

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. Постановка задачи.....	7
2. Анализ предметной области .....	9
3. Общее описание системы.....	12
4. Математическое обеспечение .....	17
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	22
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	23
ПРИЛОЖЕНИЕ А (обязательное) Структурная схема.....	24
ПРИЛОЖЕНИЕ Б (обязательное) Функциональная схема .....	25
ПРИЛОЖЕНИЕ В (обязательное) Даталогическая модель.....	26

					ТГТУ.09.03.01.022 ТЗ-ПЗ			
Изм.	/лист	№ докум.	Подп.	Дата	Разработка программного обеспечения управления цифровым аватаром в системах виртуальной реальности на основе цифровой тени	ит.	/лист	Листов
Разраб.		Хрестин					1	24
Проб.								
Н. Контр.						САПР, зр. БВТ-191		
Утв.								

## ВВЕДЕНИЕ

Современная бизнес-среда характеризуется жесткой конкуренцией и быстро меняющимися требованиями клиентов. В результате предприятия постоянно ищут пути повышения эффективности и прибыльности своей деятельности. Одной из областей, которая может оказать значительное влияние на успех предприятия, является система управления запасами. Эффективное управление запасами может помочь предприятиям минимизировать риск возникновения товарных запасов, сократить расходы на хранение и заказы, а также повысить уровень удовлетворенности клиентов.

Управление запасами – это сложный процесс, требующий тщательного планирования, организации и контроля. В современной розничной торговле малые предприятия сталкиваются с проблемами эффективного управления запасами из-за ограниченности ресурсов и отсутствия сложных систем управления запасами. Поэтому существует потребность в доступных и удобных системах управления запасами, которые могут помочь малому бизнесу повысить эффективность работы и прибыльность. Целью данного диплома является удовлетворение этой потребности путем разработки системы управления складом (WMS, от англ. Warehouse Management System) для небольшого магазина с одним складом.

Целью данного диплома является программирование WMS, которая автоматизирует и оптимизирует процесс управления запасами, повышая операционную эффективность и прибыльность магазина. WMS будет разработана с учетом специфических потребностей магазина для обеспечения точного обновления запасов в режиме реального времени. Целью данного диплома является разработка удобной и эффективной WMS, которая может быть легко использована сотрудниками магазина, включая менеджера магазина, продавцов и работников склада.

Предметом данного исследования является процесс управления запасами в небольшом магазине с одним складом. Объектом данного исследования является розничная торговля, в частности, малые розничные предприятия, которые

					<i>ГГТЧ.09.03.01.022 КР ТЭ-ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		2

сталкиваются с проблемами управления запасами. Предметом исследования будет разработка WMS, которая является доступной, удобной и масштабируемой, что делает ее идеальным решением для малого бизнеса.

Научная новизна данного диплома заключается в разработке WMS, специально предназначенной для малого розничного бизнеса. Система будет разработана с использованием языка программирования Python и оптимизирована с помощью математических моделей и алгоритмов. В дипломе также будет рассмотрена постановка и решение проблемы оптимизации, чтобы система обеспечивала точное обновление запасов в режиме реального времени.

Практическая значимость данного диплома заключается в его способности повысить операционную эффективность и прибыльность магазина. WMS обеспечит точное обновление запасов в режиме реального времени, сократит количество ошибок и неэффективности, а также повысит удовлетворенность клиентов. Масштабируемость системы означает, что она может быть расширена для удовлетворения будущих потребностей магазина и других малых предприятий. Система будет разработана с целью снижения затрат и времени, связанных с управлением запасами, тем самым повышая прибыльность магазина.

Методы научного исследования, используемые в данном дипломе, включают анализ данных, сбор требований, разработку программного обеспечения и тестирование. Структура диплома будет состоять из нескольких частей, включая анализ домена, постановку задачи, общее описание системы, математическое обеспечение и практическую реализацию. В дипломе также будут представлены руководства пользователя и техническая поддержка для сотрудников магазина.

В заключение следует отметить, что целью данного диплома является решение проблем, с которыми сталкиваются малые розничные предприятия при эффективном управлении товарными запасами. WMS, разработанная в данном исследовании, обеспечит доступное, удобное и масштабируемое решение для повышения операционной эффективности и прибыльности магазина. Структура диплома будет охватывать все аспекты процесса разработки, представляя собой

					ТГТУ.09.03.01.022 КР ТЭ-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		3

всеобъемлющее руководство для предприятий, стремящихся улучшить свои системы управления запасами. Разработанная в данном исследовании WMS будет иметь практическое значение в розничной торговле, способствуя развитию эффективных и экономически выгодных систем управления запасами для малого бизнеса.

					ТГТУ.09.03.01.022 КР ТЭ-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		4

## 1 Постановка задачи

В рамках данной работы необходимо решить следующую задачу: разработать систему управления складом на примере розничного продуктового магазина с одним складским помещением и торговым залом, которая повысит эффективность комплектации и маршрутизации продукции на складе.

Для программирования системы будут выполнены следующие подзадачи:

1. Разработка схемы базы данных и создание необходимых таблиц для хранения информации о товарных позициях, их местонахождении на складе и текущем уровне запасов.

2. Разработка пользовательского интерфейса, который обеспечит удобный интерфейс для управления инвентарными позициями, их местоположением и уровнем запасов.

3. Реализация функциональности CRUD (Create, Read, Update, Delete) для управления инвентарными позициями и их расположением на складе.

4. Разработка функциональности для регистрации инвентарных операций, таких как получение новых инвентарных позиций, размещение их на складе и отбор для продажи.

5. Внедрение функциональности отслеживания запасов, которая позволит WMS отслеживать уровни запасов в режиме реального времени и предоставлять отчеты об уровнях запасов и их движении.

В процессе анализа существующих решений был определен функционал, который должен быть реализован в разрабатываемой системе.

На следующем этапе осуществляется выбор целевой платформы и определение необходимых вычислительных ресурсов для работы системы. В качестве платформы для данной системы будем использовать веб-приложение, т.к. браузерные приложения гибкие, универсальные, не требуют предварительной подготовки среды, позволяют сэкономить финансы компании, аппаратные ресурсы, время сотрудников.

					ТГТУ.09.03.01.022 КР ТЭ-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		5

После выбора платформы необходимо выбрать стек технологий (набор программных решений и библиотек, которые будут обеспечивать функционирование сервиса), который будет использоваться для разработки каждой части системы. Для этого необходимо провести анализ и выявить, какой язык программирования лучше подходит для решения поставленной задачи и какие возможности он предоставляет.

Информационная и даталогическая модели, функциональная схема разрабатываемого решения строятся, исходя из заложенного в систему функционала. Информационная модель отражает общую структуру сущностей, присутствующих в системе, не вдаваясь в подробности реализации каждой из них. Даталогическая модель раскрывает внутреннюю структуру сущностей, а также устанавливает связи между ними. Функциональная схема описывает все типовые сценарии взаимодействия пользователей с системой.

Основываясь на функциональной схеме и даталогической модели, наступает этап практической реализации. Разработка веб-приложения требует развертывания серверной части для тестирования разрабатываемого ПО, поэтому предварительно необходимо настроить необходимое ПО. После этого в соответствии с даталогической моделью создается база данных. Далее разрабатываются все модули системы. После окончания процесса разработки производится тестирование работоспособности системы. При возникновении ошибок необходимо произвести анализ и устранить их. На последнем этапе создается справочная документация по работе приложения.

					ТГТУ.09.03.01.022 КР ТЭ-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		6

## 2 Анализ предметной области

Системы управления складом (WMS) автоматизируют и оптимизируют процесс управления запасами, повышая операционную эффективность организации, снижая затраты и повышая удовлетворенность клиентов. WMS предназначена для предоставления точных данных о запасах в режиме реального времени, автоматизации операций с запасами и оптимизации использования складских площадей. В основе концепции WMS лежит идея о том, что управление запасами – это сложный процесс, требующий тщательного планирования, организации и контроля.

Суть WMS заключается в их способности предоставлять данные о запасах в режиме реального времени, автоматизировать операции с запасами и оптимизировать использование складских площадей. Эти системы используют ряд технологий, включая штрихкодирование, радиочастотную идентификацию (RFID) и распознавание голоса, для отслеживания движения запасов и предоставления отчетов в режиме реального времени об уровне запасов, продажах и производительности продукции. По мере роста конкуренции в розничной торговле компании обращаются к WMS, чтобы оптимизировать процессы управления запасами и опередить конкурентов.

Основные принципы WMS включают отслеживание запасов, выполнение заказов, прием и отгрузку. Отслеживание запасов включает в себя мониторинг движения товаров на складе, в том числе прием, складирование и комплектацию продукции. Выполнение заказов включает в себя процесс комплектации и упаковки товаров для отправки, а приемка включает в себя процесс получения и проверки товаров от поставщиков. Отгрузка включает в себя процесс подготовки продукции к отправке клиентам. Эти принципы лежат в основе каждой WMS и помогают предприятиям более эффективно управлять своими запасами.

Существует несколько элементов и основных моделей WMS, включая:

- управление запасами – отслеживание уровня запасов, мониторинг движения запасов и оптимизацию их хранения. WMS помогает предприятиям

					ТГТУ.09.03.01.022 КР ТЭ-ПЗ	Лист 7
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

отслеживать уровень и движение запасов, позволяя им принимать обоснованные решения об уровне запасов и выполнении заказов;

- управление заказами – управление процессом выполнения заказов, включая комплектацию, упаковку и отправку продукции клиентам. WMS помогает предприятиям оптимизировать процесс выполнения заказов, сокращая количество ошибок и повышая удовлетворенность клиентов;

- управление складом – управление физическим пространством, оборудованием и персоналом на складе. WMS помогает предприятиям оптимизировать складское пространство и повысить общую операционную эффективность;

- управление перевозками – управление транспортировкой товаров между складом и другими местами. WMS помогает предприятиям более эффективно управлять своими транспортными операциями, снижая затраты и улучшая сроки доставки.

Решения WMS позволяют компаниям максимизировать трудозатраты, использование площадей и инвестиции в оборудование за счет координации и оптимизации использования ресурсов и материальных потоков. В частности, системы WMS предназначены для поддержки потребностей всей глобальной цепочки поставок, включая дистрибуцию, производство, активные активы и предприятия сферы услуг.

К наиболее важным складским операциям относятся:

1. Приемка - приемка может начинаться с предварительного уведомления о прибытии товаров. Это позволяет складу планировать приемку и разгрузку так, чтобы эффективно координировать их с другими видами деятельности на складе.

2. Укладка - перед тем как убрать товар, необходимо определить подходящее место хранения. определить соответствующее место хранения. Это очень важно, поскольку от места хранения продукта во многом зависит в значительной степени от того, как быстро и с какими затратами вы впоследствии заберете его для клиента.

					ТГТУ.09.03.01.022 КР ТЭ-ПЗ	Лист
						8
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		



3. Комплектация заказа - при получении заказа клиента склад должен выполнить проверку например, проверить наличие запасов для отгрузки. Затем склад должен составить списки комплектации, чтобы направлять комплектацию заказов. Наконец, он должен подготовить всю необходимую отгрузочную документацию и составить график комплектации и отгрузки заказов.

4. Проверка и упаковка - упаковка может быть трудоемкой, так как каждый элемент заказа клиента должен быть обработан. Упаковка может быть трудоемкой, потому что каждая часть заказа клиента должна быть обработана; но при этом не нужно ходить пешком. И поскольку каждая деталь будет обработана, это удобное время для проверки того, что заказ клиента является полным и точным. Точность заказа является ключевым показателем обслуживания клиента, а это, в свою очередь, то, на чем конкурирует большинство предприятий.

5. Отгрузка - отгрузка обычно обрабатывает более крупные единицы товара, чем комплектация, потому что упаковка объединяет предметы в меньшее количество контейнеров (ящиков, поддонов).

Существует несколько ограничений WMS, включая их высокую стоимость, сложность и необходимость в квалифицированном персонале для управления ими. Эти системы часто разрабатываются для крупных организаций с многочисленными складами и сложным управлением запасами, что делает их менее доступными для малого бизнеса. Однако по мере развития технологий и повышения доступности WMS эти ограничения становятся все менее значительными.

					ТГТУ.09.03.01.022 КР ТЭ-ПЗ	Лист 9
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

### 3 Общее описание системы

Архитектура системы будет клиент-серверной, где клиентом будет являться интерфейс пользователя для управления запасами, поставками и комплектацией, а сервером – база данных и модули управления запасами, поставками и комплектацией.

Архитектура системы управления складом представляет собой трехуровневую структуру. Это позволит разделить функциональность системы на три уровня: уровень представления, уровень бизнес-логики и уровень доступа к данным.

#### 3.1 Описание структурной схемы

В структурной схеме представлены подсистемы, их информационные обеспечения, лингвистические обеспечения, программные и математическое обеспечение, а также математическое обеспечение для всей программы и техническое обеспечение для ее корректной работы. Структурная схема представлена в приложении А.

В систему входят следующие подсистемы:

1. Подсистема представления – на уровне представления будет реализован интерфейс пользователя, который позволит управлять складскими процессами и контролировать запасы товаров. На этом уровне будет реализована функциональность управления запасами, учета товаров, контроля за сроками годности и др. Для реализации интерфейса пользователя будем использовать технологии веб-разработки, а именно HTML, CSS с использованием шаблонов Django и фреймворка Bootstrap.

2. Подсистема бизнес-логики – на уровне бизнес-логики будет реализована основная функциональность системы управления складом. На этом уровне будут реализованы модули управления запасами, учета товаров, контроля за сроками

					ТГТУ.09.03.01.022 КР ТЭ-ПЗ	Лист 10
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

годности и др. Для реализации бизнес-логики системы будем использовать язык программирования Python.

3. Подсистема доступа к данным – На уровне доступа к данным будет реализована функциональность доступа к базе данных. Для хранения данных будем использовать реляционную базу данных PostgreSQL. Для доступа к базе данных будем использовать язык программирования Python.

Для правильной работы техническое обеспечение для данной системы должно составлять для каждого из уровней.

I. Уровень представления:

а) Персональный компьютер со следующими характеристиками:

1. Процессор Intel Core i3 или выше;
2. ОЗУ от 4 ГБ;
3. Видеокарта с поддержкой OpenGL 2.0 или выше;
4. Клавиатура и мышь.

б) Терминал сбора данных (ТСД) CipherLab RK95-2S-38K.

II. Уровень бизнес-логики:

– Персональный компьютер со следующими характеристиками:

1. Процессор Intel Core i7 или выше;
2. ОЗУ от 16 ГБ;
3. Жесткий диск SSD;
4. Графический адаптер с поддержкой OpenGL 3.3 или выше.

III. Уровень доступа к данным:

– Персональный компьютер со следующими характеристиками:

1. Процессор Intel Core i5 или выше;
2. ОЗУ от 8 ГБ;
3. Жесткий диск SSD;

					ТГТУ.09.03.01.022 КР ТЭ-ПЗ	Лист
						11
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

#### IV. Уровень разработки системы:

– Среда разработки IntelliJ IDEA.

##### Лингвистическое обеспечение системы:

1. язык программирования Python;
2. фреймворк Django;
3. язык гипертекстовой разметки HTML;
4. формальный язык описания веб-страницы CSS;
5. фреймворк Bootstrap;
6. SQL запросы;
7. пользовательский интерфейс – элементы навигации, диалоги, меню, формы.

##### Информационное обеспечение системы:

1. Таблица «Inventory\_item»;
2. Таблица «Invernotry\_object»;
3. Таблица «Inventory\_transaction».

### 3.2 Описание функциональной схемы

Функциональная схема представлена в приложении Б. Функциональную схему созданной нами системы управления складом можно разделить на три основных компонента: управление запасами, отчетность и пользовательский интерфейс. Рассмотрим каждый компонент подробнее:

#### 1. Управление запасами.

Компонент управления запасами WMS является ядром системы. Он позволяет пользователям управлять запасами, включая получение, складирование и комплектацию продукции. Компонент управления запасами состоит из следующих подкомпонентов:

- Получение продуктов: Этот подкомпонент позволяет пользователям получать продукты на склад. Пользователи могут вводить в систему данные о

					ТГТУ.09.03.01.022 КР ТЭ-ПЗ	Лист
						12
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

полученных продуктах, такие как название продукта, штрих-код, количество и местоположение. Система обновляет уровни запасов и добавляет записи транзакций для отслеживания движения запасов.

- **Запасы продуктов:** Этот подкомпонент позволяет пользователям размещать товары на паллетах. Пользователи могут выбрать продукт, который они хотят складировать, ввести местоположение паллета и количество продукта, который они складывают. Система обновляет уровни запасов и добавляет записи операций для отслеживания движения запасов.

- **Подбор продуктов:** Этот подкомпонент позволяет пользователям выбирать продукты с полок. Пользователи могут выбрать продукт, который они хотят выбрать, ввести расположение паллета и количество продукта, который они выбирают. Система обновляет уровни запасов и добавляет записи транзакций для отслеживания движения запасов.

## 2. Отчетность.

Компонент отчетности WMS предоставляет отчеты в режиме реального времени об уровне запасов, движении запасов и производительности продукции. Компонент отчетности состоит из следующего подкомпонента:

- **Отчеты о запасах:** Этот компонент предоставляет отчеты в режиме реального времени об уровне запасов, движении запасов и производительности продукции. Пользователи могут создавать отчеты на основе различных критериев, таких как название продукта, штрих-код, местоположение и дата.

## 3. Пользовательский интерфейс.

Компонент WMS с веб-интерфейсом пользователя позволяет сотрудникам управлять запасами, включая получение, складирование и отбор продукции. Он состоит из следующих страниц:

- **список инвентарных позиций:** отображает список всех инвентарных позиций в системе. Пользователи могут просматривать подробную информацию о каждой позиции, включая ее название, штрих-код, местоположение и количество;

					ТГТУ.09.03.01.022 КР ТЭ-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		13

- создание инвентарной позиции: позволяет пользователям создавать новые инвентарные позиции. Пользователи могут ввести сведения о новом элементе, включая его название, штрих-код, местоположение и количество;

- детали инвентарного объекта: отображает подробную информацию об инвентарном объекте, включая его название, штрих-код, местоположение, количество, минимальное количество, максимальное количество и историю транзакций;

- обновление инвентарной позиции: позволяет пользователям обновлять информацию о существующей инвентарной позиции, включая ее название, штрих-код, местоположение, количество, минимальное количество и максимальное количество;

- удалить инвентарную позицию: позволяет пользователям удалять существующие инвентарные позиции из системы;

- создание инвентарной операции: позволяет пользователям добавлять операции для инвентарной позиции, включая тип операции (ввоз/вывоз) и количество.

					ТГТУ.09.03.01.022 КР ТЭ-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		14

## 4 Математическое обеспечение

### 4.1 Алгоритм решения задачи

Для оптимизации перемещения при комплектации заказов на складах нам нужно попытаться решить задачу, которая определенным образом связана с двумя другими различными математическими задачами. Этими проблемами являются «Проблема коммивояжера» и «Проблема кратчайшего пути».

В «задаче коммивояжера» (TSP от англ. travelling salesman problem) задается следующий вопрос: «Учитывая список городов и расстояния между каждой парой городов, каков кратчайший возможный маршрут, который посещает каждый город ровно один раз и возвращается в исходный город?». Что-то похожее на «задачу коммивояжера» нам нужно решить, чтобы оптимизировать маршрут сборщика или комплектовщика, когда у него есть заказ с разными SKU (от англ. Stock Keeping Unit) – единицами учета запасов, т.е. продуктами, которые находятся в разных частях склада. Это экономит время, которое могло бы быть потрачено впустую на ненужные или более длинные переходы. Как правило, чем больше заказ, тем больше времени экономится. Разница между нашей проблемой и TSP в том, что у нас есть слоты, а не города, нам не нужно посещать все слоты (города), а только определенные слоты, и есть возможность, когда мы не начинаем, возвращаемся или и то и другое в начальную точку.

Проблема кратчайшего пути – это проблема поиска пути между двумя узлами в графе так, чтобы сумма весов составляющих его ребер была минимальной. В этой задаче нам нужно найти путь только между двумя узлами, но в нашей ситуации нам нужно будет найти путь между многими парами узлов.

Для оптимизации маршрутизации продукции на складе необходимо решить задачу поиска кратчайшего пути между точками на складе. Эта задача может быть решена с помощью алгоритма Дейкстры.

Алгоритм Дейкстры – это алгоритм поиска кратчайшего пути от одной вершины графа до всех остальных вершин. Он работает с положительными весами

					ТГТУ.09.03.01.022 КР ТЭ-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		15

ребер и основан на поочередном добавлении вершин в множество  $S$ , которые имеют минимальное расстояние от исходной вершины.

Этот алгоритм находит кратчайший путь от одного узла до всех остальных узлов. Сложность этого алгоритма составляет  $\Theta(E + V * \log(V))$ , где  $E$  обозначает количество ребер, а  $V$  – количество вершин.

Можно начать его от начальной точки до первого места SKU по порядку, затем от каждого места SKU до следующего места и затем до конечной точки.

Однако это не гарантирует, что полностью найденный путь будет самым коротким из возможных. Чтобы сделать наш расчет полностью точным, мы должны сделать это для всех перестановок SKU по порядку и получить кратчайший путь, потому что последовательность SKU по порядку не важна для сборщика, но важна для нахождения кратчайшего пути. Поэтому мы будем реализовывать классический алгоритм Дейкстры и алгоритм Дейкстры с перестановкой.

Три основных значения алгоритма:

- $dist$ , массив расстояний от исходного узла  $s$  до каждого узла в графе, инициализированный следующим образом:  $dist(s) = 0$ ; и для всех остальных узлов  $v$ ,  $dist(v) = \infty$ . Это делается в самом начале, потому что по мере работы алгоритма расстояние от источника до каждого узла  $v$  в графе будет пересчитываться и окончательно определяться, когда будет найдено кратчайшее расстояние до  $v$ .

- $Q$  - очередь из всех узлов графа. В конце работы алгоритма  $Q$  будет пустой.

- $S$  - пустое множество, указывающее, какие узлы посетил алгоритм. В конце работы алгоритма  $S$  будет содержать все узлы графа.

Алгоритм работает следующим образом:

- 1) Пока  $Q$  не пуст, из  $Q$  выбирается узел  $v$ , который еще не находится в  $S$ , с наименьшим  $dist(v)$ . В первом запуске будет выбран исходный узел  $s$ , поскольку  $dist(s)$  был инициализирован в 0. В следующем запуске выбирается следующий узел с наименьшим значением  $dist$ .
- 2) Добавить узел  $v$  в  $S$ , чтобы указать, что  $v$  был посещен.



3) Обновить значения  $\text{dist}$  соседних узлов текущего узла  $v$  следующим образом: для каждого нового соседнего узла  $u$ ,

- если  $\text{dist}(v) + \text{weight}(u, v) < \text{dist}(u)$ , то для  $u$  найдено новое минимальное расстояние, поэтому обновляем  $\text{dist}(u)$  до нового минимального значения расстояния;

- в противном случае обновления  $\text{dist}(u)$  не производится.

Ниже приведен псевдокод алгоритма:

```

1 function Dijkstra(Graph, source):
2
3   for each vertex  $v$  in Graph.Vertices:
4      $\text{dist}[v] \leftarrow \text{INFINITY}$ 
5      $\text{prev}[v] \leftarrow \text{UNDEFINED}$ 
6     add  $v$  to  $Q$ 
7    $\text{dist}[\text{source}] \leftarrow 0$ 
8
9   while  $Q$  is not empty:
10     $u \leftarrow$  vertex in  $Q$  with min  $\text{dist}[u]$ 
11    remove  $u$  from  $Q$ 
12
13    for each neighbor  $v$  of  $u$  still in  $Q$ :
14       $\text{alt} \leftarrow \text{dist}[u] + \text{Graph.Edges}(u, v)$ 
15      if  $\text{alt} < \text{dist}[v]$ :
16         $\text{dist}[v] \leftarrow \text{alt}$ 
17         $\text{prev}[v] \leftarrow u$ 
18
19   return  $\text{dist}[], \text{prev}[]$ 

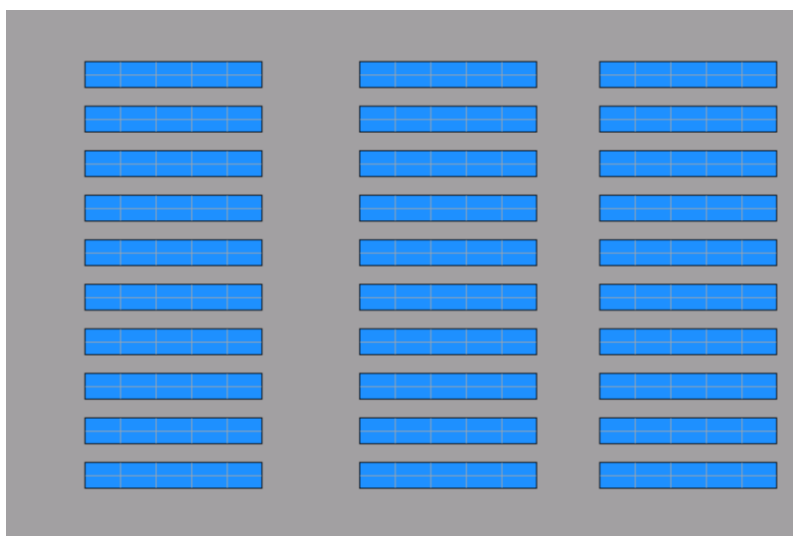
```

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

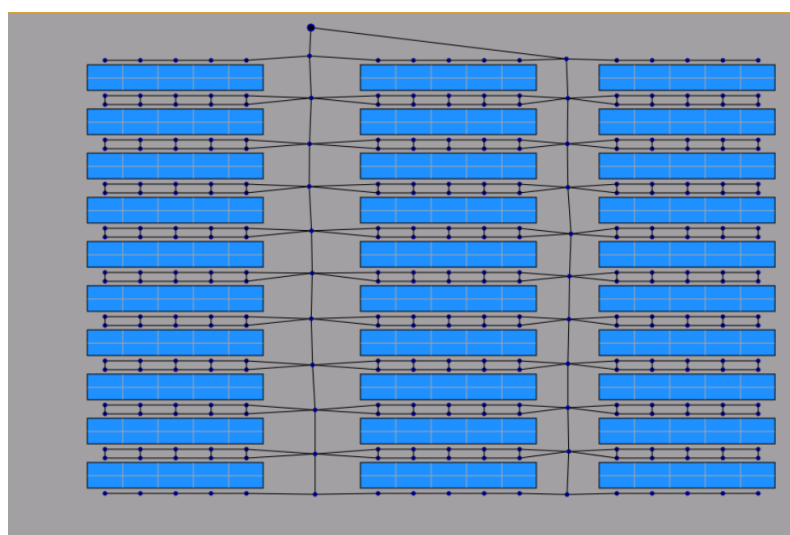
## 4.2 Модель склада в виде графа

Для решения задачи оптимизации маршрутизации продукции на складе с помощью алгоритма Дейкстры необходимо выполнить следующие шаги:

1. Представить склад в виде графа. Для этого мы можем использовать графическое представление склада, где вершинами будут точки на складе, а ребрами - пути между этими точками. Ребрами будут соответствовать путям между точками на складе, а вес ребра будет определяться расстоянием между точками.



(Рисунок 1. Графическое представление склада)



(Рисунок 2. Представление склада в виде графа)

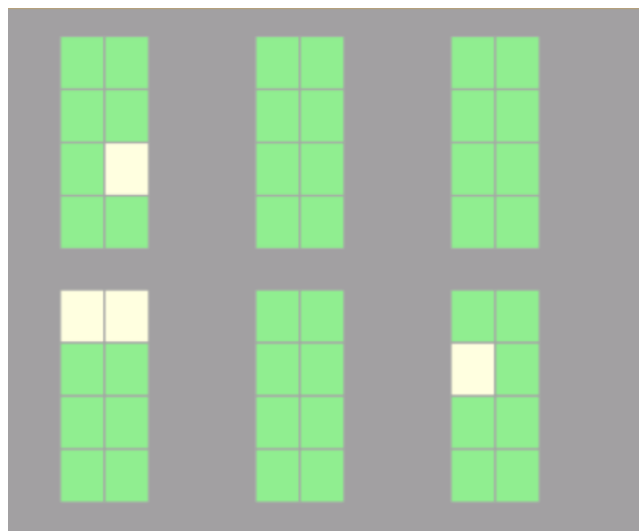
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ТГТУ.09.03.01.022 КР ТЭ-ПЗ

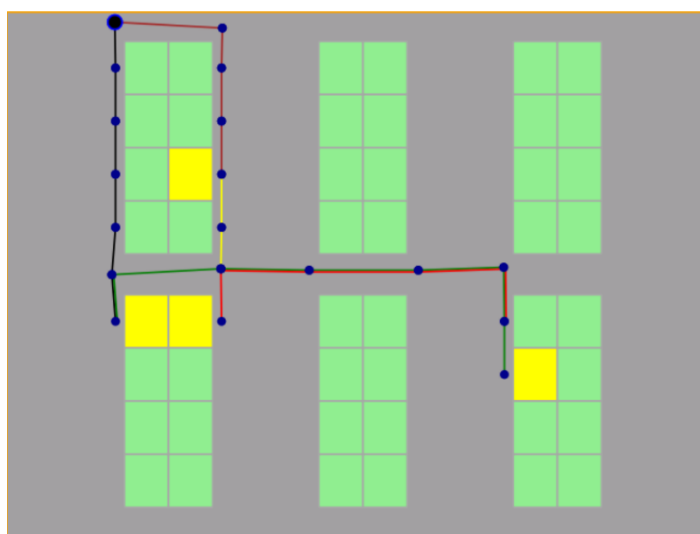
Лист

18

2. Найти кратчайшие пути между точками на складе с помощью алгоритма Дейкстры. Для этого мы применим алгоритм Дейкстры к нашему графу, начиная с начальной точки и находя кратчайшие пути до всех остальных точек на складе.



(Рисунок 3. Выбор четырех точек на складе для построения кратчайшего пути)



(Рисунок 4. Построенный кратчайший путь между начальной точкой и выбранными точками на складе)

3. Определить оптимальный маршрут для перемещения продукции на складе. Найдя кратчайшие пути между всеми точками на складе, мы можем определить оптимальный маршрут для перемещения продукции, учитывая расстояние между точками и время перемещения между ними.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

					ТГТУ.09.03.01.022 КР ТЭ-ПЗ	Лист
						20
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

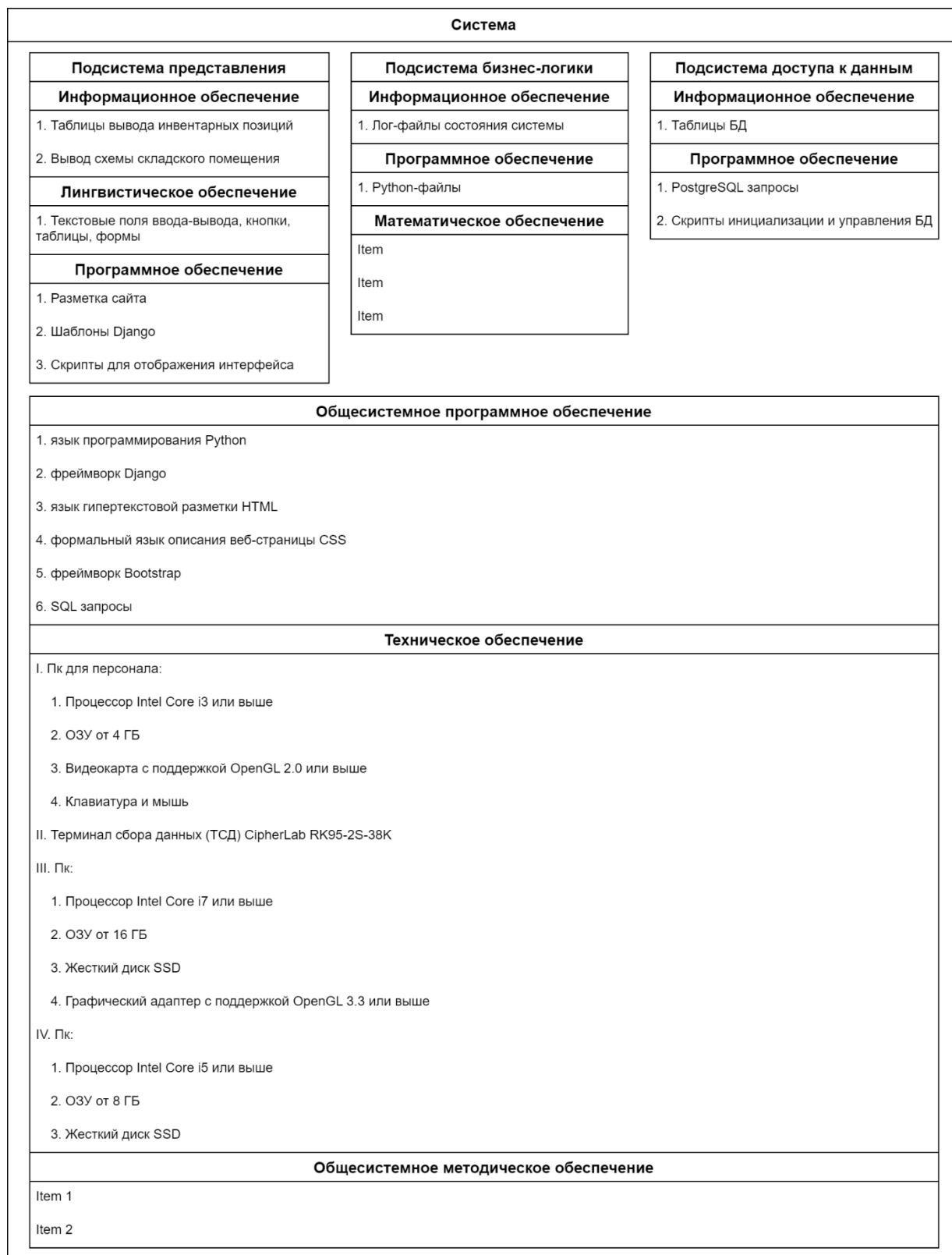
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

					ТГТУ.09.03.01.022 КР ТЭ-ПЗ	Лист
						21
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

# ПРИЛОЖЕНИЕ А

## (ОБЯЗАТЕЛЬНОЕ)

### СТРУКТУРНАЯ СХЕМА



Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ТГТУ.09.03.01.022 КР ТЭ-ПЗ

Лист

22

ПРИЛОЖЕНИЕ Б  
(ОБЯЗАТЕЛЬНОЕ)  
ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА

					ТГТУ.09.03.01.022 КР ТЭ-ПЗ	Лист
						23
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

ПРИЛОЖЕНИЕ В  
(ОБЯЗАТЕЛЬНОЕ)  
ДАТАЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА

