

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

ИНСТИТУТ ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ
(институт)
Промышленная электроника
(кафедра)

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой «Промышленная
электроника»

_____ А.А. Шевцов
(подпись) (И.О. Фамилия)
« ____ » _____ 20__ г.

ЗАДАНИЕ
на выполнение бакалаврской работы

Студент Кангина Екатерина Владимировна

1. Тема Автоматизация склада сырья ООО «ПК Фабрика Качества»
2. Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы ____
3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе номенклатура сырья,
данные о холодильном оборудовании, технические характеристики склада сырья
4. Содержание выпускной квалификационной работы (перечень подлежащих
разработке вопросов, разделов)
 1. Анализ существующих систем автоматизации склада.
 2. Разработка автоматизированного склада сырья.
 3. Выбор складского оборудования для автоматизации.
 4. ПО управления оборудованием склада.
5. Ориентировочный перечень графического и иллюстративного материала
 1. Структура ООО «ПК Фабрика Качества» (1 лист)
 2. Помещение склада (1 лист)
 3. Мониторинг и визуализация склада. Структурная схема (1 лист)
 4. Экран состояния холодильного помещения и график температур (1 лист)

5. Траектория движения штабелёра (1 лист)

6. Блок схема управления штабелёром (1 лист)

6. Консультанты по разделам _____

7. Дата выдачи задания « ___ » _____ 20__ г.

Руководитель выпускной
квалификационной работы

(подпись) Д.Г. Токарев
(И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

(подпись) Е.В. Кангина
(И.О. Фамилия)

Аннотация

Пояснительная записка содержит 51 лист печатного текста, проиллюстрированного 31 рисунками и 4 таблицами. Графическая часть бакалаврской работы состоит из 6 листов формата А1.

Объектом исследования является складское помещение предприятия ООО «ПК Фабрика Качества».

Целью данной работы является автоматизация одного из наиболее значимых подразделений предприятия ООО «ПК Фабрика Качества» – склад хранения охлажденного сырья. Это приведёт к улучшению управляемости предприятием, росту производительности труда сотрудников склада.

Задача работы заключалась в том, чтобы изучить подробно конструкцию автоматизированных складов, подобрать нужную систему стеллажного хранения, температурные датчики, которые контролируют температурный режим на складе, спроектировать склад и написать фрагмент программы для управления штабелёром.

Работа состоит из четырёх разделов, в которых решены задачи, описанные выше.

В процессе работы был смоделирован склад, подобрано стеллажное оборудование, датчики и погрузочно-разгрузочная техника.

Для моделирования склада использовалась программа Excel. Для контроля за холодильными и морозильными камерами использовался программный пакет OMRON CX – Supervisor, а для построения графиков использовалась программа Data Log Viewer. Программный код управления штабелёром был разработан в программе Arduino Software.

Содержание

Введение.....	6
1 Анализ существующих систем автоматизации склада	9
1.1 Автоматизированные склады.....	9
1.2 Существующие автоматизированные системы складирования.....	11
2 Разработка автоматизированного склада сырья	13
2.1 Холодильное оборудование для склада.....	13
2.2 Проектирование складского помещения	16
2.2.1 Технологическое проектирование склада.....	16
2.2.2 Исходные данные и нормы хранения товара.....	19
2.2.3 Планировка склада.....	20
2.2.4 Расчёт складского помещения.....	24
3. Выбор складского оборудования для автоматизации	28
3.1 Подъёмно-транспортное оборудование.....	28
3.1.1 Описание штабелёра NobleLift NL PS 15-TX 5415.....	30
3.2 Температурные датчики	33
4. ПО управления оборудованием склада	42
4.1 Алгоритм действия автоматического штабелёра.....	42
4.2 Программный код управления штабелёром.....	43
Заключение	48
Список использованных источников	49

Введение

Автоматизация необходима для того, чтобы снизить риск человеческого фактора на производстве, увеличить производительность труда, усовершенствовать процессы управления. В системы автоматизации входят разнообразные датчики, техника, компьютеры, контроллеры.

В связи с тем, что объём производства постоянно увеличивается, требуется соответствующая пропускная способность склада и грамотный подход к выбору комплектующих и материалов.

Склад на современных рынках – это развитый технический комплекс, состоящий из разнообразных взаимосвязанных элементов, имеющий определённую структуру [13]. Склад, оснащён механизмами для погрузки и разгрузки товара, и системой управления складом, которая обеспечивает оптимизацию и автоматизацию всех процессов складской деятельности на предприятии.

Подъёмно-транспортные средства, которые укладывают и извлекают изделия по заданной команде и управляются компьютером, предусматриваются в автоматизированных складских системах AS/RS (Automated Storage and Retrieval Systems).

Для того чтобы работник склада тратил минимальные усилия на погрузочно-разгрузочных работах, необходимо для выполнения задач по транспортировке и перемещению товара на производственных площадках использовать самоходные штабелёры, так как движение грузовых вилок осуществляется с помощью электрических двигателей. Выбор штабелёра зависит от особенностей склада, учитываются габариты здания и проезды между складскими стеллажами.

Целесообразный способ укладки, выдерживание основных принципов хранения, создание контроля хранимых товаров, обеспечивают сохранность товаров, минимизацию потерь, и способствуют эффективному использованию складской площади, что немало важно для производства.

Применение различных средств автоматизации и механизации при приёме, хранении и отпуске товара, приводит к повышению эффективности использования площади склада, ускорению погрузки и разгрузки товара, сокращению простоев техники на предприятии и способствует росту производительности труда работников склада.

Тема бакалаврской работы была определена с учётом передовых технических решений, ведь только автоматизированный склад способен обеспечить конкурентное преимущество на сегодняшних рынках, так как автоматизация упрощает работу во многом, уменьшается трудоёмкость работы человека, снижает риск влияния человеческого фактора, появляется постоянный контроль всего склада на экране монитора, а также значительное сокращение издержек. И очень важно изучая теоретические вопросы логистики, рационально и грамотно применять эти знания на практике, при проектировании автоматизированного склада, чтобы он работал в полную силу, не давал сбоев, и приносил прибыль предприятию.

В соответствии с вышесказанным, можно сформулировать цели и задачи бакалаврской работы.

Целью данной работы является улучшение управляемости предприятием, увеличение производительности труда сотрудников ООО «ПК Фабрика Качества», работающих на складе. Решением может стать автоматизация одного из наиболее значимых подразделений предприятия, это склад хранения охлажденного сырья. Проектирование складского помещения с учётом условий хранения продукции и его вместимости, габаритов помещения. Выбор штабелёра в зависимости от особенностей склада, и разработка кода для управления штабелёром.

Для реализации цели поставленной в бакалаврской работе были определены следующие задачи:

1. Изучить понятие автоматизированный склад, его конструкцию, и преимущества, которыми обладают автоматизированные склады

2. Изучить нормы технологического проектирования складов, рассмотреть существующие системы стеллажного хранения и выбрать наиболее подходящую систему, с учётом имеющейся площади помещения. Спроектировать склад, опираясь на СНиП (строительные нормы и правила).

3. Выбрать штабелёр, на основе спроектированного склада

4. Разработать алгоритм управления штабелёром и программу для управления штабелёром.

1 Анализ существующих систем автоматизации склада

1.1 Автоматизированные склады

Для правильной организации складского учёта важно оптимально расходовать площадь складского помещения, контролировать затраты на содержание рабочего персонала, своевременно и качественно обслуживать клиентов, так как это всё влияет на прибыль предприятия.

Если работу склада не контролировать, то это приведёт к хранению просроченных товаров, к потере клиентов, к затратам на избыточное содержание персонала, и приведёт к финансовым потерям на предприятии. Эффективный способ решения проблемы – это внедрение системы автоматизации склада. Внедрение системы управления складом WMS позволит предприятию оптимально использовать складские площади, получать своевременно информацию о состоянии склада, о сроках годности продукции [10].

На крупнейших производствах, существенная часть средств и ресурсов уходит не только на закупку современного оборудования и товаров, но и на содержание склада и сотрудников. Для того чтобы повысить уровень качества работы на производстве, специалисты в области механизации пришли к такому решению, как автоматизация склада.

Автоматизированные склады позволяют размещать большое количество товара на малой площади помещения, хранить различный перечень товара, с возможностью его транспортировки и автоматического распознавания и повышают эффективность работы сотрудников.

С помощью программного обеспечения, осуществляющего контроль производственными помещениями для готовой продукции и складскими системами, можно в целом управлять работой автоматизированного склада.

На промышленных, пищевых предприятиях, и других крупных компаниях, имеется необходимость автоматизации склада для хранения и обработки товаров, так как требуется быстрая и точная обработка изделия.

Структура автоматизированного складского помещения включает в себя [1]:

1. Здание склада, площадки и другие сооружения
2. Стеллажи
3. Подъемно-транспортная техника и другие устройства, предназначенные для хранения и транспортировки товара
4. Система управления складом – WMS (Warehouse Management System). Программное обеспечение устанавливается на оборудовании, для контроля за всем процессом на складе.

Для проектирования склада понадобится очень много времени, усилий и затрат, так склад проектируется по конкретным параметрам и условиям. Но несмотря на всё это, автоматизацию склада нужно внедрять в производство, так как со временем все затраты и труд на введение такого склада, будут полностью оправданы.

Существует ряд проблем, которые актуальны для большинства предприятий, которые ведут свою хозяйственную деятельность, в условиях жёсткой конкуренции. Но за счёт автоматизации возникают новые возможности решения проблем, это снижение издержек на трудовые ресурсы, оптимизация логистических потоков, минимальный риск ошибки в процессе работы на складе, увеличение пропускной способности, минимизирование расходов на обработку и хранение товаров.

Использование системы управления для склада, сокращает время на приёмку и обработку заказа, уменьшается вероятность того, что возникнет ошибка по причине персонала, также устранение длительных простоев техники [11].

1.2 Существующие автоматизированные системы складирования

1. На севере Москвы существует холодильный склад Бусиновского мясоперерабатывающего комбината. После внедрения на складе системы WMS, были автоматизированы основные процессы товародвижения, повысилась точность и скорость учёта товаров, увеличился товарооборот на предприятии, снизилась зависимость от человеческого фактора.

2. Компания KARDEX из Швейцарии имеет статус ведущего мирового производителя. Автоматизированные склады этой компании позволяют поместить большое количество товара на малой площади склада. Работа автоматизированного склада заключается в том, что товар доставляется к оператору, позволяя ему не передвигаться по складу. После того как оператор нажмёт нужную кнопку на панели управления, паллета с товаром начнёт передвигаться в указанную зону. На рисунке 1.1 показана работа оператора на автоматизированном складе компании KARDEX.



Рисунок 1.1 – Работа оператора

3. Компания Naenel из Германии предлагают усовершенствованные автоматизированные склады. Эти склады позволят не только сэкономить пространство, но и повысить производительность труда работников склада.

Автоматизированный склад от компании Naenel работает по принципу лифта. Он позволяет сэкономить до 75% складской площади, а также эффективно

использовать высоту помещения, в котором установлен. Товары, которым требуется обработка, доставляются к рабочему месту оператора по определённому запросу с пульта управления, и это способствует минимизации затрат времени на поиск или закладку необходимого груза.

Проанализировав, автоматизированные склады от разных компаний можно прийти к выводу, что каждая организация стремится обеспечить надёжное хранение разнообразного перечня товара с возможностью идентификации по штрих-коду. Все автоматизированные склады наделены стеллажным оборудованием, подъёмно-транспортной техникой. На основе анализа можно отметить, что для управления и контроля рабочего процесса на складе, необходимо уделить внимание разработке программного обеспечения для складского оборудования.

2 Разработка автоматизированного склада сырья

Для организации работы холодильного склада, в первую очередь нужно заботиться об обеспечении сохранности товара, так как даже незначительное нарушение технологии хранения может повлечь за собой порчу продуктов. Поэтому для холодильных складов, автоматизация играет очень важную роль и необходимо, чтобы внедряемая система управления складом WMS обладала большими возможностями. Установленная на холодильном складе система WMS, способна изменить работу предприятия в лучшую сторону, снизить влияние человеческого фактора на работу производства.

2.1 Холодильное оборудование для склада

Холодильная обработка является, довольно трудоёмким процессом и требует комплексной механизации работ и автоматизации производственных процессов.

Для того чтобы продукция не портилась, не менее 40% изделий на пищевых предприятиях проходит обработку в холодильных камерах, так как влияние холода не сильно влияет на изменение важных свойств продукта.

Одним из результативных способов хранения и обработки продуктов является холодильное консервирование. При консервации, ликвидируются те микроорганизмы, которые портят продукт.

Существует физический метод консервации, более экономичный и общеизвестный, как охлаждение и последующее хранение продукции в охлаждённом состоянии. При таком методе консервирования продукт хранится при температурах от 0 до 4 °С, но срок хранения при этом ограничен. И тогда для увеличения продолжительности срока годности продукции используют замораживание, это процесс, в котором создаются неблагоприятные условия для

размножения микроорганизмов, и замороженные продукты могут храниться долгий период без потери первоначальных свойств продукта.

Холодильники выполняют различные назначения и в зависимости от этого подразделяются:

1. Заготовительные холодильники используются, чтобы разместить скоропортящийся продукт в районах заготовки
2. Производственные холодильники входят в состав пищевых промышленных предприятий, например, мясокомбинаты, кондитерские фабрики, хлебопекарни и другие. Данные холодильники занимают небольшую площадь в складском помещении, но за то у них высокая производительность устройств, которые предназначены для охлаждения и замораживания
3. Распределительные холодильники обеспечивают своевременное снабжение торговых предприятий и размещаются в пунктах потребления. Эти холодильники рассчитаны на длительное хранение продукции, которая поступает от заготовительных и производственных холодильников.

По специализации холодильники делятся на специализированные, то есть для одной группы скоропортящихся товаров и на универсальные, которые предназначаются для хранения всех скоропортящихся товаров.

По количеству этажей холодильное оборудование делится на одноэтажные и многоэтажные (в 2, 3, 4 этажа).

Также холодильники могут ещё подразделяться в зависимости от того, какой они занимают объём в помещении. Могут быть малой ёмкости – до 500 т, средней ёмкости – от 500 до 6000 т и большой ёмкости – свыше 6000 т.

Учитывая, всё выше сказанное определяем, что холодильный склад будет разработан по следующим характеристикам:

1. Производственный
2. Специализированный

3. Малой ёмкости
4. Одноэтажный (трёхъярусный)

Были получены данные на производственной практике о том, какое холодильное оборудование присутствует на предприятии для охлаждения продукции, располагающейся в камере №1, которая была получена в задании.

Агрегаты и ресиверы (таблица 2.1) применяются на промышленных предприятиях, для оснащения холодильных камер.

Таблица 2.1 – Холодильное оборудование

Обозначение по внутреннему расположению	Площадь S, м ²	Рабочая температура, °С	Объём, т	Агрегат		Ресивер	
				модель	Кол-во	модель	Кол-во
Холодильная камера №1, улица	100	0... +4	100	4NCS-20,2Y-40P	1	BC-LR-63	1

1. Агрегат модели 4NCS-20,2Y-40P (рисунок 2.1). Холодильник не сможет работать без компрессора. Компрессор качает хладагент, т.е. жидкий фреон (в данной модели используется хладагент R404), через радиатор и отдаёт тепло в окружающую среду, и морозильный агрегат, где он охлаждает внутренности холодильника [8]



Рисунок 2.1 – Компрессор 4NCS-20,2Y-40P

2. Ресивер модели ВС-LR-63 (рисунок 2.2). ВС – это торговая марка, LR – означает что ресивер вертикальный, а 63 – это вместимость сосуда, в литрах. Ресивер нужен, для того, чтобы сливать жидкий холодильный агент из охлаждающих камер или других аппаратов холодильной установки [7].



Рисунок 2.2 – Ресивер ВС-LR-63

2.2 Проектирование складского помещения

2.2.1 Технологическое проектирование склада

Из-за неправильного проектирования помещения, предприятия достаточно часто несут огромные ущербы. В планировку склада входит грамотное

расположение стеллажей, с учётом того что между стеллажей по проходам будет ездить погрузочно-разгрузочная техника.

Стеллажное оборудование, на котором размещён товар, должно быть прочным и устойчивым. Стеллажи размещает не вплотную к стене здания, а на расстоянии не менее 0,7 м. За ширину ведущих проездов принимают величину равную 1,5-4,5 м, а ширина боковых проездов составляет 0,5-1,5 м.

Для стабильной и правильной работы автоматизированного склада необходимо при его разработке, оптимально расходовать площадь складского помещения, подбирать нужное технологическое оборудование для склада. Оборудование для склада включает в себя: подъёмно-транспортную технику, весы, стеллажи и поддоны. Для контроля веса товара, на складе встроены автоматические весы.

В пищевой промышленности, склады сырья и готовой продукции требуют специального стеллажного оборудования [5]. Существует система стеллажного хранения, рассмотрим более важные типы мест хранения, и на основе них выберем наиболее подходящий тип для проектирования склада.

1. Мобильные паллетные системы – в таких системах стеллажи перемещаются по направляющей, как показано на рисунке 2.3

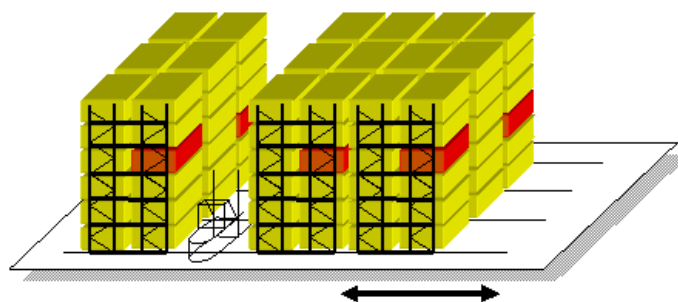


Рисунок 2.3 – Мобильные паллетные системы

2. Гравитационные стеллажи – их принцип работы загрузить паллеты с одной стороны и под действием силы тяжести переместить на другую сторону стеллажа. Такие стеллажи показаны на рисунке 2.4

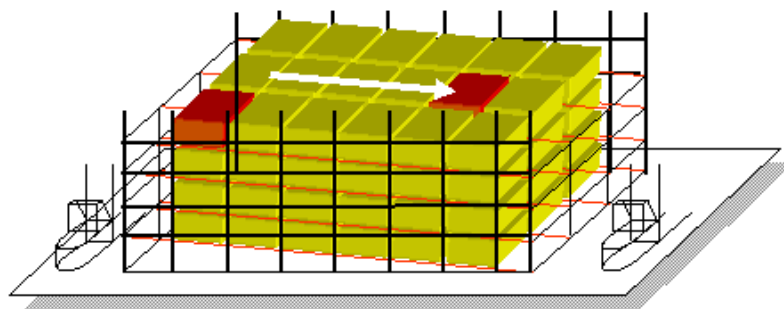


Рисунок 2.4 – Гравитационные стеллажи

3. Широкопроходное хранение – используемые стеллажи при таком типе хранения, позволяют размещать большое количество товара на складе. Важным фактом служит, что расстояние между стеллажами достаточно для манёвренности штабелёра. На рис 2.5 указаны размеры расстояния между стеллажным оборудованием.

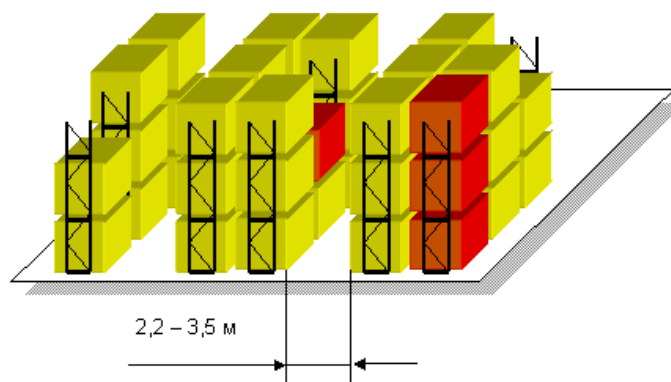


Рисунок 2.5 – Широкопроходное хранение

4. Узкопроходное хранение – при таком хранении используются специализированные погрузчики, которые могут совершать боковую погрузку и разгрузку. Этот вариант выгоден тем, что можно сэкономить на площади помещения, за счёт того что проходы очень узкие. Данный тип хранения представлен на рисунке 2.6.

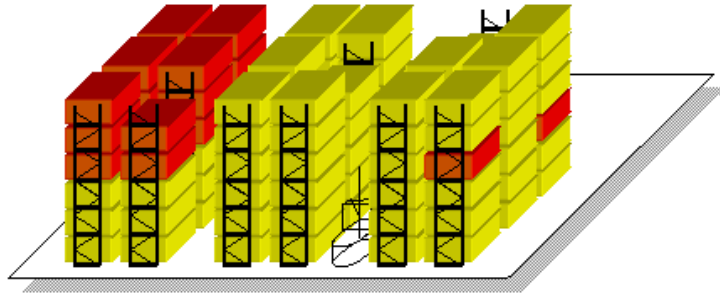


Рисунок 2.6 – Узкопроходное хранение

На основе вышесказанного, выбираем широкопроходное хранение, с учётом имеющейся площади помещения 100 м^2 . Широкие проходы, расстоянием от 2,2 – 3,5 м позволят штабелёру свободно двигаться и совершать манёвры на территории склада.

Для хранения продукции используют пластиковые универсальные паллеты, показанные на рисунке 2.7, размер которых составляет $1200 \times 800 \times 160$ мм. Срок эксплуатации пластикового поддона до 10 лет.

Универсальный поддон
1200x800



Рисунок 2.7 – Поддон для пищевой промышленности

2.2.2 Исходные данные и нормы хранения товара

На предприятии ООО «ПК Фабрика Качества» имеется 8 камер хранения для пищевой продукции. Из них шесть морозильных камер, в которых температура от -18 до -20°C , и две холодильные камеры с температурой от 0 до $+4^\circ\text{C}$.

Заданием на бакалаврскую работу было рассмотреть и усовершенствовать одну из холодильных камер. Руководителем практики были предоставлены исходные данные по холодильнику №1, приведённые в таблице 2.2.

Для того чтобы спроектировать складское помещение, были учтены такие параметры как: габариты помещения, нормы и правила проектирования склада.

Таблица 2.2 – Исходные данные холодильной камеры №1

Складская площадь	100 м ²
Максимальный объём для хранения	100т
Температурный режим	От 0 до +4°С

Норма температуры для хранения охлажденного мяса находится в диапазоне от 0 до +4 °С и относительной влажности 85%. Срок хранения при таких условиях 7 – 12 суток. В таблице 2.3 указан ассортимент хранимого товара на складе.

Таблица 2.3 – ассортимент товара

Наименование товара	Количество, т.
Говядина	25
Курица	20
Телятина	15
Свинина	40
Общее количество	100

2.2.3 Планировка склада

Для эффективной работы склада важно грамотно организовать склад для хранения продукции.

Прежде чем организовать склад, необходимо тщательно обдумать и спроектировать систему расположения товара. Необходимо, чтобы склад был

оснащён современным оборудованием и техникой. Определить места, где будут располагаться стеллажи, и немаловажно оценивать проходы между стеллажами для полноценной работы погрузочно-разгрузочной техники.

Высота здания одноэтажных холодильников от поверхности пола до низа несущих конструкций покрытия принимается в соответствии с унифицированными высотами одноэтажных производственных зданий и должна составлять: для холодильников среднего и большего объема не менее 6 м, а для малого объема не менее 4,2 м [15].

В данной работе рассматривается склад малого объёма, и его высота составит 6200 мм. Исходя из СНИП, расстояние между стеллажами должно быть не менее 1.5 м, и опираясь на широкопроходное стеллажное хранение, у которого расстояние находится в пределах от 2,2 – 3,5 метров, устанавливаем расстояние прохода 2700 мм. Длина и ширина стеллажей выбирается исходя из размеров паллеты 1200×800×160 мм. Длину одного стеллажа примем равной 3600 мм, а ширину 1000 мм.

Исходя из высоты здания и высоты паллеты с сырьём, которая составляет от 1500 до 2100 мм. Рационально спроектировать 3-х ярусные стеллажи, каждый ярус, которого будет составлять 2000 мм.

Учитывая все выше сказанное, моделируем склад с 3 ярусами по выбранным параметрам. Спроектированные 1, 2, 3 ярус и вид сбоку указаны на рисунках 2.8, 2.9, 2.10, 2.11.

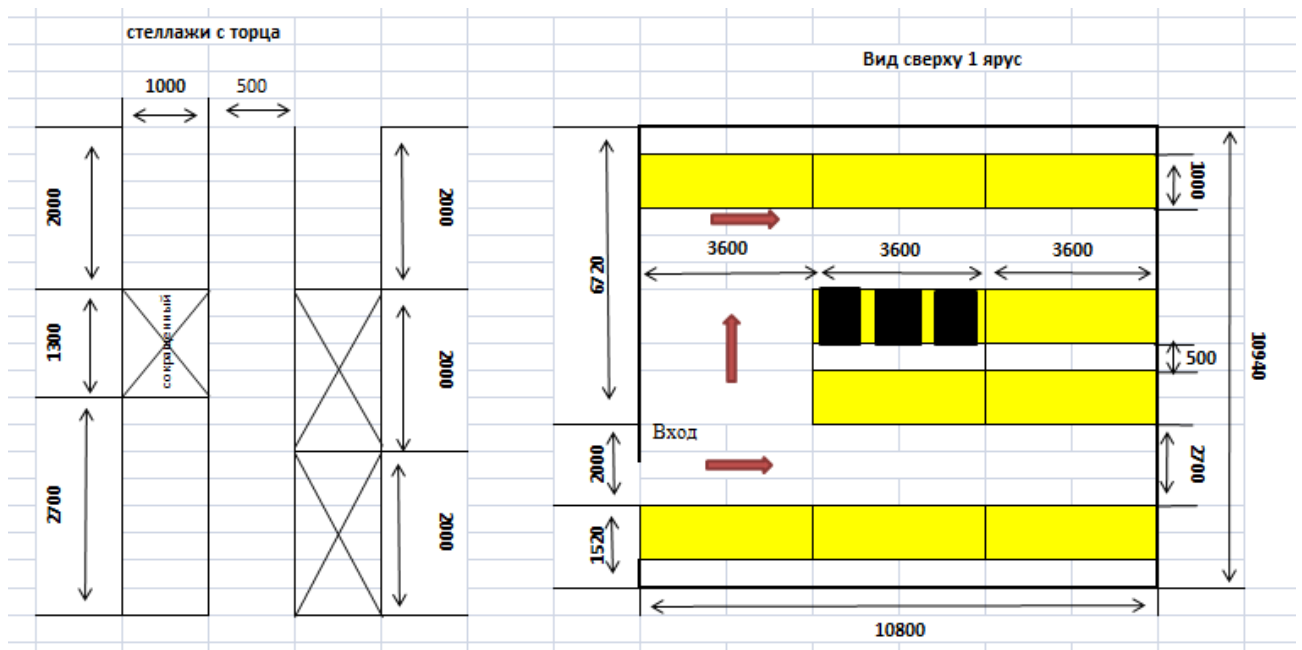


Рисунок 2.8 – Ярус 1

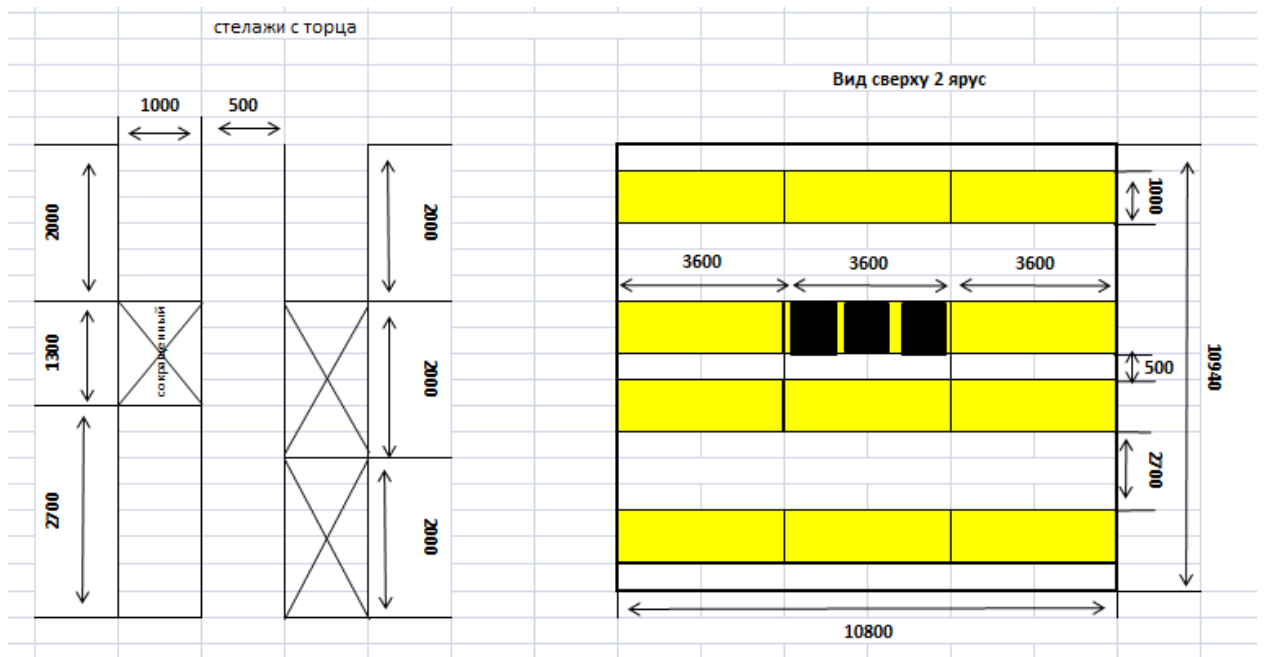


Рисунок 2.9 – Ярус 2

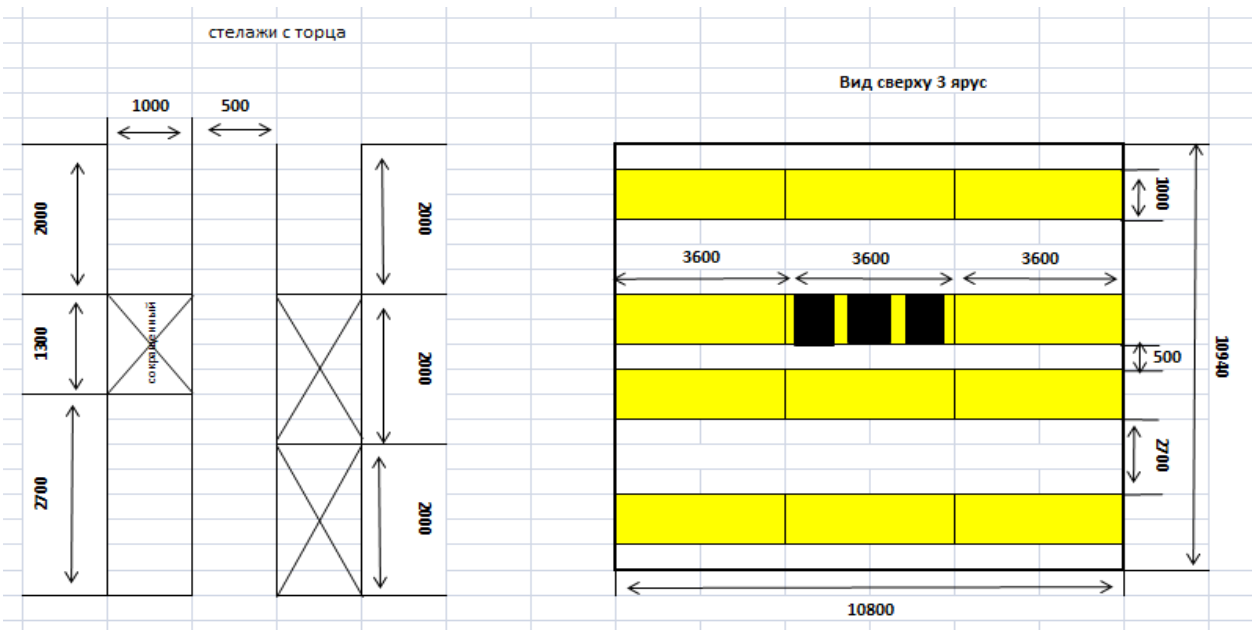


Рисунок 2.10 – Ярус 3

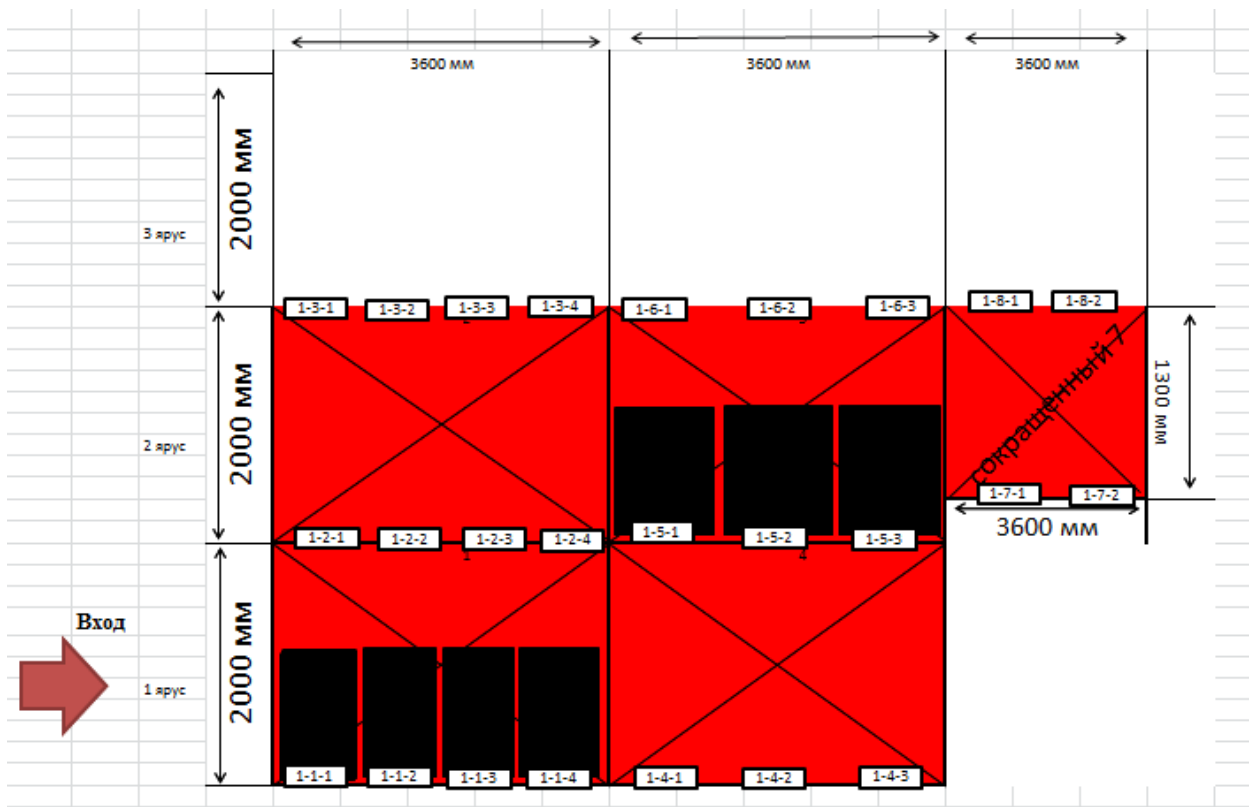


Рисунок 2.11 – Вид сбоку

2.2.4 Расчёт складского помещения

1) под ёмкостью понимается максимальное расчётное количество продукции, которая может быть размещена для хранения на данном складе. Была определена ёмкость склада, исходя из ассортимента хранимого товара, которая составляет 100 тонн ($E = 100\text{т}$). Это значит, что на данном складе можно разместить до 100 т мясной продукции.

Другим важным показателем на складе является грузооборот – количество товара, которые были переработаны на складе за определенный период. Годовой грузооборот склада на «ПК Фабрика Качества» для выбранной холодильной камеры составляет 3200 тонн в год ($Q = 3200 \text{ т/год}$), то есть на складе за год было переработано 3200 тонн сырья.

Производным показателем от величин E и Q является средний срок хранения товара:

$$t_{cp} = \frac{D_p \times \gamma \times E}{Q}, \quad (2.1)$$

где γ – коэффициент использования емкости склада, D_p – количество рабочих дней в году, Q – грузооборот склада, E – ёмкость склада.

Количество рабочих дней в году: $D_p = 247$ дней/год. Ёмкость склада не всегда используется на 100%. Как правило, используется только часть ёмкости склада, и тогда коэффициент γ будет меньше единицы. При условии, что склад пополняется ежедневно, из-за большого товарооборота, примем $\gamma = 0,9$.

По формуле 2.1 рассчитаем:

$$t_{cp} = \frac{D_p \times \gamma \times E}{Q} = \frac{247 \times 0,9 \times 80}{3200} = 5,5 \text{ дней}$$

2) рассчитаем полезную площадь склада. Основной функцией любого склада является хранение продукции. Для выполнения этой функции служит зона хранения, где располагается складское оборудование, в котором хранится

продукция. Та часть зоны хранения, которая непосредственно занята складским оборудованием, носит название полезной площади склада.

$$S_{пол} = \frac{Z_{max}}{q_{дон}}, \quad (2.2)$$

где $S_{пол}$ – полезная площадь склада, м²;

Z_{max} – максимальный размер запасов, подлежащих хранению, т;

$q_{дон}$ – допустимая нагрузка на 1 м² полезной площади склада, т.

Максимальный размер запасов $Z_{max}=100$ т

$q_{дон}=2$ т/м²

По формуле 2.2 рассчитаем:

$$S_{пол} = \frac{Z_{max}}{q_{дон}} = \frac{100}{2} = 50 \text{ м}^2$$

Существует также второй метод расчёта полезной площади склада. И чтобы получить более достоверное значение рассчитанной площади, учтём такие параметры, как: площадь, занимаемая одним стеллажом, количество стеллажей для хранения.

$$S_{пол} = S_{ст} \times n_{ст}, \quad (2.3)$$

где $S_{ст}$ – площадь, занимаемая одним стеллажом, м²;

$n_{ст}$ – количество стеллажей для хранения, шт.:

Рассчитаем сначала площадь, занимаемую одним стеллажом:

Длина одного стеллажа: $d=3.6$ м, ширина одного стеллажа: $b=1$ м, а высота $h=2$ м.

$$S_{ст} = b \times d \quad (2.4)$$

Площадь, занимаемая одним стеллажом по формуле 2.4:

$$S_{ст} = 1 \times 3,6 = 3,6 \text{ м}^2$$

Затем рассчитаем количество стеллажей для хранения:

$$n_{ст} = \frac{n_{яо}}{n_{яст}}, \quad (2.5)$$

где $n_{яо}$ – общее количество ячеек стеллажей, необходимое для хранения максимального запаса, шт.;

$n_{яст}$ – количество ячеек в одном стеллаже, шт.;

$$n_{яо} = \frac{Z_{\max}}{V_{я} \times g \times K_0}, \quad (2.6)$$

где $V_{я}$ – объем ячейки стеллажа, м³;

g – удельный вес хранимого материала, т/м³;

K_0 – коэффициент заполнения объема ячейки.

Максимальный размер запасов $Z_{\max}=100$ т

$$V_{я} = d \times b \times h \quad (2.7)$$

Объем ячейки стеллажа по формуле 2.7:

$$V_{я} = 3.6 \times 1 \times 2 = 7.2 \text{ м}^3$$

Чтобы рассчитать удельный вес хранимого материала, понадобится объём всех стеллажей на складе:

$$V_{\text{общ}} = V_{10ст} + V_{2ст} \quad (2.8)$$

Объём одной ячейки стеллажа равен 7,2 м³, так как всего 10 стеллажей на всех ярусах, и ещё 2 стеллажа на двух ярусах, то вычисляем по формуле 2.8 объём всех стеллажей:

$$V_{\text{общ}} = (7.2 \times 3 \times 10) + (7.2 \times 2 \times 2) = 216 + 28.8 = 244.8 \text{ м}^3$$

Следовательно, удельный вес хранимого материала:

$$g = \frac{100 \text{ т}}{244,8 \text{ м}^3} = 0,41 \text{ т/м}^3$$

Коэффициент заполнения объема ячейки, с учётом разного габарита товаров $K_0=0,9$.

Общее количество ячеек стеллажей, необходимое для хранения максимального запаса по формуле 2.6 :

$$n_{яо} = \frac{Z_{\max}}{V_{я} \times g \times K_0} = \frac{100}{7,2 \times 0,41 \times 0,9} = 37 \text{ шт}$$

Количество ячеек в одном стеллаже: $n_{яст}=3$ шт

И в результате по формуле 2.5 получаем количество стеллажей для хранения:

$$n_{ст} = \frac{n_{яо}}{n_{яст}} = \frac{37}{3} = 12шт$$

Полезная площадь склада по формуле 2.3 равна:

$$S_{пол} = S_{ст} \times n_{ст} = 3,6 \times 12 = 43,2 м^2$$

3) коэффициент использования площади склада определяется как отношение площади склада, непосредственно занятой хранящимися товарами, к общей площади складского помещения:

$$K_{ип} = \frac{S_{тов}}{S_{общ}} \quad (2.9)$$

где $K_{ип}$ - коэффициент использования площади склада

$S_{тов}$ - площадь склада, непосредственно занятая товарами, $м^2$

$S_{общ}$ - общая площадь склада, $м^2$

Имея все данные, по формуле 2.9 коэффициент равен:

$$K_{ип} = \frac{S_{тов}}{S_{общ}} = \frac{43,2}{100} = 0,432$$

В данном разделе спроектировано складское помещение, состоящее из 3 ярусов, и используя исходные данные ёмкости склада, грузооборота на предприятии, рассчитаны данные, такие как средний срок хранения товара на складе, полезная площадь склада и коэффициент использования площади.

3 Выбор складского оборудования для автоматизации

3.1 Подъёмно-транспортное оборудование

Одним из самых нужных видов складского оборудования на складе, является штабелёр, для транспортировки и перемещения товара [21]. На современном рынке существует множество видов транспортной техники и потому стоит задаться вопросом, какой штабелёр нужно выбрать, чтобы он решал необходимые задачи и при этом имел доступную стоимость.

Самый распространённый вид складского оборудования — это ручной гидравлический штабелёр (рисунок 3.1). Он применяется, чтобы поднять или опустить товар, а также переместить на незначительное расстояние паллету с грузом.



Рисунок 3.1 – Ручной штабелёр

Следующий вид транспорта — это электрический штабелёр (рисунок 3.2). Он схожий с предыдущим видом, различие лишь в том, что поднятие груза происходит не вручную, а за счёт электроприводного механизма.



Рисунок 3.2 – Электрический штабелёр

Самым популярным на современном рынке является самоходный электрический штабелёр (рисунок 3.3). Он эффективен на небольших складах, используется для погрузки и разгрузки паллет. Штабелёр достаточно быстрый, его скорость развивается до 9,2 км/час. Максимальная масса поднимаемого поддона на стеллаж составляет 2000 кг [12].



Рисунок 3.3 – Самоходный штабелёр

Чтобы правильно подобрать тип штабелёра нужно исходить из того какие параметры у склада, например, грузооборот у склада, ширина проездов между стеллажами и высота стеллажей.

При выборе самоходного штабелёра нужно учитывать следующие критерии [4]:

1. Ширина прохода между стеллажами, это важный параметр для выбора модели
2. Грузоподъёмность в наивысшей точке подъёма вилок
3. Грузоподъёмность штабелёра — это то, на что следует обратить внимание в первую очередь.
4. Тип и ёмкость аккумуляторной батареи
5. Радиус поворота
6. Надёжность и прочность конструкции

Рассчитаем ширину прохода штабелёра:

$$A = 2B + 3C \quad (3.1)$$

где B – ширина складской техники, м;

C – необходимый запас для прохода транспортного средства, обычно равен 0,15-0,2 м.

$$B = 1 \text{ м}$$

$$C = 0,2 \text{ м}$$

По формуле 3.1 рассчитываем ширину прохода:

$$A = 2B + 3C = 2 \times 1 + 3 \times 0,2 = 2,6 \text{ м}$$

Исходя из этого значения, нужно подобрать штабелёр, у которого ширина прохода с паллетой будет составлять 2,6 м, чтобы был необходимый запас для проезда транспортного средства.

3.1.1 Описание штабелёра с платформой NobleLift NL PS 15-TX 5415

Штабелёр, указанный на рисунке 3.4, оснащён съёмной мачтой, батареями высокой ёмкости и платформой с поручнями для оператора.

В таблице 3.1 представлены технические характеристики штабелёра PS15-TX 5415 [2].



Рисунок 3.4 – Штабелёр PS 15-TX 5415

Таблица 3.1 – Основные технические характеристики

Тип			самоходный
Грузоподъёмность	Q	Кг	1 500
Центр загрузки	c	мм	600
Высота подъема	h_3	мм	5 415
Высота подъема (min)	h_{13}	мм	85
Длина вил	l	мм	1 150
Ширина вил	b_1	мм	570
Ширина вилы	e	мм	180
Высота вилы	s	мм	60
Общая длина	L	мм	2 180
Общая ширина	B	мм	1 000
Габаритная высота (min)	h_1	мм	2 475
Габаритная высота (max)	h_4	мм	6 060
Скорость подъема с грузом/без груза		м/с	0,141/0,212
Скорость спуска с грузом/без груза		м/с	0,227/0,178
Скорость движения с грузом/без груза		км/ч	6,0/6,0
Мощность двигателя подъема		кВт	3,0
Мощность двигателя движения		кВт	1,3

Продолжение таблицы 3.1.

База колес	Y	мм	1 519
Радиус поворота	Wa	мм	1 806
Ширина прохода с паллетой	Ast	мм	2 592
Вес АКБ		кг	288

Самоходный штабелёр модели PS 15-TX 5415, который выбран исходя из расчёта склада, ширины проезда, соответствует по всем параметрам для спроектированного склада в разделе 2.

На рисунке 3.5 представлен общий вид штабелёра.

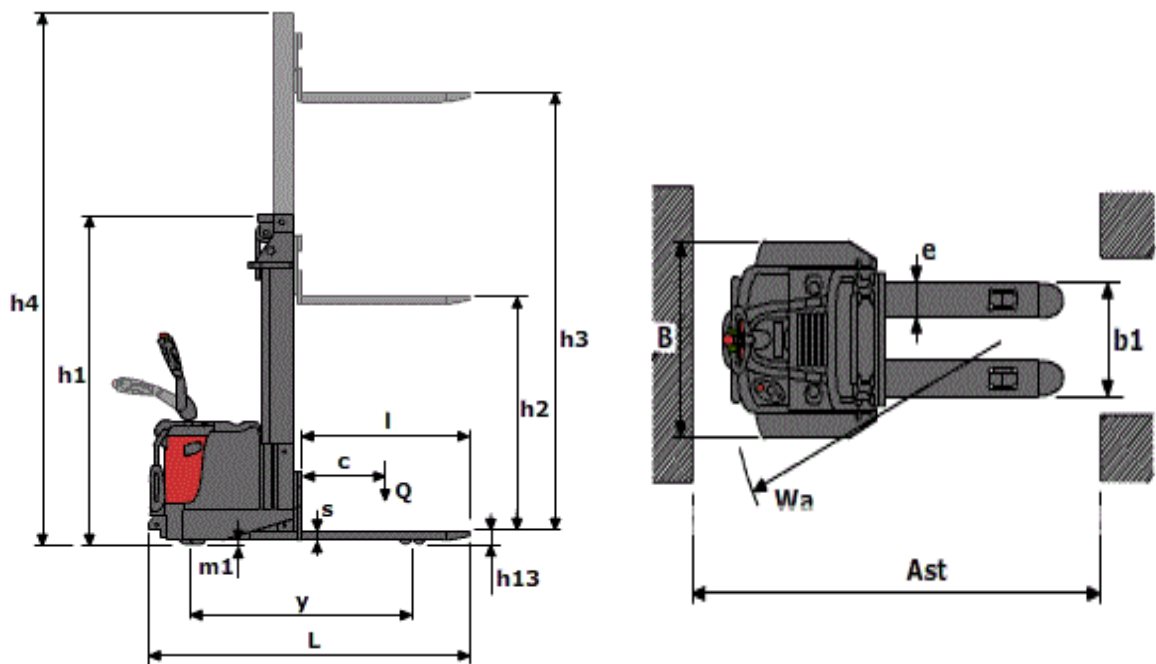


Рисунок 3.5 – Эскиз штабелёра PS 15-TX 5415

Максимальная высота его подъёма составляет 5,4 м, то есть подходит для подъёма груза на верхние стеллажи. А ширина прохода с паллетой соответствует для нормального прохождения транспортной техники, имея необходимые запасы сбоку для манёвренности.

3.2 Температурные датчики

Для контроля над температурой на холодильных складах применяются температурные датчики, ведь поддержание заданной температуры в помещении необходимо для того чтобы соблюдались нормы хранения товара и охлаждённая продукция, хранящаяся на складе не была испорчена.

Наиболее распространённым типом датчика температуры является термометр сопротивления. Его принцип действия основан на зависимости удельного сопротивления металлов от температуры. И когда температура будет повышаться в помещении, то и температура сопротивления металлического провода будет возрастать. Термометры сопротивления могут быть изготовлены из меди, платины или никеля, но одни из самых точных и стабильных датчиков температуры это платиновые термометры. Для защиты от внешней среды, платиновые термометры сопротивления помещают в защитных металлических чехлах и изолируют керамическими материалами. Их преимущество в том, что они износостойкие, сверхчувствительные и просты в эксплуатации.

Проанализировав различные температурные датчики, приходим к выбору датчика ТСР-Н Pt-100 (рисунок 3.6). Датчики с РТС –термистором разработаны и для охлаждения и для нагрева. Датчик температуры надёжен, компактного размера, высокая точность измерений и большой плюс в том, что данный датчик монтируется на стене. Термопреобразователь соединяется с внешними устройствами при помощи кабеля соответствующего сечения. Его принцип заключается в измерении сопротивления. Материалом является платина с сопротивлением 100 Ом. При температуре 0°C сопротивление равно 100 Ом, и когда температура в помещении уменьшается или увеличивается, сопротивление резистора соответственно убывает или возрастает. Диапазон измерения, класс точности и другие технические характеристики датчика [6] приведены на рисунке 3.7.



Рисунок 3.6 – Датчик Pt-100

Параметр	Значение
Диапазон измерения	-50 ... +180 °C
Класс допуска	B
Тепловая инерция	Не более 6 с
Степень защиты арматуры	IP 65
Материал защитной арматуры	Нержавеющая сталь 12X18H10T
Устойчивость механическим воздействиям по ГОСТ12997	Вибропрочные, группа исполнения N2
Сопротивление изоляции	Не менее 100 МОм
Рабочий ток	1 мА
Межповерочный интервал	4 года
Схема подключения	3-х и 4-х проводная

Рисунок 3.7 – Технические характеристики датчика Pt100

Датчики Pt-100 между собой соединены через модуль ввода-вывода ICP CON M – 7015 (рисунок 3.8), данный модуль необходим для связи компьютера и датчиков. Модуль преобразует сигналы изменения сопротивления, т.е. аналоговую величину, в цифровой код через интерфейс RS-485, и передаёт информацию на ПК.



Рисунок 3.8 – Модуль ввода-вывода M-7015P

Интерфейс RS-485 (рисунок 3.9) – это наиболее распространённый стандарт физического уровня связи. Физический уровень – это канал связи и способ передачи сигнала. Сеть, построенная на интерфейсе RS-485, представляет собой приёмопередатчики, которые соединены между собой при помощи витой пары. В основе интерфейса заложен принцип дифференциальной передачи данных. Суть в том, что один сигнал передаётся по двум проводам. Причём по одному проводу идёт оригинальный сигнал, т.е. сигнал «1», а по другому – его инверсная копия, т.е. «0». И между двумя проводами витой пары есть разность потенциалов. При сигнале «1» – разность положительная, а при сигнале «0» – разность отрицательная. Именно этой разностью и передаётся сигнал.



Рисунок 3.9 – Интерфейс RS-485

Структурная схема мониторинга и визуализации склада (рисунок 3.10) наглядно отображает, как информация с датчиков поступает на ПК.

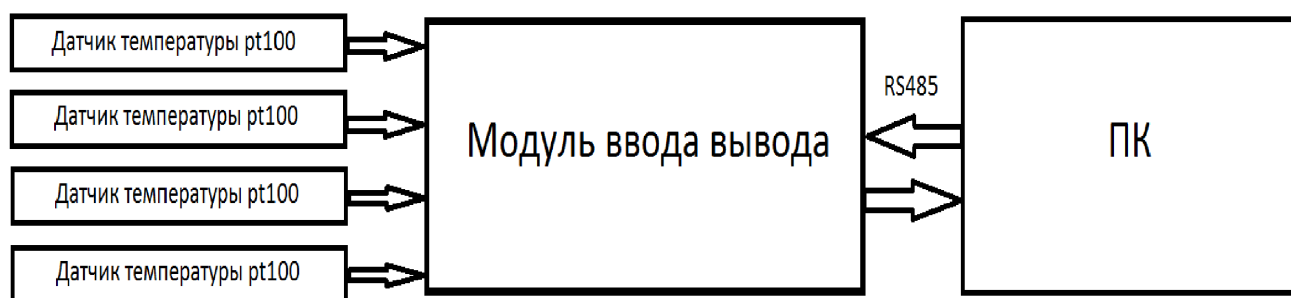


Рисунок 3.10 – Структурная схема мониторинга и визуализации склада.

Дальше через пакет программ OMRON CX – Supervisor происходит визуализация на компьютер. Программный пакет CX-Supervisor предназначен для обеспечения работы компьютерной визуализации и управления техникой. CX-Supervisor позволяет быстро и просто создавать надежные системы для сбора данных от производственного оборудования и отображения этих данных различными способами.

Пакет программного обеспечения CX-One – это среда программирования, которая позволяет создавать, настраивать и программировать сети, системы управления движением, регуляторы температуры и датчики.

Применяя, описанный выше программный пакет, можно наблюдать на экране за состоянием холодильников и морозильников (рисунок 3.11), какая температура поддерживается в помещении в данный момент времени.

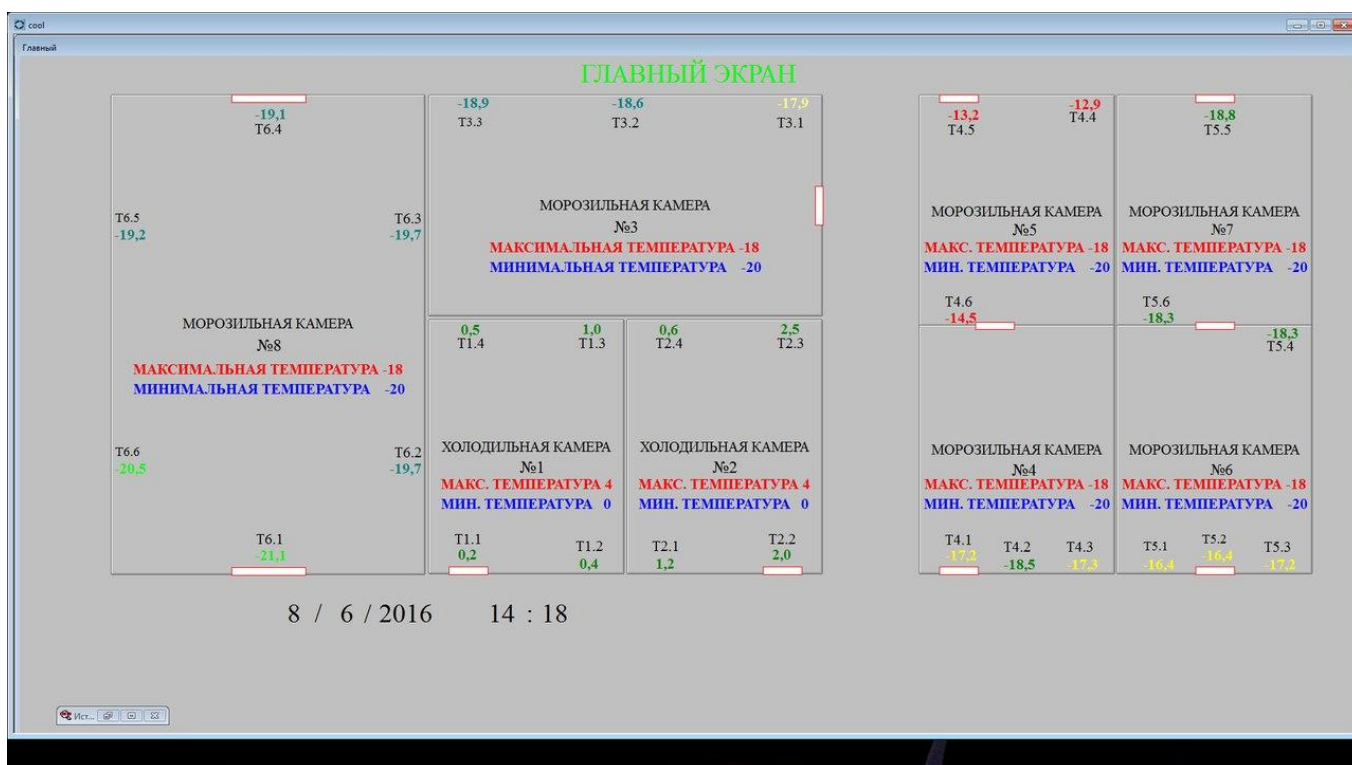


Рисунок 3.11 – Экран состояния холодильных помещений

В каждом складском помещении размещены температурные датчики, указаны пределы максимальной и минимальной температуры, которая должна

поддерживаться в данном помещении. В холодильной камере №1 располагаются 4 датчика температуры Pt-100. Наглядное представление изменения температуры через программный пакет CX-Supervisor, можно отобразить в виде графиков за определённый момент времени или в данный момент по цвету температуры. Если числа зелёного цвета, значит температура в норме, поддерживается нормальный режим хранения на складе. Если числа жёлтого цвета, то имеются небольшие отклонения на 1-2°C, а красным цветом, значит что отклонение от нормы слишком велико и требуется вызов специалиста.

В программный пакет CX-Supervisor входит программа Data Log Viewer, которая считывает значения приборов из архивов и преобразует в график для визуализации температуры в разный период времени.

При запуске программы Data Log Viewer, открывается окно (рисунок 3.12).

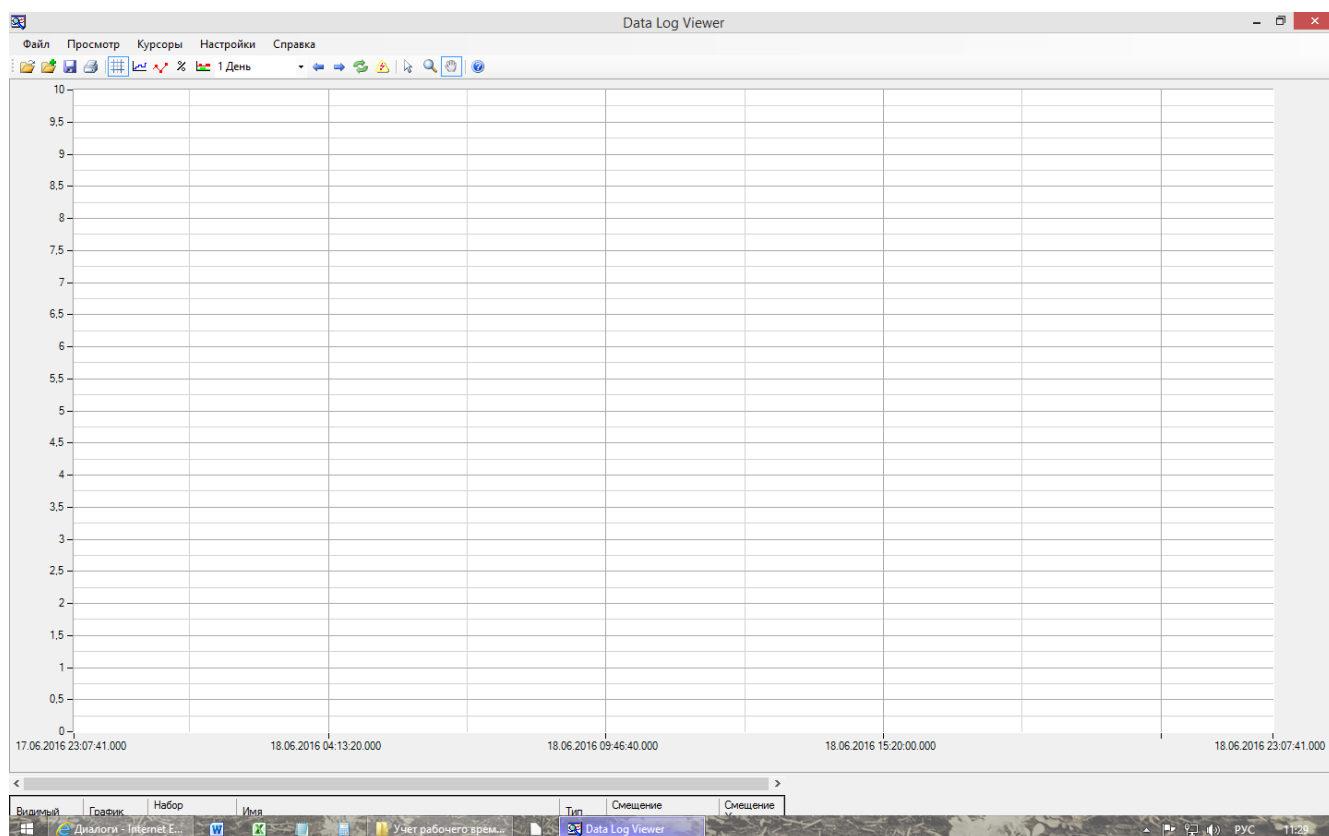


Рисунок 3.12 – Окно программы Data Log Viewer

Далее открываем архив данных (рисунок 3.13) для выбора даты и времени, за которое нужно увидеть график температуры.

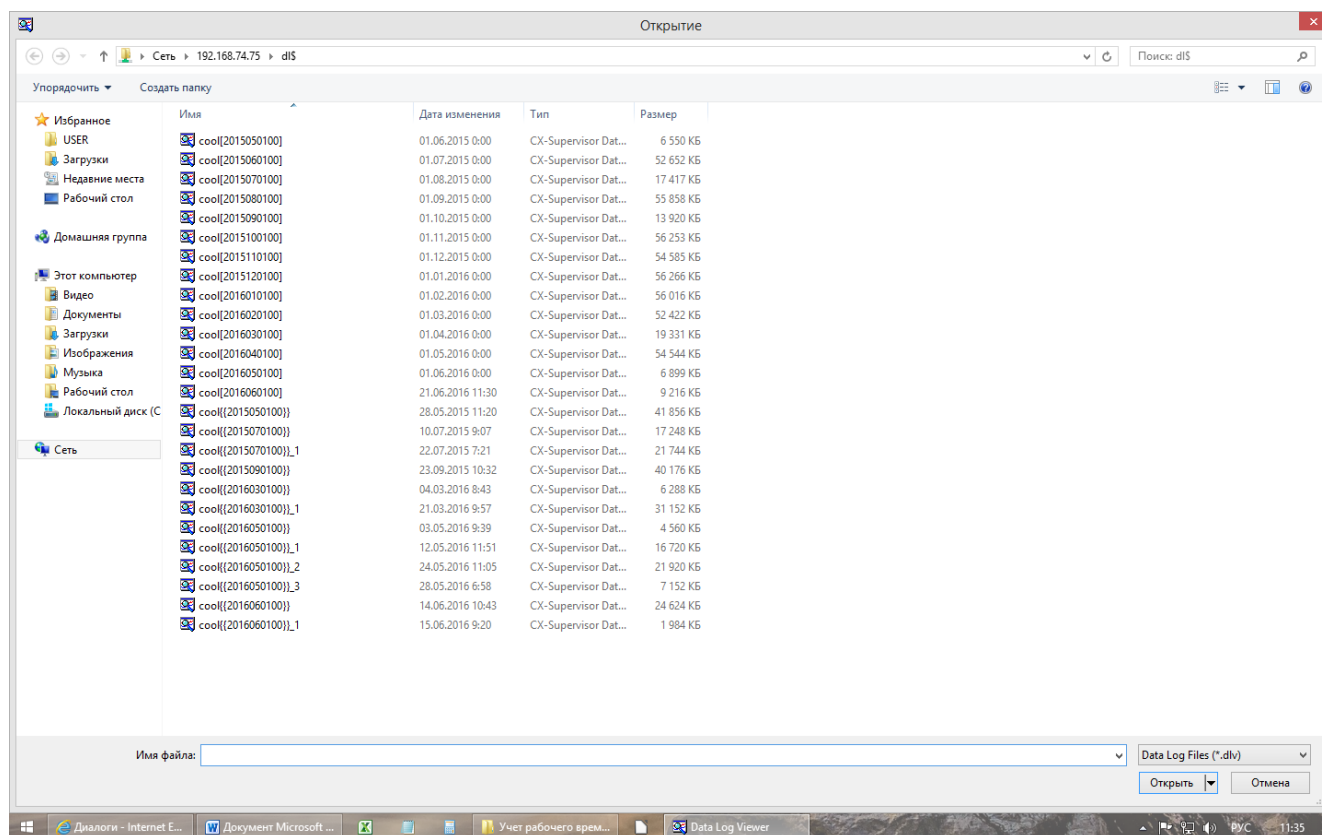


Рисунок 3.13 – Архив данных

Выбираем и открываем нужный файл. В окне выбора параметров появляется таблица датчиков и камер, где они находятся (рисунок 3.14). Обязательно выбираем минимальное и максимальное значение для сравнения показаний.

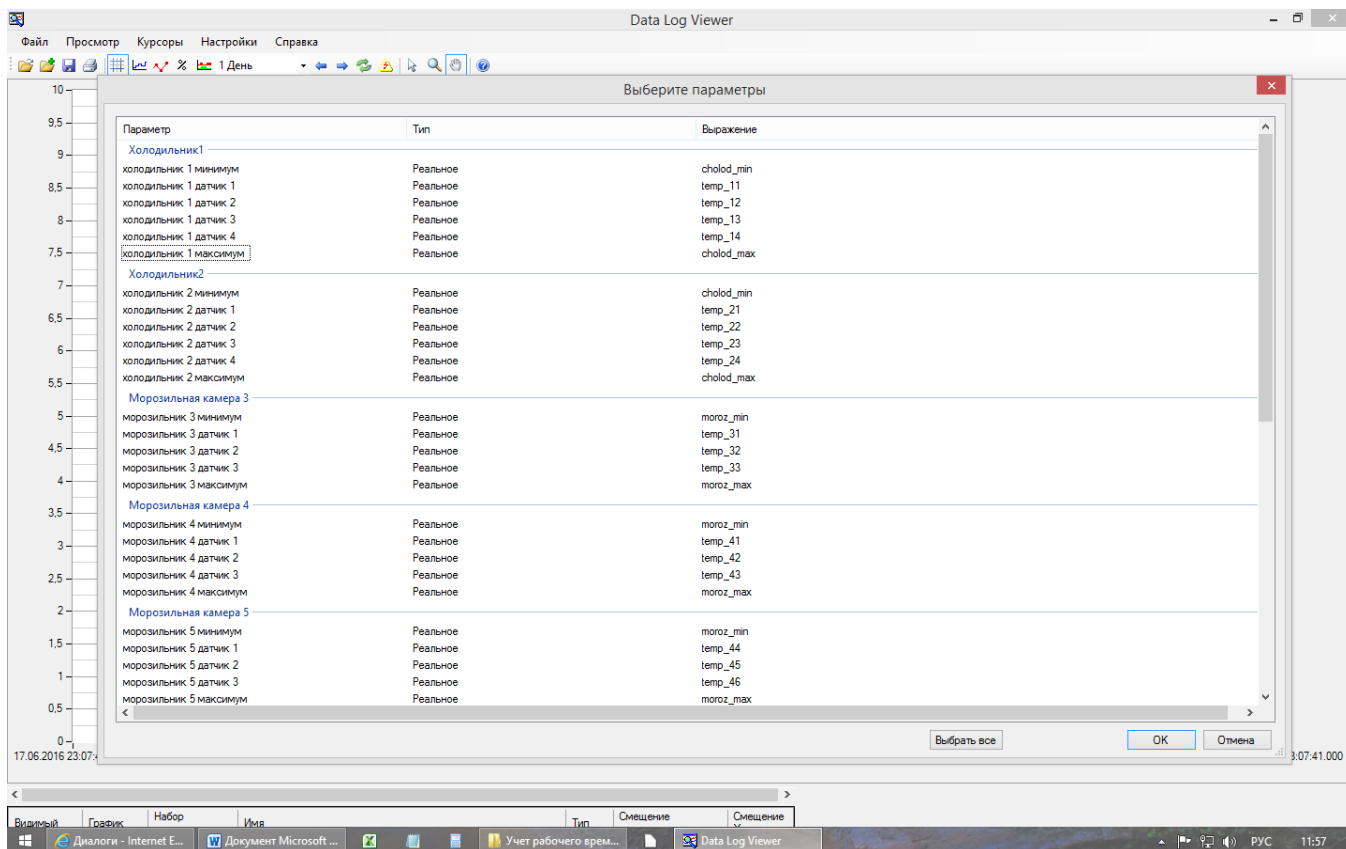


Рисунок 3.14 – Выбор параметра

Открывая нужные датчики, получаем диаграмму по времени. Время можно выбирать от 1 сек до 1 года. На рисунках 3.15, 3.16, 3.17 и 3.18 представлены диаграммы изменения температуры датчиков соответственно 1, 2, 3 и 4 из холодильной камеры №1 за 1 день.

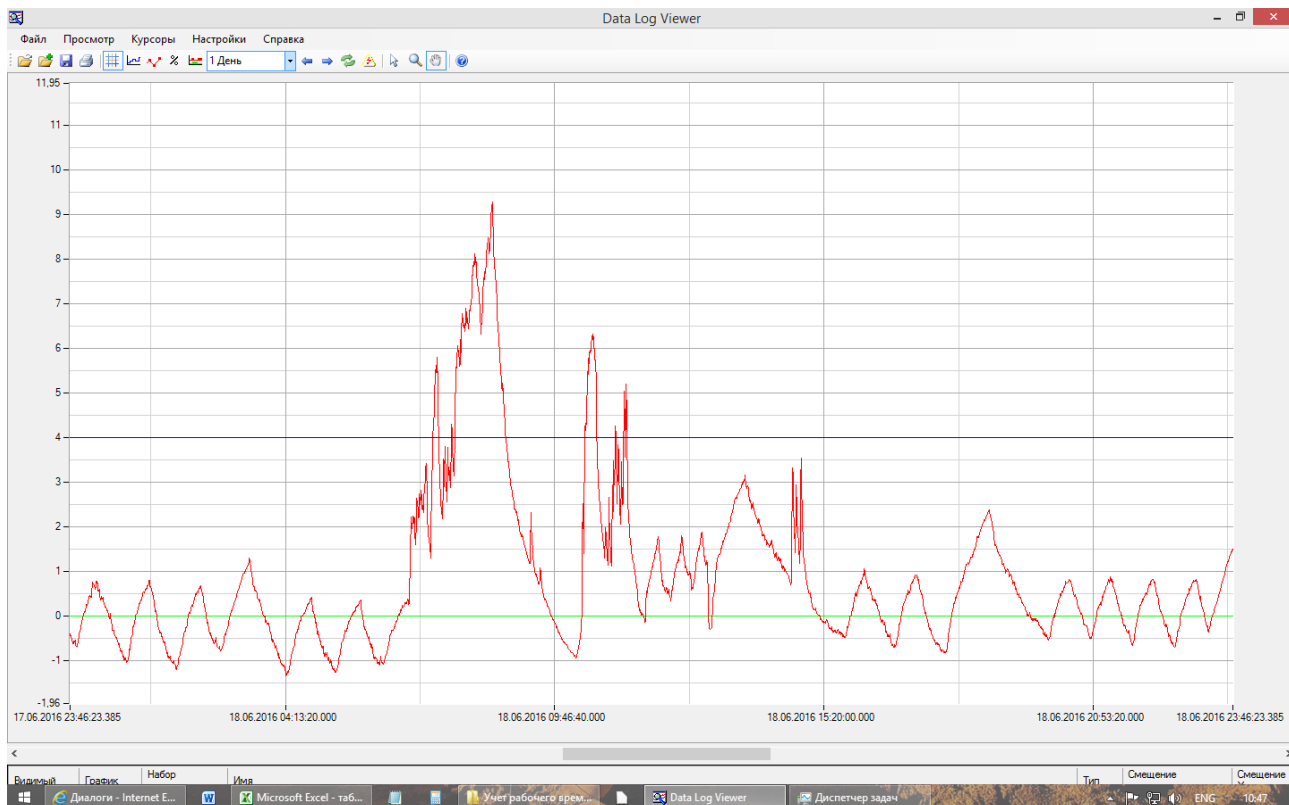


Рисунок 3.15 – диаграмма изменения температуры датчика 1

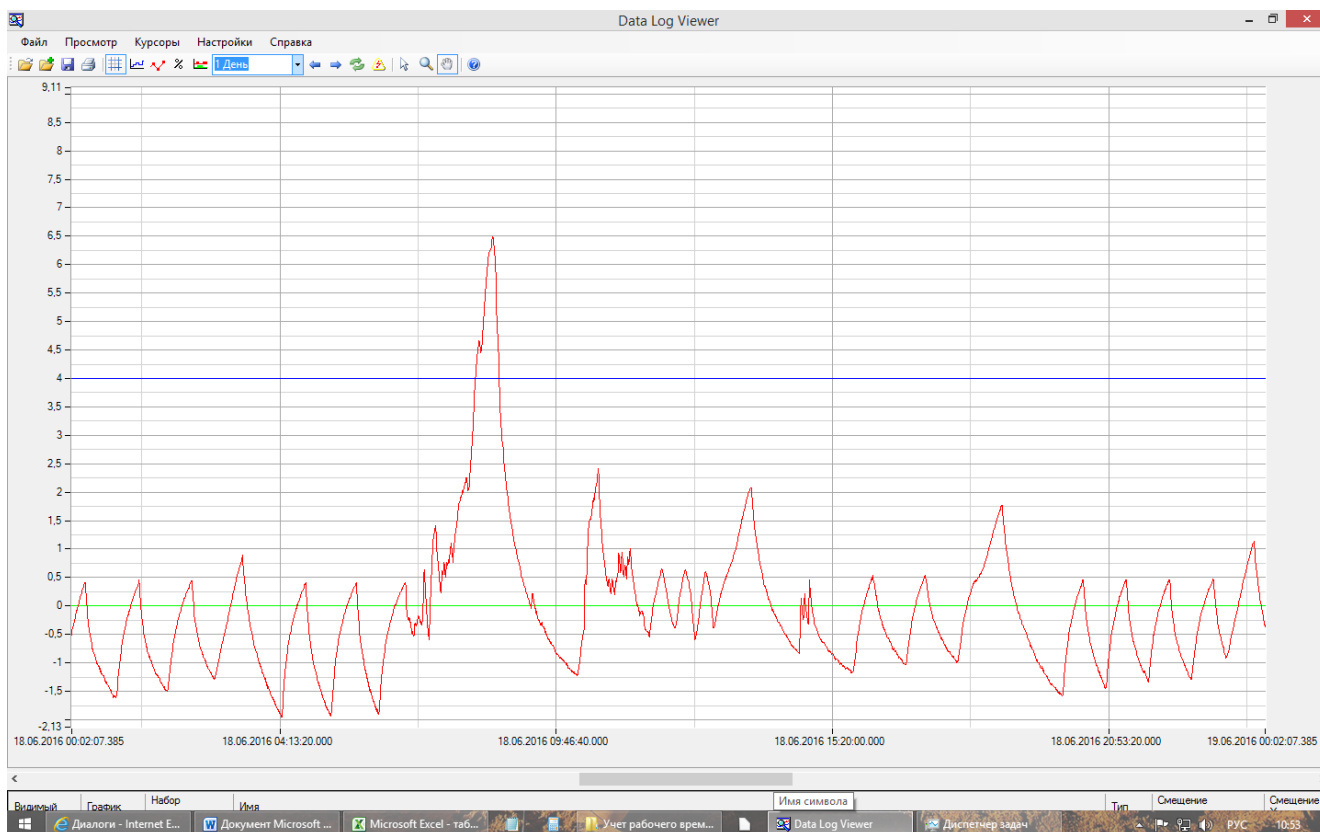


Рисунок 3.16 – диаграмма изменения температуры датчика 2

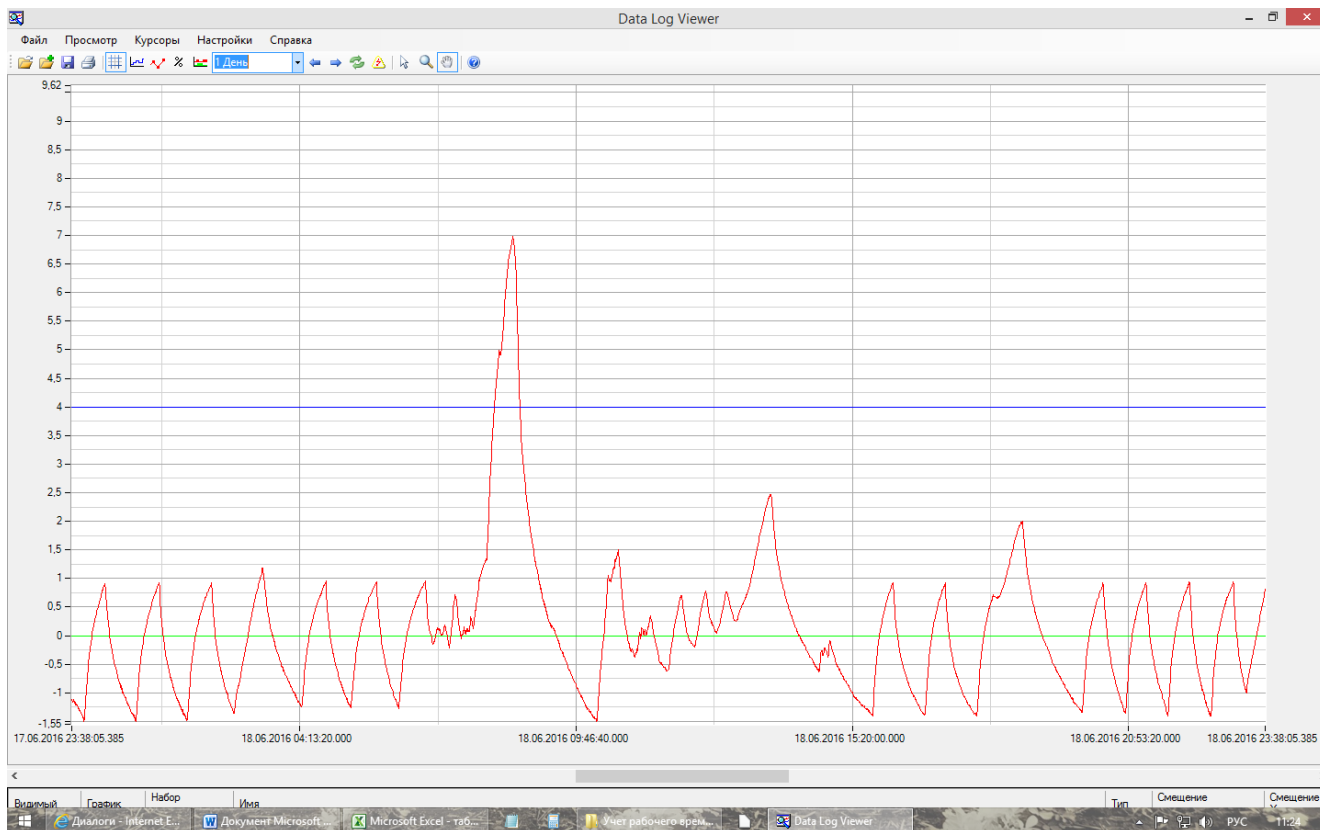


Рисунок 3.17 – диаграмма изменения температуры датчика 3

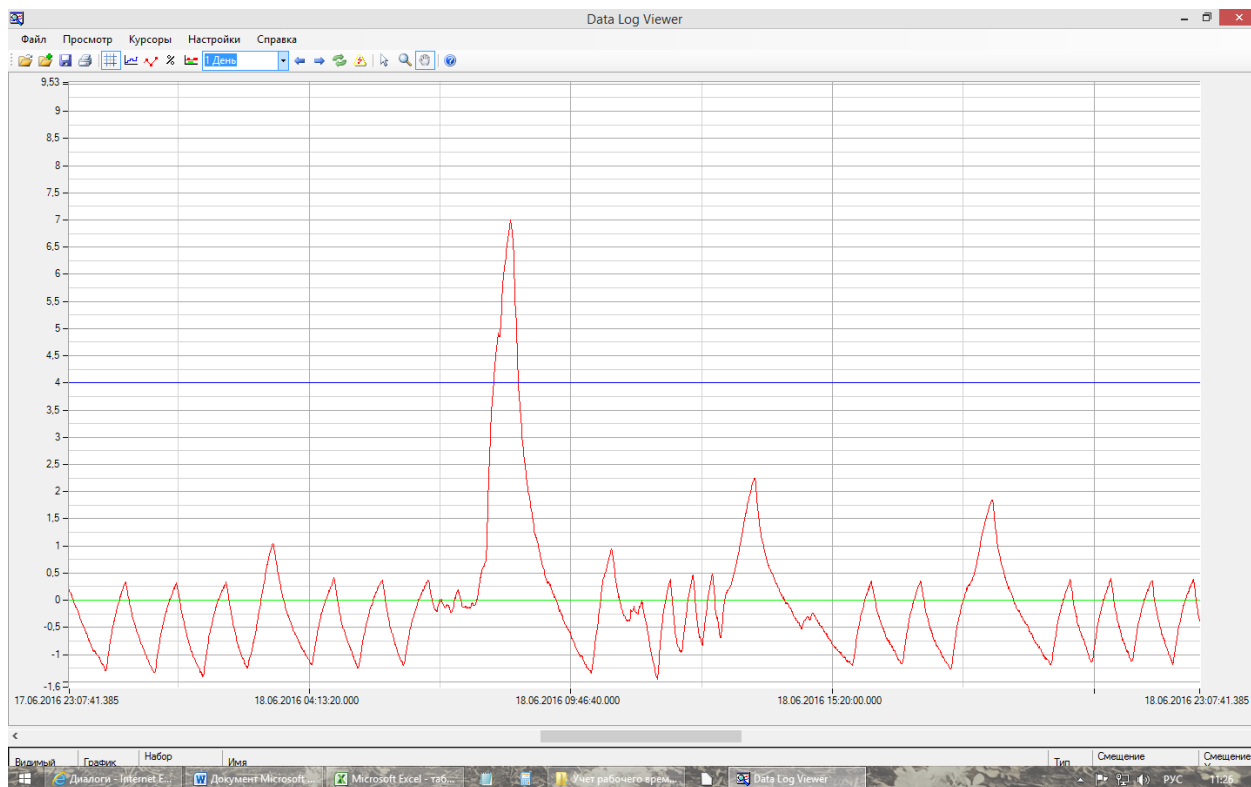


Рисунок 3.18 – диаграмма изменения температуры датчика 4

4 Программное обеспечение управления оборудованием склада

4.1 Алгоритм действия автоматического штабелёра

Склад предприятия ООО «ПК Фабрика Качества» не имеет адресной системы хранения и для быстрой обработки данных и поиска определённой паллеты на территории холодильного оборудования необходимо внедрить систему штрихкодирования, и таким образом организовать склад.

Для этого склад разделили на камеры, ряды, секции и ярусы. Каждая секция вмещает определённое количество тары. Нумерация рядов производится от главного входа. Нумерация секций слева нечётная, справа чётная. И для лучшего ориентирования на складе разработаны таблички с адресами. У каждой позиции есть свой номер, который хранится в базе данных склада [9].

Автоматизированной подъёмно-транспортной машиной на современном складе является штабелёр. Действия автоматического штабелёра состоят в том, чтобы принимать грузы в стеллажи с передаточных устройств (при приеме груза на склад) или выдавать грузы из стеллажей на передаточные устройства (при выдаче груза со склада) [3].

Алгоритм действия автоматического штабелёра можно описать следующим образом:

1. Запуск контроллера
2. Инициализация портов
3. Сканирование метку
4. Формирование и отправление запроса на сервер
5. Получение инструкции о выполнении команды
6. Выполнение данной команды
7. Сканирование следующей метки и запрос на сервер или переход в режим ожидания.

4.2 Программный код управления штабелёром

На автоматическом роботе-штабелёре имеется контроллер и сканер. Для контроллера, который управляет двигателями робота, разрабатывается программа управления штабелёром. А сканер служит для считывания штрих кодов, которые располагаются на каждом стеллаже, ярусе, секции. Если штабелёр фиксировано запрограммировать на указанный маршрут, то он будет двигаться по определённой траектории и это не рационально. В данной бакалаврской работе управление роботом будет осуществляться через сервер по интернету. В зависимости от команд и расположения меток, маршрут, описанный на сервере любой. Траектории движения заложены в программном коде сервера.

Программный код управления штабелёром.

```
#include <SPI.h>           // для работы с SPI
#include <Ethernet.h>     // для работы с Ethernet

int echoPin = 9;
int trigPin = 8;
boolean receiveFlag = false; // флаг что было приняты данные через com-
порт
boolean SendFlag = false;   // флаг о готовности отправки данных на
сервер
String BARCODE = "";       // штрихкод
String TSD = "1";         // ID-терминала

Servo accelerator;        // объявление сервоприводов, управляющих
движением и другими действиями робота
Servo rudder;
Servo elevatorUP;
Servo elevatorDOWN;
```

```

EthernetClient client; // объект через который происходит
взаимодействие с сервером

void setup() { \
  Serial.begin(9600); // инициализируем передачу данных по СОМ-порту
  pinMode(selectEthernet, OUTPUT);
  pinMode(selectSd, OUTPUT);
  // высокий уровень на обоих
  digitalWrite(selectEthernet, HIGH);
  digitalWrite(selectSd, HIGH);
  // старт Ethernet подключения
  if (Ethernet.begin(mac) == 0) { // если mac адрес у интернета не задан,
происходит ручная инициализация интернета на штабелёре
    lcd.print("Failed DHCP"); // инициализируем без использования DHCP
    Ethernet.begin(mac, ip, gateway, subnet);
    // пауза 1 секунда - чтобы shield успел инициализироваться
    delay(1000); // задержка между командами, в мс
    accelerator.attach(10); // подключение сервоприводов к
соответствующим контактам на контроллере
    rudder.attach(11);
    elevatorUP.attach(12);
    elevatorDOWN.attach(13);
  }

  void loop() { // основной цикл приложения, выполняется всё время, пока
на контроллере есть питание
    if (Serial.available() > 0) { //если есть доступные данные
считываем строку
      while (Serial.available() > 0) {

```

```

int inChar = Serial.read();           // считываем символ
BARCODE += (char)inChar;             // формируем строку
}

receiveFlag = true;                  // устанавливаем флаг что нужно
обработать принятые данные
Serial.flush();                       // очистим буфер
}

if (receiveFlag == true) {           // если флаг receiveFlag установлен - значит
команда принята
    if (client.connect(remote_ip, 80)) {
        String postsend = "POST /tsd/env.php?code="+BARCODE+" HTTP/1.1";
//запрос на сервер, по баркоду, для получения дальнейшей инструкции
        client.println(postsend);     //отправка строки адреса
        client.println("Host: web");
        client.println("Connection: close");
        client.println();
        if (client.available()) RESPONSE = client.read(); //чтение ответа сервера
(инструкции) в переменную RESPONSE
        client.stop(); //базовый метод кодировки, текстовые команды.
        if (RESPONSE.IndexOf('move') != -1){ //если в инструкции
присутствует слово move - передвижение вперед в течении промежутка времени
указанного в следующей команде
            accelerator.write(180) //поворот сервопривода на 180 градусов,
нажатие педали газа
            delay = RESPONSE.subStr("delay:=", 4).toInt(); //сообщение от
сервера о времени задержки
            delay(delay)
            accelerator.write(0); //нажатие газа прекращается.

```

```

    }
    else if (RESPONSE.IndexOf('lift') != -1){ //команда поднять. 2
субкоманды, поднять и опустить. величина подъёма задана, и составляет 1 ярус
        if(RESPONSE.IndexOf('up' !=-1)){ //проверка вернёт -1, если в
ответе сервера нет такой команды, переход к следующему if
            elevatorUP.write(90);
            delay(500)
            elevatorUP.write(0);
        }
    else {
        elevatorDOWN.write(90);
        delay(500)
        elevatorDOWN.write(0);
    }
}
else if (RESPONSE.IndexOf('rotate') != -1) // повернуть корпус робота
в 3 положения, повернуть на 90 градусов направо, на 90 налево, и сбросить руль в
изначальное положение
{
    if (RESPONSE.IndexOf('left') != -1){
        rudder.write(90)
        delay(1000)
    }
    else if (RESPONSE.IndexOf('right') != -1){
        rudder.write(-90)
        delay(1000)
    }
    else if (RESPONSE.IndexOf('reset') != -1){
        rudder.write(0)

```

```

        delay(1000)
    }

}
else if (RESPONSE.IndexOf('take') != -1) //обработка команды
взять/положить груз со стеллажа
{
}
}
receiveFlag = false; // сбрасываем флаг и получаем с сервера
информацию о том, куда ехать назад.
}
}

```

В бесконечном цикле происходит считывание метки. При считывании штрих кода, происходит запрос к серверу и на сервер поступают данные из считываемой метки. Сервер определяет местоположение метки на складе и выдаёт инструкцию, что делать штабелёру дальше. В инструкции может быть выполнение команды поворота, движения вперёд, направо, налево, поднятие/опускание груза и т.д. После выполнения действий, штабелёр дальше считывает метки, и отправляет запросы на сервер, пока не пройдет путь до нужного назначения и не возьмёт паллету со стеллажного оборудования.

Заключение

Оптимально структурированная складская логистика способствует сохранению качества товаров, материалов, сырья; освобождает сотрудников от погрузочно-разгрузочных и складских работ, сокращая тем самым затраты на персонал. Современный склад - это хорошо отрегулированная многоуровневая организация, объединенная в единый технологический процесс с автоматизированными системами по учету складированных запасов, начиная от их приемки и заканчивая выдачей изделия конечному потребителю.

В данной бакалаврской работе выполнены поставленные цели и задачи: спроектировано складское помещение малого объёма, с учётом условий хранения продукции, и выбрана модель самоходного штабелёра. Рассмотрены технические характеристики штабелёра и рассчитано складское помещение. Разработан алгоритм и программа для управления штабелёром.

При проектировании склада рационально использована площадь складского помещения, а расстановка стеллажей и ширина проходов соответствует нормам технологического проектирования складов.

Одним из главных преимуществ автоматизированных складов является экономия места и времени. Грамотно составленный проект позволит использовать всю высоту и площадь склада с максимальной эффективностью, а адресное хранение и автоматическая доставка к оператору или пункту выдачи сокращают поиски товара на стеллажах.

Список использованных источников

1. Новейшие технологии ЛС [Электронный ресурс]: Автоматизированные склады URL: <http://www.nt-ls.ru/katalog/spetsialnye/avtomatizirovannye-sklady> (дата обращения 05.04.2016).
2. Техника для склада [Электронный ресурс]: Самоходный штабелер с платформой NobleLift NL PS 15-TX 5415 URL: http://www.pt-65.ru/products/stackers/power_stackers/NL_PS_15-TX_5415.html (дата обращения 10.04.2016).
3. Форум [Электронный ресурс]: Автоматическое управление машинами циклического действия URL: <http://scbist.com/scb/uploaded/tgs/6-2.htm> (дата обращения 10.06.2016).
4. Склад и техника [Электронный ресурс]: Штабелер на складе. Как выбрать штабелер URL: http://www.sitmag.ru/article/azbuka/2007_12_A_2008_03_27-21_07_43/ (дата обращения 05.05.2016).
5. Проектирование склада [Электронный ресурс]: Типы мест хранения URL: http://www.ec-logistics.ru/proektirovanie_sklada.htm (дата обращения 10.04.2016).
6. КИП – Сервис [Электронный ресурс]: Технические характеристики датчиков URL: http://kipservis.ru/klay/datchik_temperatur_PT100.htm (дата обращения 17.05.2016).
7. PLAYDRUMS [Электронный ресурс]: Ресивер в холодильном оборудовании URL: <http://www.playdrums.ru/mlcontadv2/2438-rjesivjervkholodilnomoborudovanii.html> (дата обращения 28.05.2016).
8. Ref Com Холодильное оборудование [Электронный ресурс]: Компрессор 4NCS-20.2 Y-40P URL: <http://www.ref-com.ru/kompressor-4ncs-20-2-y-40p> (дата обращения 30.05.2016).

9. Комплексные поставки для производства и склада [Электронный ресурс]: Автоматизированные склады URL: <http://sidus.ru/warehouse/automatedSystem> (дата обращения 19.02.2016).
10. Encyclopedia of Management [Электронный ресурс] // Warehousing And Warehouse Management URL: <http://www.referenceforbusiness.com/management/Tr-Z/Warehousing-and-Warehouse-Management.html> (дата обращения 03.04.2016).
11. Warehouse management system [Электронный ресурс] // the free encyclopedia. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Warehouse_management_system (дата обращения 01.04.2016).
12. Warehouse trucks [Электронный ресурс] // Driver Seated Reach Truck FM-X URL: <http://www.still.co.uk/reach-trucks-fm-x.0.0.html> (дата обращения 03.04.2016).
13. Warehouse/DC Management [Электронный ресурс] // Mobility making its mark URL: <http://www.eurodouane.com/warehousedc-management-mobility-making-its-mark/> (дата обращения 25.03.2016).
14. Total Logistics [Электронный ресурс] // Innovation in warehouse automation URL: <http://www.total-logistics.com/logistics-news/published-articles/warehouse-automation-fasttrack.html> (дата обращения 30.03.2016).
15. Актуализированная редакция СниП 2.11.02-87 [Электронный ресурс]: Объемно-планировочные и конструктивные решения URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200092603> (дата обращения 20.03.2016).
16. Скворцов, А.В. Автоматизация управления жизненным циклом продукции: Учебник для студентов учреждений высшего профессионального образования / А.В. Скворцов, А.Г. Схиртладзе, Д.А. – М.: ИЦ Академия, 2013г – 320 с.
17. Бухалков, М.И. Организация производства и управление предприятием: Учебник / М.И. Бухалков . – М.: ИНФРА-М, 2013г – 506 с.

18. Никитин, А.В. Управление предприятием с использованием информационных систем: Учебное пособие / А.В. Никитин, И.А. Рачковская, И.В. Савченко. – М.: ИНФРА-М, 2009г – 188 с.
19. Строительство складов [Электронный ресурс]: Проектирование складов URL: <http://skladovoy.ru/stroitelstvo-skladov/obekty-i-sooruzheniya> (дата обращения 24.03.2016).
20. Венделева, М.А. Информационные технологии в управлении: Учебное пособие для бакалавров / М.А. Венделева, Ю.В. Вертакова. – М.: Юрайт, 2013г – 462 с.
21. Бородин, И.Ф. Автоматизация технологических процессов и системы автоматического управления (ССУЗ) / И.Ф. Бородин. – М.: Колос, 2006г – 352 с.
22. Товароведение [Электронный ресурс]: Хранение товаров на складе URL: http://www.znaytovar.ru/s/Xranenie_tovarov_na_sklade.html (дата обращения 25.04.2016).
23. Складская логистика [Электронный ресурс]: Выбор стеллажей URL: <http://skladovoy.ru/glubina-xraneniya-na-sklade-vybor-stellazhej-s-umom.html> (дата обращения 20.02.2016).
24. Петин, В.А. Проекты с использованием контроллера Arduino / В.А.Петин – СПб.: БХВ – Петербург, 2014г – 400с.