

Тольятти 2018

Аннотация

Целью бакалаврской работы является разработка двух приводов электропогрузчика эконом класса. Первый обеспечивает работу грузоподъемного механизма, а второй используется для передвижения погрузчика по территории.

Актуальность данной задачи обусловлена тенденцией развития малого бизнеса в нашей стране. В связи с этим ожидается рост количества малых предприятий, для которых приобретение дорогой грузоподъемной техники часто бывает не по силам. Поэтому необходим погрузчик эконом-класса, занимающий нишу между мощными аналогами и примитивными ручными приспособлениями.

Такой погрузчик должен иметь электропривод, поскольку использование бензиновых и дизельных двигателей часто бывает недопустимо по правилам работы предприятия.

Предлагаемая версия электрифицированного погрузчика эконом-класса может найти широкое применение на различных малых предприятиях.

Выпускная квалификационная работа состоит из текстовой и графической части. Текстовая часть представлена в виде пояснительной записки, выполненной на 47 страницах, содержит 7 таблиц, 12 рисунков. Список использованных источников включает в себя 22 наименования, в том числе 5 - на английском языке.

Графическая часть выполнена на 6 чертежах формата А1.

Abstract

The title of the graduation work is development of motors for economy class electric forklift.

We first discuss the existing types of forklifts.

We then analyze them and choose the cheapest and most effective type of forklifts. This forklift is basis for economy class forlift.

We examine how the trend of small business development in our country. In this connection, an increase in the number of small enterprises is expected, for which the purchase of expensive lifting equipment is often not possible. Therefore, an economy class forklift is required, occupying a niche between powerful analogs and primitive hand tools

We outlines that electric forklifts are ideal for working in enclosed spaces, they are less likely to be repaired, almost noiseless, and small sizes allow them to be effectively used in confined spaces. Due to the limited energy capacity of batteries, electric forklifts have a low rate of lifting of cargo and movement and are intended primarily for work on sites with a flat asphalt or concrete coating.

The graduation work consists of explanatory note on 47 pages, introduction, including 12 figures, 7 tables, the list of 22 references including 5 foreign sources, and the graphic part on 6 A1 sheets.

Содержание

Введение.....	5
1 Конкретизация задачи разработки электроприводов погрузчика эконом класса	7
1.1 Анализ задач и технических характеристик существующих погрузчиков..	7
1.2 Обоснование требований к электропогрузчику эконом класса	9
1.3 Обоснование требований к приводам погрузчика.....	10
1.3.1 Обоснование требований к приводу грузоподъемного механизма ...	10
1.3.2 Обоснование требований к транспортному приводу	13
2 Разработка технических предложений по конструкции погрузчика.....	14
2.1 Разработка концепции погрузчика эконом-класса	14
2.2 Разработка электропривода грузоподъемного механизма.....	18
2.3 Разработка электропривода ходового механизма.....	22
3 Разработка систем обеспечения работы электропогрузчика.....	24
3.1 Система энергообеспечения	24
3.1.1 Свинцовые аккумуляторы	24
3.1.2 Щелочные аккумуляторы	28
3.1.3 Литиевые аккумуляторы.....	30
3.1.4 Выбор аккумулятора	32
3.2 Система управления	34
3.3 Зарядное устройство	36
3.4 Охрана труда и пожарная безопасность	40
3.4.1 Общие меры безопасности	40
3.4.2 Правила электробезопасности	40
3.1.3 Правила безопасности при работе с кислотой и электролитом	41
3.1.3 Правила пожарной безопасности	42
3.5 Оценка затрат	43
Заключение	44
Список используемых источников.....	45

Введение

Грузоподъемные машины – это технические устройства циклического действия для подъема и перемещения грузов, предназначенные для уменьшения трудозатрат на предприятиях, где постоянно нужно перемещать грузы на расстояния, между складами, при получении товаров от поставщика или отгрузке проданных материалов покупателю. Погрузчики облегчают человеческий труд и позволяют максимально оптимизировать процесс работы складских помещений. Погрузчики также используют на строительных объектах, вокзалах, в торговых центрах, на заводах и подобных предприятиях, где постоянно нужно иметь дело с перемещением вещей. Грузоподъемные машины относятся к объектам повышенной опасности и требуют к себе повышенного внимания.

Производители выпускают множество разновидностей погрузчиков, которые кардинально различаются по грузоподъемности. Самые мощные погрузчики могут иметь грузоподъемность до 20 тонн, хотя наиболее распространены погрузчики 2-5 тонн [9]. Но погрузчики различаются не только грузоподъемностью, но и типом двигателя:

Дизельные погрузчики имеют высокие показатели грузоподъемности и высоты подъема, их легко обслуживать, и они просты в использовании. Также полного бака хватает на несколько смен. Но их минус в том, что их можно использовать только на открытых площадках и дизельные погрузчики плохо заводятся при низких температурах.

Бензиновые погрузчики в целом работают тише дизельных, и к тому же на них можно установить дополнительные устройства повышения производительности, например, искрогаситель, который позволяет проводить погрузочные работы во взрывоопасной зоне. Из-за выхлопных газов погрузчики с приводом от двигателей внутреннего сгорания применяются исключительно для работы на открытых площадках или в хорошо вентилируемых помещениях с расстоянием транспортировки грузов до 200 м.

Газовые погрузчики работают на сжиженном газе, как правило, на смеси пропан-бутана. И в отличие от предыдущих двух типов, более экологичны, экономичны и заводятся в любую погоду.

Электрические погрузчики идеальны для работы в закрытых помещениях, они реже нуждаются в ремонте, практически бесшумны, а малые габариты позволяют эффективно применять их в стесненных условиях. Из-за ограниченной энергоемкости аккумуляторных батарей электропогрузчики имеют малую скорость подъема грузов и передвижения и предназначены в основном для работы на площадках с ровным асфальтовым или бетонным покрытием [15].

1. Конкретизация задачи разработки электроприводов погрузчика эконом-класса

1.1 Анализ задач и технических характеристик существующих погрузчиков

На рынке существует множество типов погрузчиков, с разными характеристиками.

Электропогрузчик Mariotti Mini 6 на данный момент является самым маленьким автопогрузчиком в мире. Он имеет длину всего лишь 1095 мм, и способен поднимать грузы до 600 кг на высоту 4800 мм. Является трехопорным, с ведущим задним колесом, что обеспечивает более высокую маневренность. У данного погрузчика регулируемая колесная база, которая улучшает приводные характеристики вилочного погрузчика, связанные с положением наклона мачты. При работе с этим погрузчиком водитель занимает сидячее положение, так же имеется усилитель руля и контрольная панель с ЖК дисплеем. Ниже в таблице 1 предоставлены более подробные характеристики.

Таблица 1 характеристики электропогрузчика Mariotti Mini 6

Грузоподъемность, кг	600
Центр тяжести, мм	500
Привод	Электрический
Положение водителя	Сидячее
Макс. высота подъема груза на вилах, мм	4800
Высота кабины, мм	2900
Ведущее колесо	Заднее
Скорость движения, км/ч	6.3
Общая масса, кг	1400
Тип аккумулятора	Тяговая
Напряжение, В	24
Емкость, А/ч	375
Масса батареи, кг	305
Мощность подъемного привода, кВт	3
Мощность привода для движения, кВт	2

Mariotti Mini 6 за счёт своих габаритов и манёвренности идеально подходит для работы в узких проемах, на небольших складах и других местах, где не требуется перемещать тяжелые грузы. Однако главный недостаток данного погрузчика, это высокая цена. Цены на б/у модели начинаются с 2000000 рублей. Данный погрузчик полезен на небольших складах, где ради экономии пространства стеллажи располагаются на маленьких расстояниях друг от друга. Как правило это присуще небольшим компаниям и магазинам, у которых нет средств даже для аренды погрузчиков такого уровня.

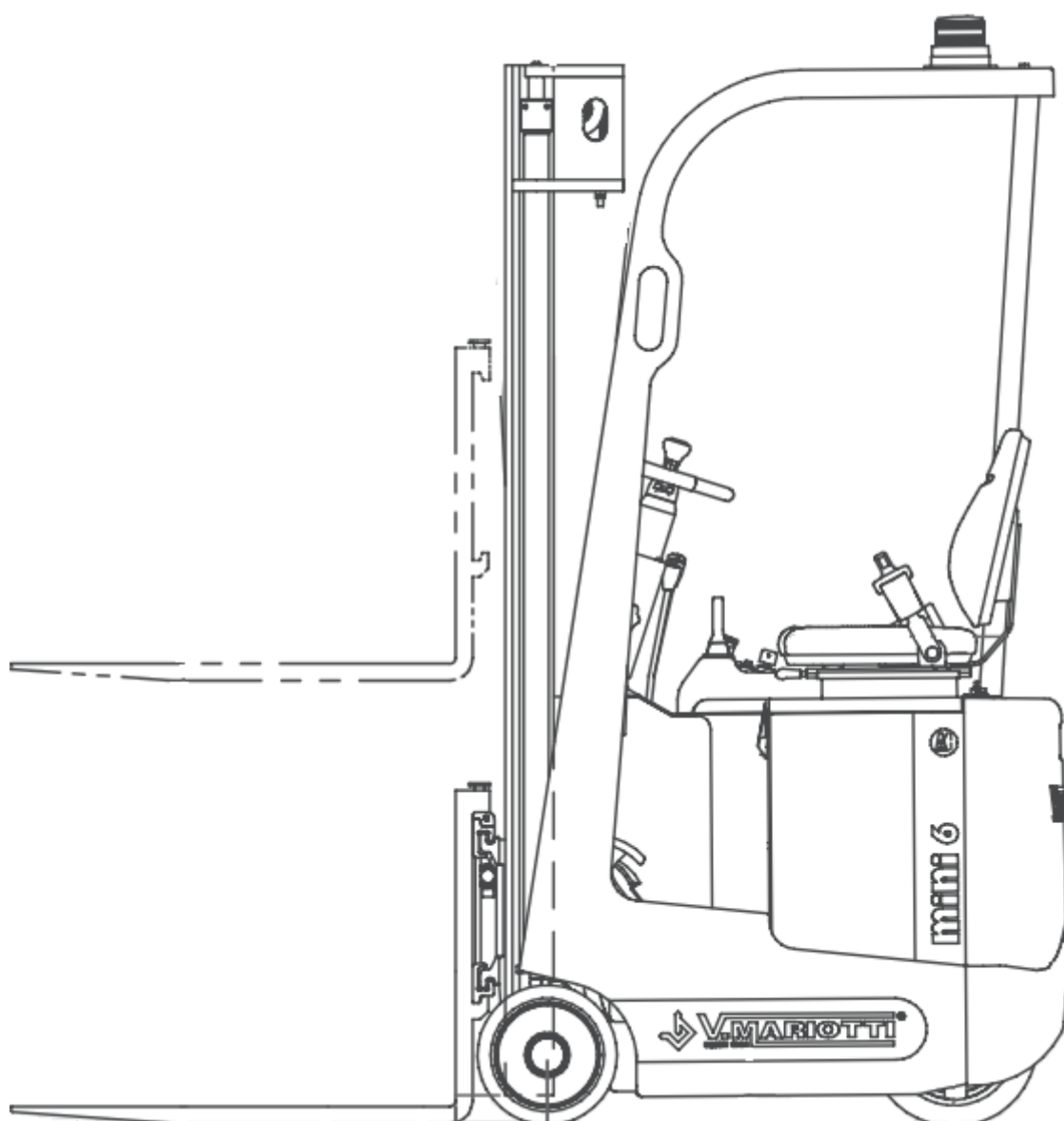


Рисунок 1 – Схема погрузчика Mariotti Mini 6

Из альтернатив можно выделить погрузчик Utilev UT15. Максимальная высота подъема груза 4500 мм, номинальная грузоподъемность 1500 кг. Его длина 2265 мм, а ширина 1080 мм. Его просто управлять, так как элементы управления выполнены в автомобильном стиле. Он отличается надежностью, устойчивостью за счет четырехопорной конструкции и дешевизной по сравнению с аналогами. Его цена 500000 рублей.

Но он имеет дизельный двигатель, что делает невозможным его использование в закрытых помещениях, и к тому же его габариты не подходят для работы на небольших складах.

Также можно выделить самоходный штабелер ES-10-10WA. Он компактнее, чем Mariotti Mini 6 и стоит значительно дешевле. Он имеет максимальную грузоподъемность в 1000 кг, при максимальной высоте подъема вил 3300 мм. Мощность его грузоподъемного двигателя составляет 2,2 кВт, а ходового 1,1 кВт. Питаются они от напряжения 24 В, а емкость аккумуляторной батареи составляет 160 В/Ач.

1.2 Обоснование требований к электропогрузчику эконом-класса

Любой подъемник может забрать груз и перевезти его из пункта А в пункт В. Но для обслуживания более широкого спектра отраслей требуются более маневренные и более миниатюрные погрузчики. Чем компактнее погрузчик, тем эффективнее можно использовать складское пространство – можно отказаться от открытых площадок, более плотно заставляя их полками и стеллажами или использовать дополнительное пространство для производства. Ведь небольшой погрузчик может легко маневрировать в узких проходах, перемещая небольшие грузы.

Разрабатываемый погрузчик эконом класса предназначен для работы с небольшими грузами, до 200 килограмм. Его следует использовать, на предприятиях, где нужно постоянно перемещать вещи небольшой массы, которые обычно перемещают вручную или с помощью гидравлических

тележек. Например, магазины-склады, заводские помещения, багажные отделения аэропортов и т.д. Обычно маленькие компании арендуют погрузчики, но это невыгодно в долгосрочной перспективе, так как их мощности не используются на полную.

Для этих целей подходят электрические погрузчики, так как они наиболее экономичны среди всех существующих типов погрузчиком, более просты и электрические погрузчики подходят для использования в закрытых пространствах.

Скорость движения конструируемого погрузчика не должна превышать 5 км/ч, так как оператор погрузчика будет управлять им идя за ним, так что скорость должна соответствовать скорости движения пешехода.

Погрузчик должен проходить в двери складов и поэтому его высота в сложенном состоянии не превышает 1800 мм. Для максимальной высоты подъема достаточно 3 м, что вполне соответствует высоте полок в магазинах или небольших складах. Скорость подъема с пола до максимальной высоты вил занимает около 15 секунд, для обеспечения плавности погрузки вещей.

1.3 Обоснование требований к приводам погрузчика

1.3.1 Обоснование требований к приводу грузоподъемного механизма

Электропогрузчики имеют по два привода, один для подъема груза, а второй для перемещения самого погрузчика.

Для того чтобы определить мощность грузоподъемного привода сначала определяем энергию, необходимую для подъема груза на требуемую высоту

$$E = mgh, [\text{Дж}] \quad (1.1)$$

где m = максимальная грузоподъемность погрузчика;

g = ускорение свободного падения;

h = максимальная высота подъема груза погрузчиком

Затем определяем мощность грузоподъемного механизма (потерями можно пренебречь):

$$P = E \cdot t, [\text{Вт}] \quad (1.2)$$

где t – время подъема груза

Далее находим диаметра барабана d . Учитывая, что конструкцией предусмотрен редуктор, диаметр барабана может быть взят произвольно. Однако, его минимальное значение желательно взять не менее 100 мм, поскольку при меньшем диаметре трос будет сильно изгибаться и повреждаться, а очень большой диаметр проблематичен с точки зрения практической реализации [1].

Сначала определим скорость подъема груза:

$$v = \frac{h}{t}, [\text{м/с}] \quad (1.3)$$

Разделив линейную скорость подъема на длину окружности барабана, получим требуемую скорость вращения барабана $n_{\text{бар}}$.

$$n_{\text{бар}} = \frac{v}{l}, [\text{об}^{-1}], \quad (1.4)$$

где $l = 2\pi d$ - длина окружности барабана.

Поскольку редуктор выбирается после двигателя, можно использовать электродвигатель с любой номинальной скоростью вращения $n_{\text{ном}}$, обладающий мощностью не меньше требуемой. Однако, следует иметь в виду, что высокооборотные двигатели (около 3000 об/мин) имеют малый крутящий момент, а низкооборотные (менее 1000 об/мин) обладают большими габаритами и стоят дороже. Поэтому используем электродвигатель с номинальной скоростью вращения $n_{\text{ном}} = 1500$ об/мин (значение выбрано округленно, без учета скольжения) [3].

Сравнив скорости вращения барабана и двигателя, получим передаточное число редуктора k . При этом учтем, что 1500 об/мин соответствует 25 об/сек.

$$k = \frac{n_{\text{ном}}}{n_{\text{бар}}} \quad (1.5)$$

Разрабатываемый электропогрузчик эконом класса должен иметь грузоподъемность 200 кг и поднимать этот вес на высоту 3 метра за 15 секунд.

Значит по формуле (1.1) определяем энергию

$$E = 200 \times 9,8 \times 3 \approx 6 \text{ кДж}$$

Определив энергию, которая затрачивается на подъем, по формуле (1.2) находим мощность

$$P = \frac{6000}{15} = 400 \text{ Вт}$$

Выбираем кинематическую схему

Диаметр барабана примем равным 150 мм = 0,15 м

Скорость подъема груза составит:

$$v = \frac{3}{15} = \frac{1}{5} \text{ м/с.}$$

Длина окружности барабана l диаметром 0,1 м составит 0,314 м.

Требуемая скорость вращения барабана $n_{\text{бар}}$ составит

$$n_{\text{бар}} = \frac{v}{l} = \frac{1}{5 \cdot 0,314} = 0,636 \text{ об}^{-1}$$

Для выбора двигателя и редуктора используем двигатель с номинальной скоростью вращения 25 об/с (1500 об/мин) [5]. Тогда коэффициент передачи редуктора составит

$$k = \frac{n_{\text{ном}}}{n_{\text{бар}}} = \frac{25}{0,636} = 39,3,$$

Результаты расчетов приведены в таблице.

Таблица 2 характеристики грузоподъемного привода

Мощность двигателя	Скорость вращения двигателя	Коэф. передачи редуктора
400 Вт	1500 об/мин	39,3

1.3.2 Обоснование требований к транспортному приводу

При расчете мощности транспортного привода мы принимаем за общую массу вес погрузчика 100 кг и вес груза 200 кг. Для подъема на высоту 1 м с учетом реальных условий эксплуатации аналогов требуется 10 секунд. Тогда по формуле (1.1) посчитаем требуемую энергию

$$W = mgh = 300 \times 10 \times 1 = 3000 \text{ Дж}$$

Для подъема за $t=10$ секунд на указанную высоту 1 м потребуется мощность

$$P = \frac{mgh}{t} = \frac{3000}{10} = 300 \text{ Вт}$$

Используем коллекторный двигатель с кратковременным режимом работы [2].

2. Разработка технических предложений по конструкции погрузчика

2.1 Разработка концепции погрузчика эконом-класса

Для разработки концепции погрузчика эконом класса, рассмотрим существующие виды погрузчиков, применяемые на складах.

Самым простым видом погрузчиков, является обычная складская тележка. Тележки удобны, сравнительно дешевы, механизмируют и облегчают ручной труд, но всё-таки обладают одним существенным недостатком — возможность работать только с легкими грузами.

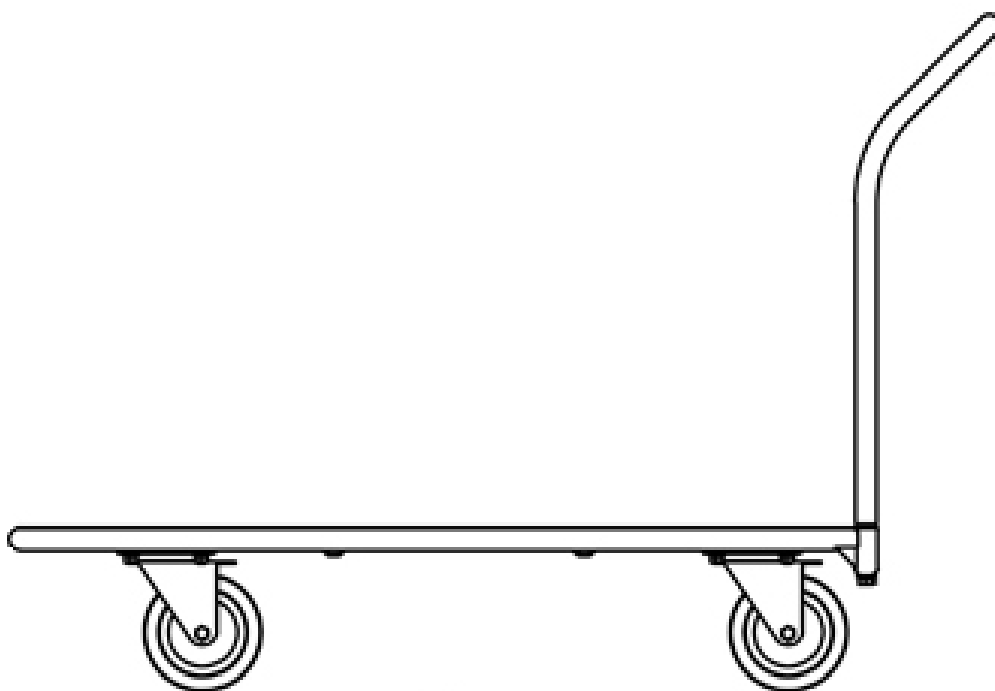


Рисунок 2 – Схема складской тележки

На сегодняшний день используют на складах два вида погрузчиков: автопогрузчик и электропогрузчик. Автопогрузчики используют на складах открытого типа, а если планируется использовать автопогрузчик внутри закрытого склада, то склад должен иметь мощную вентиляцию, а на погрузчик должен быть установлен нейтрализатор отработанных газов. Вилочные погрузчики используются для работы со штучными грузами [4]. В качестве основного рабочего органа служат вилы – две массивные полосы, изогнутые

под углом 90° . Подъем и опускание ви́л с грузом производится вертикальным гидравлическим телескопическим подъемником.

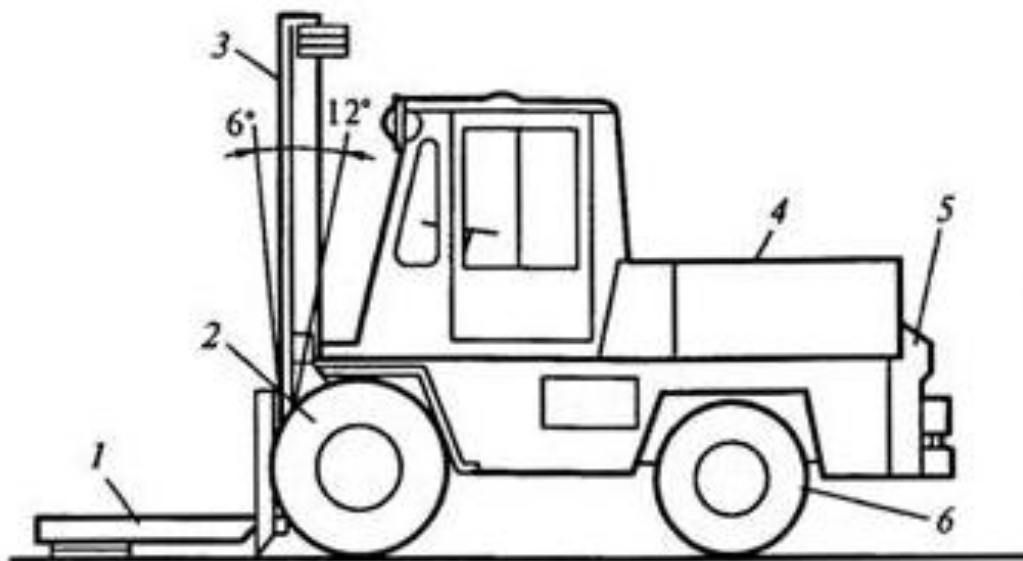


Рисунок 3 – схема вилочного погрузчика

Вилочный погрузчик (рисунок 1) состоит из пневмоколесного ходового устройства с передними ведущими двускатными колесами 2 и задними управляемыми односкатными колесами 6, фронтального гидромеханического грузоподъемника 3 со сменным рабочим органом 1, противовеса 5, двигателя внутреннего сгорания 4, механической, гидромеханической или гидростатической трансмиссии, механизма передвижения, гидросистемы грузоподъемника и системы управления. Рулевое управление погрузчика снабжено гидроусилителем. Противовес обеспечивает собственную и грузовую устойчивость движущегося погрузчика [6]. Основным рабочим органом автопогрузчиков является вилочный подхват в виде двух-трех изогнутых под прямым углом стальных брусьев, которые подводятся под груз, размещенный на подкладках.

Штабелер — это транспортное средство, оборудованное механизмом для подъёма, штабелирования или перемещения грузов. Штабелер, имеет электропривод для поднятия груза, и по устройству напоминает электропогрузчик. Но, в отличие от них, электрические и самоходные модели штабелеров более компактны и предназначены исключительно для работы в

помещениях. Именно по этой причине не существует бензиновых и дизельных штабелеров. Штабелерам для стабильной работы требуется ровный пол, но при этом они обладают лучшей маневренностью среди всех типов погрузчиков. К тому же от погрузчиков их отличает меньшая стоимость.

Существуют несколько разновидностей штабелеров:

Ручные гидравлические штабелеры не требуют электричества для питания, вся работа осуществляется складскими работниками. Физический труд облегчается за счет использования встроенного гидроцилиндра, который приводится в действие нажатием на педаль или накачиванием рукоятки. Конструктивно все модели гидравлических ручных штабелеров представляют собой жесткую металлическую трапецию на ведущих колесах и шасси с подкатными вилами. Ручные гидравлические штабелеры не требуют особых навыков для управления, они имеют самую низкую стоимость и из-за простой конструкции достаточно надежны [7]. Но тем не менее они имеют серьезные недостатки, такие как низкая максимальная грузоподъемность и маленькая скорость передвижения и подъема груза, потому что работник осуществляет всю работу своими силами, из-за чего мы имеем крайне низкий грузооборот.

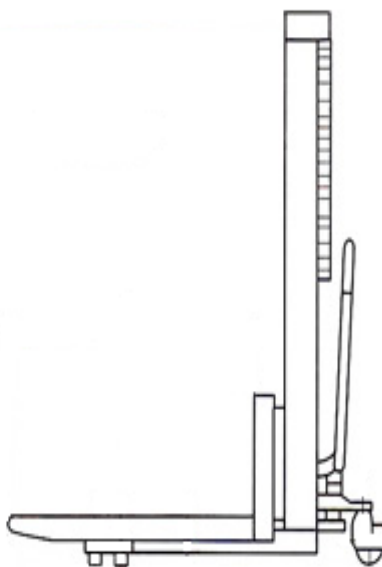


Рисунок 4 – Схема ручного гидравлического штабелера

Полуэлектрический штабелер представляет из себя усовершенствованный ручной гидравлический штабелер. Его передвижение так же осуществляется силами работника склада, но подъем груза происходит автоматически, благодаря электрическому подъемному механизму, что приводит к увеличению скорости погрузочных работ в несколько раз. Источником питания выступает аккумуляторная батарея. Принцип действия полуэлектрического штабелера таков: гидроузел начинает работать с помощью двигателя, меняя давление масла и обеспечивая ход цилиндров. Как правило полного заряда хватает на одну рабочую схему [10].

Последняя разновидность штабелера, это самоходный штабелер. Он имеет самую высокую производительность, так как оборудован двумя приводами, один для подъема груза, а второй для передвижения. Их функциональность ближе всего к электрическим вилочным погрузчикам. При схожести рабочих функций с функциями работы погрузчика между этими двумя машинами есть существенная разница. Она заключается в одной конструкционной особенности: погрузчик является сбалансированной машиной, штабелер — нет. У погрузчиков со стороны, противоположной размещению вил, находится противовес, то есть утяжелённая часть. У штабелера в конструкции такого нет, поэтому он занимает меньше места в проходах. Но груза он потому поднимает меньше, да и вилы должны быть опорными [18]. Так что самоходный штабелер обладают плюсами электрического погрузчика и лишен таких минусов, как низкая маневренность и высокая стоимость. Так же эти штабелеры можно оборудовать площадкой или даже кабиной, чтобы избавить оператора от необходимости сопровождать штабелер.

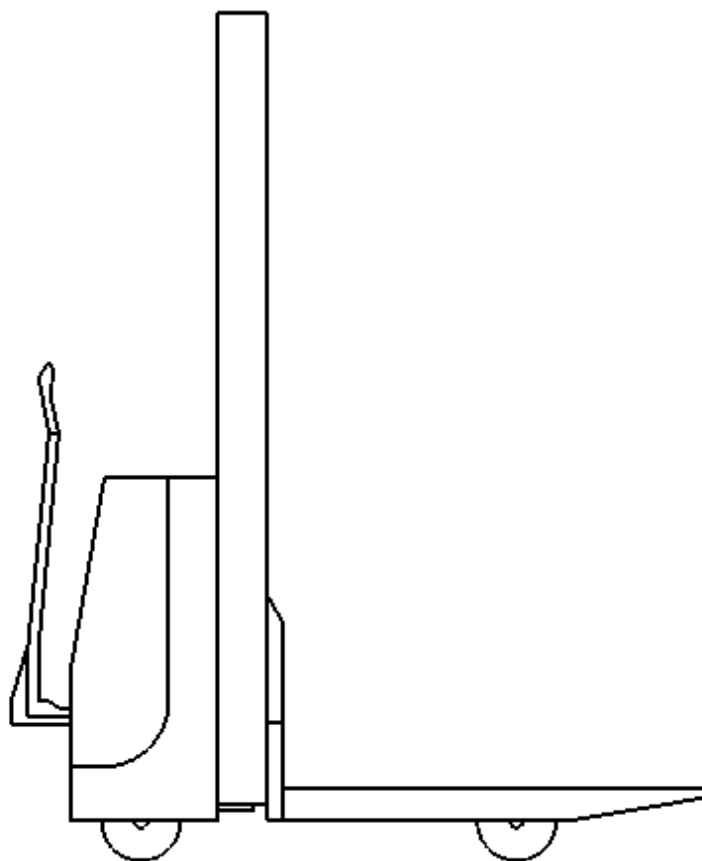


Рисунок 5 – Схема самоходного штабелера

Можно сделать вывод, что самая оптимальная конструкция погрузчика эконом-класса — это самоходный штабелер, так как он обеспечивает комфортное перемещение грузов на складах площадью до 50 метров, обладая прекрасной маневренностью и небольшой ценой. Существующие на рынке самоходные штабелеры имеют цену от 300 тысяч рублей, но оптимизировав их конструкцию, можно добиться цены примерно в 50 тысяч рублей.

2.2 Разработка электропривода грузоподъемного механизма

Практически все существующие аналоги разрабатываемого электропривода оснащаются коллекторными электродвигателями, которые просты, доступны и недороги. Их главный недостаток – низкая надежность вследствие износа щеток и обгорания коллектора. Однако эта проблема легко

решается своевременным регламентно-техническим обслуживанием. На первом этапе будем рассматривать такой вариант как основной.

В дальнейшем представляется целесообразным исследовать возможность применения вентильных двигателей, поскольку их главный недостаток – сложность электронной схемы имеет устойчивую тенденцию к снижению из-за бурного развития электроники в последние десятилетия.

Подобные рассуждения применимы и к возможности использования частотно-регулируемого привода. На наш взгляд, заслуживает внимания исследование возможности использования асинхронных двигателей авиационного стандарта – 400 Гц. При малых габаритах они развивают достаточно высокую мощность, а схема управления при частоте 400 Гц упростится и удешевится за счет уменьшения номиналов используемых реактивностей [13].

Электродвигатель для транспортного средства интересующего нас класса может быть классическим электродвигателем с редуктором или без него и мотор-колесом. Рассмотрим их по порядку.

В мотор-колесе объединены в единый агрегат низкооборотный электродвигатель и колесо. В некоторых моделях используются обычные (высокооборотные) двигатели с редуктором. Это удобно для изготовления транспортных средств, но проблематично с точки зрения надежности и ремонтпригодности. Из плюсов можно выделить: простоту установки и обслуживания, компактность, высокий КПД. Но при этом мотор-колесо отличается высокая стоимость [14].

Ниже в таблице 1 приведены характеристики коллекторных электродвигателей мощностью от 150 до 600 Вт, а также бесколлекторного двигателя мощностью от 2,4 до 4,8 кВт. В таблице 2 приведены характеристики мотор-колес.

Таблица 1 – Характеристики электродвигателей.

№ п/п	Назв ание	Мощ ность	Скорость, Об/мин	Крут ящий моме нт	Напря жение питани я	Максима ль- ный ток	Тип редук тора	Приме чания
1	PTC 7152	150	15- 800	4,9...265кг с*см	12	12,5	планетар ный	
2	SF71 52	150	15,0... 910	8,8...100,0к гс*см	24	6,3	цилиндр ический	
3	SF81 56	250	10,0... 610	14,9...300, 0кгс*см	24	10,4	цилиндр ический	
4	PT11 88	600	220	273кгс*см	24	25	планетар ный	
5	WG1 188	600	34...2 02	182,7...730 ,8кгс*см	24	25	червячны й	
6	ДПЗ 50- 24	350	3500	6,00 кг*см	24		нет	
7	Brus hless Etek 36V	2400 3600 4800	1680 2520 3360				нет	Беско ллек- торны й

Таблица 2 – Характеристики мотор-колес

Характеристики	Модель мотор-колеса						
	902	ProKit 901			MagicPie		
	250Вт	500Вт	750Вт	1000Вт	300Вт	600Вт	800Вт
Частота вращения максимальная (об/мин)	228	343		470	178	270	358
Частота вращения номинальная (об/мин)	204	298		418	159	243	324
Максимальная мощность, Вт	362,5	508,1		1226,89	308,88	600,89	808,16
Номинальная мощность, Вт	170,4	319,8		544,40	148,78	256,26	379
Максимальный момент, Нм	20,03	18,24	27,3	37,42	22,63	29,73	27,66
Номинальный момент, Нм	7,95	10,24		12,45	8,94	10,07	11,17
Максимальный ток, А	13,53	18,43		37,46	19,8	24,72	23,45
Номинальный ток, А	5,79	10,92		13,42	8,14	8,94	9,99
Напряжение, В	24-36	36	36	48	24	36	48
КПД, %	81,7	81,4		84,3	76,1	79,2	79
Масса, кг	2,6 (3,0)	5	5	5	6,2	6,2	6,2
Скорость транспортного средства, км/ч	22	33		45	25	33	45

Для разработки электропривода грузоподъемного механизма рассмотрим параметры требуемого двигателя. Наиболее подходящие вид двигателя – коллекторный [11].

Рассмотрим мотор-редуктор WG1188. Это реверсивный коллекторный двигатель с червячным редуктором. В таблице 3 представлены параметры мотор-редуктора WG1188

Таблица 3 – Характеристики мотор-редуктора WG1188

Мощность Вт	600
Скорость об/мин	34...202
Крутящий момент кгс*см	182,7...730,8
Напряжение питания В	24
Максимальный ток А	25

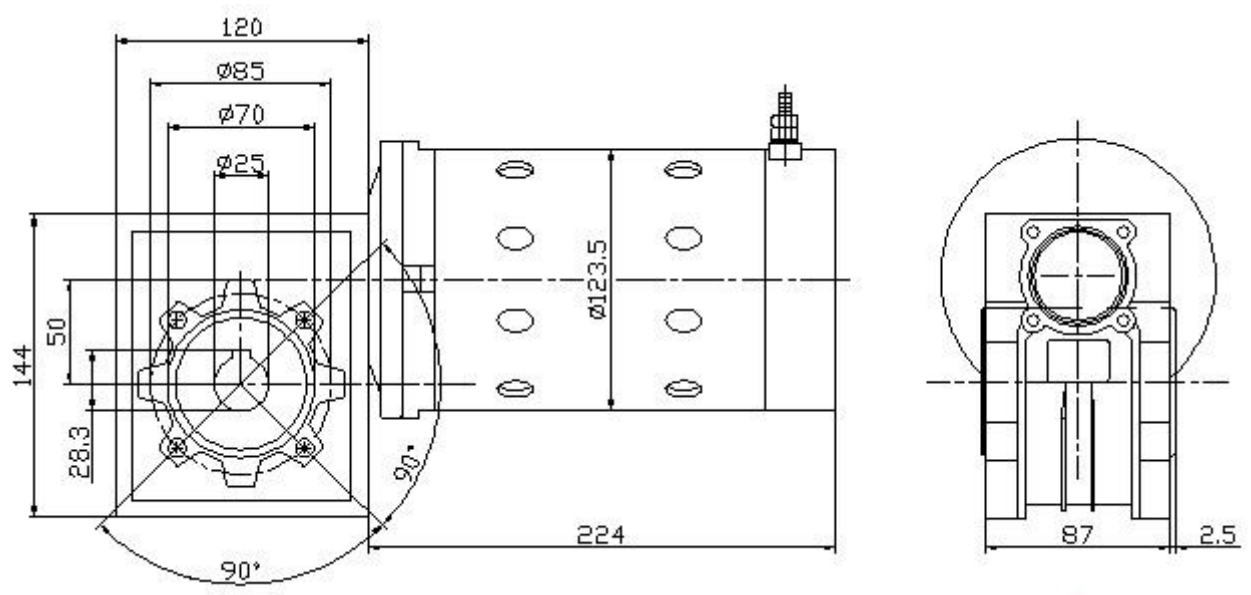


Рисунок 6 – Габаритные и присоединительные размеры WG1188

Этот двигатель имеет небольшие габариты, реверс, а также подходящие параметры. Поэтому для грузоподъемной системы мы выбираем этот двигателем с редуктором 1/40.

2.3 Разработка электропривода ходового механизма

Для двигателя ходового механизма нам требуется коллекторный двигатель с мощностью в 300 Вт. Для этого подойдет электродвигатель постоянного тока ДП500-24. На таблице 4 предоставлены характеристики данного двигателя:

Таблица 4 – Характеристики электродвигателя постоянного тока ДП500-25

Мощность, Вт	500
Скорость холостого хода, об/мин	3000
Номинальный крутящий момент двигателя, кг•см	12
Напряжение питания, в	24

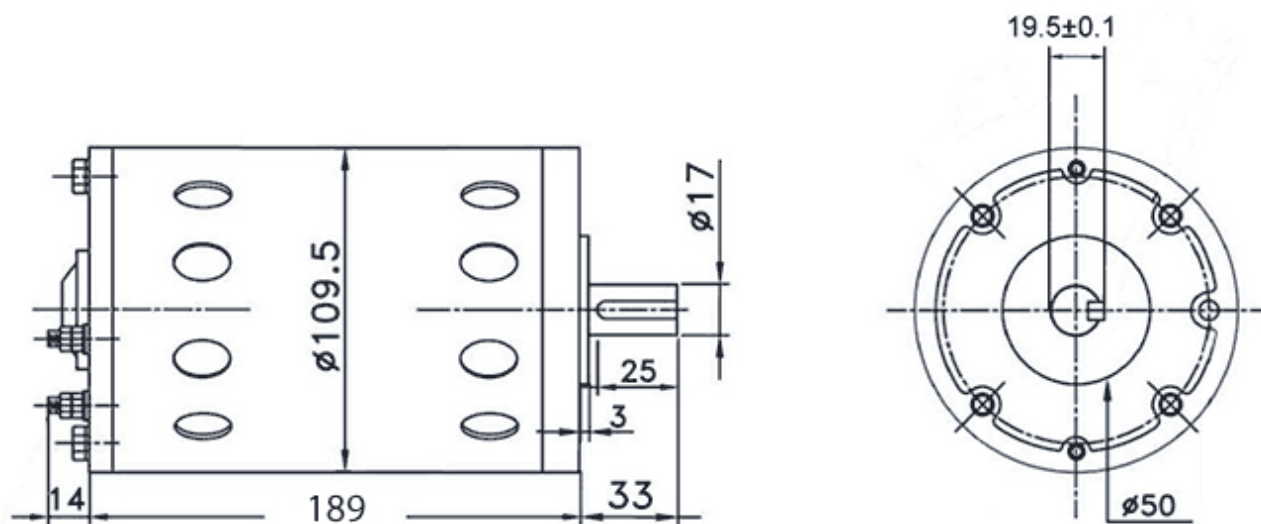


Рисунок 7 – Габаритные размеры двигателя ДП500-24

3. Разработка систем обеспечения работы погрузчика.

3.1 Система энергообеспечения

3.1.1 Свинцовые аккумуляторы

Для разработки системы энергообеспечения погрузчика эконом класса рассмотрим существующие типы аккумуляторов и начнем со свинцовых. Главный недостаток гальванических элементов – их бесполезность после однократного разряда. От такого недостатка свободны аккумуляторы, которые могут многократно заряжаться и разряжаться. Самый известный из них тип – свинцовые, применяющиеся на автомобилях. Их также называют кислотными.

Главное качество таких аккумуляторов, определившее незаменимость на автомобилях – значительно меньшее, чем у других типов, внутреннее сопротивление. Это связано с применением электрических стартеров, рабочий ток которых нередко превышает 100А. Если источник тока будет иметь большое сопротивление, то при напряжении 12 или 24 В стартер не сможет развить необходимую мощность. Кроме стартерных кислотных аккумуляторов, широко распространены тяговые, применяющиеся в электротранспорте, в частности, на электропогрузчиках. Также свинцовые аккумуляторы находят применение в блоках бесперебойного питания и многих других устройствах.

По конструкции свинцово-кислотные аккумуляторы бывают обслуживаемые и необслуживаемые. Обслуживаемые требуют в процессе эксплуатации определенного ухода. Необслуживаемые — являются герметичными работают в любом положении и не требуют ухода.

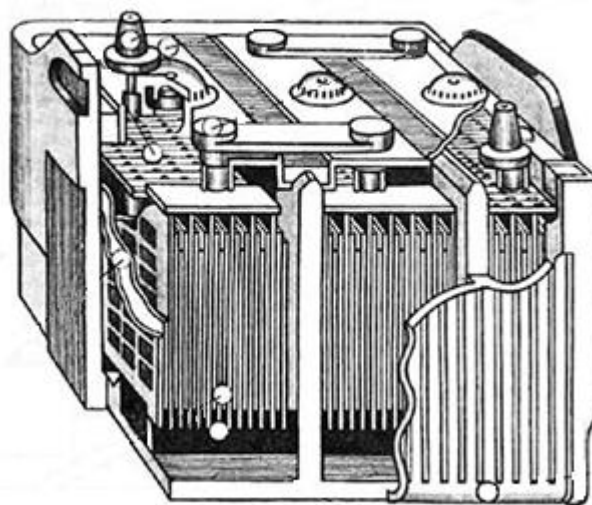


Рисунок 8 – Свинцовая аккумуляторная батарея

В корпусе из диэлектрического материала размещаются положительный и отрицательный электроды, разделенные во избежание замыкания, сепараторами и электролит – водный раствор серной кислоты H_2SO_4 . Концентрация серной кислоты обычно составляет $1,27 \text{ г/см}^3$. Вода используется непременно дистиллированная, так как содержащиеся в водопроводной соли кальция и магния заметно снижают срок службы аккумулятора.

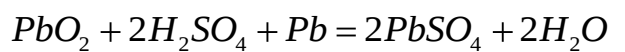
Электроды современных свинцовых аккумуляторов представляют собой решетку из свинца с упрочняющими добавками, которая заполнена активным веществом. Для положительных электродов это двуокись свинца PbO_2 , а для отрицательных – чистый свинец в виде губки, что увеличивает площадь взаимодействия с электролитом [12].

Необходимость упрочнения электродов обусловлена условиями работы автомобилей, прежде всего, вибрацией. Чистый свинец, будучи мягким, при этом быстро бы разрушился. Для придания ему упругости в качестве упрочняющей добавки раньше применялась сурьма. Однако в процессе работы аккумулятора она вступала в реакцию с водой и уменьшала ее количество. Приходилось постоянно контролировать уровень электролита и, по мере

надобности, доливать дистиллированную воду. Для этого на аккумуляторах имеются специальные винтовые пробки, а сами аккумуляторы называются обслуживаемыми.

Позже появились необслуживаемые аккумуляторы, в которые не нужно доливать воду. Внешне их легко отличить от обслуживаемых по отсутствию пробок. В них вместо сурьмы используется кальций. Также в современных свинцовых аккумуляторах электролит может быть не жидкий, а желеобразный. Их называют гелевыми. На химические процессы это не влияет.

Окислительно-восстановительная реакция в свинцовом аккумуляторе выражается формулой



В заряженном аккумуляторе плотность электролита максимальная, а электроды чистые. При разряде сера из кислоты начинает соединяться со свинцом электродов и откладываться на них в виде сульфата свинца $PbSO_4$ с образованием воды. Плотность электролита от этого снижается. При заряде происходит обратный процесс – сульфат свинца возвращает серу в кислоту, восстанавливая исходную плотность электролита и чистоту электродов.

Напряжение на одном заряженном аккумуляторе составляет 2В, поэтому для достижения требуемого напряжения их объединяют в аккумуляторные батареи по 6 или 12 штук с общим напряжением 12 и 24 В соответственно.

Необходимо отметить, что понятия «аккумулятор» и «батарея» часто используются неправильно [19]. С литературной точки зрения, батарея – это система из однотипных элементов. Поэтому химический источник тока под капотом автомобиля – не аккумулятор, а аккумуляторная батарея. Это относится и к гальваническим элементам. Нередко можно слышать выражения вроде «пальчиковая батарейка» или что-то подобное. С научной точки зрения, это гальванический элемент. Но общеизвестная «Крона» - уже является батареей, так как 9В на ее выходе получается при последовательном соединении 6 гальванических элементов.

Учитывая распространенность свинцовых аккумуляторов, во всем мире постоянно ведутся исследования с целью их совершенствования. Для специальных условий эксплуатации выпускаются вибростойкие и циклостойкие аккумуляторные батареи. Известны конструкции для холодных районов с внутренним электроподогревом и многие другие. Есть информация об использовании вместо традиционных электродов в виде решеток материалов из переплетенного углеродного волокна, покрытого слоем свинца. В продаже таких аккумуляторов пока нет, но разработчики обещают начать их выпуск в ближайшее время. Такой конструктивный подход считается весьма перспективным – при значительном уменьшении веса улучшатся электрические характеристики и уменьшится время зарядки.

При эксплуатации и хранении кислотные аккумуляторы требуют к себе внимания. Хотя кислотный электролит замерзает при -55°C , в холодную погоду его сопротивление увеличивается и автомобиль может не завестись. Поэтому желательно перед поездкой морозной зимой снимать аккумуляторную батарею и уносить в теплое помещение. Также данный тип аккумуляторов не переносит глубокого разряда. В результате его происходят необратимые изменения и срок службы значительно снижается.

Хранят свинцовые аккумуляторы только в заряженном состоянии, постоянно контролируя их напряжение. При необходимости производят подзарядку. Периодически для нормализации химических процессов полезно проводить контрольно-тренировочные циклы, то есть разряд и заряд номинальными токами.

Наконец, говоря о свинцовых аккумуляторах, нельзя оставить в стороне токсичность свинца. В настоящее время этот металл стоит достаточно дорого и его охотно принимают на утилизацию. Раньше это было проблемой и из аккумуляторного свинца в лучшем случае выплавляли кустарным способом грузила для рыбалки и некоторые подобные изделия. Чаще же старые аккумуляторы просто выбрасывали на свалку, загрязняя окружающий мир.

3.1.2. Щелочные аккумуляторы

Щелочные аккумуляторы, как и кислотные, имеют в своем составе анод, катод и электролит. Они также объединяются в батареи для получения более высокого напряжения. Материалы для изготовления положительного и отрицательного электродов применяются различные, их мы рассмотрим чуть позже, а в качестве электролита используются щелочи – гидроксид калия KOH и гидроксид лития LiOH или их смесь.

Первый щелочной аккумулятор был изобретен шведским ученым Юнгером еще в 1899 году. Его положительный электрод был изготовлен из никеля, а отрицательный – из кадмия. Позже Эдисон доказал, что кадмий можно без ущерба заменить железом. В обеих конструкциях в качестве электролита применялся гидроксид калия с добавкой гидроксида лития. Никель-кадмиевые и никель-железные аккумуляторы продолжают использоваться и в наше время.

Пластины электродов изготовлены из стальных никелированных рамок, содержащих ламели из пористой никелированной стали, в которых помещена активная масса. В качестве активной массы анода современного никель-кадмиевого и никель-железного аккумулятора используется гидрат окиси никеля NiOOH . Для увеличения электропроводности и продления срока службы в него добавляется графит и окись бария. В никель-кадмиевом аккумуляторе катодная масса состоит из порошков кадмия с железом, а в никель-железном – из порошкового железа и оксида железа с небольшим количеством сернистого железа и сернокислого никеля. Электролит стандартный из смеси гидроксидов калия и лития [20].

Максимальная ЭДС никель-кадмиевых и никель-железных аккумуляторов достигает 1,36 В, однако из-за большего, чем у свинцовых, внутреннего сопротивления считается, что при номинальной нагрузке ЭДС снижается до 1,25 В. Такая величина считается номинальной. Это весьма

существенный недостаток, поскольку при объединении в батарею требуется большее количество аккумуляторов.

По энергоемкости аккумуляторы данного типа соизмеримы со свинцовыми, а в качестве стартерных источников питания менее пригодны, так как имеют меньший максимальный разрядный ток вследствие большего внутреннего сопротивления.

Есть у щелочных аккумуляторов и положительные качества. Главное из них – большой срок службы – до 25 лет и более. В целом они менее капризны, чем кислотные, могут без заметного ущерба храниться в разряженном состоянии, заряжаются значительно быстрее. Поскольку ЭДС у щелочного аккумулятора незначительно меньше, чем у гальванического элемента, для многих портативных устройствах выпускаются аккумуляторы с габаритами привычных всем «батареек».

В разное время были разработано большое количество других типов щелочных аккумуляторов на основе ртути, хрома, серебра и других элементов таблицы Менделеева. Большинство из них не получили широкого распространения, но некоторые стоит отметить. В частности, хорошими техническими характеристиками обладают цинк-серебряные аккумуляторы. Однако их главный недостаток – высокая цена, обусловленная применением в качестве окислителя оксида серебра. По этой причине они нашли применение лишь в военной и космической сфере.

Интересные результаты получены при использовании водорода в качестве катодного материала. Для реализации окислительно-восстановительной реакции с участием водорода применяют никелевый электрод с платиной в качестве катализатора. Энергоемкость таких аккумуляторов очень высока, но их производство связано с технологическими трудностями. В частности, водород должен находиться под очень большим давлением, что предполагает наличие прочного корпуса. В последнее время для снижения давления стали применять специальные интерметаллические соединения никеля с редкоземельными металлами. Они позволяют удерживать большое количество

водорода, которое освобождается в ходе химической реакции. Давление в аккумуляторе такой конструкции около 5 атмосфер, что достаточно безопасно.

Другим достижением можно считать изобретение твердых электролитов на основе керамики. В качестве примера можно привести серно-натриевую систему, работающую при температуре почти 300°C. В ней активные массы серы и натрия находятся в расплавленном состоянии. Несмотря на сложность, такой аккумулятор считается перспективным из-за превосходящей возможности аналогов удельной энергии. Есть мнение, что он может успешно применяться в электромобилях.

3.1.3. Литиевые аккумуляторы

В 60-е годы прошлого века началась эпоха микросхем в электронике, а уже в 70-е тенденция миниатюризации технических устройств стала всеобъемлющей, затронув и сферу источников питания. В результате появились компактные аккумуляторы с литиевым анодом, заметно превосходящие по эксплуатационным показателям все аналоги. Сейчас они используются в сотовых телефонах, компьютерах, а также в военной сфере, например, в качестве источников энергии беспилотных летательных аппаратов. На сегодняшний день это самые энергоэффективные аккумуляторы. Промышленность выпускает их в самых разных вариантах.

Электроды литиевого аккумулятора выполнены в виде фольги – алюминиевой для анода и медной для катода. На слоях фольги закреплен анодный и катодный материал, а между ними размещен пропитанный электролитом сепаратор. Литий в чистом виде входил в состав первых аккумуляторов, однако он оказался пожароопасен и даже мог привести к взрыву аккумулятора.

По этой причине сейчас вместо него в составе катода применяют различные соединения лития. Различным может быть и материал анода. Основными электрохимическими комбинациями являются литий-кобальтовые

и литий-ферро-фосфатные. Именно они применяются в большинстве сотовых телефонов и компьютеров и характеризуются следующими параметрами.

Напряжение единичного элемента находится в пределах от 2,5 до 4,23 В. Номинальной считается величина 3,6 В. Удельная энергоемкость составляет от 110 до 230 Вт/А*ч, что значительно больше, чем у других существующих типов. Число циклов заряда-разряда, при котором сохраняется 80% номинальной емкости составляет 600. Литиевые аккумуляторы отличаются способностью переносить разряд большими токами и достаточно быстрым зарядом – от 15 минут до 1 часа. В принципе, их можно было бы использовать в качестве стартерных, но они не работают при отрицательных температурах. Другим существенным недостатком является специальный режим заряда. Если кислотные или щелочные аккумуляторы можно заряжать в составе целой батареи определенным током в течение заданного времени, то у литиевых все сложнее. У них зарядка батареи идет индивидуально для каждого аккумулятора и управляется специальным контроллером. Впрочем, эта задача уже считается решенной.

В таблице 5 приведены основные характеристики различных типов аккумуляторов.

Таблица 5 – Основные характеристики различных типов аккумуляторов

Параметр	Тип аккумулятора			
	Pb	NiCd	NiMn	Li-ion
Энергоемкость Вт* ч/кг	30-50	45-80	60-120	90-135
Уном, В	2	1,25	1,2	3,3-3,8
Количество циклов	200-300	1000	300-500	1000-2000

Анализ приведенных в таблице сравнительных характеристик аккумуляторов показывает, что для каждого типа можно найти оптимальную область применения. Свинцовые аккумуляторы, благодаря низкому внутреннему сопротивлению, могут кратковременно переносить разрядные токи в сотни ампер и поэтому способны обеспечить нормальную работу стартера. Щелочные аккумуляторы старого типа для этой цели подходят гораздо хуже, зато они имеют низкую цену, большой срок службы и без проблем переносят хранение в разряженном состоянии. Эти качества позволяют применять их в различных сезонных устройствах, например, в качестве бортовых источников питания речных судов, эксплуатирующихся только летом.

Аккумуляторы на основе лития считаются наиболее совершенными, хотя их применение в зимний период без подогрева невозможно. Кроме приведенных в таблице достоинств, они еще имеют очень малый саморазряд, не требуют при вводе в эксплуатацию проведения контрольно-тренировочных циклов, мало стареют в отсутствие использования. Проводятся исследования по улучшению характеристик аккумуляторов данного типа и в ближайшее время ожидается их существенное удешевление и расширение диапазона рабочих температур.

3.1.4 Выбор аккумулятора

Из проведенного анализа видно, что лучшими характеристиками обладают литиевые аккумуляторы, однако они очень дороги. Соизмеримые по цене и энергоэффективности кислотные и щелочные (никель-кадмиевые и никель-железные) аккумуляторы уступают по энергоэффективности, но доступны с экономической точки зрения.

Свинцовые аккумуляторы целесообразно применять на погрузчиках, эксплуатируемых на открытых площадках, так как они легко переносят отрицательные температуры. Щелочные аккумуляторы хуже работают на морозе, зато имеют больший срок службы и хорошо переносят нарушения

правил эксплуатации – глубокий разряд и т.п. Таким образом, аккумуляторный отсек погрузчика должен допускать применение как кислотных, так и щелочных аккумуляторов.

Максимальную мощность имеет грузоподъемный механизм – 600 Вт. Транспортный двигатель не работает одновременно с грузоподъемным. Режим эксплуатации грузоподъемного механизма - кратковременный. Транспортный двигатель работает чаще, но имеет в 2 раза меньшую мощность. Среднюю энергию, затрачиваемую погрузчиком за рабочий день подсчитать невозможно, поэтому возьмем ее предельное значение, исходя из того, что транспортный двигатель эксплуатируется в 3 раза чаще, чем грузовой. Таким образом, за 8-часовой рабочий день двигатель мощностью 600 Вт работает не более 2 часов, а 300-ваттный – не более 6 часов. Исходя из этих данных выберем аккумуляторы для погрузчика.

Энергия, расходуемая грузовым механизмом, составит

$$W_{\text{гр}} = P \cdot t = 600 \text{ Вт} \cdot 7200 \text{ с} = 4320 \text{ кДж} = 1,2 \text{ кВт ч}$$

Энергия, расходуемая транспортным приводом, составит

$$W_{\text{тр}} = P \cdot t = 300 \text{ Вт} \cdot 21600 \text{ с} = 6480 \text{ кДж} = 1,8 \text{ кВт ч.}$$

Таким образом, за 8-часовой рабочий день погрузчик затратит 3 кВт-часа или 10,8 МДж электроэнергии.

Энергия аккумулятора за 8 часов работы составит

$$W_{\text{акк}} = U \cdot I \cdot 8 \cdot 3600 \text{ с} = U \cdot I \cdot 28800 \text{ с.}$$

Будем полагать, что за рабочий день аккумулятор полностью разрядится, то есть $W_{\text{акк}} = 10,8 \text{ МДж} = 3 \text{ кВт-часа.}$

Рассчитаем требуемый ток

$$I = 10800000 / (24 \cdot 28800) = 15,625 \text{ А}$$

При использовании напряжения бортовой сети 24 В потребуются аккумуляторы емкостью

$$Q = I \cdot t = 15,625 \cdot 8 = 125 \text{ Ач.}$$

Из возможных щелочных аккумуляторов, представляют интерес следующие аккумуляторы, представленные в таблице 6

Таблица 6 Щелочные аккумуляторы

Название	Емкость	Пусковой ток	Напряжение
Batt SUVOROV 63.1	63	520	12
Extra start 55.0	55	450	12
Zap Silver 553 25	53	450	12
Erginex 75.1	75	650	12
GIGAWATT 80.0	80	740	12
STANDARD 100.1	100	790	12
TITAN STANDART 6СТ-135.1	135	880	12
BOSCH T4 640	140	800	12

Как видно из таблицы, у представленных щелочных аккумуляторов напряжение 12 вольт, поэтому для питания электродвигателей мы возьмем по два аккумулятора любого из двух последних в таблице типов.

Аналогично можно выбрать кислотные аккумуляторы. Например, можно взять две батареи 6СТ-140.

3.2 Система управления

Для регулировки тока и реализации защитных функций необходим блок управления. Его целесообразно выполнить по схеме широтно-импульсного (ШИМ) регулятора тока. Принцип такого регулирования поясняется рисунком 9 и заключается в следующем.

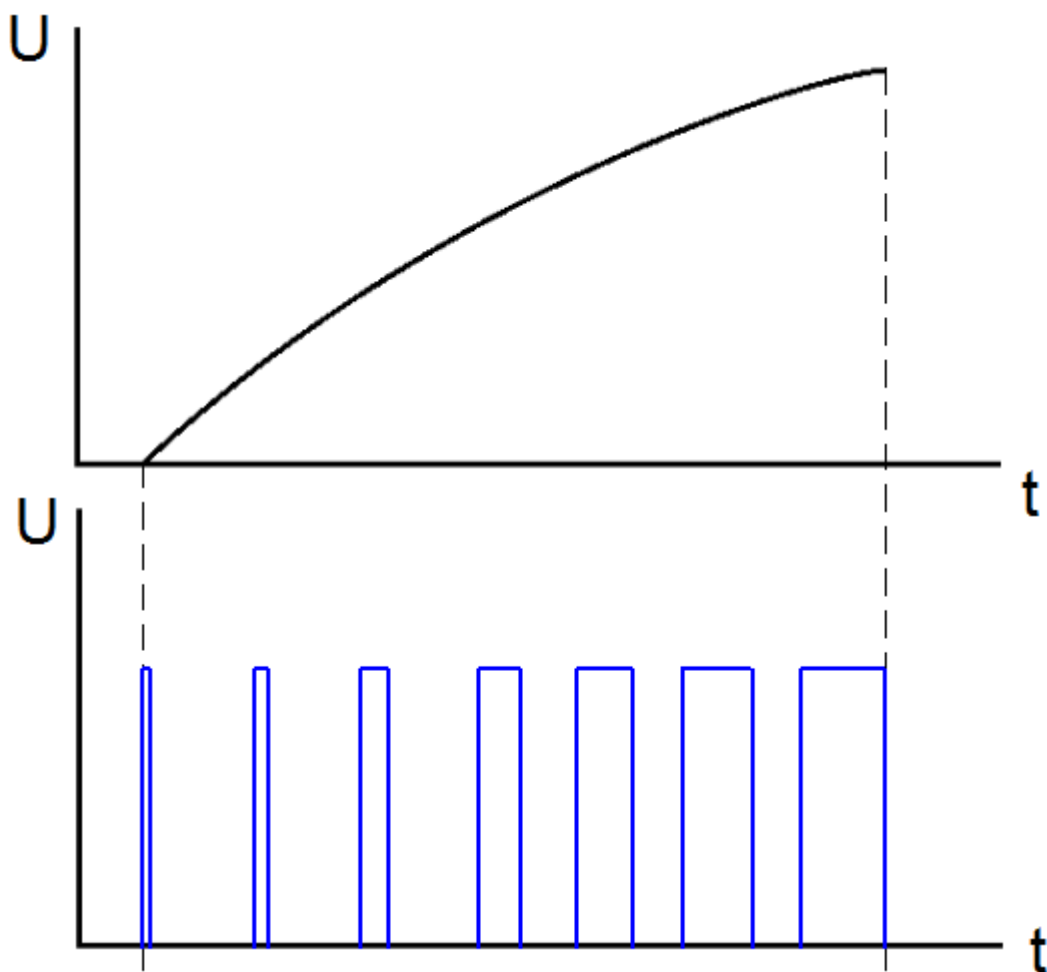


Рисунок 9 – Принцип регулирования ШИМ регулятора тока

Через равные промежутки времени следуют импульсы, длительность которых (ширина на рисунке) пропорциональна величине напряжения исходного сигнала.

Преимущества ШИМ регулирования состоит в том, что ключевой транзистор находится в одном из двух состояний – полностью открыт или полностью закрыт. Наиболее тяжелый режим – прохождение через начальную рабочую точку сведен к минимуму. Закрытый транзистор не греется, потому, что ток через него равен нулю. В открытом состоянии на транзисторе падает незначительное напряжение (примерно 1 В) и при номинальном токе нагрев невелик [21].

Проанализировав существующие ШИМ контроллеры, был сделан выбор в пользу контроллера RBL-20A, так как он больше всего подходит под заданные

параметры и имеет дисплей. Он работает с напряжением 24 вольта и током 20 ампер.

3.3 Зарядное устройство

Для зарядки аккумуляторов должны использоваться эффективные зарядные устройства, обеспечивающие все необходимые виды заряда, профилактику сульфатации пластин и проведение контрольно-тренировочных циклов [16].

Для нормального заряда свинцовых аккумуляторов требуется ток

$$I = Q/10,$$

где Q – емкость аккумуляторной батареи в ампер-часах.

Для щелочных аккумуляторов, в зависимости от типа, зарядный ток может быть $1/4$ или $1/8$ емкости аккумулятора. Тогда для выбранной нами емкости 125 А ч максимальный ток составит

$$I = Q/4 = 125/4 = 31,25 \text{ А.}$$

Напряжение при заряде аккумулятора должно быть выше 24 В на 10-20%, то есть около 28 В. Таким образом, примем следующие минимальные значения зарядного напряжения и тока

$$U = 30 \text{ В}$$

$$I = 32 \text{ А.}$$

Мощность зарядного устройства составит

$$P = U I = 960 \text{ Вт.}$$

Примем, с небольшим запасом, значение 1 кВт.

Простейшее зарядное устройство состоит из трансформатора с возможностью регулировки выходного напряжения, диодного моста и

амперметра. Часто кроме амперметра в схему вводят вольтметр и регулятор тока. Такая схема изображена на рисунке 10

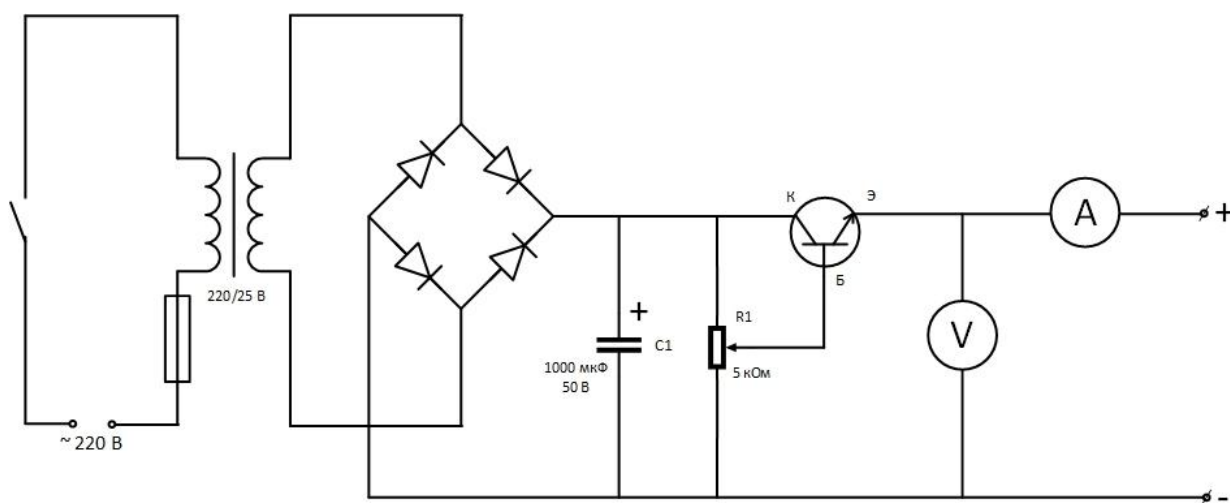


Рисунок 10 – Схема зарядного устройства.

Для проведения контрольно-тренировочных циклов и других возможных вариантов разряда необходима разрядная нагрузка. Как правило, с этой целью применяют лампы накаливания, хотя возможны и другие варианты. Однако применение ламп является самым наглядным и дешевым способом разряда, а их широкий ассортимент позволяет обеспечить необходимый разрядный ток.

Для обеспечения длительной эксплуатации аккумуляторов целесообразно применение заряда знакопеременным током, то есть поочередным зарядом нормальным зарядным током и разрядом током, в 10 раз меньше зарядного. Принцип такого режима иллюстрируется рисунком 11

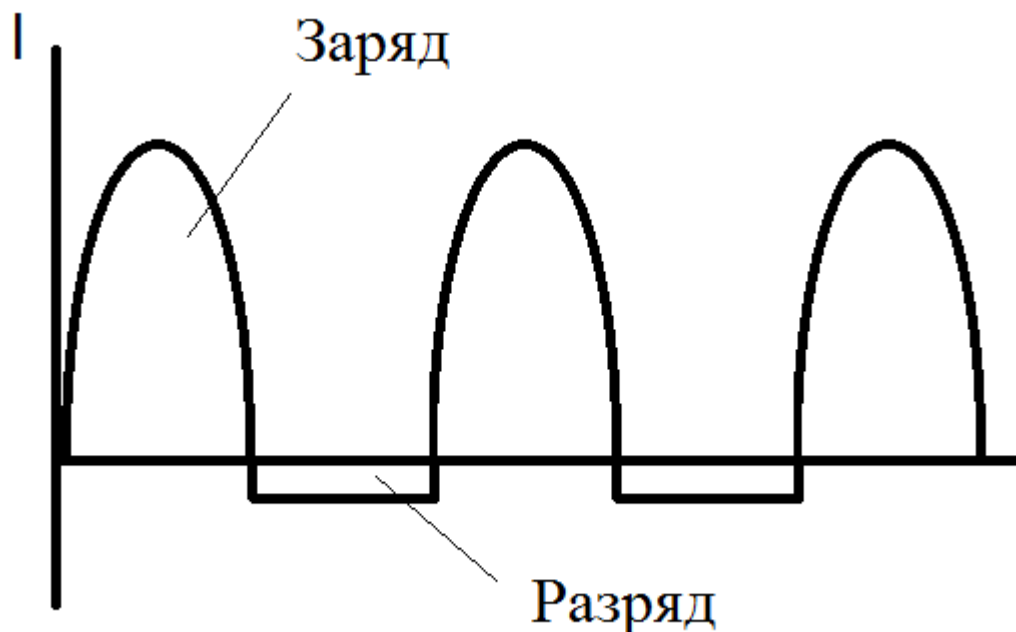


Рисунок 11 – Заряд знакопеременным током.

Такой режим заметно снижает сульфатацию пластин. Для реализации этой идеи в цепи управления ключевыми транзисторами или тиристорами обычно вводят цепь прерывания отпирающего напряжения. Это позволяет сформировать прерывистую последовательность импульсов заряда и разряда. Для разряда параллельно аккумуляторной группе подключается соответствующая активная нагрузка. Это может быть реализовано разными способами.

Самый простой заключается в использовании однополупериодного выпрямителя и разрядного резистора, как это показано на рисунке 12

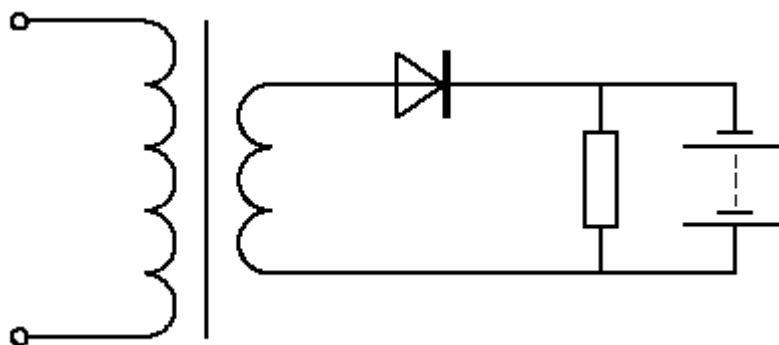


Рисунок 12 – Схема однополупериодного зарядного устройства

В течение активного полупериода происходит заряд током, вдвое превышающим ток нормального заряда, так как с учетом наличия пассивного полупериода требуемый зарядный ток будет обеспечен, поскольку он является интегральной величиной. В пассивный период будет естественным образом происходить разряд током, величина которого подбирается с помощью нагрузочных ламп.

Главное достоинство описанного метода – простота, однако он требует ручного управления и, следовательно, постоянного наблюдения за режимом заряда. Для надежной работы погрузчика стоит разработать специальное интеллектуальное устройство, не требующее участия человека.

Принцип работы такого устройства заключается, во-первых, в автоматическом поддержании требуемого зарядного тока, а, во-вторых, в автоматическом отключении зарядного устройства по окончании заряда [22].

Обеспечение требуемой силы тока может быть обеспечено за счет его стабилизации, например, методом ШИМ. Для этого в схему вводится измерительный шунт и решающая схема. Такую схему можно выполнить на основе микропроцессора. Поскольку разработка микропроцессорных устройств выходит за рамки решаемой в ВКР задачи, детализировать этот момент не будем.

Автоматическое определение окончания процесса заряда может быть также возложено на микропроцессор. В процессе зарядки напряжение на

аккумуляторной батарее, измеренное под нагрузкой, повышается. Точное значение напряжения полностью заряженной батареи меняется в ходе ее эксплуатации. Поэтому предлагается поступить следующим образом. Каждые 20 минут величина измеренного напряжения записывается в память процессора и сравнивается с предыдущим значением. Если аккумулятор заряжен не полностью, то второе значение будет больше первого. Если же через 20 минут напряжение на аккумуляторе не изменилось, значит заряд закончен и процесс можно прервать.

Для заряда щелочных аккумуляторов схема зарядного устройства не меняется. Изменяются лишь его настройки – зарядный и разрядный ток.

3.4. Охрана труда и пожарная безопасность

3.4.1. Общие меры безопасности.

К эксплуатации погрузчика допускается персонал, прошедший обучение и имеющий право работы с данным видом техники.

При работах, связанных с техническим обслуживанием аккумуляторов, необходимо помнить об опасности поражения электрическим током, а также об опасности ожогов серной кислотой или щелочью и опасности взрывов смеси водорода с воздухом.

На дверях комнаты аккумуляторной должны быть сделаны надписи: "Запрещается курить", "Огнеопасно", "Аккумуляторная" или вывешены знаки безопасности согласно требованиям ГОСТ 12.4.026-76 (цвета сигнальные и знаки безопасности) о запрете пользования открытым огнем и курения [17].

3.4.2. Правила электробезопасности.

Эксплуатация аккумуляторных батарей связана с большой опасностью поражения электрическим током, поэтому необходимо соблюдать следующие правила:

а) выполнять работу на аккумуляторных батареях одному специалисту не допускается;

б) при работах с аккумуляторными батареями обязательно применение инструмента с изолированными ручками, диэлектрических перчаток и диэлектрических ковриков или калош;

в) работы, связанные с касанием металлических токопроводящих частей батареи (кроме измерения напряжения) должны производиться только после отключения батареи от нагрузки и зарядно-выпрямительного устройства и разбивки ее на безопасные секции снятием межэлементных соединителей;

При работах с аккумуляторами следует всегда помнить, что они имеют очень низкое внутреннее электрическое сопротивление. Поэтому при случайном замыкании, даже на одном аккумуляторе, возникают большие токи разряда, что может явиться причиной сильных ожогов персонала и выхода из строя части или всей батареи.

При измерении напряжения аккумуляторов для контакта измерительных щупов измерительного прибора с выводами аккумуляторов следует пользоваться отверстиями на изоляционных крышках.

При работах с батареями, межэлементные соединения которых не защищены изоляционными крышками, запрещается применение неизолированного инструмента, а также ношение обслуживающим персоналом металлических браслетов и колец. Следует также исключить падение на открытые металлические части батареи токопроводящих предметов.

3.4.3. Правила безопасности при работе с кислотой и электролитом

При работах с кислотой и электролитом обязательно применение резиновых перчаток, грубошерстного костюма или хлопчатобумажного костюма с кислотостойкой пропиткой, защитных очков и резинового фартука.

Кислота хранится в стеклянных закупоренных бутылках. Эти бутылки должны храниться в отдельной комнате рядом с аккумуляторной. Каждая бутылка должна содержать бирки с названием содержимого.

При попадании кислоты или электролита на кожу необходимо снять кислоту ватным или марлевым тампоном, затем место попадания промыть водой и 5% раствором пищевой соды, и снова водой.

При попадании брызг кислоты или электролита в глаза необходимо немедленно промыть их большим количеством воды, затем 2% раствором пищевой соды и снова водой и обратиться к врачу.

Кислота или электролит, попавшие на одежду, нейтрализуется 10% раствором кальцинированной соды.

3.4.4. Правила пожарной безопасности

Вблизи аккумуляторов запрещено курение и применение открытого пламени.

Запрещается производство работ с аккумуляторами в одежде, способной накапливать статическое электричество.

При работах с аккумуляторами, находящимися в режиме заряда, применение инструмента и приборов, способных произвести искрообразование не допустимо.

При работах с аккумуляторами, находящимися в нормальном режиме работы (не заряда), применение инструмента и приборов, способных произвести искрообразование, допустимо на расстоянии более 0,5 метра от вентиляционных пробок и предохранительных клапанов аккумуляторов.

При работах с аккумуляторами, для местного освещения, допускается применять переносные лампы только с взрывобезопасной арматурой.

Если на аккумуляторах или вблизи них необходимо проведение работ, связанных со сваркой, пайкой, применением оборудования, способного вызвать искрообразование, батарея должна быть отключена от зарядно-выпрямительного устройства и нагрузки на все время проведения работ. А в аккумуляторном помещении перед началом работ должно быть проведено искусственное проветривание длительностью не менее 1 часа.

3.5 Оценка затрат

Рассчитаем с экономической точки зрения, сколько средств уйдет на разрабатываемый погрузчик эконом класса. Представим в виде таблицы 7

Кроме двух электродвигателей, аккумулятора и ШИМ регулятора, которые мы выбрали в прошлых разделах, также потребуются 2 ведущих и 2 опорных колеса, корпус, в котором будут находиться электродвигатели, аккумулятор и ШИМ регулятор. А также ручка манипулятор и мачта с вилами [8].

Таблица 7 Средства, затраченные на погрузчик эконом класса.

Наименование	Количество	Цена, руб
Мотор-редуктор WG1188	1 шт	14863
Электродвигатель ДП 500 - 24	1 шт	5538
ШИМ регулятор 20А 24В	1 шт	558
Ведущее колесо	2 шт	1456
Опорное колесо	2 шт	2015
Корпус	1 шт	7846
Вилы с мачтой	1 шт	8312
Ручка манипулятор	1 шт	3678
TITAN STANDART 6СТ-135.1	2 шт	5400
Сумма		49666

Заключение

Выполнена разработка электроприводов для электропогрузчика эконом класса.

На первом этапе мы рассмотрели имеющиеся аналоги электропогрузчиков, чтобы определить оптимальный вид погрузчика с небольшой грузоподъемностью для закрытых складов. Затем мы рассмотрели требования к электроприводам подобного погрузчика и произвели расчеты. После этого для грузоподъемного и ходового механизма.

На втором этапе были анализированы виды аккумуляторных батарей, чтобы найти подходящий для разрабатываемого погрузчика. После проведения расчетов были выбраны щелочные батареи.

На заключительном этапе мы разработали систему управления электроприводами и систему зарядки для аккумуляторной батареи. Также затронули тему охраны труда и пожарной безопасности.

Список используемых источников

1. Платов В.И., Гончаров А.В. Электровелосипед/ Научно-издательский центр «Априори». Сборник статей, Краснодар, 2014. с.9
2. Платов В.И., Гапченко Ю.А., Гончаров А.В. Электропривод для велосипеда/ Научно-издательский центр «Априори». Сборник статей, Краснодар, 2014. с.4
3. Гончаров А.В. Электропривод для велосипеда/ Патент на полезную модель № 140485 - 2013г.
4. Гончаров А.В. Электровелосипед/Патент на полезную модель № 140141 – 2013 г.
5. Конструкция автомобильных трансмиссий: Учебное пособие / В.И. Песков. - М.: Форум: НИЦ ИНФРА-М, 2013. - 144 с.: 60х90 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат). (обложка) ISBN 978-5-91134-748-2, 500 экз.
6. Энергетические аспекты функционирования транспортных систем / Бирюков В.В. - Новосиб.:НГТУ, 2014. - 264 с.: ISBN 978-5-7782-2538-1
7. Повышение эффективности систем тягового электропривода автономных транспортных средств / Аносов В.Н., Кавешников В.М. - Новосиб.:НГТУ, 2014. - 220 с.: ISBN 978-5-7782-2574-9
8. Волгин, В. В. Продавец запасных частей [Электронный ресурс] : Учебник / В. В. Волгин. - 4-е изд. - М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2013. - 608 с. - ISBN 978-5-394-01589-2.
9. Погрузка и разгрузка [Электронный ресурс] : Справочник груз-менеджера / Авт.-сост. В. В. Волгин. - 3-е изд. - М. : Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2012. - 592 с. - ISBN 978-5-394-01621-9.
10. Никитенко, Г.В. Электропривод производственных механизмов [Электронный ресурс] : учебное пособие / Г.В. Никитенко;

Ставропольский государственный аграрный университет. –
Ставрополь: АГРУС, 2012. – 240 с. - ISBN 978-5-9596-0778-4.

- 11.Иванов, Г.Я. Электропривод и электрооборудование [Электронный ресурс] : учебное пособие / Г.Я. Иванов, А.Ю. Кузнецов, В.В. Дмитриев; Новосиб. гос. аграр. ун-т. Инженер. ин-т. – Новосибирск, 2011. – 56 с. – Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=515950>
- 12.Бортовые источники и накопители энергии автотранспортных средств с тяговыми электроприводами: Учебник / Овсянников Е.М. - М.: Форум, НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 280 с.: 60х90 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат) (Обложка) ISBN 978-5-00091-123-5
- 13.Проектирование механических передач: Учебное пособие / С.А. Чернавский, Г.А. Снесарев, Б.С. Козинцов. - 7 изд., перераб. и доп. - М.: НИЦ Инфра-М, 2013. - 536 с.: 60х90 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат). (п) ISBN 978-5-16-004470-5, 500 экз.
- 14.Встовский, А. Л. Электрические машины [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А. Л. Встовский. - Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2013. - 464 с. - ISBN 978-5-7638-2518-3.
- 15.Складская логистика: Учебник / Иванов Г.Г., Киреева Н.С. - М.: ИД ФОРУМ, НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 192 с.: 60х90 1/16. - (Высшее образование) (Обложка) ISBN 978-5-8199-0645-3
- 16.Зарядно-восстановительное устройство для автомобильных аккумуляторных батарей [Интернет-журнал "Науковедение", Вып. 2 (21), 2014, стр. -]
- 17.Безопасность жизнедеятельности: Учебное пособие / Л.Л. Никифоров, В.В. Персиянов. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 297 с.: 60х90 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат). (переплет) ISBN 978-5-16-006480-2, 500 экз
- 18.Zakhidov R. An Approach to the Creation of the Adaptive Control System for Integration of Nonsteady Power Sources into a Common Electric Power

Grid // Proceedings of the Tenth International Conference on Management Science and Engineering Management. 2016. №1 P. 563-574.

- 19.W.H. Tang, Q.H. Wu Condition monitoring and assessment of power transformers using computational intelligence. Liverpool: The University of Liverpool, 2011. 194 p.
- 20.Riley J. System relay protection. // Competition and choice in electricity – Seattle, 2016. p. 211-220.
- 21.Shaohua C., Ma Biyan A comprehensive and quantitative calculation of the reliability of relay protection systems // Competition and choice in electricity – Seattle, 2016. p. 101-115.
- 22.Jensen C. F. Online Location of Faults on AC Cables in Underground Transmission Systems. Alborg: Department of Energy Technology, 2014. p. 221.