

К. В. Дергачев, ассистент каф., e-mail: dergachev.public@mail.ru,
Д. В. Капулин¹, канд. техн. наук, доц., зав. каф., e-mail: dkapulin@sfu-kras.ru,
М. А. Казанцев², нач. отд. АСУП, e-mail: mkaz@mail.ru,

¹ Сибирский федеральный университет, г. Красноярск

² Акционерное общество "Научно-производственное предприятие "Радиосвязь", г. Красноярск

Автоматизированная система управления складом уровня цеха для проектного производства

Рассмотрены особенности проектирования и разработки локальной информационно-управляющей системы инструментального склада производственного подразделения на примере предприятия АО "НПП "Радиосвязь". Выполнен анализ складских процессов предприятия, сформированы требования к информационной системе, определено ее место в информационном пространстве предприятия. Реализация системы выполнена с использованием технологий ASP.NET, языков C#, T-SQL.

Ключевые слова: автоматизация работы склада, управление складом, управление складированием, управление складом подразделения, складская логистика, складские микротранзакции, WMS, ITS

Введение

Системы управления складом (*WMS — Warehouse Management System*) представляют собой класс широко востребованных промышленностью автоматизированных информационно-управляющих систем, решающих задачи управления и учета товарно-материальных ценностей (ТМЦ). В общем случае системы WMS предназначены для поддержки решения двух категорий задач: задач управления, к которым относятся погрузка, позиционирование, автоматическая комплектация, сортировка, и задач учета ТМЦ, включающих отслеживание перемещения, инвентаризацию и т. п. [1].

Решение задач учета ТМЦ, согласно положениям стандарта *MRP-II (Manufacturing Resource Planning)*, осуществляется в подсистеме фиксации операций с запасами (*ITS — Inventory Transaction Subsystem*), которая также получила название подсистемы управления складом. Такого рода информационно-управляющие системы предназначены для решения задач автоматизации классического складского учета и тесно связаны с системами и средствами автоматизации учетно-бухгалтерского и финансового классов [2].

Анализ проблемы

Складские модули автоматизированных систем управления ресурсами предприятия (*ERP-системы*) ориентированы на учет запасов в жестко фиксированных местах хранения и складских транзакций (приход-расход). Это является следствием нормативного планирования, выполнения покупных, производственных и распределительных операций, что является основным назначением *ERP-систем*. При этом складские модули, входящие в состав *ERP-*

систем, следует отличать от систем *WMS*, отличительным признаком которых является работа с микротранзакциями и физическим перемещением ТМЦ [3, 4].

Программная архитектура *WMS* строится по трехуровневой схеме — человеко-машинный интерфейс (*HMI — Human Machine Interface*), сервер базы данных и обработчик бизнес-логики. Наиболее распространенным вариантом использования систем управления складом является организация складского учета уровня предприятия, однако для задач оперативного планирования особый интерес представляют специализированные разновидности *WMS*, работающие на уровне цехового производства. Такие системы по определению стандарта *MRP-II* должны содержать функции инструментального обеспечения и оперативного управления исполнением производственных заказов [4, 5].

Существующие методы проектирования систем управления складскими запасами и опирающиеся на них проектные решения имеют ряд проблем при попытке внедрения *WMS* или *ITS* на уровне производственного цеха. Как правило, функционал систем управления складом уровня предприятия разрабатывают с учетом централизованного характера хранения ТМЦ. Это подразумевает, что основные операции — хранение, перемещение, учет, сортировка — происходят в пределах склада, а передача ТМЦ (далее под ТМЦ подразумевается инструмент) в производство часто рассматривается как конечная точка в жизненном цикле ТМЦ. Такая точка зрения не соответствует действительности в случае организации учета на уровне производственного цеха при проектном производстве, ориентированном на выпуск мелкосерийной или единичной продукции. В этих условиях *ITS* цехового уровня работает с крупной, изменяющейся от за-

каза к заказу номенклатурой инструмента, что приводит к активному движению ТМЦ (инструмента). Часто происходит движение инструмента между кладовой цеха и рабочими, а также между цехом и смежными подразделениями в обход складской системы уровня предприятия (например, между цехом и метрологическим отделом при проверке инструмента). Такой характер движения инструмента делает затруднительным его учет с использованием стандартных информационных средств поддержки учета ТМЦ и требует разработки отдельной, интегрированной в *ERP*-систему предприятия, системы управления складом уровня цеха.

Постановка задачи

Указанные проблемы учета ТМЦ при проектном, мелкосерийном производстве позволяют определить требования к системе складского учета уровня производственного подразделения (цеха), отличающие такую систему от систем управления складом уровня предприятия.

1. *Интеграция с существующими решениями по управлению ресурсами предприятия.* Внедрение систем учета на уровне производственных подразделений происходит на основе существующей складской инфраструктуры предприятия, поэтому при проектировании и разработке целесообразно принимать во внимание стек технологий, используемый в существующей информационно-управляющей системе. Это подразумевает сохранение (по возможности) совместимости между используемыми средствами автоматической идентификации и сбора данных, общий интерфейс запросов к базе данных, применение одних и тех же фреймворков. При этом необходимо учитывать особенности уровня цехового производства: увеличение количества и частоты обработки транзакций при меньшем их объеме, что выражается в повышенных требованиях к отклику *НМИ*.

2. *Обеспечение большей прозрачности движения ТМЦ для систем оперативного планирования и управления производством.* При отсутствии возможности получения в реальном режиме времени актуальной информации о распределении инструмента по цехам и динамике его расхода возможности планирования значительно снижаются. Нередко возникают ситуации с закупкой невостребованного производством инструмента или его отсутствием при переходе на другой заказ. Одно из основных требований к разрабатываемой системе — ее внедрение должно способствовать минимизации издержек, связанных с некорректным учетом ТМЦ.

3. *Интеграция системы учета с существующей базой данных рабочего персонала.* Рабочие непосредственно взаимодействуют с инструментом, причем характер этого взаимодействия зависит от вида инструмента, который может быть выдан:

- кратковременно для выполнения конкретной операции с последующим возвратом в кладовую после завершения операции;
- на длительный срок (например, до истечения срока проверки).

Это означает, что кладовщики уровня производственного цеха работают в том числе и с картой рабочих, что, как правило, выходит за рамки функционала системы управления складом уровня предприятия. Автоматизация процесса метрологической проверки не рассматривается в рамках таких систем, но является необходимым элементом системы учета уровня производственного цеха. Фактически, рабочий персонал уровня цеха, также как и кладовщики, становится группой пользователей автоматизированной системы цехового складского учета, что накладывает дополнительные требования к разработке организационного и правового видов обеспечения автоматизированной системы.

Проектирование автоматизированной системы управления складом производственного подразделения

Разработка и внедрение в логистический процесс системы учета и управления складскими запасами уровня подразделения (цеха), реализующей сформулированные требования, позволит ощутимо снизить складские издержки, улучшить организацию складских процессов и повысить производительность труда как складского персонала, так и рабочих подразделений. Однако для реализации требований к системе и достижения требуемого эффекта от внедрения необходимо предварительно провести обследование предметной области внедрения рассматриваемой автоматизированной системы. Проведем такой анализ для складских процессов приборостроительного производственного предприятия АО "НПП "Радиосвязь". Стоит отметить, что автоматизация производственных процессов предприятия ведется в рамках реализации концепции интегрированной логистической поддержки процессов жизненного цикла выпускаемой продукции, поэтому сформулированные в постановке задачи требования к локальной автоматизированной системе можно выполнить в полном объеме [6].

Рассмотрим функциональную модель складских процессов производственного предприятия АО "НПП "Радиосвязь", относящихся к учету ТМЦ (рис. 1). Стоит выделить иерархию складского хозяйства предприятия: в рассматриваемом случае она не является сильно разветвленной и представляет собой структуру, состоящую из центрального инструментального склада и инструментальных кладовых цехов. При этом для организации эффективной совместной работы разветвленного складского хозяйства предусмотрены обратные связи между указанными структурными подразделениями.

Деятельность, связанная с учетом, хранением, сдачей в работу и принятием инструмента обратно на склад, может быть представлена в виде нескольких укрупненных процессов.

1. Определение потребностей и закупка ТМЦ (центральный склад).
2. Хранение ТМЦ на складе и выдача в кладовые цехов по запросам (центральный склад).
3. Хранение ТМЦ в кладовых цехов (инструментальные кладовые).
4. Выдача ТМЦ в производство (инструментальные кладовые).

Выполнение перечисленных процессов закреплено за подразделениями различного уровня и не всегда имеет прямое отношение к рассматриваемой предметной области — инструментальной кладовой цеха. Но косвенно все указанные процессы тем или иным образом связаны с учетом инструмента (ТМЦ), поэтому их следует рассматривать в комплексе с процессами цехового учета. Тем самым автоматизированная система изначально строится согласно принципам системного подхода, избегая нежелательных эффектов "лоскутной" автоматизации. Это позволяет заложить механизмы интеграции с информационной системой управления ресурсами предприятия уже в проект данной системы цехового складского учета, что в дальнейшем положительно скажется на развитии единого информационного пространства предприятия.

Деятельность, рассматриваемая на диаграмме рис. 1, представляет собой формализованное описание складских процессов предприятия, но для определения последовательности выполнения конкретных задач учета ТМЦ на уровне цеха и ее дальнейшей автоматизации некоторые процессы на

диаграмме рис. 1 нуждаются в декомпозиции. Анализ представленных процессов показывает, что основные виды деятельности инструментальной кладовой уровня цеха следующие:

- процесс пополнения кладовой исходя из потребностей цеха;
- процедура выдачи инструмента в производство по запросу со стороны работников цеха (сдача инструмента в кладовую цеха осуществляется аналогично и не нуждается в дополнительном анализе).

Указанные процессы целесообразно рассмотреть в виде цепочек задач, представленных сценариями выполнения работ *IDEF3*. На рис. 2 приведен сценарий процесса пополнения инструментальной кладовой цеха требуемыми ТМЦ (инструментом). Цепочка задач, выделенная цветом, согласно регламенту работы складского хозяйства предприятия, разветвляется на два контура. При этом если требуемые ТМЦ есть в наличии на каком-либо складе предприятия, его (ТМЦ) следует переместить в кладовую цеха, где возникла потребность в использовании этого инструмента. В противном случае инициируется процедура закупки ТМЦ, причем сам процесс закупки напрямую в проектируемой системе не реализуется по причине необходимости ведения централизованного учета закупок на уровне управления ресурсами предприятия. Но автоматизированная система складского учета уровня цеха формирует заказ на закупку ТМЦ и отслеживает его выполнение. Такие механизмы закладываются изначально в целях интеграции локальной системы автоматизации в *ERP*-систему предприятия. Все процедуры движения ТМЦ, согласно диаграмме,

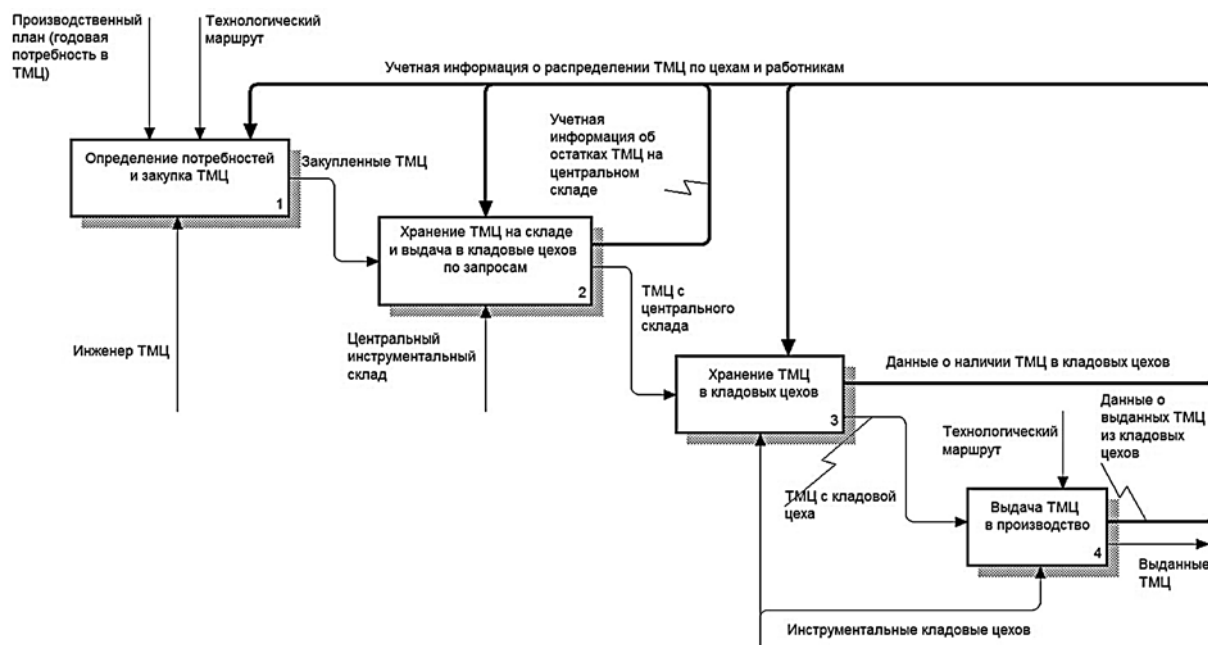


Рис. 1. Складские процессы учета товарно-материальных ценностей (инструмента) производственного предприятия

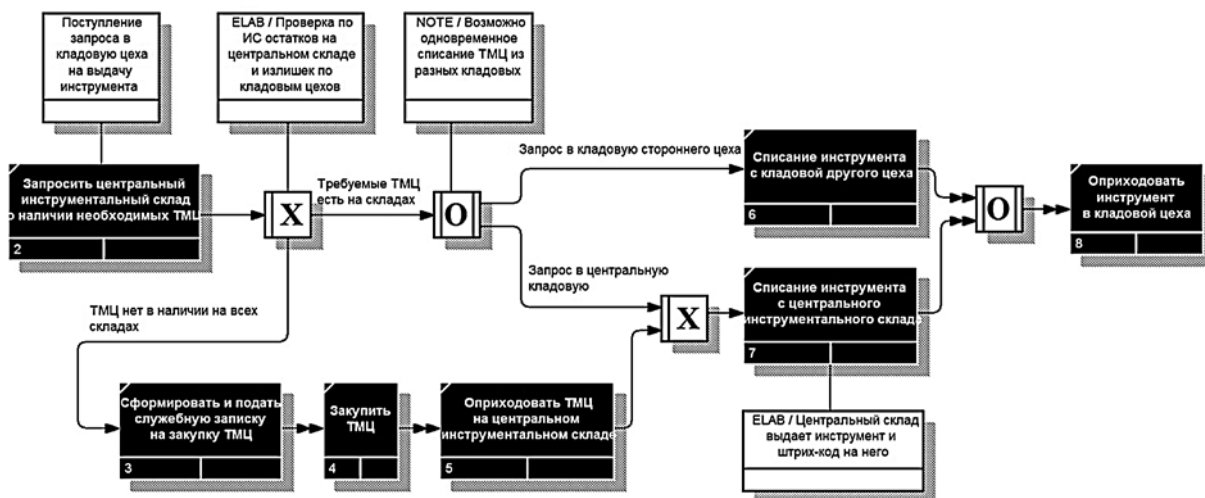


Рис. 2. Процедура заказа и пополнения инструментальной кладовой уровня цеха

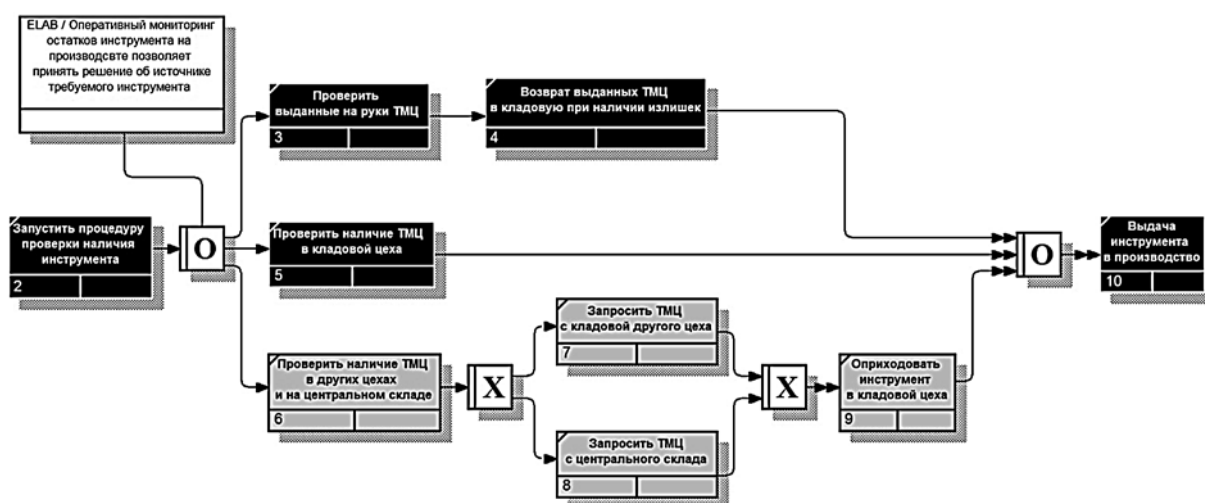


Рис. 3. Процедура выдачи инструмента в производство по запросу

приведенной на рис. 2, одновременно сопровождаются соответствующими процедурами учета.

Рассмотрим механизм выдачи инструмента по запросу работника. Соответствующее формализованное описание такой задачи в формате *IDEF3* приведено на рис. 3. Здесь следует выделить два основных варианта возможной выдачи ТМЦ.

1. Выдача инструмента, находящегося внутри данного подразделения, в том числе по каким-либо причинам не сданного в инструментальную кладовую (такая цепочка работ выделена черным цветом).

2. Поиск и выдача инструмента, находящегося в кладовых других подразделений или на центральном инструментальном складе (цепочка работ выделена серым цветом). Здесь также необходимо предусмотреть при реализации автоматизированной системы процесс заказа ТМЦ со стороннего склада, процесс оприходования инструмента в кладовой цеха, что также обеспечит интеграцию проектируемой системы и *ERP*-системы предприятия.

Если рассматриваемая процедура не может быть выполнена изначально (работа 2 не имеет однозначного выполнения), то автоматизированная система должна инициировать переход в режим формирования заказа требуемого инструмента согласно процедуре, приведенной на рис. 2.

Разработка и внедрение системы

Анализ сформулированных требований к автоматизированной системе учета складских запасов уровня производственного подразделения, регламентов производственного процесса АО "НПП "Радиосвязь" и приведенных на рис. 1–3 диаграмм позволил сформулировать набор требований к функциональным возможностям и целевым показателям будущей информационно-управляющей системы локального складского учета. По результатам проведенного анализа составлена диаграмма вариантов использования, отражающая концепцию разрабатываемой системы автоматизации (рис. 4).

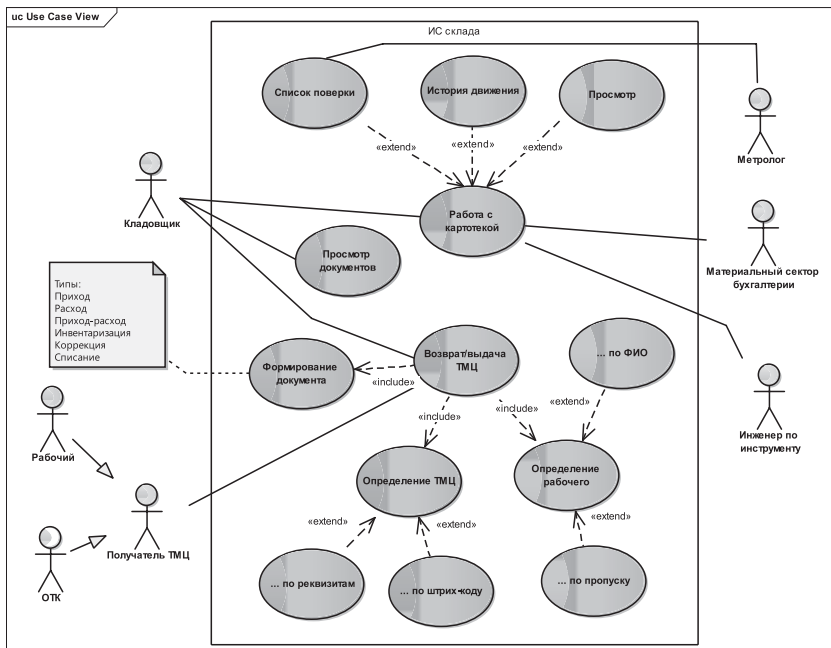


Рис. 4. Диаграмма вариантов использования системы складского учета уровня производственного подразделения (цеха)

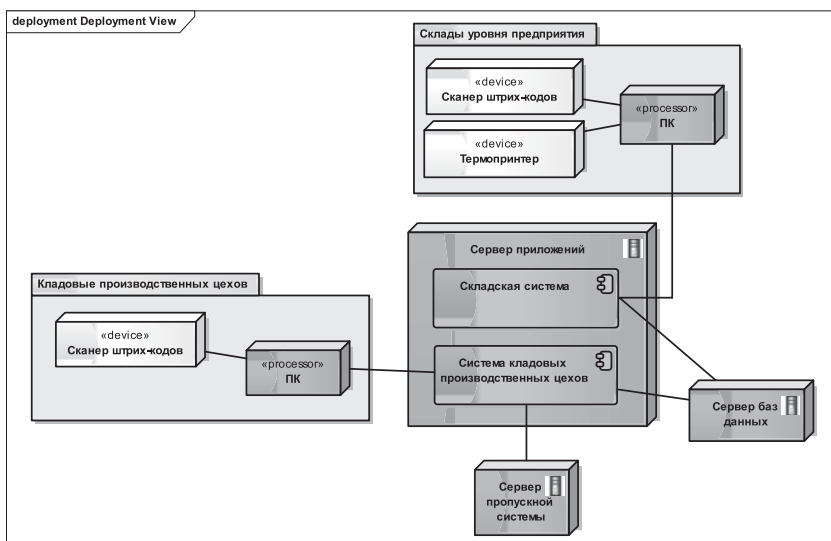


Рис. 5. Диаграмма развертывания интегрированной системы складского учета

Рис. 6. Веб-интерфейс рабочего места оператора информационно-управляющей системы складского учета

Основные сервисы системы складского учета определены, исходя из регламентов работы системы складского хозяйства предприятия, а также пожеланий пользователей.

Рассмотрим процесс интеграции складских систем уровня производственного подразделения (цеха) с действующей системой складского учета уровня предприятия, входящей в состав единого информационного пространства АО "НПП "Радиосвязь". На рис. 5 представлена диаграмма развертывания системы учета по трехуровневой схеме с использованием веб-интерфейса. Человеко-машинный интерфейс представлен рабочими местами кладовщиков уровня предприятия, дополненными термопринтерами для печати штрих-кодов, и рабочими местами кладовщиков уровня производственного цеха. Последние работают в системе инструментальных кладовых производственных цехов, которая связана с действующими базами данных номенклатуры ТМЦ и рабочего персонала (например, пропускной системы предприятия).

Сканер штрих-кодов используется для выполнения микротранзакций, при проведении которых учитываются:

- шифр выдаваемого или возвращаемого инструмента;
- идентификатор рабочего;
- дата и время проводки;
- идентификатор кладовщика.

При наличии на предприятии пропускной системы идентификация рабочих и кладовщика может осуществляться по предъявлению индивидуального пропуска со штрих-кодом.

Полученные данные передаются на уровень бизнес-логики, реализуемой на сервере приложений отдела автоматизированных систем управления предприятием, и впоследствии используются для формирования следующих массивов:

- картотеки используемых в цеху ТМЦ;
- электронных карточек рабочих, содержащих информацию о выданном на руки инструменте;
- истории операций;
- графика метрологических проверок;
- актов списания ТМЦ;
- отчетов.

Карточка инструмента						
Шифр	Стеллаж	Место	Подместо	Остаток	На руках	Всего
00020303571				1	2	3
Наименование	Марка	Профиль	Размер	Сортам		
НОЖНИЦЫ	KRAFTOOL		190	УСИЛЕННЫЕ		
Работник		Количество на руках				
?	Яковичская С.И.	1				
?	Гоголева Т.В.	1				
<input type="button" value="Приход"/> <input type="button" value="Расход"/> <input type="button" value="Приход-расход"/> <input type="button" value="Инвентаризация"/> <input type="button" value="Списание в подотчет"/> <input type="button" value="Коррекция"/>						

Рис. 7. Электронная карточка ТМЦ

Код документа	Исмер документа	Дата			Код подотчетного лица			Код операции	Код базисного счета	
		Число	Месяц	Год	Склад, цех	Секция, кладовая	Кладовщик, мастер			
	2 271	16	10	2014				56		
Исмер документа	Код документа	Наименование товарно-материальной ценности			Код (обозначение)	Исмер операции	Кодовое значение	Количество	Цена	Сумма
		ПАЙЛЬНАЯ СТАНЦИЯ			00020402218			1		26 508,48
		СВЕРЛО ЦИЛИНДР			00020201219			1		
		СВЕРЛО ЦИЛИНДР			00020201188			1		
		СВЕРЛО ЦИЛИНДР			00020201170			1		
		ОТВЕРТКА			00020303414			1		
		ОТВЕРТКА			00020303421			1		
		ШТАНГЕНГЛУБИНОМЕР			00020101056			3		

Рис. 8. Фрагмент выходного массива информации автоматизированной системы складского учета для формирования используемых на предприятии документов

Реализация действующей складской системы уровня предприятия выполнена с использованием стека технологий *ASP.NET*, языков *C#*, *T-SQL*. Для улучшения обратной связи человеко-машинного интерфейса к этому набору было добавлено расширение *ASP.NET AJAX* и библиотека *JQuery*, реализующие асинхронные запросы к серверу. Реализация уровня представления и обсчет алгоритмов, связанных с визуальным представлением информации, а не бизнес-правил, были вынесены на сторону клиента с использованием языка *JavaScript* и асинхронно-вызываемых статических веб-методов.

Интерфейс разработанной информационно-управляющей системы складского цехового учета представлен на рис. 6. В нем продублирован функционал микротранзакций, кроме того, представлен функционал управления картотекой своего цеха, работы с более крупными транзакциями (например, передача ТМЦ в другое подразделение), ведения карточек ТМЦ (рис. 7) и карточек рабочих с возможностью выборки по ряду критериев. Предоставлена возможность идентификации ТМЦ по заводскому номеру (для поверки), управление подотчетными средствами, формирование актов, отчетов, документов и таблиц, представляющих интерес для *ERP*-системы предприятия (рис. 8).

Заключение

Внедрение систем складского учета на уровне инструментальных кладовых производственных

цехов предприятия позволяет повысить эффективность управления товарно-материальными ценностями, устранить случаи их передвижения в обход действующих складских систем, внести прозрачность в учетные процессы, протекающие на уровне производства. Появляется возможность формировать массивы входных данных для использования в системах оперативного учета и производственного планирования предприятия, автоматизировать некоторые элементы текущих бизнес-процессов и производственных задач.

Предложенный в работе подход к разработке автоматизированной системы управления складом уровня цеха апробирован на предприятии приборостроительной отрасли АО "НПП "Радиосвязь", производственные процессы которого отличаются мелкосерийным, проектным характером. Значительную часть отчетности кладовщиков цехового уровня удалось перевести в формат электронных карточек, интегрированных в развернутую на предприятии *ERP*-систему. Одновременно сократились финансовые издержки, связанные с повторной закупкой имеющегося, но неучтенного инструмента, снизилась трудоемкость работы кладовщиков.

В качестве перспективных направлений развития системы автоматизации складского учета на уровне цеха рассматривается ее интеграция с системой оперативного производственного планирования предприятия. Кроме того, разработанная система в дальнейшем будет способствовать высвобождению складского персонала за счет организации выдачи товарно-материальных ценностей по единому удостоверяющему документу (пропуску).

Список литературы

1. База данных о ведущих системах WMS и их разработчиках Института товародвижения и логистики Fraunhofer / Fraunhofer Institute for Material Flow and Logistics. URL: <http://www.warehouse-logistics.com/3/3/wms-online-selection.html> (дата обращения: 31.01.2015).
2. Казанцев М. А., Легалов А. И., Чемидов И. В. Интеграция автоматизированных складских комплексов в информационную систему предприятия радиоэлектронной промышленности // Журнал Сибирского федерального университета. Техника и технологии. 2014. Т. 7, № 2. С. 222–228.
3. Бездосная О. Ключевые тенденции в разработке WMS: спрос рождает предложение // Логистика. 2014. № 8. С. 10–13.
4. Подлесный В., Аракелян Е. Применение WMS на складах при производствах // Логистика. 2013. № 10. С. 20–21.
5. Гаврилов Д. А. Управление производством на базе стандарта *MRP II*. СПб.: Питер, 2002. 320 с.
6. Галеев Р. Г., Коннов В. Г., Казанцев М. А., Ченцов С. В. Информационная поддержка организации производства изделий радиоэлектронной аппаратуры на предприятии ОАО "НПП "Радиосвязь" // Журнал Сибирского федерального университета. Техника и технологии. 2014. Т. 7, № 7. С. 758–766.

K. V. Dergachev, Assistant of the Chair "Systems for Automation, Computer-Aided Control and Design", e-mail: dergachev.public@mail.ru,

D. V. Kapulin, Head of the Chair "Information Technologies in Radioelectronic Production", e-mail: dkapulin@sfu-kras.ru,

M. A. Kazantsev, Head of ERP-department, Krasnojarsk, e-mail: mkaz@mail.ru, JSC "SPE "Radiosvyaz"

Shop-level Warehouse Management System for Project Manufacturing

There is a request for an inventory and warehouse operational management in the manufacturing industry that is currently covered by warehouse management systems. However, such systems mostly targeted at large centralized storages, and attempts for implementation and integration at job shop-level faced with number of difficulties due to the fact that manufacture requires significantly more detailed view at inventory items lifetime; inventory items strongly connected with individual workers and often become their financial responsibility. Rapid inventory items movement between the workers and job shops are also common and impose additional restrictions.

The primary aim of this paper was to perform warehousing process analysis for project manufacturing enterprise and to state key features and requirements for systems targeted at job shop-level operational management. This paper introduced design for an inventory transaction subsystem that matches stated requirements and can be implemented with basic technology stack that most enterprise architectures used such as T-SQL, ASP.NET and C#. The paper also contains an overview for a system based on that design that was build and implemented at the enterprise of radio communication equipment manufacturing.

Keywords: warehouse automation, warehouse operational management, stock management, shop-level warehouse, warehouse logistics, inventory transaction system, rapid inventory items movement, WMS, ITS

References

1. **Warehouse Logistics / Fraunhofer Institute for Material Flow and Logistics**, available. URL: <http://www.warehouse-logistics.com/3/3/wms-online-selection.html> (accessed 9.02.2015).

2. **Kazantsev M. A., Legalov A. I., Chemidov I. V.** *Zhurnal Sibirskogo federal'nogo universiteta. Tekhnika i tekhnologii*, 2014, vol. 7, no. 2, pp. 222–228 (in Russian).

3. **Bezototsnaya O.** *Logistika*, 2014, no. 8, pp. 10–13 (in Russian).

4. **Podlesnyi V., Arakelyan E.** *Logistika*, 2013, no. 10, pp. 20–21 (in Russian).

5. **Gavrilov D. A.** *Upravlenie proizvodstvom na baze standarta MRP II (MRP II Production Management)*, Saint Petersburg, Piter, 2002, 320 p. (in Russian).

6. **Galeev R. G., Konnov V. G., Kazantsev M. A., Chentsov S. V.** *Zhurnal Sibirskogo federal'nogo universiteta. Tekhnika i tekhnologii*, 2014, vol. 7, no. 7, pp. 758–766 (in Russian).

УДК 519.1

А. А. Харламов, д-р техн. наук., ст. науч. сотр., e-mail: kharlamov@analyst.ru, Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН, г. Москва,

Т. В. Ермоленко, канд. техн. наук, нач. отдела, e-mail: etv@iai.dn.ua, Институт проблем искусственного интеллекта, Украина, г. Донецк

Нейросетевая среда (нейроморфная ассоциативная память) для преодоления информационной сложности.

Поиск смысла в слабоструктурированных массивах информации

Часть I. Структурная обработка информации в коре

Ассоциативная память человека является средством для преодоления информационной сложности, возникающей постоянно в процессе его жизнедеятельности. Рассмотрены архитектура, свойства и функциональность ассоциативной памяти с точки зрения использования ее для моделирования способности преодоления информационной сложности; прототип ассоциативной памяти — гиперколонки коры больших полушарий головного мозга человека; информационные свойства нейроморфной ассоциативной памяти: автоматическое структурирование больших объемов разнородной информации, запоминание информации при обучении, фильтрация запомненной ранее информации во входном потоке, автоматическое выявление повторяющихся структурных элементов различной сложности (различной частоты встречаемости) в потоке входной информации — формирование иерархии словарей, автоматическое выявление в потоке входной информации связей структурных элементов, формирование когнитивной семантической сети.

Ключевые слова: кортикоморфная ассоциативная память, структурная обработка информации, ассоциативная (однородная семантическая) сеть