Для цитирования: Д.В. Кошутин. Виртуальное предприятие на основе PLM-СИСТЕМЫ «Лотсман» в виде многоагентной системы. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2020; 47(2): 75-85. DOI:10.21822/2073-6185-2020-47-2-75-85

For citation: D.V. Koshutin. Virtual enterprise based on the Lotsman PLM SYSTEM AS a multi-agent system. Herald of Daghestan State Technical University. Technical Sciences. 2020; 47 (2): 75-85. (In Russ.) DOI:10.21822/2073-6185-2020-47-2-75-85

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ COMPUTER SCIENCE, COMPUTER ENGINEERING AND MANAGEMENT

УДК 30.2-5-05/658.5

DOI: 10.21822/2073-6185-2020-47-2-75-85

ВИРТУАЛЬНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ НА ОСНОВЕ PLM-СИСТЕМЫ «ЛОЦМАН» В ВИДЕ МНОГОАГЕНТНОЙ СИСТЕМЫ

Д.В. Кошутин

Вологодский государственный университет,
160000, г. Вологда, ул. Ленина, д. 15, Россия

Резюме. Цель. Современное промышленное производство остро нуждается в повышении технического уровня управления информацией, для обеспечения чего предлагается формирование информационного пространства по модели виртуального предприятия. **Метод.** В статье дается представление разработанной базовой структуры виртуального предприятия для индустриальных предприятий, построенного по интеграционной методик, на основе выбранной в результате сравнительного анализа системы обеспечения жизненного цикла изделия «Лотсман», с использованием основных элементов решения корпорации «Аскон». Виртуальное предприятие рассматривается как многоагентная система, дается описание ее уровней, организационных единиц, их отношений, действий, входов и выходов, выполняемых ею задач, её среды и состояний. Каждое множество представлено в виде формулы с необходимыми для понимания пояснениями и комментариями. **Результаты.** В завершении статьи представлен пример алгоритма разработки единичного изделия машиностроения, демонстрирующей простоту и удобство проектирования в рамках представленного варианта формы организации производства. **Вывод.** В статье продемонстрирована разработанная модель виртуального предприятия на основе PLM-системы «Лотсман» в виде многоагентной системы, описаны ее элементы и взаимодействия между ними, а также дан пример разработки изделия в ее рамках.

Ключевые слова: автоматизация, жизненный цикл изделия, виртуальное предприятие, PLM, многоагентные системы

VIRTUAL ENTERPRISE BASED ON THE LOTSMAN PLM SYSTEM AS A MULTI-AGENT SYSTEM

D.V. Koshutin

Vologda State University,
15 Lenin St., Vologda 160000, Russia

Abstract. Aim. Modern industrial production requires an improved level of information management. This problem can be approached by creating an information space based on a virtual enterprise model. **Methods.** The article presents the structure of a virtual enterprise for industrial enterprises based on the integration method chosen as a result of comparative analysis of the Lotsman product life cycle assurance system using the solution of the Askon Corporation. A virtual enterprise is considered as a multi-agent system; the description of its levels, organizational units, their relations, actions, inputs and outputs, performed tasks, environment and states is given. Each set is presented as

a formula with useful explanations and comments. **Results.** As an example, an algorithm for producing an engineering product is presented, which demonstrates the simplicity and convenience of designing products within the developed model of production organization. **Conclusion.** The article proposes the developed model of a virtual enterprise based on the Lotsman PLM system in the form of a multi-agent system. The key elements and interactions of this model are described, and the convenience of the model is demonstrated on an example.

Keywords: automation, product lifecycle, virtual enterprise, PLM, multi-agent systems

Введение. Современное успешно интегрированное в глобальную экономику российское производство вынуждено находиться в состоянии постоянной борьбы за повышение конкурентоспособности продукции, в том числе путем кооперации, а также постоянных и временных объединений в промышленные кластеры. В условиях же формирующегося информационного сообщества одним из основных факторов, определяющих успех или провал политики предприятия, является способность эффективно производить, хранить, перерабатывать и реализовывать информацию. При совпадении же определенных факторов [1,2], наиболее перспективной формой организации оптимального информационного пространства предприятия является создание единого информационного пространства на основе систем автоматизации управления жизненного цикла производства, с итоговой целью формирования максимально удобного для взаимодействия с партнерами виртуального предприятия (далее ВП).

Точное определение понятия «виртуальное предприятие» в данный момент является предметом дискуссий [3,4], однако обычно оно описывается как предприятие, объединяющее географически разделенные экономические субъекты, которые взаимодействуют в процессе совместного производства, используя преимущественно электронные средства коммуникаций. Модели кооперации в рамках подобных структур уже долгое время находятся в фокусе зарубежных исследований [5-8] и в случае успешной имплементации они обещают значительное улучшение в распределении ресурсов и задач, а также обмене информацией между отдельными подразделениями и организациями, тем самым повышая эффективность работы предприятий [9-12]. Именно поэтому, считаем рациональным разработать по возможности простую конструкцию ВП, позволяющую получить доступ к выгодам данного метода организации производства при минимальных сложностях и затратах.

Постановка задачи. Целью работы является представление разработанной базовой структуры ВП для индустриальных предприятий, построенного по интеграционной методике [13] на основе, выбранной в результате сравнительного анализа, [14] PLM-системы «Лотсман» в виде многоагентной модели и демонстрация примера ее работы.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

1. Изучение основных задач подготовки производства, стоящих перед современной российской промышленностью – в первую очередь, сосредотачиваясь на малых предприятиях, не предполагающих свыше сотни рабочих мест. С последующим формированием системы из наиболее важных элементов решений задач подготовки производства.
2. Разбиение сформированной минималистической системы на компоненты, согласно требованиям, для описания многоагентных систем.
3. Прослеживание взаимосвязей между агентами внутри построенной модели.
4. Формирование экспериментального ВП на основе ресурсов кафедры и осуществление с его помощью разработки единичного изделия машиностроения.

Методы исследования. Центральным элементом данной работы является демонстрация многоагентной модели рассматриваемого виртуального предприятия (ВП). Согласно часто используемому описанию [15] любая многоагентная система (далее МАС) состоит из следующих основных компонентов:

- 1) множество организационных единиц;
- 2) множество задач;

- 3) среда, т.е. некоторое пространство, в котором существуют агенты и объекты;
- 4) множество отношений между агентами;
- 5) множество действий агентов (К примеру, операций над объектами).

На основании этого определим МАС следующим образом:

$$\text{MAC} = \langle A, R, T, Z, Y, S \rangle, \quad (1)$$

где A , есть множество элементов, составляющих систему, т.е. агентов, присутствующих в процессе конструкторско-технологической подготовки производства, R – множество отношений во множестве элементов, T – множество задач, Z – множество входов в систему, Y – множество выходов, S – множество состояний системы.

В качестве элементов предлагаются компоненты решения Аскон:

- работающая в качестве основы PLM-система Лоцман (далее L), обеспечивающая управление жизненным циклом производства;
- ERP-PDM-система Гольфстрим (далее G), обеспечивающая управление заказами и базами данных;
- система автоматизированного проектирования конструкций Компас (далее K), обеспечивающая выполнение задач конструкторской подготовки производства;
- система автоматизированного проектирования технологических процессов; Вертикаль (далее V), обеспечивающая выполнение задач технологической подготовки производства.

Графическое изображение взаимосвязи между ними представлено на рис.1.

Рис. 1. Графическое изображение связей между агентами внутри виртуального предприятия
Fig. 1. Graphical representation of connections between agents within a virtual enterprise

Множество агентов представим в виде системы:

$$A = \langle L, G, K, V \rangle, \quad (2)$$

В системе выделим три основных логических уровня, в рамках которых, действуют агенты:

І – Экспертный уровень. Здесь производится взаимодействие пользователя с системой через моделируемый интерфейс, учет документов, как конструкторско-технологических, так и организационно-распорядительных – резервное копирование, восстановление документов и массивов данных, обеспечение доступа к внешним массивам данных и справочникам, а также маршрутизация всей имеющейся в обороте документации. Обеспечивается L .

ІІ – Управленческий уровень. Здесь осуществляется управление различными производственными спецификациями а также заказами, анализируются потребности и необходимые для производства затраты, происходит номенклатурно-календарное и иное планирование, учитываются движения деталей и сборочных единиц, производится внутрицеховое, линейное и складское управление, а также учет запасов материально-производственных ресурсов. Обеспечивается G .

ІІІ – Исполнительный уровень. Здесь происходит конструкторская и технологическая подготовка производства вкупе с необходимыми расчетами, а также формируются пакеты результирующей документации. Обеспечивается V и K .

Каждый указанный уровень системы автономен, т.е. они способны функционировать безотносительно того, работают ли в тот или иной момент иные уровни. Рабочая среда агентов замкнута, детерминирована и представляет из себя ранее созданные на предприятии локальные сети, с заведомо определённым количеством машин, с инсталлированными на них агентами. Иными словами, различные подразделения организации с установленными на компьютерах компонентами ВП. Отношения агентов описываются формулой:

$$R = \langle R_0, R_1, R_2, R_3, R_4, R_5 \rangle, \quad (3)$$

где R_0 – связь L с интерфейсом пользователя. Данное отношение обеспечивает составление запросов, введение/выведение объектов в систему.

R_1 – связь L с G. Данное отношение обеспечивает планирование производства и управление заказами.

R_2 – связь L с K. В рамках данной связи обеспечивается формирование задач конструкторской подготовки производства и получение результатов.

R_3 – связь L с V. В рамках данной связи обеспечивается формирование задач технологической подготовки производства и получение результатов.

R_4 – связь G с K. Данное отношение обеспечивает обмен информации системы автоматизированного проектирования конструкций с ERP-системой. К примеру, чтобы определить, есть ли у предприятия возможность использовать в производстве какой-то материал.

R_5 – связь G с V. Данное отношение обеспечивает обмен информации системы автоматизированного проектирования технологических процессов с ERP-системой. К примеру, чтобы уточнить, в наличии ли на предприятии специфическая оснастка.

R_6 – связь K с V. Данное отношение обеспечивает обмен информации между программами Компас и Вертикаль. Самый очевидный пример – когда успешно завершённая конструкция передается на проверку технологичности.

Решаемые в рамках виртуального предприятия задачи в основном лежат в рамках организационной, конструкторской и технологической подготовки производства. Каждый агент, в свою очередь, располагает специфическим множеством задач.

Задачи PLM-системы Лоцман:

$$TL = TLput + TLget + TLdel + TLsta + TLtra + TLcha + TLexe + TLhie + TLrep + TLint, \quad (4)$$

где TLput – ввести объект в систему, TLget – вывести объект из системы, TLdel – удалить объект, TLsta – вывести информацию о наличествующих агентах, TLtra – перенести объект, TLcha – отредактировать объект (атрибуты, свойства, состояния, связи), TLexe – управление приложениями, включая иные агенты (добавление/удаление, запуск), TLhie – функции обеспечения доступа, TGrep – формирование результирующей документации, TLint – редактирование компоновки.

Задачи ERP-PDM-системы Гольфстрим:

$$TG = TGput + TGget + TGdel + TGsta + TGtra + TGcha + TGord + TGrep + TGcal + TGcom, \quad (5)$$

где TGput – ввести объект в систему, TGget – вывести объект из системы, TGdel – удалить объект, TGsta – вывести информацию о наличествующих агентах, TGtra – перенести объект, TGcha – отредактировать объект, TGrep – создание отчетов, нарядов, планов, TGcom – осуществление расчетов (к примеру, для анализа затрат, планирования производства), TGcom – анализ потребностей производства (сравнение имеющихся ресурсов с необходимыми).

Задачи САПРК Компас:

$$TK = TKput + TKget + TKdel + TKsta + TKtra + TKcha + TKrep + TKcal + TKfil + TKmod + TKbib, \quad (6)$$

где TKput – ввести объект в систему, TKget – вывести объект из системы, TKdel – удалить объект, TKsta – вывести информацию о наличествующих агентах, TKtra – перенести объект, TKcha – отредактировать объект, TKrep – создание документации, TKcal – производство расчетов (к примеру, для прочностного анализа), TKfil – действия с форматами, TKmod – формирование/редактированию моделей (2Д и 3Д), TKbib – работа с библиотекам, справочниками,

Задачи САПРТП Вертикаль:

$$TV = TVput + TVget + TVdel + TVsta + TVtra + TVcha + TVrep + TVcal + TVfil + TVbib + TVfor + TVins, \quad (7)$$

где TVput – ввести объект в систему, TVget – вывести объект из системы, TVdel – удалить объект, TVsta – вывести информацию о наличествующих агентах, TVtra – перенести объект, TVcha – отредактировать объект, TVrep – создание документации, TVcal – производство расчетов, TVfil – редактирование формата файла, TVbib – работа с библиотеками, справочниками, TVfor – создание форм (включая автоматический перенос сведений из моделей Компас), TVins – подбор инструментария/оснастки.

Итого, все задачи ВП, созданного из вышеуказанных компонентов:

$$T = (TL; TG; TK; TV). \quad (8)$$

Множество входов Лощман, описывается как:

$$ZL = (ZLput; ZLget; ZLdel; ZLsta; ZLtra; ZLcha; ZLexe; ZLhie; ZLrep; ZLint; ZLang; ZLank; ZLanv), \quad (9)$$

где ZLput – введение объекта в систему, ZLget – запрос на выведение объекта из системы, ZLdel – запрос на удаление объекта, ZLsta – запрос на выведение информации о наличествующих объектах, ZLtra – запрос на перенос объекта, ZLcha – запрос на редактирование объекта (атрибуты, свойства, состояния, связи), ZLexe – запрос на управление приложениями, включая иные агенты (добавление/удаление, запуск), ZLhie – запрос на обеспечение доступа, ZLrep – запрос на создание отчетов, ZLint – запрос на редактирование компоновки, ZLang – информация, переданная от G, ZLank – информация, переданная от K, ZLanv – информация, переданная от V.

Множество входов Гольфстрим:

$$ZG = (ZGput; ZGget; ZGdel; ZGsta; ZGtra; ZGcha; ZGord; ZGrep; ZGcal; ZGcom; ZGanl; ZGank; ZGanv), \quad (10)$$

где ZGput – введение объекта в систему, ZGget – запрос на выведение объекта из системы, ZGdel – запрос на удаление объекта, ZGsta – запрос на выведение информации о наличествующих объектах, ZGtra – запрос на перенос объекта, ZGcha – запрос на редактирование объекта, ZGrep – запрос на создание планов, отчетов, нарядов, ZGcom – запрос на производство расчетов (к примеру, для анализа затрат, планировании производства), ZGcom – запрос на анализ потребностей предприятия (сравнение наличествующих ресурсов с необходимыми), ZGanl – информация, переданная от L, ZGank – информация, переданная от K, ZGanv – информация, переданная от V.

Множество входов Компас:

$$ZK = (ZKput; ZKget; ZKdel; ZKsta; ZKtra; ZKcha; ZKrep; ZKcal; ZKfil; ZKmod; ZKbib; ZKanl; ZKang; ZKanv), \quad (11)$$

где ZKput – введение объекта в систему, ZKget – запрос на выведение объекта из системы, ZKdel – запрос на удаление объекта, ZKsta – запрос на выведение информации о наличе-

ствующих объектах, ZKtra – запрос на перенос объекта, ZKcha – запрос на редактирование объекта, ZKger – запрос на создание документации, ZKcal – запрос на произведение расчетов (к примеру, для прочностного анализа), ZKfil – запрос на произведение работы с форматами, ZKmod – запрос на произведение работы по созданию и редактированию моделей (2Д и 3Д), ZKbib – запрос на работу с библиотеками, справочниками, ZKanl – информация, переданная от L, ZKang – информация, переданная от G, ZKanv – информация переданная от V.

Множество входов Вертикаль:

$$ZV = (ZVput; ZVget; ZVdel; ZVsta; ZVtra; ZVcha; ZVrep; ZVcal; ZVfil; ZVbib; ZVfor; ZVins; ZVanl; ZVang; ZVank), \quad (12)$$

где ZVput – введение объекта в систему, ZVget – запрос на выведение объекта из системы, ZVdel – запрос на удаление объекта, ZVsta – запрос на выведение информации о наличествующих объектах, ZVtra – запрос на перенос объекта, ZVcha – запрос на редактирование объекта, ZVrep – запрос на создание документации, ZVcal – запрос на произведение расчетов, ZVfil – запрос на редактирование формата файла, ZVbib – запрос на работа с библиотеками, справочниками, ZVfor – запрос на создание форм (включая автоматический перенос сведений из моделей Компас), ZVins – запрос на подбор инструментария/оснастки, ZVanl – информация, переданная от L, ZVang – информация, переданная от G, ZVank – информация, переданная от K.

Итого все входы ВП, созданного из указанных агентов:

$$Z = (ZL; ZG; ZK; ZV). \quad (13)$$

Множество выходов Лоцман, описывается как:

$$YL = (YLput; YLget; YLdel; YLsta; YLtra; YLcha; YLexe; YLhie; YLrep; YLint; YLang; YLank; YLanv), \quad (14)$$

где YLput – выведение объекта из системы, YLget – ответ на запрос на вывод объекта, YLdel – удаление объекта, YLsta – предоставление данных о наличествующих объектах, YLtra – перенос объекта, YLcha – редактирование объекта (атрибуты, свойства, состояния, связи), YLexe – управление приложениями, включая иные агенты (добавление/удаление, запуск), YLhie – решение задач по обеспечения доступа, YLrep – вывод отчетов, YLint – редактирование компоновки, YLang – информация, передаваемая G, YLank – информация, передаваемая K, YLanv – информация, передаваемая V.

Множество входов Гольфстрим:

$$YG = (YGput; YGget; YGdel; YGsta; YGtra; YGcha; YGord; YGrep; YGcal; YGcom; YGanl; YGank; YGanv), \quad (15)$$

где YGput – выведение объекта из системы, YGget – ответ на запрос на вывод объекта, YGdel – удаление объекта, YGsta – предоставление данных о наличествующих объектах, YGtra – перенос объекта, YGcha – редактирование объекта, YGrep – вывод отчетов, нарядов, планов, YGcom – выведение результатов расчетов (к примеру, для анализа затрат, планирования производства), YGsom – выведение результатов анализов потребностей производства (сравнение имеющихся ресурсов с необходимыми), YGanl – информация, передаваемая L, YGank – информация, передаваемая K, YGanv – информация, передаваемая V.

Множество выходов Компас:

$$YK = (YKput; YKget; YKdel; YKsta; YKtra; YKcha; YKrep; YKcal; YKfil; YKmod; YKbib; YKanl; YKang; YKanv), \quad (16)$$

где YKput – выведение объекта из системы, YKget – ответ на запрос на вывод объекта, YKdel – удаление объекта, YKsta – предоставление данных о наличествующих объектах, YKtra – перенос объекта, YKcha – редактирование объекта, YKrep – выведение сформированной до-

кументации, YKcal – выведение результатов расчетов (к примеру, для прочностного анализа), YKfil – выведение результатов работы с форматами, YKmod – выведение результатов работы по формированию и редактированию 2Д и 3Д-моделей, YKbib – выведение запрошенных данных из библиотек, справочных материалов, YKanl – информация, передаваемая L, YKang – информация, передаваемая G, YKanv – информация, передаваемая V.

Множество выходов Вертикаль:

$$YV = (YVput; YVget; YVdel; YVsta; YVtra; YVcha; YVrep; YVcal; YVfil; YVbib; YVfor; YVins; YVanl; YVang; YVank), \quad (17)$$

где YVput – выведение объекта из системы, YVget – ответ на запрос на вывод объекта, YVdel – удаление объекта, YVsta – предоставление данных о существующих объектах, YVtra – перенос объекта, YVcha – редактирование объекта, YVrep – выведение сформированной документации, YVcal – выведение результатов расчетов, YVfil – запрос на редактирование формата файла, YVbib – выведение запрошенных данных из библиотек, справочных материалов, YVfor – выведение созданных форм (в том числе в виде автоматического переноса данных из моделей Компас), YVins – выведение подобранного инструментария и оснастки, YVanl – информация, передаваемая L, YVang – информация, передаваемая G, YVank – информация, передаваемая K.

Итого все выходы ВП, созданного из указанных агентов:

$$Y = (YL; YG; YK; YV), \quad (18)$$

которое возможно дополнить, к примеру, выходами систем для обеспечения автоматизированного инженерного анализа или систем поддержки производства от иных производителей. При этом выходы одних задач зачастую являются входами других:

$$\begin{aligned} YLang &= ZLang; YLank = ZLank; YLanv = ZLanv; YGanl = ZGanl; \\ Gank &= ZGank; YGanv = ZGanv; YKanl = ZKanl; YKang = ZKang; \\ YKanv &= ZKanv; YVanl = ZVanl; Vang = ZVang; YVank = ZVank; \end{aligned} \quad (19)$$

Благодаря тому, что применяемые программы имеют одну компанию-изготовителя и изначально спроектированы с идеей плотного взаимодействия, то мы имеем возможность пренебречь вероятностью получения проблем несовместимости, такими как невозможности восприятия формата входящего файла программой-получателем, что является дополнительным преимуществом формирования виртуального предприятия на основе PLM-системы Лоцман с применением компонентов решения корпорации Аскон.

Множество состояний системы описывается:

$$S = \langle S_i, S_w, S_r, S_s \rangle, \quad (20)$$

где S_i – стартовое состояние системы (ожидание), S_w – рабочее состояние, S_r – только восстановление, S_s – нерабочее состояние.

Обсуждение результатов. Таким образом, имея перед глазами многоагентную модель предлагаемого ВП, нам не составит труда оценить ее эффективность и проследить за основными этапами подготовки производства в ее рамках. В качестве примера работы ВП мы рассмотрим процесс разработки единичного изделия машиностроения [16]. ВП представлено основными элементами решения корпорации Аскон: выступающая в качестве основы PLM-система Лоцман, система автоматизированного проектирования конструкций Компас и система автоматизированного проектирования технологических процессов Вертикаль. Алгоритм разработки изделия выглядит как:

1. В Лоцман-PLM вносится задание на проектирование. Оно регистрируется и в виде файла заявки переносится в конструкторское бюро (рис.2):

Рис. 2. Внесение в систему Лоцман задания на проектирование
 Fig. 2. Entering the design assignment into the Pilot system

2. Формируется техническое задание, создается файл соответствующего формата и передается на рабочую станцию исполнителя (рис.3).

Рис. 3. Создание технического задания
 Fig. 3. Creation of technical specifications

3. Посредством Компаса конструктор создает 3Д-модель (рис.4) и 2Д-модель требуемого объекта в форматах m3d, crw, frw и т.д., откуда они переносятся в Лоцман-PLM.

Рис. 4. 3Д-модель объекта
 Fig. 4. 3D-model of the object

4. В Лоцмане формируется пакет конструкторской документации (рис.5), включающий в себя файлы в форматах изображений, заполняемых форм, текстовых и форматах для 2-Д и 3-Д моделирования, который передается в подразделение, ответственное за разработку технологического процесса.

Рис. 5. Пакет конструкторской документации в PLM-системе Лоцман
Fig. 5. Package of design documentation in PLM-system Lotsman

5. На основе полученного пакета данных формируется техническое задание. Созданный файл соответствующего формата передается на рабочую станцию исполнителя, работа которого осуществляется в Вертикали (рис.6).

Рис. 6. Рабочее пространство САПРТП Вертикаль в процессе создания техпроцесса
Fig. 6. Workspace SAPRTP Vertical in the process of creating a technical process

6. Результаты технологической подготовки производства в виде технологической ведомости и комплекта технологических карт (формат текстовый, изображение или заполняемой формы) (рис.7) передаются в Лоцман-PLM.

Р	ПМ	Д или В	Л	Р	Л	В	В	В
Р01	-	30	3	1	3	0.779	393	37
002	6. Подобрать размеры							
Т01	Штангенциркуль ШЦД-300-0,01 ГОСТ 166-89							
Т04	8113-0231 Калибр-сверла ГОСТ 16776-93							
005	7. Переустановить и закрепить деталь							
006	8. Точить наружный торцы, выдерживая размер 201 мм						0,01	0,03
Т07	РДМ 2525115 Резец Т5К6 ТУ 2-035-892-82							
Р08	-	42	4	1	4	0.705	1504	209
009	9. Точить наружный торцы, выдерживая размер 200±0,15						0,02	0,03
Т10	РДМ 2525115 Резец Т5К6 ТУ 2-035-892-82							
Р11	-	42	7	0,5	2	0,401	2086	275,2
012	10. Точить шлицы, выдерживая размеры согласно эскизу						0,1	0,3
Т13	РДМ 2020K15 Резец Т5К6 ТУ 2-035-892-82							
Р14	-	42	42	2,5	2	0,568	1505	198,6
015	11. Подобрать размеры							
Т16	Штангенциркуль ШЦД-300-0,01 ГОСТ 166-89							
Т17	8113-0231 Калибр-сверла ГОСТ 16776-93							

Рис. 7. Фрагмент технологической карты изготовления объекта
Fig. 7. Fragment of the technological map of the object manufacturing

7. В Лоцман-PLM формируется пакет технологической документации, который вместе с ранее созданным пакетом конструкторской документации выводится на утверждение (рис.8).

Все вышеперечисленные этапы осуществляются через сеть виртуального предприятия, и данные достигают адресата за считанные секунды безотносительно того, находится ли он в том же здании или на другом континенте – от участников данного процесса конструкторской подготовки производства не требуется даже вставать из-за рабочего места, каковой факт наглядно демонстрирует простоту и удобство проектирования, а в рамках единого информационного пространства, в случае имплементации, способно значительно повысить эффективность работы предприятия.

Рис. 8. Пакет технологической документации
Fig. 8. Package of technological documentation

Вывод. Продемонстрирована разработанная базовая структура ВП для промышленных предприятий, построенного по интеграционной методике на основе PLM-системы «Лоцман».

Осуществлено разбиение сформированной минималистической системы на компоненты согласно требованиям для описания многоагентных систем и прослеживание взаимосвязей между агентами внутри построенной модели.

На основе ресурсов кафедры сформировано экспериментальное ВП, построенное на основе предлагаемых решений, с помощью которого осуществлена разработка единичного изделия машиностроения, чье краткое описание дано в разделе «Обсуждение результатов».

Библиографический список:

1. Кошутин Д.В. Факторы, определяющие потребность организации в создании единого информационного пространства на основе erp/plm комплексов// Сборник научных трудов 5-ой Международной научно-практической конференции «Техника и технологии: пути инновационного развития». – Курск, 2015 – С. 111-112.
2. Cruz-Cunha, Maria & Putnik, Goran. (2009). Environments for Virtual Enterprise Integration. 10.4018/9781605668567.ch010.
3. Hales, K & Barker, J. (2020). Searching for the Virtual Enterprise i SEARCHING FOR THE VIRTUAL ENTERPRISE.
4. Kwon, Youngsun & Lee, Hong-Kyu & Lee, Sunmi & Lee, Jungsub. (2003). The Virtual Enterprise: Redefining the Concept. 2713. pp. 249-258.
5. Carutasu, George & Botezatu, Cezar. (2007). Virtual Enterprise - Past and Future.
6. Ming, Xinguo & Ma, Yongsheng & Lu, Wen-Feng & He, W & Yang, Q.Z. & Zhu, C.F. & Khoo, L.P.. Collaborative product lifecycle management in virtual enterprise ecosystem// Business challenge and research strategy. 2005. pp. 337-342.
7. Bondarchuk, Evgenii & Feofanov, Alexander & Grishina, Tat'jana. (2020). Organization of a virtual enterprise in information systems. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 709.
8. Lucia, Rusu & Kleinhempel, Simona & Costin, Razvan & Jecan, Sergiu. (2010). A COLLABORATIVE MODEL FOR VIRTUAL ENTERPRISE. Romanian Economic Business Review. 4.pp. 20-31.
9. Shamsuzzoha, Ahm & Ferreira, Filipe & Faria, J & Azevedo, Américo & Hao, Y & Helo, Petri. Virtual enterprise management// Perspective of process-based business collaboration.2012. pp.2028-2032.
10. Jähn, Hendrik & Burghardt, Thomas. Fundamentals for the Allocation of Financial Benefits in Virtual Enterprises// IFIP Advances in Information and Communication Technology. 380. 2005. pp.539-547.
11. Valenzuela, Sergio. (2017). Virtual enterprise, a management training tool. pp. 4517-4519
12. Tnshoff, Hans & Woelk, Peer-Oliver & Timm, Ingo & Herzog, Otthein. (2003). Emerging Virtual Enterprises.
13. Кошутин Д.В. Интеграционная методика формирования виртуального предприятия// Сборник научных трудов 7-ой Международной научно-практической конференции. «Инновации, качество и сервис в технике и технологиях». Курск, 2017. С. 204-206.
14. Кошутин Д.В. Выбор plm-системы при использовании интеграционной методики построения виртуального предприятия// Сборник научных трудов 8-й Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. «Современные инновации в науке и технике». Курск, 2018. С. 104-106.
15. Мясников Д. М. Многоагентный подход к разработке распределённой системы хранения данных // «Системы управления и информационные технологии» 2009. №4(38). с.59-62
16. Кошутин Д.В. Пример разработки изделия в виртуальном предприятии на основе plm-системы лоцман в рамках основных компонентов решения Аскон// Сборник научных трудов Всероссийской научно-технической конференции. «Управление качеством на этапах жизненного цикла технических и технологических систем». Курск, 2019. С. 396-398.

References:

1. Koshutin D.V. Faktory, opredelyayushchiye potrebnost' organizatsii v sozdanii yedinogo informatsi-onnogo prostranstva na osnove erp/plm kompleksov// Sbornik nauchnykh trudov 5-oy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Tekhnika i tekhnologii: puti innovatsionnogo razvitiya». – Kursk, 2015 – S. 111-112. [Koshutin D.V. Factors determining the organization's need to create a single information space based on erp / plm complexes // Collection of scientific papers of the 5th International Scientific and Practical Conference "Technology and technology: ways of innovative development". Kursk, 2015. pp. 111-112. (In Russ)]
2. Cruz-Cunha, Maria & Putnik, Goran. (2009). Environments for Virtual Enterprise Integration. 10.4018/9781605668567.ch010.
3. Hales, K & Barker, J. (2020). Searching for the Virtual Enterprise i SEARCHING FOR THE VIRTUAL ENTERPRISE.
4. Kwon, Youngsun & Lee, Hong-Kyu & Lee, Sunmi & Lee, Jungsub. (2003). The Virtual Enterprise: Redefining the Concept. 2713. 249-258.
5. Carutasu, George & Botezatu, Cezar. (2007). Virtual Enterprise - Past and Future.
6. Ming, Xinguo & Ma, Yongsheng & Lu, Wen-Feng & He, W & Yang, Q.Z. & Zhu, C.F. & Khoo, L.P.. Collaborative product lifecycle management in virtual enterprise ecosystem// Business challenge and research strategy. 2005. 337-342.
7. Bondarchuk Evgenii & Feofanov, Alexander & Grishina, Tat'jana. (2020). Organization of a virtual enterprise in information systems. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 709.
8. Lucia, Rusu & Kleinhempel, Simona & Costin, Razvan & Jecan, Sergiu. (2010). A COLLABORATIVE MODEL FOR VIRTUAL ENTERPRISE. Romanian Economic Business Review. 4. 20-31.
9. Shamsuzzoha, Ahm & Ferreira, Filipe & Faria, J & Azevedo, Américo & Hao, Y & Helo, Petri. Virtual enterprise management// Perspective of process-based business collaboration.2012. 2028-2032.
10. Jähn, Hendrik & Burghardt, Thomas. Fundamentals for the Allocation of Financial Benefits in Virtual Enterprises// IFIP Advances in Information and Communication Technology. 380. 2005. 539-547.
11. Valenzuela, Sergio. (2017). Virtual enterprise, a management training tool. 4517-4519
12. Tnshoff, Hans & Woelk, Peer-Oliver & Timm, Ingo & Herzog, Otthein. (2003). Emerging Virtual Enterprises.
13. Koshutin D.V. Integratsionnaya metodika formirovaniya virtual'nogo predpriyatiya// Sbornik nauchnykh trudov 7-oy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. «Innovatsii, kachestvo i servis v tekhnike i tekhnologiyakh». Kursk, 2017. S. 204-206. [Koshutin D.V. Integration methodology for the formation of a virtual enterprise // Collection of scientific papers of the 7th International Scientific and Practical Conference. "Innovation, quality and service in technology and technologies". Kursk, 2017. pp. 204-206. (In Russ)]
14. Koshutin D.V. Vybór plm-sistemy pri ispol'zovanii integratsionnoy metodiki postroyeniya virtual'nogo predpriyatiya// Sbornik nauchnykh trudov 8-y Vserossiyskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem. «Sovremennyye innovatsii v nauke i tekhnike». – Kursk, 2018. S. 104-106. [Koshutin D.V. The choice of a plm-system using the integration methodology for building a virtual enterprise // Collection of scientific papers of the 8th All-Russian Scientific and Technical Conference with international participation. "Modern innovations in science and technology". Kursk, 2018 pp. 104-106. (In Russ)]
15. Myasnikov D. M. Mnogoagentnyy podkhod k razrabotke raspredelonnoy sistemy khraneniya dannykh // «Sistemy upravleniya i informatsionnyye tekhnologii» 2009. -№4(38). s.59-62 [Myasnikov D. M. A multi-agent approach to the development of a distributed data storage system // Management Systems and Information Technologies 2009. No 4 (38). p. 59-62. (In Russ)]
16. Koshutin D.V. Primer razrabotki izdeliya v virtual'nom predpriyatii na osnove plm-sistemy lotsman v ramkakh osnovnykh komponentov resheniya Askon// Sbornik nauchnykh trudov Vserossiyskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii. «Upravleniye kachestvom na etapakh zhiznennogo tsikla tekhnicheskikh i tekhnologicheskikh sistem». Kursk, 2019. S. 396-398 . [Koshutin D.V. An example of product development in a virtual enterprise based on the plm-system «Loodsman» within the framework of the main components of the Ascon solution // Collection of scientific papers of the All-Russian Scientific and Technical Conference. "Quality management at the stages of the life cycle of technical and technological systems". Kursk, 2019. pp. 396-398 (In Russ)]

Сведения об авторе:

Кошутин Дмитрий Валерьевич, магистр технических наук, старший преподаватель кафедры технологии машиностроения; e-mail: koshutindv@mail.ru

Information about the author:

Dmitry V. Koshutin, Master of Engineering, Senior Lecturer, Department of technology of mechanical engineering; e-mail: koshutindv@mail.ru

Конфликт интересов/

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 07.05.2020.

Принята в печать 30.05.2020.

Conflict of interest.

The author declare no conflict of interest.

Received 07.05.2020.

Accepted for publication 30.05.2020.