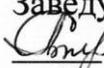


Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ИНСТИТУТ УПРАВЛЕНИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССАМИ И ЭКОНОМИКИ

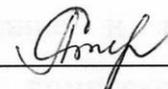
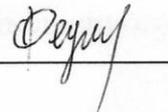
Кафедра «Экономика и информационные технологии менеджмента»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
 А.А. Ступина
« 19 » 06 2017г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

**Реинжиниринг процессов складской логистики
приборостроительного предприятия**

Магистерская программа 09.04.03.02 Реинжиниринг бизнес-процессов
Направление 09.04.03 Прикладная информатика

Научный руководитель		<u>19.06</u> .2017 г.	д-р техн. наук, профессор А.А. Ступина
Выпускник		<u>19.06</u> .2017 г.	ст-т гр. ПЭ15-09м Д.В. Капулин
Рецензент		<u>19.06</u> .2017 г.	канд. экон. наук В.А. Федоров

Красноярск 2017

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Реинжиниринг процессов складской логистики приборостроительного предприятия» содержит 74 страницы текстового документа, 26 иллюстраций, 2 таблицы, 5 формул, 34 использованных источника.

РЕИНЖЕНИРИНГ, БИЗНЕС-ПРОЦЕСС, WMS, ITS, АВТОМАТИЗАЦИЯ СКЛАДА, ЛОГИСТИКА, ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Цель ВКР: повышение эффективности процессов складской логистики приборостроительного предприятия, отличающегося широкой номенклатурой покупных комплектующих изделий, деталей и сборочных единиц, а также хранимого инструмента и иных товарно-материальных ценностей.

В результате выполнения ВКР проведены анализ процессов складской логистики приборостроительного предприятия, реинжиниринг бизнес-процессов логистических задач, связанных с учетом комплектаций сборок, выдаваемых в производство, а также товарно-материальных ценностей, используемых в качестве средств производства. Предложена методика, выполнено проектирование и разработка автоматизированной системы управления складскими комплексами с учетом их интеграции в единое информационное пространство предприятия, разработана автоматизированная система складского учета. Проведена оценка качества предложенных решений и эффективности выполненного реинжиниринга процессов складской логистики.

REVIEW

Master thesis «Reengineering of warehouse logistic processes under radioelectronic enterprise» is consist of 74 pages of text document, 26 figures, 2 tables, 5 formulas, 34 references.

REENGINEERING, BUSINESS-PROCESS, LOGISTICS, WMS, ITS, WAREHOUSE AUTOMATION, INFORMATION SYSTEMS DESIGN

The purpose of master thesis is to increase the efficiency of warehouse logistics processes in radioelectronic enterprise, which is characterized by a wide range of purchased components, parts and assembly units, stored tools and inventory items.

As a result of the research, the analysis of warehouse logistic processes under radioelectronic manufacturing, reengineering of business processes of the logistics problems, which are associated the consideration of the complete sets of assemblies issued for manufacturing, as well as inventory items used as means of production is carried out. The methodology of design and developed an automated control system for storage and retrieval, taking into account their integration into a integrated information environment is proposed and proprietary warehouse management system is developed. The quality of the proposed solutions and the efficiency of the reengineering of the warehouse logistics processes were evaluated.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 Анализ процессов складской логистики на современных производственных предприятиях	9
1.1 Складское хозяйство как часть производственной инфраструктуры предприятия.....	9
1.2 Общая характеристика складов и складских бизнес-процессов.....	12
1.3 Автоматизированные складские комплексы.....	17
2 Реинжиниринг процессов складской логистики предприятия АО «НПП «Радиосвязь».....	21
2.1 Анализ задач, связанных с автоматизацией складских бизнес-процессов	21
2.2 Общая характеристика предприятия АО «НПП «Радиосвязь».....	25
2.3 Единое информационное пространство АО «НПП «Радиосвязь».....	29
2.4 Реинжиниринг и особенности автоматизации процессов складской логистики АО «НПП «Радиосвязь»	34
2.5 Автоматизация складского хозяйства предприятия. Развертывание автоматизированных складских комплексов Kardex	41
3 Разработка и внедрение автоматизированной системы управления складом .	47
3.1 Проектирование логической структуры и реализация автоматизированной системы управления складскими комплексами.....	47
3.2 Интеграция автоматизированных складских комплексов в систему управления комплектночного цеха	55
3.3 Проектирование и реализация системы складского учета	58
4 Оценка качества разработанных решений и эффективности их внедрения в производственный процесс АО «НПП «Радиосвязь».....	63
4.1 Оценка качества разработанного программного обеспечения	63
4.2 Оценка эффективности автоматизации складского хозяйства	65
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	68
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	71

ВВЕДЕНИЕ

Повышение эффективности промышленного производства в любое время и при любых условиях является важной, актуальной задачей. Существенную роль в ее решении играет реинжиниринг и автоматизация различных бизнес-процессов и видов деятельности, в том числе и процессов складской логистики. Отлаженная система функционирования складов и интеграция системы складского учета с информационной системой управления предприятием позволяет оперативно принимать решения о закупке материалов и покупных комплектующих изделий, начале изготовления деталей и сборочных единиц, вести учет инструментальных средств и иных товарно-материальных ценностей.

Следует различать два смежных класса информационных систем, затрагиваемых при автоматизации складов – WMS и ITS. Системы управления складом (WMS – Warehouse Management System) представляют собой класс автоматизированных информационно-управляющих систем, решающих задачи управления и учета товарно-материальных ценностей. 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 товарно-материальных ценностей, включающих отслеживание их перемещения, инвентаризацию и т. п. Решение задач учета 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. Отдельно стоит отметить применение автоматизированных складских комплексов, предназначенных для хранения и обработки товаров, обеспечивающих быструю и безошибочную приемку и выдачу грузов. Внедрение таких комплексов позволяет решать проблемы,

связанные уплотнением хранения, повышением культуры производства, предотвращением несанкционированного доступа, снижением времени доступа к хранимым грузам и т. д.

Автоматизация складского хозяйства как с точки зрения внедрения аппаратных систем, так и с точки зрения развертывания программных комплексов способствует развитию предприятия за счет сокращения площади занимаемой складом, ускорения операций по работе с грузами, увеличению точности и обеспечению безопасности грузов при их хранении, а четкий учет помогает сэкономить средства и избавиться от увеличения складских запасов.

Существует множество готовых решений, представляющих собой программно-аппаратные комплексы, состоящие как из самого складского оборудования, так и из программного обеспечения системы управления складом. Задача интеграции таких систем особенно остро стоит сейчас перед крупными предприятиями с обширной номенклатурой хранимых грузов.

Целью диссертационной работы является повышение эффективности процессов складской логистики приборостроительного предприятия, отличающегося широкой номенклатурой покупных комплектующих изделий, деталей и сборочных единиц, а также хранимого инструмента и иных товарно-материальных ценностей.

Задачи диссертационного исследования:

1. Анализ процессов складской логистики приборостроительных предприятий.

2. Анализ и реинжиниринг логистических процессов, связанных с учетом комплектаций сборок, выдаваемых на производство.

3. Анализ и реинжиниринг бизнес-процессов учета товарно-материальных ценностей, связанных с их дальнейшим использованием как средств производства.

4. Проектирование и разработка автоматизированной системы управления складскими комплексами, имеющей в своем составе средства интеграции в единое информационное пространство предприятия.

5. Проектирование и разработка автоматизированной системы складского учета.

6. Оценка качества предложенных решений и эффективности проведенного реинжиниринга процессов складской логистики.

Объект исследования – процессы складской логистики приборостроительного предприятия.

Предмет исследования – методы анализа, оценки и средства автоматизации логистических процессов для позаказного мелкосерийного высокотехнологичного производства, отличающегося значительной номенклатурой товарно-материальных ценностей.

Методы исследования: структурный анализ и проектирование информационных систем, моделирование с использованием языка UML, методы объектно-ориентированного анализа, проектирования и программирования, методы и средства разработки web-приложений ASP.NET MVC, C#, JavaScript.

Научная новизна диссертационной работы состоит в следующем:

1. Предложены методы формирования складской логистической среды приборостроительного предприятия, отличающиеся интеграцией разнородных информационных систем и сущностей.

2. Разработаны модели анализа складских бизнес-процессов приборостроительного предприятия, позволяющие проводить реинжиниринг и последующую автоматизацию работы складов как уровня предприятия в целом, так и уровня отдельных подразделений.

3. Предложена архитектура автоматизированной системы управления складским комплексом, позволяющая без использования сторонних средств интеграции обеспечить складской учет и комплектование сборок с выдачей информации в корпоративную информационную систему предприятия.

Магистерская диссертация состоит из введения, четырех разделов, списка использованных источников и заключения.

Во введении обосновывается актуальность темы, дается определение объекта и предмета исследования, определяется цель научно-исследовательской работы и перечень решаемых задач, перечисляются основные методы проведенных исследований, формулируется научная новизна.

В первом разделе рассматриваются существующие принципы организации складского хозяйства на производственных предприятиях, дается характеристика складов по различным показателям их функционирования и назначения, раскрываются особенности автоматизированных складских комплексов.

Во втором разделе дается подробный анализ складских логистических бизнес-процессов предприятия АО «НПП «Радиосвязь», определяется место складов в едином информационном пространстве предприятия, проводится моделирование и анализ бизнес-процессов, на основе которого дается предложение об архитектуре автоматизированной системы управления складом. Также раскрываются особенности развертывания автоматизированных складских комплексов Kardex.

В третьем разделе дается описание программно-аппаратной реализации автоматизированных систем управления складскими комплексами и складского учета. Рассматриваются методы интеграции разработанных систем со смежными информационными системами.

В четвертом разделе проводится оценка качества разработанного программного обеспечения и оценка эффективности автоматизации складского хозяйства предприятия.

Диссертация содержит основной текст на 74 страницах, 26 иллюстраций, 2 таблицы, 5 формул, список использованных источников из 34 наименований. По теме диссертации опубликованы 6 научных работ, в том числе 3 в изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

1 Анализ процессов складской логистики на современных производственных предприятиях

1.1 Складское хозяйство как часть производственной инфраструктуры предприятия

Практически все производители продукции нуждаются в формировании на собственной территории запаса сырья, материалов, комплектующих как для создания собственного продукта, так и места хранения (в т. ч. кратковременного), обработки и комплектации готовой продукции. Склад является связующим звеном предприятия, его отдельных подразделений, центром обработки товаров в производственной логистике. С развитием производства склад стал играть значимую роль, что отмечено Джеймсом Томпкинсом: «Складское хранение оказалось в центре внимания впервые. Складское хранение стало ключевой компетенцией, стратегическим оружием, которое многие компании используют для улучшения своих конкурентных позиций. При планировании, управлении и улучшении современных складских операций требуется гораздо более профессиональный подход к складскому хранению, чем раньше» [1].

Еще в начале 2000 гг. многими специалистами складская логистика рассматривалась в основном как логистика запасов. При этом не предусматривалось отдельного раздела, посвященного складской производственной логистике. Склад при таком подходе исследуется как составляющая информационного логистического процесса. Такой подход демонстрируется в спецкурсе «Основы логистической теории в практике успешного ведения современного бизнеса» Санкт-Петербургского государственного университета. В общем случае складская логистика определена как отдельный элемент логистической системы, при этом рассматривается в теме закупочной логистики [2–4].

Современная логистика рассматривает склад как элемент товаропроводящей цепи, предназначенный для приемки, размещения, хранения, комплектации и выдачи продукции и имеющий необходимую для выполнения этих функций материально-техническую базу (здания, сооружения, устройства и т. п.) [5].

Склад производственного предприятия – сложная программно-техническая система, состоящая из многочисленных взаимосвязанных элементов, имеющая определенную структуру и выполняющая ряд функций по преобразованию материальных потоков, накоплению, переработке и распределению грузов между потребителями. Важнейшим понятием современной складской логистики, используемым и в отношении склада готовой продукции промышленного предприятия, является понятие материального потока. Материальный поток – продукция, рассматриваемая в процессе приложения к ней различных логистических (транспортировка, складирование и др.) и (или) технологических (механообработка, сборка и др.) операций и отнесенная к определенному временному интервалу. Основные параметры материальных потоков: скорость; начальная, конечная и промежуточные точки движения; траектория; плотность; интенсивность; мощность [6].

Теория логистики определяет необходимость склада как элемента логистической системы потребностью координирования несоответствий ритмов производства продукции, ее транспортировки и потребления товаров. Производство настроено на выпуск партий продукции, которые устраивают потребителя (при наличии товарного запаса), но существует временной разрыв производства и потребления, а транспортировка малого количества продукции невыгодна. Именно оптимизацией ритмов этого процесса (потоков) занимается склад. С помощью складского хозяйства достигается надежное функционирование материального потока предприятия за счет сглаживания колебаний в потребности и наличии ресурсов, вызванных различными причинами. Поэтому главной целью подсистемы управления складом является

рациональное управление ресурсами при оптимальных затратах. Складское хозяйство с позиции традиционной теории управления – самостоятельное структурное подразделение, с точки зрения логистической концепции – интегрированный элемент системы управления предприятием [7].

Для темы диссертационной исследования важно определение роли и функций промышленного склада, который не рассматривается как самостоятельный логистический комплекс. Соответственно, следует определить его как важную часть производственной инфраструктуры. Промышленный склад – склад, территориально размещенный рядом с производственными зданиями, территориями, прямо на производстве. Предназначен для хранения материалов в складских помещениях, управления складской переработкой, упаковки и др. [8]. Современная трактовка понятия «склад» соотносится с наблюдением Е. А. Ложечник: «В настоящее время под понятием «склад» («складской комплекс») понимается не просто место для хранения запасов продукции, но объект инфраструктуры, обеспечивающий эффективную обработку и движение материальных ресурсов» [9]. Тем самым подчеркивается, что рассмотрение и исследование деятельности склада следует проводить с точки зрения его интеграции в систему управления предприятием, информационную инфраструктуру, являющуюся основой построения единого информационного пространства.

Таким образом, склад производственного предприятия можно определить как материальный общезаводской сбытовой склад. Основным назначением такого склада является создание условий и поддержание непрерывного движения продукции производства в сферу потребления, т. е. преобразование производственного ассортимента в товарный, а также оптимальное обеспечение потребителей необходимой им продукцией заданного качества и с минимальными затратами.

Специфику складов, относящихся к теме магистерской диссертации (склады товарно-материальных ценностей), отражают их характеристики:

- нахождение на территории производственного предприятия;

- преимущественно собственные склады предприятий;
- относительно стабильная, однородная номенклатура; тарный, штучный груз;
- прямые логистические каналы между производителем и потребителем (подразделения предприятия);
- возможность посменной организации работы склада в соответствии с производственными технологиями;
- использование товара в собственном производственном процессе;
- высокий уровень механизации, автоматизации складской работы;
- высокая включенность логистики склада в логистику предприятия.

Такое складское хозяйство отражает современные тенденции в области автоматизации и организации производственных логистических процессов, но при этом порождает ряд проблем при внедрении. Решение данных задач возможно рассмотреть через методы реинжиниринга логистических процессов и последующей автоматизации складского хозяйства, что рассматривается в представленной работе.

1.2 Общая характеристика складов и складских бизнес-процессов

Складирование и хранение позволяет выравнивать временную разницу между выпуском продукции и ее потреблением, дает возможность осуществлять непрерывное производство и снабжение на базе создаваемых товарных запасов. Любой склад обрабатывает, по меньшей мере, три вида материальных потоков: входной, выходной и внутренний. На складе происходит расформирование одних грузовых партий или грузовых единиц и формирование других, распаковка грузов, комплектование новых грузовых единиц, их упаковка, затаривание. Для сокращения транспортных расходов склад может осуществлять унитизацию, т. е. объединение небольших партий грузов для нескольких клиентов, до полной загрузки транспортного средства. Еще одна форма объединения происходит в случае, когда заказчику

необходимы материальные потоки от разных поставщиков и/или подразделений. Противоположная операция также позволяет сократить расходы на перевозку грузов от одного поставщика ко множеству заказчиков на определенной территории. При этом заказчиками и потребителями продукции могут выступать подразделения одного предприятия.

Очевидным вариантом функционирования складов является оказание различных услуг, обеспечивающих высокий уровень обслуживания потребителей:

- подготовка товаров для продажи (фасовка продукции, заполнение контейнеров, распаковка и т. д.);
- проверка функционирования приборов и оборудования, монтаж;
- придание продукции товарного вида, предварительная обработка;
- выполнения работ, связанных с уменьшением коммерческого риска;
- «доводка» продукции: наклеивание этикеток, упаковка.

Таким образом, цель складирования – оказать поддержку более широким логистическим функциям производства, обеспечивая комбинацию высокого уровня обслуживания потребителей и низких затрат. Эти цели подразумевают выполнение ряда задач, например:

- надежное хранение ресурсов в необходимых условиях и с минимальными повреждениями;
- обеспечение высокого уровня обслуживания потребителей;
- минимизация затрат при высоком качестве выполнения складских операций;
- эффективный контроль за перемещением материалов;
- быстрое выполнение складских операций;
- возможность хранения всего ассортимента необходимых материалов;
- обеспечение безопасных условий работы и др.

Существует перечень классификаций складских помещений, согласно которому склад представляет собой нежилое помещение, предназначенное для хранения сырья, продукции, товаров и прочих грузов, обеспечивающее

соблюдение требуемых условий хранения и оснащенное оборудованием для хранения и удобными для разгрузки-погрузки конструкциями и сооружениями [10–12]. По назначению склады делятся на производственные, оптово-заготовительные, снабженческие и коммерческие. По видам хранимой продукции склады бывают продовольственными, непродовольственными, фармацевтическими и специального назначения. Требования к каждому виду склада зависят от его предназначения. По способу хранения склады могут быть распределенными и централизованными, открытыми и закрытыми, бункерами и резервуарами. В рамках диссертационного исследования рассматривались непродовольственные склады, предназначенные для автоматизированного хранения и учета товарно-материальных ценностей (ТМЦ), используемых в радиоэлектронном производстве предприятия АО «НПП «Радиосвязь».

С целью описания характеристик самого складского помещения, а также складского хозяйства разработана система классификации, наиболее полно отражающая характеристики складского помещения, как логистической и маркетинговой единицы. Данная классификация делит все складские помещения независимо от их назначения на категории. При определении категории конкретного складского помещения учитываются такие параметры как географическое расположение склада, наличие и состояние подъездных дорог, удаленность от автомагистралей, наличие железнодорожной ветки, площади помещения, этажности, высоты потолков, наличия технических средств охраны и многого другого [12].

Класс А – Помещения, специально строившиеся для осуществления складской деятельности. К этому классу предъявляются требования по материалам, из которых построено помещение, высоте потолков, ширине пролетов, возможности адаптации внутреннего пространства в зависимости от вида хранимого товара. Это, как правило, одноэтажные здания, со специальным напольным покрытием, наличием большегрузной техники, специализированных помещений – офисных, административных, вспомогательных, с современной системой пожаротушения, возможностью

регулирования влажности, температуры, освещенности внутри помещений в зависимости от типа хранимого товара.

Класс В – Относительно новые или реконструированные помещения, как правило, многоэтажные. Требования предъявляются к высоте потолков, наличию пандуса для разгрузки большегрузных автомобилей, наличию автоматизированных ворот, грузовых лифтов, современной системы пожаротушения, наличию вспомогательных помещений или возможности их организации. Основные вложения требуются в оснащение современными техническими средствами, а также организацию квалифицированной охраны. Склады АО «НПП «Радиосвязь» относятся к классам А и В.

Класс С – Помещения, изначально не приспособленные под складирование (как правило, бывшие цеха производственных предприятий, автобазы, ангары различного назначения), либо складские помещения постройки середины прошлого века. Характеризуются наличием центрального отопления, пандуса для разгрузки машин. Требуют больших вложений средств для продвижения в классификации, прежде всего на демонтаж старого оборудования, создания охранных систем, оборудования дополнительных ворот, въездов, места для маневрирования большегрузного автотранспорта.

Класс D – помещения по сути своей не предназначенные для хранения. Это могут быть подвалы, гаражи, отдельно стоящие неотапливаемые постройки. На таких складах, как правило, хранят нетребовательный товар, стойкий к воздействию внешней среды, например промышленное сырье. Такие складские помещения не модернизируются, а используются в том виде, в каком они находятся, поскольку затраты на их модернизацию могут превысить затраты на постройку новых складских помещений.

Классификация складов также может быть выполнена следующим образом [12]:

1. По размерам: от небольших помещений, общей площадью в несколько сотен квадратных метров, до складов-гигантов, покрывающих площади в сотни тысяч квадратных метров.

2. По высоте укладки грузов: в одних груз хранится не выше человеческого роста, в других необходимы специальные устройства, способные поднять и точно уложить груз в ячейку на высоте 24 м и более.

3. По конструкции: размещаться в отдельных помещениях (закрытые), иметь только крышу или крышу и одну, две или три стены (полузакрытые). Некоторые грузы хранятся вообще вне помещений на специально оборудованных площадках, в так называемых открытых складах.

4. По необходимости создавать и поддерживать специальный режим, например, температуру, влажность.

5. По количеству пользователей: склад может предназначаться для хранения товаров одного предприятия (индивидуальное пользование), а может, на условиях лизинга сдаваться в аренду физическим или юридическим лицам (коллективное пользование или склад-отель).

6. По степени механизации складских операций: немеханизированные, механизированные, комплексно-механизированные, автоматизированные и автоматические.

7. По возможностям доставки и вывоза груза с помощью железнодорожного или водного транспорта: пристанционные или портовые склады (расположенные на территории железнодорожной станции или порта), прирельсовые (имеющие подведенную железнодорожную ветку для подачи и уборки вагонов) и глубинные. Для того чтобы доставить груз от станции, пристани или порта в глубинный склад, необходимо воспользоваться автомобильным или другим видом транспорта.

8. По широте ассортимента хранимого груза: специализированные склады, склады со смешанным или с универсальным ассортиментом.

9. По месту в процессе движения материальных потоков от первичного источника сырья до конечного потребителя готовой продукции:

9.1. Склады на участке движения продукции производственно-технического назначения:

- склады готовой продукции предприятий-изготовителей;

- склады сырья и исходных материалов;
- склады сферы обращения продукции производственно-технического назначения;

9.2. Склады на участке движения товаров народного потребления:

- склады предприятий оптовой торговли товарами народного потребления, находящиеся в местах производства этих изделий – выходные оптовые базы;
- склады, находящиеся в местах их потребления – торговые оптовые базы.

Рассматриваемые в рамках диссертационного исследования склады следует отнести к децентрализованным производственно-техническим автоматизированным складам товарно-материальных ценностей индивидуального использования.

1.3 Автоматизированные складские комплексы

Современные технологические и конструкторские решения позволяют дополнить классические виды стеллажных систем (фронтальных, гравитационных, проходных, полочных, мезонинных и т. п.) специальным стеллажным оборудованием вертикального или горизонтального складирования. Примером такого оборудования могут служить автоматизированные системы хранения элеваторного или лифтового типа [10, 13, 14].

Автоматизированные складские комплексы (АСК) предназначены для хранения и обработки товаров на крупных промышленных предприятиях, оптово-розничных базах, таможенных терминалах, транспортных компаниях с интенсивным грузооборотом, в фармакологических компаниях, других учреждениях и организациях, требующих быстрой и безошибочной приемки и выдачи грузов. Автоматизация складского хозяйства способствует развитию предприятия за счет сокращения площади занимаемой складом, ускорения

операций по работе с грузами, увеличению точности и обеспечению безопасности грузов при их хранении, а четкий учет помогает сэкономить средства и избавиться от увеличения складских запасов.

Конструкция лифтовых АСК предполагает хранение товаров в коробах, размещаемых на поддонах. Минимальный зазор между уровнями хранения (поддонами) – 25 мм. Поддоны устанавливаются на консольные элементы металлоконструкции стеллажа и располагаются по вертикали друг над другом. Поддоны перемещаются к ячейкам стеллажа и окну загрузки/выгрузки специальным лифтом (манипулятором), грузовая платформа которого имеет возможность вертикального перемещения. Горизонтальное перемещение поддонов в ячейках стеллажа и в окне загрузки/выгрузки осуществляется с помощью телескопического захвата (экстрактора), размещенного на грузовой платформе. Принцип действия лифтовых АСК заключается в том, что по команде оператора с пульта управления поддоны с нужным товаром размещенные на грузовой платформе доставляются к окну загрузки/выгрузки. Как элеваторные, так и лифтовые АСК имеют внешний защитный корпус (шкаф), который полностью предохраняет груз/товар от пыли, грязи и света. В большинстве известных АСК реализован принцип «goods-to-man» («товар к человеку»), т. е. принцип, когда оператор (комплектовщик) находится на рабочем месте у окна загрузки/выгрузки и не перемещается по рабочей зоне вдоль стеллажа, как это обычно происходит при стеллажном хранении [14–16].

Существует множество готовых решений, представляющих собой программно-аппаратные комплексы, состоящие как из самого складского оборудования, так и из программного обеспечения (ПО) системы управления складом (Warehouse Management System – WMS). Задача интеграции таких систем особенно остро стоит сейчас перед крупными предприятиями с обширной номенклатурой хранимых грузов.

Система управления современным складом должна обеспечивать автоматизацию и оптимизацию всех процессов складской работы профильного

предприятия [17]. Архитектура такой автоматизированной информационной системы построена по трехуровневому принципу:

1. Первый компонент представляет собой видимую для пользователя часть – интерфейс типа «человек-машина» – клиентское приложение, с помощью которого пользователь осуществляет ввод, изменение и удаление данных, дает запросы на выполнение операций и запросы на выборку данных (получение отчетов).

2. Сервер базы данных, осуществляющий хранение данных. Пользователь через клиентское приложение инициирует процедуру запроса на выборку, ввод, изменение или удаление данных в базе данных (БД).

3. Бизнес-логика, предназначенная для инициированной пользователем обработки данных, и возвращения обработанных данные в базу данных (БД), сообщая пользователю через экран клиентского приложения о завершении запрошенной обработки.

При реинжиниринге логистических процессов территория склада разбивается на зоны по видам технологических операций в целях автоматизации процедур приема, размещения, хранения, обработки и отгрузки товаров, что позволяет упорядочивать работу персонала на различных участках и эффективно распределять сферы ответственности. На стадии внедрения АСК в систему управления заносится описание физических характеристик склада, погрузочной техники, параметры всего используемого оборудования и правила работы с ним.

Все поступающие грузы должны быть помечены штрих-кодами. Проведение технологических складских операций под контролем автоматизированной системы управления производится на основании данных штрих-кодов, места хранения и погрузочной техники. При проведении инвентаризации специалисты с помощью терминалов для сбора данных считывают штрих-коды, которые автоматически заносятся в базы данных приборов.

Как правило, производители АСК предоставляют программное обеспечение для управления комплексами в автоматическом режиме, однако, оно имеет высокую цену за счет того, что содержит в себе систему складского учета и не всегда может быть интегрировано в единое информационное пространство предприятия без существенных доработок, что требует дополнительных финансовых затрат. Наиболее подходящими пакетами ПО, предоставляемого производителем АСК Kardex, установленных на складах АО «НПП «Радиосвязь», являлись: пакет для обработки заказов и пакет для коммуникаторов [15, 16].

В состав пакета для обработки заказов входят модули для управления хранением с учетом заказов, двойной доступ, запросы на срочную поставку и зонирование склада. Данное ПО предоставляет возможность управления центрами учета затрат, функции отчетности и печать отчетов и ярлыков. Пакет для коммуникаторов предназначен для предприятий, где уже внедрены системы управления предприятием и системы управления складом. Модули ПО обеспечивают сборку заказов, установку на хранение и подсчет от главного компьютера. К возможностям пакета относятся исключение повторяющихся запасов, загрузка с головного компьютера и контроль над состоянием запасов с головного компьютера, управление количеством и расположением запасов. Указанные модули ПО были закуплены совместно с АСК и использованы при автоматизации логистических складских процессов предприятия.

К основным задачам, решенным в рамках представленной магистерской диссертации, следует отнести анализ и реинжиниринг процессов складской логистики приборостроительного предприятия АО «НПП «Радиосвязь», включающих логистику покупных комплектующих изделий, деталей и сборочных единиц, инструмента, разработку и внедрение в производственный процесс автоматизированной системы управления складскими комплексами и программных систем учета инструмента и средства автоматизации работы цеховых кладовых.

2 Реинжиниринг процессов складской логистики предприятия АО «НПП «Радиосвязь»

2.1 Анализ задач, связанных с автоматизацией складских бизнес-процессов

Основная системная проблема отечественных предприятий радиоэлектронной промышленности заключается в значительном научно-технологическом отставании от современного мирового уровня. Это обусловлено низким технологическим уровнем большей части продукции отечественной электронной промышленности, что не позволяет обеспечить конкурентоспособность всей промышленности страны в целом, и становится одним из критических факторов, влияющих на обеспечение обороноспособности и безопасности государства. Одной из составляющих решения задачи сокращения такого отставания, повышения конкурентоспособности продукции на внутреннем и мировом рынках сбыта и увеличения объемов продаж электронной компонентной базы является, исходя из мирового опыта, развитие технологий, направленных на реализацию и информационную поддержку процессов организации производства выпускаемой продукции [18, 19].

Величина затрат на поддержку подготовки производства является одним из важнейших потребительских параметров сложных наукоемких изделий, к которым, без сомнения, относится радиоэлектронная аппаратура. Такие затраты складываются из затрат на конструкторское и технологическое проектирование, организацию и поддержку производства продукции, материально-техническое обеспечение производства. Сокращение затрат (как временных, так и финансовых) на поддержку таких процессов в конечном итоге приводит к повышению уровня конкурентоспособности выпускаемой продукции. Таким образом, обеспечение конкурентоспособности производимых изделий радиоэлектронной аппаратуры заключается, в том числе, в создании научно-

производственной инфраструктуры разработки и производства таких изделий на основе коренной модернизации производственно-технологической базы, опережающего развития интегрированных систем управления процессами организации производства выпускаемой продукции.

Разработка научно-производственной инфраструктуры включает комплексную автоматизацию предприятия, в рамках которой следует уделять высокое внимание реинжинирингу и автоматизации процессов хранения, учета и использования складских запасов. Стоит отметить, что для современных предприятий радиоэлектронной промышленности, работающих в условиях малой серии и экспериментального производства, проблема автоматизации складов различного уровня стоит особенно остро. Это связано с большим количеством применяемых покупных комплектующих изделий (ПКИ), материалов, инструментов, деталей и сборочных единиц (ДСЕ) собственного изготовления. Для решения данной проблемы на сегодняшний день существует множество готовых программно-аппаратных средств, представляющих собой комплексы, состоящие как из самого складского оборудования, так и из систем управления складом.

Системы управления складом (WMS – Warehouse Management System) представляют собой класс широко востребованных промышленностью автоматизированных информационных систем, решающих задачи управления и учета 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. [20].

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 [21, 22]. Задачи управления ориентированы на внедрение в разворачиваемых автоматизированных складских комплексах.

Внедрение автоматизированных складских комплексов совместно с информационными системами управления обеспечивает решение следующих задач [17, 23]:

1. Увеличение плотности хранения. Автоматизированные склады позволяют оптимально управлять пространством, занимаемым хранимыми изделиями. Практика внедрения таких систем показала, что их использование позволяет значительно сократить площадь склада за счет вертикально расположенных поддонов внутри устройства, использования датчиков, измеряющих высоту груза, на основании которой поддоны с грузом располагаются с шагом до 2,5 см.

2. Сокращение времени доступа. Автоматизированный склад работает по принципу «товар к человеку», то есть требуемые предметы к кладовщику доставляет оборудование и, как следствие, снижаются трудозатраты работников.

3. Предотвращение несанкционированного доступа. Груз хранится таким образом, чтобы доступ к нему можно было получить только через окно выдачи, для управления которым необходима авторизация пользователя.

Автоматизированные складские комплексы при комплексной автоматизации неизбежно интегрируются со складскими модулями автоматизированных систем управления ресурсами предприятия (ERP-системы), ориентированных 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

отличаются от систем WMS, отличительным признаком которых является работа с микротранзакциями и физическим перемещением ТМЦ [11, 12].

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 [12, 24].

Существующие методы проектирования систем управления складскими запасами и опирающиеся на них проектные решения вызывают ряд проблем при попытке внедрения WMS или ITS на уровне производственного цеха. Как правило, функционал систем управления складом уровня предприятия разрабатывается с учетом централизованного характера хранения ТМЦ. Это подразумевает, что основные операции – хранение, перемещение, учет, сортировка – происходят в пределах склада, а передача ТМЦ (в т.ч. инструмента) в производство часто рассматривается как конечная точка в жизненном цикле ТМЦ. Такая точка зрения зачастую 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 заказа к заказу номенклатурой ТМЦ, что приводит к активному движению ТМЦ (инструмента). Часто происходит движение ТМЦ между кладовой цеха и рабочими, а также между цехом и смежными подразделениями в обход складской системы уровня предприятия (например, цехом и метрологическим отделом при поверке инструмента). Такой характер движения ТМЦ делает затруднительным его учет с использованием стандартных информационных средств поддержки учета, и требует разработки

отдельной, интегрированной в ERP-систему предприятия, системы управления складом уровня цеха.

2.2 Общая характеристика предприятия АО «НПП «Радиосвязь»

Выполнение магистерской диссертации направлено на исследование, реинжиниринг и автоматизацию деятельности складских логистических процессов предприятия АО «НПП Радиосвязь», являющегося признанным лидером в области создания систем и аппаратных комплексов передачи данных, тропосферной, спутниковой связи и навигации в интересах обеспечения обороноспособности страны. На предприятии имеются разрабатывающие подразделения, тесно связанные с производством, что значительно сокращает цикл «Разработка – серийное производство» техники. Основные направления работы предприятия: разработка и производство станций спутниковой и тропосферной связи, аппаратуры спутниковой навигации ГЛОНАСС/GPS, систем фазовой навигации [18].

Одним из благоприятных факторов развития предприятия являются его мощный научно-технический потенциал, кооперация с Сибирским федеральным университетом в области выполнения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ для решения прикладных задач, а также с Сибирским отделением Российской академии наук в области фундаментальных исследований. Работы, проводимые предприятием, направлены на постоянное совершенствование разрабатываемых комплексов с учетом последних достижений науки и техники, на существенное снижение стоимости серийных изделий. Применение в производстве аппаратуры новейших достижений в области электронных компонентов, информационных технологий, прогрессивных технологий поверхностного монтажа, изготовления печатных плат и металлообработки позволяет выпускать современные конкурентоспособные отечественные изделия.

В настоящее время перед предприятием поставлены стратегические цели [18, 25]:

- сохранение лидерства в области спутниковой и тропосферной связи, навигационной аппаратуры на основе комплексного подхода и системного решения научно-технических проблем;

- расширение тематики работ и круга заказчиков за счет превосходства над конкурентами по научно-техническому уровню и показателю «цена/качество»;

- создание аппаратуры радиосвязи и навигации на основе цифровых программно-конфигурируемых технических средств и типовых решений по построению комплексов радиосвязи, базирующихся на широком использовании информационных технологий;

- переход от удовлетворения текущих потребностей потребителей продукции к формированию новых, перспективных требований;

- освоение новых диапазонов частот и новых видов связи на основе разработки и внедрения перспективных технологий и технологических процессов;

- опережающее создание научно-технического задела как основного элемента в конкурентной борьбе;

- увеличение доли в общем объеме выпускаемой предприятием инновационной продукции.

Стоит отметить, что в условиях отсутствия конкурентоспособной элементной базы отечественного производства возможны два основных пути достижения поставленных целей. К первому относится использование готовых узлов, таких как модемы, усилители, малошумящие усилители, фильтры и. т. п., и готовых схмотехнических решений в сочетании с «отверточной» сборкой. Такой путь имеет ряд кратковременных преимуществ, выражающихся в снижении затрат на разработку собственной элементной базы, организацию и поддержку производственного процесса изготовления изделий радиоэлектроники. Но даже без детального анализа ясно, что эти преимущества

не дают стратегической выгоды, а наоборот, «отверточный» подход является тупиковым по причине вынужденной потери разработчиками навыков по проектированию полного комплекса изделий и привязки к техническим характеристикам электронной компонентной базы импортного производства. Ко второму пути развития относится использование пассивных элементов и интегральных схем зарубежного производства для апробации новых промежуточных технических решений с последующей конвертацией наработок в проектируемые заказные интегральные схемы (или программируемые логические интегральные схемы). Данный подход в современных условиях является приемлемым и применяется на АО «НПП «Радиосвязь». При этом обеспечивается возможность проектирования и разработки аппаратуры и станций связи мирового уровня, а также не исключается возможность отказа в стратегической перспективе от импортной элементной базы.

В таких жестких условиях достижение перечисленных целей возможно при создании эффективной системы управления научно-производственной деятельностью, материальными и нематериальными активами предприятия на основе введения целевого стратегического планирования и управления. Такой подход подразумевает внедрение и сопровождение комплекса информационных систем поддержки процессов конструкторско-технологической подготовки производства (PLM-системы) и систем управления ресурсами предприятия (ERP-системы).

Деятельность АО «НПП «Радиосвязь» охватывает научно-исследовательские, опытно-конструкторские, производственные работы, а также гарантийное и послегарантийное обслуживание. Кроме того, перед предприятием стоит ряд проблем, связанных с постоянно растущей сложностью продукции и повышением технических требований к заказам. Методы решения таких проблем заключаются в техническом переоснащении, модернизации как производственных технологий, так и оснащенности рабочих мест, внедрении новых методов организации работ. При этом резко возрастает потребность в автоматизации процессов проектирования и производства для

сокращения сроков разработки, улучшения качества продукции за счет нейтрализации «человеческого фактора». Основной целью проведения модернизации производства, внедрения информационных средств поддержки организации производства является повышение производительности труда и снижение издержек.

Рассмотрим фрагмент организационно-штатной структуры предприятия АО «НПП «Радиосвязь», представленный на рисунке 1 [26]. На рисунке 1 серым цветом выделены подразделения, непосредственно участвующие в рассматриваемом документообороте. Такой структуре приведем в соответствие функциональную иерархию процессов планирования производства (рисунок 2).

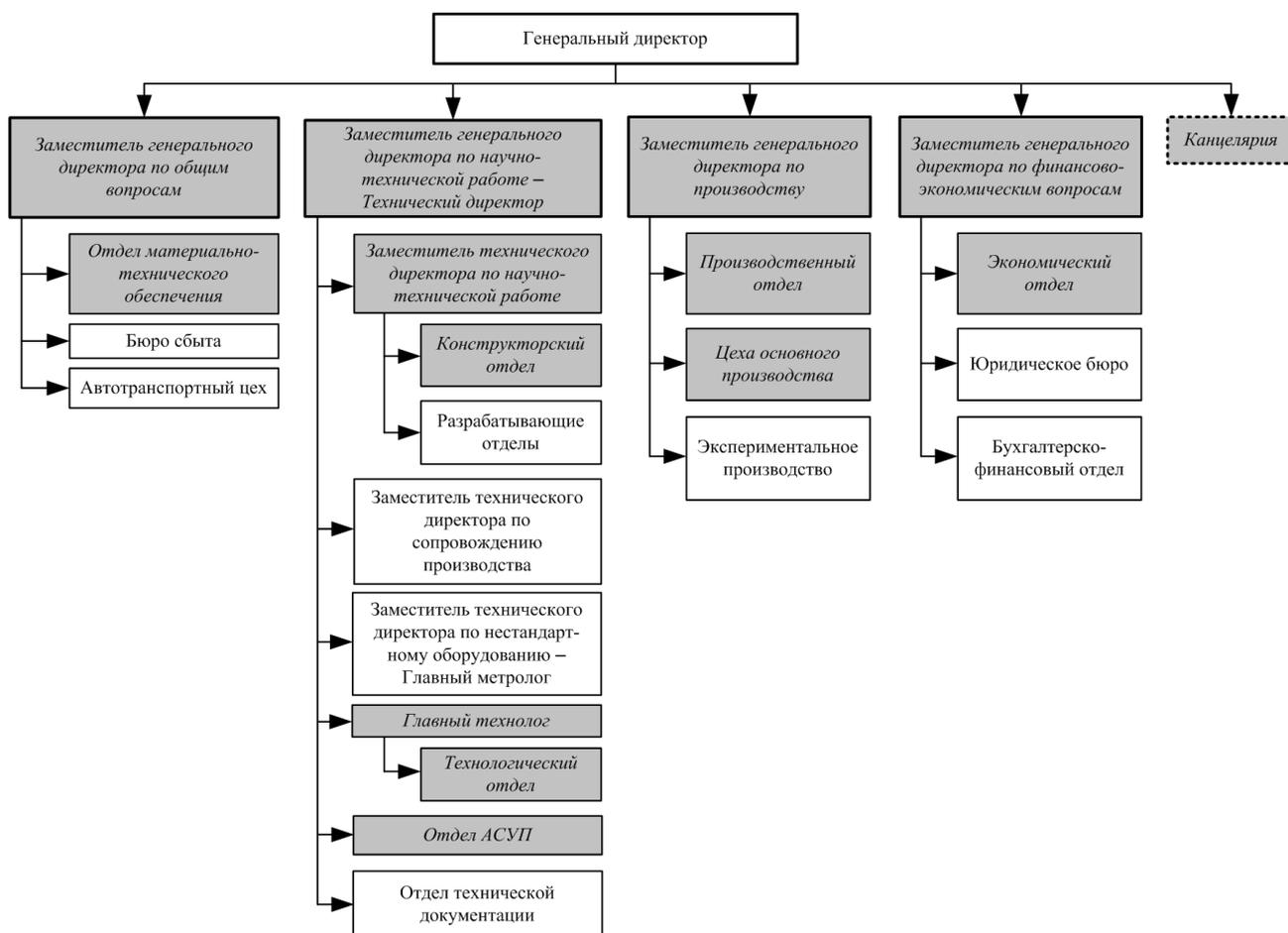


Рисунок 1 – Фрагмент организационно-штатной структуры АО «НПП «Радиосвязь»



Рисунок 2 – Организация документооборота по запуску изделия в производство

Первичный анализ приведенных структур показывает достаточно хорошо организованную систему управления предприятием, с разделением сфер и зон ответственности руководителей служб и профильных подразделений. При этом стоит отметить наличие подразделений и соответствующих им функций, которые не оказывают существенного влияния на улучшение конечного продукта, но вносят дополнительные задержки в прохождении информации, дублируют работу других подразделений.

2.3 Единое информационное пространство АО «НПП «Радиосвязь»

Задачи реинжиниринга и автоматизации управления предприятием успешно решаются на предприятии АО «НПП «Радиосвязь» с 1970-х годов. Так, на БЭВМ серии ЕС были реализованы системы [18]:

- оперативно-календарного планирования;
- расчета заработной платы;
- учета позиций собственного изготовления в центральном комплекточном цехе;

- учета покупных комплектующих изделий (ПКИ), инструмента и материалов на центральных складах и в цеховых кладовых.

Кроме разработки перечисленных систем, также было решено большое количество прикладных задач. В начале 2000-х гг. началась работа по реинжинирингу разработанных систем с использованием апробированных подходов, алгоритмов и накопленной информационно-аналитической базы. В качестве программно-аппаратной платформы для разработки комплекса средств автоматизации хозяйственной деятельности предприятия была выбрана 3-х уровневая архитектура на основе web-технологий.

Одной из первых систем автоматизации, созданных на основе web, стала система учета движения ТМЦ, обеспечивающая учет движения ПКИ, материалов и инструмента. Данная система имела шлюз с БЭВМ, а также использовала для своей работы справочники информационной системы «1С Бухгалтерия». После внедрения разработанной системы и апробации технологии разработки была определена общая концепция развития систем управления производством и ведения учета хозяйственной деятельности предприятия. При реализации контура бухгалтерского и кадрового учета были выбраны продукты фирмы 1С, а для учетных складских систем, систем управления закупками и управления производством – системы собственной разработки, использующие для своей работы единые корпоративные справочники. Интеграция между автоматизированными системами настраивалась на основе открытых стандартов обмена данными на основе языка разметки XML и его вариаций, а также на уровне баз данных с использованием языка T-SQL и средств репликации баз данных.

Одновременно с развитием автоматизированных систем управления производством развивалась и система конструкторско-технологической подготовки производства. Начиная с 1990-х годов, на предприятии использовались автономные локальные средства и системы, автоматизирующие отдельные этапы конструкторско-технологической подготовки производства. Зачастую такие системы не имели общих справочников, из-за чего требовалось

длительное время на подготовку очередного этапа разработки изделий. После принятия в 2007 г. решения о внедрении системы комплексной автоматизации конструкторско-технологической подготовки производства и развертывания комплекса Лоцман: PLM на предприятии было сформировано единое информационное пространство.

Единое информационное пространство (ЕИП) АО «НПП «Радиосвязь» представляет собой совокупность распределенных баз данных, в которых действуют единые правила хранения, обновления, поиска и передачи информации [18]. Такая информационная среда позволяет осуществить безбумажное взаимодействие между всеми участниками процесса подготовки производства изделия. При этом однажды созданная информация хранится в ЕИП, не дублируется и не требует каких-либо перекодировок в процессе обмена, сохраняет актуальность и целостность. На сегодняшний день в рамках ЕИП на предприятии внедрено и успешно развивается комплексное решение АСКОН на базе систем Лоцман: PLM, Вертикаль, Компас 3D. Таким образом, информационная инфраструктура предприятия имеет вид, представленный на рисунке 3.



Рисунок 3 – Информационная инфраструктура АО «НПП «Радиосвязь»

Автоматизация управления инженерной информацией не является комплексной, если автоматизируемая система создается в рамках инженерных служб подготовки производства. Значительный эффект от автоматизации проявляется, когда комплекс взаимодействующих информационных систем используется интегрированно для управления предприятием в целом. Для этого система управления инженерной информацией должна существовать в одном информационном пространстве с ERP-системой. Но для реализации ЕИП следует объединить PLM с ERP, так как последняя система создает и потребляет значительную часть информации о выпускаемой продукции.

Интегрированная система управления предприятием АО «НПП «Радиосвязь» изначально строилась как комплекс взаимодействующих систем автоматизации одного производителя (АСКОН) и собственных информационных систем, которые подверглись совместной доработке для организации единого информационного пространства предприятия. Анализ результатов внедрения автоматизированных систем на предприятиях машиностроения и приборостроения позволил разработать базовые технологии формирования структуры интегрированной информационной системы предприятия на основе PLM-концепции для решения задачи комплексной автоматизации и создания ЕИП для эффективной конструкторско-технологической подготовки и оперативного управления дискретным производством. Для внедрения системы комплексной автоматизации были использованы следующие базовые технологии [27]:

- реинжиниринг текущих конструкторских, технологических, производственных, логистических и иных процессов;
- представление данных изделия в виде единой информационной модели;
- управление данными электронного состава сложного изделия, включая хранение данных и документов, конфигурацию и классификацию изделий, методы интеграции PLM и ERP-систем.

Для реализации технологии реинжиниринга применялась следующая последовательность действий [27]:

- исследование бизнес-процессов предприятия, обоснование предлагаемой структуры автоматизированной системы, используя концепцию PLM;
- обоснование выбора платформы управления процессами подготовки и планирования производства;
- разработка функциональной модели комплексной информационной системы, учитывая взаимодействие ERP- и PLM-систем.

Анализ результатов внедрения ERP-систем на приборостроительных предприятиях, основных тенденций развития концепции PLM, взаимодействия процессов конструкторско-технологической подготовки и оперативного управления производством, выявил необходимость интеграции в ЕИП предприятия функций следующих информационных систем: CAD (системы автоматизированного проектирования), CAM (системы технологической подготовки производства), PDM (системы хранения данных), FRP (системы финансового планирования), MRP II (системы управления производственными ресурсами), MES (системы оперативного производственного планирования). Учитывая рассмотренный опыт автоматизации различных предприятий, созданная информационная база комплексной автоматизированной системы управления предприятием была разработана с учетом взаимодействия PLM- и ERP-концепций и приведена на рисунке 4.

Использованный при создании интегрированной системы автоматизации управления предприятием подход позволил подойти именно к комплексной автоматизации проектных, технологических, производственных и финансово-учетных процессов. Такой метод создания комплексной автоматизированной системы как совокупности взаимодействующих информационных систем позволяет предусмотреть дальнейшие механизмы расширения, «бесшовной» интеграции новых систем автоматизации в единое информационное пространство предприятия.



Рисунок 4 – Укрупненная структура комплексной автоматизированной системы управления предприятием АО «НПП «Радиосвязь»

Стоит отметить, что процесс развития комплексной автоматизированной системы является постоянным, итеративным, что также поддерживается примененной методикой разработки и внедрения. Спроектированная и внедренная таким образом автоматизированная система закладывает необходимую информационную поддержку дальнейшего развития деятельности предприятия, не препятствуя, а способствуя данному процессу.

2.4 Реинжиниринг и особенности автоматизации процессов складской логистики АО «НПП «Радиосвязь»

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 – внедрение системы должно способствовать минимизации издержек, связанных с некорректным учетом ТМЦ.

3. Интеграция системы учета с существующей БД рабочего персонала. Рабочие непосредственно взаимодействуют с инструментом, причем характер этого взаимодействия зависит от вида инструмента, который может выдаваться:

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

Это означает, что кладовщики уровня производственного цеха работают, в том числе, и с картотекой рабочих, что, как правило, выходит за рамки функционала системы управления складом уровня предприятия. Автоматизация

процесса метрологической поверки 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 обеспечений автоматизированной системы.

Информационная система управления предприятием АО «НПП «Радиосвязь» изначально строилась как комплекс взаимодействующих систем автоматизации ограниченного круга производителей (АСКОН и 1С) и собственных информационных систем (управление складом, закупками, планирование и диспетчеризация производства), которые подверглись совместной доработке для организации единого информационного пространства предприятия. Складское хозяйство уже встраивалось в данную инфраструктуру по мере закупки нового оборудования (складских комплексов) и обновления схем организации учетных процессов. В ходе выполнения работ по развертыванию складских комплексов и автоматизированных систем управления была достигнута высокая интеграция систем управления складом, планирования и диспетчеризации производства [17, 21].

Система планирования и диспетчеризации производства АО «НПП «Радиосвязь» определяет порядок и сроки запуска позиций в производство с учетом очередности выпуска изделий, предоставляет инженерно-техническому персоналу информацию о состоянии изделий в производстве, выполнении плана в реальном времени. В соответствии с производственным планом сборочные цеха формируют заявки в центральный комплекточный цех (ЦКЦ) предприятия, согласно которым комплектуются сборки (рисунок 5). Работниками планового бюро ЦКЦ на основании заявок сборочных цехов создаются задания на комплектацию, содержащие перечни позиций и места их хранения в АСК. Такое задание служит основанием на комплектацию сборки и является источником информации для системы управления складом.

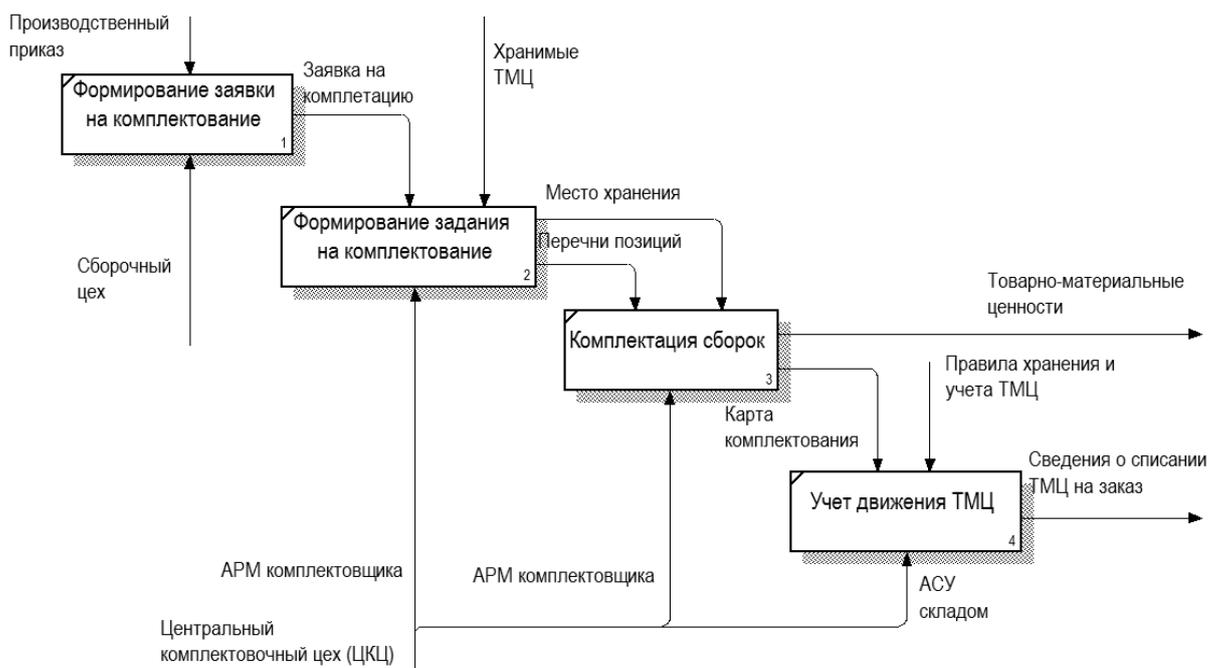


Рисунок 5 – Бизнес-процесс формирования и выдачи задания на комплектацию в производство

Рассмотрим функциональную модель складских процессов производственного предприятия АО «НПП «Радиосвязь», относящихся к учету инструментальных средств (рисунок 6). Стоит отметить, что иерархия складского хозяйства предприятия не является разветвленной и представляет собой структуру, состоящую из центрального инструментального склада и инструментальных кладовых цехов. При этом для организации эффективной работы предусмотрены обратные связи между структурными подразделениями.

Деятельность, связанная с учетом, хранением, сдачей в работу и принятием инструмента обратно на склад, может быть представлена в виде нескольких укрупненных процессов (рисунок 6):

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).

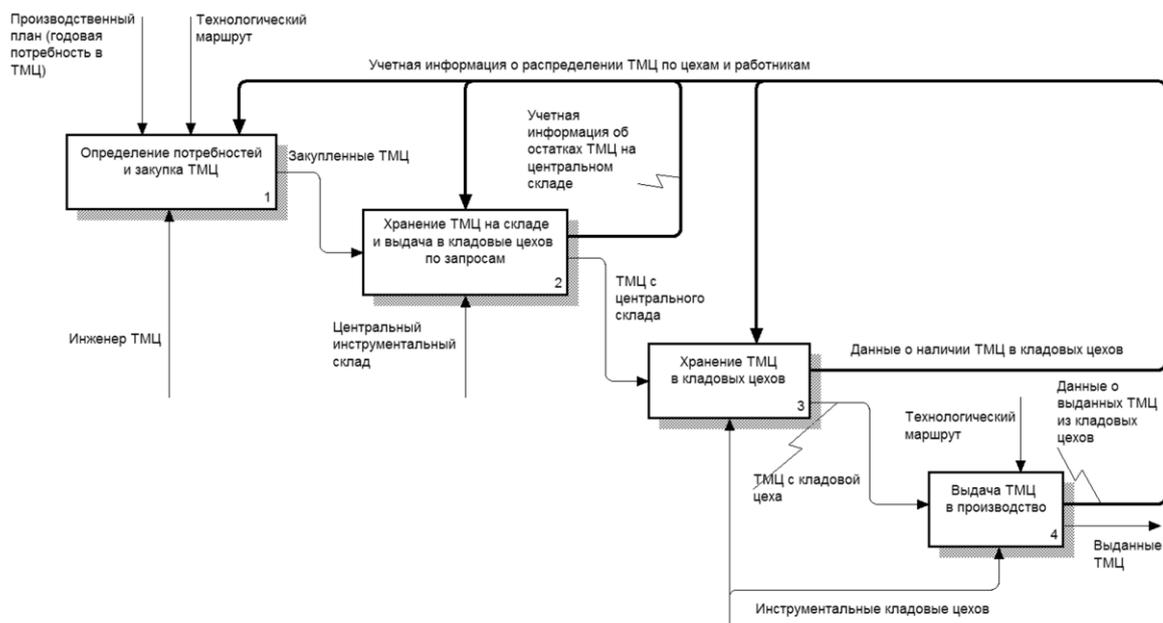


Рисунок 6 – Складские процессы учета товарно-материальных ценностей (инструмента) производственного предприятия

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 диаграммах, приведенных на рисунках 5, 6, представляет собой формализованное описание складских процессов предприятия. Для определения последовательности выполнения конкретных задач учета ТМЦ на уровне цеха и ее дальнейшей автоматизации, некоторые процессы на диаграмме рисунка 6 нуждаются в декомпозиции.

Анализ представленных процессов показывает, что основными видами деятельности инструментальной кладовой уровня цеха являются:

- 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 рисунке 7 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 с целью интеграции локальной системы автоматизации в ERP-систему предприятия. Все процедуры движения ТМЦ, согласно диаграмме, приведенной на рисунке 7, одновременно сопровождаются соответствующими процедурами учета.

Рассмотрим механизм выдачи инструмента по запросу работника. Соответствующее формализованное описание такой задачи в формате IDEF3 приведено на рисунке 8. 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.

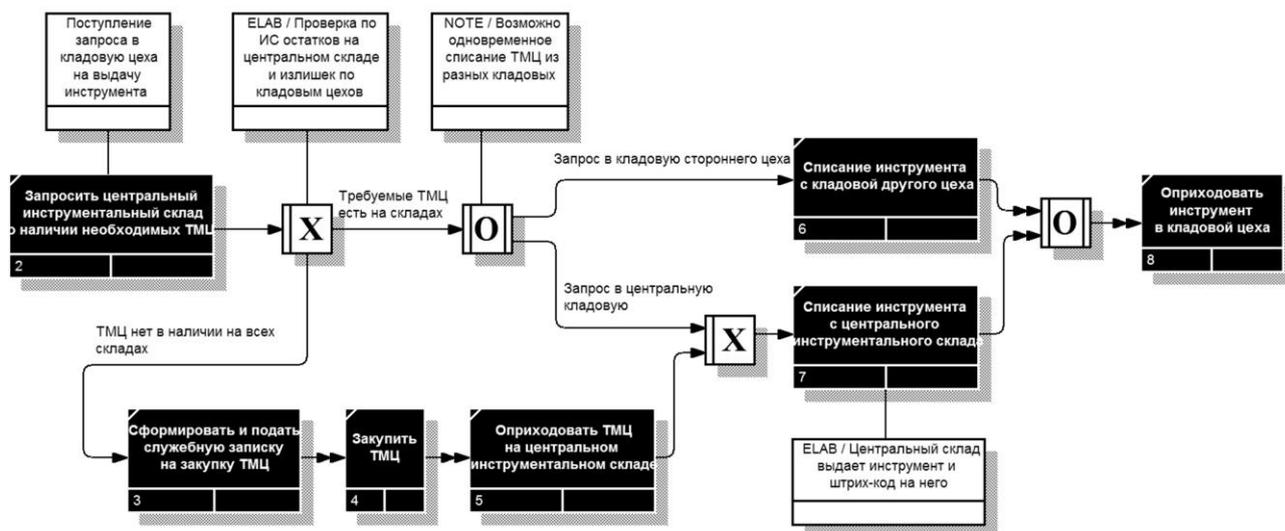


Рисунок 7 – Процедура заказа и пополнения инструментальной кладовой уровня цеха

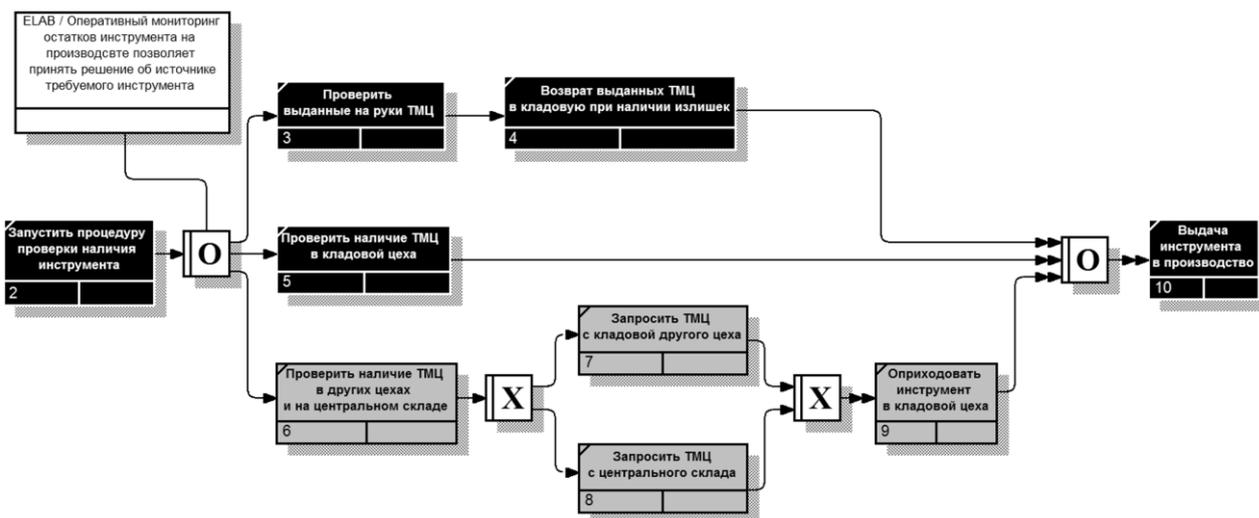


Рисунок 8 – Процедура выдачи инструмента в производство по запросу

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 рисунке 8.

2.5 Автоматизация складского хозяйства предприятия.

Развертывание автоматизированных складских комплексов Kardex

На момент закупки и внедрения автоматизированных складских комплексов, существующие склады предприятия представляли собой классические механизированные складские комплексы с ручным или автоматизированным управлением. Так, на специальной тележке комплектовщик передвигался вдоль складских стеллажей и вручную выбирал позиции, требуемые для комплектации сборок (рисунок 9).



Рисунок 9 – Помещение центрального склада предприятия до внедрения автоматизированных складских комплексов

Данный способ комплектации обладает рядом существенных недостатков:

- неэффективное использование объема помещения склада из-за статичного расположения стеллажей;
- возможность несанкционированного доступа и невозможность отслеживания доступа сотрудников к хранимым позициям;
- низкая скорость комплектования сборки: с помощью автоматизированного рабочего места комплектовщика и учетной системы нужно определить места хранения позиций, добраться до одного места хранения, набрать необходимое количество изделий, переместиться до следующего места хранения и т. д.;
- потенциальная угроза жизни и здоровью сотрудников, т. к. высота, на которую перемещались тележки, достигала 8 м.

Для устранения указанных недостатков руководством предприятия было принято решение о замене существующего складского хозяйства на автоматизированные складские комплексы (АСК) лифтового типа Kardex Shuttle XP, представляющие собой высотную конструкцию, состоящую из модулей и сконструированную по принципу наращивания вертикальных блоков. Функционально такой складской комплекс представляет собой высокую шахту лифта, спереди и сзади, которой размещены ряды динамически устанавливаемых поддонов. По запросу оператора лифт перемещается на высоту, на которой располагается требуемый поддон, экстрактор вынимает его и помещает на лифт, затем лифт движется к окну выдачи, и экстрактор выдает поддон с хранящимися на нем материалами оператору (рисунок 10). Автоматизированные складские комплексы территориально разнесены по кладовым цехов для уменьшения объема перемещения позиций между цехами и ЦКЦ. Кроме центрального комплектовочного цеха АСК представлены в заготовительном производстве и сборочных цехах (рисунок 11). Тем самым соблюдается логистический принцип перемещения места складирования к производственному участку [23, 28].



Рисунок 10 – Помещение центрального комплекточного цеха после внедрения АСК Kardex Shuttle XP



Рисунок 11, а. Складской комплекс в комплектации заготовительного производства

Рисунок 11, б. Складской комплекс в комплектации сборочного цеха

Большой объем грузопотока между цехами, обусловленный широкой номенклатурой как позиций собственного изготовления, так и применяемым инструментом, требует высокой скорости обработки заявок на комплектацию, что является затруднительным при работе с АСК лишь в ручном (механизированном) режиме, т. к. при этом не исключаются этапы поиска места хранения позиции и вызова нужного поддона. Также не исключается влияние человеческого фактора, неизбежно приводящего к ошибкам комплектования. По этой причине для достижения высокого эффекта от внедрения АСК необходимо использовать автоматизированные системы управления (АСУ) складскими комплексами.

Современные автоматизированные складские комплексы Kardex Shuttle XR представляют собой программно-аппаратные решения, состоящие из складского оборудования и автоматизированных систем управления складом. Подобные комплексы могут поставляться в различных вариантах комплектации [16]:

- с полностью ручным управлением;
- с ручным управлением и ведением базы данных о хранимых артикулах в памяти складского комплекса;
- совместно с автоматизированной системой управления складским комплексом;
- с предоставлением протоколов управления складскими комплексами.

Успешное внедрение автоматизированных систем управления АСК позволяет оптимизировать процесс управления площадью, выделяемой для хранения материалов и комплектующих изделий, повышает производственную культуру хранения и способствует организации эффективной системы складского учета. Особенностью внедрения АСК на АО «НПП «Радиосвязь» является разработка собственной АСУ складским комплексом, обеспечивающей интеграцию АСК в единое информационное пространство предприятия. Стандартное решение, поставляемое производителем АСК Kardex Shuttle XR, отличалось завышенной стоимостью, не обладало должным

функционалом и не отвечало предъявляемым требованиям по масштабируемости. Кроме того, его использование привело бы к избыточности информационной инфраструктуры предприятия, т. к. предоставляемый функционал стандартной АСУ уже был реализован в используемых на предприятии системах управления складами, взаимодействующих с системой оперативного производственного планирования. Также внедрение нового стороннего программного обеспечения, разработанного по принципам, не согласующимся со стратегией автоматизации, принятой на АО «НПП «Радиосвязь», повлекло бы за собой появление «узких» мест в ЕИП и привело к внеочередному переобучению персонала. Таким образом, для «бесшовной» интеграции приобретенных АСК в единое информационное пространство предприятия было принято решение о проектировании и разработке собственной АСУ складскими комплексами Kardex Shuttle XP.

Первоочередная задача, которую следует решить перед проектированием и разработкой АСУ, – проведение обследования процессов предметной области внедрения автоматизированной системы и выявление критичных функциональных требования к АСУ. В рассматриваемом случае такие требования свелись к обеспечению совместимости с уже существующей информационной инфраструктурой складского хозяйства. Необходимо было реализовать работу с заданием на комплектацию, обеспечить возможность работы с разделенными сетями: сеть АСК должна быть отделена от информационной сети предприятия с целью обеспечения надежности работы как АСК, так и системы оперативного планирования производства. Разработанная автоматизированная система управления складскими комплексами отвечает перечисленным требованиям и архитектурно состоит из сервера, управляющего АСК, который подключен к двум информационным сетям: сети, в которой располагается сервер СУБД, где хранится информация о заданиях на комплектацию, и сети склада (рисунок 12).

На приведенной на рисунке 12 архитектуре можно выделить [17]:

- базу данных, используемую для хранения информации об АСК и заданиях на комплектацию сборок, располагающуюся на сервере заданий на комплектацию;
- серверное приложение, предназначенное для управления АСК, обеспечивающее автоматизацию процесса выполнения заданий;
- библиотеку команд и обмена с СУБД, предназначенную для реализации функции отправки команд управляемым устройствам в соответствии с заданными алгоритмами и коммуникации с системой управления базой данных.

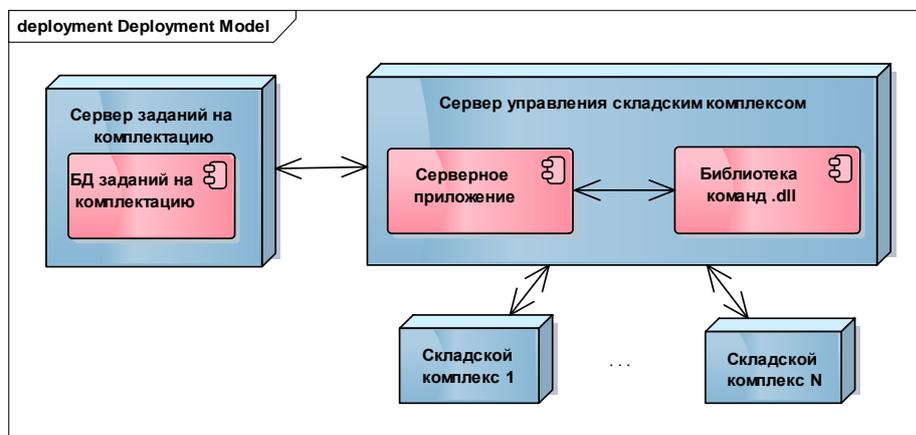


Рисунок 12 – Архитектура автоматизированной системы управления складскими комплексами

Первоначально цель работы заключалась в том, чтобы автоматизировать процесс учета ТМЦ, перейдя от бумажных карточек к автоматизированным рабочим местам (АРМ), внося прозрачность в жизненный цикл ТМЦ и обеспечив контролирующего инженера оперативной информацией. В процессе реализации проекта разработанная система упростила взаимодействие между кладовщиками и материальным сектором (бухгалтерия) за счет упрощения контроля над подотчетными ТМЦ и автоматизации формирования документов по их списанию. Также технологи цехов получили доступ к базе цеховой и межцеховой номенклатуре используемого в создании технологических процессов инструмента.

3 Разработка и внедрение автоматизированной системы управления складом

3.1 Проектирование логической структуры и реализация автоматизированной системы управления складскими комплексами

Основными объектами при разработке архитектуры АСУ являются библиотека команд и серверное приложение для обмена данными с СУБД и организации бесшовной интеграции в ЕИП предприятия. Остальные элементы представляют собой типовые решения, поставляемые производителем АСК, разработчиками СУБД или решения, уже разработанные и внедренные в производственный процесс. Разработанное унифицированное библиотечное решение является интегрирующим звеном между аппаратурой (АСК) и информационными системами, отвечающими за обеспечение процессов учета комплектующих изделий, деталей и сборочных единиц. Работа по ее проектированию и реализации была проведена отделом АСУП предприятия с привлечением сотрудников Сибирского федерального университета. Результат работы представляет собой системное приложение, устанавливаемое на ЭВМ, подключенную к локальной сети с расположенными в ней сервером СУБД и АСК.

Исходя из приведенной на рисунке 12 архитектуры, основным объектом разработки АСУ СК является библиотека команд для обмена данным с СУБД и реализации алгоритмов управления СК. Остальные элементы АСУ СК представляют собой типовые решения, поставляемые производителями СК, разработчиками СУБД или решения, уже разработанные и внедренные в производственный процесс.

Сформируем и рассмотрим программную структуру библиотеки команд, разработанную для реализации АСУ СК лифтового типа Kardex Shuttle XP [6]. Логическая структура проектируемой библиотеки в виде диаграммы классов приведена на рисунок 13.

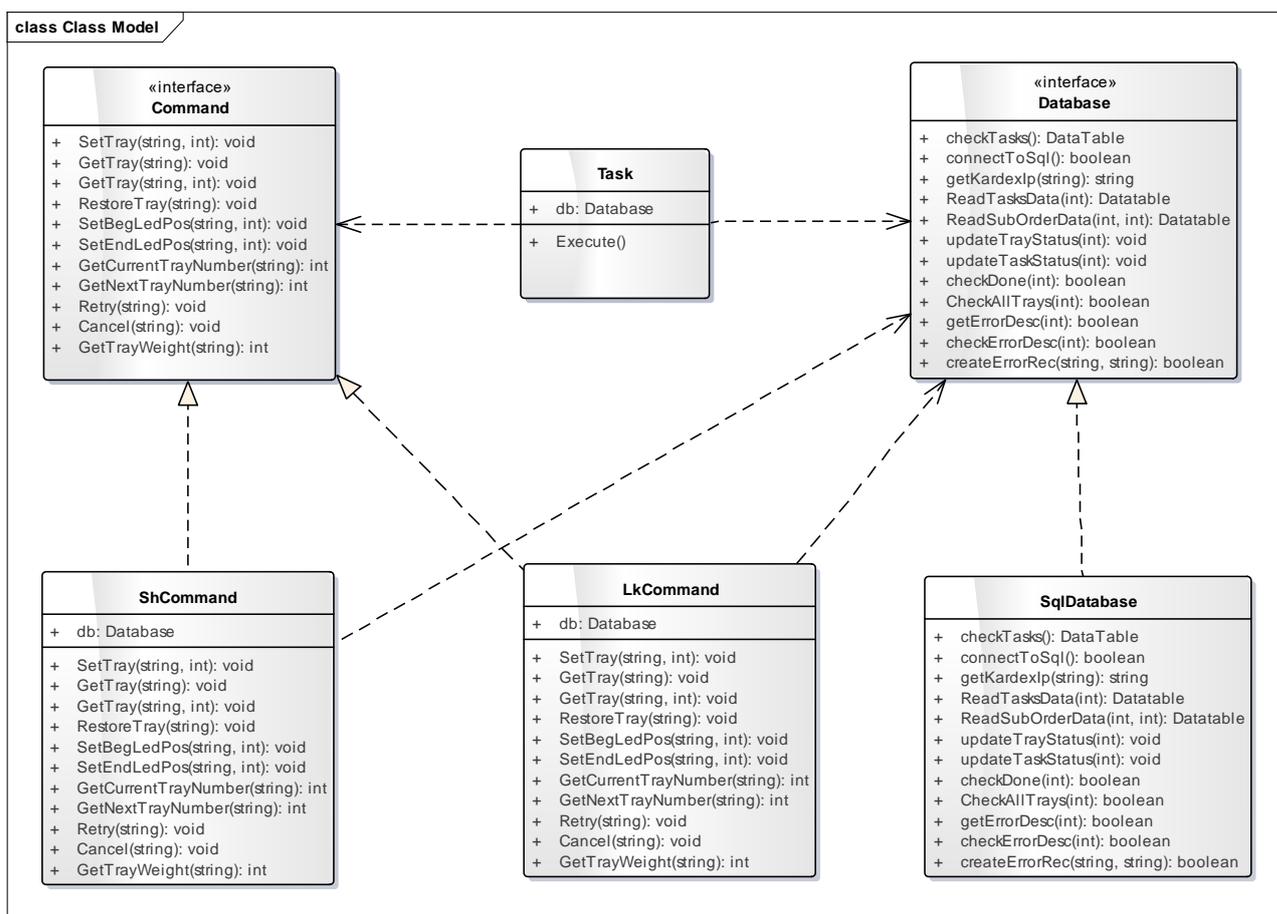


Рисунок 13 – Логическая структура библиотеки сервера управления складскими запасами

Каждый из классов содержит методы, обеспечивающие реализацию конкретных задач, связанных с автоматизацией работы складского комплекса. Рассмотрим состав классов, примененных для управления СК.

Классы ShCommand и LkCommand реализуют методы:

- public void SetTray(string ipAddr, int trayNum) – выполняет запись номера требуемого поддона в устройство с ip-адресом, передаваемым в аргументе;
- public void GetTray(string ipAddr) – производит запрос поддона в окно доступа; в окно будет выдан поддон, который был установлен командой SetTray;
- public void GetTray(string ipAddr, int trayNum) – производит запрос поддона в окно доступа; перегруженный метод;

- `publicvoidRestoreTray(stringipAddr)` – выполняет возврат поддона из окна доступа обратно в устройство;

- `publicvoidSetBegLedPos(stringipAddr, intpos)` – выполняет запись начальной позиции включаемой светодиодной подсветки для очередного поддона;

- `publicvoidSetEndLedPos(stringipAddr, intpos)` – выполняет запись конечной позиции включаемой светодиодной подсветки для очередного поддона;

- `publicintGetCurrentTrayNumber(stringipAddr)` – возвращает номер поддона, находящегося в окне доступа у устройства с ip-адресом, переданным в аргументе;

- `publicintGetNextTrayNumber(stringipAddr)` – возвращает номер поддона, который будет выдан в окно доступа устройства с ip-адресом, переданным в аргументе;

- `publicvoidRetry(stringipAddr)` – попытка выполнить предыдущую операцию; используется в случае получения какого-либо сообщения от устройства;

- `publicvoidCancel(stringipAddr)` – отмена выполнения последней операции; используется в случае получения какого-либо сообщения от устройства;

- `publicintGetTrayWeight(string ipAddr)` – возвращает вес поддона.

В классах `ShCommand` и `LkCommand` с целью поддержки масштабируемости реализованы функции для управления СК лифтового и револьверного типов. Класс `SqlDatabase` реализует следующие методы:

- `publicDatatablecheckTasks` – выполняет проверку наличия заданий в базе данных и, если таковые имеются, производится добавление элементов задания в очередь, а функция возвращает значение `true`; в противном случае возвращаемое значение – `false`;

- `publicboolConnectToSql()` – выполняет проверку доступности сервера базы данных; если подключиться к серверу удастся, то производится

инициализация контейнеров для временного хранения данных, получаемых из таблиц tasks и content_task, а возвращаемое значение в этом случае – true; если подключиться не удастся, функция возвращает false;

- publicDatatableReadConf() – выполняет считывание конфигурации управляемых устройств из таблицы kardex_conf;

- publicstringgetKardexIp(intid) – возвращает ip-адрес устройства с номером, указанным в ее аргументе, выполняя запрос к таблице kardex_conf;

- publicDatatableReadTasksData(intstorageNum) – производит считывание заданий, у которых флаг status равен «1», для устройства, номер которого указан в аргументе;

- publicDatatableReadSubOrderData(intidTask, intstorageNum) – производит считывание элементов задания из таблицы content_task; условиями для выборки являются идентификатор задания и номер управляемого устройства;

- publicvoidupdateTrayStatus(intidContent) – выполняет запись значения true в поле status таблицы content_task; вызывается после того, как номер следующего поддона был записан в АСУ СК;

- publicvoidupdateTaskStatus(intidTask) – производит запись значения «2» в поле status таблицы tasks для задания с идентификатором idTask; вызывается по завершении выполнения задания;

- publicboolcheckDone(intidContent) – проверяет наличие подтверждения окончания работы с последним элементом задания;

- publicboolcheckAllTrays(intidTask) – проверяет наличие подтверждения окончания работы для всех элементов задания;

- publicboolgetErrorDesc(intcode) – возвращает описание ошибки, код которой передается в аргументе;

- publicboolcheckErrorDesc(intcode) – выполняет проверку наличия описания ошибки с кодом, переданным в аргументе, в базе данных;

- `publicboolcreateErrorRec(stringcode, stringipAddr)` – создает в таблице-журнале запись о возникновении ошибки с кодом `code` на устройстве с `ip-адресом ipAddr`.

Данные функции реализованы в классе `SqlDatabase` для СУБД MS SQL Server, но пользователь библиотеки может выполнить реализацию данного интерфейса и для других СУБД, таких как Oracle, DB2, Firebird и т. п.

Класс `Task` содержит информацию о поддонах, на которых располагается груз, требуемый для комплектации сборки, а также методы, необходимые для выполнения задания:

- `publicvoidExecute()` – запускает выполнение задания;
- `publicvoidCancel()` – отменяет выполнение задания;
- `privateboolCheckConfirmation()` – выполняет проверку подтверждения окончания работы с поддоном;
- `privatevoidExecuteCurrentTray()` – выполняет выдачу поддона в окно.

Следуя изложенным ранее принципам проектирования, группы классов объединены в компоненты по принципу единства их смысловой нагрузки. Диаграмма компонентов, представляющая программную архитектуру АСУ СК, приведена на рисунке 14. Дугами на диаграмме показаны связи типа «зависимость», иллюстрирующие передачу управления между компонентами. Компонент `Task` зависит от `Command`, т. к. класс `Task` (рисунок 13) содержит ссылку на интерфейс `Command`. Каждый компонент в предлагаемой архитектуре представляет собой отдельную единицу сборки, т. е. при изменении программного кода требуется перекомпиляция лишь того компонента, код которого был изменен. Отметим функционал и соответствующие программные компоненты, которые периодически требуется расширять (изменять):

- команды управления СК (компонент `Command`);
- поддержка различных СУБД (компонент `Database`).

Для обеспечения расширяемости указанных компонентов используются интерфейсы `Command`(реализация команд в конкретных классах) и `Database`(реализация обмена с СУБД в конкретных классах).

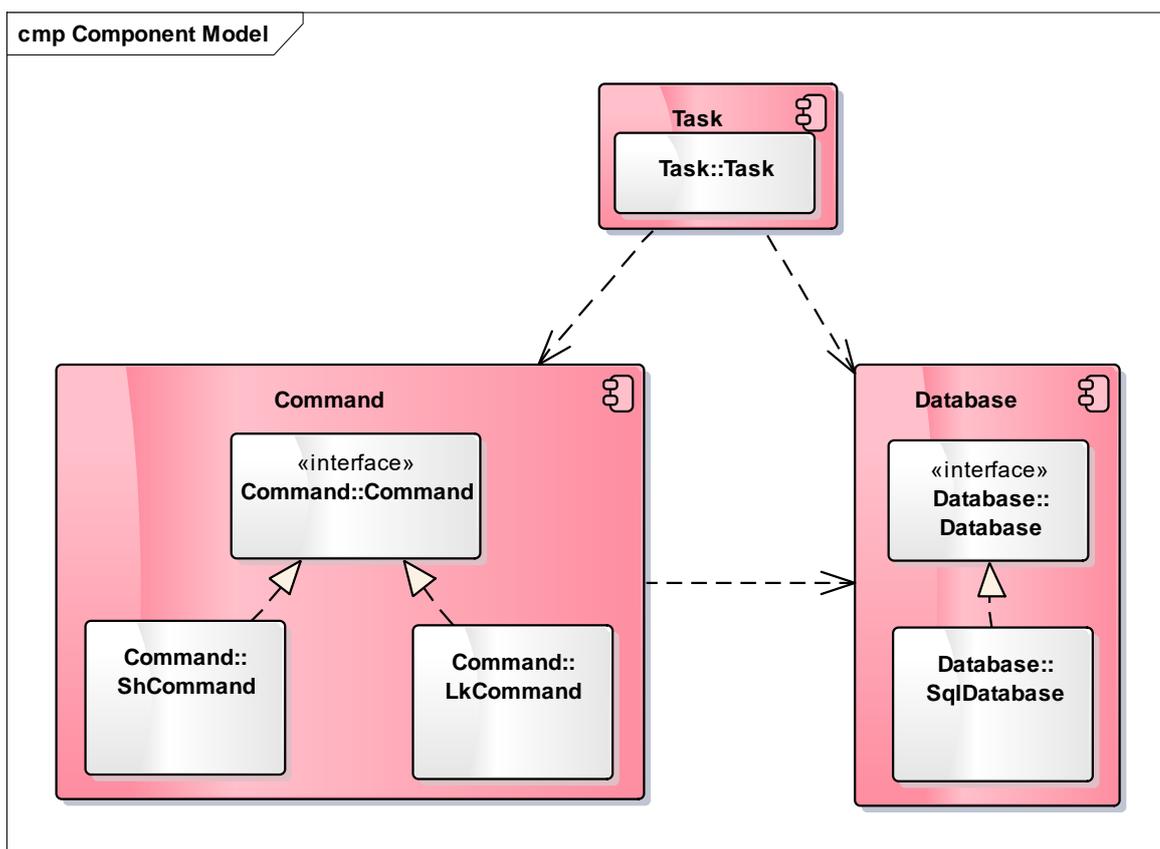


Рисунок 14 – Диаграмма компонентов АСУ СК

На рисунке 15 приведен пример работы приложения совместно со складским комплексом лифтового типа Kardex Shuttle XP. Обобщенно поведение приложения представлено на рисунке 16 в виде диаграммы состояний. В данном примере производится циклический опрос базы данных на наличие активных заданий и опрос подключенных складских комплексов на наличие сообщений. Входными и выходными данными программы является информация, считываемая и записываемая в базу данных, а также информация, полученная от АСК. С базой данных происходит обмен информацией о выполняемых заданиях и сообщениями от АСК. После запуска программы происходит обращение к базе данных и выполняется:

- восстановление некорректных записей – обновляется значение поля status;
- считывание конфигурации АСК – извлекаются данные всех столбцов таблицы конфигурирования складского комплекса.

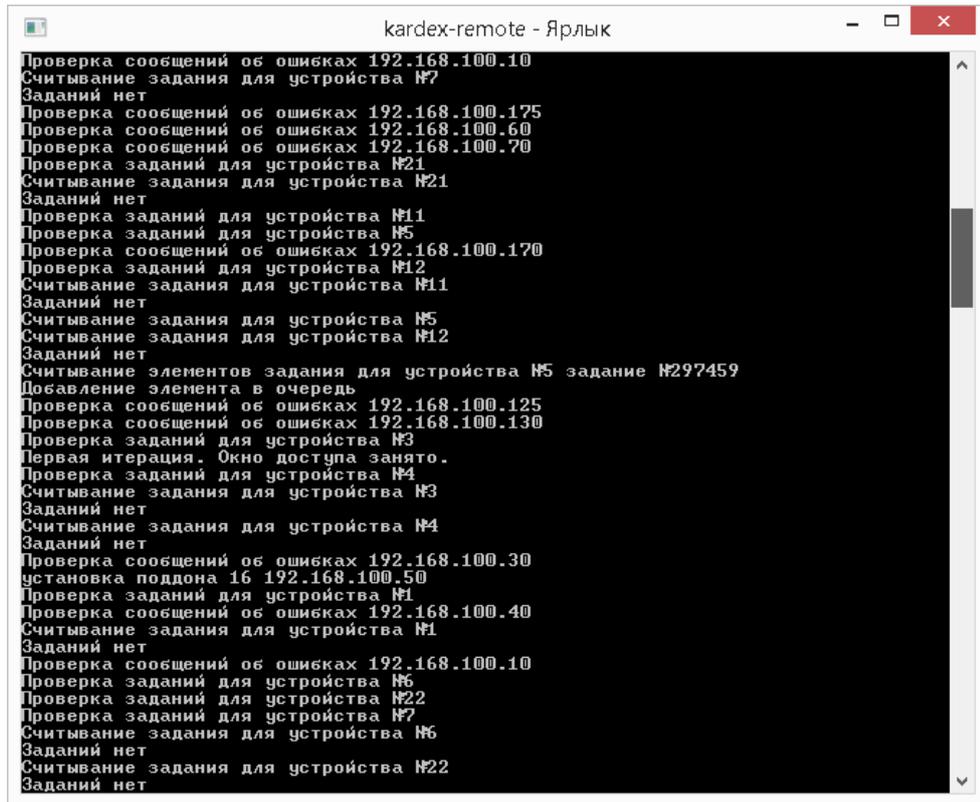


Рисунок 15 – Скриншот работы приложения совместно со складским комплексом Kardex Shuttle XP

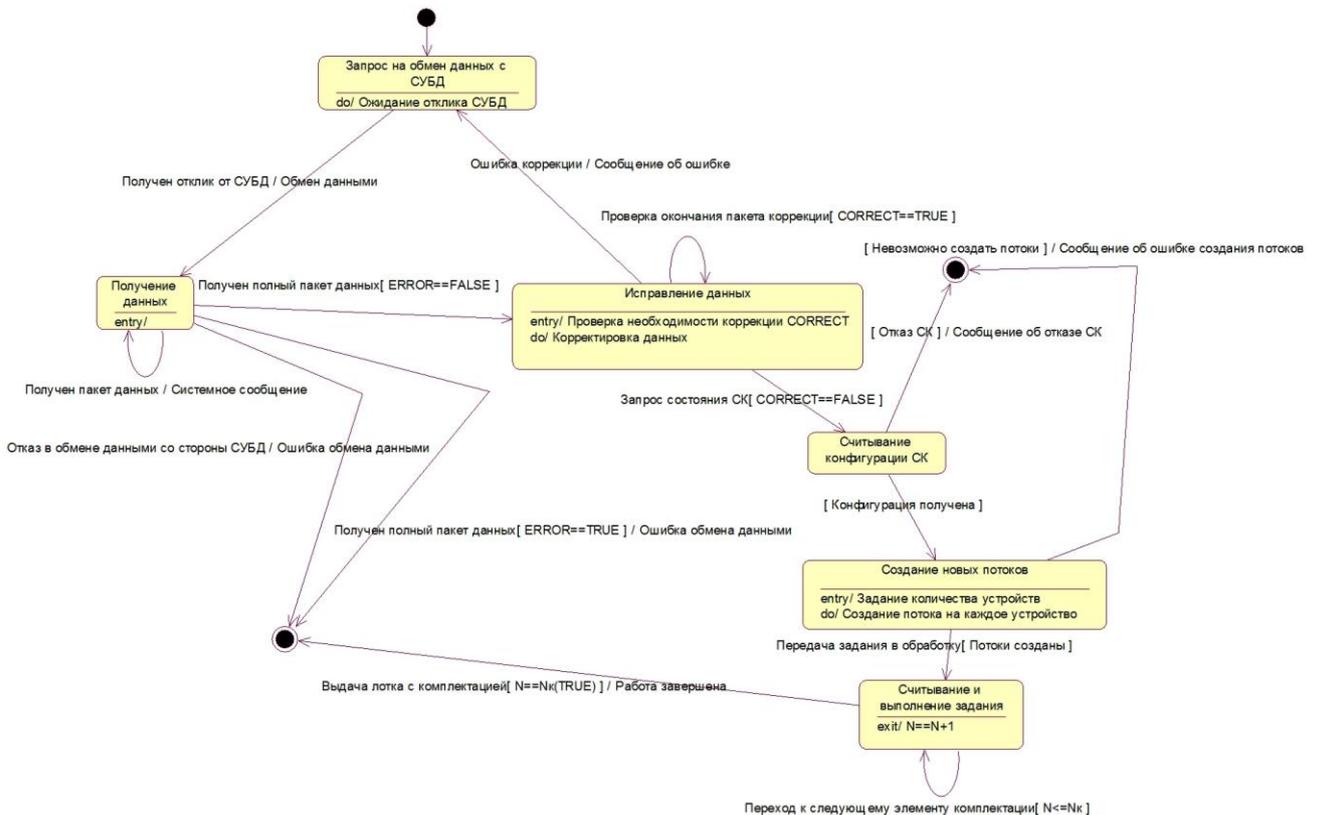


Рисунок 16 – Обобщенное поведение модуля управления АСУ СК

На каждой итерации считываются следующие данные:

- наличие заданий для устройства;
- элементов задания (если есть активные задания).

После запуска приложения происходит обращение к компоненту по обмену данными с СУБД, запускается восстановление некорректных записей в таблице данных. Некорректная информация может возникнуть из-за неправильного завершения работы модуля в результате, например, нештатного отключения питания сервера. Затем выполняется считывание конфигурации АСК. Для обеспечения параллельного выполнения заданий создаются потоки, соответствующие каждому устройству.

В каждом потоке (функция «Считывание и выполнение задания») осуществляется вход в цикл, выход из которого осуществляется при проверке флага выхода, если его значение равно true или путем закрытия программы. В цикле выполняются следующие проверки, которые используют компоненты библиотеки:

- проверка режима работы устройства (автоматическое или ручное управление);
- проверка наличия заданий в базе данных;
- проверка наличия подтверждения окончания работы с текущей позицией;
- проверка наличия ошибок, возникших на устройстве.

В случае возникновения ошибки на устройстве программа посылает сигнал подтверждения получения информации и повтора операции. Данная функция необходима для возможности возобновления работы после возникновения ошибки при отключенных панелях ручного управления. После каждой итерации производится перевод потока в режим сна на 1 секунду во избежание возникновения излишней нагрузки на сервер базы данных и управляемые устройства.

3.2 Интеграция автоматизированных складских комплексов в систему управления комплектночного цеха

На предприятии собственными усилиями был разработан и внедрен комплекс программных продуктов по автоматизации производственных процессов. В число основных программных комплексов входит система складского учета предприятия. Алгоритм работы центрального комплектночного цеха следующий: от производственного цеха поступает заявка на комплектацию, на основании которой в ЦКЦ формируется задание, содержащее перечень входящих позиций. Затем задание отдается в работу операторам АСК и выполняется в автоматическом режиме. При этом нужное количество данных позиций переводится в резерв. При выдаче сборки цеху производится списание позиций.

В соответствии с принципами комплектования разработан пользовательский интерфейс, предназначенный для операторов АСК, выполняющих комплектацию сборок. Автоматизированное рабочее место содержит следующие подсистемы, доступ к которым осуществляется с помощью кнопок, расположенных на главной панели:

- реестр документов;
- картотека;
- комплектночные карты.

В рамках выполнения проекта была добавлена подсистема выполнения заданий. Основная форма – страница ввода заданий – приведена на рисунке 17. Пользователь выбирает номер устройства (АСК) и, с помощью сканера штрих-кодов, производит ввод в текстовое поле номера задания с документа, приведенного на рисунке 18. В базе данных соответствующего задания флаг статуса принимает значение, равное единице. Предусмотрена возможность объединения нескольких заданий, если они содержат одинаковые записи. Пример группировки приведен ниже на рисунке 19.

Регистрация Главное меню Реестр документов Картотека Компл. карты Приказы Выполнить задание Поиск свободных мест

Номер шкафа

Сгруппировать несколько заказов

Рисунок 17 – Форма ввода заданий


Б УЭ 6875132
Заказ: **207330** Серия: **41**
коп. **5**
компл:

08.10.2013

Выданные позиции				Дефицит по сборке			
Место	Шифр	Обозначение	Кол	СНЗ	Обозначение	Деф	Ост
1-19-9/2	200114 Д УЭ	8240340	5	200 11Б УЭ	6463622	5	0
1-25-10/	200114 Д УЭ	9045856-03	10	200 11Б УЭ	6875128	5	0
1-25-11/	200114 Д УЭ	9045856-02	5	200 11Д УЭ	7844376-13	15	0
1-32-14/1	200114 Д УЭ	8612444	5	200 11Д УЭ	7844376-14	15	0
1-32-21/1	200114 Д УЭ	8685440-17	10	200 11Д УЭ	7844376-16	20	0
1-32-29/	200114 Д УЭ	9046168	5	200 11Д УЭ	7844376-32	10	0
1-32-30/	200114 Д УЭ	9046169	5	200 11Д УЭ	7844376-33	5	0
1-34-8/	200114 Д УЭ	8692631-02	5	200 11Д УЭ	7844376-34	5	0
1-60-8/	200114 Б УЭ	6463624	5	200 11Д УЭ	7844376-45	5	0
2-5-1/	200114 Б УЭ	6410077	5	200 11Д УЭ	8842006-22	10	0
2-8-1/	200114 Д УЭ	8610427-89	70	200 11Д УЭ	8844100-04	15	0

08.10.2013 Страница 1 из 1

Рисунок 18 – Задание на комплектацию сборки

Главное меню Реестр документов Картотека Компл. карты Приказы Выполнить задание Поиск свободных мест Выход

Номер шкафа

Сгруппировать несколько заказов

	№ шкафа	Номер задания
Удалить	3	100
Удалить	3	101

Рисунок 19 – Группировка заданий

Для группировки заданий пользователю необходимо выбрать пункт «Сгруппировать несколько заданий», после чего можно выполнять сканирование штрих-кодов документов. Задания, выбранные для группировки, отображаются в таблице, есть возможность их удаления. При нажатии кнопки

«Сгруппировать и выполнить» происходит создание нового объединенного задания и перевод его в состояние готовности к выполнению.

Далее происходит перенаправление пользователя на страницу, содержащую детальную информацию о задании. Страница приведена на рисунке 20. На странице расположены кнопки ввода, отмены, текстовое поле для ввода номера артикула и таблица с детальным отображением информации об артикулах, которые необходимо получить оператору.

С помощью сканера штрих-кодов оператор вводит номер текущего артикула, тем самым подтверждая окончание работы с ним и необходимость получения следующего в очереди заданий. Этикетка с информацией об артикуле приведена на рисунке 21.

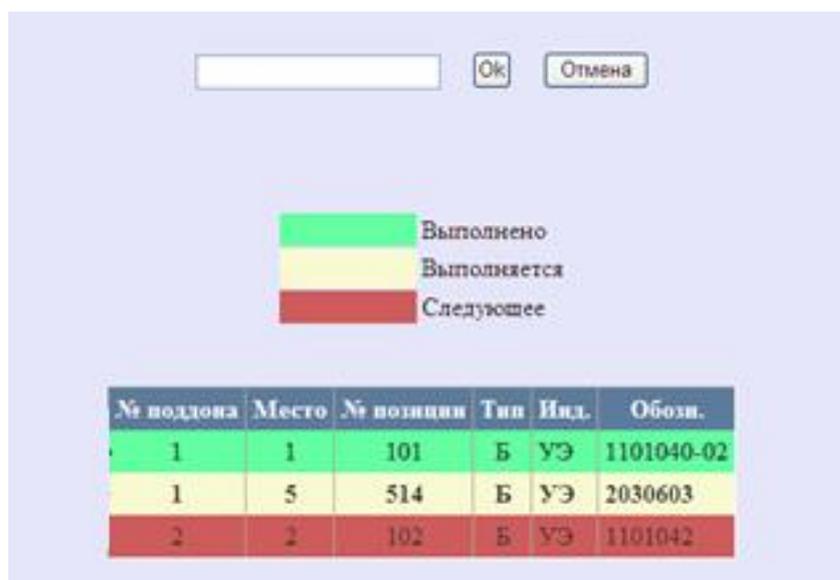


Рисунок 20 – Отображение детальной информации о задании



Рисунок 21 – Пример этикетки артикула

Для удобства работы оператора осуществляется выделение цветом строк в зависимости от статуса записи об артикуле. При вводе очередного номера, соответствующая ему строка окрашивается зеленым цветом, а следующая – желтым, показывая с каким артикулом, происходит работа, а с каким – завершена. Также предусмотрена возможность отмены задания во время его выполнения. При нажатии кнопки «Отмена» происходит сброс флага статуса у задания, экстрактор возвращает на место поддон, находящийся в окне выдачи, а пользователь перенаправляется на предыдущую форму – ввода номера задания. Для возобновления выполнения задания требуется ввести его номер сканером штрих-кодов или используя клавиатуру. Выполнение начнется с той записи, на которой оно было прервано – сохраняется состояние этапов выполнения задания.

3.3 Проектирование и реализация системы складского учета

Анализ требований к автоматизированной системе учета складских запасов уровня производственного подразделения, регламентов производственного процесса АО «НПП «Радиосвязь» и приведенных в разделе 2 диаграмм позволил сформулировать набор требований к функциональным возможностям и целевым показателям информационно-управляющей системы складского учета ТМЦ. По результатам проведенного анализа составлена диаграмма вариантов использования, отражающая концепцию разрабатываемой системы автоматизации (рисунок 22). Основные сервисы системы складского учета определены, исходя из регламентов работы системы складского хозяйства предприятия, а также пожеланий пользователей.

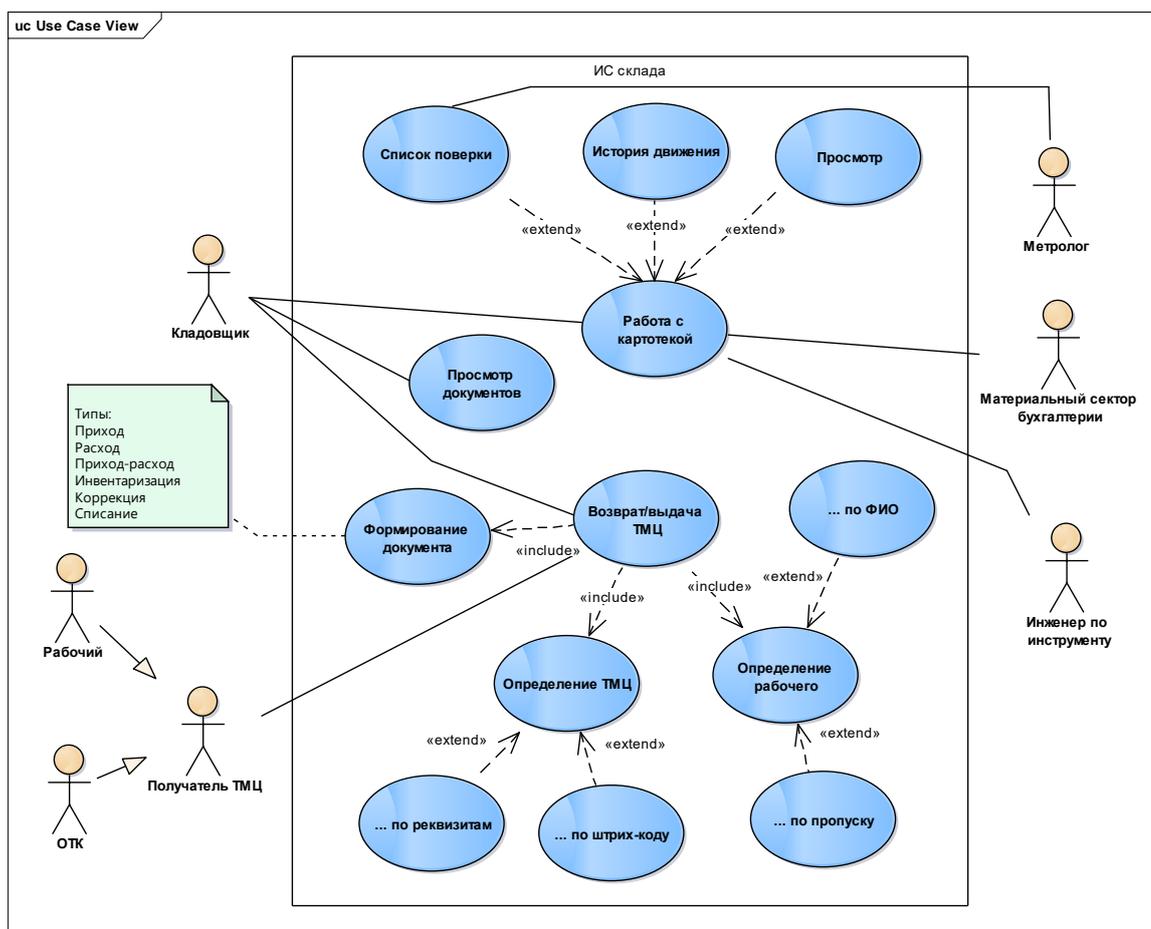


Рисунок 22 – Диаграмма вариантов использования системы складского учета уровня производственного подразделения (цеха)

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 рисунке 23 представлена диаграмма развертывания системы учета по трехуровневой схеме с использованием web-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).

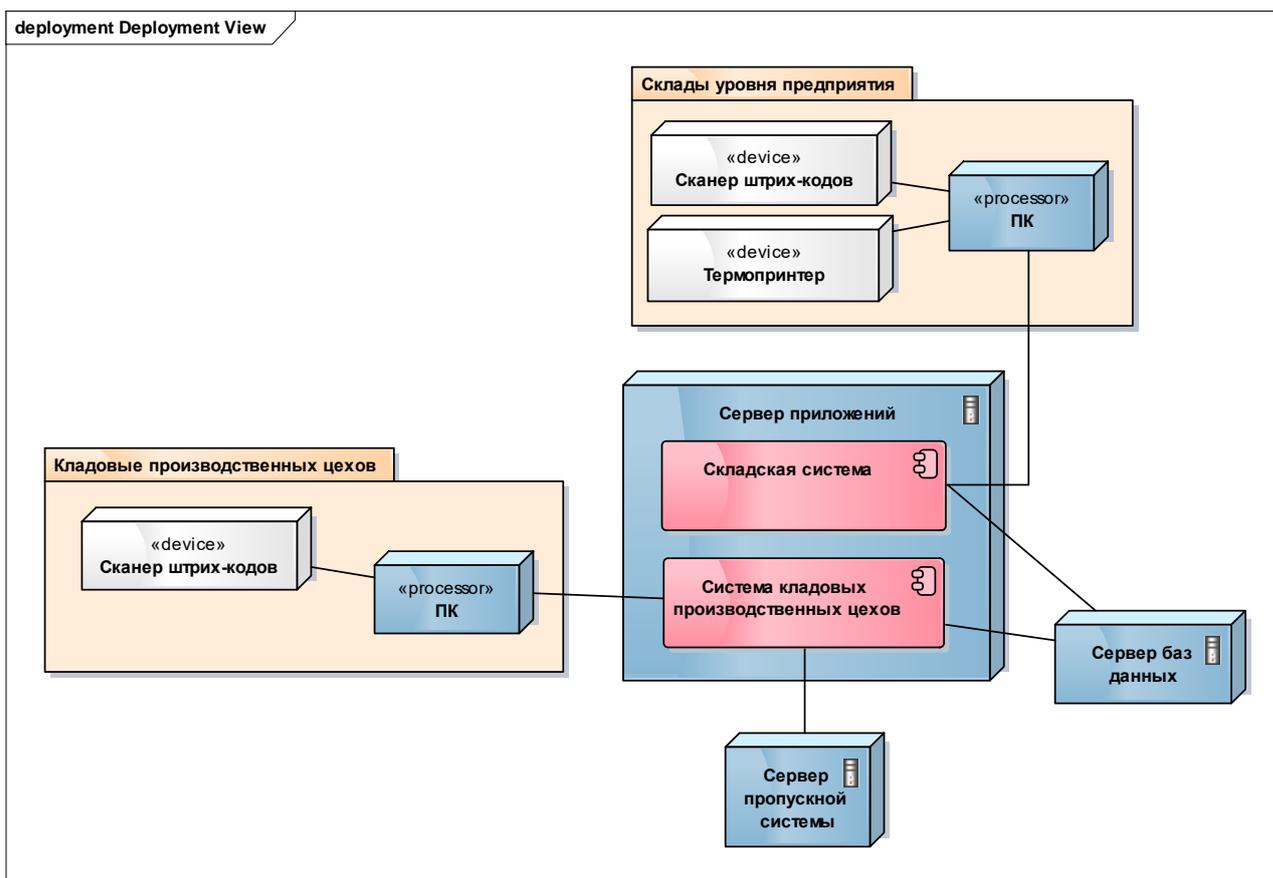


Рисунок 23 – Диаграмма развертывания интегрированной системы складского учета

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 массивов:

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

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 рисунке 24. 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 (рисунок 25) и карточек рабочих с возможностью выборки по ряду критериев. Представлена возможность идентификации ТМЦ по заводскому номеру (для поверки), управление подотчетными средствами, формирование актов, отчетов, документов и таблиц, представляющих интерес для ERP-системы предприятия (рисунок 26).

ОАО «НПС «Радиосвязь» Управління АСУП Виробничий Цех 45 Автоматизовані Системи Уродинська Пробиришнина

Документи | Інструмент (карточка) | Робітник | Справочник інструмента | Оборотні документи | Вихід

Тип	Документ №	Кому/Ог.кого	Сумма	Дата создания	Кладовщик	Дата изменения	Примечание	Статус
Расход	2273	Цех 45		17.10.2014	Сенчук Юрий Андреевич			Новый
Расход	2271	Цех 45		16.10.2014	Сенчук Юрий Андреевич	16.10.2014 12:23:03		Проведен
Расход	2270	Цех 45		16.10.2014	Сенчук Юрий Андреевич	16.10.2014 12:13:59		Проведен
Расход	2269	Цех 45		16.10.2014	Сенчук Юрий Андреевич	16.10.2014 9:22:59		Проведен
Приход	2268	Склад 19		16.10.2014	Сенчук Юрий Андреевич	16.10.2014 9:15:52		Проведен
Приход	2193	Склад 19		30.09.2014	Сенчук Юрий Андреевич			Новый
Приход	2184	Цех 45		23.09.2014	Сенчук Юрий Андреевич	23.09.2014 9:41:14		Проведен
Коррекция	2183	Цех 45		23.09.2014	Сенчук Юрий Андреевич	23.09.2014 9:36:40		Проведен
Приход	2182	Цех 45		23.09.2014	Сенчук Юрий Андреевич	23.09.2014 9:35:25	Задвоившиеся	Проведен
Коррекция	2181	Цех 45		23.09.2014	Сенчук Юрий Андреевич			Проведен
Приход	2179	Цех 45		18.09.2014	АСУП_адм			
Расход	2171	Цех 45		17.09.2014	АСУП			
Приход	2170	Цех 45		17.09.2014	АСУП			
Инвентаризация	2169	Цех 45		17.09.2014	АСУП			
Инвентаризация	2092	Цех 45		21.08.2014	Сенчук Юрий Андреевич			
Расход	2090	Цех 45		21.08.2014	Сенчук Юрий Андреевич			
Приход	2089	Цех 45		21.08.2014	Сенчук Юрий Андреевич			
Приход	1995	Цех 45		06.08.2014	Сенчук Юрий Андреевич			
Коррекция	1954	Цех 45		06.08.2014	АСУП			
Инвентаризация	1798	Цех 45		25.07.2014	Сенчук Юрий Андреевич			
Расход	1723	Цех 45		14.07.2014	Сенчук Юрий Андреевич			
Приход	1678	Склад 19		10.07.2014	Сенчук Юрий Андреевич			
Расход	1664	Цех 45		09.07.2014	Сенчук Юрий Андреевич	17.09.2014 14:35:58		Проведен
Инвентаризация	568	Цех 45		28.05.2014	Сенчук Юрий Андреевич	09.07.2014 10:14:02	Метчики	Проведен
Инвентаризация	534	Цех 45		20.05.2014	Сенчук Юрий Андреевич	09.07.2014 10:14:50	Сверла	Проведен

Карточка инструмента

Шифр	Стеллаж	Место	Подместо	Остаток	На руках	Всего
00020303571				1	2	3
Наименование	Марка	Профиль	Размер	Сортам		
НОЖИЦЫ	KRAFTOOL		190	УСИЛЕННЫЕ		
Работник		Количество на руках				
Яковичка С.И.				1		
Гоголева Т.В.				1		

Приход | Расход | Приход-расход | Инвентаризация | Списание в подотчет | Коррекция

id_element	Шифр	Кол	Цена	Сумма	Наименование	Марка	Проф	Размер	Сортам	Остаток	Кому/Ог.кого	Ед	Стоп	Плн	Мст	Подотч	ПКИ	Подотч_цена
1478	00020402216	1	30190,68	30190,68	ПАЯЛЬНАЯ СТАНЦИЯ	WX-2020			К-ТЕ ДВА ПАЯЛЬНИКА WXР-120	0	Алейникова Г.Г.	шт	Да	Нет				26 508,48
1478	00020402216	1	30190,68	30190,68	ПАЯЛЬНАЯ СТАНЦИЯ	WX-2020			К-ТЕ ДВА ПАЯЛЬНИКА WXР-120	0	Высочин Н.И.	шт	Да	Нет				26 508,48
1478	00020402216	1	30190,68	30190,68	ПАЯЛЬНАЯ СТАНЦИЯ	WX-2020			К-ТЕ ДВА ПАЯЛЬНИКА WXР-120	0	Зайцева В.И.	шт	Да	Нет				26 508,48
1478	00020402216	1	30190,68	30190,68	ПАЯЛЬНАЯ СТАНЦИЯ	WX-2020			К-ТЕ ДВА ПАЯЛЬНИКА WXР-120	0	Оскоина И.Б.	шт	Да	Нет				26 508,48
1478	00020402216	1	30190,68	30190,68	ПАЯЛЬНАЯ СТАНЦИЯ	WX-2020			К-ТЕ ДВА ПАЯЛЬНИКА WXР-120	0	Тушина Т.А.	шт	Да	Нет				26 508,48
1478	00020402216	1	30190,68	30190,68	ПАЯЛЬНАЯ СТАНЦИЯ	WX-2020			К-ТЕ ДВА ПАЯЛЬНИКА WXР-120	0	Шашкина М.	шт	Да	Нет				26 508,48
1478	00020402216	1	30190,68	30190,68	ПАЯЛЬНАЯ СТАНЦИЯ	WX-2020			К-ТЕ ДВА ПАЯЛЬНИКА WXР-120	0	Мальцева Е.П.	шт	Да	Нет				26 508,48
2521	00020402212	1	21978,81	21978,81	ПАЯЛЬНАЯ СТАНЦИЯ	WX-1012			К-ТЕ С ПОЛЯНИКОМ WXР5. ИМПОРТ	0	Хайрулина О.В.	шт	Нет	Нет				

Рисунок 24 – Web-интерфейс рабочего места оператора информационно-управляющей системы складского учета

Карточка инструмента						
Шифр	Стеллаж	Место	Подместо	Остаток	На руках	Всего
00020303571				1	2	3
Наименование	Марка	Профиль	Размер	Сортам		
НОЖИЦЫ	KRAFTOOL		190	УСИЛЕННЫЕ		
Работник		Количество на руках				
Яковичка С.И.				1		
Гоголева Т.В.				1		

Приход | Расход | Приход-расход | Инвентаризация | Списание в подотчет | Коррекция

Рисунок 25 – Электронная карточка ТМЦ

Код документа	Номер документа	Дата			Код подотчетного лица			Код операции	Код балансового счета	
		Число	Месяц	Год	Склад, цех	Секция, кладовая	Кладовщик, мастер			
	2 271	16	10	2014				56		
Номер паспорта	Код приняты списания	Наименование товарно-материальной ценности			Код (обозначение)	Номер операции	Единица измерения	Количество	Цена	Сумма
		ПАЯЛЬНАЯ СТАНЦИЯ			00020402216			1		26 508,48
		СВЕРЛО ЦИЛИНДР.			00020201219			1		
		СВЕРЛО ЦИЛИНДР.			00020201168			1		
		СВЕРЛО ЦИЛИНДР.			00020201170			1		
		ОТВЕРТКА			00020303414			1		
		ОТВЕРТКА			00020303421			1		
		ШТАНГЕНГЛУБИНОМЕР			00020101056			3		

Рисунок 26 – Фрагмент выходного массива информации автоматизированной системы складского учета для формирования используемых на предприятии

4 Оценка качества разработанных решений и эффективности их внедрения в производственный процесс АО «НПП «Радиосвязь»

4.1 Оценка качества разработанного программного обеспечения

Проведем оценку компонентов спроектированной библиотеки АСУ СК. Для оценки качества применим следующие метрики [29,30]:

- H (сцепленность по связям) – среднее число внутренних связей одного класса, входящего в компонент. Если R – число связей класса, не выходящих за пределы компонента (то есть соединяющих его с классами в том же компоненте), N – общее число классов в компоненте, то

$$H = \frac{R + 1}{N}$$

характеризует связь пакета со всеми своими классами. Дополнительная единица нужна для того, чтобы эта величина не обращалась в 0 при $N = 1$;

- C_a (входящая связность) – вычисляется как количество классов из других компонентов, которые зависят от классов в данном компоненте. Эти зависимости представляют собой такие отношения между классами, как обобщение (наследование) и ассоциация;

- C_e (исходящая связность) – вычисляется как количество классов из других компонентов, от которых зависят классы в данном компоненте;

- A (абстрактность, или общность) – вычисляется как отношение числа абстрактных классов или интерфейсов в компоненте к общему числу классов или интерфейсов в нем же:

$$A = \frac{N_a}{N};$$

- I (неустойчивость) – вычисляется, как отношение входящей связности к суммарной связности:

$$I = \frac{C_e}{C_e + C_a};$$

- D (расстояние от главной последовательности) – характеризует расстояние компонента от главной последовательности (прямая, описываемая уравнением вида: $A + I = 1$, ориентировочный диапазон изменения величины – $0 \div 0,7$):

$$D = \left| \frac{A + I - 1}{\sqrt{2}} \right|;$$

- D' (нормированное расстояние от главной последовательности) – метрика D , приведенная к диапазону $[0, 1]$:

$$D' = |A + I - 1|.$$

Значения метрик были определены для каждого из трех компонентов разработанной архитектуры. Результаты оценки приведены в таблице 1. Анализ проводится как до этапа разработки программного кода, так и во время его создания для отслеживания динамики характеристик.

Таблица 1 – Оценка качества разработанной архитектуры

Компонент	Метрика									
	N	A	C_a	C_e	R	H	I	A	D	D'
Task	2	0	1	0	1	1	0,0	0,00	1,40	1,00
Command	4	1	2	1	2	1	0,3	0,25	0,32	0,45
Database	2	1	3	0	1	1	0,0	0,50	0,35	0,50

Результаты оценки позволяют сделать вывод, что предложенная компонентная архитектура АСУ СК сбалансирована и отвечает изначально обозначенным требованиям. Стоит также отметить, что компонент Task получился не расширяемым, что является его существенным недостатком, однако задача расширения данного пакета не предусматривалась ввиду отсутствия изменений алгоритма процесса комплектации сборок в долгосрочной перспективе.

4.2 Оценка эффективности автоматизации складского хозяйства

Одной из главных проблем при внедрении автоматизированных программно-аппаратных систем являются высокие материальные затраты на приобретения такого рода устройств, а также возможная высокая стоимость их владения в дальнейшем. В отличие от программных систем автоматизации документооборота, PDM-систем, систем оперативного производственного планирования, корпоративных систем управления предприятием, положительный эффект от внедрения автоматизированных складских комплексов очевиден, но при этом требуется его количественная оценка. Кроме того, следует определить, насколько улучшаются характеристики процессов производственного и управленческого учета, повышается эффективность использования АСК при его включении в ЕИП предприятия. Исходя из этого возможно оценить эффект от разработки собственной автоматизированной системы управления складским комплексом, что, собственно, и является предметом исследования.

В таблице 2 приведены основные сравнительные показатели эффективности работы складского хозяйства АО «НПП «Радиосвязь» до и после внедрения АСК [17, 31].

Таблица 2 – Показатели эффективности работы складского хозяйства
АО «НПП «Радиосвязь»

Показатель эффективности работы склада	До автоматизации	После внедрения АСК	После внедрения АСУ складским комплексом
Годовой грузопоток склада (Q), ед./год	1481373	1961309	2816941
Емкость склада (E), ед.	2431954	2 919 866	2 919 866
Срок хранения запасов на складе (t_{xp}), сутки	30	22	17
Число суток работы склада в году (T_r), сутки	298	307	315
Грузооборот наиболее напряженного месяца ($Q_{мес.мах}$), ед./месяц	186618	233551	341944
Средний месячный грузопоток (Q_c), ед./месяц	51436	143442	234745
Коэффициент полезного использования объема склада, %	20	80	80
Коэффициент неравномерности загрузки склада ($\gamma = 1 - Q_c/Q_{мес.мах}$), %	72	39	31

Анализ приведенных в таблице 2 данных показывает, что резервы рациональной организации складской работы заключаются в оптимизации общей площади склада, создании эффективной системы складского учета и рациональной организации рабочего места кладовщиков. Все эти факторы должны быть учтены при внедрении автоматизированных складских комплексов и их интеграции в корпоративную систему управления предприятием. Следует учитывать, что общая концепция создания складской системы должна быть экономичной, что означает организацию процессов планирования и функционирования складского хозяйства для реализации интересов предприятия в целом. При этом возможно снижение затрат на внедрение автоматизированной системы управления складом за счет ее реализации собственными силами, учитывая положения принятой на предприятии стратегии создания единого информационного пространства.

Внедрение автоматизированных складских комплексов на предприятии АО «НПП «Радиосвязь» позволило:

- обеспечить рациональное планирование объема складского пространства при выделении рабочих зон, что способствовало снижению затрат и усовершенствованию процесса комплектования производственного заказа покупными комплектующими изделиями;

- реализовать эффективное использование складского пространства при расстановке АСК, что позволило увеличить плотность хранения на складе и улучшить условия труда (внедрение АСК позволило сократить занимаемую складским оборудованием площадь на 75 %);

- использовать универсальное оборудование, выполняющее различные складские операции, что дало существенное сокращение парка складского оборудования;

- минимизировать маршруты внутрискладской перевозки с целью сокращения эксплуатационных затрат и увеличения пропускной способности склада.

Внедрение автоматизированной системы управления складским комплексом в дополнение к перечисленным выше эффектам позволило достичь максимального использования возможностей информационной системы оперативного производственного планирования, что значительно сократило время и затраты, связанные с документооборотом и обменом информацией, комплектованием производственных заказов. Кроме того, разработанная архитектура АСУ, в которой складские комплексы находятся в собственной информационной подсети, отделенной от сервера заданий на комплектацию, позволила реализовать разграничение доступа к информации о производственном планировании, что положительно сказалось на стабильности и надежности работы системы оперативного производственного планирования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Внедрение автоматизированных систем управления складскими комплексами повышает эффективность управления товарно-материальными ценностями, вносит прозрачность в учетные процессы, протекающие на уровне производства. Появляется возможность произвести интеграцию процессов складского учета в производственный процесс и организовать систему планирования запасов предприятия. Но при этом внедрение программно-аппаратных решений от одного производителя влечет за собой высокие финансовые затраты и не избавляет от необходимости доработки покупной автоматизированной системы управления под специфику конкретной предметной области. Кроме того, если идет речь об интеграции приобретаемого автоматизированного складского комплекса в единое информационное пространство предприятия, то проблема такой интеграции, как правило, не решается поставщиком складского оборудования.

Предложенный в магистерской диссертации подход к автоматизации складского хозяйства заключается в проведении первоначального обследования существующей информационной инфраструктуры предприятия, определении ключевых технологий и программных платформ, на основе которых реализуется единое информационное пространство, проектировании и реализации архитектуры автоматизированной системы управления складским комплексом в составе унифицированных программных компонентов, обладающих требуемым поведением, и формировании программного решения в виде библиотеки автоматизированной системы управления складским комплексом. В разработанном для АО «НПП «Радиосвязь» библиотечном решении реализован способ комплектования сборок, заключающийся в формировании списка очередности вызова поддонов складского комплекса согласно составу сборки, месторасположению позиций в складском комплексе и циклическим опросом подтверждения перехода к следующему поддону. Такой подход позволяет обеспечить стабильность работы склада, добиться

унификации и высокой масштабируемости автоматизированной системы управления, что дает возможность расширять набор управляющих команд при использовании СУБД и складских комплексов различных типов или производителей. Модульная архитектура АСУ позволяет обеспечить выполнение требований по разграничению доступа, информационной надежности и безопасности путем разделения вычислительных сетей. Эффективность реализации такого подхода подтверждается показателями работы корпоративной системы учета и планирования ресурсов, фиксирующей резкое снижение трудоемкости и времени комплектования производственного задания, вероятности появления ошибок, обусловленных человеческим фактором.

Разработка и внедрение систем складского учета в рамках автоматизации логистических складских процессов с использованием автоматизированных систем управления складскими комплексами 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. Спроектированная и разработанная автоматизированная система управления складом уровня цеха апробирована на предприятии 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 ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Томпкинс, Джеймс. Настольная книга управляющего складом / Джеймс Томпкинс. – СПб.: Питер, 2006. – 890 с.
2. Афанасенко, И. Д., Борисова, В. В. Экономическая логистика: Учебник для вузов. – СПб.: Питер, 2013. – 432 с.: ил.
3. Логистика: учеб. пособие / Сост. Т. Б. Оберт; Саратов. гос. ун-т. – Саратов: Изд-во «Саратовский источник», 2013. – 54 с.
4. Морозов, О. Б. Основы логистической теории в практике успешного ведения современного бизнеса: спец. курс. [Электронный ресурс] – Электрон. дан. – СПб.: Факультет ПМ-ПУ Санкт-Петербург. гос. ун-та, 2002-2015. URL: <http://www.apmath.spbu.ru/ru/education/courses/special/olt.html>, свободный. Загл. с экрана. – Яз. рус., англ., китай. Дата обращения: 15.06.2017.
5. Гаджинский, А. М. Логистика / А. М. Гаджинский. – М.: Дашков и К, 2012. – 484 с.: ил.
6. Левина, Т. В. Основы логистики: учеб. пособие в 2 модулях. – Модуль 1. / Т. В. Левина; Фак-т бизнеса и менеджмента НИУ ВШЭ. – М.: НИУ ВШЭ, 2015. – 40 с.
7. Кузнецова, М. Н. Проблемы складского хозяйства на предприятии / М. Н. Кузнецова, А. С. Васильева // Наука в центральной России. – 2012. – № 1S. – С. 14-16.
8. Неруш, М. Ю. Логистика: учебник и практикум для СПО / Ю. М. Неруш, А. Ю. Неруш. – М.: Изд-во Юрайт, 2016. – 559 с.
9. Ложечник, Е. А. Оптимизация складского комплекса предприятия на основе рационализации и автоматизации основных процессов / Е. А. Ложечник // Транспортное дело России. – 2010. – № 3. – С. 22-25.
10. Автоматизированные складские системы [Электронный ресурс] : Википедия. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/автоматизированные_складские_системы.

11. Безотосная, Ольга. Ключевые тенденции в разработке WMS: спрос рождает предложение / Ольга Безотосная // Логистика. – 2014. – № 8. – С. 10–13.
12. Подлесный, Владимир. Применение WMS на складах при производствах / Владимир Подлесный, Екатерина Аракелян // Логистика. – 2013. – № 10. – С. 20–21.
13. Основы логистики: Учеб. пособие / Под ред. Л. Б. Миротина и В. И. Сергеева. – Москва.: ИНФРА-М, 2000. – 200 с.
14. Лифтовые автоматизированные складские системы [Электронный ресурс] : Официальный сайт компании Компания инноваций и технологий. – Режим доступа: <http://www.kiit.ru/katalog/avtomatizirovannye-sklady/liftovye-sklady/> (дата обращения: 12.05.2017).
15. Автоматизированные складские системы Kardex [Электронный ресурс] : Официальный сайт компании Kardex. – Режим доступа:<http://www.kardex-remstar.ru/ru/home-kardex-remstar-ru.html> (дата обращения: 12.05.2017).
16. Вертикальная подъемная система KardexRemstarShuttle XP [Электронный ресурс] / KardexRemstar. – Режим доступа: http://www.kardex-remstar.ru/fileadmin/user_upload/kardex-remstar/pdf-new-03-2012/ru/Kardex_Remstar_ShuttleXP_RU_low.pdf (дата обращения: 12.05.2017).
17. Чемидов, И. В. АСУ складским комплексом как элемент единого информационного пространства приборостроительного предприятия / И. В. Чемидов, Д. В. Капулин, М. А. Казанцев, Н. Н. Джигоева // Автоматизация в промышленности. – М.: Инфоавтоматизация, 2016. – №11. – С.27–30.
18. Информационная поддержка организации производства изделий радиоэлектронной аппаратуры на предприятии ОАО «НПП «Радиосвязь» / Р. Г. Галеев, В. Г. Коннов, М. А. Казанцев, С. В. Ченцов // Журнал Сибирского федерального университета. Техника и технологии. – 2014. – Т. 7 № 7. – С. 758–766.

19. Судов, Е. В. Концепция развития CALS-технологий в промышленности России / Е. В. Судов, А. И. Левин. – М.: НИЦ CALS-технологий «Прикладная логистика», 2002. – 102 с.

20. База данных о ведущих системах WMS и их разработчиках [Электронный ресурс] :Институт товародвижения и логистики Fraunhofer – Режим доступа: <http://www.warehouse-logistics.com/3/3/wms-online-selection.html> (дата обращения: 12.05.2017).

21. Казанцев, М. А. Интеграция автоматизированных складских комплексов в информационную систему предприятия радиоэлектронной промышленности / М. А. Казанцев, А. И. Легалов, И. В. Чемидов // Журнал Сибирского федерального университета. Техника и технологии. – 2014. – Т. 7 № 2. – С. 222–228.

22. Система управления складом [Электронный ресурс] : Википедия. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/WMS> (дата обращения: 12.05.2017).

23. Дыбская, В. В. Управление складированием в цепях поставок / В. В. Дыбская. – М.: Издательство «Альфа-Пресс», 2014. – 720 с.

24. Гаврилов, Д. А. Управление производством на базе стандарта MRP II / Д. А. Гаврилов. – СПб.: Питер, 2002. – 320 с.

25. Галеев, Р. Г. О работах ФГУП «НПП «Радиосвязь» в области спутниковой связи и навигации / Р. Г. Галеев, В. В. Югай, В. Г. Коннов // Современные проблемы радиоэлектроники. Красноярск: Сиб. федер. ун-т. – 2011. – С. 3–9.

26. Швацкий, А. В. Методы построения системы электронного документооборота неучтенной конструкторской документации на предприятии радиоэлектронной промышленности / А. В. Швацкий, М. А. Казанцев, Д. В. Капулин // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: техника и технологии – Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2014. – Т. 7. – №7 – С. 767–778.

27. Кульга, К. С. Автоматизация технической подготовки и управления производством на основе PLM-системы / К. С. Кульга. – М.: Машиностроение, 2008. – 265 с.
28. Миротин, Л. Б. Логистика, технологии, проектирование складов, транспортных узлов и терминалов / Л. Б. Миротин, А. В. Бульба, В. А. Демин. – Ростов н/Д.: Феникс, 2009. – 408 с.
29. Тепляков, С. В. Паттерны проектирования на платформе .NET / С. В. Тепляков. – СПб.: Питер, 2015. – 320 с.
30. Мартин, Р. Принципы, паттерны и методики гибкой разработки на языке C# / Р. Мартин, М. Мартин. – Принципы, паттерны и методики гибкой разработки на языке C#. – Пер. с англ. – СПб.: Символ-Плюс, 2011. – 768 с.
31. Kapulin, D V. The design of the automated control system for warehouse equipment under radio-electronic manufacturing / D. V. Kapulin, I. V. Chemidov, M. A. Kazantsev // IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 803 (2017) 012064. doi:10.1088/1742-6596/803/1/012064.
32. Chernigovsky, A. S. Scheduling algorithms for automatic control systems for technological processes / A. S. Chernigovsky, R. Yu. Tsarev, D. V. Kapulin // IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 803 (2017) 012028. doi:10.1088/1742-6596/803/1/012028.
33. Капулин, Д. В. Автоматизация планирования мелкосерийного производства сетевыми методами / Д. В. Капулин, М. В. Винниченко, Д. И. Винниченко // Прикладная информатика. – М.: Университет «Синергия», 2016. – Т.11. – №6(66). – С.6–18.
34. Чемидов, И. В. Особенности применения автоматизированных складских комплексов в радиоэлектронном производстве / И. В. Чемидов, М. А. Казанцев, Д. В. Капулин // Системы связи и радионавигации : сб. тезисов / науч. ред. В. Ф. Шабанов ; отв. за вып. А. Ю. Строкова. – Красноярск : АО «НПП «Радиосвязь», 2016. – С. 428–431.