

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»

ИНЖЕНЕРНЫЙ ФАКУЛЬТЕТ  
КАФЕДРА «ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МАШИНЫ И  
ОБОРУДОВАНИЕ»

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА  
ПО ПРОГРАММЕ БАКАЛАВРИАТА

КАЮМОВА ИЛЬДАРА РИФАТОВИЧА

**СОЗДАНИЕ МОДЕЛЬНОГО ОБРАЗЦА  
ГРУЗОПОДЪЁМНОГО УСТРОЙСТВА**

Выполнил:

формы обучения

(специальность):

«Технологические машины

технологического

и

производств»

РАН

Студент 3 курса заочной

Направление подготовки

15.04.02

и оборудование»

Направленность (профиль)

«Инжиниринг

оборудования химических

нефтегазохимических

Руководитель:

Д.т.н., проф., академик

\_\_\_\_\_ Мешалкин В.П.

					<b>8842.661.000.000ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		48

УФА - 2021

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
... 1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР .....	6
..... 1.1 Составные элементы электротельфера	6
..... 1.2 Составляющие элементы подъемного крана	8
..... 1.3 Составные элементы тельфера	10
..... 2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ГРУЗОПОДЪЕМНОГО МЕХАНИЗМА .	13
2.1 Управление грузоподъемностью на основе нечеткой логики, подверженной двухмаятниковому движению в мостовых кранах .....	13
2.2 Патентный обзор	22
..... 3 РЕАЛИЗАЦИЯ МОДЕЛЬНОГО ОБРАЗЦА ГРУЗОПОДЪЕМНОГО УСТРОЙСТВА	28
..... 3.1 Методика проведения лабораторной работы	28
..... 3.2 Детализовка и определение неисправностей, их устранение .....	29
3.2.1 Приведение в движение электротельфера типа CD.....	29
3.2.2 Заземляющий провод	29

					<b>8842.661.000.000ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		48

.....	
3.2.3 Подключение электротельфера к электрической сети .....	29
3.2.4 Закрепление каната .....	30
.....	
3.2.5 Регулирование действия концевого выключателя.....	30
3.2.6 Монтаж монорельсовой ходовой тележки к рельсовому пути и пуск ее в движение.....	31
.....	
4 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ	32
.....	
4.1 Динамическая модель электропривода тельфера	33
.....	
4.2 Методика расчета .....	36
.....	
4.3 Обработка и обсуждение результатов	42
.....	
5 ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ С ЭЛЕКТРОТЕЛЬФЕРАМИ .....	47
.....	
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	49
.....	
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	50
.....	

## Введение

Целью данной выпускной квалификационной работы является изучение подъемно-транспортных установок, эксплуатируемых в различных цехах открытого и закрытого типов. Для этого необходимо провести литературный и патентный анализ уже существующих грузоподъемных

устройств, где будет необходимо установить их слабые и сильные стороны.

Одним из малоизученных тем в сфере грузоподъемных устройств являются модернизация приборов безопасности. Это важный аспект, так как приборы безопасности отвечают не только за сохранность крановой установки, но и жизнь и здоровье работников.

Одним из негативных факторов остро влияющих на работоспособность приборов безопасности являются погодные условия [1]. Это актуально для работы грузоподъемных устройств в условиях Крайнего Севера. Поэтому в данной выпускной квалификационной работе рассмотрим и установим возможность скорректировать скорость срабатывания приборов безопасности при низко отрицательных температурах.

Еще одним из направлений выпускной квалификационной работы будет создание модельного образца грузоподъемного устройства на базе электротельфера Т100-511, который базируется в кабинете 103а инженерного факультета БашГУ. При этом будет необходимо изучить устройство с целью оформления дефектной ведомости, провести закупку дефектных запасных частей и произвести сборку грузоподъемного устройства. В ходе осмотра пристальное внимание обратить на состояние и качество каната крюковой подвески, произвести испытания и расчеты подбора канатного троса. Также необходимо отремонтировать и настроить концевой выключатель.

Основной целью выпускной квалификационной работы является создание рабочего грузоподъемного устройства, что, в свою очередь, будет подсобным инструментом для студентов БашГУ в процессе испытаний и опытов. Также при успешном завершении поставленных целей будет необходимость проанализировать дальнейшее применение данного грузоподъемного устройства.

					<b>8842.661.000.000ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		48

# 1 Литературный обзор

## 1.1 Составные элементы электротельфера

Известны электрические подъемники, содержащие механизм перемещения монорельса, подъемный барабан и пульт управления, расположенный на консоли, установленной на каретке. Однако при подъеме больших и длинномерных грузов такими подъемниками трудно поднимать и опускать пульт управления, расположенный на тельфере вблизи оси монорельса, так как он не имеет подъемного механизма и при перемещении тельфера сопровождается рабочим [2].

Это достигается тем, что пульт управления подвешен на одном конце троса, перекинутого через блок, установленный на конце консоли, а другой конец троса соединен с устройством для подъема консоли, также установленным на каретке, к которой с противоположной стороны консоли жестко прикреплен противовес.

Трос снабжен двумя упорами, взаимодействующими с концевыми выключателями, установленными с обеих сторон блока [3].

На рис.1 показан предлагаемый тельфер, общий вид; на Рис. 2 показан вид вдоль стрелки, а на Рис. 1.

Электрическая лебедка включает в себя механизм перемещения 2, установленный на монорельсе 1, и подвесной к нему подъемный барабан 3. Каретка 4 шарнирно прикреплена к подъемнику с помощью тяги, которая также перемещается по монорельсу. Каретка снабжена установленным сбоку пультом управления 5, подвешенным на тросе 6, перекинутом через блок 7, установленный на конце консоли. Другой конец этого троса прикреплен к устройству 8 для подъема и опускания пульта дистанционного управления. Рядом с блоком 7 установлены концевые выключатели 9, 10, которые срабатывают соответственно в крайнем нижнем и верхнем положениях пульта дистанционного управления. Вес консоли уравновешивается противовесом 11, закрепленным на другом конце консоли. Каретка снабжена считывающими

					8842.661.000.000ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		48

механизмами 12 для автоматической адресации и соответствующими механизмами и электрооборудованием.

Электрический тельфер работает следующим образом.

Рабочий поднимает груз с помощью подъемного барабана и устанавливает адрес на панели управления. После этого устройство 8 включается, панель управления поднимается, и трос наматывается на барабан устройства. При подъеме пульта управления токоведущие провода 13 наматываются спиралью на трос.

Для достижения органами управления самого верхнего положения верхней подвески 14, скользящей по канату, через втулку 15 нажимается концевой выключатель 9. Устройство для подъема и опускания пульта управления выключается, после чего включается механизм перемещения подъемника по монорельсу 1.

После доставки груза по указанному адресу считыватель 12 выключает механизм перемещения, тельфер останавливается, включается устройство 8, трос сматывается с его барабана и пульт управления опускается. Когда пульт дистанционного управления достигает самого низкого положения, стопор 16, закрепленный на тросе, нажимает на концевой выключатель 10, и устройство 8 выключается. Рабочий, нажимая кнопки пульта управления, опускает и устанавливает груз. Затем операция повторяется.

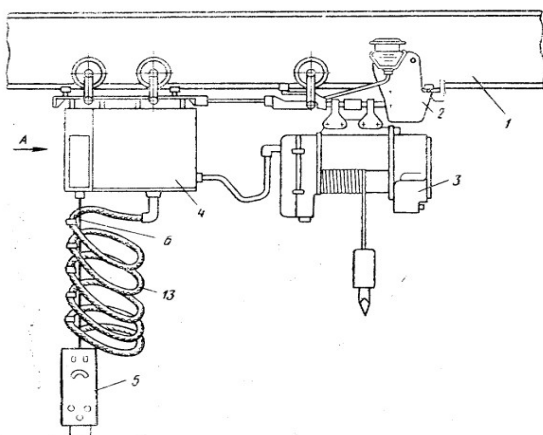


Рис. 1 - Изображение электротельфера

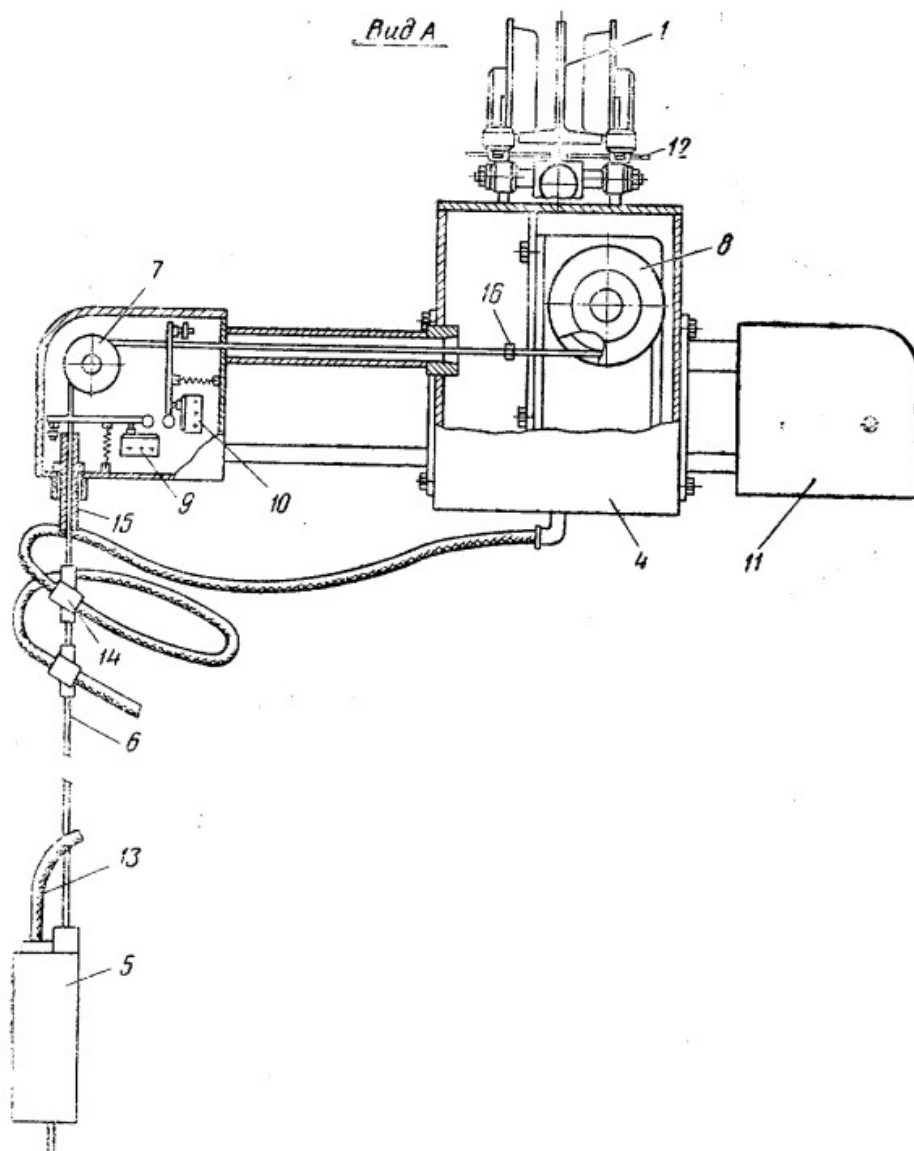


Рис. 2 - Изображение электротельфера по виду А.

## 1.2 Составляющие элементы подъемного крана

Подъемный кран, содержащий опорную колонну и балку, одним концом соединенную с колонной с возможностью радиального перемещения, отличающийся тем, что кран снабжен дополнительной опорой - тельфером, жестко закрепленным на балке, и радиальным монорельсом, неподвижно закрепленным, а опора - тельфер имеет возможность перемещения по монорельсу. Полезная модель относится к грузоподъемным устройствам и может быть использована для механизации погрузочно-разгрузочных работ.

					8842.661.000.000ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		48

Известен кран консольный настенный. Консольный настенный кран представляет собой подвижную опору и балку, соединенную с опорой.

Ближайший аналог-консольный кран [отраслевой каталог. Москва, 1987. Рис. 91], которая представляет собой колонну и балку, соединенную с колонной, имеющей возможность радиального перемещения [4].

Недостатком таких устройств является ограниченная зона обслуживания. Поскольку консольный кран имеет одну опору, увеличить длину балки и зону обслуживания невозможно, но есть решения этой проблемы.

Подъемный кран содержит опорную колонну и балку, один конец которой соединен с колонной с возможностью радиального перемещения.

Новым в полезной модели является то, что кран оснащен дополнительной опорой-тельфером, жестко закрепленным на балке, и радиальным монорельсом, неподвижно закрепленным, а опора-тельфер имеет возможность перемещения по монорельсу. На рисунке 3 показан подъемный кран. На рисунке 4 показана опора-тельфер.

Подъемный кран содержит опорную колонну 1 и балку 2, одним концом соединенную с колонной 1 с возможностью радиального перемещения. Кран также оснащен подвижной опорой-тельфером 3, жестко закрепленным на балке 2, и радиальным монорельсом 4, закрепленным неподвижно.

В исходном положении опора-тельфер 3 вместе с балкой 2 располагается над грузом. После подъема груза балка 2 вместе с опорой-тельфером 3 перемещается по радиальному монорельсу 4 к месту доставки груза, при этом зона обслуживания увеличивается.

Полезная модель относится к грузоподъемным устройствам и может быть использована для механизации погрузочно-разгрузочных работ. Данная модель направлена на увеличение площади обслуживания производственного помещения. Задача решается следующим образом. Подъемный кран содержит опорную колонну и балку, один конец которой соединен с колонной с возможностью радиального перемещения.

					<b>8842.661.000.000ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		48



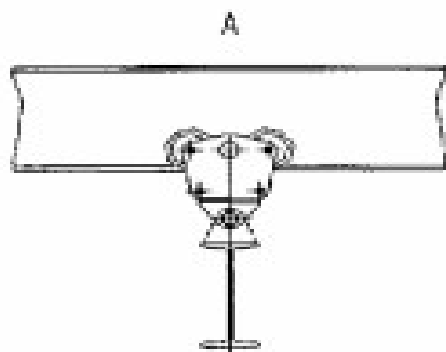


Рис.3 Кран подъемный.

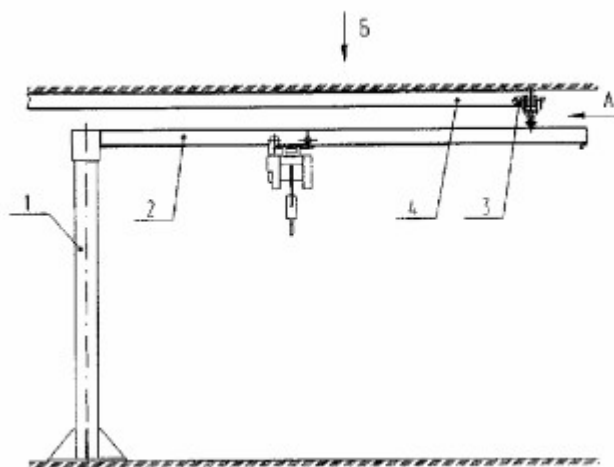


Рис.4 опора-тельфер.

### 1.3 Составные элементы тельфера

Тельфер относится к подъемным механизмам, таким как козловые краны, балочные краны и монорельсы с прямыми гусеницами, установленные на открытом воздухе и оборудованные для перемещения грузов электрическим тельфером различной грузоподъемности.

Известны подъемники, содержащие подъемный механизм, ходовую тележку и механизм перемещения. Движение подъемников осуществляется путем сцепления колес подъемной тележки с полками двутавровых балок.

					<b>8842.661.000.000ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		48

В суровых зимних условиях при температурах значительно ниже  $-20^{\circ}\text{C}$  из-за обледенения и наличия снега на путях движения тельфера такой конструкции невозможно, так как ведущие колеса буксуют [5].

Предлагаемый тельфер снабжен дополнительным тяговым органом, соединенным с главным приводом тельфера и содержащим барабан, на котором образован трос, несущий на концах амортизаторы.

Эти отличия позволяют исключить проскальзывание ведущих колес в условиях обледенения.

Тельфер содержит подъемный механизм 1, ходовую тележку 2, механизм перемещения 3 и дополнительный тяговый орган, включающий барабан 4 с зубчатым венцом, который соединен с ведущим колесом тележки тельфера.

Зубчатое кольцо барабана 4 и зубчатое кольцо ведущего колеса тельфера имеют одинаковое количество зубьев. Чтобы поддерживать одинаковое число оборотов как барабана, так и колеса тележки, диаметры барабана тельфера должны быть одинаковыми. В зависимости от грузоподъемности подъемника на барабан наматываются два-три витка каната 5 диаметром 5-7 мм. На кронштейне 6 во избежание провисания каната установлен опорный ролик 7. Концы троса прикреплены к пружинным амортизаторам 8, которые установлены на концах траектории движения тельфера. Амортизаторы используются для смягчения динамических ударов при старте с места.

Чтобы создать трение между барабаном, Канат должен быть натянут с некоторой силой (в зависимости от грузоподъемности подъемника).

#### Предмет изобретения

Тельфер, содержащий подъемный механизм, ходовую тележку и механизм перемещения, отличающийся тем, что для устранения проскальзывания ведущих колес в условиях обледенения тельфер снабжен дополнительным тяговым органом, соединенным с основным приводом тельфера и содержащим барабан, на котором хранится трос, несущий на

концах

амортизаторы.

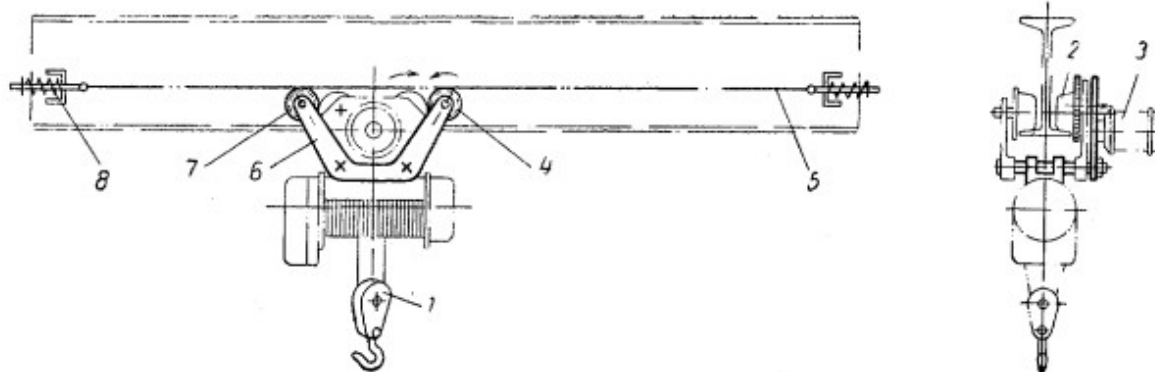


Рис.5 Изображение описываемого тельфера.

## 2 Теоретические основы грузоподъемного механизма

### 2.1 Управление грузоподъемностью на основе нечеткой логики, подверженной двухмаятниковому движению в мостовых кранах

Широко используются мостовые краны. Использование мостовых кранов страдает от естественного колебания полезной нагрузки [6]. Раскачивание снижает не только безопасность, но и проходимость. При определенных условиях эксплуатации колебание совершает двухмаятниковое движение. Эти движения затрудняют управление краном. Нечеткая модель вывода называется «модули правил с одним входом» (SIRM). Модель на основе SIRM предпочтительнее, потому что она может уменьшить количество нечетких правил [7]. В данной статье разрабатывается нечеткий контроллер на основе SIRM для транспортного управления системами с двойным маятником. Контроллер включает шесть динамически взвешенных SIRM. Генетический алгоритм(GA) используется для настройки некоторых параметров контроллера. По сравнению с другими тремя контроллерами, то есть контроллером на основе пассивности, контроллером скользящего режима и контроллером формирования входных данных, представлены результаты моделирования, чтобы показать

производительность и эффективность нечеткого контроллера на основе SIRM для управления транспортировкой систем с двойным маятником.

Мостовые краны из-за большой грузоподъемности широко используются для транспортировки объектов на заводах и строительных площадках. К сожалению, их использование страдает от естественного колебания грузоподъемности крана, которое по своей сути является движением маятникового типа. Принимая во внимание безопасность и точность позиционирования, раскачивание отрицательно сказывается на производительности крана. Хотя опытные операторы могут устранить большую часть колебаний, перемещая краны очень небольшими шагами, такая операция должна снизить пропускную способность [8]. Проблема управления системами маятникового типа возникает из-за некоторых требований к характеристикам, таких как небольшое колебание полезной нагрузки, высокая безопасность, высокая точность позиционирования и короткое время транспортировки.

В последнее время проблема управления стала одной из центральных тем исследований. На эту тему есть много работ. Се, Хуанг и Лян сформировали исходную управляющую команду с помощью непрерывной функции для подавления раскачивания полезной нагрузки. При ограничениях на управляющий вход Sun, Fang и Zhang представили схему управления с обратной связью по выходу на основе энергетической связи. Учитывая задержку на входе и насыщение исполнительного механизма, Чжао и Гао разработали контроллер с обратной связью по состоянию на основе нечеткой модели [9].

Во многих предыдущих работах колебание полезной нагрузки рассматривается как одномаятниковая динамика. Такое соображение исходит из механической конструкции мостовых кранов. Механическая конструкция указывает на то, что мостовой кран состоит из тележки, крюка и полезного груза. В кране трос подвешен под тележкой, крюк поддерживается тросом, а полезная нагрузка прикрепляется к крюку с помощью некоторых такелажных тросов. Предполагая, что крюк и полезная нагрузка моделируются

					8842.661.000.000ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		48

сосредоточенной массой точки можно было нарисовать упрощенную модель крана. Модель предполагает, что кран ведет себя как одиночный маятник.

Однако предположение о сосредоточенных массах не всегда верно. В некоторых условиях эксплуатации крюк и полезный груз следует моделировать двумя распределенными массовыми точками, а не сосредоточенной массой. Это предположение о распределенных материальных точках приводит к динамике двойного маятника [10]. Динамика двойного маятника объединяет два вида маятниковых движений с разными собственными частотами, так что те контроллеры, которые предназначены для сопротивления колебаниям одиночного маятника, не так эффективны, как ожидалось. Задача управления системами маятникового типа также осложняется динамикой двойного маятника. Системы типа двойного маятника впервые исследовали Сингхос и Тоуэлл [11]. После этого они стали привлекательным эталоном, потому что они достаточно просты, чтобы позволить полный динамический анализ и эксперименты, но при этом существуют сильная нелинейность и динамическая связь.

По сравнению с большим разнообразием методов управления для систем с одним маятником, до сих пор сообщалось только о нескольких подходах к управлению для систем с двумя маятниками, например, управление с разъединением, управление на основе пассивности, управление на основе волн, иерархическое управление скользящим режимом и управление формированием входных данных. Эти методы управления можно разделить на категории управления с обратной связью и управление с прямой связью. Общей характеристикой является то, что эти методы основаны на математических моделях. Хотя они могут подавлять движение двойного маятника, эти методы управления могут быть предметом реальных приложений, потому что математические модели трудно узнать. Поэтому в данной статье не пропагандируются эти методы, а скорее нечеткое управление, не требующее математических моделей [12].

Нечеткое управление оказалось эффективным для решения немоделируемой динамики, но этот подход страдает дилеммой взрыва экспоненциального правила. Чтобы избежать дилеммы, и др. обратились к модели нечеткого вывода, называемой модулями правил с одним входом (SIRM). До сих пор модель SIRM успешно применялась в тележных системах, системах медицинской диагностики, системах топливных элементов и т.д. Потенциально возможно использование модели SIRM на маятниковых системах и др. [13]. Проверили осуществимость модели SIRM, управляя системой с одним маятником. Из-за сложной динамики двойного маятника, проблема разработки нечеткого контроллера на основе SIRM для систем типа двойного маятника все еще остается нерешенной и проблематичной.

На рис. 6 схематически изображена система с двойным маятником. Вышеупомянутая механическая конструкция указывает на то, что система состоит из трех подсистем: тележки, крюка и полезной нагрузки. В декартовом пространстве существуют три обобщенных координатных переменных для описания системы. Эти обобщенные переменные координат представляют собой положение тележки относительно начала координат,  $x$  (м), угол крюка относительно вертикальной линии  $\theta_1$  (рад) и угол полезной нагрузки относительно вертикальной линии  $\theta_2$  (рад). Каждая подсистема содержит одну обобщенную координатную переменную.

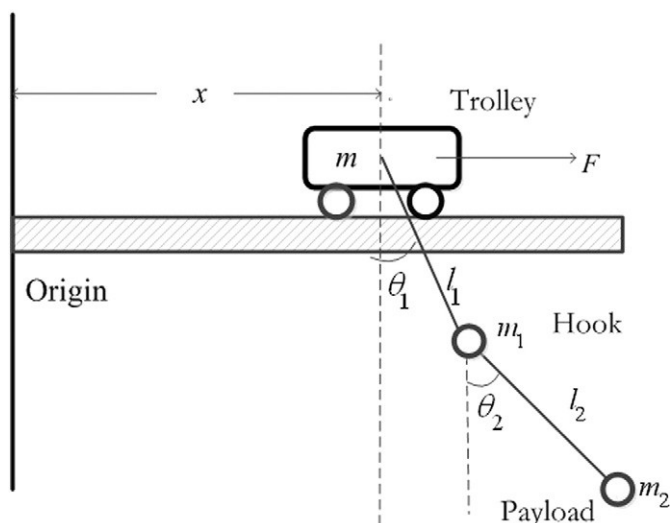


Рис. 6 Схема системы двойного маятника.

					<b>8842.661.000.000ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		48

На рис. 6 кран приводится в движение движущей силой  $F$  (Н), приложенной к тележке. Кабель, подвешенный под тележкой, имеет длину  $l_1$  (м). Полезный груз крепится к крюку другим тросом длиной  $l_2$  (м). Остальные символы обозначают массу тележки  $m$  (кг), массу крюка  $m_1$  (кг), массу полезной нагрузки  $m_2$  (кг).

Примите во внимание следующие мягкие допущения, например, отсутствие трения, безмассовые и жесткие кабели, крюк с точкой масс и полезную нагрузку с точкой масс. Уравнения движения с нулевыми начальными условиями могут быть получены методом Лагранжа.

$$(1) M\ddot{q} + C\dot{q}\dot{q} + Gq = \tau$$

Здесь  $q = [x \ \theta_1 \ \theta_2]^T$  - вектор обобщенных координатных переменных,

$\tau = F00T$  - вектор обобщенной силы,

$g$  - ускорение свободного падения,

$M(q)$  - матрица инерции  $3 \times 3$ ,

$C(q, \dot{q})\dot{q}$  - вектор кориолисовых и центробежных моментов,

а  $G(q)$  - вектор гравитационного члена.  $M(q)$ ,  $C(q, \dot{q})$  и  $G(q)$  определяются

$$M(q) = m + m_1 + m_2 \begin{pmatrix} m_1 + m_2 l_1^2 \cos^2 \theta_1 & m_2 l_2 \cos \theta_2 (m_1 + m_2) l_1^2 \cos \theta_1 & 0 \\ m_2 l_2 \cos \theta_2 (m_1 + m_2) l_1^2 \cos \theta_1 & (m_1 + m_2) l_1^2 \cos^2 \theta_1 + m_2 l_2^2 \sin^2 \theta_2 & 0 \\ 0 & 0 & m_2 l_1 l_2 \sin(\theta_1 - \theta_2) \end{pmatrix}$$

$$C(q, \dot{q}) = 0 - (m_2 + m_2) l_1 \sin \theta_1 \dot{\theta}_1 - m_2 l_2 \dot{\theta}_2 \sin \theta_2 \quad 0 \quad 0 - m_2 l_1 l_2 \dot{\theta}_1 \sin(\theta_1 - \theta_2) \quad 0$$

$$G(q) = 0 \quad (m_1 + m_2) g l_1 \sin \theta_1 \quad m_2 g l_2 \sin \theta_2$$

Система двойного маятника на рис. 6 включает динамику двойного маятника. Динамика объединяет два вида движения маятника. Соответственно движения имеют две собственные частоты. Чтобы получить частоты, уравнение (1) линеаризуется вокруг  $\theta_1 = 0$  и  $\theta_2 = 0$ . Две линеаризованные частоты [1] сформулированы следующим образом:

$$\omega_1 = \sqrt{\frac{g}{2}(\alpha + \sqrt{\beta})}$$

(2)

$$\omega_2 = \sqrt{\frac{g}{2}(\alpha - \sqrt{\beta})}$$

(3)

где  $g$  - ускорение свободного падения,  $\alpha = \left(1 + \frac{m_1}{m_2}\right)\left(\frac{1}{l_1} + \frac{1}{l_2}\right)$ , а

$$\beta = \alpha^2 - 4\left(1 + \frac{m_2}{m_1}\right)\frac{1}{l_1 l_2}.$$

Уравнения (2) и (3) означают частоты включают в себя низкую частоту  $\omega_1$  и высокую частоту  $\omega_2$ . Обе частоты зависят от длины двух кабелей и отношения массы полезной нагрузки к крюку. На рис.7 показаны частоты как функция отношения массы полезной нагрузки к крюку,  $m_2/m_1$ , и длины кабеля  $l_2$ , когда общая длина  $l_1 + l_2$  остается постоянной при 1 м. Кроме того, частоты имеют разный вклад в остаточные колебания. В частности, высокочастотный вклад велик, когда система с двойным маятником имеет низкое отношение массы полезной нагрузки к крюку или одинаковую длину кабеля.

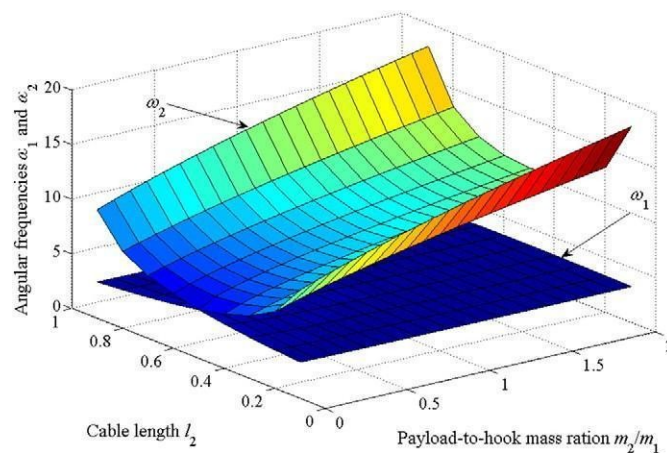


Рис 7. Вариации  $\omega_1$  и  $\omega_2$  при  $l_1 + l_2 = 1$  м.

Хотя при этом не используются математические модели, нечеткое управление прибегает к нечетким моделям вывода. Модели нечеткого вывода включают в себя некоторые правила. Каждое правило состоит из предшествования и следствия. Согласно обычным моделям нечеткого вывода, предшествующая часть в каждом правиле использует все входные элементы, так что количество правил возрастает экспоненциально [14]. Следовательно, нечеткое

					<b>8842.661.000.000ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		48



управление страдает дилеммой взрыва экспоненциального правила.

Модель SIRM является нечеткой моделью вывода. В модели ее предшествующая часть включает только один элемент ввода в каждое правило, так что количество правил значительно сокращается. Для решения задачи управления транспортом в системе типа двойного маятника на рис. 1 будет разработан нечеткий контроллер на основе SIRM, который содержит шесть динамически взвешенных SIRM. Наша схема управления в этом разделе предполагает, что математическая модель полностью неизвестна.

Что касается задачи управления транспортировкой системы двойного маятника на рис. 6, цель управления состоит в том, чтобы транспортировать полезную нагрузку в заданное положение как можно быстрее и точнее, при этом система управления должна противостоять колебаниям двойного маятника путем управляющий вход  $F$  подан на тележку.

Целевую позицию можно указать в любом разумном месте. Без потери общности позиционный диапазон ограничен  $-1m$  до  $1m$ , т.е.  $x \in [-1m, 1m]$ . Для измерения колебаний двойного маятника выбран угловой порог  $0,5$  рад. Оба значения  $\theta_1$  и  $\theta_2$  должны находиться в закрытом интервале  $[-0.5rad, 0.5rad]$  чтобы гарантировать минимальные колебания двойного маятника. Если один или оба значения  $\theta_1$  и  $\theta_2$  превышают пороговое значение, считается, что управляющее воздействие не может подавить колебания двойного маятника.

Задача управления содержит три подцели: позиционирование тележки, стабилизация крюка и стабилизация полезной нагрузки. Для одновременного достижения этих подцелей нечеткий контроллер на основе SIRM должен охватывать три компонента управления, а именно: компонент управления положением тележки, компонент управления углом наклона крюка и компонент управления углом полезной нагрузки.

Вышеупомянутая модель имеет три генерируемых переменных координации. Предполагая, что эти генерируемые координирующие переменные и их первые

					8842.661.000.000ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		48

производные измеримы, все они принимаются в качестве элементов ввода, так что контроллер включает шесть элементов ввода. Кроме того, движущая сила  $F$  является единственным управляющим входом в уравнении. Таким образом, что контроллер включает только один выходной элемент [15].

Для реализации всех компонентов управления контроллеру назначается шесть SIRM, так что каждый элемент ввода может содержать SIRM. Однако эти компоненты управления являются иерархическими, а их иерархия временна. Чтобы смоделировать переходные иерархии, эти SIRM динамически взвешиваются в свете их приоритетов, так что контроллер может выполнять эти компоненты управления параллельно.

Для разработки этих SIRM коэффициенты масштабирования  $x, \dot{x}, \theta_1, \theta_2$ , по порядку фиксируются на 1,0 м, 1,0 м / с, 0,5 рад, 1,5 рад /с, 0,5 рад и 1,5 рад / с. Здесь максимальная скорость и угловые скорости остаются неизвестными и оцениваются. Коэффициент масштабирования  $F$  устанавливается равным 1,5 ( $m+m_1+m_2$ ), поскольку на  $F$  влияет общая масса, причем коэффициент выбирается методом проб и ошибок. Нормализованные их собственными частными коэффициентами масштабирования,  $x, \dot{x}, \theta_1, \theta_1, \theta_2$  и  $\theta_2$  по порядку присваиваются входным элементам  $x_i$  ( $i=1, 2, \dots, 6$ ), а  $F$  назначается выходному элементу  $f$ .

Вышеупомянутое предположение не является мягким, что эти генерируемые координационные переменные в (1) и их первые производные измеримы. Что касается реальных промышленных кранов, то их можно измерить точно, но  $\theta_1, \theta_1, \theta_2$  и  $\theta_2$  трудно измерить. К настоящему времени для измерения углов для небольших лабораторных кранов были разработаны некоторые датчики и визуальные методы. Чтобы сосредоточиться на методе управления на основе SIRM для систем с двойным маятником, в данной статье предполагается, что  $x, \dot{x}, \theta_1, \theta_2$  и измеримы, хотя измерить их довольно сложно.

Для реализации компонента управления выделяются два SIRM. Они имеют названия SIRM-1 и SIRM-2

					<b>8842.661.000.000ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		48

соответственно. Рассмотрим SIRM-1. Его предшествующая и последующая переменные определяются как  $x_1$  и  $f_1$  соответственно. Для достижения вышеупомянутой подцели позиционирования тележки,  $x_1$  и  $f_1$  должны быть противоположными по направлению согласно второму закону Ньютона. Между тем,  $x_1$  и  $f_1$  должны иметь одну и ту же тенденцию по величине для целей быстрого позиционирования. В отношении SIRM -2 можно сделать аналогичный вывод.

Они не только соединены друг с другом, но также оба компонента управления соединены с компонентом управления положением тележки. Муфта также отражает сложность системы двойного маятника, показанной на рис.6. Для реализации двух компонентов управления выделены четыре SIRM. Они имеют название SIRM -  $i$  ( $i = 3, 4, 5, 6$ ). Соответственно,  $x_i$  и  $f_i$  приняты для описания предшествующей и последующей переменных в SIRM -  $i$ . Для проектирования четырех SIRM оба управляющих компонента в обязательном порядке разъединяются, что указывает на то, что система с двумя маятниками рассматривается как две независимые системы с одним маятником. Вкратце, чтобы стабилизировать углы двух независимых систем с одним маятником,  $x_i$  и  $f_i$  в SIRM -  $i$  ( $i = 3, 4, 5, 6$ ) должны быть объединены в одном направлении, при этом  $x_i$  и  $f_i$  также должны иметь одинаковую тенденцию по величине.

Если предположить, что система с двойным маятником на рис. 6 статична, крюк и полезная нагрузка находятся в нижнем положении. Когда тележка движется в правильном направлении под действием положительной ведомой силы, крюк будет вращаться по часовой стрелке, а полезный груз будет вращаться против часовой стрелки [16]. По-видимому, тенденции ловушки и полезной нагрузки на самом деле противоположны, хотя нечеткие правила в Таблице 2 идентичны друг другу. Противоречие между реальными тенденциями и нечеткими правилами будет разрешено с помощью динамических весов.

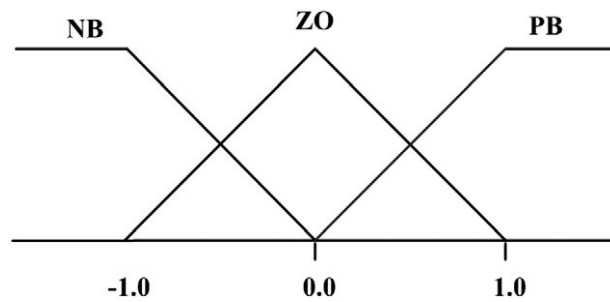


Рис 8. Функции принадлежности.

## 2.2 Патентный обзор

CN107915149-КРАН КОНСОЛЬНЫЙ МОСТОВОЙ С ДВОЙНОЙ ТЕЛЕЖКОЙ И ПРИВОДОМ ВЕНТИЛЯТОРА (Патентное бюро: Китай; Номер приложения 201610871725,7; Дата подачи документов 06.10.2016; Номер публикации 107915149; Дата анонса 17.04.2018)

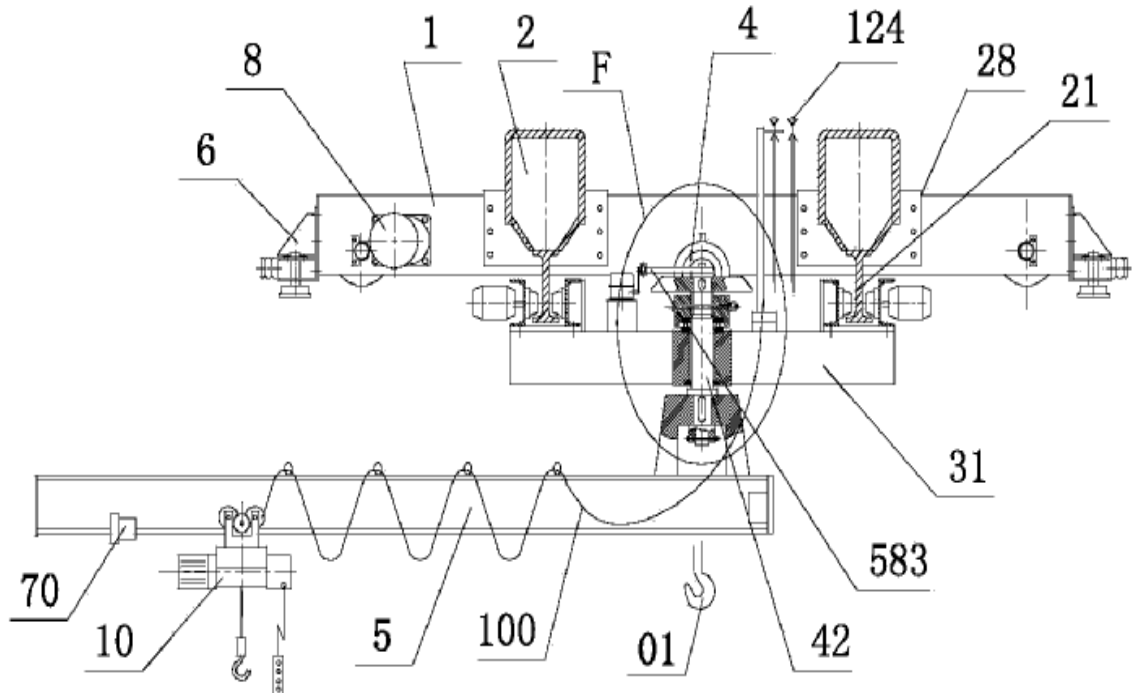


Рисунок 9 - Кран консольный мостовой

В изобретении предлагается мостовой консольный кран, снабженный двойными тележками и имеющий функцию передачи секторной шестерни. Кран мостовой консольный представляет собой двухбалочный мост. Каждый из двух концов концевых балок моста снабжен устройством для привода тележки и устройством предотвращения опрокидывания. Рельсы и упоры тележки расположены под главными балками моста, а подъемная тележка и тележка концевой балки подвески соединены между двумя рельсами.

					<b>8842.661.000.000ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		48

Подъемная тележка снабжена подъемным подъемным устройством крюкового типа, а тележка с концевой балкой подвески снабжена поворотным механизмом, имеющим функцию передачи секторной шестерни. Нижний конец оси подвески в поворотном механизме соединен с консольным элементом, а верхний конец оси подвески соединен с предохранительной линейкой. Два переключателя хода соединены с рамой тележки, а консольный компонент снабжен электрическим блоком, который может перемещаться вперед и назад по консольной балке. Консольная балка расположена под основными балками и может вращаться, а консольные концы консольной балки соединены с регулируемым по положению устройствами остановки тележки. Каждая из двух концевых балок на двухбалочном мосту соединена с проволочной подвесной рамой, а две стальные канатные балки соединены между двумя проволочными подвесными рамами и соединены подвижными подвесными тросами. и консольные концы консольной балки соединены с устройствами остановки тележки, положение которых регулируется. Каждая из двух концевых балок на двухбалочном мосту соединена с проволочной подвесной рамой, а две стальные канатные балки соединены между двумя проволочными подвесными рамами и соединены подвижными подвесными тросами. и консольные концы консольной балки соединены с устройствами остановки тележки, положение которых регулируется. Каждая из двух концевых балок на двухбалочном мосту соединена с проволочной подвесной рамой, а две стальные канатные балки соединены между двумя проволочными подвесными рамами и соединены подвижными подвесными тросами [17].

#### Техническая область

Эта заявка относится к области кранов, в частности к мостовому консольному крану с двойными тележками и зубчатой передачей вентилятора.

#### Фоновая техника

Существующие мостовые краны используются в цехах предприятий. В некоторых цехах для обработки и производства подготовлено много станков и оборудования.

					<b>8842.661.000.000ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		48

Продукты и сырье необходимо транспортировать в следующий цех или другие подразделения в режиме реального времени; крюк крана в цехе подвешен к тележке для подъема грузов тележка может перемещаться только вперед и назад по двойным балкам крана, а кран может двигаться только вперед и назад по рельсам тележки на пролетных колоннах с обеих сторон цеха, так что ассортимент товаров, которые может поднять крюк крана, находится в пределах двух рельсов тележек цеха. В плоскости, ограниченной двумя конечными точками, когда необходимо поднять товары на краю этой плоскости, крюк будет наклонен, и товары, находящиеся далеко от этой плоскости (например, за дверью мастерской, за пределами пролета), не могут быть подняты. В настоящее время его можно транспортировать только с помощью другого транспортного оборудования. Обычно автомобиль заезжает в мастерскую, чтобы поднять товар под крюком. Некоторые автомобили не могут попасть в мастерскую, и путь между мастерской и следующей мастерской проложен горизонтально, чтобы специальный железнодорожный вагон мог двигаться. Подойдите к крюку, чтобы передать товар, и некоторые устанавливают специальный консольный кран на входе в цех (или в проходе цеха), чтобы отправить товары за пределы цеха, и сначала поднимают товары в место, доступное для крюка крана цеха. А затем груз поднимается краном на другие станции в мастерской. Существующий мостовой кран, используемый в таких рабочих условиях, не может напрямую передавать груз в ближайшую мастерскую. Он должен использовать другое транспортное оборудование для планирования операций, что доставляет значительные неудобства. Это также приводит к потере человеческих и материальных ресурсов [18].

#### Краткое содержание изобретения

Цель этого приложения заключается в создании моста консольного крана с двойной тележкой и зубчатой передачи вентилятора, который может не только поднимать предметы вверх и вниз в мастерском, но и непосредственно может поднять срок за пределы рабочего совещания через нижнюю часть тележки несущего направляющую балку Товары на

					<b>8842.661.000.000ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		48

следующем участке также можно поднимать непосредственно за пределами цеха по направлению беговой дорожки тележки. Для перемещения товаров нет необходимости использовать другое транспортное оборудование, что повышает эффективность и позволяет выгружать товары в цеху там, где это необходимо. Кран может Консольная балка крана, используемая в мастерских с низкой крышей, может точно удовлетворить потребности пользователей; кран также может облегчить подъем и транспортировку тонких предметов.

ХН108249312-РЕЛЬСОВЫЕ ПОДЪЕМНЫЕ УСТРОЙСТВА И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОКЛАДКИ ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ ПУТЕЙ. (Патентное бюро Китай; Номер приложения 201711307110,2; Дата подачи документов 11.12.2017; Номер публикации 108249312; Дата анонса 06.07.2018)

Изобретение относится к подъемному устройству со стальным рельсом для покрытия путей подземных шахт. Подъемное устройство со стальным рельсом состоит из двух расположенных напротив опор, балки, жестко соединенной с верхними концами двух опор, подвижного узла, который установлен на балке и перемещается вдоль балки, и подъемного устройства, соединенного с нижним. часть подвижного узла и используется для подъема стального рельса. Изобретение дополнительно раскрывает подъемное оборудование со стальным рельсом. Оборудование выполнено таким образом, что два стальных рельсовых подъемных устройства расположены в поперечном или продольном направлении проезжей части. Благодаря подъемному устройству со стальным рельсом и подъемному оборудованию со стальным рельсом решается проблема большой трудоемкости, сокращается период строительства, улучшается качество строительства [19].

Техническая область

Изобретение относится к области техники строительно-строительной техники, в частности к рельсовым подъемным устройствам и оборудованию для прокладки подземных шахтных путей.

Фоновая техника

					<b>8842.661.000.000ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		48

Подземный рудничный железнодорожный транспорт является основным видом транспорта для современных рудников, а прокладка пути - основной составной частью и базовым сооружением подземного железнодорожного транспорта рудника.

В настоящее время при строительстве инфраструктуры подземных рудников прокладка пути играет ограничительную роль при раннем вводе рудника в эксплуатацию. В связи с длительным периодом строительства прокладки пути, высокой трудоемкостью и высокими стандартами качества при строительстве подземных рудников сталкивается с проблемой эффективной и быстрой прокладки пути. Важная тема. Из-за ограниченного участка проезжей части подземных горных выработок при укладке пути в ограниченном пространстве невозможно использовать крупногабаритные машины и оборудование для строительства [20]. На этом этапе процесс строительства пути в основном зависит от сотрудников, которые несут людей на плечах и помогают ломами для работы, а также есть руки и ноги. Угрозы безопасности. Для обеспечения срока строительства часто используется тактика «человека на море», что приводит к увеличению затрат на оплату труда предприятия, а многопользовательское строительство не может полностью гарантировать качество строительства. Таким образом, повышение производительности труда, снижение трудоемкости, обеспечение качества и безопасности строительства - сложная проблема при прокладке подземных путей.

#### Краткое содержание изобретения

Основываясь на вышеупомянутых недостатках, целью настоящего изобретения является создание рельсового подъемного устройства и оборудования для прокладки подземных шахтных путей, которые могут эффективно решить проблему высокой трудоемкости и сократить период строительства. Устройство может улучшить качество строительства и устранить потенциальные угрозы безопасности.

Вышеуказанная цель достигается следующими техническими решениями:

					<b>8842.661.000.000ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		48



В соответствии с одним аспектом настоящего изобретения предлагается рельсовое подъемное устройство для прокладки подземных шахтных путей, которое отличается тем, что оно содержит:

Две опоры расположены напротив друг друга;

Поперечные балки, поперечные балки соответственно жестко соединены с верхними концами двух ножек;

Подвижный компонент, подвижный компонент установлен на поперечной балке и может перемещаться вдоль поперечной балки; и

Подъемный элемент соединен с нижней частью подвижного элемента и используется для подъема стального рельса [21].

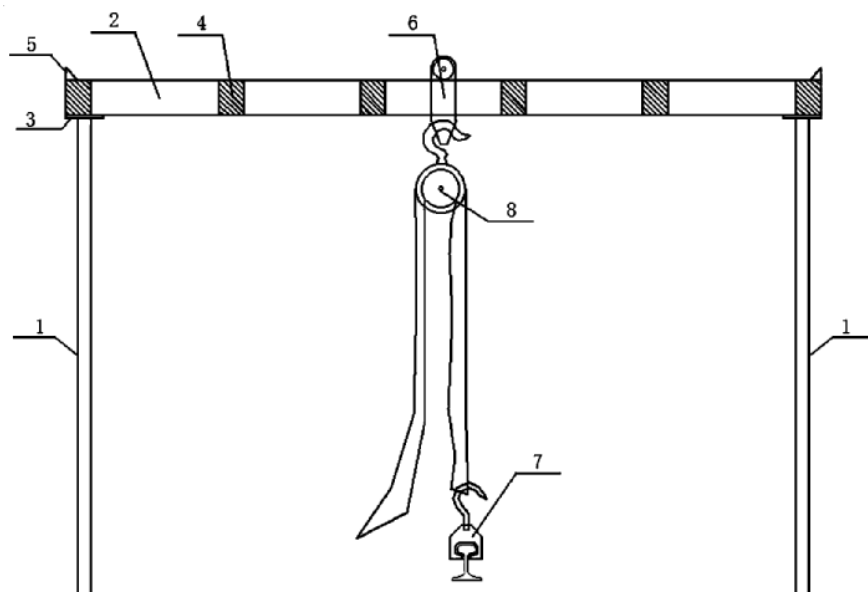


Рисунок 10 - Рельсовое подъемное устройство

### **3. Реализация модельного образца грузоподъемного устройства**

#### **3.1 Методика проведения лабораторной работы**

Цели занятия:

- освоение методики расчета электрических подъемников

- развивать практические навыки решения проблем;

Задачи:

- показать практическое применение изученного материала;

- обеспечить формирование умений применять полученные знания для решения конкретных практических задач;

- обеспечить консолидацию и систематизацию учебного материала по теме:

Простейшие подъемные устройства;

- развитие коммуникативных навыков студентов через организацию работы;

- формирование умений осуществлять самоконтроль результатов учебной деятельности;

Форма организации урока: практическое занятие.

Технологии: групповые, лично-ориентированные

Ход урока.

● Обновление знаний и умений.

Студентам предлагается ознакомиться с методикой расчета механизмов электрических подъемников.

● Порядок выполнения задания.

Расчет электрической лебедки состоит из нескольких разделов:

1. Расчет подъемного механизма электрической лебедки.

2. Расчет колодочного тормоза.

3. Расчет несущего тормоза.

4. Расчет механизма движения.

## **3.2 Деталировка и определение неисправностей, их устранение**

### **3.2.1 Приведение в движение электротельфера типа CD**

Перед подключением электрической лебедки к электрической сети необходимо проверить, соответствует ли напряжение, указанное на ее паспортной табличке, напряжению электрической сети. Электрическая лебедка подключается к электрической сети в соответствии с прилагаемой схемой.

### **3.2.2 Заземляющий провод.**

Нулевой провод соединительного кабеля или четвертого троллейный провод служит для надежного заземления или обнуления непроводящих металлических деталей.

### **3.2.3 Подключение электротельфера к электрической сети.**

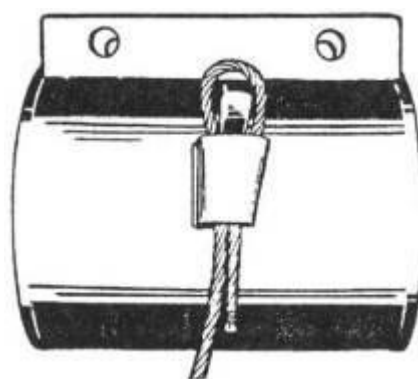
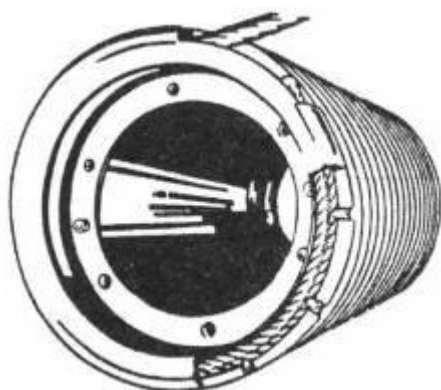
Электрическая лебедка подключена к сети. Кнопка концевого выключателя нажимается для перемещения груза вверх или вниз в соответствии с направлением, указанным на выключателе. Если крюк подъемного механизма движется в направлении, указанном на выключателе, необходимо поменять местами два жилы кабеля электрической лебедки [22].

После соединения фаз электродвигателя в электрических подъемниках с концевыми выключателями в цепи управления необходимо проверить правильность соединения фаз в концевых выключателях. Для этого крюк должен быть установлен в среднем положении между верхним и нижним крайними положениями. В этом положении держатель кабеля остается в середине барабана. С обеих сторон направляющего сегмента на равном расстоянии установите ограничительные кольца на шток

					<b>8842.661.000.000ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		48

концевого выключателя. Проверьте правильность соединения фаз, поворачивая крючок вверх и вниз. При повороте вверх нажимайте рукой на ограничительное кольцо в направлении электродвигателя до тех пор, пока концевой выключатель не достигнет предельного хода. Если движение подъемного крюка вверх прекращается, то фазы концевой выключателя соединены правильно. Если подъемный крюк продолжает двигаться вверх – фазы концевой выключателя соединены неправильно, поэтому необходимо поменять местами два провода кабеля концевой выключателя.

### 3.2.4 Закрепление каната.



Прикрепление стального каната к барабану и к корпусу проводится способами, указанными на рисунках 11 и 12.

Рисунок 11.

Прикрепление стального каната

Рисунок 12.

Прикрепление

					<b>8842.661.000.000ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		48

стального  
к барабану.

каната к корпусу.

При закреплении веревки нужно следить за тем, чтобы она не скручивалась. На барабане канат закрепляется в специальном внутреннем канале с помощью 3-5 винтов, которые привинчиваются к нижней части винтовых каналов барабана [23].

Другой конец веревки крепится к телу в специальной ложе клином, избегая резких перегибов.

Если трос правильно установлен, то его несущая часть должна лежать в вертикальной стороне специальной коробки, а остальная должна проходить в наклонной стороне с выходом наружу-примерно 100 мм (рис.12).

### **3.2.5 Регулирование действия концевого выключателя.**

Концевой выключатель, встроенный в корпус двигателя, служит для ограничения крайних положений нагрузки. Это исключает движение подъемного механизма в двух направлениях - при подъеме и опускании груза, в зависимости от того, как установлены ограничительные кольца на штоке, служащем для приведения в действие концевого выключателя.

Перед запуском электрической лебедки правильно отрегулируйте ограничительные кольца на стержне, чтобы избежать повреждений и несчастных случаев [24].

Для использования полной высоты подъема электрической лебедки ограничительные кольца на стержне должны быть установлены следующим образом:

Ограничительное кольцо со стороны двигателя установлено на таком расстоянии от фланца корпуса, что в верхнем крайнем положении находится подъемный крюк. Минимальное расстояние между нижней точкой электрической лебедки, в данном случае-нижней кромкой корпуса электрической лебедки грузоподъемностью 500 кг до 8000 кг причем нижняя кромка подвески электроталей грузоподъемностью 12500 кг, а самая высокая точка

					<b>8842.661.000.000ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		48

подъемного крюка (в данном случае самая верхняя кромка крышки крюка) составляла не менее 100 мм. Если скорость подъема выше 8 м/мин, то лучше увеличить это расстояние до 150 мм. Ограничительное кольцо со стороны планетарной передачи устанавливается на таком расстоянии от монтажного фланца, чтобы зажимное кольцо сантолара не упиралось в монтажный фланец от редуктора. Когда ограничительные кольца отрегулированы, болты должны быть затянуты.

### **3.2.6 Монтаж монорельсовой ходовой тележки к рельсовому пути и пуск ее в движение.**

В пункте инструкции указывалось, что с помощью набора шайб и шпилек монорельсовые ходовые тележки могут быть приспособлены к различным несущим профилям. Примечание: Для правильной работы тележки зазор между кромкой колеса и рельсом с обеих сторон должен составлять от 0,5 до 4 мм. Для достижения этого размера можно изменить количество шайб S1 и S2 при условии, что их количество будет одинаковым.

Несущие штифты, которые освобождаются при регулировке во время установки ходовой части, затем должны быть прочно и надежно затянуты и закреплены от самоотвинчивания с помощью шплинтов.

Монорельсовые ходовые тележки никогда не должны использоваться для перетаскивания грузов по земле [25].

Необходимо осторожно манипулировать ими в непосредственной близости от буферного устройства по монорельсовым путям, так как сильные удары могут привести к повреждению.

Мы рекомендуем сделать навес для электрических подъемников, используемых на открытом местности.

Таблица 6.

Наимено		Тележка 500 и 1000 кг				
		Профиль по ГОСТ	Профиль по DIN 1025 B11			
					<b>8842.661.000.000ПЗ</b>	Лист 48
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

вание	19425-74									
	18 М	24 М	30М , 36М	20 0	22 0	240	26 0	280	30 0	320
Ширина профиля, мм	90	110	130	90	106	106	113	119	12 5	131
Ширина корпуса, мм				88						
Длина распорной втулки, мм				35						
Число регулиру ющих шайб в зависимос ти от их места (толщина 2,5 мм), шт	2	6	10	2	5	5	7	8	9	10
	2	6	10	2	5	5	7	8	9	10
	2	8	--	16	10	10	3	4	2	--

Таблица 7.

Размер, мм	Электротельферы с 1тележкой Н≤12м			Электротельферы с тележками Н≤18м			
	500кг 1000к г	2000к г 3200к г	500 0 кг	500кг 1000к г	2000 кг32 00кг	500 0 кг	8000кг
D	120	175	210				
b1	32	40	40				
b2				110	160	1 60	180
h1				50	70	70	90
h2				58	72	75	75

#### 4. Экспериментальные исследования

Для проведения экспериментального исследования электро-тельфера. Эксперимент проводился в лаборатории

					<b>8842.661.000.000ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		48

экспериментальных исследований при ИФ БашГУ в лаборатории 103а. На рисунке 13 представлен ход эксперимента.



Рисунок 13 - Тельфер электрический

#### **4.1 Динамическая модель электропривода тельфера**

Подъемники и подкрановые балки различных конструкций являются одним из основных механизмов ремонтных мастерских в сельском хозяйстве. На рис. 1 показана структурная схема простейшего тельфера. Он включает в себя приводной асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором, который соединен с механической коробкой передач через упругую муфту. На выходном валу редуктора установлен барабан с подъемным тросом.

В современных условиях основным способом проектирования электропривода подъемно-транспортных и технологических машин является построение их динамических моделей на основе математических моделей электродвигателя, системы управления и нагрузки двигателя [26]. В классическом подходе нагрузка грузоподъемного электродвигателя представлена двухмассовой системой, где поступательное движение груза сводится к вращательному.

					<b>8842.661.000.000ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		48



Однако характерной особенностью схемы рис. 12 является то, что при подъеме или опускании груза при включении электродвигателя в вертикальной плоскости возникают достаточно большие колебания поднятого груза, что затрудняет выполнение указанных операций. Эти колебания вызваны переходными процессами при пуске электродвигателя и наличием конечной жесткости в муфте и подъемном канате. Для изучения процессов, происходящих в этом случае, необходимо построить более точную динамическую модель движения груза в вертикальной плоскости.

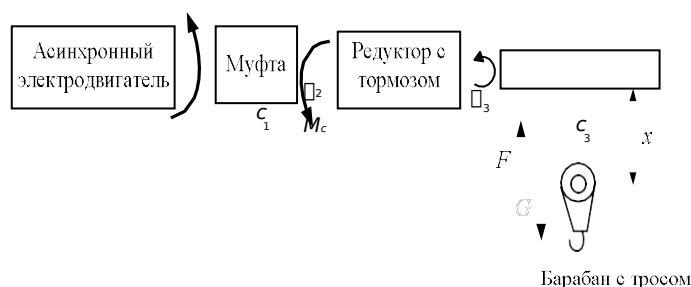


Рисунок 12 - Структурная схема тельфера с приводом от асинхронного электродвигателя

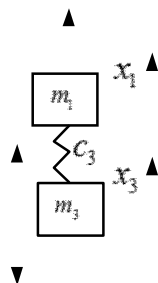


Рисунок 13 Расчетная схем представления линейного перемещения груза

Для построения динамической модели электропривода тельфера с учетом системы уравнений (4) воспользуемся пакетом Matlab/Simulink, который является наиболее часто используемой информационной системой визуального «физического» моделирования [27]. Термин «физическое» здесь означает то, что на экране строится схема исходной технической системы, где математическая модель каждого компонента скрыта за условным графическим обозначением, а последовательность их соединения отражает передачу

информации или физических сигналов. Для этого в пакете Matlab/Simulink используется библиотека мультифизических компонентов Simscape. На рисунке 14 представлена динамическая модель электропривода тельфера, построенная согласно принятым допущения.

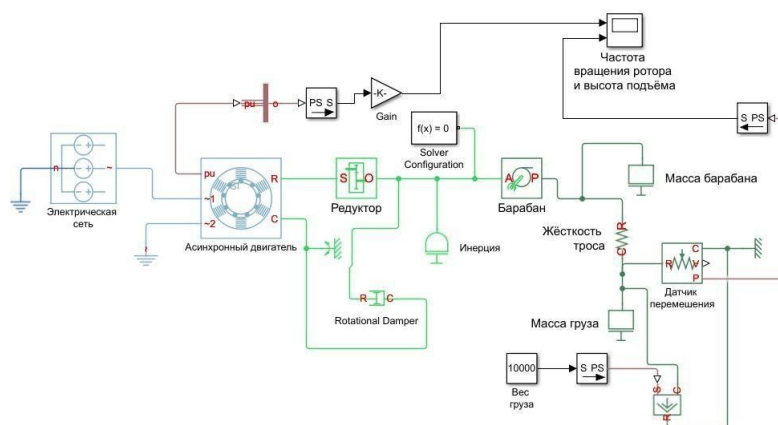


Рисунок 14 – Динамическая модель электропривода тельфера

Модель является универсальной, поскольку параметры асинхронного электродвигателя и механической части можно изменять в весьма широких пределах. На рисунке 15, в качестве примера, показаны кривые изменения частоты вращения электродвигателя и высоты подъема груза  $\times 3$  для шести полюсного электродвигателя мощностью 2,2 кВт при жесткости каната  $10^7$  Н/м.

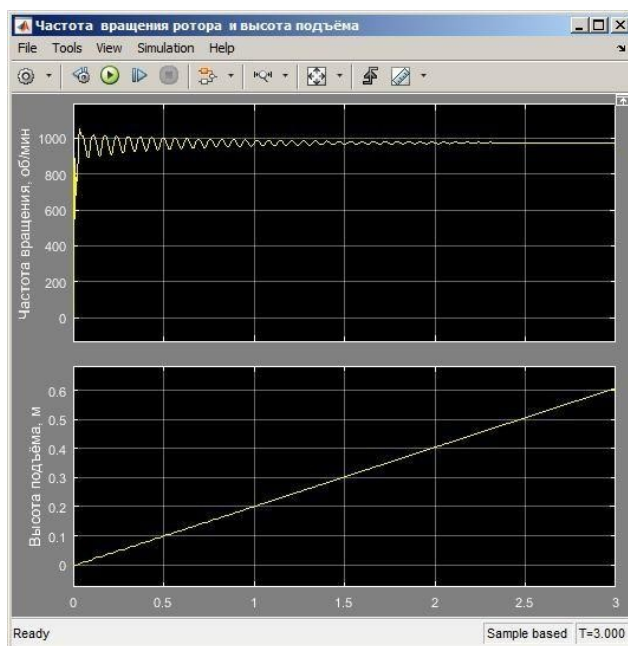


Рисунок 15 – Кривые изменения частоты вращения электродвигателя и высоты подъема груза

Нетрудно заметить, что во время пуска и разгона электродвигателя наблюдаются колебания груза в вертикальной плоскости. Одним из способов снижения колебаний груза и, соответственно, энергопотребления является применение в электроприводе тельфера устройств плавного пуска электродвигателя [28].

#### 4.2 Методика расчета

Мостовые краны находят широкое применение на складах промышленных предприятий, транспорта и строительства как при выполнении основных технологических, так и погрузочно-разгрузочных операций. Конструктивно пролетное строение мостового крана состоит из одной или двух пролетных балок, соединенных с концевыми балками, которые перемещаются по подкрановым путям. Однобалочные мостовые краны являются наиболее распространённым видом мостовых кранов ввиду их малого веса, невысокой стоимости, надежности, быстроты монтажа и демонтажа. При одинаковой грузоподъемности их масса и габариты значительно меньше, чем у двухбалочных кранов.

Мостовые однобалочные опорные краны с главной балкой коробчатого сечения в настоящее время пользуются большой популярностью, так как балка указанного сечения

					<b>8842.661.000.000ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		48

имеет ряд конструктивных преимуществ (большая жесткость на кручение, лучшая устойчивость) по сравнению с двутавровым сечением, а также позволяет проектировать краны с большими пролётами, не жертвуя при этом грузоподъёмностью и габаритами по сравнению с однобалочными кранами с ферменными конструкциями.

Одной из задач, которую приходится решать при проектировании таких кранов, является подтверждение работоспособности балки в зоне местного влияния ходовых колёс [29]. Таким образом, разработка методики расчета местных напряжений в ездовых поясах балок коробчатого сечения мостовых однобалочных кранов, которая позволит сократить процесс расчета с сохранением достаточной точности полученных результатов, является актуальной.

Существуют несколько методик расчёта местных напряжений в нижнем поясе металлоконструкции однобалочного мостового крана с катанием по низу (рис. 16, 17):

- точки с нижней стороны пояса, находящиеся под точками соприкосновения ходовых колёс тельфера с поясом балки (I);
- точки с нижней стороны пояса у его кромок (II);
- точки у стенок балки с верхней (III) и нижней (IV) сторон нижнего пояса.

В большинстве случаев наибольшие напряжения возникают в точке I, поэтому в работе будем рассматривать напряжения, возникающие в ней. Рассмотрим различные методики, по которым рассчитываются местные напряжения в данных точках.

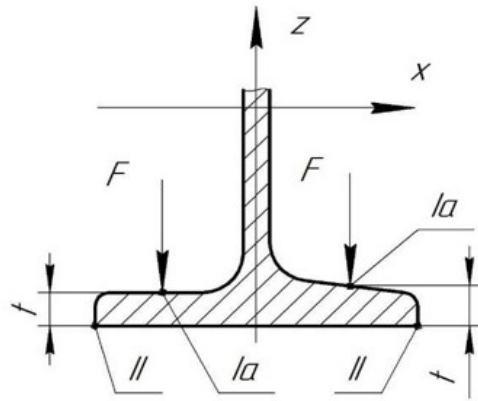


Рис. 16. Сечение двутавровой балки

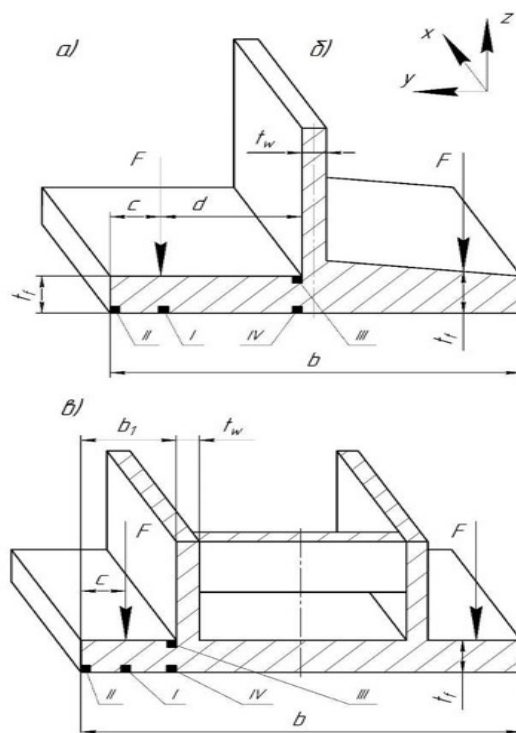


Рис. 17. Сечения балок

При расчёте балки с непараллельными гранями полки в формулы следует подставить фактическую толщину пояса в точке приложения силы. В работе был выполнен расчёт в программе MSC Nastran с использованием элементов типа Solid. Нагружение пояса производилось по площадке размером 2x2 мм. При анализе напряжённого состояния пояса, загружённого одной парой колёс, варьировалось положение точки контакта в диапазоне  $\lambda = 0,05 - 0,75$ .

На основании анализа полученных данных в работе для вычисления местных напряжений в полке ездового тавра как с параллельными, так и с наклонными гранями предложено

использовать следующие формулы для вычисления коэффициентов:

$$k = 1,3 + 3(1-\lambda)^4; \quad k = 6,5 \cdot \lambda(1-1,15\lambda)$$

Напряжения в точке II во всех вариантах нагружения оказывается не больше, чем в точке I, поэтому в расчётах они не рассматривались.

В расчёт ездового тавра на прочность в зоне местного влияния нагрузки от ходовых колёс выполняется по условию

$\sigma_{esДН} \leq [\sigma]$  или  $\sigma_{esПС} \leq \gamma_n \gamma_d \gamma_m \sigma_T$  для мест, расположенных в зоне соединения пояса со стенкой (III, IV) и под точкой приложения нагрузки (рис. 17, точка I).

В данной работе предложен способ, позволяющий сократить количество вычислений, что упростит инженерный расчёт, но при этом будут учитываться положение колёс относительно краёв пояса, а также ширина самого пояса.

Для этого в программе SolidWorks построен участок балки коробчатого сечения (рис. 18), а в модуле Simulation заданы контакты компонентов, крепления, нагрузки (рис. 18) и измерены напряжения в точках под силой при нагрузках на балку 2 т, 3,2 т, 5 т и расстоянии  $c$  (рис. 17), равном 11 мм, 22 мм, 33 мм, расстоянием от края балки  $l = 100$  мм,  $b_1 = 49$  мм,  $b = 335$  мм,  $t_w = 6$  мм (рис. 5).

При расчёте в Simulation использован элемент управления сеткой, который позволяет увеличить точность расчёта на требуемых участках. Результаты измерений занесены в табл. 8.

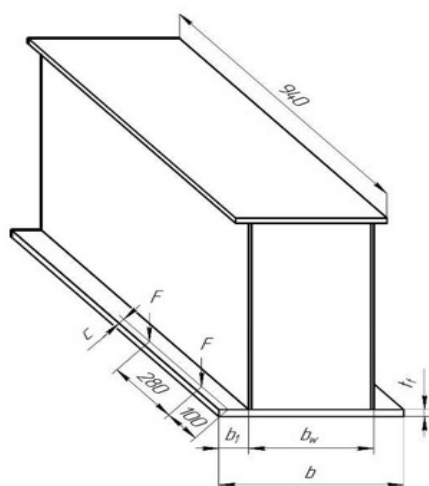


Рис. 18. Эскиз коробчатой балки

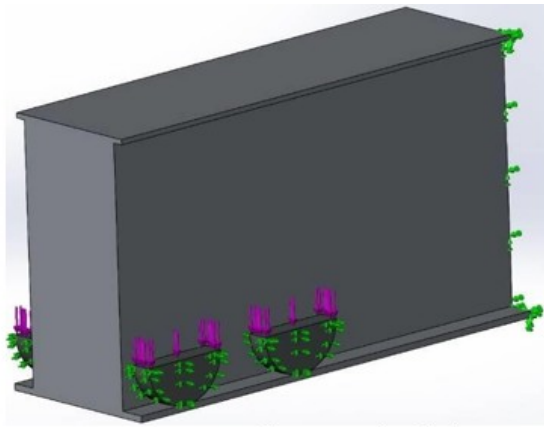


Рис. 19. Модель балки в Simulation

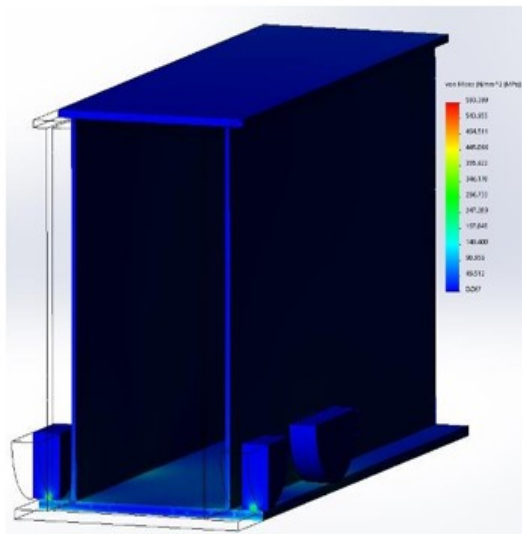


Рис. 20. Эпюра напряжений

Таблица 8

$m, T$	$c, \text{мм}$	Напряжения, МПа при $t f =$				
		14 мм	16 мм	18 мм	20 мм	22 мм
2	11	66,1	56	42,2	35,4	30,2
	22	51,7	41	34,2	27,2	22,2
	33	39	30,8	24,7	20,5	17,4
3,2	11	105,3	85,2	68,2	53,6	45,7
	22	78,7	62,3	52,1	41,5	33,9

	33	59,5	47,1	35,6	32,3	27,6
5	11	153,2	129,6	103,8	81,9	70
	22	122,8	94,7	78,2	63	50,6
	33	90,3	71,4	54	49	41,9

SolidWorks Simulation использует анализ методом конечных элементов для виртуального тестирования CAD-моделей и прогнозирования поведения изделий в реальной эксплуатации. С помощью этого решения можно проводить линейный статический, нелинейный статический и динамический анализ.

Расчет с использованием метода конечных элементов выполняется за счет разделения реального объекта на большое количество (тысячи или сотни тысяч) конечных элементов. Математические уравнения позволяют прогнозировать поведение каждого элемента. Затем компьютер суммирует все отдельные поведения для прогнозирования поведения объекта в целом.

Для симуляции нагружения требуется определить нагрузку на колесо тельфера. При массе тельфера 345 кг, базе тележки тельфера 280 мм, скорости подъёма 0,133 м/с, грузоподъемности крана 2 т, 3,2 т, 5 т получаются следующие величины нагрузки на колесо тельфера:  $F_1 = 7,6$  кН,  $F_2 = 11,6$  кН,  $F_3 = 17,6$  кН. При этом номинальное значение напряжения в полке определяется по формуле:

$$\sigma_n = \frac{F}{t_f^2} \quad (5)$$

По формуле (5) вычислены напряжения без учёта положения колёс тельфера и ширины пояса. Результаты расчётов сведены в табл. 9.

Таблица 9 Значения напряжений  $\sigma_n$

Масса груза, т	Напряжения, МПа				
$m_Q = 2$	38,8	29,7	23,5	19	15,7
$m_Q = 3,$ 2	59,2	45,3	35,8	29	24



$m_Q = 5$	89,8	68,8	54,3	44	36,4
-----------	------	------	------	----	------

### 4.3 Обработка и обсуждение результатов

Особенности подключения устройства-щеточный механизм, силовой кабель и пульт дистанционного управления были заменены. Ремонт и регулировка концевого выключателя.

Схема подключения модели telfer, работающей от промышленной электрической сети (380 В), то, прежде всего, необходимо ознакомиться с инструкцией по эксплуатации такого устройства [30]. Он должен содержать всю необходимую информацию о том, как подключить тельфер к источнику питания, а также панель управления этим механизмом.

Перед началом выполнения работ необходимо обесточить оборудование. Только после этого можно приступать к установке. Очень важно, чтобы сетевые и управляющие кабели были подключены в соответствии со схемой подключения устройства.

#### Схема подключения тали

Независимо от того, хотите ли вы подключить однофазный тельфер без контактора или любую другую модель, схема расположена на боковой крышке электрощита. Копия схемы также указывается в паспорте подъемного оборудования. Типичная схема показана на рисунке ниже. В нем содержится вся необходимая информация о том, как подключить устройство и пульт управления к источнику электропитания.

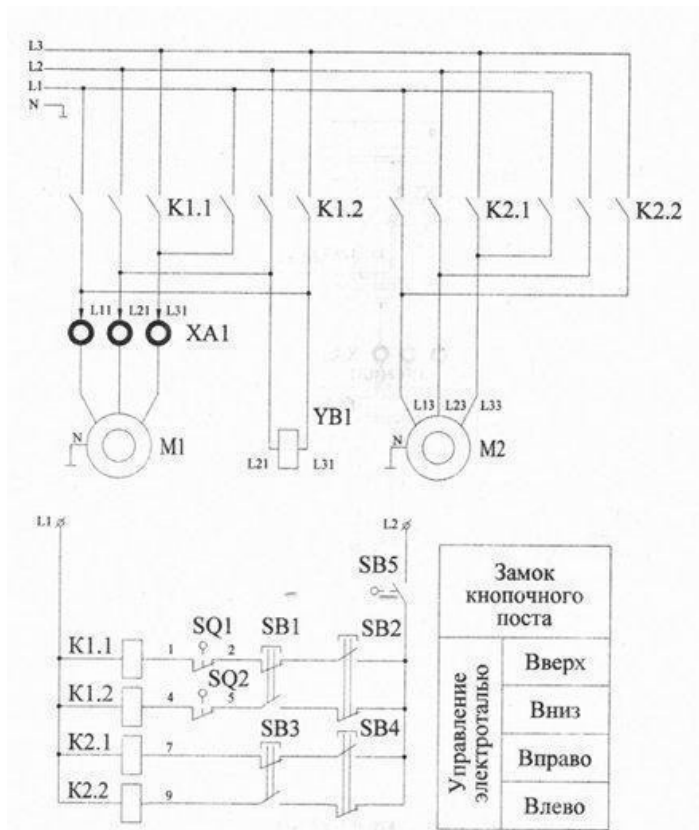


Рисунок 14 - Схема подключения

Даже для довольно похожих устройств схемы могут существенно отличаться. Таким образом, необходимо следовать инструкциям для каждого конкретного механизма. Не стоит приобретать подъемник, где нет электрической схемы. Лучше работать с проверенными поставщиками, которые могут предоставить всю необходимую документацию для своих моделей.

Как проходила установка

Для подключения механизма используются выключатель и предохранители. С помощью первого устройства можно прервать ненагруженную электрическую цепь во время работ, связанных с электропроводкой. Предохранители также предотвращают преждевременный выход устройства из строя в случае скачков напряжения. Блок предохранителей лучше всего разместить в труднодоступном месте, чтобы посторонние не могли им воспользоваться. При этом работа с блоком должна быть простой и удобной.

Питание электрической лебедки осуществляется с помощью четырехжильных кабелей. Важно, чтобы один из сердечников был заземлен. В случае питания тележки должен присутствовать четвертый провод заземления.

Лучше всего использовать кабели с повышенной износостойкостью, так они прослужат вам гораздо дольше.

После подключения проверьте напряжение сети (соответствуют ли полученные данные параметрам, указанным в типовой таблице). Использовать механизмы можно только в том случае, если все показатели находятся в пределах нормы.

### **Подключение кнопочного поста**

Когда само устройство было подключено, необходимо проверить работоспособность кнопочного поста или пульта дистанционного управления с конденсатором, с помощью которого, как правило, управляется тельфер. Для этого нажмите кнопку подъема, а затем наблюдайте за работой механизма.

Важно: в случае неправильного соединения возможно, что груз начнет двигаться вниз. Беспокоиться не о чем, нужно просто изменить расположение точек подключения.

Когда все монтажные работы будут завершены, проверьте целостность кабелей, а также возможность обесточивания Телфера с помощью сетевого выключателя. В случае механических или иных повреждений эксплуатация оборудования строго запрещена до устранения всех дефектов.

Еще раз хочу подчеркнуть важность правильного подключения Телфера и панели управления к нему. При отсутствии специальных знаний и навыков необходимо обратиться за монтажной услугой к профессиональному электрику, который сможет гарантировать качественную и бесперебойную работу тельфера в будущем.

### **Ремонт щеточного узла**

					<b>8842.661.000.000ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		48

Неисправности, связанные с щеточным узлом, чаще всего связаны с износом щеток, ослаблением пружин щеткодержателя, оплавлением или механическим повреждением щеткодержателя.

При ослаблении пружин их следует отрегулировать, но так как этот процесс достаточно сложный и сделать это могут только профессионалы, то чаще всего пружину с дефектом заменяют на новую. То же самое следует делать и при износе щеток, причем щетки следует подбирать для замены, строго соблюдая требования производителя электродвигателя. При выборе щеток для замены изношенных обязательно следует учитывать такие рабочие параметры электродвигателя, как его мощность, тип тока и рабочее напряжение, окружная скорость контактных колец и плотность тока непосредственно под щетками.

Плавление элементов щеткодержателя, если оно незначительно, устраняется тщательной очисткой от нагара, сажи и грязи [31]. Если повреждения таковы, что их невозможно очистить, вышедший из строя элемент заменяется новым. В случае электрической коррозии обоймы, которая часто возникает из-за нарушений, возникающих при прохождении тока к обойме, саму обойму необходимо заменить, а для предотвращения такой ситуации контакты в цепи затянуть. В нашем случае нам пришлось полностью заменить его.

Подключение электрической лебедки к электрической сети. Проверив правильность соединения фаз электродвигателя и концевого выключателя, электрическая лебедка подключается к сети. Кнопка концевого выключателя нажимается для перемещения груза вверх или вниз в соответствии с направлением, указанным на выключателе. Если крюк подъемного механизма движется в направлении, указанном на выключателе, необходимо поменять местами два жилы кабеля электрической лебедки. После соединения фаз электродвигателя в электрических подъемниках с концевыми выключателями в цепи управления необходимо проверить правильность соединения фаз в концевых выключателях. Для этого крюк должен быть

					<b>8842.661.000.000ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		48

установлен в среднем положении между верхним и нижним крайними положениями. В этом положении держатель кабеля остается в середине барабана. С обеих сторон направляющего сегмента на равном расстоянии установите ограничительные кольца на шток концевого выключателя. Проверьте правильность соединения фаз, поворачивая крючок вверх и вниз. При повороте вверх нажимайте рукой на ограничительное кольцо в направлении электродвигателя до тех пор, пока концевой выключатель не достигнет предельного хода. Если движение подъемного крюка вверх прекращается, то фазы концевого выключателя соединены правильно. Если подъемный крюк продолжает двигаться вверх - фазы концевого выключателя соединены неправильно, поэтому необходимо поменять местами два провода кабеля концевого выключателя. Закрепление веревки. Крепление стального троса к барабану и к корпусу осуществляется двумя способами. Прикрепление стального троса к барабану. Прикрепление стального троса к корпусу. При закреплении веревки нужно следить за тем, чтобы она не скручивалась. На барабане трос закрепляется в специальном внутреннем канале с помощью винтов, которые привинчиваются к нижней части винтовых каналов барабана. Другой конец веревки крепится к телу в специальном ложе клином, избегая резких перегибов. При правильной установке троса его несущая часть должна лежать в вертикальной стороне специальной коробки, а остальная должна проходить в наклонной стороне с выходом наружу - примерно на 100 мм управления концевым выключателем. Концевой выключатель, встроенный в корпус двигателя, служит для ограничения крайних положений нагрузки. Это исключает движение подъемного механизма в двух направлениях - при подъеме и опускании груза, в зависимости от того, как установлены ограничительные кольца на штоке, служащем для приведения в действие концевого выключателя. Перед запуском электрической лебедки правильно отрегулируйте ограничительные кольца на стержне, чтобы избежать повреждений и несчастных случаев. Для использования полной высоты подъема электрической лебедки ограничительные кольца на штоке

					<b>8842.661.000.000ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		48

должны быть установлены следующим образом: ограничительное кольцо со стороны двигателя установлено на таком расстоянии от фланца корпуса, что в верхнем крайнем положении подъемного крюка. Минимальное расстояние между нижней точкой электрической лебедки, в данном случае-нижней кромкой корпуса электрической лебедки грузоподъемностью 500 кг. до 8000 кг. причем нижняя кромка подвески электротелей грузоподъемностью 12500 кг, а самая высокая точка подъемного крюка (в данном случае самая верхняя кромка крышки крюка) составляла не менее 100 мм. Если скорость подъема выше 8 м/мин, то лучше увеличить это расстояние до 150 мм. Ограничительное кольцо со стороны планетарной передачи устанавливается на таком расстоянии от монтажного фланца, чтобы зажимное кольцо сантолара не упиралось в монтажный фланец от редуктора. Когда ограничительные кольца отрегулированы, их болты затянуты.

**2.6. Установка монорельсовой ходовой тележки на рельсовый путь и пуск ее в движение.** В пункте 1.3.10 настоящей Инструкции было указано, что с помощью набора шайб и шпилек монорельсовые ходовые тележки могут быть приспособлены к различным несущим профилям. Примечание: Для правильной работы тележки зазор между кромкой колеса и рельсом с обеих сторон должен составлять от 0,5 до 4 мм. Для достижения этого размера можно изменить количество шайб S1 и S2 при условии, что их количество будет одинаковым. Несущие штифты, которые освобождаются при регулировке во время установки ходовой части, затем должны быть прочно и надежно затянуты и закреплены от самоотвинчивания с помощью шплинтов.

## **5. Техника безопасности при работе с электротельферами.**

- Не допускать нахождения людей под грузом во время работы.
- Следить за количеством порванных нитей на шаг канта и при достижении допустимого числа - браковать канат.

					<b>8842.661.000.000ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		48

- При монтаже нового каната проверить надежность его крепления к корпусу и барабану.
- При изменении длины каната регулировать положение двух ограничительных колец, находящихся на штанге концевого выключателя.
- Не допускать включение электродвигателя при регулировании аксиального хода конического ротора без решетки.
- Проверить крюк на трещины и деформации, как и исправность предохранительной защелки.
- Регулировать тормоз до достижения максимально допустимого аксиального хода ротора.
- Прочно завинтить все болтовые соединения и принять меры против самоотвинчивания.
- При использовании электрооборудования следить за прочным присоединением защитных проводов кабелей к зануляющим клеммам щита, пускозащитного трансформатора и двигателей подъема и передвижения.
- При монтаже электротельфера после ремонта снова проверить совпадение фаз и действие концевого выключателя в соответствии с инструкцией по монтажу и эксплуатации.
- При использовании электротельферов с механизмом передвижения в двух концах рельсовой дорожки, ставить буферы, в которых упирались бы боковины тележки.
- При осмотрах электрооборудования следить за прочным присоединением защитных проводов кабелей к зануляющим клеммам щита, пускозащитного трансформатора и двигателей подъема и передвижения.
- При монтаже электротельфера после ремонта снова проверить совпадение фаз и действие концевого выключателя в соответствии с инструкцией по монтажу и эксплуатации.
- В случае монтаж должен производиться квалифицированным персоналом специализированной организации. Подключение тали должно производиться через автомат защиты.

## **Запрещается:**

- Перед подъемом груза необходимо предварительно поднять его на высоту 200-300 мм для проверки исправности механизма подъема и тормозов.
- Подъем и спуск груза запрещено производить, если под ним находятся люди.
- После окончания работы или в перерыве груз не должен оставаться в поднятом состоянии.
- Запрещается поднимать груз массой, превышающей номинальную грузоподъемность механизма.
- Запрещается выравнивание груза на весу.
- Запрещается проводить ремонт механизма при поднятом грузе.
- Запрещается использовать механизм для подъема людей.
- При повреждении тросоукладчика - работу с талью необходимо прекратить, в случае работы с поврежденным тросоукладчиком гарантия снимается.
- Перед началом эксплуатации залить масло (редукторное) в редуктор и смазать канат. Монтаж должен производиться квалифицированным персоналом специализированной организации. Подключение тали должно производиться через автомат защиты.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В ходе разработки выпускной квалификационной работы, я провел литературный и патентный анализ, существующих грузоподъемных устройств, используемых в закрытых помещениях. Также выяснил по какой причине данные устройства нельзя использовать в условиях непогоды и жестких климатических условиях, какие возникают проблемы при использовании грузоподъемного устройства в зимнее время. Так основной проблемой грузоподъемного устройства в холодное время является скорость срабатывания приборов безопасности, а это, в свою очередь, может влиять не только на скорость производства, но и на жизнь и здоровье работника. Так для корректной работы прибора безопасности

					<b>8842.661.000.000ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		48



необходима оптимальная температура вокруг него. Так приборы безопасности были помещены в сконструированный ящик, внутри которого была создана оптимальная температура с помощью «самогреющего» кабеля, который, в свою очередь, безопасен [32].

Модельный образец грузоподъемного устройства для выпускной квалификационной работы была взята модель Т100-511 1980 года выпуска, который находится в кабинете 103а инженерного факультета БашГУ. Данное устройство было неисправно. Поэтому мы составили дефектную ведомость тельфера. Это позволило оценить разницу между покупкой нового электротельфера и восстановлением существующего. На основании нехитрых манипуляций установили, что выгоднее разработать модельный образец на основании существующего. Далее мы на основании дефектной ведомости разработали рабочее грузоподъемное устройство ТЭ100-511.

Заменяли щеточный механизм, кабель питания устройства, пульт управления, с помощью грузов оценили качество грузоподъемного каната и какой канат необходим для замены.

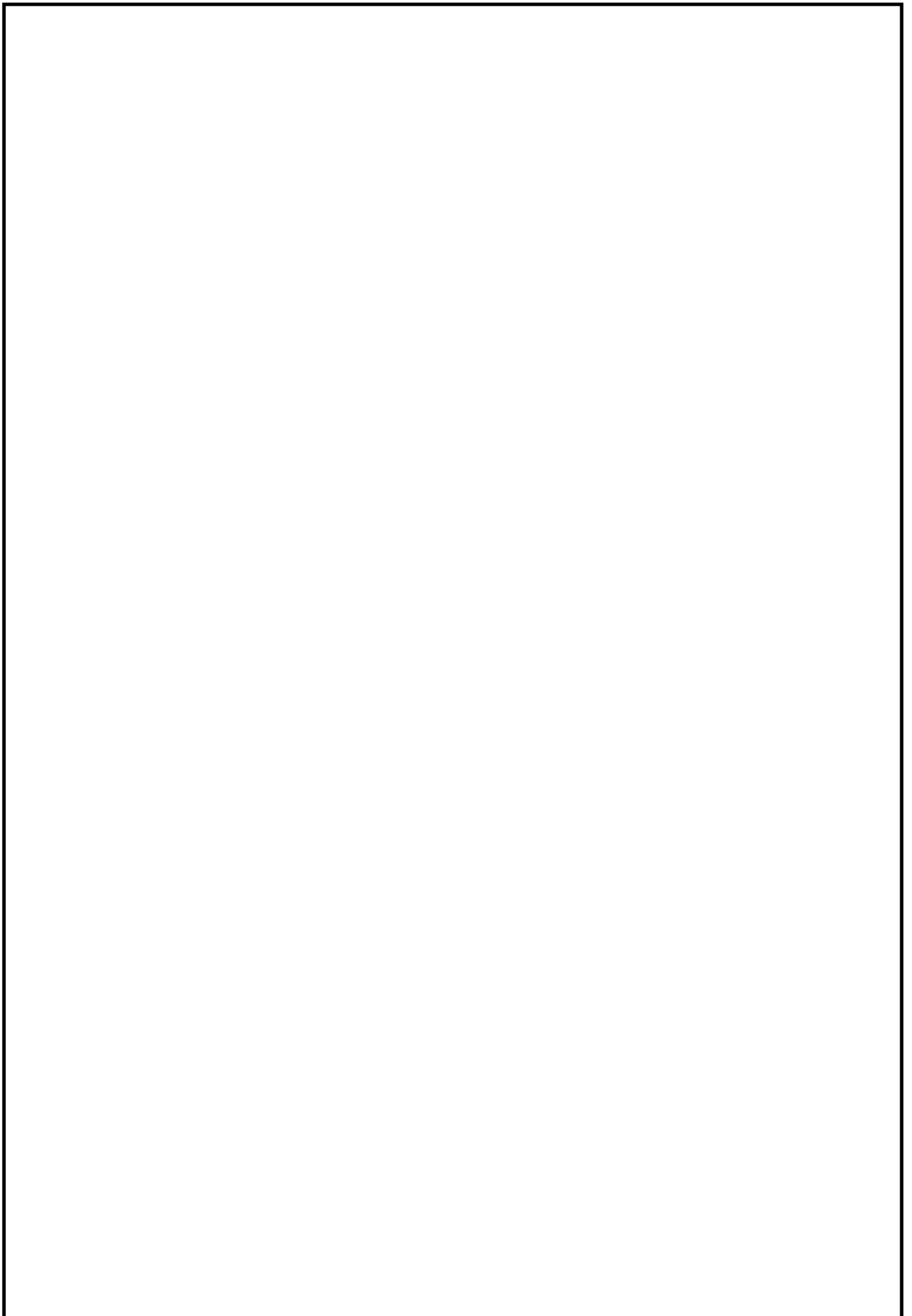
В процессе восстановления грузоподъемного устройства возникли сложности в регулировке тормозной системы при опускании и поднимания груза, а также срабатывания концевого выключателя, который отвечает за безопасность операций. В ходе этого разработали автоматическую смазку концевого выключателя с помощью вставки из ПВХ, что позволило усилить скорость срабатывания концевого выключателя.

Правильный выбор подъемно-транспортного оборудования является решающим фактором для нормальной работы и высокой производительности производства.

Нельзя обеспечить его устойчивый ритм на современной ступени интенсификации без согласованной и безотказной работы современных

средств механизации внутрицехового и межцехового транспортирования сырья, полуфабрикатов и готовой продукции на всех стадиях обработки и складирования.

					<b>8842.661.000.000ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		48



					<i>8842.661.000.000ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		48

## Список использованной литературы

1. Электрический тельфер//<https://www.elibrary.ru>  
URL:<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39752770> (дата обращения: 20.12.2020).
2. Кран подъемный // <https://www.elibrary.ru> URL:  
<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=384903550> (дата обращения: 20.12.2020).
3. Тельфер // <https://www.elibrary.ru> URL:  
<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39671907> (дата обращения: 20.12.2020).
4. Тросоукладчик электротельфера // <https://www.elibrary.ru>  
URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22306792> (дата обращения: 20.12.2020).
5. Fuzzy-Logic-based control of payloads subjected to double-pendulum motion in overhead cranes // [elsevierscience.ru](http://elsevierscience.ru)  
URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926580515002629#!> (дата обращения: 10.12.2020).
6. Динамическая модель электропривода тельфера // <https://www.elibrary.ru> URL:  
<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41866308> (дата обращения: 20.12.2020).
7. Методика расчета напряженно-деформированного состояния пролетных балок мостовых кранов с катанием по нижнему поясу // <https://www.elibrary.ru> URL:  
<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43106840> (дата обращения: 20.12.2020).
8. <http://referatbank.ru/referat/preview/13660/referat-elektrotelfer.html>. (дата обращения: 25.12.2020).
9. <https://pechi-sibiri.ru/kak-podkljuchit-telfer-380/> (дата обращения: 25.12.2020).
10. PATENTSCOPE // wipo URL:  
[https://patentscope.wipo.int/search/zh/detail.jsf?docId=CN223836278&tab=NATIONALBIBLIO&\\_cid=P11-KJGB08-19855-19](https://patentscope.wipo.int/search/zh/detail.jsf?docId=CN223836278&tab=NATIONALBIBLIO&_cid=P11-KJGB08-19855-19) (дата обращения: 25.12.2020).
11. Диагностирование грузоподъемных машин/ В.И. Сероштан, Ю.С. Огарь, А.И. Головин и др./ Под ред. В.И.

					<b>8842.661.000.000ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		48

- Сероштана и Ю.С. Огаря. — М.: Машиностроение, 1992 — 192 с.
12. РД 10-112—96. Методические указания по обследованию грузоподъемных машин с истекшим сроком службы. — Сер. 10 — Вып. 68 — М.: ОАО «НТЦ «Промышленная безопасность», 2006 — 404 с.
13. ПБ 10-14—92. Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов. — М.: НПО ОБТ, 1993 — 239 с.
14. РД 10-112-2—97. Методические указания по обследованию грузоподъемных машин с истекшим сроком службы. Часть 2 Краны стреловые самоходные общего назначения. — М.: ВНИИСтройдормаш, 1997 — 12 с.
15. РД 10-112-3—97. Методические указания по обследованию грузоподъемных машин с истекшим сроком службы. Часть 3 Башенные, стреловые несамоходные и мачтовые краны, краны-лесопогрузчики. — Сер. 10 — Вып. 70 — М.: ОАО «НТЦ «Промышленная безопасность», 2006 — 236 с.
16. РД 10-112-4—98. Методические указания по проведению обследования порталных кранов с целью определения возможности их дальнейшей эксплуатации: утв. ВНИИПТМАШ 24.04.98. — М., 1998 — 83 с.
17. РД 10-112-9—97. Методические указания по проведению обследования технического состояния подъемников (вышек) с истекшим сроком службы с целью определения вероятности их дальнейшей эксплуатации. Часть 9 Подъемники и автовышки. — М.: ВКТИмонтажстроймеханизация, 1997 — 72 с.

					<b>8842.661.000.000ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		48

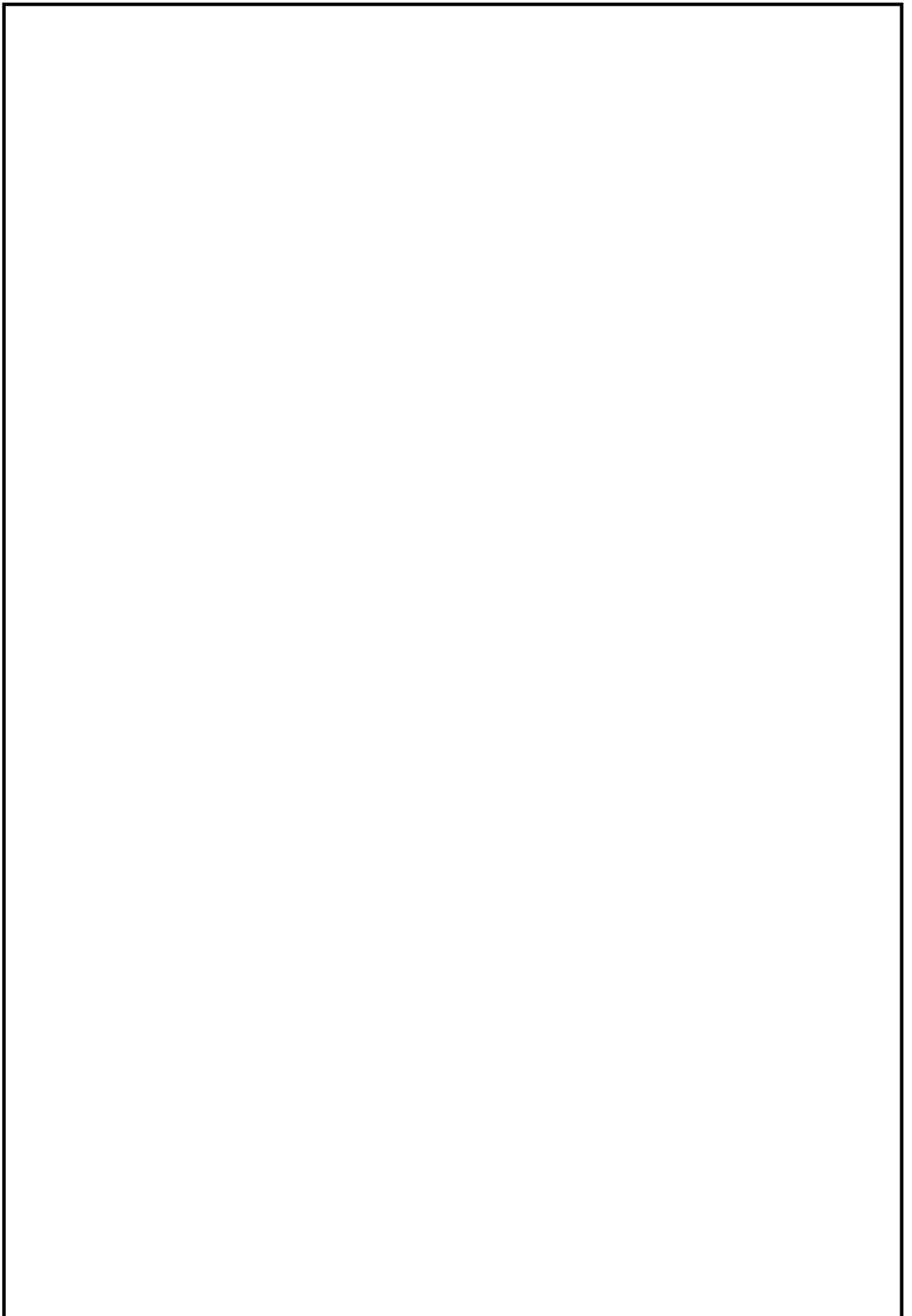
18. РД РОСЭК-004—97. Машины грузоподъемные. Контроль капиллярный. Основные положения. — М.: РосЭК, 1998 — 32 с.
19. РД РОСЭК-006—97. Машины грузоподъемные. Конструкции металлические. Толщинометрия ультразвуковая. Основные положения. — М.: РосЭК, 1998 — 24 с.
20. РД РОСЭК-007—97. Машины грузоподъемные. Контроль вихретоковый. Основные положения. — М.: РосЭК, 1998 — 20 с.
21. НЦТД-ПС01—07. Указания по экспертному обследованию подъемных сооружений с истекшим сроком безопасной эксплуатации. — Н. Новгород: ООО «НЦТД», 2007 — 63 с.
22. ПБ 10-382—00. Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов. — Сер. 10 — Вып. 7 — М.: НТЦ «Промышленная безопасность», 2004 — 288 с.
23. РД-24-112-4Р. Руководящий документ по оценке остаточного ресурса порталных кранов. — М.; СПб: ОАО «РосЭК», 2004 — 66 с.
24. РД ИКЦ «Кран»-007-97—02. Магнитный контроль напряженно-деформированного остаточного ресурса подъемных сооружений при проведении обследования и технического диагностирования (экспертизе промышленной безопасности). — М., 1997 — 67 с.
25. РД 10-112-5—97. Методические указания по обследованию грузоподъемных машин с истекшим сроком службы. Часть 5 Краны мостовые и козловые. —

					<b>8842.661.000.000ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		48

Сер. 10 — Вып. 68 — М.: ОАО «НТЦ «Промышленная безопасность», 2006 — 404 с.

26. Поникаров И.И., Поникаров С.И., Рачковский С.В., Валеев С.И., Вилохин С.А., Хоменко А.А. , Монтаж, техническая диагностика и ремонт основного технологического оборудования химических производств и нефтегазопереработки / Электронная версия. 2019
27. Поникаров С.И., Валеев С.И., Вилохин С.А., Рачковский С.В., Арматура трубопроводная. Монтаж, техническая диагностика и ремонт / Академия наук РТ. 2020, с.331-20,69
28. Галеев А.Д., Старовойтова Е.В., Поникаров С.И. Основы надежности технических систем /2019, с.224-14
29. Поникаров И.И., Поникаров С.И., Рачковский С.В., Расчеты машин и аппаратов химических производств и нефтегазопереработки (примеры и задачи) / Лань. 2018, с.716-44,75
30. Назаров А.А., Бахрамов Ф.А., Вилохин С.А., Поникаров С.И., Аппараты нефтегазовых технологий / КНИТУ. 2013, с.216-13,5
31. Гайфуллин К.Р., Лобанов М.А., Габдуллин Т.М., Каюмов И.Р. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕННИКА с. 185
32. Абдеев Р.Г., Лобанов М.А., Каюмов И.Р. Материалы IV Всероссийской заочной научно-практической молодежной конференции с международным участием (г. Уфа, 15 апреля 2019 г.), 150-152 стр.

					<b>8842.661.000.000ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		48



					<i>8842.661.000.000ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		48