жадных» и «нежадных» квантификаторы и опережающей проверки.

Поддерживаются кванторы существования (по умолчанию) и всеобщности, связывающие элементарные тесты. К кванторов может добавляться возражения.

Существуют языковые средства, позволяющие гибко проверять взаимное расположение аннотаций, которые рассматриваются в контексте сопоставления и других аннотаций во входной коллекции.

В тестах могут использоваться функции для обращения к ресурсу знаний, например, проверки таксономической принадлежности элементов. Для более сложных запросов к ресурсу знаний используется предметно-ориентированный язык, совпадающий с языком описания левой части правил трансформации.

Для передачи информации между элементарными тестами, а также в правую часть правил могут использоваться именованные переменные, значения которых присваивается явно в ходе сопоставления. Множество значений переменных входит в контекст сопоставления.

Главной чертой применения трансдисциплинарного подхода к обеспечению интеграции информационных ресурсов глобальной среды «на лету» является обеспечение достоверной и корректной процедуры связывания контекстов поле тематических информационных ресурсов на основе множественной упорядоченности.

Основная цель использования предметных знаний - сообщение информации, а также доказательство ее истинности. Для него характерно наличие малых сроков, общенаучных слов, абстрактной лексики, в нем преобладает существительное, немало отвлеченных и вещественных существительных. Суждения имеют вид конкретных высказываний и утверждений и определяют наборы действий, которые могут быть применимы в процессе решения конкретных предметно-тематических задач.

Обобщенная процедура поддержки процессов формирования иерархий контекстов ПРО при трансдисциплинарной интеграции информационных ресурсов глобальной среды приведены на рис. 4.

В результате применяя инструменты онтологического инжиниринга становится возможным существенно сократить время и достоверность информации касательно наукоемкой техники потребителя (моральное, физическое устаревание – необходи-

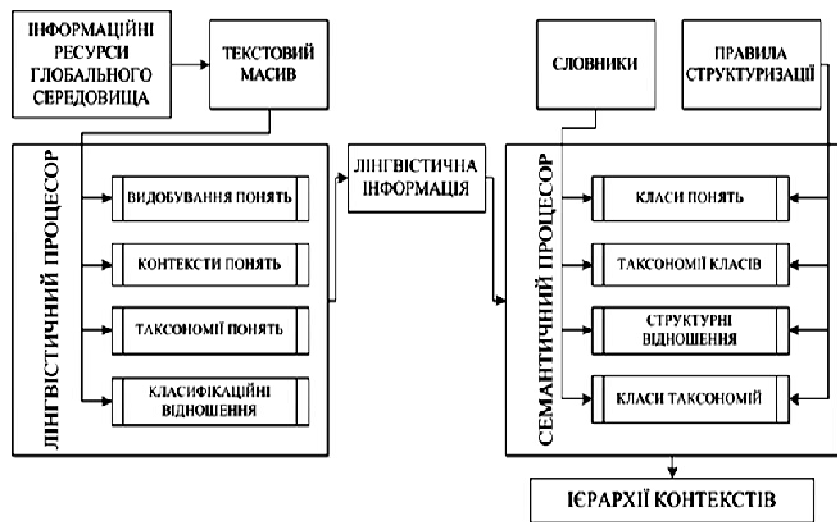


Рис.4. Обобщенная процедура поддержки процессов формирования иерархий контекстов

мость замены той или иной детали), требующей сервисного обслуживания.

Таким образом концепция метода **мониторинга морального старения наукоемких изделий** на основе онтологий состоит в следующем:

- консолидация и интеграция всей имеющейся корпоративной информации и представления ее через систему «единого окна», за счет чего повышается уровень осведомленности всех категорий пользователей в их деятельности;

- обеспечение бесшовной системной интеграции информационных технологий и инноваций с целью создания информационно-аналитических ресурсов для внедрения в бизнес-процессы организации;

- создание условий «ситуационной осведомленности» всех заинтересованных категорий пользователей с многоаспектным анализом массивов документов, их анализом, сравнением, рейтингованием с выводом отчетов и результатов анализа;

- обеспечение онтологического управления информационными массивами, которые объединяются в единый корпоративный информационное пространство - онтолого-управляемую систему корпоративных знаний;

- поиск в сети Интернет и в файловых электронных коллекциях текстовых документов, релевантных тематике исследований и экспертизы;

- автоматическая обработка естественно-языковых текстов с выделением поверхностных семантических отношений для дальнейшего их анализа;

- извлечение из множества документов знаний, релевантных выбранной предметной области, их системно-онтологическое структурирование и формально-логическое представление, а также построение, визуализация и верификация семантических структур синтаксических единиц текстовых документов и категориальных знаний заданной предметной области в виде онтологического графа;

- автоматизированное составление онтологий и тезаурусов предметных областей для организации системы управления знаниями;
- автоматизированный анализ и создание системы рейтингов объектов исследования и процессов с ними связанных с учетом всего множества факторов, влияющих на соответствующие объекты и процессы;
- обеспечение многовекторного исследования объектов и процессов с целью выявления влияния параметров на их состояние, развитие и принятие соответствующего объективного решения.

Выводы

Сделаем выводы с точки зрения бизнеса.

Платить налог на имущество для устаревшего или давно не применяемого электронного оборудования и офисной техники как минимум неразумно. Так же как и продолжать медленно списывать старую технику через амортизацию. Гораздо выгоднее вовремя освободить себя и организацию от этих обременительных обязанностей.

Преимущества реализации информационной поддержки этапа утилизации:

- не требует постоянных и крупных капиталовложений;
- места складирования отходов могут не обновляться десятилетиями;
- позволяют одновременно избавиться от большого количества расходов;
- результаты разрушительного влияния свалок на природу не видно сразу;
- совмещение охраны окружающей среды с экономической выгодой.

Список литературы

1. *Електронний ресурс*. – режим доступу [http://www.unian.ua/society/1109219-groshi-ne-pahnut-chi-zmoje-ukrajina-otrimuvati-pributki-zi-smittyu.html]

2. *Электронное учебное пособие по дисциплине «Международные стандарты обмена данными» СПбГУ-АП, Санкт-Петербург, 2011 год.* – режим доступу [http://www.salogistics.ru/students/suai_2011/page3.html].

3. Собчак, А. П. Роль сервісного обслуговування в просуванні промислового обладнання на ринку [Текст] / А. П. Собчак, С. В. Коваленко // *Бізнес Інформ*. – 2013. – № 5. – С. 356–360.

4. Гаврилова Т. А. *Онтологический инжиниринг // Сб. докладов Восьмой науч.-практич. конфер. «Реинжиниринг бизнес-процессов на основе современных информационных технологий. Системы управления знаниями».* Москва.— 2005.— С. 79—82.

5. Палагин А. В. *К вопросу системно-онтологической интеграции знаний предметной области / А.В. Палагин, Н.Г. Петренко.* – *Математические машины и системы*, 2007. – №3,4. – С. 63–75.

6. Gruber T. R. *A translation approach to portable ontology specifications / T.R. Gruber // Knowledge Acquisition.* – 1993. – Vol. 5. – P. 199 – 220.

7. *Homotopy Type Theory: Univalent Foundations of Mathematics.* – Princeton : Institute for Advanced Study, 2013. – 603 p.

8. Noy N. *SMART: Automated Support for Ontology Merging and Alignment / N. Noy, M. Musen.* – *Stanford Medical Informatics, Stanford Univ.* – 1999. – 24 p. Режим документа: <http://ais-portal.ru/2009/03>. – Дата доступа: 17.12.2016.

9. Кормалев Д. А., Куриев Е. П. *Развитие языка правил извлечения информации в системе ИСИДА-Т // Труды международной конференции «Программные системы: теория и приложения».* — Т. 2. — М.: Физматлит, 2006. — С. 365-377.

10. *OKBC: A Programmatic Foundation for Knowledge Base Interoperability.* V. Chaudhri, A. Farquhar, R. Fikes P. Karp J. Rice // *Fifteenth National Conf. on Artificial Intelligence. AAAIPres/The MIT Press, Madison, P.600-607, 1998.* <http://www.oracle.com/technetwork/java/javase/index.html>.

Надійшла до редколегії 17.09.2016

Рецензент: д-р техн. наук, проф. І.В. Шостак, Національний аерокосмічний університет імені М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», Харків.

ІНФОРМАЦІЙНА ПІДТРИМКА ЕТАПУ УТИЛІЗАЦІЇ ВИРОБІВ СКЛАДНОЇ НАУКОМІСТКОЇ ТЕХНІКИ

А.П. Собчак, О.І. Попова

Запропоновано метод моніторингу морального старіння наукомістких виробів з використанням онтологічного інжинірингу, метод «м'якої утилізації» виробів складної техніки шляхом інформаційної підтримки етапу утилізації із застосуванням інструментальних засобів онтологічного інжинірингу, який забезпечує як пролонгацію терміну експлуатації виробу так і зменшення статті витрат споживачів виробу, при цьому маючи значно вплив на екологічну складову країни в позитивну сторону.

Ключові слова: життєвий цикл, м'яка утилізація, сервісне обслуговування, онтологічний інжиніринг, витяг коштів, інтелектуальна система отримання даних, трансдисциплінарний підхід, інструментальних засобів онтологічного інжинірингу.

INFORMATION SUPPORT TO THE STAGE OF UTILIZATION OF PRODUCTS OF COMPLEX SCIENCE TECHNIQUE

A.P. Sobchak, O.I. Popova

A method for monitoring the moral aging of science-intensive products using ontological engineering is proposed, the method of "soft recycling" of products of complex equipment by informational support of the recycling stage with the use of ontological engineering tools that ensures both prolongation of the product lifetime and a reduction in the cost of product consumers, Significantly impact on the environmental component of the country in a positive way.

Keywords: life cycle, soft recycling, after-sales service, ontological engineering, extraction of funds, intellectual data extraction system, transdisciplinary approach, ontological engineering tools.