Введение

Автоматизированные складские системы (АСС) - это управляемые компьютером подъемно-транспортные устройства для складирования и выдачи по команде изделий по принципу «Товар к человеку». Такие системы сейчас находят все больше распространения, так как позволяют экономить складские помещения, ускорять процессы и улучшать контроль за запасами изделий. Кроме того, АСС исключают ручной труд в зоне хранения и позволяют минимизировать участие персонала при складских операциях.

Для слаженной работы склада необходимо наличие трех составляющих:

1. Автоматизированные стеллажи под поддоны;
2. Складская техника – грузовой конвейер и штабелеры;
3. Система WMS – система управления складом.

Основными показателями, определяющими сферу применения АСС, являются:

1. Большие обхемы хранения грузов;
2. Высокая оборачиваемость товаров на складе;
3. Скорость рабочих процессов на складе;
4. Большое количество хранимых артикулов;

В рамках дипломной работы будут рассмотрены именно роботы-штабелеры. Между стеллажами по рельсе передвигается робот, который осуществляет погрузку и загрузку паллетов, ящиков или контейнеров сначала на свою платформу, а затем на конвеер, который уже доставляет груз или к оператору, или отправляет груз на дальнейшую обработку.

Данная система относится к тематике Интернета вещей (IoT), позволяющей исключить человека из отдельных сфер деятельности.

1. Постановка задачи

В дипломной работе предлагается разработать стационарный кран-штабелер для работы на складских помещениях. Складской робот (СК) должен выполнять работы по погрузке и загрузке паллет со стеллажей в условия высотных складских помещений.

Необходимо текущую ситуацию в стране, рассмотреть аналоги здесь и за рубежом, выделить из сильные и слабые стороны, проанализировать опыт применения и специфику эксплуатации. На основе анализа составить технические требования к разрабатываемому СК и разработать конструкцию, отвечающую заданным техническим требованиям.

Выбрать структуру системы управления манипулятором СК

Рассчитать и исследовать динамическую модель манипулятора СК

Разработать и исследовать модель системы манипулятора СК

# А. История и исследование:

Хранение и запасание неразрывно связаны с историей и развитием человечества. Как только человек вырвался из эры охоты и собирательства и стал сам производить производить продукты питания, вставал вопрос, где хранить излишки. Успешные земледельцы торговали своей продукцией, но все равно возникала необходимость в хранении товаров.

Из египестких иероглифов и настенных рисунков известно, что уже в 2300г до н.э. использовали зернохранилища. А во времена XVIII династии (1550-1292гг до н.э.) существовали специализированные склады для тканей, золота, драгоценностей, оружия, зерна, фруктов, спиртных напитков. Причем, каждая зона хранения была обозначена своим цветом.

В Библии в описании жития Иосифа также упоминаются склады. Иосиф растолковал вещий сон фараона о семи годах процветания Египта, которые должны были смениться семью годами голода. В течение периода изобилия Иосиф откладывал часть культур на хранение, а в период голода открыл свои склады для продажи. «Земля же в семь лет изобилия приносила из зерна по горсти. И собрал он всякий хлеб семи лет, которые были [плодородны] в земле Египетской, и положил хлеб в городах; в каждом городе положил хлеб полей, окружающих его. И скопил Иосиф хлеба весьма много, как песку морского, так что перестал и считать, ибо не стало счета.» (Бытие 41:47-49). «И прошли семь лет изобилия, которое было в земле Египетской, и наступили семь лет голода, как сказал Иосиф. И был голод во всех землях, а во всей земле Египетской был хлеб. Но когда и вся земля Египетская начала терпеть голод, то народ начал вопиять к фараону о хлебе. И сказал фараон всем Египтянам: пойдите к Иосифу и делайте, что он вам скажет. И был голод по всей земле; и отворил Иосиф все житницы, и стал продавать хлеб Египтянам. Голод же усиливался в земле Египетской. И из всех стран приходили в Египет покупать хлеб у Иосифа, ибо голод усилился по всей земле» (Бытие 41:53-57). Можно сказать, что это первое упоминание об использовании склада в целях получения прибыли.

Стали развиваться бухгалтерский учет и логистика. На острове Крит была создана разветвленная складская система, учет для деловых операций, основанный на десятичной системе.

В Греции произошло разделение оптовой и розничной торговли – появились отдельные слова для импортеров и розничными торговцами. У финикийцев были отдельные склады для товаров, поступающих со всех уголков мира.

Римская разветвленная сеть дорог способствовала развитию дистрибуции товаров по всей империи. Распределение товаров стало специализированным процессом. Уже на тот момент склады были функциональными и практичными. Двухэтажные здания были оснащены вентиляцией и дренажом, между рядами могли перемещаться грузовые повозки. Первый этаж использовался под тяжелые и пользующиеся спросом товары, на втором этаже располагалась администрация и хранились дорогие товары. Пик развития системы складского хранения приходится на время расцвета Римской империи, так как через нее проходили многие торговые пути в соседние империи. После крушения империи система распределения и хранения товаров практически исчезла в Европе.

Но уже через пять веков система стала возрождаться в Венеции, которая расположена на пересечении важных азиатских и европейских путей. Это требовало помещений для хранения грузов и товаров. Именно венецианцы предложили концепцию складских облигаций и разработали методы хранящегося на складах товара.

Далее развитие складской системы совпало со становлением и развитием Британской империи. Рабочие гильдии, контролировавшие деятельность различных отраслей промышленности, использовали склады для хранения сельскохозяйственной продукции и импортируемых материалов. Такой гигант как «Компания Гудзонова залива» строил по всему миру торговые посты для продажи пушнины, драгоценностей, пряностей, металла. Точки превращались в полноценные поселения, что подталкивало развитие складской отрасли, способствовало урбанизации и промышленной революции.

<http://kuprienko.info/kuprienko-s-a-rakuts-n-v-sistema-gosudarstvennogo-nakopleniya-i-raspredeleniya-produktsii-v-imperii-inkov/>

«Куприенко С. А., Ракуц Н. В. Система государственного накопления и распределения продукции в империи инков // Ойкумена. Регионоведческие исследования. - 2013. - №2. - С. 87-94. - ISSN 1998-6785.»

Другим примером того, как развитая система складирования соотносится с уровнем развитости государства, является империя инков (1438-1533гг). Хранилища различались в зависимости от того, какой социально-экономический класс они обслуживали. В любом поселении было минимум два хранилища – общинное и государственное. Если на общинных складах хранилось продовольствие для ежедневного пользования, то в государственных – урожаи храма Солнца или местных богов для жертвоприношения, ремесленная продукция для госслужащих, ткани, провизия. В случае болезни мастера на службе у правителя – земледельца, рыбака, охотника, мастера золотых дел, пастуха, строителя, садовника – его и его семью обеспечивали пищей, одеждой и лекарствами со складов. В отдельный тип модно выделить кусканские хранилища – хранилища, обслуживающие только столицу и нужды имперского двора.

Зерновые хранились в ямах, засыпанных сверху песком. В горных районах склады строились в виде каменных башенок, причем строили их отдельно друг от друга, с целью избежать распространение огня в случае пожара, а расположение на возвышениях способствовало проветриванию и обеспечению низкой температуры в помещении. Внутри имелись стойки для воды.

Отдельно стоит отметить район Кочабамбе – один из стратегических районов империи, где происходили заготовка и складирование. Только в этом районе найдено более 2400 хранилищ округлой формы – колька – диаметром 3,5м и высотой 2м. В округе Уануко Пампа найдено более 2000 колька, а вокруг провинциальной столицы Хатук Хаука – более 3000. Масштабы складского хозяйства инков были настолько большие, что сравнимы с современными.

В России первые крупные склады начали строить еще во времена Петра (1672-1725гг), когда стала активно развиваться торговля с Европой и когда стали проводиться реформы в промышленности. Строительство горно-металлургических, пороховых заводов, лесопилен, стекольных, суконных, полотняных и парусных мануфактур, верфей не могло не затронуть системы складирования. Одной из целей реформ была самодостаточность каждого народа – всю необходимую продукцию требовалось производить самим. А излишки требовалось вывозить из страны для продажи. И то, и другое требует грамотного складирования продукции.

В XX веке скорость жизни резко возросла. После Второй мировой войны рынок столкнулся с задачей бесперебойной поставки продуктов питания огромных городов и миллионов людей. Появились первые центры распределения – сначала одноэтажные, потом, в связи с высокой стоимостью земли в городах, и многоэтажные. Пространство делилось на товарные группы со своими заведующими и администрацией. Ручной труд и переноска продукции стали механизироваться и замещаться электропогрузчиками, электроштабелерами, были введены полочные стеллажи.

Использование вилочной техники возможно только с грузом, размещенном на поддоне. Палетты появились еще в начале прошлого века, но основное развитие пришлось на период Второй мировой войны, когда требовалось отгружать огромное количество военных и гуманитарных грузов. Мужской рабочей силы не хватало, поэтому паллетизация позволила загружать большое количество груза меньшим числом людей.

Развитие *паллетов* тесно связано и с развитием вилочной техники. За полвека штабелеры прошли путь от простой ручной тележки с подъемным устройством, гидравлического подъемника до подъемных автоматизированных машин.

Помимо коммерческих складов появилась категория складов индивидуального хранения. Концепция self storage зародилась в США. Идея была заимоствована из банковской системы, только вместо денег ценных бумаг и увелирных украшений на складе индивидуального хранения можно держать сезонные вещи, книги, мебель, инструменты, вещи, купленные «про запас».

Постепенно пересматривается деятельность складских помещений – из простого хранилища они превращаются в центры дистрибьюции и упаковки. Начинают вводиться элементы автоматизации и компьютеризации.

Автоматизированные складские системы (automated storage and retrieval systems (AS/RS)) - это системы, позволяющие перевести складской учет в трехмерное пространство с автоматизацией всех процессов. Подобные системы появились более 50 лет назад. Но на тот момент подобные системы были дорогими, поэтому их могли себе позволить только крупные фирмы. Введение компьютерного управления привело к повышенной точности инвентарного учета, так как параллельно с погрузкой и разгрузкой товаром иожно было вести учет складских запасов.

Эффективность автоматизированных складов привела к увеличению спроса на них, что привело к уменьшению стоимости подобных складов и распространению.

Началось расширение сфер применения автоматизированных складских систем от простого хранения готовой продукции до производственных цехов в отрасли электрики, электроники и высокоточного машинного оборудования. Такие склады использовались как оборудование, позволяющее осуществлять межсекционную и внутрисекционную настройку, сортировку с хранением деталей и ресурсами для поставки и буфера, создавая тем самым платформу для круглосуточной работы.

Еще одним фактором, способствовавшим увеличению рынка АСС, была разработка систем и распространение персональных компьютеров. Недорогие складские системы осуществляли инвентарный учет и хранение и извлечение грузов с использованием компьютерного компьютерного управления.

Если в начале АСС использовались в основном в машиностроении и фармацевтике, то с середины 1980-х годов они начали использоваться в отраслях промышленности, которые не относятся к производству – банковский сектор, аргопромышленный комплекс, логистика, торговля. Например, зерновые хранилища, хранение продуктов в холодильниках, культивирование грибов, автоматизация бузгалтерского аппарата, перераспределение посылок, хранение продуктов при магазинах.

Кроме непосредственного хранения на скады стали добавляться функции упаковки, сборки, дистрибуции, увеличилась скорость работы складов. Параллельно появилась задача модернизации старого оборудования.

В первых роботах-штабелерах использовались релейные системы управления, затем стали использоваться транзисторы. С середины 70-ых годов на роботы стали ставить мокирокомпьютеры. Для передачи сигналов между штабелером и напольным основанием сначала использовались перемещающиеся кабели, затем индукционная передача, а с середины 80-ых – опто-волоконные технологии.

Для улучшения качества работы был совершен переход от централизованного к децентрализованному управлению с использованием периферийного оборудования. Также это позволило облегчить проведение технического обслуживания и сократить сроки выполнения ремонтных работ. Было добавлено логирование - ведение журнала ошибок – и система мониторинга.

Современные склады – это огромные логистические центры с автоматическим или полуавтоматическим оборудованием и максимально эффективным управлением потоков грузов и использованием площади. Размеры подобных складов могут доходить до десятков метров в высоту и до сотни метров в длину. Ширина склада зависит от количества линий кранов-штабелеров.

Высокие скорости сортировочной системы позволяют обрабатывать до 13500 единиц груза в час, краны-штабелеры способны поднимать до 10 тонн груза, ездить с огромными скоростями по опорным рейкам. Кран-штабелер обеспечивает доставку единицы хранения от ячейки стеллажа до рабочего места оператора

Итого, автоматические склады на сегодняшний день являются высшей точкой эволюции складской механизации. Они представляют собой комбинацию оборудования и управляющих систем для хранения, перемещения и обработки грузов с высокой точностью и скоростью.

<http://arendasib.ru/ru/istoriya-skladov-ot-meshka-na-spine-do-trans-robotov>

# b. Анализ текущей ситуации в стране

1980-е года пришлись на пик автоматизированных складских комплексов в СССР. Огромные высотные склады ЗИЛ с компьютерным управлением были примером передового производства не только у нас, но и за рубежом.

Распад СССР вылился в закрытие ресурсоемких проектов и предприятий, потребность в специализированных складах ушла. Под склады часто использовались помещения, арендуемые у простаивающихся промышленных предприятий. Также использовались быстровозводимые ангары полукруглой формы.

<http://www.ec-logistics.ru/articles/sostoyanie-i-tendencii-razvitiya-transportnoj-logistiki-v-rossii/>

<https://lpi.worldbank.org/international/scorecard/radar/254/C/RUS/2016#chartarea>

Согласно рейтингу логистических стран мира (LPI - Logistics Performance Index) Россия на 2016 год занимает 99 место , находясь между такими государствами, как Коморы и Нигерия. При этом, по сравнению с 2014 годом, ситуация в стране ухудшилась - в 2014г. Россия занимала 90 место.

Данный рейтинг складывается из следующих показателей:

1. Система прозврачности и контроля в таможенных процедурах;
2. Транспортная инфраструктура;
3. Конкурентное ценообразование;
4. Качество логистики и компетенций;
5. Возможность отслеживать товар;
6. Своевременность доставки.

Если не принимать в расчет низкую пропускную способность, качество покрытия и инфраструктуру федеральных трасс, низкий технологический уровень используемого подвижного состава, низкой скоростью передвижения грузового транспорта под дорогам России, то на первый план выходят проблемы отсутствия качественной логистической инфраструктуры, позволяющей переформировывать грузовые потоки в регионах, время на погрузо-загрузочные работы и время ожидания обслуживания, что в свою очередь обусловлено низким уровнем складской инфраструктуры.

Проблемы современного состояния складов и логистики в России можно рассмотреть на примере современных нефтегазовых предприятий, которые обеспечивают хранение и отгрузку более 100 тыс. уникальных товарных единиц, разделенных на десятки номенклатурных групп. Если сами предприятия технологии добычи и переработки поятоянно модернизировались, то складская инфраструктура осталась на уровне 1960-70-х гг., когда она формировалась в период освоения месторождений. В основном модернизация складов выражалась в увелчении используемых площадей, количества персонала и техники. Это означает, что на подобных складах:

1. Ведется бумажный учет и документооборот. Если системы учета (SAP, 1C) присутствуют, то используются на минимальном уровне;
2. Отсутствие корректных справочников весогабаритных характеристик товарно-материальных ценностей (ТМЦ);
3. Минимальная механизация и автоматизация;
4. Низкое качество зданий складов.

Вышеперечисленные характеристики приводят к следующим проблемам:

1. Сложности при поиске продукции на складе;
2. Большое количество задействованного персонала ведет к увеличению стоимости грузообработки;
3. Не обеспечиваются требуемые условия хранения ТМЦ и условия труда.

В целом можно выделить следующие проблемы:

1. Разрозненность складских подразделений, что приводит к увеличению объема непроизводительных операций – перемещению сотрудников между складами, невозможностью взаимозаменяемости и гибкого управления персоналом и техникой;
2. Удаленность складов от мест погрузки-разгрузки. Это сказывается на возрастании трудоемкоти, увеличении численности персонала и приводит к увеличению просто специализированного оборудования и транспортных средств;
3. Отстуствие постов погрузки-разгрузки приводит к увеличению ручного труда и времени на данные операции. Помимо этого, возможно повреждение продукции при влиянии окружающей среды;
4. Отсутствие стратегий размещения товара влечет за собой не только увеличение трудозатрат и потери грузового объема склада, но и размещение товаров к неприспособленных местах, нарушение ГОСТов, правил пожарной безопасности;
5. Неэффективное использование объемов склада;
6. Несоотвтетсвие условиям хранения может привести к потери товарных качеств;
7. Недостатки учета хранимой продукции увеличивает время на поиск продукции, приводит к возникновению излишков, увеличению непроизводительных операций персоналом;
8. Длительность хранения продукции;
9. Наличие непроизводительных операций и простоя техники.

Из списка видно, что все проблемы взаимосвязаны.

<http://logirus.ru/articles/solution/skladskie_roboty_kak_panatseya.html>

На текущий момент в России технологии полноценного автоматизированного склада мало используются. Предпочтения отдаются классическим склады, где все операции выполняет человек. Это связано с изначальной более низкой стоимостью склада классического типа, недоверия, невозможностью возложить ответственность на кого-либо в случае возникновения чрезвычайной ситуации, неумением правильно использовать все возможности склада, предубеждениями, что машине нельзя доверять, неправильно просчитанной политикой доходов и прибыли. Например, шкафы для хранения штучных отправлений Kardex Remstar в России не прижилась, так как оказалась слишком затратной.

Технологии высотных автоматизированных складов типа High Bay в России используются крупными фирмами для своих собственных нужд, например, такикими фирмами как «IKEA», «Мираторг», «Скиф-Логистик». Первый роботизированный склад с услугой ответственного хранения, то есть с возможность арендовать отдельные части склада под собственные нужды, а не строить целый склад, появился только летом 2017г. рядом с Москвой. Рядом с другими крупными городами, например, Санкт-Петербургом, Екатеринбургом и Новосибирском подобных строений нет.

Несомненно, существует огромная потребность в автоматизированных складах в России. Но помимо необходимости больших финансовых затрат на возведение конструкций, инженерных затрат на их расчет, придется приложить немалые усилия для перестроения менталитета и отношения к роботехнике.

# Анализ существующих решений

Два линейных привода

Рассчитать подшипники на прочность

Зафигачить на консольную балку

3.g. Физические требования к паллету (поддону)

<http://metech.ru/blog/76-osnovnye-standarty-pallet>

<http://skladpro.com/oborudovanie/stellazhy/pallets/razmery.html>

<http://skladpro.com/oborudovanie/stellazhy/pallets/standartnyj.html>

<http://6pl.ru/gost/G9557_87.htm>

<http://docs.cntd.ru/document/1200140410/>

Поддон – прямоугольная подставка под груз. Обладает полостями для удобного захвата во время перевозки. Поддоны позволяют быстро проводить погрузочно-разгрузочные работы, компактно размещать грузы на складе.

Паллеты изготовляются из дерева, пластика, металла, картона, бывают одноразовыми и многоразовыми.

Для проектируемого склада рассмотрим многоразовые деревянные и пластиковые европаллеты. Выбор обусловлен практичностью и распространенностью. Металлические паллеты тяжелые и в основном используются в помещениях с повышенной температурой. Картонные используются в основном для транспортировки и страдают от влаги. Деревянные поддоны являются наиболее распространенными, отличаются долговечностью, легко ремонтируются. Пластиковые поддоны намного легче деревянных, практичнее, легко моются, отличаются безопасностью при использовании, широким диапазоном рабочих температур, но дороже деревянных.

Паллеты стандарта EUR делаются из дерева, но существуют дублирующий стандрат для пластиковых поддонов. Деревянный паллет обладает размерами 800х1200х145мм и грузоподъемностью до 1500кг. Масса паллета варьируется от 15 до 20 кг в зависимости от сорта дерева, из которого изготовлен паллет.

Пластиковые паллеты обладают такими же габаритами, способны ведерживать статическую нагрузку до 5000кг. Масса варьируется от 5 до 15кг. <http://www.polexgroup.ru/poddony_plastikovye_pallety/pallety_1200kh800/>

<http://skladpro.com/oborudovanie/stellazhy/pallets/razmery.html>

Максимальная высота грузового пакета не должна превышать 1800мм, груз не должен выходить за края поддона более, чем на 20мм. Итого, будем считать размер паллета с допусками 840х1240х1800мм. Массу паллета примем за 25кг.

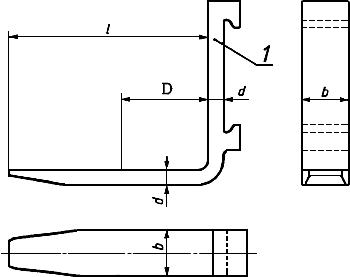
3.h. Физические требования к манипулятору-вилам

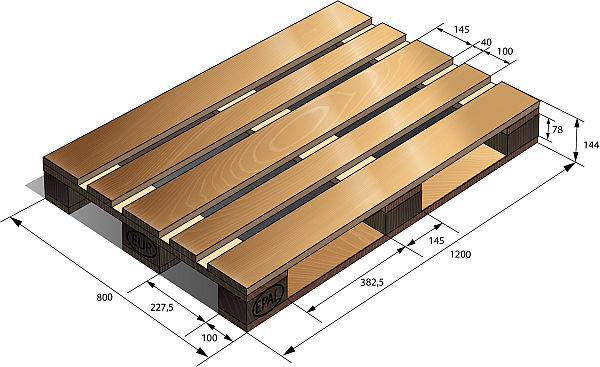
ГОСТ!!!!

<http://dokipedia.ru/document/5068939>

По ширине (поперек пути) штабелер должен быть от 0,60 до 2,00м. Паллет укладывается на вилы вдоль, соответственно, рассматриваемые размеры штабелера сокращаются до 1,20 до 2,00м. Возьмем среднее значение 1,60м.

Ширина - <http://docs.cntd.ru/document/gost-r-51349-99> (точно ли отсюда ширину и толщину брать, тк у меня скольжение, а не перенос на весу).





В стандартном EUR-паллете расстояние между промежуточной и крайними досками настила равно 227,5мм. Примем ширину вил b=160мм. Тогда толщина вил d должна лежать в диапазоне от 45 до 70мм. Примем толщину d=50мм. Общую ширину вил примем за D=540мм

<http://etm-cherepovets.ru/nasha-produktsiya/gruzopod-emnoe-oborudovanie-i-mekhanizmy/telezhki-i-shtabeler>

Сам манипулятор является телескопической направляющей из четырех рельс. Внутренний рельс встроен в платформу и является неподвижным. Второй рельс начинает двигаться только в случае, если манипулятор необходимо вытянуть на максимальную длину. Третий рельс является основным при перемещении паллета. Внешний рельс является непосредственно подставкой под поддон, имеет наибольшую ширину

Сами вилы располагаются на платформе, позволяющей выполнять точные перемещения вдоль движения и по вертикали для корректировки положения, а также для приподнятия груза и перемещения с платформы на полку стеллажа или обратно.