

УДК 004.78; 681.5

В.А. ДЕМЬЯНЕНКО

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина

МЕТОД ЗНАНИЕОРИЕНТИРОВАННОЙ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКЕ ПРОИЗВОДСТВА ТОВАРОВ НАРОДНОГО ПОТРЕБЛЕНИЯ НА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОМ ПРЕДПРИЯТИИ

Проведен анализ комплексной автоматизации процессов подготовки производства товаров народного потребления (ТНП) на многономенклатурных машиностроительных предприятиях (ММП). Показано, что главной проблемой является синтез CALS-системы, способной обеспечивать единство информационного пространства в рамках ММП при одновременном производстве основной продукции и ТНП. В качестве методической основы синтеза рассматриваемой CALS-системы использована агентная парадигма. Изложен метод координации действий отдельных служб ММП при организации ТНП. Реализация метода продемонстрирована на примере технологической подготовки производства ТНП.

Ключевые слова: многономенклатурное машиностроительное предприятие, товары народного потребления, CALS-система, технологическая подготовка производства, интеллектуальный агент, факс-илитатор, система поддержки принятия решений.

Введение

Современная общемировая тенденция в организации производства на многономенклатурных машиностроительных предприятиях (ММП), выпускающих сложную технику, заключается в комплексной их автоматизации на основе CAD/CAM/CAE/PLM и CALS-систем [1]. Реализация такого подхода требует постоянной координации усилий большого числа специалистов, обеспечивающих различные этапы жизненного цикла изделий. При этом непременным условием эффективной координации работ специалистов при соблюдении единой стратегии является наличие гомогенной информационной среды в рамках отдельного предприятия или концерна. Такая среда призвана не только обеспечить автоматизацию выполнения отдельных подзадач, но и обеспечить обмен информацией между отдельными пользователями для координации их работы по поиску глобально оптимального или близкого к таковому решения (поскольку локально оптимальное решение не учитывает общие для всей системы ограничения) [1]. В настоящий момент действует серия международных стандартов, представляющих CALS-технологии, среди которых требования по обеспечению единой информационной среды регламентирует стандарт ISO 10303 STEP (Standard for Exchange of Product data).

Попытки решения задачи эффективной организации командного взаимодействия в рамках единого информационного пространства предпринимаются различными учеными на протяжении последних 20 лет, при этом исследователи используют следующие

методы и средства: технологии распределенного решения задач параллельного проектирования [2], общие архитектуры или платформы инженерных и промышленных приложений [1]. Кроме того, весьма перспективным признан подход, основанный на использовании средств инженерии знаний, прежде всего мультиагентных [2] и мультиэкспертных систем [3].

Существующие в настоящее время CALS-системы [1] имеют ряд характерных особенностей. Они, как правило, разработаны по индивидуальному заказу под конкретную группу предприятий в рамках одного концерна, а также ориентированы на крупносерийное и массовое производство. Вместе с тем, в настоящее время значительную долю в общем объеме выпускаемой продукции на отечественных ММП занимают товары народного потребления (ТНП). Производство ТНП, как правило, осуществляется параллельно выпуску основной продукции, однако специфика их производства существенно отличается от последней. Указанное обстоятельство порождает необходимость разработки специальных средств, которые обеспечили бы однородность информационного пространства при комплексной автоматизации ММП. При этом особую актуальность имеет применение таких средств на этапе технологической подготовки производства (ТПП) ТНП, в силу частых изменений в их номенклатуре и появлении новых модификаций, по сравнению с основной продукцией ММП.

Цель статьи состоит в описании знаниеориентированного метода поддержки принятия решений при ТПП ТНП персоналом технологической службы ММП.

1. Постановка задачи

Исходя из особенностей рассматриваемого объекта, проблематика создания CALS-системы ММП, способной, наряду с выпуском основной продукции, поддерживать комплекс процессов, связанных с производством ТНП, лежит в аспектах разработки математического и программного обеспечения CALS.

Таким образом, задача организации производства ТНП на ММП включает два основных этапа: разработки метода взаимодействия функциональных подсистем (математический аспект разработки CALS ММП); разработка программно-инструментальных средств развертывания и поддержки единого информационного пространства (программный аспект разработки CALS ММП).

2. Агентная парадигма как основа синтеза CALS – системы ММП

Поскольку в комплексе работ по организации производства ТНП, принимает участие большое количество различных служб ММП, каждая из которых, имея в своем составе множество структурных единиц, работает над решением своей локальной задачи, методы поддержки принятия координирующих решений в рамках одной службы (например, технологической) можно распространить и на все предприятие в целом.

Системы поддержки коллективной работы [4] делятся на два класса: мультиэкспертные системы (использующие концепцию «классной доски») и мультиагентные системы.

Под агентом мультиагентной системы принято понимать механизм инкапсуляции и обмена распределенными знаниями и функциями [4]. Каждый агент - это процесс, обладающий определенной частью знаний об объекте проектирования и возможностью обмениваться этими знаниями с остальными агентами. В зависимости от типа, агент может поддерживать и интерфейс с пользователем. Под многоагентной системой будем понимать многокомпонентную систему, состоящую из агентов со специфицированным интерфейсом.

В мультиагентной системе каждый агент строит собственную модель текущего решения, основываясь на своих данных и данных других агентов. В таких системах имеются коммуникационный протокол и формат сообщений (язык коммуникаций), в соответствии с которым должны оформляться запросы и ответы [4]. Обобщенно можно сказать, что агенты автономны и гетерогенны, т.е. отсутствует единое управление. Коммуникации между агентами могут быть синхронными и асинхронными, направленными (peer-to-peer), общими (broadcast) или групповыми (multicast). Важно, что семантика сообщений между агентами должна быть высокого уровня. Это означает не тривиальную пересылку

команд на запуск/останов, а полную реализацию информационных потоков между агентами в системе путем обмена сообщениями на языке, аналогичном языку высокого уровня в программировании [2].

Учитывая структуру технологической службы ММП (а именно предметную специализацию подразделений, а также деление их по видам выполняемых работ), а также изложенное выше описание подходов к организации коллективного взаимодействия можно сделать вывод о принципиальной возможности применения именно мультиагентной технологии при синтезе систем поддержки принятия координирующих решений на предприятии. В пользу этого также говорит постановка задач для подразделений технологической службы: расчеховка делает возможной параллельную работу подразделений и независимость на определенном этапе локальных решений между собой.

Применение агентного подхода даст в результате возможность реализации CALS как единой системы управления ММП с распределенным интеллектом, которая имеет множество положительных свойств: это и обработка информации, приближенная к местам ее получения, повышение надежности и отказоустойчивости системы в целом, эффективное распараллеливание работы различных структурных единиц предприятия, обеспечение полной наблюдаемости системы (что абсолютно невозможно в случае использования монолитной системы).

Поддержка моделей взаимодействия, основанных на концепции языка взаимодействия агентов (Knowledge Query and Manipulation Language - KQML), требует соответствующих соглашений между всеми подсистемами [3]. Поэтому первый вопрос, который возникает в процессе сопряжения различных систем или компонент, связан с введением в архитектуру дополнительного уровня или класса агентов, ответственного за преобразование форматов информационного обмена.

Для поддержки обработки описанного выше контекста сообщений между подсистемами могут быть использованы специальные коммуникационные агенты (фасилитаторы, медиаторы или информационные агенты [3]), которые располагаются между отправителем и получателем сообщения и выполняют действия по стандартизации интерфейса, интеграции информации из различных источников, преобразованию запросов и ответов.

Использование фасилитаторов становится особенно важным в условиях интеграции новых информационных систем с существующими, которые не имеют необходимой степени гибкости в преобразовании входных/выходных форматов. Агенты (и другие программные компоненты системы) взаимодействуют с использованием фасилитаторов, которые могут выполнять преобразования специфических внутренних

форматов представления данных (знаний) из/в стандартный формат обмена знаниями (Knowledge Interchange Format - KIF). Таким образом, каждый агент выполняет логический вывод в своих внутренних терминах, а получает и передает информацию другим агентам в необходимой им для понимания форме посредством фасилитаторов.

Каждый фасилитатор отвечает за обеспечение интерфейса между локальным объединением агентов (в рамках подсистемы) и удаленными агентами и преследует тем самым 4 основных цели: 1) обеспечивает надежный механизм передачи сообщений, 2) маршрутизирует сообщения по назначению, 3) преобразует входящие сообщения в формат представления адреса, 4) осуществляет мониторинг агентов.

Таким образом, использование промежуточных агентов (фасилитаторов), особенно при условии интеграции существующих систем, позволяет получить гомогенное информационное пространство для работы всей системы, а также возможность отслеживания несоответствий при формировании решений в отдельных подсистемах и обеспечения их корректировки для поддержки адекватного формирования согласованных комплексных решений масштаба структурной единицы (или предприятия в целом). Результат будет зависеть от сложности исполнения фасилитаторов и от трактовки выполняемых ими задач (преобразование сообщений, корректировка результатов вывода подсистем и т.д.).

3. Архитектуры и спецификации агентных систем для поддержки единого информационного пространства в рамках технологической службы ММП

Существующие варианты архитектур многоагентных систем и рациональный выбор архитектуры отдельного агента и многоагентной системы в целом существенно зависят концептуальной модели агента, принятого для ее описания формализма и языка спецификаций, математической модели кооперации агентов при совместном функционировании в системе, на какое приложение или класс приложений ориентирована многоагентная система, а также от ряда других факторов.

В настоящее время индустрия агентов регламентируется стандартами MASIF и FIPA, дающих рекомендации к созданию систем мобильных агентов и систем интеллектуальных агентов соответственно.

Серия стандартов FIPA описывает архитектуру мультиагентной системы и структуру самого агента, делая в основном упор на реализуемые агентами функции, и таким образом, могут являться основой для синтеза промышленной системы поддержки принятия координирующих решений на машиностроительном предприятии. Кроме того, стандартах FIPA описывает-

ся возможность интеграции агентной системы с существующим программным обеспечением, что является важным свойством создаваемой системы.

4. Метод актуализации текущего состояния производства ТНП в базах знаний и данных CALS – системы ММП

Назначение системы актуализации текущего состояния: поддерживать актуальность данных и значений предикатов баз знаний систем поддержки принятия решений (СППР) представителей административно-управляющего персонала технологической службы, отражать в соответствующих подсистемах все изменения, происходящие в предметной области, получая актуальные данные от системы мониторинга, основанной на технологии PDA [5].

Входные данные: текущие (актуальные на определенный момент времени) значения переменных, определенных для предметной области в виде файла обмена данными определенного формата; правила отражения переменных в виде правил (занесены в базу правил агента).

Результаты работы агента: любые изменения текущего состояния объекта, получаемые от системы мониторинга или из других источников в виде изменения текущих значений переменных, непосредственно отражаются в подсистемах СППР, которые имеют возможность постоянно оперировать актуальными данными.

Режимы работы агента:

1. Наполнение базы правил и настройка параметров работы (в том числе подключение конкретных подсистем) – рис.1.

2. Автономное функционирование в выбранном режиме (постоянно или по запросу).

На рис. 1. показано:

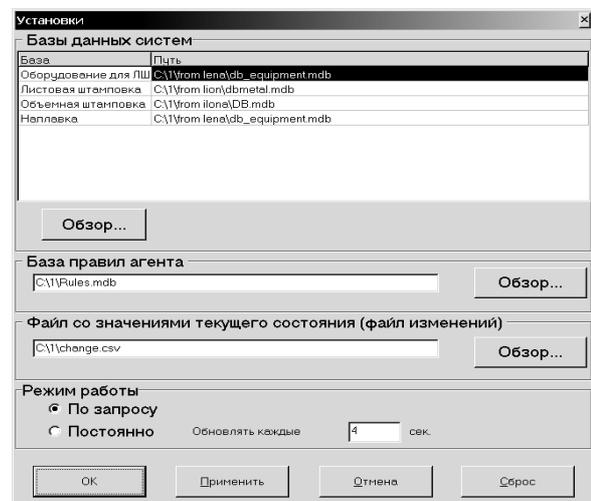


Рис. 1. Интерфейс настройки агента мониторинга – режим выбора связи с базами данных обновления и выбора баз правил и файла изменений

– db_equipment.mdb, dmetal.mdb, DB.mdb – базы данных, содержащие предикаты баз знаний соответствующих подсистем поддержки принятия решений (СППР по выбору оборудования, СППР по листовой и объемной штамповке и по наплавке);

– change.csv – файл с текущими значениями переменных объекта (получен от системы мониторинга);

– rules.mdb – база знаний в виде правил, которая используется для актуализации текущего состояния объекта мониторинга в базах знаний подсистем СППР.

Метод поддержки принятия решений в процессе ТНП включает следующие шаги:

1. Периодически или по запросу считывание файла с текущими данными из каталога обмена (определив предварительно наличие этого файла).

2. Синтаксический разбор считанного файла, удаление комментариев, возможных ошибок, считывание команд (пока что в стадии разработки), получение данных о текущем состоянии (формат согласовывается с системой мониторинга), запись их во внутренний формат агента.

3. Обработка каждой записи данных текущего состояния состоит в изменении предикатов баз знаний соответствующих подсистем и производится на основе правил, которыми заполняется база агента (таким образом реализуется полная независимость данных от кода и гибкость настройки агента под конкретную базу знаний). В процессе вывода имеется возможность отражать изменение одного параметра в нескольких базах знаний, а также отражать изменения сразу в нескольких параметрах в одной базе. Порядок действий агента на этом шаге:

– определение подсистемы, в которой производится обновление текущего состояния;

– поиск необходимой базы данных (как структурной составляющей базы знаний соответствующей подсистемы);

– идентификация изменяемого объекта в базе данных;

– выполнение необходимых действий над объектом (обновление, добавление, удаление);

– запись каждого обновления в общую базу данных текущего состояния с указанием даты и времени поступления данных (формирование базы данных текущего состояния с историей изменений);

– запись результатов действий в файл отчета;

– в случае вызова по запросу программы, осуществляющей мониторинг, посылка этой программе сообщения о результатах обработки полученных данных.

Логически система отражения текущего состояния представляет собой несколько агентов (т.е. является по сути мультиагентной системой), каждый из которых обслуживает определенную подсистему принятия решений. В целях удобства администрирования в прототипе системы конструктивно все агенты выпол-

нены в виде потоков (threads) одного приложения, которое осуществляет все указанные выше действия. Существует возможность запуска одновременно нескольких процессов, осуществляющих обработку данных (при возросшей нагрузке на один модуль), а также разделение агента на несколько модулей, для обеспечения функционирования подсистем на физически различных платформах. Принципиально возможно получение данных от других источников (АРМ, система учета на складе и проч.), для этого необходима настройка базы правил агента и согласование формата обмена данными.

База правил агента структурирована относительно подсистем, поэтому обновление может происходить параллельно, не вызывая задержек и коллизий.

Программная реализация – подсистема актуализации данных мониторинга реализована с помощью интегрированной среды программирования Delphi 6.0 с применением возможностей многопоточной обработки данных.

Так как агент функционирует автономно, следовательно сведен к минимуму его прикладной интерфейс, который позволяет настраивать основные параметры работы агента и просматривать совершенные им действия.

Во время работы основное окно, а также окно настроек агента скрыто для пользователя, агент проявляет себя только значком в системном лотке Windows.

В результате актуализации баз знаний пользователь получает новое качество исходной системы: постоянно обновляемую базу знаний, которая может осуществлять вывод на знаниях, основываясь на текущем состоянии ресурсов. При разработке системы также была проведена реализация прототипа подобной системы на основе существующего стандарта ДСТУ на использование технологии CORBA для построения распределенных систем.

5. Разработка типового фрагмента мультиагентной CALS-системы по технологической подготовке производства ТНП на ММП

На основании обзора агентных систем был выбран стандарт FIPA на создание программных агентов, т.к. именно этот стандарт полностью реализует идеи интеграции создаваемой СППР в существующую систему (в данном случае АСУ).

На рис. 2. применительно к разрабатываемой СППР коммуникационный канал реализован в виде протокола обмена сообщениями между агентами, агент-брокер используется только при реализации СППР с использованием технологии CORBA, агент-обложка реализован в виде модуля, вызывающего функции программного интерфейса существующего

программного обеспечения (например, API САПР ТП «Компас-Вертикаль»), агент-клиент представляет собой типовой блок разрабатываемой СППР (т.е. координатора и распознавателя, связанных между собой).

После выбора принципиальной агентной платформы необходимо синтезировать типовую структуру блока принятия решений, описываемого гибридным автоматом. Такая структура представлена ниже на рис. 2. Для общения между агентами может быть использован стандартный агентный «язык» KQML, но по причине необходимости передачи информации лишь в форме предикатов, для конкретной реализации был выбран формат обмена на основе XML. С его помощью была реализована передача предикатов в создаваемой системе (например, для обмена информацией между координатором и распознавателем).

После представления общей структуры решающего блока (агента) необходимо синтезировать структуру СППР в целом (или типового ее фрагмента).

Эти структуры изображены на рис. 2 и 3.

Интеграция СППР показана на примере пакета «Компас-Автопроект», который чаще всего используется на отечественных ММП и имеет развитый программный интерфейс, позволяющий получать всю необходимую информацию как о технологическом процессе сборки или изготовления детали (вплоть до отдельных переходов), так и о параметрах каждой операции таких технологических процессов.

Программный комплекс КОМПАС-Автопроект состоит из двух взаимосвязанных подсистем: КОМПАС-Автопроект-Спецификации и КОМПАС-Автопроект-Технология.

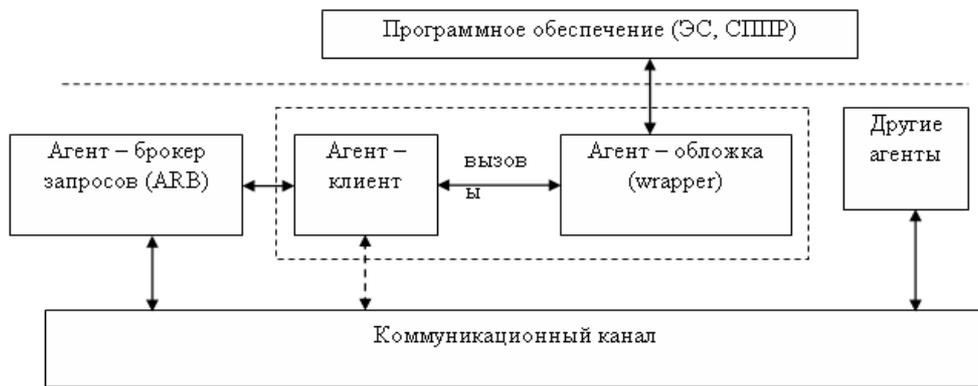


Рис. 2. Схема интеграции агента с существующим программным обеспечением (FIPA '2000)

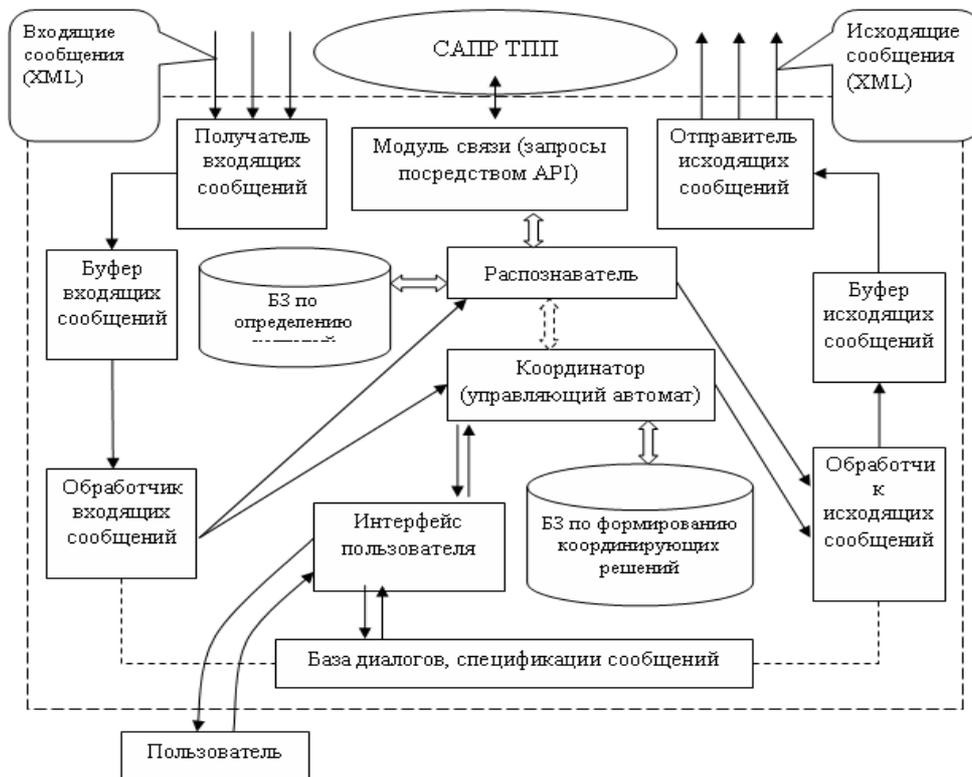


Рис. 3. Функциональная схема автоматной реализации СППР по формированию координирующих решений при организации производства ТНП на ММП

В первой из названных подсистем концентрируются технологические задачи, связанные с составом изделия, а во второй — с проектированием технологических процессов. Такая схема построения продиктована необходимостью интеграции технологического модуля с PDM-системами — как собственными, так и внешними. Также обеспечивается возможность доступа ко всей информации в системе через развитый программный интерфейс (Application Programming Interface – API).

Выводы

В статье проведен анализ возможностей применения существующих методов и средств построения информационных систем класса CALS для комплексной автоматизации подготовки производства ТНП и основной продукции на ММП. Изложен метод координации действий отдельных служб ММП в процессе подготовки производства ТНП. В основу метода положена многоагентная парадигма, в рамках которой осуществлена программная реализация типового фрагмента СППР в виде интеллектуального агента.

Показан вариант реализации метода для задачи ТПП ТНП в виде прототипа агента актуализации теку-

щего состояния производства в базах знаний и данных СППР.

Литература

1. Норенков, И.П. Информационная поддержка наукоемких изделий. CALS-технологии [Текст] / И.П. Норенков, П.К. Кузьмик. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 320 с.
2. Алиев, Р.А. Методы интеграции в системах управления производством [Текст] / Р.А. Алиев. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 269 с.
3. Алиев, Р.А. Методы и алгоритмы координации в промышленных системах управления [Текст] / Р.А. Алиев, М.И. Либерзон. – М.: Радио и связь, 1987. – 208 с.
4. Шостак, И.В. Интеллектуализация процессов технологической подготовки производства на основе мультиагентной технологии [Текст] / И.В. Шостак, А.С. Топал // Вестник двигателестроения. – 2003. – № 2. – С. 187–191.
5. Топал, А.С. Формирование комплексных решений в интеллектуальных производственных системах [Текст] / А.С. Топал // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н.Е. Жуковского «ХАИ». – Вып. 26. – X., 2005. – С. 106–110.

Поступила в редакцию 8.06.2013, рассмотрена на редколлегии 12.06.2013

Рецензент: д-р техн. наук, проф., проф. кафедры программной инженерии С.Ю. Шабанов-Кушнарченко, ХНУРЭ, Харьков.

МЕТОД ЗНАННЯОРІЄНТОВАНОЇ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ПРИ ТЕХНОЛОГІЧНІЙ ПІДГОТОВЦІ ВИРОБНИЦТВА ТОВАРІВ НАРОДНОГО СПОЖИВАННЯ НА МАШИНОБУДІВНОМУ ПІДПРИЄМСТВІ

В.А. Дем'яненко

Проведено аналіз комплексної автоматизації процесів підготовки виробництва товарів народного споживання (ТНС) на багатонаменклатурних машинобудівних підприємствах (БМП). Показано, що головною проблемою є синтез CALS-системи, здатної забезпечувати єдність інформаційного простору в рамках БМП при одночасному виробництві основної продукції та ТНС. В якості методичної основи синтезу розглянутої CALS-системи використана агентна парадигма. Викладено метод координації дій окремих служб БМП при організації ТНС. Реалізація методу продемонстрована на прикладі технологічної підготовки виробництва ТНС.

Ключові слова: багатонаменклатурне машинобудівне підприємство, товари народного споживання, CALS-система, технологічна підготовка виробництва, інтелектуальний агент, фасилітатор, система підтримки прийняття рішень.

THE KNOWLEDGE-ORIENTED METHOD OF SUPPORT OF DECISION-MAKING BY TECHNOLOGICAL PREPARATION OF PRODUCTION OF CONSUMER GOODS AT MACHINE-BUILDING ENTERPRISE

V.A. Demyanenko

The analysis of complex automation the process of preparation of production of the consumer goods (CG) at the multiproduct engineering enterprises (MEE) is carried out. It is shown that the main problem is synthesis of the CALS-system, capable to provide common information space within MEE by simultaneous production of the main production and CG. As a methodical basis of synthesis of considered CALS-system the agent paradigm is used. The method of coordination the actions of separate services MEE of the CG organization is stated. Implementation of a method is shown on the example of technological preparation of production the CG.

Keywords: multiproduct engineering enterprise, consumer goods, CALS system, technological preparation of production, intellectual agent, facilitator, decision making support system.

Дем'яненко Владислав Анатольевич – ассистент каф. Инженерии ПО Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина, e-mail: dvavlad@mail.ru.