

1552419

На правах рукописи

Рахилин Константин Валентинович

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ЗОНИРОВАНИЯ ПРИ
ПРОЕКТИРОВАНИИ СТЕЛЛАЖНЫХ СКЛАДОВ ДЛЯ
МНОГОНОМЕНКЛАТУРНЫХ ГРУЗОВ В УСЛОВИЯХ
НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Специальности 05.05.05 - Подъемно-транспортные машины
05.13.07 - Автоматизация технологических
процессов и производств

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

К. Рахилин

Москва 1996



1552419

Рахилин К. В. Разраб.отск. ин.

Работа выполнена в Московском ордена Ленина, ордена Октябрьской революции и ордена Трудового Красного Знамени государственном техническом университете имени Н. Э. Баумана.

Научный руководитель - кандидат технических наук,
доцент Зуев В.А.

Официальные оппоненты: доктор технических наук,
профессор Колобов А.А.

кандидат физико-математических наук
Кокарев М.А.

Ведущее предприятие - АО "Оргстанкинпром", г. Москва

Защита состоится 16 декабря 1996 г. в 14.30 на заседании специализированного Совета К.053.15.10 "Транспортное машиностроение" в Московском государственном техническом университете имени Н. Э. Баумана по адресу: 107005, г. Москва, 2-я Бауманская ул., д.5.

Ваши отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные печатью просим высылать по указанному адресу.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МГТУ имени Н.Э.Баумана.

Телефон для справок 263-68-40

Автореферат разослан 15 ноября 1996 г.

Ученый секретарь
специализированного Совета
д.т.н., профессор



Цыбин В.С.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. На сегодняшний день в различных областях человеческой деятельности - в промышленности, в торговле, на транспорте - широко используются стеллажные склады. Развитие подъемной и транспортной техники позволило реализовать проекты высотных стеллажных складов, а развитие вычислительной техники - практически полностью автоматизировать управление такими складами.

Вместе с тем при создании и эксплуатации автоматизированных складов встает вопрос об организации складских работ и рационального размещения грузов на складе. Решение задачи зонирования - размещение грузов широкой номенклатуры на складе таким образом, чтобы это способствовало увеличению производительности стеллажных кранов-штабелеров (СКШ) - позволяет значительно увеличить производительность работы склада без замены оборудования или дополнительных инвестиций.

В нашей стране было опубликовано много работ по данной тематике. Но, в то же время, использованы далеко не все имеющиеся возможности, и поэтому новое решение задачи зонирования представляется весьма актуальным. При изучении литературы были обнаружены и некоторые существенные противоречия в предложенных методах решения данной задачи. В настоящей работе предпринята попытка выявить имеющиеся резервы управления работой высотных стеллажных автоматизированных складов на основе разработки нового метода решения задачи зонирования.

Целью работы является разработка нового метода зонирования для автоматизированных высотных стеллажных складов, работающих в условиях неопределенности поступления заявок.

Методы исследования. При проведении исследований и изучении принципов функционирования системы были использованы методы теории массового обслуживания, методы теории вероятностей, эвристические методы исследования, методы системного анализа, в частности имитационное моделирование методом Монте-Карло.

Вычислительные эксперименты проводились на специально разработанной имитационной модели, программно реализованной на языке Си.

Научная новизна. Разработана и обоснована имитационная модель динамической вероятностной системы "стеллаж - кран-штабелер", предназначенная для обслуживания поступающих заявок. Созданы оригинальные описания объектов и компонентов моделируемой системы. Определен и обоснован минимальный набор критериев для сравнения различных методов решения задачи зонирования. Программно реализована

9
НЕ ВЫДАЕТСЯ

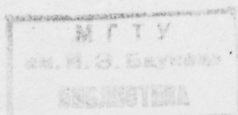
1552419

НТБ МГТУ им. Н.Э. Баумана



1552419

Рахилин К.В. Разработка ме



имитационная модель, позволяющая собирать данные об эффективности работы моделируемой системы. Выявлена степень влияния объемно-планировочного решения стеллажной секции склада на производительность работы крана-штабелера. Определены зоны в складской секции, первоочередное обслуживание которых позволяет увеличить производительность крана-штабелера. Определено оптимальное соотношение различных фаз рабочего цикла крана-штабелера. Установлен принцип формирования в стеллаже зон хранения различных грузов, и на основании этого принципа разработан новый метод решения задачи зонирования, который на 10-15% эффективнее известных ранее методов.

Практическая ценность работы. При использовании разработанного метода зонирования на действующих высотных стеллажных складах увеличивается производительность СКШ, снижается суммарная величина пробега крана, что позволяет сэкономить рабочее время, затраты электроэнергии, уменьшить износ крановых механизмов. Использование данного метода увеличивает производительность СКШ по сравнению с самым эффективным из известных способов в среднем на 10% для проходных секций и на 15% для тупиковых.

Разработанная имитационная модель позволяет еще на стадии проектирования склада, задаваясь определенными характеристиками компонентов складской системы, установить недостающие параметры, а также провести анализ эффективности работы уже функционирующего склада.

Достоверность полученных результатов и сделанных выводов обеспечивается допущениями, принятыми при разработке математической модели системы "стеллаж-штабелер", которые детально обоснованы в работах других авторов. Достоверность результатов вычислительных экспериментов подтверждается проведенной верификацией программной версии имитационной модели, а также совпадением вида распределения данных: предполагаемых и полученных при предварительных прогонах модели.

Реализация результатов работы. Полученные результаты были использованы при проектировании складского комплекса Торгового дома "ФАЙН", и разработанный комплекс программ применяется при определении эффективности работы складов фирмой "ТонС Интегратор Систем", а также в учебном процессе кафедры "Подъемно-транспортные машины и робототехнические комплексы" МГТУ имени Н.Э. Баумана.

Апробация работы. Промежуточные результаты докладывались в 1994 году на научно-технической конференции с международным участием

“Новое в подъемно-транспортной технике” и в 1993-1996 годах на научно-технических советах кафедр РК-4 МГТУ имени Н.Э.Баумана.

Публикации. По материалам диссертации было опубликовано четыре работы.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, общих выводов, списка литературы, приложений и содержит 132 страницы машинописного текста, 9 таблиц, 30 рисунков, 51 страницу приложений. Список литературы включает 83 наименования.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе приводятся описания постановки задачи зонирования, просктировочных особенностей, специфики и условий работы складов, для которых решение данной задачи является актуальным. Исходя из требований, предъявляемых к работе стеллажной секции, нами сделан выбор важнейшего из них, которому должно отвечать полученное решение задачи зонирования - минимум временных затрат.

Даются описания и краткий анализ решений этой задачи, изложенные в работах В.Б.Алексеева, Э.И.Жуковского, А.Ф.Климова, Ю.М.Краковского, О.Б.Маликова, Б.И.Певзнера, А.А.Смехова, А.К.Сулимовой, И.К.Шраго и других авторов.

В большинстве литературных источников, посвященных данной проблеме, задачу зонирования предлагалось решать геометрическим способом. Для того чтобы избежать частного решения перед проведением анализа, нами была предложена классификация наиболее часто встречающихся объемно-планировочных решений стеллажных секций по количеству приемных и выдающих позиций СКШ и по местам их расположения. Так как обычно грузы распределяются равномерно между секциями склада, задача зонирования для склада в целом сводится к размещению грузов в ячейках секции - то есть оптимизации работы системы выполнения заявок “стеллаж-штабелер”.

Анализ изученного литературного материала позволил сделать заключение, что большинство авторов в своих работах использовали следующие положения:

1. Поток заявок, поступающих на СКШ, подчиняется распределению Пуассона и отвечает требованиям стационарности, ординарности и беспоследствия.

2. Максимальная производительность работы стеллажной секции достигается при комплексном использовании рациональных алгоритмов управления СКШ и размещении грузов с учетом обращаемости ячеек стеллажа.

3. Производительность СКШ определяется по средней длительности его рабочего цикла.

4. Время работы СКШ определяется по максимальному времени работы двух его механизмов: вертикального и горизонтального.

5. Работа СКШ является более производительной, когда его грузозахват остается ожидать следующую заявку в координатах последнего выполненного задания.

6. Ячейки стеллажа используются неодинаково. Наиболее часто СКШ обращается к ячейкам, наименее удаленным от приемно-выдающей позиции.

7. Использование обобщенного метода хранения позволяет сэкономить в среднем 20-30% всего объема хранения склада и уменьшить количество невыполненных заявок.

8. Использование рационального размещения грузов позволяет снизить среднее время цикла СКШ на 20-30%.

Имеются два базовых решения данной задачи, предложенные Ю.М.Краковским и А.К.Сулимовой, которые противоречат друг другу. Первый автор доказывает, что наибольшая производительность СКШ наблюдается при фиксированном способе хранения грузов. Данный способ хранения грузов характеризуется тем, что все грузы, имеющие наивысшую частоту обращения, располагаются по близости от приемно-выдающей позиции СКШ. По мере удаления от приемно-выдающей позиции СКШ размещаются грузы с меньшей частотой обращения. Важно отметить, что в данном случае грузы одного типа концентрируются в близлежащих ячейках. Результаты исследования второго автора показали, что для стеллажных секций наибольшая производительность штабелера достигается при свободном, а не фиксированном способе хранения грузов, когда в первую очередь грузы размещаются в ячейках, прилегающих к приемно-выдающим позициям, независимо от их частоты обращения. Существенное отличие состоит в том, что при этом грузы разных типов размещаются произвольным образом.

Вместе с тем на основе проведенного анализа имеющихся методов решения задачи зонирования и выявленных противоречий в известных решениях были сформулированы следующие задачи исследования:

1. Определить, насколько среднее время цикла СКШ отражает его производительность и какие иные критерии для оценки качества полученных решений можно использовать.

2. Установить, каким образом следует размещать грузы в секции свободным или фиксированным способом.

3. Определить, каким образом при фиксированном способе хранения следует располагать грузы в стеллажной секции.

4. Найти для свободного способа хранения оптимальное сочетание времени, затрачиваемого СКШ на движение к присменно-выдающим позициям и перемещения между ячейками секции.

5. Определить влияние планировочного решения стеллажной секции на производительность работы СКШ.

Методами исследования, позволяющими найти наиболее полное решение для складской системы, являются методы имитационного моделирования и эвристические методы исследования. Данное положение неоднократно встречается у многих авторов. Это обусловлено тем, что использование аналитических методов для поиска решения не представляется возможным или полученное решение получается чрезвычайно сложным.

Вторая глава посвящена выбору метода исследования, подходов к решению задачи зонирования и критериев для оценки получаемых решений.

В процессе исследования системы "стеллаж-штабелер" и построения модели, позволяющей адекватно учесть все особенности реальной системы, были проанализированы различные аналитические методы решения этой задачи (методы теории массового обслуживания, методы нечетких множеств, симплекс-метод, методы теории вероятностей, классические методы оптимизации) и ни один из них не был признан удовлетворительным. В качестве метода исследования был выбран один из методов системного анализа - имитационное моделирование методом Монте-Карло.

Был предложен новый подход к построению модели для решения данной задачи: для этого все события, происходящие в системе, характеристики и действия ее компонентов были представлены в единицах времени. В результате данного преобразования значительно упростились операции, совершаемые над компонентами системы; так, например, ячейка стеллажа вместо двух параметров - номерами ряда и яруса - характеризуется одним - временем, которое необходимо затратить СКШ, чтобы достичь данную ячейку из некоторой определенной точки.

Каждый типа груза характеризуется частотой обращения. Данную величину можно заменить временным интервалом между двумя последовательными появлениями заявок с грузом или на груз этого типа. В общем случае данная величина не является постоянной и находится в некоторых пределах. Нами предложено следующее представление данного временного интервала: временной интервал делится на две части. В течение первой появления заявки невозможно, а в течение второй равновероятно в любой момент времени. С математической точки зрения подобное представление есть условие ординарности - невозможность одновременного появления двух заявок одного типа. Следует отметить практическое

удобство подобного представления потока заявок для описания грузов, так как получаемый суммарный поток заявок подчиняется распределению Пуассона.

Время рабочего цикла СКШ предлагается разбить на четыре фазы. В течение первой фазы происходит движение СКШ от точки окончания предшествующего задания к точке начала выполнения следующего. В течение второй фазы, неизменной для всех циклов, происходит прием груза на грузозахват. Третья фаза - непосредственное выполнение задания - движение СКШ с грузом от приемной позиции к ячейке или от ячейки к выдающей позиции. В течение четвертой фазы происходит разгрузка СКШ - перемещение груза с грузозахвата в ячейку или на выдающую позицию. Последняя фаза подобно второй неизменна для всех циклов.

Одним из наиболее распространенных методов, примененных для поиска решения задачи зонирования, был метод статистического моделирования. При использовании этого метода координаты используемой ячейки по обеим осям разыгрывались по отдельности; таким образом определялись расстояния, а значит, и длительности рабочего цикла СКШ. Однако при этом пренебрегалось взаимосвязью между двумя последовательными циклами, а в качестве компенсации предлагалось вводить некую "среднюю" длительность первой фазы. При обзоре литературы не было найдено ни одной работы, где бы при использовании подобного метода исследования аргументированно обосновывалась "средняя" длительность первой фазы цикла СКШ. А так как длительность первой фазы бывает соизмерима с длительностью третьей фазой цикла, то ее необоснованный выбор вводит значительные погрешности в получаемые результаты. Из этого следует, что объективным методом определения среднего времени цикла будет отношение суммарного времени работы СКШ к количеству обслуженных заявок. При сопоставлении двух решений для случая, когда число обслуженных заявок СКШ было равным, сравнение можно производить и просто по суммарному времени работы.

Для комплексной оценки эффективности работы СКШ необходимо учитывать информацию о количестве отказов, то есть заявок, выполнение которых в текущий момент времени было невозможно, а также различные сведения об очереди заявок, ожидающих обслуживания. Данная информация, в общем случае, зависит от момента поступления заявки к штабелеру, но эти сведения бывают необходимы для конструирования или эксплуатации складского комплекса, что является одной из задач настоящего исследования. Мы предлагаем использовать следующие критерии для комплексной оценки и сравнения различных решений задачи зонирования:

1. Отношение суммарного времени работы крана, к общему времени моделирования, исчисленное в процентах.

2. Отношение количества заявок, которым было отказано (отказов), к общему числу поступивших заявок, исчисленное в процентах.

3. Отношение числа заявок, ожидавших в очереди, к общему числу поступивших заявок, исчисленное в процентах.

4. Максимальное число заявок, одновременно ожидавших обслуживания, измеряемое в абсолютных единицах.

5. Среднее время ожидания заявки в очереди, измеренное в единицах времени.

Первый критерий помимо скорости обработки поступающих заявок показывает уровень загруженности СКШ. Третий критерий дает представление о длительности временных интервалов, в течение которых СКШ был доступен для заявок без ожидания в очереди. В комплексе с четвертым и пятым третий критерий может быть использован для определения средней скорости обработки одного груза зоной хранения склада. Различные сочетания и комбинации приведенных критериев способны дать исчерпывающую информацию о работе системы "стеллаж-штабелер".

В третьей главе приводится укрупненный алгоритм, поясняющий последовательность обработки заявок в разработанной имитационной модели. Приведены фрагменты программной реализации данной модели - информационные структуры, описывающие приемно-выдающие позиции СКШ, ячейки стеллажа, грузы и заявки на грузы. Программа написана на



Рис. 1. Связь между структурами модели.

языке Си и содержит порядка семи тысяч строк. Описания приемно-выдающих позиций СКШ, ячеек стеллажа, грузов и заявок заданы в виде структур и состоят соответственно из 4,11,35,8 элементов. Основные связи между перечисленными структурами (кроме заявок) представлены линиями на рис. 1.

Модель позволяет собрать следующие данные об исследуемой системе:

1. Количество позиций, используемых СКШ для данного типа груза как приемные и как выдающие, и вероятность поступления заявок на данные позиции.

2. Принадлежность ячеек различным типам грузов. В случае использования фиксированного способа хранения грузов производится определение количества ячеек, принадлежащих тому или иному типу груза, и закрепление конкретных ячеек за конкретными грузами.

3. Значение максимальной длины "Очереди ожидавших заявок". После моделирования выводятся максимальные значения длины "Очереди ожидавших заявок" и два момента времени, когда очередь достигала этих значений - первый и последний - в течение всего времени моделирования. Два значения моментов времени позволяют оценить, насколько ритмично работал СКШ.

4. Абсолютное и относительное значения времени продолжительности работы СКШ. Относительное значение определяется как отношение абсолютного значения ко всему времени моделирования.

5. Общее число заявок, поступивших в систему, для всех типов грузов и для каждого типа груза в отдельности.

6. Абсолютное и относительное значения числа заявок, которым было отказано в выполнении для каждого типа груза в отдельности. Относительное значение числа заявок вычисляется как абсолютное, отнесенное к общему числу поступивших заявок. Все отказы делятся на две группы: для заявок с поступающими грузами и для заявок с требованием выдачи груза.

7. Абсолютное и относительное значения числа заявок, которые ожидали исполнения в очереди для каждого типа груза в отдельности. Относительное значение числа заявок вычисляется как абсолютное число заявок, отнесенное к общему числу поступивших заявок.

8. Общее время, проведенное заявками в очереди в ожидании освобождения СКШ для каждого типа груза в отдельности.

9. Среднее время, проведенное заявками на груз конкретного типа в очереди в ожидании освобождения СКШ. Вычисляется как отношение

общего времени в очереди (пункт 8) к общему числу ожидавших заявок (пункт 7).

10. Информация о текущем количестве грузов на складе и общем числе ячеек, занятых в момент окончания моделирования.

11. Данные об используемости ячеек: число обращений к каждой из ячеек стеллажа и время последнего обращения к ней. Рассматривая данную информацию вместе с координатами ячейки, можно получить своего рода карту использования стеллажа.

В конце главы приводятся проверка адекватности модели, описание процессов и результаты верификации и валидации созданной нами модели.

В четвертой главе представлены результаты проведенных вычислительных экспериментов, в которых исследовалась оборачиваемость ячеек стеллажа в зависимости от задаваемых приоритетов обслуживания. Также в данной главе приводятся описание разработанного метода зонирования и сравнение эффективности этого метода с известными ранее.

Перед решением самой задачи зонирования необходимо было определить свойства ячеек стеллажной секции. Задача формулировалась так: "Какие ячейки стеллажа следует обслуживать в первую очередь, чтобы производительность СКШ была максимальной?". Для этого в первой группе экспериментов проводилось изучение оборачиваемости ячеек секции в зависимости от их положения относительно приоритетных точек и степени влияния данных приоритетных точек на производительность СКШ. Грузы хранились в стеллаже свободным способом.

Обслуживание ячеек стеллажа СКШ может происходить приоритетным и беспriorитетным способами. Под беспriorитетным способом обслуживания ячеек понимается такой способ, при котором обращение СКШ ко всем ячейкам секции равновероятно. Под приоритетным понимается такой способ обслуживания ячеек, при котором загрузка или выгрузка грузов из определенных ячеек происходят в первую (или последнюю) очередь. Приоритет обслуживания ячеек для операции загрузки и для операции выгрузки, в общем случае, может быть неодинаковым.

На практике в работе складов беспriorитетный способ работы СКШ практически не встречается, так как наиболее часто используются ячейки, прилежащие приемно-выдающим позициям - то есть обслуживание ведется приоритетным образом. Подавляющее число решений задачи зонирования также подразумевает приоритетное обслуживание ячеек стеллажа.

Приоритет обслуживания ячеек стеллажа будет определяться положением ячеек относительно приоритетной точки, которая может быть некоторой определенной независимой точкой в плоскости стеллажа, или же результатом суммирования нескольких подобных точек. Приоритетные

точки должны учитывать не только движения СКШ к приемным и выдающим позициям и от них, но и перемещения СКШ между ячейками стеллажной секции.

Для решения задачи зонирования необходимо было предварительно выявить влияние приоритетов на работу СКШ и оборачиваемость ячеек стеллажа. Под оборачиваемостью ячейки понимается число обращений к ячейке в течение некоторого временного интервала. Чем больше число операций загрузки и выгрузки происходит с ячейкой, тем выше её оборачиваемость. Изучение оборачиваемости ячеек складской секции являлось задачей исследований в первой группе вычислительных экспериментов.

Поскольку СКШ в течение цикла совершает перемещения двух типов - между ячейками стеллажа и от ячеек к приемно-выдающим позициям, нами было выдвинуто предположение, что точки приоритетного обслуживания находятся на линии между центром секции и приемно-выдающими позициями штабелера. Задача состоит в нахождении точки, сочетающей в себе оптимальное соотношение свойств центральных ячеек секции и ячеек, прилежащих приемно-выдающим позициям. Точки, отвечающие таким требованиям, были названы центрами оборачиваемости стеллажной секции. Предполагалось, что приоритетное обслуживание ячеек, прилежащих этим точкам, позволит снизить общее время работы СКШ и увеличить его производительность.

В первой группе вычислительных экспериментов производилось сравнение шести способов обслуживания ячеек стеллажа: одного беспriorитетного и пяти приоритетных. Для приоритетных способов обслуживания ячеек степень влияния приемно-выдающих позиций и центра стеллажной секции задавалась следующими соотношениями: 1:0, 2:1, 1:1, 1:2, 0:1. В варианте 1:0 учитывалось влияние только приемно-выдающих позиций СКШ, а в 0:1 - только центра стеллажа. Во всех шести вариантах происходила циркуляция хранимых в секции грузов по принципу "первым пришел - первым ушел" - то есть груз, первым поступивший на хранение, выдавался первым.

Сравнительный анализ результатов моделирования позволил сделать следующие выводы:

1. Лучшие результаты для всех четырех типов стеллажных секций наблюдаются при соотношении степени влияния приемно-выдающих позиций и центра складской секции 1:0 и 2:1. Это позволяет сделать предположение о том, что центр или центры оборачиваемости исследуемых секций находятся в области, близкой к задаваемой приоритетными точками.

2. Проведенные эксперименты показали, что наилучшим из всех предложенных вариантов обслуживания ячеек является свободный бесприоритетный способ раскладки грузов.

3. Из четырех предложенных типов планировочных решений секции решениями, позволяющими увеличить производительность СКШ, являются те, у которых приемные и выдающие позиции расположены как можно ближе друг к другу.

4. Стеллажные секции, у которых приемно-выдающие позиции находятся в противоположных сторонах, имеют по два центра оборачиваемости.

Данные, полученные в первой группе экспериментов, позволили приступить непосредственно к решению задачи зонирования.

Запишем функцию, характеризующую время работы СКШ:

$$C = k_1 \bar{t}_1 + k_2 \bar{t}_2 + \dots + k_i \bar{t}_i + \dots + k_n \bar{t}_n + \tau, \quad (1)$$

где $k_1, k_2, \dots, k_i, \dots, k_n$ - количество выполненных событий для каждого типа груза,

$$K = \sum_{i=1}^n k_i; \quad (2)$$

$\bar{t}_1, \bar{t}_2, \dots, \bar{t}_i, \dots, \bar{t}_n$ - среднее время достижения ячеек, используемых для выполнения событий для каждого типа груза, определяется по формуле

$$\bar{t}_i = \frac{t_1 + t_2 + \dots + t_i + \dots + t_{k_i}}{k_i}, \quad (3)$$

где $t_1, t_2, t_3, \dots, t_i, \dots, t_{k_i}$ - время достижения ячеек, использованных для выполнения k_i событий с i -тым типом груза. Очевидно, что значение $\bar{t}_i$ будет тем меньше, чем меньше суммируемое значение t_i .

Переменная τ является суммой первых фаз K рабочих циклов СКШ. Переменная имеет физический смысл времени, затрачиваемого СКШ на перемещение от точки окончания выполнения одного заказа к точке начала выполнения следующего заказа. Эта величина зависит от:

- числа K совершенных событий;
- последовательности и типа получаемых заявок;
- числа используемых ячеек и их взаимного расположения.

Функция (1) может быть использована в качестве целевой функции при минимизации суммарного времени работы СКШ, затрачиваемого на выполнение K событий. Разобьем функцию на два слагаемых:

$$C = C' + \tau, \quad (4)$$

$$\text{где } C' = k_1 \bar{t}_1 + k_2 \bar{t}_2 + \dots + k_i \bar{t}_i + \dots + k_n \bar{t}_n. \quad (5)$$

Для того чтобы функция (4) принимала минимальные значения, каждое из ее слагаемых должно быть минимально.

Для уменьшения значения τ можно оказать влияние на число используемых ячеек и на их расположение: использовать минимальное число ближайших друг к другу и к центру оборачиваемости ячеек. Идеальным случаем, максимально уменьшающим значение τ , будет направление всех поступающих на хранение грузов в единственную ближайшую к центру оборачиваемости ячейку.

Для того чтобы функция (5) принимала минимальные значения, каждое из слагаемых произведений должно принимать минимальное значение. На данном положении основан фиксированный метод хранения грузов, описанный в первой главе. Как показали проведенные эксперименты, для тупиковой секции центр оборачиваемости находится в непосредственной близости от приемно-выдающей позиции СКШ. При таком способе размещения грузов увеличиваются расстояния между зонами хранения различных типов грузов. При определенных условиях - небольшой разнице частот обращения и большом числе грузов в каждой подгруппе - подобный метод расположения грузов приводит к такому увеличению значения переменной τ , которое перекрывает уменьшение значений суммы C' , и общая длительность рабочего цикла СКШ увеличивается. Выигрыш, полученный благодаря рациональному расположению грузов, теряется из-за того, что увеличилось расстояние между зонами хранения различных типов грузов. Но и расположение грузов свободным приоритетным способом далеко не всегда успешно, поскольку груз с низкой частотой оборачиваемости, попадая в ячейку с минимальным временем достижимости на значительный временной интервал, делает недоступной данную ячейку для других типов груза, имеющих более высокие частоты обращения. Это приводит к тому, что увеличивается третья фаза рабочих циклов СКШ, так как СКШ вынужден обслуживать более удаленные ячейки.

Имеющееся противоречие между известными способами хранения - фиксированным и свободным - мы предлагаем разрешить следующим образом: из различных типов грузов сформировать группы по степени вероятности обращения к ним. Подобная группа была названа "пакетом". В

“пакет” входят все типы грузов, хранимых на складе. При этом количество грузов, входящих в “пакет”, должно быть минимальным. Число грузов в “пакете” определяется средним временным интервалом, в течение которого с заданной вероятностью происходит определенное количество операций с каждым из типов грузов.

Величиной, определяющей число грузов в “пакете”, является средний интервал времени, в течение которого произойдет одна операция с типом груза с наименьшей оборачиваемостью. Данный временной интервал делится на средние временные интервалы, в течение которых с такой же вероятностью произойдет одно событие с каждым из других типов грузов.

Для грузов, средние временные интервалы которых не делятся нацело, остатки деления суммируются, и когда сумма остатков достигнет величины полного временного интервала, в “пакет” добавляется один груз данного типа. Например, для грузов с оборачиваемостью в течение часа 2 и 3 каждый первый “пакет” будет иметь один груз первого типа и один второго, а каждый второй “пакет” - один груз первого типа и два второго.

Иначе пакет можно представить как пирамиду, на вершине которой находится один груз с наименьшей оборачиваемостью, а в основании - грузы с наивысшей оборачиваемостью (рис. 2). Число грузов, находящихся на вершине и в ее основании, обратно пропорционально средним временным интервалам, в течение которых с грузами произойдет по одному событию. А средний временной интервал T_{cp1} , принадлежащий грузу с наименьшей

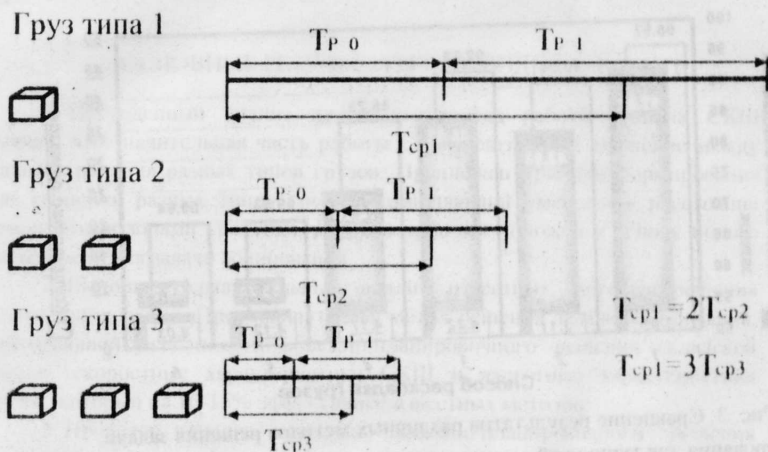


Рис. 2. Графическое представление пакета

оборачиваемостью (груз типа 1, рис. 2), представляет собой своеобразную временную базу.

“Пакет” представляет собой множество, состоящее из грузов всех типов, хранимых в секции, для которых в течение некоторого временного интервала с заданной, равной для всех типов вероятностью произойдет определенное число операций.

Ячейки в стеллаже закрепляются за грузами фиксированным способом относительно центров оборачиваемости, положения которых были определены в первой группе экспериментов. Вначале ячейки с минимальным временем достижения от центра оборачиваемости закрепляются за грузами с наибольшей оборачиваемостью, число ячеек определяется числом грузов в первом “пакете” - основании пирамиды. Затем второй ярус пирамиды, третий и так далее до вершины - одного груза с наименьшей оборачиваемостью. Далее закрепляются ячейки за грузами второго “пакета”, затем третьего и так далее, пока не закончатся ячейки в стеллажной секции.

Возможны варианты, при которых количество мест, отведенных для хранения под грузы определенного типа, не будет соответствовать числу мест, отводимых по данной методике. В этом случае после того, как “закончатся” грузы с наименьшей оборачиваемостью, за новую временную базу принимается следующий по длительности временной интервал. Вторым возможным вариантом является случай, когда будет недостаточно



Рис. 3 Сравнение результатов различных методов решения задачи зонирования для групповой секции с одной приемно-выдающей позицией.

грузов с относительно высокой оборачиваемостью для размещения по пакетному принципу. В этом случае после того, как грузы данного типа "закончатся", следующие "пакеты" будут создаваться без учета данного типа груза.

Предлагаемый способ распределения и хранения грузов позволяет гибко подобрать оптимальное соотношение между значениями членов C и T целевой функции C (4): между первой и третьей фазами рабочего цикла СКШ.

Проверка эффективности предлагаемого метода решения задачи зонирования и сравнение его с другими методами были проведены во второй группе вычислительных экспериментов. На рис. 3 представлены результаты сравнения по трем критериям для шести различных способов раскладки грузов. Первый способ раскладки грузов - это свободный беспriorитетный, второй - свободный приоритетный, третий - фиксированный вертикальный, четвертый - фиксированный горизонтальный, пятый и шестой - две разновидности пакетного способа раскладки грузов. Значения всех критериев указаны в процентах. Как показали проведенные эксперименты, расположение грузов подобным способом позволяет увеличить производительность СКШ по сравнению с самым эффективным из известных способов в среднем на 10% для проходных секций и на 15% для тушковых.

В приложении к диссертации приведены результаты вычислительных экспериментов для всех 24 серий: приоритеты обслуживания ячеек стеллажа и среднее число обращений к ним в зависимости от этих приоритетов.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ

1. Проведенный анализ длительности фаз рабочего цикла СКШ выявил, что значительная часть работы СКШ тратится на движение между зонами хранения разных типов грузов. Предложен принцип формирования зон хранения разных типов грузов, позволяющий уменьшить расстояние между этими зонами хранения. Данный принцип положен в основу нового метода решения задачи зонирования.

2. Выполнен сравнительный анализ известных методов решения задачи зонирования. Предложен новый метод решения задачи зонирования, учитывающий особенности объемно-планировочного решения складской секции, скоростные характеристики СКШ и частотные характеристики грузов, который на 10-15% эффективнее известных методов.

3. Проведен анализ влияния объемно-планировочного решения складской секции на производительность СКШ.

6 Разработан алгоритм и программно реализована имитационная модель складской секции, обслуживаемой СКП. Модель позволяет исследовать и находить решения задачи зонирования для действующих стеллажных складов, а также проводить подбор компонентов склада на стадии проектирования.

1. Зусев В.А., Рахилин К.В. Разработка метода для решения задачи зонирования в приложении к стеллажным складам // Новое в подъемно-транспортной технике: Тезисы научно-технической конференции с международным участием. - М., 1994. - С. 47.

2. Рахилин	инклатурного
стеллажного	дентов: Тез.
докл. - М.	
Рабе	
1. Ра	я высотных
стеллажни	
2. Ра	ения секции
стеллажис	лера // 3-й
Междунар	во Львов:
Тез докл.	

Подписано
Заказ 29

ДКЗ.
ана

1552419