

Федеральное агентство по образованию

УДК
ГРНТИ
Инв. №

ПРИНЯТО:	УТВЕРЖДЕНО:
Приемочная комиссия Государственного заказчика:	Государственный заказчик Федеральное агентство по образованию
От имени Приемочной комиссии _____ /Попова Е.П. /	От имени Государственного заказчика _____ /Бутко Е.Я./

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ

о выполнении 1 этапа Государственного контракта
№ П2177 от 9 ноября 2009 г.

Исполнитель: Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова"
Программа (мероприятие): Федеральная целевая программ «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 гг., в рамках реализации мероприятия № 1.3.2 Проведение научных исследований целевыми аспирантами.
Проект: Наименование исследований: Информатика Наименование проблемы исследования: Информационные системы в управлении движением продукции на складах
Руководитель организации: Колокольцев Валерий Михайлович М.П.
Руководитель проекта: Букреев Алексей Юрьевич

Согласовано: Управление научных исследований и инновационных программ От имени Заказчика _____ /Кошкин В.И./
--

Магнитогорск
2009 г.

СПИСОК ОСНОВНЫХ ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

по Государственному контракту П2177 от 9 ноября 2009 на выполнение поисковых научно-исследовательских работ для государственных нужд

Организация-Исполнитель: Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова"

Руководитель темы:

без ученой степени, без
ученого звания _____ Букреев А. Ю.
подпись, дата

Исполнители темы:

кандидат технических
наук, доцент _____ Тугарова В. Д.
подпись, дата

кандидат технических
наук, без ученого звания _____ Калитаев А. Н.
подпись, дата

без ученой степени, без
ученого звания _____ Файнштейн С. И.
подпись, дата

без ученой степени, без
ученого звания _____ Большагин А. А.
подпись, дата

без ученой степени, без
ученого звания _____ Пыхова Е. А.
подпись, дата

без ученой степени, без
ученого звания _____ Колосок С. С.
подпись, дата

Реферат

Отчет 80 с., 4 ч., 22 рис., 2 табл., 54 источн., 0 прил.

Склад , логистика , информационная система , эвристический алгоритм , размещение , отгрузка , оперативное управление, многокритериальная оптимизация

В отчете представлены результаты исследований, выполненных по 1 этапу Государственного контракта № П2177 "Наименование исследований: Информатика

Наименование проблемы исследования: Информационные системы в управлении движением продукции на складах" (шифр "НК-385П") от 9 ноября 2009 по направлению "Естественные науки" в рамках мероприятия 1.3.2 "Проведение научных исследований целевыми аспирантами.", мероприятия 1.3 "Проведение научных исследований молодыми учеными - кандидатами наук и целевыми аспирантами в научно-образовательных центрах" , направления 1 "Стимулирование закрепления молодежи в сфере науки, образования и высоких технологий." федеральной целевой программы "Научные и научно-педагогические кадры инновационной России" на 2009-2013 годы.

Цель работы - Разработка информационной системы управления движением продукции на складах, позволяющей минимизировать время, потраченное на размещение и отгрузку продукции, а также упорядочить хранение единиц продукции, объединенных в ячейки по общим признакам.

Методы системного анализа, метод штрафных функций, методы эвристического анализа, методы решения задач многокритериальной оптимизации, метод динамического программирования

Специализированные научные издания, специализированная литература, сеть Internet, материалы научных конференций, теория алгоритмов и структур данных

Выполнен анализ публикаций в ведущих отечественных изданиях по применению складской логистики, проанализированы работы по существующему планированию и управлению производством отечественных предприятий, изучены практические особенности использования программных продуктов в складской логистике и их сравнительный анализ, разработан и теоретически обоснован алгоритм размещения и отгрузки продукции на складах с целью повышения эффективности управления движением продукции на складах.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	6
1 Аналитический обзор.....	8
1.1 Системный анализ склада.....	8
1.2 Цели и принципы разработки системы складирования.....	10
1.3 Литературный обзор публикаций ведущих отечественных изданий.....	10
1.4 Анализ работ по планированию и управлению производством отечественных предприятий.....	13
1.4.1 История систем планирования.....	13
1.4.2 Планирование в ERP.....	14
1.4.3 Планирование в APS.....	15
1.4.4 Планирование в MES.....	18
1.4.5 Анатомия MES-систем.....	23
1.4.6 Функциональная схема MES-системы.....	25
1.4.7 Модели планирования в MES.....	27
1.5 Изучение практических особенностей использования программных продуктов в складской логистике.....	29
1.5.1 Система управления складским комплексом « <i>1С-Логистика: Управление складом 3.0</i> ».....	29
1.5.2 Система автоматизации склада и учета материалов « <i>CS Polibase Склад</i> ».....	33
1.5.3 Системы управления складами « <i>Microsoft business solutions-navision</i> ».....	34
1.5.4 Система управления складом « <i>АСТОР: WMS</i> ».....	36
1.5.5 Система управления складской логистикой « <i>ALFA-INVENTORY</i> ».....	40
1.5.6 Система управления складом « <i>ФОЛИО WMS (ФОЛИО WinСклад. Версия 8.1)</i> ».....	42
1.5.7 Информационная система « <i>GLOBAL SYSTEM</i> ».....	43
1.5.8 Система складского учета « <i>CoreIMS</i> ».....	46
1.5.9 Система складского учета « <i>КЛАД-Перл</i> ».....	47
1.5.10 Система складского учета « <i>ОК-СКЛАД</i> ».....	48
1.5.11 Система складского учета « <i>Учет и движение товара на складе 3.7.3</i> ».....	48
2 Выбор обоснованного варианта направления исследований.....	50
2.1 Обоснованный вариант направления исследования.....	50
2.2 Требования, предъявляемые к информационным системам управления складами.....	52
3 План проведения экспериментальных и теоретических исследований.....	56
4 Результаты экспериментальных и теоретических исследований. Разработка алгоритма размещения и отгрузки готовой продукции.....	58
4.1 Эвристическая модель склада.....	58

4.1.1 Состояния задачи.....	58
4.1.2 Допустимые операции.....	59
4.1.3 Стратегия управления поиском.....	60
4.2 Выбор эвристической оценочной функции.....	61
4.2.1 Операция отгрузки.....	63
4.2.2 Операция переключивания	63
4.3 Алгоритм размещения.....	64
4.3.1 Процедура <i>FirstStep</i> (размещение первой пачки заказа).....	64
4.3.2 Процедура <i>AddOrder</i> (размещение заказа)	65
4.3.3 Процедура <i>FindOptTop</i> (оптимальное размещение пачки поверх штабеля)	65
4.3.4 Функция <i>CulcOnTop</i> (подсчет стоимости размещения пачки поверх штабеля)	66
4.3.5 Функция <i>CheckSize</i>	66
4.3.6 Вычислительная сложность алгоритма размещения заказа.....	67
4.4 Алгоритм отгрузки	67
4.4.1 Основная процедура отгрузки заказа <i>DelOrder</i>	67
4.4.2 Процедура <i>TopSet</i> (набор веса верхними стопками без переключиваний).....	69
4.4.3 Процедура <i>CorrectWeight</i> (корректировка текущего решения <i>SolTop</i>)	71
4.4.4 Процедура <i>Shuffling</i> (набора веса верхними пачками).....	73
4.4.5 Вычислительная сложность алгоритма набора веса	74
Заключение.....	75
Список использованных источников	77

ВВЕДЕНИЕ

Перемещение материальных потоков невозможно без концентрации в определенных местах необходимых запасов, для хранения которых предназначены соответствующие склады. Движение через склад связано с затратами живого и овеществленного труда, что увеличивает стоимость товара. В связи с этим проблемы, связанные с функционированием складов, оказывают значительное влияние на рационализацию движения материальных потоков, использование транспортных средств и издержек обращения [1].

Современный крупный склад – это сложное техническое сооружение, которое состоит из многочисленных взаимосвязанных элементов, имеет определенную структуру и выполняет ряд функций по преобразованию материальных потоков, а также накоплению, переработке и распределению грузов между потребителями [2]. При этом в силу многообразия параметров, технологических решений, конструкций оборудования и характеристик разнообразной номенклатуры, перерабатываемых грузов склады относят к сложным системам. В то же время склад сам является всего лишь элементом системы более высокого уровня – логистической цепи, которая и формирует основные и технические требования к складской системе, устанавливает цели и критерии ее оптимального функционирования, диктует условия переработки груза.

Осуществление контроля внутреннего товародвижения, усовершенствование процедуры приемки, размещения и отгрузки продукции для более эффективного использования складских площадей одна из актуальных задач современного производства.

Некоторые предприятия были территориально организованы много лет назад. С прошествием времени вокруг них была произведена застройка свободной территории. С развитием производства возрос объем выпускаемой продукции, что, в свою очередь, привело к перегруженности складского пространства и отсутствием возможности расширения самих складов. Возникла необходимость разработки новых алгоритмов размещения и отгрузки продукции на складах.

Анализ работ по планированию и управлению производством отечественных предприятий показал, что главной задачей, дающий наибольший экономический эффект, является оперативное управление производством, которое является своеобразным индикатором достигнутого уровня организации производства. Оперативное управление производством, в свою очередь, невозможно без оперативного планирования, то есть развертывания плана выполнения работ во времени. Однако реализовать оптимизационные методы в оперативном планировании крайне сложно.

Оптимизация краткосрочного планирования требует оперативной переработки больших объемов информации и проведения трудоемких расчетов. Кроме того, аргументированное

составление и последующая четкая реализация краткосрочных планов должны основываться на формализованных производственных маршрутах движения продукции, в противном случае неизбежны ситуации, когда краткосрочные планы не будут своевременно обеспечены необходимыми ресурсами и, следовательно, окажутся невыполнимыми. Таким образом, эффективное управление невозможно без тщательно проработанного математического аппарата и применения средств вычислительной техники.

Для эффективного управления размещением и отгрузкой продукции на складах предлагается разработать информационную систему в управлении движением продукции на складах на уровне административного или оперативного управления. Обработка информации в этой системе должна производиться в темпе, определяемом скоростью ее поступления в ЭВМ, так называемый режим работы в реальном масштабе времени, который позволяет получать необходимую информацию о движении грузов в текущий момент времени и своевременно выдавать соответствующие административные и управляющие воздействия на объект управления. Данной системой могут решаться разнообразные задачи, связанные с контролем материальных потоков, оперативным управлением обслуживания производства, управлением перемещениями и т. п.

1 АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР

1.1 Системный анализ склада

Любое предприятие, имеющее склад, а тем более складскую сеть, сталкивается со множеством проблем как стратегического, так и оперативного характера. При этом необходимо помнить, что все задачи в рамках этих проблем тесно связаны между собой и должны рассматриваться в четко определенной последовательности.

Стратегия формирования складской сети требует решения следующих основных задач [3]:

- выбор стратегии складирования запасов;
- определение числа складов;
- размещение складской сети;
- выбор форм снабжения складов в складской сети.

Оптимальное решение перечисленных задач закладывает фундамент эффективного функционирования самого предприятия и его конкурентоспособности на рынке.

На этапе формирования складского хозяйства и инфраструктуры решается вопрос микропроектирования, включающего разработку генплана, структуры складских зон и их объемно-планировочных решений. Залогом эффективного функционирования складского хозяйства является:

- разработка схемы генплана складов;
- правильный выбор вида склада;
- расчет мощности склада с учетом перспективы развития фирмы;
- оптимальный выбор системы складирования, обеспечивающий максимальное использование складских мощностей при условии минимизации общих затрат на ее создание.

Решение любой задачи складирования требует комплексного и методического подхода, позволяющего обеспечить оптимальные условия функционирования склада.

Методологической основой анализа склада как звена логической системы является системный анализ. Современный склад представляет сложную технико-экономическую систему, динамично функционирующую и изменяющуюся под воздействием изменения внешней среды [4]. Склады относятся к классу сложных вероятностных систем – они сложны по устройству, по типам и конструкции оборудования, по числу параметров, по характеристикам перерабатываемых грузов. Кроме того, их параметры изменяются случайным образом под воздействием входящих и выходящих грузопотоков. Основными этапами системного исследования склада являются:

- содержательное описание склада;

- фиксирование цели создания склада, его элементов и структуры;
- параметрическое описание и структурное исследование;
- функциональный анализ, оценка результатов работы склада и сравнение его с поставленной целью.

Функциональный анализ складской системы изучает взаимосвязь и взаимовлияние элементов и характеризующих их величин в процессе эксплуатации склада аналитическими методами или методами математического моделирования [5]. Однако системные исследования могут быть не только в связи с проектированием склада, но и при решении других практических задач: расширение, реконструкция, техническое перевооружение, рационализация существующих складских технологий. С этой целью необходимо выбрать единую основу, позволяющую решать практические задачи по рациональному складированию. В качестве такой основы может быть предложена система складирования. Назначение системы складирования – обеспечить оптимальное размещение груза на складе и рациональное управление им.

Задачу создания системы складирования с оптимальными параметрами можно сформулировать так: при заданных определенных величинах исходных параметров и вероятностных оценках неизвестных параметров с учетом объективных условий выбрать такие элементы решения, которые обеспечивали бы получение оптимальных значений генерального критерия эффективности склада – минимальных приведенных затрат, связанных с созданием системы складирования и ее дальнейшей эксплуатации.

Структуру информационной системы следует рассматривать в функциональном и организационном аспектах.

Существуют различные подходы к разработке системы складирования. Один из наиболее распространенных подходов основан на применении логистики.

Особенность логистики заключается в системном рассмотрении совокупности всех звеньев производственного процесса с позиций единой материалопроизводственной цепи, которая имеет название "логистическая система" [6]. Взаимодействие отдельных звеньев этой цепи осуществляется на техническом, технологическом, экономическом, финансовом, методологическом и других уровнях интеграции. Сокращение затрат на ресурсы и минимизация временных затрат достигается за счет оптимизации сквозного управления материальными и информационными потоками [7].

Характерной особенностью информационных систем в логистике является наличие обратной связи. Совокупность производственно-сбытовой системы, органов логистического управления и системы сбора, передачи, хранения и переработки информации образуют «замкнутый контур».

Для построения интегрированных компьютеризованных информационных систем требуется соответствующее техническое, программное и лингвистическое обеспечение.

1.2 Цели и принципы разработки системы складирования

Цель создания и функционирования любого склада состоит в том, чтобы принимать грузопотоки с транспорта с одним параметром, перерабатывать и выдавать его на другой транспорт с другими параметрами и выполнять эти функции с минимальными затратами [8]. Однако необходимо иметь в виду, что многообразие параметров склада, разнообразная номенклатура, технологии переработки грузов не только относят склад к сложным системам, но и делают каждую складскую систему значительно отличающейся от другой. Поэтому при создании системы складирования необходимо учитывать следующий главный принцип – лишь конкретное решение с учетом всех влияющих на него факторов может обеспечить экономический успех работы склада. При этом планирование и создание системы складирования должны рассматриваться с точки зрения интересов всей фирмы, обеспечивать необходимую интенсивность грузопотоков, необходимые условия хранения грузов, рациональную складскую обработку грузов с минимальными затратами, максимальное использование имеющихся мощностей и складского оборудования, обеспечение высокого уровня обслуживания клиентов и т.д. [9]

Разработка системы складирования должна быть направлена на обеспечение оптимального размещения груза на складе и рациональное управление им [10, 11]. При разработке системы складирования необходимо учитывать все взаимосвязи и взаимозависимости между внешними (входящими и выходящими со склада) и внутренними (внутрискладскими) потоками, с учетом связанных с ними факторов (параметры склада, технические средства, особенности груза и т.д.) [12].

1.3 Литературный обзор публикаций ведущих отечественных изданий

В связи с развитием логистики в последнее время все более актуальным становится решение задач размещения продукции на складах. Вопросами теории логистики и проектирования логистических сетей и систем распределения в разное время занимались отечественные и зарубежные ученые Аникин Б.А., Гаджинский А.М., Дыбская В.В., Долгов А.П., Зайцев Е.И., Карнаухов С.Б., Котиков Ю.Г., Лукинский В.С., Миротин Л.Б., Неруш Ю.М., Николайчук В.Е., Парфенов А.В., Рыжиков Ю.И., Сариуш-Вольский З., Семенов А.И., Сергеев В.И., Сидоров И.И., Скворонек Ч., Смехов А.А., Тяпухин А.П., Уваров С.П., Ballou R.H., Berger R.T., Bowersox D.J., Closs D.J., Daskin M.S., Lambert D.M., Shapiro J.F., Shen Z.-J., Snyder L.V., Stock J.R., Taha H.A. и другие.

В работе [3] изложен широкий круг вопросов корпоративной логистики – от понятийного аппарата до процедуры европейской сертификации логистических менеджеров, включая важ-

нейшие области профессиональной деятельности логиста: управление логистическими процессами в закупках и дистрибуции; транспортировка; управление логистическими рисками; складирование и грузопереработка; управление запасами; информационно-компьютерная поддержка логистики и администрирование логистических систем.

В работе [13] приводится решение задачи размещения грузов в грузовых отсеках транспортных средств, рассмотрены эффективные алгоритмы для решения задач размещения и упаковки. Основной задачей исследования в рамках настоящей работы является разработка новых эволюционных методов решения задач размещения прямоугольно-ориентированных предметов в полубесконечной полосе или на листах, включая разработку новых декодирующих алгоритмов, а также разработка приемов повышения эффективности мультиметодных алгоритмов.

В источнике [14] рассматривается автоматизация всех процессов, происходящих на складе, с помощью решения Open Source HandHeld.WMS. Предлагаемая технология работы позволит существенно сократить время выполнения каждой операции и соответственно их стоимость, сократить количество ошибок, повысить производительность работы предприятия, увеличить товарный оборот компании, оперативно планировать задания персоналу с учетом текущей обстановки на складе.

Приведенная в публикации [15] методика может стать отправной точкой для объективного обоснования необходимости автоматизации на любом из предприятий, стоящим перед задачей внедрения складской системы управления. В статье рассматривается целесообразность проведения расчетов, как собственными силами предприятия, так и с привлечением сотрудников компаний, которые специализируются на проектах складской логистики и автоматизации, регулярно используют подобную калькуляцию в своей повседневной деятельности и в курсе большинства неочевидных «подводных камней». Авторы считают, что это позволит достичь максимального эффекта и минимизировать риски проекта автоматизации склада.

В статье [16] рассматривается вопрос актуальности внедрения автоматизации для управления цепочками поставок предприятий пищевой промышленности. Именно пищевая промышленность, по оценке аналитиков, замыкает четверку лидеров в потреблении ИТ. На этом фоне необходимо отметить растущий интерес производителей пищевой продукции к специализированным решениям, таким как SCM системы (Supply Chain Management) для управления цепочками поставок. Они позволяют решать все задачи по управлению перемещением товара от источника производства до потребителя.

В статье [17] отмечено, что подавляющее большинство отечественных публикаций, освещающих теорию и практику управления складскими грузопотоками, в основном касается работы коммерческих распределительных складов общего пользования и не рассматривает специ-

фику управления потоковыми процессами на складах готовой продукции промышленных предприятий. Учет такой специфики необходим как при построении общих логистических систем бизнес-планирования и управления промышленным производством, так и при создании индивидуальных систем автоматизации управления процессами на складах готовой продукции.

В статье [18] складское хозяйство рассматривается как сложное техническое сооружение (здание, разнообразное оборудование и другие устройства), предназначенное для приемки, размещения, накопления, хранения, переработки, отпуска и доставки продукции потребителям. Под автоматизацией складского хозяйства понимается комплекс мероприятий, направленных на внедрение современных информационных технологий на складах предприятий различного профиля. Авторы статьи считают, что целью автоматизации складского хозяйства является комплексный учет товарно-материальных ценностей, мониторинг товарных запасов, контроль за действиями персонала, оптимизация деятельности склада.

В статье [19] указывается, что при размещении товаров зачастую неэффективно используется вместимость склада, отсутствуют регламентированные методы принятия решения о расстановке товаров; товар может беспорядочно складироваться в зоне напольного хранения, оптимизация размещения товаров на складе (уплотнение, консолидация) также не проводится. Все перечисленные проблемы относятся к разряду организационных. Основными информационными проблемами размещения называют отсутствие учета в информационной системе передвижений товара по складу, фиксирования сроков годности, партий, серий и других характеристик, влияющих на последовательность отбора, а значит и на размещение товаров на складе. Значительные затраты времени на поиск необходимого товара вследствие неактуальной информации в базе данных склада и несоответствие типоразмеров ячеек весогабаритным характеристикам товаров, нормативу запаса и показателю оборачиваемости – главные информационно-технические проблемы процесса комплектации и отгрузки.

Разработка алгоритмов эффективного размещения товаров по местам хранения, передвижения товаров внутри склада, маршрутов комплектации направлена на повышение эффективности использования складского пространства, сокращение времени комплектации заказов, простоев техники, очередей.

Принципы размещения товаров на складе зависят от способа комплектации заказов. Для сокращения времени комплектации товары в зоне хранения могут быть сгруппированы, например, по габаритам упаковки товара или по скорости продаж товаров и оборачиваемости. Каждой зоне на складе могут быть присущи характерные правила размещения и комплектации. Их реализация осуществляется с помощью механизма назначения рейтинга ячейкам в системе автоматизации склада, а также с помощью системы нумерации зон, областей и ячеек.

В статье [20] рассмотрено существование зависимости между основными экономическими показателями работы компании-дистрибьютора и подходами к управлению запасами и складами, что свидетельствует о том, что склад является элементом цепи поставок с большим потенциалом сокращения издержек на примере управления фармскладом. Там же исследуется методика технологического проектирования зон хранения на складе, оптимизация размещения товаров на складе.

В книге [21] отмечено, что при планировании складской логистики очень важно заблаговременно определить все параметры будущего склада и поиск возможных вариантов решений. В данной книге представлен сжатый обзор наиболее важных аспектов, связанных со складской логистикой: все наиболее важные понятия складской логистики; отдельные этапы планирования типичных процессов в складской логистике.

В статьях [22-32] рассмотрено построение эвристической модели склада готовой продукции металлургического предприятия, эвристический полиномиальный алгоритм оперативного планирования размещения готовой продукции и алгоритм и алгоритм геометрического размещения пачек листопрокатной продукции. Подробно рассмотрено оперативное планирование движения готовой продукции на складах на примере размещения и отгрузки металлопродукции.

1.4 Анализ работ по планированию и управлению производством отечественных предприятий

1.4.1 История систем планирования

«Новую» историю решения задач по оптимальному планированию в производстве принято исчислять от 1939г. Именно тогда в издательстве Ленинградского университета вышла небольшая по объему книжка молодого профессора Л.В.Канторовича «Математические методы организации и планирования производства». Эта монография положила начало научным методам в планировании и организации производства на основе зарождающегося тогда направления экономической математики впоследствии оформившейся в математическое программирование.

Появление первых вычислительных машин значительно стимулировало развитие работ в области математической экономики, организации и планирования производства. Были разработаны: эффективный метод решения целочисленных задач (Р.Гомори), метод ветвей и границ (А.Лэнд, В.Дойг и Дж.Литл), метод динамического программирования (Р.Беллман) и др. Все эти методы поиска оптимума в задачах дискретной оптимизации находили применение в различных областях экономики и производства. Одна из таких прикладных областей математики под названием «Теория расписаний» как раз и «взялась» за решение многочисленного класса задач планирования работ на производстве.

Задача планирования технологических операций на станках, опубликованная С.М.Джонсоном в 1954г., которая показала, что составление расписания уже для трех станков относится к классу задач, трудноразрешимых за приемлемое время (так называемый, класс NP-трудных задач).

С удешевлением вычислительной техники и появлением первых серийных ЭВМ появилась возможность решать задачи планирования на уровне предприятий и даже для цехов и отдельных участков. Предприятие считалось передовым, если оно разрабатывало собственную АСУП, если пыталось построить расписания работ с помощью систем оперативно-календарного планирования собственного изготовления.

Развитие новых прикладных разделов математики и доступная вычислительная техника послужили катализаторами появления систем управления предприятиями и процессами. Основные разновидности этих систем, которые в настоящее время отвечают за составление планов работ на производстве – это системы классов ERP, MRPII, APS и MES.

1.4.2 Планирование в ERP

ERP-системы, по сути, не являются прямым инструментом планирования работ на предприятии. ERP – это, прежде всего, корпоративная информационная система (рисунок 1.1), система управления предприятием, своего рода кровеносная и нервная система промышленного организма, соединяющая островки логистики многочисленных органов, выполняющих определенные функции (документооборот, управление закупками, поставками, складскими запасами и пр.).

О характере планирования работ, технологических операций на станки и другие единицы технологического оборудования в ERP-системах можно сказать одной фразой – планирование в большинстве систем ведется на основе старого стандарта MRPII без учета текущей загрузки данного оборудования и состояния обработки изделий. Т.е. по сути, любой детальный ERP-план будет практически невыполнимым. Любое планирование на уровне ERP ограничивается лишь формированием объемного месячного (декадного) плана.

Корректировать такие планы оперативно не удастся, вот почему их реализация предполагает строгую исполнительскую дисциплину во всех вовлеченных в производственную цепочку подразделениях предприятия. Т.е. можно говорить об организации производства, контролируемого ERP как производства с определенным запасом «устойчивости» по отношению к возникающим отклонениям от составленного объемного плана. И, что особенно важно, ERP, выдав задание всем подразделениям, при возникновении потребности в корректировке планов, не в состоянии с этим справиться, т.к. любой пересчет даст ту же картину общего задания – задания

в объемах, но не в детальном сроках по изделиям и операциям, что требуется для управления на уровне цехов.

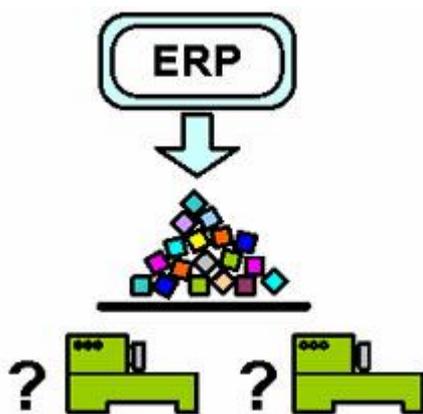


Рисунок 1.1 – Схема ERP-системы

1.4.3 Планирование в APS

С точки зрения точного планирования работ на предприятиях, интерес представляют системы классов APS (Advanced Planning & Scheduling Systems) (рисунок 1.2) и MES (Manufacturing Execution Systems) (рисунок 1.3).

APS-системы, появившиеся на рынке в середине 90-х годов, являются уже непосредственным инструментом планирования работ на предприятии. Несмотря на однозначное обозначение, многие авторы и даже разработчики трактуют это название по-разному: «оптимизированное производственное планирование», «усовершенствованное планирование», «улучшенное планирование», «расширенное планирование», «оптимизированное и синхронное планирование», «точное планирование», «оперативное планирование» и даже «аккуратное планирование»!

В начале 90-х годов после первых опытов внедрения ERP, осмысления преимуществ и недостатков планирования по стандарту MRP II, предприятия столкнулись с основной проблемой – достоверность и точность планирования во времени. Динамика рынка потребовала от предприятий более точных сроков поставок, полноценного участия в управлении цепочкой поставок. Несовершенство методов планирования с помощью MRP II потребовали пересмотра «ценностей» – что важно при планировании? Скорость, противоречащая ей точность, и для чего нужны эти показатели?

Выяснилось, что без решения задачи управления поставками, без возможности прогнозирования точных дат выпуска продукции предприятие представляет собой вещь в себе. Поэтому основной целью для систем планирования нового поколения – APS являлось решение задач автоматизации управления цепочками поставок (SCM – Supply Chain Management). Причем этот функционал APS, реализуемый за счет возможности планирования всех работ во времени с учетом загрузки мощностей, имеет двойное назначение – он реализуется, как для предприятия,

выступающего объектом всей цепочки на динамичном рынке товаров, так и для объектов самого предприятия: цехов, участков и подразделений. Таким образом, возможности планирования в APS расширены и усовершенствованы относительно стандарта MRPII.

Понятие синхронности нужно понимать в APS, с одной стороны, как возможность планирования материалов, ресурсов и одновременно построение расписания с учетом реальной загрузки оборудования во времени. С другой стороны, - синхронность выражается еще и в том, что расписания строятся для всех подразделений предприятия с учетом сроков поставок партнеров и расписания для всех этих производственных структур являются всегда взаимоувязанными во времени, поскольку они получаются из общего расписания работы всего предприятия.

Оперативность для APS – это возможность за кратчайшее время определить по тому или иному заказу срок его изготовления. Оперативность в плане диспетчерского контроля и оперативного пересчета расписаний к APS, как правило, никакого отношения не имеет, поскольку, если не меняются внешние ограничения (нарушение сроков поставок со стороны партнеров, другие непредвиденные задержки) и в портфель заказов каждые пять минут не вносится новое изделие, то пересчет расписаний ничего не даст. Учет же внутренних возмущений со стороны многочисленных подразделений (поломки оборудования, брак на операциях и т.п.) может привести к существенному утяжелению контура диспетчирования при существующей размерности задачи.

Точность и оптимальность формируемых расписаний – прерогатива алгоритмов любой системы планирования.

По сравнению с алгоритмами MRPII, алгоритмы APS при составлении расписаний одновременно учитывают как потребности материалов, так и мощности предприятия с учетом их текущей и спланированной загрузки. В алгоритмах APS учитываются переналадки и некоторые другие технологические ограничения.

Алгоритм построения расписаний в APS достаточно прост. Рассмотрим его на примере дискретного производства. Есть множество операций для всего множества выпускаемых изделий, множество станков и на каждые изделия есть ограничения – по срокам выпуска, по наличию материала и т.п. Ограничения разделяются на важные и не очень. Вначале, на первом проходе алгоритма составляется расписание с учетом выполнимости важных ограничений, например, отсутствие нарушения сроков поставок.

Если расписание получено, то оно считается допустимым и принимается в качестве базового для дальнейшей «оптимизации» – на последующих проходах алгоритма проводится попытка учесть оставшиеся менее важные ограничения. На самом деле - это не оптимизация. Это не что иное, как итерационный процесс получения допустимого расписания с учетом новых ограничений, вносимых на новой итерации, т.е. весьма несложная эвристика.

В ряде случаев процесс планирования упрощают еще сильнее – сначала планируют одну деталь, потом другую, до тех пор, пока все множество деталей не будет спланировано. Оценка полученных расписаний относительно действительного оптимума при этом может быть достаточно низкой, но надо отметить, что если мы составляем расписание для нескольких тысяч единиц оборудования из сотен тысяч операций на месяц или полгода, то с этим фактом можно смириться. Особенно если учесть, что на последующем этапе за фактическую реализацию производственного расписания будут отвечать MES-системы.

Таким образом, упростив алгоритм построения расписания, разработчики APS дали возможность в пределах существующих вычислительных мощностей получать допустимые расписания и более-менее точно прогнозировать сроки поставок. При этом APS-системы не ставят себе более сложных задач вроде минимизации в построенных расписаниях времен переналадок, транспортных операций, уменьшения количества задействованного оборудования и т.п., поскольку учет этих требований неминуемо приведет к утяжелению алгоритмов и невозможности за кратчайшее время получать расписания для больших размерностей.

В связи с этим APS-системы имеют на своем вооружении крайне ограниченный состав критериев планирования. Надо отметить, что и эта существующая возможность получения хотя бы допустимых расписаний (в пределах получаса) появилась только в середине 90-х годов. Увеличение производительности вычислительных машин с одновременным снижением их стоимости в очередной раз явилось катализатором прогресса в области управления производством.

Постоянные коррекции планов производства – это типичное явление для производств мелкосерийного и единичного типов; их часто именуют в литературе «позаказными». Заметим, что для создания более точного контура обратной связи с «позаказным» производством поставщики APS-систем в некоторых случаях используют интеграцию с MES-системами.

Горизонт планирования в APS редко указывают однозначным: смена, неделя, месяц, до полугода. Но как бы ни гадали относительно «средней величины» горизонта планирования, для APS-систем он определяется предельно просто, исходя из основной задачи, функционала системы, которым является управление цепочками поставок. Длительность горизонта планирования в APS-системах – это всегда разница во времени между моментами выдачи наиболее дальних заказов из всего портфеля заказов предприятия и текущей датой, поскольку при появлении нового заказа и соответствующем пересчете всего расписания, надо определить не только сроки его изготовления, но и возможность нарушения сроков выполнения уже запущенных заказов.

Итак, именно эти новые возможности, обусловленные необходимостью управления цепочками поставок, явились причиной того, что темпы роста APS-систем стали значительно опережать темпы роста решений в сегменте ERP. Наряду с зарубежными системами (Berclain,

Chesapeake Decision Sciences, CSC, Fygir, i2 Technologies, Manugistics, Numetrix, Optimax, Ortems, Preactor, Pritsker, Paragon Management Systems, ProMIRA, Red Pepper Software, Thru-Put Technologies и др.) в последние годы стали появляться и отечественные продукты (infor:APS, Adexa eGPS и др.).

Ведущие производители ERP-систем (People Soft, SAP, Oracle, SSA Global, JD Edwards, Marcam и др.) среагировали достаточно быстро и отметились в желании совместного использования своих решений с продуктами APS. Постепенно это сотрудничество переросло в естественную потребность интеграции на уровне ядра планирования ERP, которое может быть заменено APS-системой. В то же время APS может поставляться как отдельный продукт.

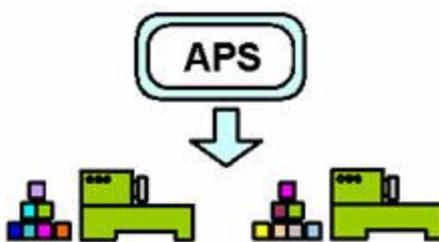


Рисунок 1.2 – Схема APS-системы

1.4.4 Планирование в MES

MES-системы появились менее 20 лет назад. Рассмотрим регламентированный состав функций MES, число которых ровно одиннадцать [33].

1. Контроль состояния и распределение ресурсов (RAS).
2. Оперативное/Детальное планирование (ODS).
3. Диспетчеризация производства (DPU).
4. Управление документами (DOC).
5. Сбор и хранение данных (DCA).
6. Управление персоналом (LM).
7. Управление качеством продукции (QM).
8. Управление производственными процессами (PM).
9. Управление техобслуживанием и ремонтом (MM).
10. Отслеживание истории продукта (PTG).
11. Анализ производительности (PA).

Несмотря на кажущееся, на первый взгляд, многообразие функций MES, все эти функции имеют оперативный характер и регламентируют соответствующие требования не к предприятию в целом, а к той его единице (цеху, участку, подразделению), для которой ведется планирование работ.

Основными функциями MES-систем являются – оперативно-календарное планирование (детальное планирование) и диспетчеризация производственных процессов в цеху. Именно эти

две функции определяют MES-систему как систему оперативного характера, нацеленную на формирование расписаний работы оборудования и оперативное управление производственными процессами в цеху [34, 35].

MES-система получает объем работ, который либо представлен ERP на этапе объемно-календарного планирования, либо выдается APS-системой в виде допустимого для предприятия план-графика работы цеха, и в дальнейшем сама не только строит более точные расписания для оборудования, но и в оперативном режиме отслеживает их выполнение. В этом смысле цель MES-системы – не только выполнить заданный объем с указанными сроками выполнения тех или иных заказов, но выполнить как можно лучше с точки зрения экономических показателей цеха.

Мы уже говорили, что APS-системы формируют некие исходные расписания работы первой степени приближения еще до начала реализации производственных планов. При этом, ввиду большой размерности задачи, не учитываются многие технологические и организационные факторы. MES система уже на этапе выполнения, получая такой предварительный план, оптимизирует его по ряду критериев.

При этом, после оптимизации и построения нового план-графика работы цеха, очень часто за счет уплотнения работы оборудования, отыскиваются дополнительные резервы, появляется возможность в рамках планируемого периода выполнить дополнительные заказы. Тем самым достигается эффект увеличения пропускной способности производственных структур.

В отличие от APS-систем, MES-системы оперируют меньшими размерностями назначения – до 200 станков и 10000 операций на горизонте планирования, который обычно составляет не более трех-десяти смен. Уменьшение размерности связано с тем, что в MES учитывается гораздо большее количество ограничений технологического характера.

Еще одним отличием является то, что MES-системы обычно оперируют не одним или двумя критериями построения расписания, а, зачастую, несколькими десятками, что дает возможность диспетчеру цеха строить расписание с учетом различных производственных ситуаций. И только MES-системы оперируют так называемыми векторными, интегральными критериями построения расписаний, когда в один критерий собираются несколько частных критериев.

При этом диспетчер, составляя расписание, может указать, что он хочет видеть в конкретном расписании: уменьшение календарной длительности выполнения всего задания, уменьшение длительности операций переналадок, высвобождение станков, имеющих небольшую загрузку и т.п. Оперативность составления и пересчета расписания является также прерогативой MES, поскольку пересчет может вестись с дискретой в одну минуту. Это означает, что все

процессы в цеху контролируются в режиме real time и это позволяет заранее предвидеть все возможные нарушения расписаний и вовремя принимать соответствующие меры.

Алгоритмы MES-систем, хотя и базируются, в большинстве случаев, на эвристике, но, как правило, значительно сложнее и «умнее» алгоритмов APS. Вначале алгоритм MES находит допустимое решение с учетом всех ограничений и выбранного критерия (частного или интегрального). В дальнейшем на этапе оптимизации происходит поиск лучшего расписания.

Конечно, полученное расписание также не является оптимальным в полном смысле слова, поскольку поиск оптимум в таких задачах всегда сопровождается со значительными временными затратами (MES-системы строят расписания за 0.1 – 5 минут на современной технике), но полученные при этом расписания, как правило, уже намного ближе к оптимуму, нежели расписания, построенные APS-системами.

Важным свойством MES-систем является выполнимость расписаний. Встроенные в планирующий контур ERP, APS-системы составляют производственные расписания только в случае внесения в портфель заказов новых изделий или работ; корректировать их в режиме реального времени крайне сложно, что приводит к серьезным проблемам использования APS-систем в мелкосерийном производстве. MES-системы в таких случаях работают более гибко и оперативно, пересчитывая и корректируя расписания при любых отклонениях производственных процессов, что повышает гибкость и динамичность производства. Если расписания APS-системы больше подходят для производств с крупносерийным характером выпуска продукции, где резких отклонений от производственной программы, как правило, не бывает (устойчивый характер производства), то MES-системы являются незаменимыми в мелкосерийном и позаказном производстве.

При этом если для APS-систем цех с большим объемом технологической и оперативной информации является в какой-то мере «черным ящиком», то MES-системы при выполнении заданий опираются на принцип расчета и коррекции производственных расписаний по фактическому состоянию производства. Эти системы достаточно чутко реагируют на отклонения во времени выполнения технологических операций, на непредвиденный выход из строя оборудования, на появление брака в процессе обработки изделий и другие возмущения внутреннего характера.

В отличие от систем классов ERP и APS, MES-системы являются предметно-ориентированными: для машиностроения, деревообработки, металлургии и др. Поэтому они максимально полно отражают особенности технологии конкретных производственных процессов и зачастую включают в себя развитые средства поддержки технологической подготовки того или иного типа производства. Очень часто MES-системы имеют средства интеграции с системами САПР ТП/АСТПП.

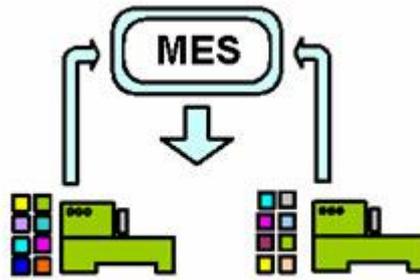


Рисунок 1.3 – Схема MES-системы

Рынок MES-систем развивается очень динамично (на ресурсе ассоциации MES – www.mesa.org можно найти упоминание более чем о пятидесяти MES-системах). Так же, как и в случае с APS-системами, ведущие производители ERP-систем заинтересованы в интеграции своих продуктов.

Могут ли MES полностью заменить APS?

Чтобы дать аргументированный ответ на данный вопрос заметим, что реализация синхронизированных детальных расписаний, составленных на уровне APS, сводится уже не просто к коррекции объемных ERP-планов, а к поддержанию их стабильного «устойчивого» исполнения: вся производственная система должна обладать запасом устойчивости по отношению к малым отклонениям, возникающим в отдельных цехах.

Синхронизированные APS-расписания не должны корректироваться часто, особенно, если это не обусловлено внешними факторами (нарушением сроков поставок исходных материалов, появлением новых срочных заказов и т.п.). А чтобы каждое производственное подразделение предприятия могло бы самостоятельно «гасить» возникающие в нем отклонения, требуется уже применение MES, в которых есть возможность оперативной коррекции расписания в любой момент времени.

В MES отсутствуют некоторые функции APS, например, планирование потребностей в материалах, поскольку MES являются исполнительными системами и их задача – выполнить план работ, как можно лучше. APS – это уровень детального планирования для всего предприятия, а MES – уровень цеха, участка, подразделения.

Программы-планировщики, формирующие жесткие директивные планы (ERP+APS) принято именовать Push Planning Systems – системы «выталкивающие план», а оперативно корректирующие планы в процессе их исполнения, называются Pull Planning Systems – системы «вытягивающие план».

Итак, предприятию, с точки зрения прогнозируемости и прозрачности плановых сроков выпуска продукции, оптимального производства, необходимы следующие механизмы планирования:

- планирование материалов и ресурсов согласно BOM (Bill of Material) по всей планируемой номенклатуре предприятия;
- управление цепочками поставок;
- детальное планирование и оперативный диспетчерский контроль выполнения расписаний работы оборудования.

Это возможно только в случае совместного использования всех трёх систем – ERP, APS и MES вместе (рисунок 1.4).



Рисунок 1.4 – Схема комплексной ERP+APS+MES-системы

Оперативное производственное управление – это искусство составления баланса между заказами и загрузкой имеющихся производственных мощностей.

Можно выделить 4 группы основных задач календарного планирования (рисунок 1.5) [36]:

1. Объемно-календарное планирование (Master Schedule);
2. Баланс производственных мощностей (Capacity Planning Problem);
3. Расчет производственного расписания (Production Scheduling);
4. Группирование деталей, сборочных единиц и оборудования (Group Technology).



Рисунок 1.5 – Основные производственные задачи календарного планирования

Задача 1- решается на уровне ERP (возможно ERP+APS);

Задача 2 - это уровень ERP, но дополнительно корректируется после решения задач 3 и 4;

Задача 3 - прерогатива исключительно MES и APS;

Задача 4 - исключительно MES.

Ниже (рисунок 1.6) приведена укрупненная блок-схема решения задач планирования производства, желтым цветом выделена сфера действия MES-систем.

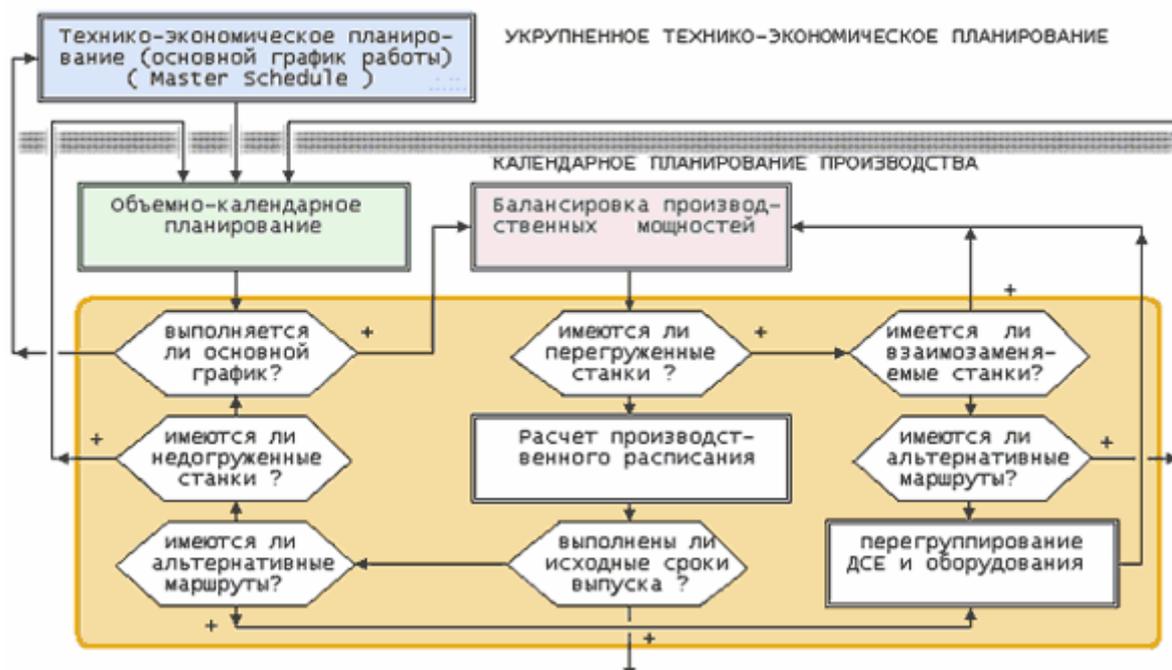


Рисунок 1.6 – Блок-схема решения задач планирования производства

1.4.5 Анатомия MES-систем

Рассмотрим структурно-функциональную схему MES-системы для дискретного производства (рисунок 1.7).

MES-система получает задание на какой-либо горизонт планирования либо в виде некоего объема номенклатуры, которую тот или иной цех должен выполнить за определенное время, либо этот же объем может быть представлен в виде готового расписания для цеха. В обоих случаях на те или иные детали, узлы и готовые изделия могут быть указаны директивные сроки их выхода из цеха. В первом случае MES-система получает задание от ERP-системы, во втором случае – от APS-системы. В некоторых случаях, как мы уже говорили, данные могут поступать в MES-систему по цепочке ERP-->APS.

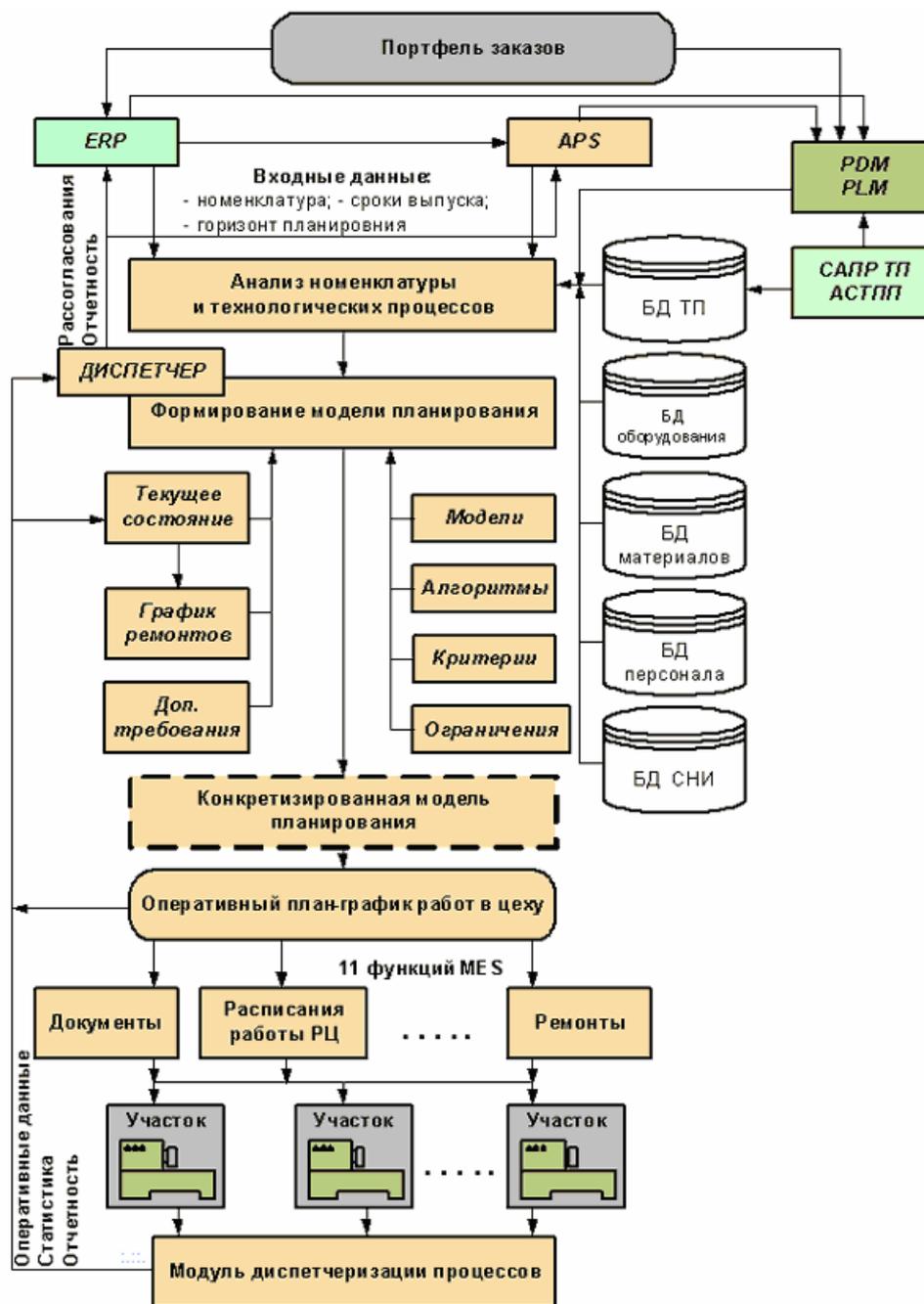


Рисунок 1.7 – Структурно-функциональная схема MES-системы для дискретного производства

Первым делом, MES-система производит анализ поступившей номенклатуры. При этом анализируются:

- выполнимость номенклатуры (по оборудованию, технологии и пр.);
- комплектация (материалы, оснастка и пр.);
- необходимость опережающего изготовления специального инструмента и оснастки;
- приоритеты для деталей и узлов.

При анализе входных данных MES-система использует различные базы данных (БД) – технологических процессов, оборудования (основного и вспомогательного), персонала, материалов, справочно-нормативную информацию.

Важными исходными данными процесса анализа для MES-системы являются технологические процессы (ТП) заданной номенклатуры выпуска. Это означает, что на предприятии при внедрении MES или APS-систем обязательно должна быть внедрена технологическая система класса САПР ТП/АСТПП.

Еще лучше, если внедрена вся конструкторско-технологическая цепочка CAD-CAM, интегрированная через PDM/PLM-систему. По ряду причин не все предприятия могут себе это позволить, но в любом случае, как минимальный вариант, технологическая информация может быть представлена хотя бы в таблицах Excel. Дело в том, что MES-системы, как правило, имеют встроенные возможности ввода и редактирования технологии изготовления деталей, но, имея электронный вариант ТП по номенклатуре деталей, ввод данных значительно сокращается по времени, что очень важно в плане оперативности.

1.4.6 Функциональная схема MES-системы

На следующем этапе диспетчер цеха формирует в MES-системе модель планирования в соответствии с поступившей номенклатурой, текущим состоянием производственных мощностей, необходимостью оперативного ремонта оборудования и ряда дополнительных требований. При этом диспетчер выбирает тип модели планирования (в ряде MES-систем существует возможность выбора модели – имитационной, численной и др.), критерии и ограничения, актуальные на момент планирования, и в ряде случаев – алгоритм, по которому будет строиться расписание [37].

Надо отметить, что данная модель соответствует текущему состоянию и требованиям, при планировании нового объема номенклатуры, через два-три дня или даже смену, модель может быть совершенно иной. Естественно, к диспетчеру MES-системы предъявляются достаточно высокие требования – он должен знать основы технологии и организации производства того цеха, для которого строит расписания.

В дальнейшем, после построения модели, на что уходит не более пяти минут, MES-системой производится расчет оперативного план-графика работы в цеху.

При этом формируются следующие плановые документы:

- расписания работы основных и вспомогательных единиц оборудования;
- расписания работы персонала;
- расписания планово-предупредительных и оперативных ремонтов оборудования;
- документы на рабочие места;
- документы отчетности (использование оборудования и материалов, планируемые параметры качества и др.).

Вся дальнейшая работа цеха теперь подчиняется этим текущим плановым документам. До тех пор, пока либо не будет выполнен план, либо не поступит новая информация. В процессе работы диспетчер, пользуясь оперативной информацией мастеров и операторов, фиксирует ход выполнения всех спланированных работ. При этом фиксируются такие события, как: - отказы оборудования; - запаздывание или опережение при изготовлении; - брак при изготовлении; - отсутствие материалов или оснастки и пр.

MES-система, с периодом в 3-5 минут, с учетом введенных отклонений, может пересчитать расписания и определить – будет ли вовремя выполнен весь объем работ, какие заказы могут выйти с нарушением директивных сроков выпуска, возможно ли уплотнение загрузки оборудования и пр. Главное при этих пересчетах – выявить необходимость коррекции общего план-графика работ. Если сдвиги в расписаниях незначительны и не нарушаются директивные сроки выпуска продукции, то диспетчер может оставить текущий план без изменений. Если же нарушения отражаются на сроках выпуска или возникает ситуация, когда новый план может оказаться более эффективным для всего цеха, тогда диспетчер принимает решение о замене текущего плана на новый.

Наличие данного контура диспетчирования в MES-системе позволяет не только обеспечивать устойчивость выполнения заданий на горизонте планирования при возникновении возмущений в технологической среде, но также вносить в существующие планы выпуска новые изделия, а также оперативно реагировать на директивное, со стороны ERP или APS, изменение сроков выпуска некоторых изделий. При каждом дополнении плана выпуска по номенклатуре или изменении сроков выпуска (что квалифицируется для MES как внешние возмущения), происходит пересчет плана-графика работы всего цеха по тому же сценарию, который был описан выше.

Кроме того, если MES-система, после получения директивного объема для выполнения от ERP или APS-системы, и последующего анализа «обнаружит» резервы в своем цеху, то это непременно будет выдано диспетчеру в виде диаграмм загрузки парка ПЦ. При этом диспетчер может обратиться к верхнему контуру управления – к ERP или APS-системам с целью запроса дополнительного объема на выполнение. Точно также будет инициирован запрос к верхнему уровню управления, если вдруг обнаружится, что изначальный объем номенклатуры выполнить при существующих временных ограничениях невозможно. При том ERP или APS-система должна скорректировать объем в меньшую сторону.

Таким образом, MES-система работает в режиме реального времени, постоянно корректируя план-график работы цеха и оперативно отслеживая поступление новых изделий в цех, т.е. реагирует на возмущения как внутреннего, так и внешнего характера. Такая возможность и

обеспечивает MES-системам устойчивость выполнения заданий при неустойчивом характере производственной среды.

1.4.7 Модели планирования в MES

На первом этапе ставится задача и определяется служебное назначение системы.

На втором этапе строятся модели системы – структурные, функциональные модели данных, математические модели.

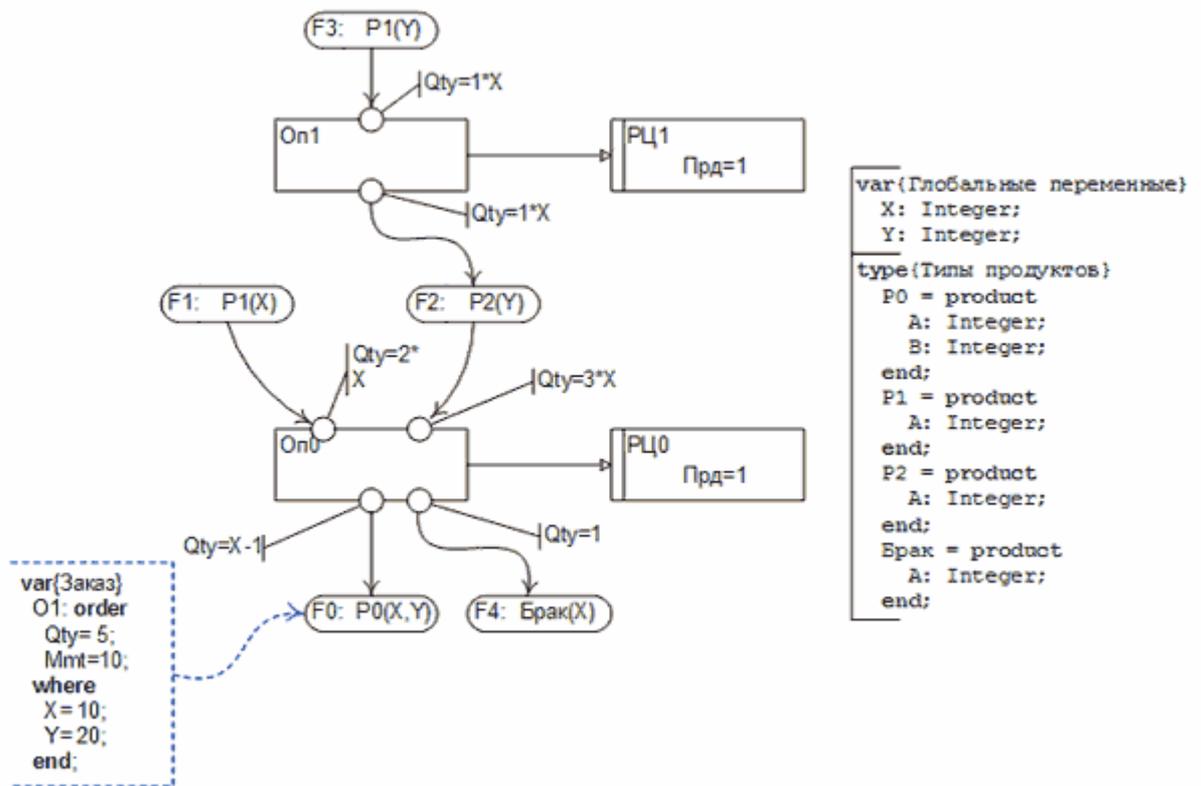


Рисунок 1.8 – Объектная структурно-логическая модель MES-системы Trio-Prod

Конечному пользователю, как правило, для ознакомления, нужна только структурно-функциональная модель, которая позволяет разобраться – как же работает система в первом приближении и какие функциональные модули она содержит.

Например, математические модели в сжатой форме показывают – какие параметры среды будут учитываться в системе, какие переменные являются неизвестными, а какие будут определяться, какие критерии планирования будут использоваться.

На рисунке 1.8 представлен фрагмент объектной структурно-логической модели процесса планирования MES-системы Trio-Prod (© В.Е. Архангельский), в которой описывается среда производства в виде сети объектов: Продукт (P0, P1, P2); Операция; Работа; Задание; Заказ; Поток продуктов (F0, ..., F4); Рабочий центр; Ресурс; Издержки использования ресурса [38].

Любая операция в такой модели имеет входы и выходы, соединенные с потоками. Вход операции определяет продукт, потребляемый операцией, а выход – продукт, производимый операцией. Параметры объектов позволяют интерпретировать объектную модель как потоко-

вую и связывать потребности в планировании заказов с выходными характеристикам расписаний.

На третьем этапе ведется поиск или разработка алгоритмов, реализующих представленные ранее модели. Алгоритмам планирования посвящено очень много работ, особенно в рамках теории расписаний. В большинстве случаев алгоритмы MES-систем построены на базе одного или нескольких эвристических алгоритмов.

И, наконец, на последнем, четвертом этапе, после выяснения задачи, построения моделей и проектирования алгоритма, пишется программный код.

Заметим, что отечественные MES-системы, в отличие от зарубежных, в силу традиций отечественных научных школ, являются максимально открытыми для разработчиков и интеграторов – большинство моделей, алгоритмов опубликовано в открытой печати.

К ним относятся: система ФОБОС (Е.Б. Фролов), система PolyPlan (Р.Р. Загидуллин), система Trio-Prod (В.Е. Архангельский).

Низкая скорость исполнения заказов, и относительно высокий уровень незавершенного производства (НЗП) - это серьезная проблема, стоящая перед российскими промышленными предприятиями. Для ее решения на сегодняшний день разработаны специальные программные средства, (MES - Manufacturing Execution Systems), которые закрывают информационную брешь между производством в цехе и административными системами, обеспечивая передачу в реальном времени производственных параметров и инструкций технологическому оборудованию и персоналу. MES - специальный промышленный софт, использование которого позволяет значительно повысить фондоотдачу технологического оборудования и, как следствие, увеличить прибыль предприятия даже в условиях отсутствия дополнительных инвестиций в производство.

MES-системы уже сейчас позволяют повысить скорость прохождения материальных потоков, гарантировать плановые сроки исполнения заказов, и одновременно значительно снизить объем НЗП, снизить брак на производстве и эффективно использовать имеющиеся производственные ресурсы без дополнительных инвестиций.

1.5 Изучение практических особенностей использования программных продуктов в складской логистике

1.5.1 Система управления складским комплексом «1С-Логистика: Управление складом 3.0»

«1С-Логистика: Управление складом 3.0» на технологической платформе «1С - Предприятие 8.1» – программный продукт нового поколения, который позволяет полностью автоматизировать процесс управления всеми технологическими процессами современного складского комплекса [39].



Рисунок 1.9 – Пример складского комплекса

Система ориентирована на предприятия, которые стремятся наилучшим образом управлять складскими операциями, оборудованием и персоналом.

«1С-Логистика: Управление складом» – это система автоматизированного принятия решений, «мозг» современного складского комплекса (рисунок 1.9). Она позволяет существенно повысить эффективность его работы, а именно:

- оптимизировать использование площади склада;
- сократить затраты на хранение товара на складе;
- сократить время проведения всех складских операций;
- сократить количество ошибочных складских операций;
- повысить точность учета товара;
- избежать потерь, связанных с ограниченным сроком реализации товара;
- уменьшить зависимость от «человеческого фактора».

Многочисленные успешные внедрения системы подтверждают, что она может эффективно использоваться на складе любого размера и типа – от небольшого магазина до крупного распределительного центра или склада готовой продукции крупного промышленного предприятия в самых разных отраслях.

Для автоматизации работы небольшого склада может применяться сравнительно недорогая «бумажная» технология работы. При внедрении системы в крупных складских комплексах, требующих управления ресурсами (работниками, оборудованием) в режиме реального времени, применяется технология штрихкодирования с использованием радиотерминалов сбора данных.

Программа может использоваться на складе ответственного хранения (склады 3PL-операторов) – «1С-Логистика: Управление складом» позволяет вести учет операций и товара в разрезе его владельцев и рассчитывать стоимость оказанных услуг по различным критериям.

Отличительной чертой системы является легкость и простота адаптации к условиям работы практически любого складского комплекса, специфике его технологических и организационных требований. Это достигается с помощью гибких параметрических настроек без участия программистов.

Задание топологии склада и учет товара на складе

Система позволяет вести учет любого количества складов и зон внутри склада, в любой момент точно определить местонахождение и количество товара на складе во всех возможных единицах хранения, в разрезе сроков годности, партий и серийных номеров.

Приемка и размещение товара

Возможными источниками поступления товара могут быть поставщики (в случае прихода товара от поставщика), клиенты (в случае возврата товара от клиента), другие склады (в случае перемещения между складами одного предприятия), производственные площадки (в случае поступления готовой продукции из производства). Информация об ожидаемой приемке заносится и хранится системой. Существует возможность автоматического получения информации об ожидаемой приемке в формате XML из любой информационной системы.

Процедура приемки товара может включать в себя следующие операции:

- разгрузка в зоне приемки;
- идентификация и маркировка;
- приведение товара к стандарту складского хранения;
- контроль качества поступившего товара;
- пересчет товара и т.д.

Система позволяет осуществлять приемку товара как «по факту» поступления товара, так и на основе информации о планируемом поступлении. В последнем случае система может отследить расхождения между запланированным и фактически принятым товаром. При наличии расхождений, можно получить список несоответствий.

Размещение товара на складе

Система позволяет добиться наиболее оптимального размещения товара в соответствии с ABC - классификацией или особенностями хранения (негабаритный товар, требования к температурному режиму, брак и т.д.).

Правила размещения товара задаются индивидуально для каждой единицы хранения товара (паллеты, коробки, штуки). Это позволяет использовать различную логику работы с каждым типом единиц хранения. Например, задать уникальную для данной единицы хранения область размещения и/или область отбора.

Для каждой единицы хранения товара задаются индивидуальные приоритеты размещения:

- размещение в свободные ячейки;
- размещение в занятые ячейки к такому же товару;
- размещение в занятые ячейки к любому товару;
- закрепление определенной ячейки за конкретным товаром;
- другие приоритеты.

При размещении контролируются объемные и весовые характеристики товара. Исходя из этой информации, система выбирает только те ячейки, куда этот товар физически можно разместить.

Отбор и отгрузка товара

В систему вводится информация о заказах на отгрузку. Эта информация может являться основанием для проведения подготовительных мероприятий (например, подпитка ячеек отбора или подготовка зоны отгрузки к принятию собранного заказа). Существует возможность автоматического получения информации о заказе на отгрузку в формате XML из любой информационной системы.

На основании заказа на отгрузку производится отбор товара. Отбор одного заказа может производиться одновременно как одним, так и несколькими сотрудниками. Также предусмотрена возможность одновременного сбора нескольких заказов одним сотрудником. Задания на отбор могут разбиваться по рабочим зонам склада.

Отбор товара (паллетный, коробочный, штучный), для последующей упаковки и отгрузки может выполняться по следующим принципам: с учетом сроков годности товара, с учетом партии товара (FIFO, LIFO), в порядке их рейтинга, по принципу максимального высвобождения ячеек, по принципу минимизации времени и т.д.

В случае отказа клиента от всего заказа или его части можно провести распаковку грузов и повторное размещение на складе. В процессе отбора, упаковки и отгрузки выполняется контроль стадий выполнения заказа по количеству в разрезе товаров.

Внутрискладские операции

Организована подпитка области отбора и произвольное перемещение товара по складу (оптимизация хранения и т.п.) для обеспечения планируемых заказов на отгрузку товаров и обеспечения оптимального уровня запасов в зоне отбора. При этом контролируется доступность перемещаемого товара и возможность размещения в выбранные оператором ячейки.

Инвентаризация

Системой предусмотрены следующие типы инвентаризации:

- инвентаризация конкретной ячейки или группы ячеек по требованию оператора или с заданной периодичностью;
- инвентаризация всех ячеек, в которых находится определенная товарная позиция;
- инвентаризация произвольной области склада (проводится по ячейкам данной области);
- инвентаризация пустых ячеек (проводится визуальный контроль ячеек на отсутствие в них какого-либо товара);
- контроль состава грузов.

При проведении инвентаризации ячейки, в которых проводится пересчет товара, могут блокироваться. После проведения инвентаризации блокировка снимается, и ячейки становятся доступными для складских операций.

Для сопоставления потерянного и найденного товара используется акт сверки инвентаризации. Подтвержденные недостачи могут быть списаны с остатков склада

Штрихкодирование

Системой поддерживается штрихкодирование товаров, ячеек и паллет. Существует возможность хранения внешних штрихкодов товара и формирования внутренних штрихкодов. Штрихкоды для товаров формируются с учетом артикула и единицы хранения.

Расчет услуг ответственного хранения

Склад ответственного хранения оказывает услуги по хранению и грузопереработке товара, принадлежащего другим организациям.

Модуль «Расчет услуг ответственного хранения» для продукта «1С-Логистика: Управление складом 3.0» обеспечивает выполнение следующих функций:

- задание тарифов по складским операциям в разрезе владельцев товара, номенклатурных позиций и классов единиц хранения;
- учет всех складских операций в разрезе владельцев товара;
- учет услуг и определение стоимости по каждой операции;
- формирование отчета по оказанным услугам;
- учет товара в разрезе владельцев.

Расчет стоимости услуг можно производить с любой периодичностью.

1.5.2 Система автоматизации склада и учета материалов “CS Polibase Склад”

Программа складского учета «CS Polibase Склад» предназначена для автоматизации складского учета и учета товаров и материалов на предприятиях сферы услуг, торговли и производства [40]. Это программа позволяет автоматизировать учет товаров на складе, а также проводить полный учет и анализ движения товаров и материалов (приход, выдачу, расход и перемещение) в процессе продажи или производства, контролировать остатки и управлять запасами на складе (складах), производственных участках (по цехам, помещениям, кабинетам и т.п.), по рабочим местам, специалистам, подразделениям и предприятию в целом.

Важной особенностью программы складского учета «CS Polibase Склад» является не только автоматизированный учет движения товаров и материалов на складе, но и учет выдачи на торговые площадки и производственные участки, а также учет расхода материалов (списания) на производственных участках, рабочих местах и конкретными специалистами при осуществлении производственной деятельности или продажах (самостоятельно или в составе услуги).

Основные функции программы складского учета:

- автоматизация учета товаров и материалов;
- документы складского учета и складских операций;
- отчетные формы и ведомости;
- характерные особенности программы;
- настройка структуры складов и помещений;
- справочники и настройка системы на предметную область;
- связь с модулем производства и продаж;
- учет клиентов и контрагентов;
- управление доступом и защита информации;
- сетевая работа нескольких складов и офисов;
- резервное копирование и восстановление данных;
- обмен с внешними системами.

Конфигурации системы: «Учет прихода», «Учет расхода», «Выдача и списание», «Перемещение», «Состояние склада» (рисунок 1.10), «Анализ движения и оборотов», «Инвентаризация», «Счета и продажи», «Контроль стандартов и нормативов расхода».

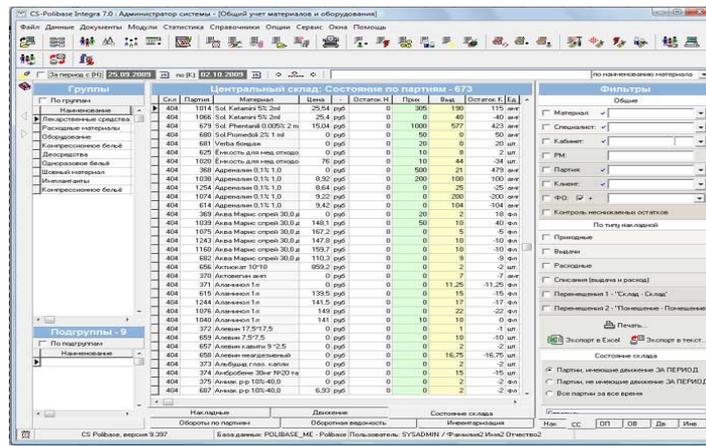


Рисунок 1.10 – Конфигурация «Состояние склада» системы «CS Polibase»

1.5.3 Системы управления складами «Microsoft business solutions-navision»

Система управления складом, реализованная в Microsoft Navision, позволяет добиться высокой степени оптимизации процессов, связанных со складской логистикой, а также полностью интегрировать их в остальные сферы бизнеса компании [41]. Это означает, что сотрудники всех отделов компании (коммерческого, снабжения и менеджеры склада) имеют возможность одновременного ввода и использования информации. Помимо прочего осуществляется контроль внутреннего товародвижения, усовершенствуются процедуры приемки и отгрузки товаров, более эффективно используются складские площади и т.д.

В Microsoft Navision представлены возможности гибкой настройки складской функциональности (рисунок 1.11). Упрощенные процедуры подбора и размещения товаров на складе обеспечивают оперативность обработки и отгрузки клиентских заказов. При подборе товара система автоматически указывает его местонахождение на складе. И, напротив, при получении и размещении прибывших партий товаров, система подсказывает, на какую площадку хранения и в какую ячейку их лучше поместить. Благодаря мощным функциональным средствам Microsoft Navision (таблица 1.1) в области дистрибуции и складской логистики ощущается значительное снижение трудозатрат, совершенствуются процессы подбора и размещения товаров, осуществляется полный мониторинг состояния складского хозяйства. Microsoft Navision позволяет контролировать заполнение и количество единиц в каждой ячейке. В системе предусмотрена возможность блокировки ячеек для перемещения товаров

Система управления складами в Microsoft Navision отличается гибкостью настроек, так что складская функциональность может быть адаптирована практически под любые требования логистики и дистрибуции.

Главные преимущества:

- снижение операционных издержек по складу, ускорение всех логистических процедур и процесса обслуживания клиентов;
- совершенствование складских операций и обеспечение прозрачности и достоверности всех данных о состоянии товарных запасов;
- оптимизация использования складского пространства и размещения единиц хранения.

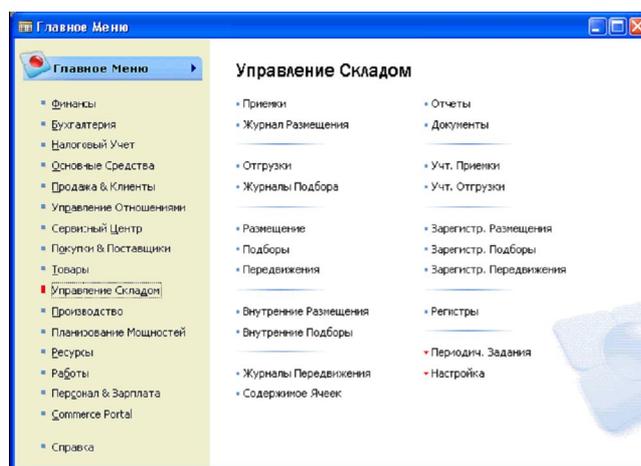


Рисунок 1.11 – Меню модуля «Управление складом»

Таблица 1.1 – Спецификация системы управления складами “Microsoft business solutions-navision”

Основные возможности	Описание
Системы управления складом	<p>Сокращение издержек за счет повышения эффективности складской логистики:</p> <ul style="list-style-type: none"> – прямой подбор и размещение; – отгрузка товаров может быть произведена несколькими различными способами: по заказу, по определенному клиенту или агенту доставки; – размещение товаров в зону отгрузки или мгновенная отгрузка; – пополнение складских ячеек на основании заранее предопределенных максимальных или минимальных количеств товара.
Внутренний подбор/размещение товаров	<ul style="list-style-type: none"> – возможность перемещения товаров с одного места на другое без их предварительной продажи или покупки; – подбор и размещение товаров без наличия исходных документов.
Система автоматизированного сбора данных (ADCS)	<p>Существенное сокращение издержек за счет совершенствования процессов управления складом:</p> <ul style="list-style-type: none"> – сбор и обработка достоверной и актуальной информации о состоянии складских запасов; – простота использования и быстрое действие системы ав-

Основные возможности	Описание
	томатизированного сбора данных посредством радио терминалов; – визуализация и “прозрачность” данных по складу в рамках всей компании.
Периодическая инвентаризация	Инструмент постоянного контроля складских запасов и соответствующих документов, записей , операций позволяет определить частоту проведения инвентаризаций товара или единицы хранения.

1.5.4 Система управления складом “АСТОР:WMS”

“АСТОР:WMS” – специализированная программная платформа, разработанная для автоматизации различных типов складов, в том числе территориально разделенных [42].

Система “АСТОР:WMS” предоставляет развитые средства для управления топологией склада, параметрами товарной номенклатуры, планирования складских операций, управления ресурсами, применения различных методик хранения и обработки грузов.

Данная система позволяет эффективно управлять складской логистикой в рамках различных технологических процессов (прием и отгрузка товара, внутренние перемещения и.т.п.) в реальном времени.

Функциональные возможности

Управление местами хранения

При выполнении любых операций по обработке и хранению грузов, платформа “ASTOR:WMS” поддерживает возможность указания адреса места хранения, на котором производится тот или иной шаг операции.

Адрес места хранения может быть многокомпонентным и отражать особенности архитектурной или технологической организации мест хранения на складе. Структура и глубина адреса задаются пользователем самостоятельно и могут меняться в ходе эксплуатации системы – например, в связи с перепланированием склада или введение новых участков технологической обработки. В пределах одного склада можно иметь зоны с различной структурой адресации внутри них. Правила уникальности адреса места хранения также определяются пользователем. Для каждого места хранения имеется возможность задания произвольного набора дополнительных свойств, характеризующих данное место хранения, например, таких как – габаритные размеры, «скорость» доступа к ячейке, ее назначение и.т.п. Система поддерживает работу с «временными» местами хранения - т.е. местами хранения, которые автоматически будут уничтожены из базы данных системы по достижении на них нулевого ос-

тата. Данный механизм используется при планировании многошаговых складских операций.

«Складская логистика»

Системой поддерживается возможность одновременной работы с несколькими складскими помещениями или обособленными участками внутри одного здания. Каждое здание или участок может быть введено в систему как отдельный «логический склад», для которого имеется возможность независимо задать:

- структуру адресов мест хранения и упаковок;
- правила размещения и отбора;
- шаблоны и сценарии технологических операций;
- ресурсы – рабочих и оборудование, обрабатывающих груз на данном складе.

Число создаваемых «логических складов» неограниченно.

Партии хранения

При проведении складских операций имеется возможность объединения отдельных единиц товарной номенклатуры в группы (партии хранения). Для партии хранения имеется возможность задания набора дополнительных признаков, которые могут использоваться при обработке товаров, входящих в данную партию. С помощью данного механизма может быть организован процесс обработки товаров, для которых нужно учитывать такие параметры, как, например:

- срок годности;
- срок хранения;
- серийный или VIN-номер;
- сертификат, имеющий ограниченный срок действия;
- принадлежность к определенной партии поставки или производства;
- принадлежность товара определенному клиенту и т.п.

Система поддерживает функции создания, удаления, управления составом партий. Используя данный механизм, можно управлять стратегией размещения и отбора товара, доступностью товара для тех или иных складских операций и т.п.

Технологические процессы

Конкурентное ведение операций

Платформа ASTOR:WMS поддерживает одновременное проведение различных складских операций – приемов, отгрузок, перемещений, инвентаризаций. Для каждой запланированной операции автоматически резервируется необходимый остаток товара на определенных местах хранения (или свободное место), что исключает коллизии.

Шаблоны операций

Для каждого типа операции – приема, отгрузки или перемещения - имеется возможность задания шаблона процесса, согласно которому будет проводиться данная операция. В качестве примера можно привести следующий шаблон операции отгрузки: отбор с локации, маркировка, доставка в зону комплектации, контроль количества, контроль качества, упаковка, подготовка сопроводительной документации, погрузка в транспортное средство, отправка. Для каждого шаблона можно задать условия, при которых он может применяться.

Правила размещения

Для поддержки различных методик размещения товара на складе, платформа “ASTOR:WMS” поддерживает механизм правил размещений – задаваемых пользователем условий, в соответствии с которым должно быть произведено размещение товара на складе. Правила размещения позволяют учесть специфические требования к хранению товара, архитектуру склада, параметры мест хранения и т.п. Примеры правил размещения:

- на одном месте хранения нельзя хранить разные виды товара;
- нельзя хранить одинаковый товар из разных партий на одной локации;
- товар определенного вида должен храниться только в определенной зоне склада;
- нельзя размещать рядом продовольственные товары и бытовую химию;
- товар определенной группы можно размещать не выше второго яруса.

Платформа автоматически отслеживает выполнение правил размещения в ходе выполнения любой операции, увеличивающей остатки на определенных местах хранения. По мере необходимости пользователь имеет возможность изменять состав и содержание правил размещения, адаптируя систему к изменениям логистики работы склада.

Правила отбора

Аналогично механизму правил размещения, система поддерживает возможность задания правил отбора – задаваемых пользователем условий, определяющих партии и/или места хранения, из которых должен производиться отбор товара. В качестве примера правил отбора можно привести:

- отгружать определенные группы товаров, имеющие ограничения по сроку годности, по FIFO;
- отгружать товар только из зоны отбора;
- отгружать товар только из ячеек с определенным статусом.

Пользователь может задать вид операции (отгрузка или перемещение), условия (например, виды товаров, клиента и т.п.) и «логические» склады для которых будут применяться те или иные правила отбора. При выполнении операций отбора система автоматически проверит, соответствуют ли ячейки и партии заданным правилам.

Алгоритмы выбора мест хранения для проведения операций

Используя механизм правил отбора или размещения, можно гибко применять различные стратегии выбора мест хранения для отбора или размещения товара. Платформа «ASTOR:WMS» поддерживает возможность применения различных алгоритмов подбора мест хранения при выполнении конкретной складской операции. Правила отбора или размещения определяют множество допустимых мест хранения, на которых может выполнена операция, алгоритм же выбирает из этого множества конкретные места хранения, отвечающие стратегии, реализуемой данным алгоритмом. Например, при операции отбора могут применяться следующие стратегии: обойти минимальное число ячеек для отбора заданного количества; освободить как можно больше ячеек, занимаемых товаром.

Алгоритмы оформляются в виде внешних модулей с открытым кодом, таким образом, возможности системы могут быть легко расширены за счет подключения новых алгоритмов.

Планирование работы склада

В состав платформы «ASTOR:WMS» входят средства как для долгосрочного планирования работы склада (рисунок 1.12), так и для оперативного управления ресурсами (работчиками, оборудованием), осуществляющими ту или иную складскую операцию.

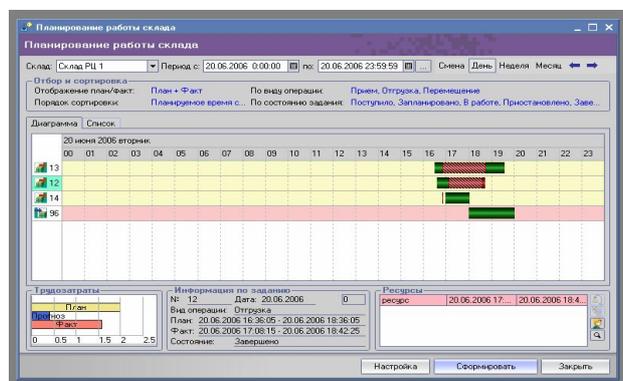


Рисунок 1.12 – Модуль «Планирование работы склада»

Имеется возможность создания графика работы склада на определенный период планирования, при этом для каждой регламентной операции можно задать:

- шаблон повторяемости;
- времени начала и окончания или продолжительности;
- дополнительных критериев, согласно которым будут отобраны обрабатываемые в данной операции позиции.

Планирование регламентных операций

Внутрискладские операции – перемещения, уплотнения, инвентаризации и т.п. могут планироваться в общем контексте работы склада – например, для освобождения определенных мест хранения перед планируемым приемом товара.

Планирование и управление ресурсами

Для каждой проводимой складской операции имеется возможность назначения ресурсов для выполнения данной операции. Ресурсы могут быть назначены как для выполнения определенной операции целиком, так и для обработки отдельных позиций, выполнения от-

дельных шагов операции. Имеется возможность назначения приоритетов заданиям и контроля перегрузок ресурсов. Система фиксирует трудозатраты при выполнении каждой операции; эти данные могут быть затем использованы для нормирования, расчета заработной платы, тарификации услуг и т.п.

1.5.5 Система управления складской логистикой “ALFA-INVENTORY”

Модуль “Alfa-Inventory”, являющийся ядром Подсистемы управления логистикой, предоставляет полный набор инструментов для управления складами предприятия [43]. На базе “Alfa-Inventory” можно организовать товароборот компании, имеющей структуру подразделений, складов и производственных цехов любой степени сложности и ведущей операции с любым ассортиментом товаров, материалов и услуг. При этом управление движением товарно-материальных ценностей осуществляется в рамках единого аналитического пространства предприятия.

Основные данные

Складская логистика

Складские остатки на любой день можно посмотреть не только по выбранному складу, в разрезе групп или качественных характеристик товаров, но и с выборкой по критическим срокам реализации (рисунок 1.13).

Артикул	Наименование	Единица измерения	В наличии	Свободно
00100107	ЭМАЛЬСЯЙ АКРМОС 512	ТН	30 681	30 681
00100001	ЭМАЛЬСЯЙ 100	КГ	200	200
00100721	ХАЙТЕНОЛ	КГ	0	0
00100042	ТЕТРАМЕРА ПРОПИЛЕНА	КГ	8901	8901
00100910	Стекло органическое 4 мм	ТОННА	-0.082	-0.082
00100124	Стекло орг. Акрил светл. 0,4 мм белый	ЛИСТ	0	0
00100001	СТЕКЛО СИЛИКАТ. ИМП.100/1400/1300	М2	45,5	45,5
00100335	СТЕКЛО СИЛИКАТ.1600/1900/0,6Т	М2	0	0
00100200	СТЕКЛО СИЛИКАТ. ИМП.12/2100/3100	М2	0	0
00100205	СТЕКЛО СИЛИКАТ. ЗАКАП.1400/1300	М2	368,508	368,508
00100265	СТЕКЛО СИЛИКАТ. 1600/1800/8-10,6	М2	83,52	83,52
00100330	СТЕКЛО СИЛИКАТ. 1400/1230/8,6Т	М2	192,854	192,854
00100841	СТЕКЛО СИЛИКАТ.ИМП.1600/1800	М2	1017,6	1017,6
00100094	СТЕКЛО СИЛИКАТ.ИМП.СПАР. 12/2150/3	М2	0	0
00100093	СТЕКЛО СИЛИКАТ.ИМП.СПАР. 10/2150/3	М2	243,72	243,72
00100114	СТЕКЛО СИЛ. "АСРЮЛИQUE" 2150/315	М2	0	0
00100113	СТЕКЛО СИЛ. "АСРЮЛИQUE" 1600/180	М2	0	0
00100111	СТЕКЛО СИЛ. "АСРЮЛИQUE" 1400/123	М2	0	0
00100809	СТЕКЛО ОРГАНИЧЕСКОЕ ТОНН 6ММ	КГ	4446	4446

Рисунок 1.13 – Модуль «Каталог товаров»

Учет перемещений ТМЦ

Подсистема “Alfa-Inventory” позволяет проводить и контролировать приход и расход ТМЦ, их перемещения между подразделениями и складами (рисунок 1.14). При этом внутренние перемещения могут быть привязаны к прайс-листам с учетом принятой на предприятии практики трансфертного ценообразования.

Товар/услуга	Артикул	Количество	Т	БЕИ	Наличие	Состояние	Право
ТРЕША 1220*12,4	23000008	-1	тонна		0		
ЦЕМЕНТ ГЛИНОЗЕМИСТЫЙ ГОСТ 963-91 В ТАРЕ М40	2800370	99	тонна		0		
Склад	Балансовая ед.	Количество	Т	БЕИ	Наличие	Состояние	Право
СКЛАД ОС	СИЛЬВИНИТ-ТН	99	тонна		1	Свободно	
Товар/услуга	Артикул	Количество	Т	БЕИ	Наличие	Состояние	Право
ЦЕМЕНТ ПОРТЛАНДСКИЙ ГОСТ 10178 НАВАЛОМ М500	280040	5	тонна		0		
Склад	Балансовая ед.	Количество	Т	БЕИ	Наличие	Состояние	Право
СКЛАД № 31	СИЛЬВИНИТ-ТН	5	тонна		1	Свободно	
Товар/услуга	Артикул	Количество	Т	БЕИ	Наличие	Состояние	Право
ЦЕМЕНТ ПОРТЛАНДСКИЙ ГОСТ 10178-85 В ТАРЕ М400. Д.2	280000	22	тонна		0		
Склад	Балансовая ед.	Количество	Т	БЕИ	Наличие	Состояние	Право
СКЛАД ИР	СИЛЬВИНИТ-ТН	22	тонна		1	Свободно	
Товар/услуга	Артикул	Количество	Т	БЕИ	Наличие	Состояние	Право
ЦЕМЕНТ СУЛЬФАТОСТОЙКИЙ ГОСТ 22266-94 В ТАРЕ М40	280050	10	тонна		0		
ЭЛЕМЕНТ ФИЛЬТРУЮЩИЙ 3151-1109080	42007009	200	шт		0		
ЭНЕРГОСТОЛБЫ	28006414	15	куб.м		0		

Рисунок 1.14 – Модуль «Оперативный отчет о резервах и складских остатках ТМЦ»

Инвентаризация, переоценка

При проведении инвентаризации на складе в Сличительную ведомость Модуля “Alfa-Inventory” вводятся данные по количеству товарно-материальных ценностей, фактически имеющихся на складах. При этом, приход излишков и/или списание недостач, если учетные данные не соответствуют вводимой информации, может производиться как по себестоимо-

сти, так и по цене реализации. Причем система позволяет учитывать недостачи и в пределах естественной убыли, и сверх лимита, а инвентаризацию можно производить по складу в целом или по отдельным группам товара.

Многомерный учет

В Системе “Alfa” за счет использования набора атрибутов товарно-материальных ценностей могут составляться сложные каталоги. Благодаря этому, при определении количества каждого конкретного типа товара на складе могут учитываться одноименные товары, различающиеся, например, по сочетаниям цветов, размерам, отделке.

Ведение партионного учета

Модуль “Alfa-Inventory” предоставляет возможность ведения учета ТМЦ в организациях, работающих с партиями и сериями товаров. Учет, списание, определение себестоимости и другие операции в этом случае могут проводиться с использованием различных методов (FIFO, LIFO, с указанием конкретной партии), при этом Модуль может, например, списывать в расход товар из одной или нескольких конкретных серий, соответствующим образом вычисляя себестоимость.

Расчет себестоимости

Расчет себестоимости может производиться по методам FIFO, LIFO, путем вычисления среднего или согласно произвольным схемам на основе вычислений в Модуле “Alfa-Account”. В последнем случае информация из проводки, рассчитанной и выполненной в “Alfa-Account”, передается в документы “Alfa-Inventory” для определения фактической себестоимости отгружаемого товара. В процессе расчета себестоимости приходимых ТМЦ Модуль предоставляет возможность распределения затрат на услуги, связанные с товарами (доставка, погрузка), через конкретные документы.

Затаривание и учет тары

Модуль позволяет вести учет материальных ценностей с указанием схемы затаривания, которая представляет собой иерархию товароносителей и упаковочных материалов, применяющихся для данной грузовой единицы. При этом количество освобождаемой в процессе распаковки тары рассчитывается автоматически на основании количественных показателей, указанных пользователем при создании схемы. Учет укрупненных грузовых единиц, а также учет тары может осуществляться отдельно от товара.

Формирование отчетности

В Модуле предусмотрена возможность получения следующих параметрических отчетов:

- по остаткам ТМЦ;
- по движению ТМЦ;
- аналитические - в разрезах прибыльности, оборачиваемости и т.п.;

- по расчетам с контрагентами.

Любой перечисленных отчетов может быть получен путем задания параметров отбора, группировки и вычислений.

1.5.6 Система управления складом “ФОЛИО WMS (ФОЛИО WinСклад. Версия 8.1)”

Система управления складом “ФОЛИО WMS” предназначена для автоматизации управления крупными складами со сложной технологией хранения: складских комплексов, таможенных терминалов, складов ответственного хранения и т.п.[44]

Система ЛогистикСклад поддерживает функции (рисунок 1.15):

- товарного учета;
- складской логистики: адресное хранение и перемещение товаров по зонам склада от прихода до отгрузки заказчиком, комплектация грузов, инвентаризация и т.п.;
- управления персоналом.

Функции складской логистики

Набор функций, связанных с учетом размещения и движения товара по местам хранения - складской логистики. В том числе прием, размещение, комплектация грузов, инвентаризация, маршрутизация заданий, а также другие аспекты функционирования крупного склада.



Рисунок 1.15 – Структурная схема системы управления складом “ФОЛИО WMS”



Рисунок 1.16 – Схема документооборота

Все операции выписки складских документов в программе совмещены с системой автоматизации размещения по местам хранения (рисунок 1.16):

1. Легко настраиваемая пользователем конфигурация мест хранения, выполненная в виде дерева вложенных уровней хранения (стеллаж- полка - ячейка и т.д.).
2. Проверка ячеек хранения на соответствие свободному пространству, размеру, грузоподъемности, условиям хранения (температуре, влажности и т.д.), доступности для погрузчика и др.

3. Большой набор готовых методов автоматизации подбора ячеек и товара при поступлении и отпуске товара. Легкая настройка пользователем или разработчиком на оптимальный для клиента новый метод размещения и подбора товара по любому пользовательскому критерию. Полностью открытый интерфейс для настройки.
4. Выписка погрузочно-разгрузочных документов и маршрутных листов для грузчиков. Автоматизация сличения товаров: поставляемых и реально пришедших, а также отпущенных и предварительно подобранных на складе.
5. Автоматическая маркировка и полная автоматизация размещения и выбытия товара с помощью любых устройств считывания штрих-кодов и печати этикеток, в частности сканеров, переносных терминалов сбора данных, радиотерминалов и др.. Маркировка товара и ячеек для считывания местоположения на складе.
6. Быстрое и точное проведение инвентаризации, как всего склада, так и отдельных его частей, с использованием устройств считывания штрих-кодов.
7. Полная отчетность о перемещениях товара и загрузке ячеек. Подробный просмотр истории хранения каждой партии товара и ее перемещениях, в том числе и внутри склада.
8. Дополнение новых свойств товара и ячеек в простом диалоге из программы.
9. Механизм использования устройств считывания штрих-кодов, заложенный в программу, позволяет полностью отказаться от использования внутренних бумажных документов при оприходовании и отгрузке товаров.
10. Система "контейнерного" хранения. Учет возможности сложной вложенности упаковки, а также разного количества товаров для каждой единицы упаковки и палетт.

Функции управления персоналом

Представлены системой контроля времени и качества выполнения персоналом работ по комплектации и отгрузке заказов потребителям. Обеспечивают наглядный просмотр состояния формирования заказа: распределение заданий сотрудникам на подбор заказов, отслеживание прохождения заявок (нарядов), контроль времени выполнения и качества работ по комплектации заказов на отгрузку.

1.5.7 Информационная система “GLOBAL SYSTEM”

Система “Global” – система WMS-уровня (Warehouse Management System) и может работать со складами, имеющими сколь угодно сложную структуру [45]. Склад может быть поделен на зоны приемки, хранения, комплектации, отгрузки, приемки и хранения брака, торгового зала и т.д. Для разных мест хранения могут быть отражены ячейки с различными объемно-весовыми характеристиками и условиями складирования.

В системе “Global” нет ограничений по количеству складов, зон хранения, рядов, стеллажей, ячеек (рисунок 1.17). Каждой ячейке может быть назначена идентификационная метка как в виде штрих-кода, так и радиочастотная. В системе “Global” Вы сможете работать с визуальной моделью склада. Достаточно щелчка мыши на ячейке склада на Вашем экране чтобы получить информацию по количеству и ассортименту находящихся там ТМЦ.

Наименование	Тип места хранения	Длина	Ширина	Высота	Ра
Склад 1	Склад				
Зона комплектации.1.1	Зона комплектации				
Стеллаж.1.1.1	Стеллаж				
Ячейка.1.1.2.1	Ячейка				
Ячейка.1.1.2.2	Ячейка				
Ячейка.1.1.2.3	Ячейка				
Ячейка.1.1.2.4	Ячейка				
Стеллаж.1.1.3	Стеллаж				
Ячейка.1.1.3.1	Ячейка				
Ячейка.1.1.3.2	Ячейка				
Ячейка.1.1.3.3	Ячейка				
Ячейка.1.1.3.4	Ячейка				
Ячейка.1.1.3.5	Ячейка				
Зона комплектации.1.2	Зона комплектации				
Зона комплектации.1.3	Зона комплектации				
Зона отгрузки	Зона комплектации				
Склад 2	Склад				

Рисунок 1.17 – Модуль «Место хранения»

Партионный учет

Если Вы работаете с ТМЦ, у которых каждое поступление на склад характеризуется некоторым набором признаков (например, № серии, № партии, № сертификата, ГТД, срок годности и пр.) и Вам необходимо иметь возможность проследить полный цикл движения товаров с заданным набором значений признаков, то система “Global” послужит Вам незаменимым помощником.

Складские транзакции

Работу современного склада сложно представить без использования сканеров штрих-кодов или терминалов сбора данных. Система “Global” отражает все складские транзакции в режиме реального времени, поддерживая передовое складское оборудование. С помощью оборудования в системе “Global” осуществляется приемка, внутри складские перемещения, комплектация заказов, максимально сокращая ошибки, долю ручного труда, временные затраты на обработку складских транзакций.

Комплектация заказа

Резервирование товаров под заказы клиентов в системе “Global” может осуществляться автоматически по определенному заранее порядку отбора товара на складе по партии или серии. Задание складу на отбор товара из мест хранения в заказ может быть задано с определенным порядком отбора FIFO (непродовольственная группа товаров) или FEFO (товары, имеющие ограниченные сроки годности).

Ответственное хранение

Система “Global” – незаменимый инструмент при оказании услуг ответственного хранения, поддерживающий весь цикл обработки груза: непосредственное хранение, погрузочно-разгрузочные работы, оформление сопроводительных документов, обработка товаров (упаковка, маркировка), утилизация и страхование грузов, находящихся на складе.

Инвентаризация

Инвентаризация склада является крайне трудоемким процессом. Это связано, прежде всего, с большими объемами и разнообразной номенклатурой. При инвентаризации склада для сравнения с расчетными данными ввод фактического наличия остатков в систему “Global” может быть максимально упрощен и автоматизирован, используя радиотерминалы сбора данных или сканеры штрих-кодов.

Контроль за сроками хранения

Контроль за сроками хранения является важнейшей задачей при работе со скоропортящимся товаром. Работа с такими товарами в системе “Global” построена таким образом, что Вы всегда будете знать о том, сколько таких товаров на складе, и когда у них истекает срок годности.

Взаимодействие с весовыми системами

Работа на складе может требовать взвешивания грузов при отправлении и получении. Взаимодействуя с промышленными автомобильными (железнодорожными) электронными весами, система “Global” позволяет автоматизировать процесс получения и передачи информации, полученной в ходе взвешивания. Разнесение информации о весовых данных в соответствующую первичную документацию также происходит в автоматическом режиме, что снижает вероятность ошибки, сокращает время на обслуживание одной машины. Кроме того, система предоставляет возможность на основании полученных данных вести оперативный учет перемещений загруженного и пустого транспорта, контролировать вес грузов, вывозимых со склада.

Учет пересортицы товаров

Довольно часто в организациях, имеющих широкий ассортимент товаров, встречается ситуация, когда в результате инвентаризации выявляется так называемая пересортица товаров, т.е. появление излишков одного сорта и недостачи другого сорта товаров одного и того же наименования. Система “Global” позволяет корректировать данные расхождения, оформлением соответствующих документов.

Анализ склада

Деятельность практически любой компании осуществляется в условиях сильной нехватки складских площадей. Предусмотренный набор отчетности в системе “Global” позволяет проводить анализ структуры складских остатков по степени ликвидности, анализ степени заполнения склада (рисунок 1.18). Данные аналитические инструменты покажут насколько эффективно, используются складские площади.

Место хранения	Колво	Абсолют	Процент	Единицы
Центральный склад ГП	88601,0	341 018	1,08	31523
Вагоны	34181	0	0	0
Склад 700/3	13094	0	0	10306
Склад №17	31 218	31 218	0	0
Склад №200	0	0	0	0
Склад №43	2374	0	0	0
Склад №111	802	0	0	0
Склад №30	1863	0	0	0
Склад "Медведь"	0	0	0	0
Склад 1005	0	0	0	0
Склад 554	2546	0	0	0
Склад 116/3	0	0	0	0
Склад 116/2	0	0	0	0
Склад 116/1	0	0	0	0
Склад 555	345	0	0	0
Склад 448	236	0	0	0
Склад 603а	20155	0	0	9152
Склад 204/2	4679	0	0	8465
Склад №32	0,1	0,1	0	0
Зона отгрузки	8094,7	79,7	0	0
Склад №14	230	230	0,86	2560
Итерские ремонтные скл...	0	0	0	0
Материальные склады	50190	0	0	0

Код	Наименование	Колво	Абсолют	Процент
65230000	Машина стиральная "Ока-11"	7728	0	0
65260000	Машина стиральная "Ока-9M"	82	0	0
65008900	Нитробензол	210	210	0,67
65041000	Скоростра тер бы АРТ 1.44.15	425	0	0
65300000	Машина стиральная "Ока-10"	3457	0	0
65240000	Машина стиральная "Ока-8"	11357	0	0
65102000	Водонагреватель ВА3-30/1,5ХТ "З...	156	0	0
65105000	Водонагреватель ВА3-50/1,5М.ХТ	320	0	0
65107000	Водонагреватель ВА3-70/1,5ХТ	874	0	0
65110000	Водонагреватель ВА3-90/1,5ХТ "З...	294	0	0
65105000	Водонагреватель ВА3-50/1,5ХН	3490	0	0
65340000	Машина стиральная "Ока-15"	2	0	0
68404360	Склада эпокс.ЗД.20 в таре потреби...	21,84	21,84	0,07
65360000	Машина стиральная "Ока-16"	629	0	0
65370000	Машина стиральная "Ока-17"	701	0	0
65107000	Водонагреватель ВА3-70/1,5ХН	3674	0	0
65103000	Водонагреватель ВА3-30/1,5ХН	5543	0	0
65390000	Машина стиральная "Ока-55"	346	0	0
65109500	Водонагреватель ВА3-90 ч/ИРВА 6...	25	0	0
65010000	Машина стиральная "Ока-18" на ст...	5149	0	0
65963000	Кера-3.0П.16м.П.10А. в.таре потреби...	1,32	1,32	0

Рисунок 1.18 – Модуль «Анализ склада»

1.5.8 Система складского учета “CoreIMS”

“CoreIMS” – система складского учета, поддерживающая технологию адресного хранения и работу со сканерами штрихкодов, терминалами сбора данных [46]. Компьютерная программа для склада позволяет вести количественный и суммовой учет всех поступлений и отгрузок. “CoreIMS” позволяет существенно снизить пересортицу, сократить число ошибок при приеме и отгрузке товара за счет:

- применения технологии штрихового кодирования;
- применения адресного хранения товаров;
- указания предпочтительного места хранения для товара;
- возможности задания дополнительных свойств товара;
- иерархической классификации товаров;
- наличия фильтров поиска товара.

Уменьшение потерь из-за недобросовестных действий персонала. “CoreIMS” позволяет снизить потери из-за недобросовестных действий персонала. Для этого используются следующие возможности системы:

- разграничение прав доступа;
- ведение истории операций;
- блокирование товаров.

Снижение требований к квалификации сотрудников склада. Каждый сотрудник склада имеет возможность выполнять только действия, соответствующие его квалификации и роли на складе. “CoreIMS” позволяет снизить требования к квалификации за счет:

- простого, интуитивно понятного интерфейса;
- гибкого разделения прав пользователей;
- использования переносных терминалов;
- автоматического выставления счетов.

Снижение накладных расходов. “CoreIMS” обладает рядом свойств, позволяющих сократить накладные расходы на основе оптимизации работы склада. Достигается это за счет:

- снижения объема возвратов товара, причиной которых являются ошибки персонала склада;
- сокращения численности персонала склада;
- снижения потерь, вызванных истечением срока хранения товара;
- снижения потерь из-за недобросовестности персонала.

Ускорение оборачиваемости товаров. “CoreIMS” позволяет ускорить оборачиваемость товаров за счет более быстрого выполнения всех складских процессов.

- ускорения выполнения складских процессов;
- предварительного планирования размещения товаров на складе;
- поддержки стратегий FIFO, FEFO.

“CoreIMS” интегрируется с другими программами, такими как 1С:Предприятие либо логистическими системами, такими, как SCM (Системы управления цепочками поставок), и дополняет их функциональность. Данная система позволяет повысить точность и скорость работы склада в недельные сроки и может являться основой для комплексной автоматизации склада.

1.5.9 Система складского учета «КЛАД-Перл»

Программа «КЛАД-Перл» (рисунок 1.19) предназначена для автоматизации ведения компьютерного складского учета движения товаров на небольших предприятиях [47]. В зависимости от настроек и типа базы данных, программа может использоваться в:

предприятиях общественного питания (ресторан, бар, клуб, кафе, комбинат питания, интернет-кафе и т.п.); салонах красоты; минипекарнях, кондитерских и хлебопечкарных цехах; магазинах, торговые точки; строительных организациях; салонах сотовой связи; складах и организациях складского типа.

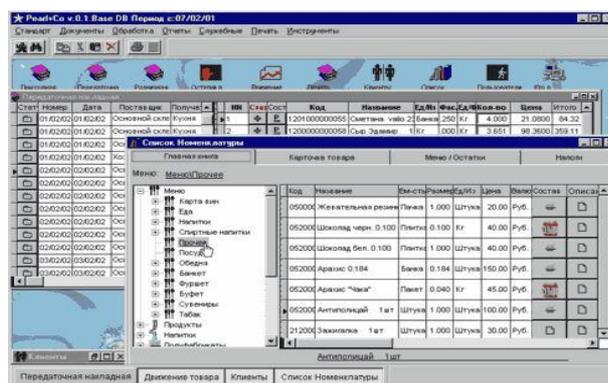


Рисунок 1.19 – Система “Pearl”

Программа складского учета «КЛАД-Перл» позволяет:

- автоматизировать ведение электронных документов для всех основных операций с товаром;
- автоматизировать процесс списания товаров, блюд и услуг согласно технологическим (калькуляционным) картам;

- создание технологических карт неограниченной степени вложенности на произвольную норму закладки;
- вести не только коллективную материальную ответственность в салонах красоты, но и индивидуальную;
- облегчить ввод нормативно-справочной информации: многоуровневый классификатор товаров, справочники клиентов, курсов валют, единиц измерения, налоговых ставок;
- формировать разнообразные отчеты за произвольный период в любой выбранной из справочника валюте;
- гибко настраивать уровень доступа и полномочия пользователей программы.

Складская программа «КЛАД-Перл» обеспечивает полный контроль товарооборота, начиная с поступления товара на склад и заканчивая списанием (или продажей) товара как целиком, так и частями в виде ингредиентов.

1.5.10 Система складского учета «ОК-СКЛАД»

«ОК-СКЛАД» система складского учета, торгового бизнеса и производства (рисунок 1.20), предназначенная для работы магазинов и небольших производств [48].

Преимущества системы «ОК-СКЛАД»:

- удобный интерфейс и простота понимания учета движения товаров на складах, денежных средств и документов;
- банк отчетов о состоянии учета на складах, безналичных и наличных денег, договоров и т.д.;
- возможность ведения складского учета по одному или нескольким предприятиям (количество складов, касс, расчетных счетов не ограничено);
- полная поддержка работы сканера штрих-кодов;
- экспорт в Excel счетов, накладных, платежей и других документов;
- возможность работы с сервером базы данных через сеть Интернет.

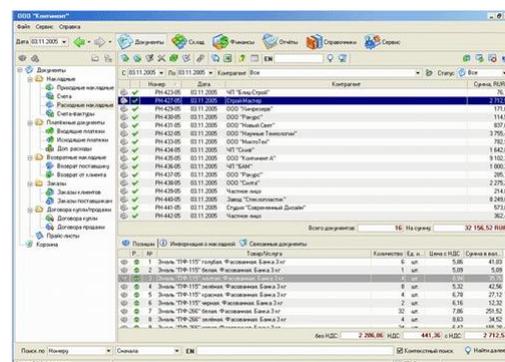


Рисунок 1.20 – Система «ОК-СКЛАД»

1.5.11 Система складского учета «Учет и движение товара на складе 3.7.3»

Программа предназначена для ведения учета и движения товара на складе [49]. Основные возможности системы:

- прием и отпуск товара как в основных единицах измерения, так и в различных упаковках с авто пересчетом в основные единиц измерения;
- расценка товара на складе по неограниченному количеству цен, а также его отпуск со склада по одной из выбранных цен;
- гибкая система учета скидок и накруток на товар для покупателя;
- ведение кассовых операций по приходу и расходу товара, как в автоматическом, так и в ручном режиме;
- ведение заказов на товар для своих потребителей;
- отслеживание состояний заказов с последующим автоперемещением заказа в журнал расхода;
- возможность просмотра кассы, как общей так и по отдельно взятому поставщику / потребителю;
- возможность быстрого получения информации по выбранному товару на любую дату;
- печать накладных на отпуск товара;
- отчет о прибыли по потребителям;
- печать прайс-листов;
- отчет по остаткам на складе;
- отчет по поставщику товара.

2 ВЫБОР ОБОСНОВАННОГО ВАРИАНТА НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1 Обоснованный вариант направления исследования

При создании информационной системы движения продукции на складах нужно руководствоваться следующим основным принципом: лишь индивидуальное решение с учетом всех влияющих факторов может сделать ее рентабельной. Предпосылкой этого является четкое определение функциональных задач и основательный анализ переработки груза как внутри, так и вне склада. Любые затраты должны быть экономически оправданными, т. е. внедрение любого технологического и технического решения, связанное с капиталовложениями, должно исходить из рациональной целесообразности, а не из модных тенденций и предлагаемых технических возможностей на рынке.

Основное назначение склада – концентрация запасов, их хранение и обеспечение бесперебойного и ритмичного выполнения заказов потребителей. [4]

На уровне отдельного предприятия информационные системы подразделяются на три группы:

- плановые;
- диспозитивные (или диспетчерские);
- исполнительные (или оперативные).

Информационные системы, входящие в разные группы, отличаются как своими функциональными, так и обеспечивающими подсистемами. Функциональные подсистемы отличаются составом решаемых задач.

Обеспечивающие подсистемы могут отличаться всеми своими элементами, т. е. техническим, информационным и математическим обеспечением.

Исполнительные информационные системы. Создаются на уровне административного или оперативного управления. Обработка информации в этих системах производится в темпе, определяемом скоростью ее поступления в ЭВМ. Это так называемый режим работы в реальном масштабе времени, который позволяет получать необходимую информацию о движении грузов в текущий момент времени и своевременно выдавать соответствующие административные и управляющие воздействия на объект управления. Этими системами могут решаться разнообразные задачи, связанные с контролем материальных потоков, оперативным управлением обслуживания производства, управлением перемещениями и т. п.

В настоящее время создаются достаточно совершенные пакеты программ. Однако применимы они не во всех видах информационных систем. Это зависит от уровня стандартизации решаемых при управлении материальными потоками задач.

Наиболее высок уровень стандартизации при решении задач в плановых информационных системах, что позволяет с наименьшими трудностями адаптировать здесь стандартное программное обеспечение. В диспозитивных информационных системах возможность приспособить стандартный пакет программ ниже. Это вызвано рядом причин, например:

- производственный процесс на предприятиях складывается исторически и трудно поддается существенным изменениям во имя стандартизации;
- структура обрабатываемых данных существенно различается у разных пользователей.

В исполнительных информационных системах на оперативном уровне управления индивидуальное программное обеспечение применяют наиболее часто.

Склад должен рассматриваться не изолированно, а как интегрированная составная часть логистической цепи. Только такой подход позволит обеспечить успешное выполнение основных функций склада и достижение высокого уровня рентабельности. При этом необходимо иметь в виду, что в каждом отдельно взятом случае, для конкретного склада, параметры складской системы значительно отличаются друг от друга, так же как ее элементы и сама структура, основанная на взаимосвязи этих элементов.

Практика свидетельствует, что склад готовой продукции является важнейшим логистическим звеном, органически связывающим производство и сбыт продукции предприятия. В условиях промышленного производства продукции с номенклатурой, обычно составляющей несколько десятков товарных позиций и цикличности технологических процессов обеспечение на складах быстроты поиска и простоты доступа к продукции позволяет снизить трудозатраты и ускорить выполнение операций. Оправданной в этих условиях является напольное хранение упакованной продукции в один или несколько ярусов (в зависимости от прочности упаковки). Однако такой способ хранения предъявляет жесткие требования к организации складских работ, а управление ими в режиме реального времени вызывает необходимость внедрения систем автоматизации. При этом во главу угла ставиться именно оперативность выполнения работ, поскольку любые задержки складских операций могут привести к остановке производственных линий.

Анализ проведенных исследований в области применения информационных систем в складской логистике показал, что в настоящее время в России не существует ни одной успешной инсталляции складских модулей ERP систем, которые бы обеспечили полнофункциональную поддержку указанного оборудования. Кроме того, данные модули не обеспечивают оперативного управления складом в режиме реального времени. Без этого эффективность их внедрения на складах с высоким уровнем грузопотоков существенно снижается. Поэтому даже при

наличии уже действующих систем класса ERP ряд промышленных предприятий начинает внедрять специализированные складские системы управления.

2.2 Требования, предъявляемые к информационным системам управления складами

При создании информационных систем на предприятии возникают некоторые трудности и проблемы, связанные с отсутствием сбора информации на предприятиях.

В основном информация носит не точный, не оперативный и не преемственный характер. Зачастую компании терпят крах по причине несвоевременной, либо недостоверной полученной информации.

Для достижения эффективных и продуктивных методов управления складом, недостаточно просто грамотно использовать полученные данные, важно обеспечить их доступность и “прозрачность” в рамках всей компании. Подобная распределенность данных позволяет сотрудникам самых разных отделов и департаментов компании работать с единым источником достоверной информации. Это влечет более четкое и оперативное обслуживание клиентов, снижение операционных издержек и экономию времени.

В целом преимущества интегрированных информационных систем заключается в следующем:

- возрастает скорость обмена информацией;
- уменьшается количество ошибок в учете;
- уменьшается объем непроизводительной, «бумажной» работы;
- совмещаются разрозненные информационные блоки.

В основу построения логистической информационной системы складирования должны быть заложены принципы [51]:

Полнота и пригодность информации для пользователя. Логистический менеджер должен располагать необходимой и полной (достаточной) информацией для принятия решений, причем в необходимом ему виде. Например, информация о запасах или заказах потребителей часто нуждается в предварительной обработке и обычно размещается не там, где логистический менеджер принимает решение.

Точность. Точность исходной информации имеет принципиальное значение для принятия правильных решений. Например, информация об уровне запасов в распределительной сети в современных логистических системах допускает не более 1 % ошибок или неопределенности для принятия эффективных решений в физическом распределении, создании запасов и удовлетворении запросов потребителей. Большое значение имеет точность и достоверность исходных данных для прогнозирования спроса, планирования потребностей в материальных ресурсах и т. п.

Своевременность. Логистическая информация должна поступать в систему менеджмента вовремя, как этого требуют многие логистические технологии, особенно основанные на концепции «точно в срок». Своевременность информации важна практически для всех комплексных логистических функций. Кроме того, многие задачи в транспортировке, операционном менеджменте, управлении заказами и запасами решаются в режиме реального времени («on line»). Этого же требуют и многочисленные задачи логистического мониторинга. Требования своевременности поступления и обработки информации реализуются современными логистическими технологиями сканирования, спутниковой навигации, штрихового кодирования, внедрения стандартов EDI/EDIFACT.

Ориентированность. Информация в логистической информационной системе должна быть направлена на выявление дополнительных возможностей улучшения качества продукции, сервиса, снижения логистических издержек. Способы получения, передачи, отображения и предварительной обработки информации должны способствовать выявлению «узких мест», резервов экономии ресурсов и т. п.

Гибкость. Информация, циркулирующая в логистической информационной системе, должна быть приспособлена для конкретных пользователей, иметь наиболее удобный для них вид. Это касается как персонала фирмы, так и логистических посредников и конечных потребителей. Бумажный и электронный документооборот, промежуточные и выходные формы, отчеты, справки и другие документы должны быть максимально приспособлены к требованиям всех участников логистического процесса и адаптированы к возможному диалоговому режиму для многих пользователей.

Подходящий формат данных. Формат данных и сообщений, применяемый в компьютерных и телекоммуникационных сетях логистической информационной системы, должен максимально эффективно использовать производительность технических средств (объем памяти, быстродействие, пропускная способность и т. д.). Виды и формы документов, расположение реквизитов на бумажных документах, размерность данных и другие параметры должны облегчать машинную обработку информации.

В соответствии с принципами системного подхода любая система сначала должна исследоваться во взаимоотношении с внешней средой, а уж затем внутри своей структуры. Этот принцип, принцип последовательного продвижения по этапам создания системы, должен соблюдаться и при проектировании логистических информационных систем.

Анализ информационных систем управления складами, предлагаемых на рынке программных продуктов, и их основных возможностей позволяет сформулировать основные требования, предъявляемые к возможностям систем управления складами.

Для повышения эффективности работы склада, система должна обеспечивать решение следующих задач:

- задание топологии склада (состав «логических» складов, структура адресов мест хранения и т.д.) и учет товара на складе;
- планирование и приемка товара;
- размещение товара на складе с учетом приоритетов размещения (размещение в свободные ячейки; размещение в занятые ячейки к такому же товару; размещение в занятые ячейки к любому товару; закрепление определенной ячейки за конкретным товаром и т.д.);
- отбор, упаковка и отгрузка товара с учетом заданных приоритетов;
- внутрискладские операции – произвольное перемещение товара по складу (оптимизация хранения и т.п.) для обеспечения планируемых заказов на отгрузку товаров с контролем доступности перемещаемого товара и возможности размещения в выбранные оператором ячейки;
- инвентаризация по ячейкам, произвольным областям склада и контроль состава грузов;
- штрихкодирование товаров и ячеек;
- расчет услуг ответственного хранения и грузопереработке товаров, принадлежащих другим организациям.

Краткий анализ программной реализации этих информационных систем позволил определить общие требования, предъявляемые к архитектуре информационных систем управления складами.

Платформа разрабатываемой системы управления складами должна представлять многозвенное приложение, обеспечивающее высокий уровень масштабируемости, производительности, широкие возможности по интеграции в существующие системы управления предприятием и включать:

- сервер приложений;
- сервер баз данных;
- типовой пользовательский интерфейс;
- модуль конфигурирования и настройки;
- модуль для работы со специализированным оборудованием – принтерами штрихкодов, сканерами и т.д.

Информационная система должна обеспечивать высокий уровень качества, оперативную техническую поддержку, регулярное обновление стандартных программных модулей. При этом

администрирование всех компонент системы должно выполняться стандартными средствами операционной системы, что требовало бы минимальной дополнительной подготовки IT-специалистов заказчика. Интерфейсы системы должны быть полностью документированы для дальнейшего самостоятельного сопровождения и развития системы заказчиком.

3 ПЛАН ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ И ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Разрабатываемое алгоритмическое и программное обеспечение системы управления движением продукции на складах в рамках данного проекта должно обеспечивать решение следующих задач:

- задание топологии склада (состав «логических» складов, структура адресов мест хранения и т.д.) и учет продукции на складе;
- размещение продукции на складе с учетом приоритетов размещения (размещение в свободные ячейки; размещение в занятые ячейки к такой же продукции; размещение в занятые ячейки к любой продукции; закрепление определенной ячейки за конкретной продукцией и т.д.);
- отбор, отгрузка продукции с учетом заданных приоритетов;
- внутрискладские операции – произвольное перемещение продукции по складу (оптимизация хранения и т.п.) для обеспечения планируемых заказов на отгрузку продукции с контролем доступности перемещаемой продукции и возможности размещения в выбранные оператором ячейки.

Задача о размещении на складе готовой продукции и ее отгрузке, как и многие задачи размещения, относится к классу «труднорешаемых» или NP-полных задач [52]. При попытке решить задачу точным методом необходимо перебрать все или почти все варианты размещения, что даже для склада небольшой площади приведет к «экспоненциальному взрыву».

При попытке решить задачу приближенным методом возникает проблема, которая характеризует отличие модельных NP-полных задач от их реальных производственных аналогов. Например, в листопрокатном производстве – задача о перестройках прокатного стана, рассмотренная авторами ранее [53]. На первый взгляд, эта задача является аналогом задачи о переналадке оборудования (или множественного коммивояжера), и решать ее следует приближенным алгоритмом, минимизирующим суммарную стоимость перестроек (или суммарную стоимость маршрутов) при заданных ограничениях. Отсюда следует, что наилучший подход к решению подобных задач заключается в отказе от каких-либо жестких ограничений вообще. Можно «все», только это будет стоить очень «дорого». Функция, вычисляющая стоимость операции между двумя объектами, должна иметь смысл эвристической оценочной функции, начисляющей штрафы и премии по всем параметрам операции. Величины штрафов и премий играют роль настроечных констант, позволяющих пользователю формировать решения согласно установленным критериям оптимизации и даже менять критерии по собственному выбору.

В данной работе планируется рассмотреть и обобщить метод штрафных оценочных функций для управления движением готовой продукции на примере склада листопркатного цеха. При этом склад представляется, как эвристическая модель, т.е. в виде пространства состояний, где размещение готовой продукции производится с помощью информированного поиска в пространстве состояний.

Для решения задачи оперативного планирования складских операций обратимся к модели эвристического поиска в пространстве состояний (рисунок 3.1), лежащей в основе теоретических принципов искусственного интеллекта [54]. В терминах такой модели целью оперативного планирования является составление для исполнителя плана последовательных действий по размещению и отгрузке готовой продукции, и исполнителем допустимых операций является грузоподъемный механизм ограниченной грузоподъемностью. Для корректного построения модели следует определить:

- состояния задачи с указанием выделенных начального состояния и целевых (терминальных) состояний, по достижении которых задача считается решенной;
- допустимые операции, переводящие задачу из одного состояния в другое, причем, каждой операции сопоставляется некоторая вещественная стоимость;
- стратегию управления поиском.



Рисунок 3.1 – Эвристическая модель склада

По окончании поиска будет сформирован план – цепочка допустимых операций, переводящая склад из начального состояния в целевое. Выбор той или иной стратегии управления поиском будет влиять и на стоимость полученного плана, и на время его генерации (продолжительность поиска).

4 РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ И ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ. РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА РАЗМЕЩЕНИЯ И ОТГРУЗКИ ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ

4.1 Эвристическая модель склада

4.1.1 Состояния задачи

Центральным объектом модели является склад готовой продукции листопрокатного цеха (рисунок 4.1). Готовая продукция поступает на склад с одного из R агрегатов резки, причем номер агрегата резки определяет диапазон возможного типоразмера продукции. Непосредственно склад состоит из L параллельных линий стандартных прямоугольных ячеек одинаковой площади и конфигурации, в разных линиях может находиться разное количество ячеек. Кроме того, в каждой линии склада имеется две особых безразмерных ячейки: изолятор для временного размещения заказов при переполнении склада и тупик для отгрузки продукции. Если ячейка помечена как недопустимая, размещение в ячейку не производится.



Рисунок 4.1 – Схема склада готовой продукции

Стандартная ячейка содержит двумерный массив штабелей I до $LMax$ по длине ячейки и от I до $WMax$ по ширине.

Штабель может находиться в одном из трех состояний:

- пустой;
- образующий, то есть содержащий последовательность пачек, уложенных друг на друга;
- недопустимый, то есть перекрытый пачкой образующего штабеля.

Пачки из двух соседних штабелей не могут перекрываться и расстояние между ними должно быть не менее DD . Высота штабеля ограничена числом $MaxH$, которое зависит от типоразмера составляющих его пачек. Состояние задачи полностью определяется состоянием склада, то есть списком штабелей и списком заказов, временно помещенных в изолятор.

Минимальный элемент операции размещения (отгрузки) – пачка – обладает следующими признаками:

- номер агрегата резки;
- типоразмер: марка стали, длина, ширина, толщина;
- ГОСТ;
- вес;
- дата размещения (дата отгрузки).

Заказ для размещения состоит не более чем из N пачек с одинаковой датой размещения, одинаковым типоразмером и ГОСТом. Вес пачек внутри заказа может быть различным. В заказе на отгрузку указывается общий тоннаж, типоразмер, ГОСТ, дата отгрузки и срочность (VIP-заказы). Допустимое отклонение суммарного веса отгруженных пачек от заданного тоннажа составляет не более *DopWeigth*.

При описании пространства состояний следует учесть, что процесс размещения и отгрузки заказов разворачивается во времени. Информация о том, что и когда будет размещаться или отгружаться, содержится в посуточных списках для размещения и посуточных списках для отгрузки. Момент поступления и отгрузки заказов в течение суток неизвестен, поэтому оперативное планирование происходит в режиме реального времени, то есть по мере поступления заказов. Таким образом, объектом оперативного планирования является текущий размещаемый (отгружаемый) заказ, начальным состоянием задачи является состояние склада до выполнения операции размещения (отгрузки) заказа, терминальным – после ее выполнения.

4.1.2 Допустимые операции

Возможны три типа допустимых операций, переводящих склад из одного состояния в другое: размещение, переукладывание и отгрузка. Эти операции производятся либо над отдельной пачкой, либо над стопкой – последовательностью не более B пачек, уложенных друг на друга. Ограничение на количество пачек в стопке зависит от типоразмера пачек и грузоподъемности крана.

Существует три разных типа операций размещения. Размещаемая пачка (стопка):

- размещается в пустом штабеле;
- укладывается поверх образующего штабеля с учетом ограничения $MaxH$ на высоту штабеля,
- размещается в изоляторе.

Будем считать допустимым размещение пачек из одного заказа в разных штабелях, разных ячейках и разных линиях.

Операция переключивания заключается в следующем: переключиваемая пачка (стопка) снимается с верха непустого штабеля и затем размещается согласно одному из предыдущих пунктов.

Операция отгрузки заключается в следующем: отгружаемая пачка (стопка) снимается с верха штабеля и отправляется в тупик.

Будем считать допустимой операцией отгрузку продукции в тупик непосредственно с агрегата резки, минуя склад.

Как уже говорилось, исполнителем допустимых операций является кран. Примем следующее допущение: два крана не могут одновременно производить операции над одной и той же ячейкой и не могут одновременно отгружать один и тот же заказ. Таким образом, какое бы количество кранов, работающих параллельно и независимо друг от друга, не было, операция размещения (отгрузки) текущего заказа планируется для одного крана.

4.1.3 Стратегия управления поиском

Все стратегии управления поиском в пространстве состояний делятся на две категории: пробный поиск и безвозвратный поиск. В пробном режиме управления резервируется возможность возврата, то есть применения к текущему состоянию различных допустимых операций, в результате чего порождается дерево поиска. Различается два типа пробных режимов управления. Если выбор допустимой операции осуществляется по заранее заданной схеме, то это неинформированный поиск. При неинформированном поиске к каждому текущему состоянию поочередно применяются все или почти все допустимые операции. Это сильно увеличивает время поиска, но зато гарантирует получение решения минимальной стоимости, если генерация решения укладывается в реальное время.

Если выбор допустимой операции осуществляется из эвристических соображений, взятых из предметной области задачи, это информированный или эвристический поиск [3]. Эвристический поиск на каждом шаге выбирает допустимую операцию, наиболее перспективную с точки зрения достижения цели. За счет этого удается сфокусировать рост дерева поиска в направлении, близком к целевому состоянию, что позволяет одновременно уменьшить и время генерации решения, и его стоимость.

Чем сильнее мы фокусируем эвристический поиск, тем меньше состояний просматриваем и быстрее попадаем в целевое состояние. В конце концов, эвристический поиск, сфокусированный при помощи сильной эвристики, начинает работать в безвозвратном режиме. В этом случае нет вообще гарантии получения решения, но если целевое состояние все-таки будет достигнуто, то это будет решение стоимости, близкой к минимальной. Таким образом, результаты, полученные от применения сильно фокусированного поиска, в большой степени зависят от выбора

эвристики. При удачном выборе сильной эвристики информированный поиск является эффективным алгоритмом, быстро генерирующим квазиоптимальное решение.

4.2 Выбор эвристической оценочной функции

Для организации информированного поиска на пространстве состояний склада необходимо определить эвристическую оценочную функцию f – оценку перспективности состояния с точки зрения достижения цели. Эту функцию принято выбирать таким образом, чтобы состояние с меньшим значением f с большей вероятностью находилось на минимальном пути к целевому состоянию. Идеальное целевое состояние склада – состояние, когда все пачки с одинаковым типоразмером и ГОСТом уложены вместе, и в каждом штабеле находится только один типоразмер и ГОСТ. Очевидно, что для склада небольшой площади это не всегда возможно. Выберем функцию f так, чтобы для состояния склада u оценка $f(u)$ имела смысл стоимости склада и оценивала отклонение текущего состояния склада от идеального. Принцип вычисления стоимости склада основан на методе штрафных оценочных функций для листопрокатной продукции, изложенном в работе [2]. Сущность метода заключается в следующем.

Пустой склад имеет нулевую стоимость. Изменение стоимости склада после перехода в новое состояние в результате применения допустимой операции A есть аддитивная функция положительных штрафов и отрицательных премий, начисленных по всем параметрам операции. Примерный набор штрафов и премии приведен в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Виды штрафов и премий

Наименование штрафов и премий	Значение константы
Штрафы	
Короткая пачка на длинную	1
Широкая пачка на узкую	5
Длинная пачка на короткую	250
Тяжелая пачка на легкую	10
Разные марки стали	1
Разный ГОСТ	1
Размещение в изолятор	200
За превышение ограничения на высоту штабеля	10000
Премия	
Совпадение типоразмера и ГОСТа	1

Складирование строго по типоразмеру и ГОСТу отмечается премией, за любое отклонение начисляется штраф. Очень большой штраф начисляется за недопустимую операцию – превышение ограничения на высоту штабеля.

Рассмотрим вычисление стоимостей допустимых операций для одной пачки.

- – Если пачка P1 размещается в пустой штабель, то стоимость ее размещения равна 0.
- – Если пачка P1 размещается в образующий штабель с превышением ограничения на высоту штабеля, то стоимость ее размещения равна VeryBigF – очень большому штрафу.
- – Если пачка P1 размещается в образующий штабель поверх пачки P0 без превышения ограничения на высоту штабеля, то стоимость ее размещения равна Cost(P1, P0) (1).

Пусть $width1, len1, weigh1, gost1, steel1, width0, len0, weigh0, gost0, steel0$ – ширина, длина, вес, ГОСТ и марка стали пачек P1 и P0 соответственно;

$DopWd, DopL0, DopL1, DopWg$ – допустимые отклонения по ширине, длине, весу;

$Prem$ – премия за совпадение типоразмера и ГОСТа;

$F1$ – штраф за размещение широкой пачки поверх узкой;

$F2$ – штраф за размещение длинной пачки поверх короткой;

$F3$ – штраф за размещение тяжелой пачки поверх легкой;

$F4$ – штраф за размещение короткой пачки поверх длинной;

$F5$ – штраф за несовпадение марок стали;

$F6$ – штраф за несовпадение ГОСТов;

$F7$ – штраф за размещение пачки в изоляторе;

$VeryBigF$ – очень большой штраф, начисляемый за превышение ограничения на высоту штабеля.

Тогда стоимость $Cost(P1, P0)$ равна – $Prem$ при совпадении типоразмера и ГОСТа и

$$\begin{aligned}
 & F1 * \text{sgn}(width1 - width0 - DopWd) + \\
 & F2 * \text{sgn}(len1 - len0 - DopL0) + \\
 & F3 * \text{sgn}(weigh1 - weigh0 - DopWg) + \\
 & F4 * \text{sgn}(len0 - len1 - DopL1) + \\
 & F5 * \chi("steel1 \langle \rangle steel0") + \\
 & F6 * \chi("gost1 \langle \rangle gost0") \text{ в противном случае, где}
 \end{aligned} \tag{1}$$

функция знака $\text{sgn}(width1 - width0 - DopWd)$ равна 1, если ширина размещаемой пачки больше ширины верхней пачки + допуск на ширину, иначе 0;

функция $\text{sgn}(len1 - len0 - DopL0)$ равна 1, если длина размещаемой пачки больше длины верхней пачки штабеля + допуск на длину, иначе 0;

функция $\text{sgn}(\text{weight1} - \text{weight0} - \text{DopWg})$ равна 1, если толщина размещаемой пачки больше толщины верхней пачки штабеля + допуск на толщину, иначе 0;

функция $\text{sgn}(\text{len0} - \text{len1} - \text{DopLl})$ равна 1, если длина размещаемой пачки меньше длины верхней пачки штабеля + допуск на длину, иначе 0;

характеристическая функция χ , служащая для арифметизации логического высказывания «марки стали не одинаковы»; равна 1, если логическое высказывание принимает значение «истина», иначе 0;

характеристическая функция равна 1, если логическое высказывание принимает значение «истина», иначе 0.

4.2.1 Операция отгрузки

Если пачка $P1$ – единственная пачка в штабеле, то стоимость ее отгрузки равна 0.

Если пачка $P1$ находится поверх пачки $P0$, то стоимость ее отгрузки равна стоимости ее размещения поверх $P0$, взятой с обратным знаком:

$$\text{Cost}(P1, P0). \quad (2)$$

4.2.2 Операция перекалывания

Если пачка $P1$ снимается с пачки $P0$ и размещается поверх пачки $P2$ с превышением ограничения на высоту штабеля, то стоимость ее перекалывания равна VeryBigF .

Если пачка $P1$ снимается с пачки $P0$ и размещается в пустой штабель, то стоимость ее перекалывания равна $-\text{Cost}(P1, P0)$.

Если пачка $P1$ снимается с пачки $P0$ и размещается поверх пачки $P2$ без превышения ограничения на высоту штабеля, то стоимость ее перекалывания равна

$$\text{Cost}(P1, P0) + \text{Cost}(P1, P2). \quad (3)$$

Аналогично рассчитываются стоимости допустимых операций для стопок.

Сделаем важное замечание о величинах штрафов и премий. Числовые значения штрафов и премий не являются наперед заданными величинами, а играют роль настроечных констант, подбираемых во время прогона программы на реальных данных. Меняя значения настроечных констант, мы тем самым меняем систему приоритетов и складировем продукцию согласно выбранным критериям. Например, размещение очень короткой пачки поверх длинной является нежелательным, а размещение очень длинной пачки поверх короткой крайне нежелательным, поэтому:

Штраф («короткая пачка поверх длинной») < Штраф («размещение в изоляторе») < Штраф («длинная пачка поверх короткой»).

Дадим определения используемых в задаче стоимостных функций.

Стоимость плана – сумма стоимостей допустимых операций, составляющих план.

Стоимость пустого или недопустимого штабеля равна 0.

Стоимость образующего штабеля, содержащего K_0 пачек и расположенного в линии L , ячейке C , строке I , столбце J и равна:

$$ShtabelCost(L, C, I, J) = \sum_{k=K_0}^2 Cost(P_k, P_{k-1}), \quad (4)$$

где $P_k, k = 1..K_0$ – пачки штабеля в порядке их размещения.

Стоимость склада равна сумме стоимостей всех штабелей:

$$f = \sum_{l=1}^{Lines} \sum_{MinNumCell(l)}^{MaxNumCell(l)} \sum_{i=1}^{WMax} \sum_{j=1}^{LMax} \sum_{k=K_0}^2 Cost(P_k, P_{k-1}), \quad (5)$$

где $Lines$ – количество линий склада, $MinNumCell(l)$ и $MaxNumCell(l)$ – минимальный и максимальный номер ячейки l -й линии, K_0 – количество пачек в штабеле.

Подведем некоторые предварительные итоги. В нашей задаче многокритериальной оптимизации невозможно четко определить, что является настоящим оптимумом, поэтому следует руководствоваться принципом «брать от многих зол меньшее» и желаниями пользователя организовать хранение продукции согласно выбранным им критериям. Выбрав в качестве модели склада пространство состояний, и определив на нем оценочную функцию, вобравшую в себя все разумные эвристики, мы получаем целый ряд преимуществ:

Всей эвристической информации из предметной области задачи придан единообразный числовой вид.

Отказ от жестких ограничений позволяет генерировать приемлемые решения с небольшим числом нарушений, вместо констатации факта, что идеального решения не существует.

Генерация решения происходит быстро, что позволяет осуществлять оперативное управление складом.

Отказ от фиксации штабелей под определенный типоразмер позволяет группировать продукцию одного типоразмера в общих штабелях, динамически меняя количество таких штабелей и их расположение сообразно изменяющейся ситуации.

Гибкая система настроек позволяет настраивать алгоритм под реальные данные и оперативно менять критерии оптимизации.

4.3 Алгоритм размещения

4.3.1 Процедура *FirstStep* (размещение первой пачки заказа)

Шаг 1. Ищем размещение строго по типоразмеру + ГОСТу поверх образующего штабеля, не превышая ограничение на высоту штабеля. Если такое размещение найдено, то возвращаем

его адрес: линию, ячейку, штабель, а также количество пачек текущего типоразмера, которое можно доложить в штабель. Выход. Иначе переход на шаг 2.

Шаг 2. Ищем размещение в пустой штабель, проверяя соответствие геометрического типоразмера пачки имеющемуся свободному пространству с помощью функции *CheckSize*. Если допустимый пустой штабель найден, то возвращаем его адрес и количество пачек, которое можно разместить в этом штабеле. Выход. Иначе переход на шаг 3.

Шаг 3. Ищем размещение строго по типоразмеру + ГОСТу с перекладываниями. Для этого находим образующий штабель, у которого только внутренние пачки имеют нужный ГОСТ + типоразмер. Помечаем штабель как запрещенный. Снимаем с верха штабеля пачки, закрывающие нужный типоразмер, и размещаем их поверх других штабелей процедурой *FindOptTop*. Чтобы такое размещение не оказалось слишком дорогим, устанавливаем предел стоимости $Limit = 2 * (F1 + F3 + F4 + F5 + F6)$ и ищем план нового размещения снятых пачек суммарной стоимости $< Limit$. Выражение для подсчета предела является эмпирической формулой и означает, что не более двух пачек можно уложить не по типоразмеру, не отправляя в изолятор. Если размещение стоимости $< Limit$ найдено, то снимаем пачки, размещаем их заново и возвращаем адрес штабеля и количество пачек, которые можно в него доложить. Выход. Иначе переход на шаг 4.

Шаг 4. Помечаем все штабели как разрешенные. Ищем размещение минимальной стоимости поверх штабелей процедурой *FindOptTop*. Если стоимость полученного размещения меньше штрафа $F7$ за размещение в изоляторе, то пачка размещается на складе, иначе – отправляется в изолятор. Выход.

4.3.2 Процедура *AddOrder* (размещение заказа)

Шаг 1. Помечаем все пачки заказа как неразмещенные.

Шаг 2. Берем первую неразмещенную пачку и размещаем ее на складе с помощью процедуры *FirstStep*. Помечаем пачку как размещенную и запоминаем адрес ее размещения и количество пачек, которое можно доложить в штабель

Шаг 3. Размещаем оставшиеся пачки заказа в штабель, определенный на шаге 2, до тех пор, пока есть неразмещенные пачки и не превышено ограничение на высоту штабеля. Размещение производится стопками, размер стопки рассчитывается исходя из грузоподъемности крана, количества неразмещенных пачек и количества пачек, которые можно доложить в штабель.

Шаг 4. Если все пачки размещены, то останов, иначе переход на шаг 2.

4.3.3 Процедура *FindOptTop* (оптимальное размещение пачки поверх штабеля)

Шаг 1. Устанавливаем минимальное значение стоимости *OptCost* равным величине очень большого штрафа *VeryBigF*.

Шаг 2. Находим незапрещенный штабель и вычисляем стоимость размещения пачки поверх штабеля с помощью функции *CulcOnTop*. Если найдено размещение стоимости меньшей чем *OptCost*, то переписываем минимум и запоминаем адрес оптимального размещения.

Шаг 3. Если все штабеля просмотрены, то возвращаем адрес и стоимость оптимального размещения. Выход. Иначе переход на шаг 2.

4.3.4 Функция *CulcOnTop* (подсчет стоимости размещения пачки поверх штабеля)

Шаг 1. Если пачка размещается в пустом штабеле, то возвращаем стоимость равную 0. Иначе переход на шаг 2.

Шаг 2. Если пачка размещается в непустом штабеле, типоразмер и ГОСТ верхней пачки штабеля совпадает с типоразмером и ГОСТом размещаемой пачки, то возвращаем отрицательную стоимость, равную *-Prem*. Иначе переход на шаг 3.

Шаг 3. Возвращаем стоимость размещения, вычисленную по формуле (1).

Остановимся более подробно на функции *CheckSize*, проверяющей допустимость размещения пачки в штабель. Проблема заключается в том, что пачка листов имеет определенный геометрический размер и форму, и при его размещении мы должны следить за тем, чтобы не перекрывались пачки листов соседних штабелей, и между штабелями оставалось пустое расстояние *DD*. Крановщик размещает пачку, ориентируя его таким образом, чтобы сторона пачки, соответствующая длине, была параллельна длине ячейки.

Для решения поставленной задачи разделим площадь стандартной ячейки на квадратные пиксели – *LMax* пикселей по длине ячейки и *WMax* пикселей по ширине. Выбор размера стороны пикселя проще всего объяснить на числовом примере. Расстояние между штабелями *DD* равно 1000 мм, длина ячейки равна 6000 мм и ширина 9000 мм. Выберем сторону пикселя, равную 250 мм: *Pixel = 250*. Таким образом, пачки в образующих штабелях должны быть окружены рамкой из четырех пустых штабелей, в каждой содержится 24×36 пачек, каждый из которых образуют

Итак, пусть текущая размещаемая пачка имеет длину *len0* и ширину *width0*. В случае если размещение возможно, функция *CheckSize* возвращает логический результат – *true*, *NRigth* – количество штабелей, которые придется занять справа от проверяемого штабеля, *NDown* – количество штабелей, которые придется занять снизу. Таким образом, необходимо занять массив пустых штабелей $NRigth+1 \times NDown+1$, окруженный рамкой из $DD \div Pixel$ пустых штабелей. Константа *Dopusk10mm* равна 10мм.

4.3.5 Функция *CheckSize*

Шаг 1. Устанавливаем $result := true$; $NRigth := 0$; $NDown := 0$.

Шаг 2. Ищем в штабеле пачку, у которой (длина $\geq len0$) и (ширина $\geq width0$). Если такая пачка найдена, то выход; иначе переход на шаг 3.

Шаг 3. Вычислим количество штабелей, которые нужно занять в длину ячейки.

$deltaL := len0 - Pixel$;

$k := deltaL \text{ div } Pixel$;

Вычислим, нужно ли занимать $k+1$ -й штабель:

$DL := deltaL - k * Pixel$;

Если $DL \leq Dopusk10mm$ то $NRigth := k$ // $k+1$ -й штабель допустим

иначе $NRigth := k+1$; // $k+1$ -й штабель не допустим

Шаг 4. Вычислим количество штабелей, которые нужно занять в ширину ячейки.

$deltaW := width0 - Pixel$;

$k := deltaW \text{ div } Pixel$;

Вычислим, нужно ли занимать $k+1$ -й штабель:

$DW := deltaW - k * Pixel$;

Если $DW \leq Dopusk10mm$ то $NDown := k$ // $k+1$ -й штабель допустим

иначе $NDown := k+1$; // $k+1$ -й штабель не допустим

Шаг 5. Проверяем, есть ли у нас массив пустых штабелей $NRigth+1 \times NDown+1$, окруженный рамкой из $DD \text{ div } Pixel$ пустых штабелей. Если есть, то выход; иначе переход на шаг 6.

Шаг 6. $result := false$; Выход.

4.3.6 Вычислительная сложность алгоритма размещения заказа

Высота штабеля ограничена сверху числом $MaxH$, следовательно, число пачек в штабеле ограничено константой. Таким образом, число элементарных шагов, выполняемых алгоритмом при размещении одной пачки, растет как линейная функция от количества всех штабелей + количества всех находящихся на складе пачек, и вычислительная сложность алгоритма размещения заказа есть

$$O(N * SumCells * WMax * LMax + N * SumPacks), \quad (6)$$

где $SumCells$ – суммарное количество ячеек, $SumPacks$ – суммарное количество пачек на складе, N – количество пачек заказа, $LMax$ и $WMax$ – количество штабелей в длину и ширину ячейки.

4.4 Алгоритм отгрузки

4.4.1 Основная процедура отгрузки заказа $DelOrder$

Шаг 1. Инициализация.

Устанавливаем допустимое отклонение набранного веса от заданного $DopWeight$. Определяем общий тоннаж $TotalWeight$, который нужно набрать и отгрузить.

Формируем массивы стопок, содержащих только пачки заданного типоразмера и ГОСТа: $PPTop$ – массив верхних стопок и $PPIn$ – массив внутренних стопок с указанием веса каждой пачки, а также:

- адреса штабеля (линия, ячейка, ряд, столбец), в котором находится стопка;
- номера верхней пачки стопки внутри штабеля;
- количества пачек в стопке;
- суммарного веса стопки.

Вычисляем количества верхних и внутренних стопок $dTop$ и dIn и их суммарные веса $SumTop$ и $SumIn$.

Формируем массивы для хранения текущего и оптимального набора веса верхними и внутренними стопками $SolTop$, $OptSolTop$ и $SolIn$, $OptSolIn$. Структура этих массивов повторяет структуру массивов $PPTop$ и $PPIn$ с той только разницей, что в массивах стопок хранятся веса пачек, а в массивах решений хранятся логические значения ($true$ – пачка допустима, $false$ – вошла в решение; $true$ – стопка допустима для использования, $false$ – не допустима). Первоначально помечаем все пачки и стопки как допустимые.

$OptTopWeight := 0$; $OptInWeight := 0$ – оптимальные веса, набранные верхними и внутренними стопками.

Шаг 2. Если общий тоннаж заказа $TotalWeight < SumTop - DopWeight$, то переход на шаг 3 (отгружаем вес только верхними стопками).

Если $abs>TotalWeight - SumTop \leq DopWeight$, то переход на шаг 4 (отгружаем все верхние стопки).

Если $SumTop + DopWeight < TotalWeight < SumTop + SumIn - DopWeight$, то переход на шаг 5 (отгружаем все верхние стопки и остаток веса набираем внутренними стопками).

Если $SumTop \geq SumTop + SumIn - DopWeight$, то переход на шаг 6 (отгружаем все верхние и внутренние стопки)

Шаг 3. Для набора веса $TotalWeight$ только верхними стопками вызываем процедуру $TopSet$. Переход на шаг 7.

Шаг 4. Помечаем все стопки и пачки в массиве $OptSolTop$ как использованные. $OptTopWeight := SumTop$; $OptInWeight := 0$. Переход на шаг 7.

Шаг 5. Помечаем все стопки и пачки в массиве $OptSolTop$ как использованные. $OptTopWeight := SumTop$;

Для набора остаточного веса $TotalWeight - SumTop$ внутренними стопками вызываем процедуру $InnerSet$. Переход на шаг 7.

Шаг 6. Помечаем все стопки и пачки в массиве $OptSolTop$ как использованные.
 $OptTopWeight := SumTop$.

Помечаем все стопки и пачки в массиве $OptSolIn$ как использованные. $OptInWeight := SumIn$.

Если $abs(TotalWeight - SumTop - SumIn) > DopWeight$, то вывод сообщения об отгрузке остаточного веса с агрегата резки. Переход на шаг 7.

Шаг 7. Вызов процедуры $PrintSolTop$ для отгрузки всех использованных пачек из массива $OptSolTop$ и вывода на печать плана отгрузки.

Если $OptInWeight > 0$, то вызов процедуры $PrintSolIn$ для отгрузки использованных пачек из массива $OptSolIn$ с минимальным числом переключиваний и вывода на печать плана отгрузки. Выход.

4.4.2 Процедура $TopSet$ (набор веса верхними стопками без переключиваний)

Шаг 1. Сортируем массив верхних стопок $PPTop$ по убыванию веса стопки.

Шаг 2. Фиксация в текущем решении k -й стопки. Полагаем $k := 0$.

Шаг 3. $k := k + 1$ (увеличиваем номер стопки).

Если $k \leq dTop$, то переход на шаг 4.

Иначе переход на шаг 14.

Шаг 4. Обнуляем текущее решение $SolTop$:

$V0 := TotalWeight$ (остаток текущего веса),

$V1 := 0$ (набранный текущий вес),

помечаем все пачки и стопки в $SolTop$ как допустимые.

Шаг 5. Помечаем k -ю стопку как недопустимую (стопка зафиксирована в текущем решении).

Если вес k -й стопки $sumw[k] \leq V0 + DopWeight$, то добавляем стопку к текущему решению целиком:

$V1 := V1 + sumw[k]; V0 := V0 - sumw[k];$

помечаем все пачки k -й стопки в $SolTop$ как использованные;

переход на шаг 6.

Иначе добавляем стопку частично. Перебираем пачки k -й стопки сверху вниз. Если вес текущей пачки $pw \leq V0 + DopWeight$, то:

$V1 := V1 + pw; V0 := V0 - pw;$

помечаем текущую пачку в $SolTop$ как использованную;

переход на следующую пачку.

Иначе переход на шаг 6.

Шаг 6. Проверка на оптимальное решение.

Если $abs(V0) \leq DopWeight$ (остаток веса \leq допустимого), то:

копируем текущее решение $SolTop$ в оптимальное $OptSolTop$, $OptTopWeight:=V1$;
выход из процедуры.

Иначе если $abs(TotalWeight-V1) \leq abs(TotalWeight-OptTopWeight)$, то:

копируем улучшенное решение $SolTop$ в оптимальное $OptSolTop$, $OptTopWeight:=V1$.

Шаг 7. Недобор веса. Пытаемся добрать вес полными стопками.

Полагаем $i:=0$.

Шаг 8. $i:=i+1$ (увеличиваем номер стопки).

Если $i \leq dTop$, то переход на шаг 9.

Иначе переход на шаг 10.

Шаг 9. Если i -я стопка допустима и вес стопки $pw[i] \leq V0+DopWeight$:

$$V1:=V1+pw[i];$$

$$V0:=V0+pw[i];$$

все пачки стопки помечаются в $SolTop$ как использованные,
 i -я стопка помечается в $SolTop$ как недопустимая.

Иначе переход на шаг 8 (переход на следующую стопку).

Шаг 10. Проверка на оптимальное решение (аналогично шагу 6).

Шаг 11. Недобор веса. Пытаемся добрать вес отдельными пачками.

Полагаем $i:=0$.

Шаг 12. $i:=i+1$ (увеличиваем номер стопки).

Если $i \leq dTop$, то переход на шаг 13.

Иначе переход на шаг 15.

Шаг 13. Если i -я стопка недопустима, то переход на шаг 12.

Иначе перебираем пачки i -й стопки сверху вниз и находим первую неиспользованную пачку.

Шаг 14. Перебираем пачки i -й стопки от первой неиспользованной до нижней пачки стопки.

Если вес текущей пачки $pw \leq V0+DopWeight$, то:

пачка помечается в $SolTop$ как использованная;

$$V1:=V1+pw; V0:=V0-pw;$$

если пачка последняя, то стопка помечается как недопустимая;

проверка на оптимальное решение (аналогично шагу 6);

переход на следующую пачку.

Иначе (текущая пачка дает перебор веса, или все пачки в текущей стопке добавлены к решению) переход на шаг 12.

Шаг 15. Недобор веса. Пытаемся скорректировать текущее решение.

Будем удалять из решения одну / две нижние пачки и заменять ее / их верхними неиспользованными пачками из других стопок.

Вызов процедуры *CorrectWeight*.

Шаг 16. Проверка на оптимальное решение (аналогично шагу 6). Переход на шаг 3 (фиксация в решении следующей стопки).

Шаг 17. Недобор веса. Попробуем набрать текущий вес заново с помощью другого алгоритма. Обнуляем текущее решение: $V0:=TotalWeight$; $V1:=0$; все пачки и стопки в *SolTop* помечаем как допустимые.

Вызов процедуры *Shuffling*. Вызов процедуры *CorrectWeight*.

Шаг 18. Проверка на оптимальное решение (аналогично шагу 6). Если вес набран, то Выход, иначе переход на шаг 19.

Шаг 19. Недобор веса. Перебираем верхние неиспользованные пачки во всех стопках и находим пачку минимального веса $pwmin$.

Если $abs(TotalWeight - OptTopWeight - pwmin) \leq$

$abs(TotalWeight - OptTopWeight)$, то добавляем пачку к оптимальному решению. Выход.

4.4.3 Процедура *CorrectWeight* (корректировка текущего решения *SolTop*)

Процедура удаления из решения одной / двух нижних пачек и замены их верхними неиспользованными пачками из других стопок.

Шаг 1. Создаем вспомогательные решения:

$TSolTop$, $TV1$, $TV0$, $TempSolTop$, $TempV1$, $TempV0$.

Шаг 2. Перебираем массив стопок по убыванию веса стопки и находим номер i_last последней стопки, в которой есть использованные пачки.

Шаг 3. Полагаем $i:=0$.

Шаг 4. $i:=i+1$ (увеличиваем номер стопки).

Если $i \leq i_last$, то переход на шаг 5.

Иначе переход на шаг 17.

Шаг 5. Копируем текущее решение *SolTop* в рабочее *TSolTop*.

$TV1:=V1$; $TV0:=V0$.

Шаг 6. Проверяем, есть ли в решении *TSolTop* в i -й стопке использованные пачки.

Если использованные пачки есть, то:

удаляем из i -й стопки нижнюю использованную пачку с весом pw ,

$$TV1 := TV1 + pw; TV0 := TV0 - pw;$$

переход на шаг 7.

Иначе переход на шаг 4.

Шаг 7. После удаления пачки будем добирать вес пачками из других стопок. Полагаем $ii := 0$.

Шаг 8. $ii := ii + 1$ (увеличиваем номер стопки).

Если $ii \leq dTop$, то переход на шаг 9.

Иначе переход на шаг 4 (удаление пачки из следующей стопки).

Шаг 9. Если $ii = i$, то переход на шаг 8.

Иначе переход на шаг 10.

Шаг 10. Копируем решение $TSolTop$ с удаленной пачкой рабочее решение $TempSolTop$.

$$TempV1 := TV1; TempV0 := TV0.$$

Шаг 11.

Если в ii -й стопке есть неиспользованные пачки, то переход на шаг 12.

Иначе переход на шаг 8.

Шаг 12. Находим первую неиспользованную пачку ii -й стопки.

Перебираем пачки ii -й стопки от первой неиспользованной до нижней пачки стопки.

Если вес текущей пачки $pw \leq TempV0 + DopWeight$, то:

в $TempSolTop$ пачка помечается как использованная;

если пачка последняя, то ii -я стопка помечается как недопустимая;

$$TempV1 := TempV1 + pw; TempV0 := TempV0 - pw;$$

проверка на оптимальность решения $TempSolTop$;

переход на следующую пачку.

Иначе (пачка дает перебор веса или все неиспользованные пачки ii -й стопки добавлены к решению) переход на шаг 13.

Шаг 13. Будем перебирать стопки $jj := ii + 1$ до $dTop$ для дальнейшего добора веса. Полагаем $jj := 0$.

Шаг 14. $jj := jj + 1$ (увеличиваем номер стопки).

Если $jj \leq dTop$, то переход на шаг 15.

Иначе переход на шаг 8.

Шаг 15.

Если в jj -й стопке есть неиспользованные пачки, то переход на шаг 16. Иначе переход на шаг 14.

Шаг 16. Находим первую неиспользованную пачку jj -й стопки.

Перебираем пачки jj -й стопки от первой неиспользованной до нижней пачки стопки.

Если вес текущей пачки $pw \leq TempV0 + DopWeight$, то:

в $TempSolTop$ пачка помечается как использованная;

если пачка последняя, то jj -я стопка помечается как недопустимая;

$TempV1 := TempV1 + pw$; $TempV0 := TempV0 - pw$;

проверка на оптимальность решения $TempSolTop$;

переход на следующую пачку.

Иначе (пачка дает перебор веса или все неиспользованные пачки jj -й стопки добавлены к решению) переход на шаг 14.

Шаг 17. Повторяем шаги 1-16 с тем отличием, что на шаге 6 из i -й стопки удаляются 2 нижние пачки. Выход.

4.4.4 Процедура *Shuffling* (набора веса верхними пачками)

Процедура набора веса верхними пачками: берем со стопки верхнюю пачку и переходим на следующую стопку.

Шаг 1. Обнуляем текущее решение $SolTop$:

$V0 := TotalWeight$ (остаток текущего веса),

$V1 := 0$ (набранный текущий вес),

помечаем все пачки и стопки в $SolTop$ как допустимые.

Устанавливаем значение логической переменной $STOP := false$.

Шаг 2. Если $NOT(STOP)$, то переход на шаг 3.

Иначе Выход.

Шаг 3. $STOP := true$.

Шаг 4. Перебираем стопки в порядке убывания веса стопки.

Полагаем $i := dTop$.

Шаг 5. $i := i - 1$.

Если $i \geq 1$, то переход на шаг 6.

Иначе переход на шаг 2.

Шаг 6. Если в i -й стопке есть неиспользованные пачки, то переход на шаг 7.

Иначе переход на шаг 5.

Шаг 7. Находим в i -й стопке первую неиспользованную пачку веса pw .

Если вес $pw \leq V0 + DopWeight$, то:

пачка помечается в $SolTop$ как использованная;

$V1 := V1 + pw$; $V0 := V0 - pw$;

если пачка последняя, то стопка помечается как недопустимая;

проверка на оптимальное решение;

$STOP := false$.

Переход на шаг 5 (в любом случае переходим на следующую стопку).

4.4.5 Вычислительная сложность алгоритма набора веса

Число элементарных шагов, выполняемых алгоритмом при наборе веса, растет как линейная функция от $(\text{количества стопок})^2 \times (\text{суммарное количество пачек во всех стопках})$, причем

стопки состоят только из пачек одного типа и размера ГОСТа. где $SimPacks$ – суммарное количество пачек во всех стопках, N – число стопок

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В силу многообразия параметров, технологических решений, конструкций оборудования и характеристик разнообразной номенклатуры, перерабатываемых грузов склады относят к сложным системам.

Для решения задачи эффективного использования складских площадей, являющейся актуальной для современного производства, рассмотрена необходимость разработки информационной системы управления движением продукции на складах на уровне административного или оперативного управления. При этом обработка информации в этой системе должна производиться в режиме работы в реальном масштабе времени, который позволяет получать необходимую информацию о движении грузов в текущий момент времени и своевременно выдавать соответствующие административные и управляющие воздействия на объект управления. Данная система позволит решать разнообразные задачи по осуществлению контроля внутреннего товародвижения, усовершенствованию процедуры приемки, размещению и отгрузки продукции

В результате выполнения проекта был выполнен системный анализ склада и определены цели и принципы разработки системы складирования, проанализированы публикации ведущих специалистов в области складской логистики, рассмотрены работы по планированию и управлению производством отечественных предприятий, а также изучены практические особенности использования программных продуктов в складской логистике.

Выполненная работа позволила обосновать вариант направления исследований и определить требования, предъявляемые к информационным системам управления складами.

Был разработан эвристический алгоритм размещения и отгрузки готовой продукции, являющийся эффективным полиномиальным алгоритмом, который позволит складировать продукцию в режиме реального времени строго по типоразмеру и ГОСТу с малым количеством нарушений. Такой принцип складирования позволит повысить эффективность использования грузоподъемных механизмов и существенно сократить время простоя транспорта при последующей отгрузке.

Алгоритм служит для организации хранения и отгрузки продукции согласно критериям, выбранным пользователем, и автоматически генерирует планы минимальной стоимости, определяемой суммой штрафов и премий, начисленных за следование или отклонение от критериев оптимизации с минимальным числом переключений. Алгоритм позволяет группировать продукцию одинакового типоразмера в общих штабелях, динамически меняя количество таких штабелей и их расположение сообразно ситуации, что особенно ценно для складов небольшой площади.

Задача об отгрузке включает в себя модельную NP-полную задачу о наборе веса при дополнительных ограничениях на количество производимых переключений.

Алгоритм отгрузки готовой продукции позволит набирать заданный вес с высокой степенью точности, отгружать его с минимальным числом переключений и максимально высвободить рабочее пространство склада.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Дыбская, В.В. Управление складированием в цепях поставок./ В.В. Дыбская — М : Альфа-Пресс, 2009. – 720 с.
2. Дыбская, В.В. Логистика. / В.В. Дыбская, Е.И. Зайцев, В.И. Сергеев, А.Н. Стерпигова — М : Эксмо – Пресс, 2008. – 944 с.
3. Сергеев, В.И. Корпоративная логистика. 300 ответов на вопросы профессионалов/ В.И. Сергеев// Под общ. и научн. редакцией проф. В.И.Сергеева. – М.: ИНФРА-М, 2005. – 976 с.
4. Никифоров, В.В. Логистика. Транспорт и склад в цепи поставок./ В.В. Никифоров - М : Гросс-Медиа: РОССБУХ, 2008. – 192 с.
5. Миротин, Л.Б. Системный анализ в логистике./ Л.Б. Миротин, М.Э. Табашев — М : ЭК-ЗАМЕН, 2004. – 480 с.
6. Неруш, Ю.М. Логистика. Учебник для вузов./ Ю.М. Неруш — М : Проспект Велби, 2008. – 517 с.
7. Дистанционный консалтинг. Логистика в малом бизнесе - Основные понятия логистики - <http://www.dist-cons.ru/modules/logistic/index.html>
8. Николайчук, В.Е. Транспортно-складская логистика./ В.Е. Николайчук — М : Дашков и К, 2006. – 452 с.
9. Шрайбфедер, Дж. Эффективное управление запасами./ Дж. Шрайбфедер — М : Альпина Бизнес Букс, 2008. – 304 с.
10. Савин, В.И. Организация складской деятельности. 2-е издание./ В.И. Савин — М : ДиС, 2007. – 544 с.
11. Эмметт, С. Искусство управления складом. Как уменьшить издержки и повысить эффективность./ С. Эмметт — М : 2007. – 420 с.
12. Волгин, В.В. Склад. Логистика, управление, анализ./ В.В. Волгин — М : Дашков и К, 2008. – 768 с.
13. Валиахметова, Ю.И. Мультиметодная технология моделирования ортогональной упаковки и размещения прямоугольно-ориентированных заготовок./ Ю.И. Валиахметова// автореферат дис. ... канд. техн. наук: 05.13.18 – Уфа: 2007. – 16.
14. All-PL. Решение для комплексной автоматизации складских комплексов. Технология работы (базовая) на складе под управлением системы Open Source HandHeld.WMS - <http://all-pl.ru/>
15. Тимашов, А. Окупаемость проекта: выгодно ли автоматизировать склад?/ Тимашов А. - <http://axelotlogistics.ru/publ/prj/>

16. Иванов, В. Информационные системы для эффективного управления складом - <http://www.gmcs.ru/press/publications>

17. Смирнов, И. Особенности автоматизации управления складом готовой продукции. менеджер, компания "слово" - http://www.iteam.ru/publications/logistics/section_75/article_2493/

18. AvaccoSoft. Автоматизация складского хозяйства - http://www.avacco.ru/page.asp?code=skladsкое_hozyaystvo

19. Каверина О. Оптимизация складских технологий - <http://axelotlogistics.ru/publ/opttech/>

20. Лобанов, С. Оптимизация размещения товара на складе фармдистрибьютора - <http://www.lobanov-logist.ru/index.php?newsid=206>

21. Волгин, В.В. Логистика приемки и отгрузки товаров./ В.В. Волгин — М : Дашков и К. 2008. – 460 с.

22. Букреев, А.Ю. Оперативное планирование движения готовой продукции на складах металлургических предприятий/А.Ю. Букреев, С.И. Файнштейн, В.Д. Тутарова, А.Н. Калитаев, Е.Ф. Колесников// Вестник МГТУ им Г.И. Носова – №4, 2007. – С. 108-112.

23. Букреев, А.Ю. Оперативное планирование размещения и отгрузки готовой продукции на складах металлургических предприятий/А.Ю. Букреев, Е.Ф. Колесников // Наука и производство Урала: сб. тр. Межрегион. науч. конф. молодых ученых, аспирантов и студентов. – Новотроицк: НФ МИСиС, 2007. – С. 114-117.

24. Букреев, А.Ю. Оценка эффективности оперативного управления складом листопрокатного цеха/А.Ю. Букреев, В.Д. Тутарова, Е.Ф. Колесников // Молодежь. Наука. Будущее: сб. науч. трудов студентов. – Магнитогорск: ГОУ ВПО МГТУ, 2007. – С. 126-129.

25. Букреев, А.Ю. Разработка алгоритмического программного обеспечения оперативного планирования движения металла на складах металлургических предприятий/ А.Ю. Букреев, Е.Ф. Колесников // Инновации молодых ученых: сб. докладов на 66 НТК У.М.Н.И.К. – Магнитогорск: ГОУ ВПО МГТУ, 2008. – С. 101-106.

26. Букреев, А.Ю. Разработка алгоритмического программного обеспечения оперативного планирования движения металла на складах металлургических предприятий/ А.Ю. Букреев, Е.Ф. Колесников // Инновации молодых ученых: сб. докладов на 67 НТК У.М.Н.И.К. – Магнитогорск: ГОУ ВПО МГТУ, 2009. – С. 70-76.

27. Букреев, А.Ю. Оперативное планирование размещения и отгрузки готовой продукции на складах металлургических предприятий/ А.Ю. Букреев, В.Д. Тутарова, Е.Ф. Колесников // III областной салон инноваций и инвестиций. – Челябинск, 2007.

28. Тутарова, В.Д. Управление движением полуфабрикатов на складах металлургических предприятий/, В.Д. Тутарова, С.И. Файнштейн А.Н. Калитаев // Проблемы теории и практики управления – №4, 2009. – С. 109-114.

29. Тутарова, В.Д. Эвристический полиномиальный алгоритм оперативного планирования размещения готовой продукции на складах металлургических предприятий/Д.С. Каплан, Д.Х. Девятов, С.И. Файнштейн, В.Д. Тутарова, А.Н. Калитаев // Автоматизация в промышленности – №6, 2009. – С. 35-39.

30. Тутарова, В.Д. Оперативное планирование отгрузки готовой продукции со складов металлургических предприятий/ Д.Х. Девятов, С.И. Файнштейн, В.Д. Тутарова, А.Н. Калитаев // Мехатроника, автоматизация, управление – №4, 2008. – С. 36-41.

31. Тутарова, В.Д. Эвристическая модель оперативного планирования размещения и отгрузки готовой продукции на складах металлургических предприятий/ В.Д. Тутарова, Д.Х. Девятов, С.И. Файнштейн, А.Н. Калитаев, Михайлов А.В. // Нейроинформатика, ее приложения и анализ данных: сб. тр. XV Всероссийского семинара. – Красноярск, 2007. – С. 46-48.

32. Тутарова, В.Д. Эвристическая модель склада готовой продукции металлургического предприятия/ В.Д. Тутарова, Д.Х. Девятов, С.И. Файнштейн, А.Н. Калитаев, В.А. Обрезков// Искусственный интеллект в XXI веке. Решения в условиях неопределенности: сб. тр. V Всероссийской научно-техн. конф. – Пенза, 2007. – С. 25-27.

33. Фролов, Е.Б. MES-системы, как они есть или эволюция систем планирования производства./ Е.Б. Фролов, Р.Р. Загидуллин - <http://www.erpnews.ru/doc2592.html>

34. Фролов, Е.Б. MES-системы. MES-системы, как они есть или эволюция систем планирования производства. Часть II/ Е.Б. Фролов, Р.Р. Загидуллин - <http://www.erpnews.ru/doc2593.html>

35. Фролов, Е.Б. MES-системы. Вид «сверху», взгляд изнутри./ /Е.Б. Фролов, Р.Р. Загидуллин - <http://www.erpnews.ru/doc2689.html>

36. Загидуллин Р.Р. Оперативно-календарное планирование в гибких производственных системах /Р.Р. Загидуллин Под. ред. В.Ц. Зориктуева. – М.: Изд-во МАИ, 2004. – 208 с.

37. Загидуллин Р.Р. Управление Машиностроительным производством с помощью MES-систем./ Р.Р. Загидуллин, Е.Б. Фролов - М : «СТИН», 11, 2007. С. 2–5.

38. Горшков А.Ф. Компьютерное моделирование менеджмента: Учебное пособие./ А.Ф. Горшков, Б.В. Евтеев, В.А. Коршунов, В.А. Титов, Е.Б. Фролов Под общ. ред. Н.П. Тихомирова. – М.: Издательство «Экзамен», Москва. 2004.

39. AXELOT LOGISTICS. 1С-Логистика: Управление складом 3.0 - <http://axelotlogistics.ru/prod/us/>

40. Сайбернетик Системс. Система автоматизации склада и учета материалов “CS Polibase Склад” - <http://www.cybsys.ru/prodstore.html>

41. Microsoft. Системы управления складами “Microsoft business solutions-navision” - <http://www.mont.ru/products/microsoft/mbs/navision.php>

42. АСТОР. Система управления складом “АСТОР:WMS” - http://www.1c-astor.ru/ru/cat_prod/WMS/
43. Система Alfa. Система управления складской логистикой “ALFA-INVENTORY” - http://www.alfasystem.ru/3_13_54
44. ООО "Фолио 2000". Система управления складом “ФОЛИО WMS (ФОЛИО WinСклад. Версия 8.1)” - http://www.folio.ru/redy51/_progy/ws8.shtml
45. GLOBAL SYSTEM. Информационная система “GLOBAL SYSTEM” - <http://www.global-system.ru/index.php?id=306&idp=6>
46. Argussoft Company. Система складского учета “CoreIMS”- <http://www.coreims.ru/info>
47. ООО «КОСА». Система складского учета «КЛАД-Перл» - <http://www.cosa.ru/klad.php>
48. Irystyle International Corp. Система складского учета «ОК-СКЛАД» - <http://www.ok-sklad.com>
49. Вдовин А.В. Система складского учета «Учет и движение товара на складе 3.7.3» - <http://www.vdovin-av.narod.ru/>
50. Лукинский, В. С Модели и методы теории логистики. Учебное пособие./ В.С. Лукинский - Питер : 2008 с. 447.
51. Сергеев, В.И. Менеджмент в бизнес-логистике/ Сергеев, В.И. -. М.: Информационно-издательский дом "Филинь", 1997. С.431
52. Гэри, М. Вычислительные машины и труднорешаемые задачи./М. Гэри, Д. Джонсон - М.: Мир, 1982, с.439
53. Файнштейн, С.И. Алгоритм оперативного планирования посяда металла в печи листо-прокатного стана/ С.И. Файнштейн, Д.Х. Девятов, А.Б. Белявский, Д.С. Каплан, В.Е.Торчинский //Сталь. 2007. №2. С.130-133.
54. Нильсон Н. Принципы искусственного интеллекта./ Н. Нильсон - М : Радио и связь, 1985, с.376.