

**РЕСПУБЛИКА УЗБЕКИСТАН
МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕСПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ**

Наманганский инженерно-педагогический институт

Технологический факультет

Кафедра «Технологические машины и оборудования»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

**Тема дипломного проекта: Проектирование
крановой тележки двумя лебедками**

Проектировал (а): _____ студент(ка) группы 35-ТМЖ-12(р)
Ахмадхонов Мухаммадзохир

Руководитель: _____ доц. Б.С. Отаханов

Консультанты: _____

Наманган - 2015

Реферат

Дипломный проект состоит из 28 листов (формата А4) рукописи, 5 рисунков, 6 таблиц, 6 листов (в формате А2) чертежей.

В разделе «Состояние вопроса и обзор существующих конструкций» приведены и освещены классификация мостовых кранов, ограничители грузоподъемности серии ПС80, ограничители перекоса и предлагаемая конструкция передвижной тележки.

В разделе «Расчет мостового крана» рассчитаны механизм подъема груза, механизмы передвижения крана, подшипников, проверены выбор двигателей механизмов передвижения крана и тележки, выбор редукторов механизмов передвижения крана и тележки и определены расчётные нагрузки на узлы металлоконструкции и усилий в них.

В экономическом разделе рассчитаны интегральный экономический эффект от разработки и внедрения менее металлоемкой конструкции крана и определены базовые и новые эксплуатационные затраты.

В разделе «Техника безопасности и охрана труда» рассмотрены вопросы обеспечения безопасности труда при работе мостового крана, оценены необходимые параметры микроклимата в кабине крановщика, меры предосторожностей обслуживающего персонала, вибрационная безопасность при эксплуатации крана, акустическая безопасность при работе крана, пожаробезопасность при эксплуатации крана, электробезопасность при эксплуатации крана, освещенность.

В разделе «Экологическая часть» рассмотрены вопросы хранения грузов

В заключении приведены основные выводы по проекту

В приложении приведен патент на изобретения тележки мостового крана

Содержание

	Введение.....	
I	Состояние вопроса и обзор существующих конструкций	
	1.1. Классификация мостовых кранов.....	
	1.2. Ограничители грузоподъемности серии ПС80.....	
	1.3. Ограничители перекоса.....	
	1.4. Предлагаемая конструкция передвижной тележки.....	
II	Расчет мостового крана	
	2.1. Расчет механизма подъема груза.....	
	2.2. Расчет механизмов передвижения крана.....	
	2.3. Проверка выбора двигателей механизмов передвижения крана и тележки.....	
	2.4. Проверка выбора редукторов механизмов передвижения крана и тележки.....	
	2.5. Расчет подшипников.....	
	2.6. Определение расчётных нагрузок на узлы металлоконструкции и усилий в них....	
III	Экономическая часть	
	3.1. Расчет интегрального экономического эффекта от разработки и внедрения менее металлоемкой конструкции крана.....	
	3.2. Определение базовых и новых эксплуатационных затрат.....	
IV	Техника безопасности и охрана труда	
	4.1. Обеспечение безопасности труда при работе мостового крана.....	
	4.2. Оценка безопасности и условий труда при эксплуатации крана.....	
	4.3. Оценка мер предосторожностей обслуживающего персонала.....	
	4.4. Оценка необходимых параметров микроклимата в кабине крановщика.....	
	4.5. Оценка вибрационной безопасности при эксплуатации крана.....	
	4.6. Оценка акустической безопасности при работе крана.....	
	4.7. Оценка пожаробезопасности при эксплуатации крана.....	
	4.8. Оценка электробезопасности при эксплуатации крана.....	
	4.9. Освещенность.....	
V	Экологическая часть	
	5.1. Порядок хранения опасных грузов.....	
	5.2. Условия хранения опасных грузов отдельных классов.....	
	Заключение.....	
	Список использованной литературы.....	
	Приложение.....	

Введение

Подъемно-транспортные машины и механизмы являются основными средствами механизации и автоматизации погрузо-разгрузочных работ во всех отраслях промышленности и сельского хозяйства.

В связи с интенсификацией технологических процессов, доля времени на подъемно-транспортные операции значительно возросла. Резкое повышение производительности труда, которое крайне необходимо во время перехода экономики на новые условия развития и управления, может быть достигнуто путем механизации и автоматизации подъемно-транспортных и установочных операций, которые менее автоматизированы, чем технологические.

Подъемно-транспортные машины (ПТМ) весьма металлоемки, и следовательно требуют большого количества материальных и трудовых затрат, поэтому необходимо создать мало металлоемкие, совершенные, надежные и рациональные конструкции. Проектированием, подбором и установкой подъемно-транспортных машин заняты инженерно-технологические работники не только в узко специализированных организациях и предприятиях, но и в самых различных отраслях промышленности.

Подъемно-транспортное оборудование является неотъемлемой частью практически любой схемы механизации любого производственного процесса, в каждой отрасли экономики. Поэтому подъемно-транспортные машины представляют исключительный методический интерес как объект проектирования при подготовке инженеров и конструкторов-машиностроителей широкого профиля.

Конечной целью проектирования, разработки, внедрения и применения подъемно-транспортных машин является ликвидация ручных погрузо-разгрузочных работ и исключение тяжелого труда при выполнении основных и вспомогательных операций.

(1.Состояние вопроса и обзор существующих конструкций)

Мостовыми называются краны, у которых грузоподъемный механизм расположен на тележке, перемещающейся по подвижной пролетной конструкции — мосту, а мост передвигается по рельсам, расположенным на подкрановых балках, опирающихся на консоли колонн здания или колонн специальной эстакады. Мостовые краны используются практически во всех сферах промышленной деятельности человека. Монтажные схемы мостовых кранов допускают их использование, как в закрытых помещениях, так и на открытых местностях при любых условиях окружающей среды. Это обстоятельство способствует тому, что они широко используются на складах, заводах различного профиля и таможенных терминалах.

Их недостатком является то, что они привязаны к зданию или эстакаде и не могут работать без пути, поднятого над обслуживаемой поверхностью; положительно в их конструкции то, что они используют строительную высоту здания.

1.1. Классификация мостовых кранов

1. Радиальный кран

Радиальный кран, вращающийся относительно одной из своих опор, имеет длину пролета, равную радиусу R кольцевой рабочей площадки, которую он обслуживает. Ось вращения моста закреплена на опоре, смонтированной в центральной части рабочей площадки и прикрепленной к потолку здания. Тележка предназначена для обслуживания той площади кольца, которая меньше площади кольца радиусом R с учетом тех расстояний, на которые тележка не может подходить к ходовой ведущей тележке, перемещающейся по кольцевому рельсу, к опоре.

2. Хордовый кран.

Хордовый кран так же, как и радиальный, перемещается по одному кольцевому рельсу. Ходовые колеса закреплены на ходовых тележках, несимметрично расположенных относительно балок моста. Тележка моста предназначена для обслуживания меньшей площади кольца при том же радиусе R , как у радиального крана.

3. Поворотный кран

Поворотный мостовой кран имеет длину моста крана, равную $2R$ диаметра кольцевого рельса. Тележка, перемещаясь по балкам моста, обслуживает большую площадь, чем радиальный кран, так как может поднимать грузы в центре рабочей площадки. В этом кране ходовые тележки перемещаются в противоположные стороны при повороте моста относительно центра окружности кольцевого рельса. Ходовые колеса так же, как и в других кранах, имеют оси, ориентированные по радиусу кольцевой площадки.

4. Кольцевой кран

Кольцевой кран перемещается по двум кольцевым рельсам с радиусом R_{\min} и R_{\max} . Пролет моста крана $L = R_{\max} - R_{\min}$. Для обеспечения движения колес наружной и внутренней ходовых тележек без скольжения ходовые наружные и внутренние колеса выполняют с разными диаметрами или частотой вращения, пропорциональной радиусам R_{\min} и R_{\max} .

5. Магнитные краны

Магнитные краны предназначены для подъема и транспортирования ферромагнитных материалов (скрапа, стружки, листового и профильного проката, изложниц для разлива стали и т.д.) Эти краны снабжены грузовыми электромагнитами, подвешиваемыми на крюковой подвеске или траверсе (на гибком или жестком подвесе), расположенной в продольном или поперечном направлении относительно моста. Грузоподъемность магнитных кранов составляет от 5 до 40 т, скорость подъема 14-20

м/мин. Наиболее распространенными являются металлоконструкции с листовыми одностенчатыми главными балками и вспомогательными фермами, а также двухблочные коробчатые конструкции, обладающие высоким сопротивлением усталости. Магнитный кран состоит из моста с механизмом передвижения, одной или двух тележек с механизмом подъема и передвижения, подъемных магнитов и кабины, подвешиваемой к металлоконструкции моста. Механизмы передвижения этих кранов и их тележек не имеют отличий по сравнению с механизмами мостовых кранов общего назначения. В последнее время все большее распространение получают механизмы передвижения кранов с разделенным приводом каждой стороны моста.

6. Однобалочные мостовые краны

Кран однобалочный используется при небольших объемах грузопотока как на открытом воздухе (при температурах от -40 до $+40$ $^{\circ}\text{C}$), так и в закрытых помещениях. Универсальная конструкция мостового крана способствует его широкому применению в промышленной сфере, а также при подъеме и перемещении грузов весом от 1 до 10 тонн.

В зависимости от типа привода различают однобалочные мостовые краны с ручным и электрическим приводом. В ручных подвесных мостовых кранах (ГОСТ 7075-80 и ГОСТ 7413-80) в качестве механизмов подъема применяют подвесные цепные тали. Однобалочный опорный мостовой кран состоит из моста, выполненного в виде двутавровой балки, опирающейся на две концевые балки, ручного механизма передвижения, приводимого в движение цепью, и ручной тележки с цепным приводом. Грузоподъемность этих кранов до 5т, пролет до 11.4 м. Однобалочные мостовые краны с электрическим приводом разделяются на опорные и подвесные. Грузоподъемность опорных кранов до 5 т, пролет до 25.5 м. Грузоподъемность однобалочных подвесных мостовых кранов до 5 т., пролет до 34.8 м. Краны грузоподъемностью до 5 т оборудуются электротальями, управляемыми с пола. На кранах большей грузоподъемности устанавливаются обычные механизмы подъема мостовых кранов опорной конструкции и управляются с неподвижной или подвижной кабины. Скорость передвижения кранов, управляемых с пола, не превышает 0.53 м/с; скорость передвижения кранов, управляемых с кабины, достигает 1м/с. В качестве несущей балки однобалочных кранов подвесной конструкции применяют, как правило, двутавр. В необходимых случаях несущую балку усиливают вертикальной шпренгельной конструкцией и горизонтальной фермой. Балки подвешивают к ходовым кареткам, которые перемещаются по подкрановым двутавровым направляющим. Половина опорных кареток - приводные. Стыковку несущих балок соседних пролетов осуществляют с помощью специальных замков, предотвращающих переход тележки на соседний полет при открытом замке. Подвесные мостовые краны существенно легче опорных мостовых кранов той же грузоподъемности. К тому же они позволяют использовать практически всю полезную площадь производственного помещения.

7. Двухбалочные мостовые краны

Кран двухбалочный находит свое применение в строительных, ремонтных работах, а также в металлургической и машиностроительной промышленности, то есть в отраслях, где требуется поднимать и перемещать тяжелые грузы при больших объемах грузопотока.

В зависимости от типа привода различают двухбалочные мостовые краны с ручным и электрическим приводом. Мостовые краны бывают с коробчатыми, сплошностенчатыми главными балками, с решетчатыми главными и вспомогательными балками. Наиболее распространены мостовые краны с коробчатыми главными балками. Такой кран представляет собой конструкцию, состоящую из балочного или ферменного моста, опирающийся на поперечные концевые балки, в которых закреплены ходовые колеса, приводимые во вращение механизмом передвижения крана. Мост перемещается по подкрановым путям (вдоль цеха), уложенным на подкрановые балки, опирающиеся на колонны здания. Механизм передвижения моста состоит из электродвигателя и редуктора, установленных в середине пролета, и длинного вала, соединяющего редуктор с ходовыми

колесами. У кранов большой грузоподъемности применяют индивидуальные приводы ходовых колес. По рельсам, уложенным вдоль моста крана, передвигается грузовая тележка с расположенной на ней грузоподъемной лебедкой и механизмом передвижения тележки. Для того чтобы грузовой крюк крана при подъеме и опускании не имел поперечного перемещения, применяется уравнительный блок, а грузоподъемный канат запасовывается двумя концами с противоположных торцов барабана. Управление мостовыми кранами осуществляется из кабины крановщика, располагаемой в большинстве случаев у края моста. Тихоходные краны могут иметь управление с пола.

При грузоподъемности мостовых кранов 15 т. и выше применяют две грузоподъемные лебедки — основную и вспомогательную для подъема легких грузов с большей скоростью.

Питание крана электроэнергией осуществляется через главные троллеи, расположенные вдоль подкрановой балки. Для обслуживания их на мосту крана имеется площадка. Крановые решетчатые мосты изготавливают с помощью ручной сварки, а сплошностенчатые автоматической или полуавтоматической сварки. Тележка представляет собой конструкцию, состоящую из сварной рамы, одного или двух механизмов подъема, механизма передвижения. Механизмы передвижения, как правило, выполняются по схеме с тихоходным валом. Передача электроэнергии двигателям механизмов мостовых кранов осуществляется двумя способами: с помощью гибкого подвесного кабеля на катушках подержках (шторная подвеска кабеля) или посредством троллей, натянутых вдоль подкранового пути и по мосту крана, и токосъемников, укрепленных на мосту и на грузовой тележке. Питание механизмов тележки осуществляется с помощью специальных токоведущих шин троллеев или гибкого кабеля. Грузоподъемность мостовых двухбалочных кранов общего назначения $Q=5\dots 500$ т.

Кроме того, в зависимости от монтажной схемы мостовых кранов, можно выделить: кран подвесной и кран опорный. Кран подвесной при монтаже крепится к нижним опорам кранового пути, а кран опорный монтируется на металлические конструкции, которые, в свою очередь, прикреплены к стенам здания.

Мостовые краны обычно изготавливаются с грузоподъемным крюком, реже — с одноканатным или двухканатным грейфером, с магнитной плитой и со штабелирующим устройством. Грузоподъемный механизм грейферных мостовых кранов состоит из двух лебедок, работающих как совместно, так и порознь.

Приведенные различия в основном касаются исполнения мостовых кранов общего назначения. Имеются также разнообразные конструкции мостовых кранов специального назначения.

В настоящее время изготавливаются мостовые краны грузоподъемностью до 500 т и пролетами до 40—50 м. Скорость рабочих движений: подъем груза — до 60 м/мин, передвижение тележки—10—50 м/мин и передвижение моста — 40—150 м/мин. Высота подъема мостовых кранов определяется высотой расположения подкрановых путей над обслуживаемой площадкой и канатоемкостью барабана.

1.2. Ограничители грузоподъемности серии ПС80

ОГП осуществляют защиту конструкций и механизмов электрических мостовых и козловых кранов от перегрузки за счет регулирования скорости подъема груза, и отключения привода грузоподъемного механизма при нагрузке от 100% до 115% от номинала, указанного в паспорте электрического мостового крана, при этом исключается отрыв от основания груза, масса которого равна или превышает 125% грузоподъемности, указанной в паспорте электрического мостового или козлового крана.

Ограничитель грузоподъемности серии ПС80 выполняет следующие функции:
-определение текущего значения нагрузки на грузоподъемный механизм крана;
-выдача информации о нагрузке на грузоподъемный механизм крана на указатель, установленный на рабочем месте крановщика;

-снижение скорости подъема груза (кратковременная остановка механизма подъема груза) при достижении уровня нагрузки в 50+75% от номинала;

-выдача звукового сигнала о перегрузке грузоподъемного механизма крана;

-запрещение подъема груза при превышении порога защиты;

-выдача данных в блок сбора и хранения информации о режиме эксплуатации крана.

ОГП ПС80 состоит из одного или нескольких датчиков силы, блока логики БЛ и блока исполнительных реле БР. Датчик силы определяет нагрузку на грузозахватный орган, приведенную к месту установки датчика.

В зависимости от конструкции крана разработаны датчики силы различных типов:

Датчики типов ДСТ-К и ДСТ-Р устанавливаются под опору грузового барабана грузоподъемного механизма крана;

Датчики типа ДСТ-Б устанавливаются вместо осей верхних блоков грузоподъемного механизма крана или в места зачаливания грузовых канатов;

Датчики типа ДСТ-С устанавливаются в места зачаливания грузовых канатов через тальрепы или тяги.

Блок логики воспринимает сигнал с датчика (датчиков) ДСТ, формирует сигналы промежуточного останова двигателя и отключения привода грузовой лебедки, а также выдает предупредительный звуковой сигнал о перегрузке.

В составе блока БЛ имеются стрелочный указатель нагрузки на грузозахватный орган, проградуированный в процентах от номинальной паспортной грузоподъемности крана и звуковой излучатель.

В блоке БР размещены разделительный понижающий трансформатор, исполнительные реле и другие вспомогательные элементы.

Ограничитель применяется в составе крана в качестве комплектующего изделия. Место установки, типоразмер датчика силы ДСТ и их количество определяется конструкцией грузоподъемного механизма конкретного крана. Согласование и установка ограничителей на новые и находящиеся в эксплуатации краны осуществляется по технической документации, разрабатываемой специализированной проектной организацией.

Габаритные и присоединительные размеры, масса, исполнение, а также допустимая нагрузка на корпус датчика ДСТ определяются требованиями заказа на ОГП в соответствии с проектом.

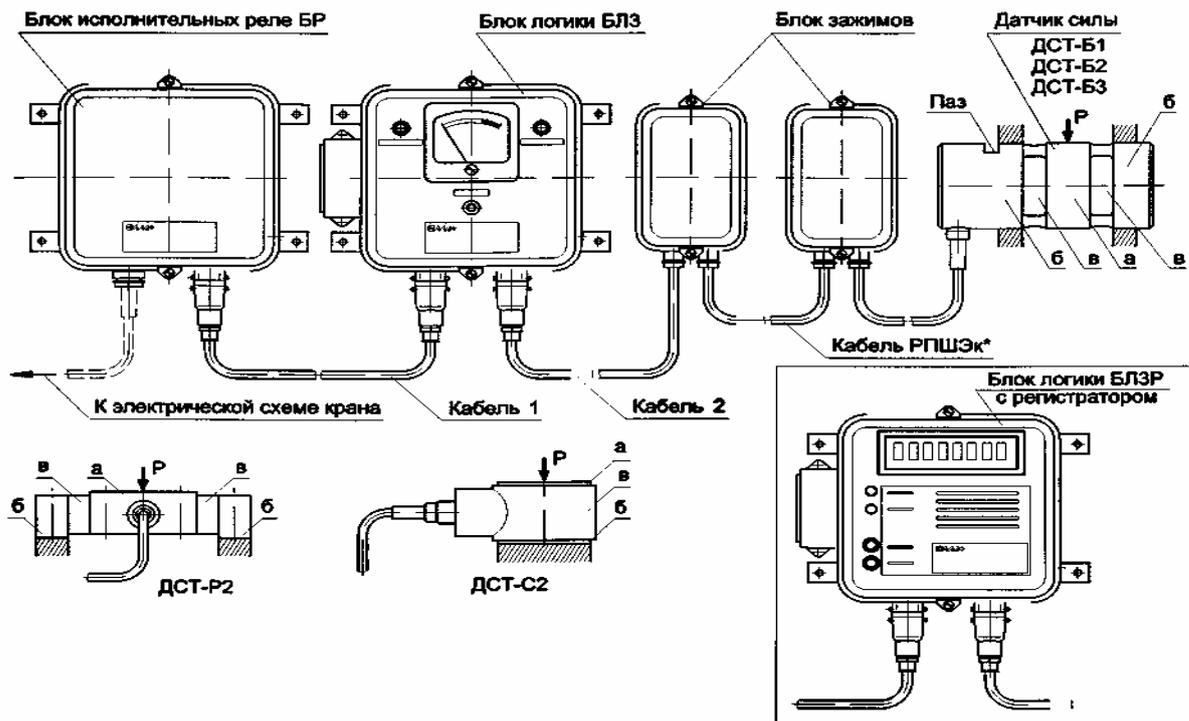


Рис. 1: Общий вид ОГП серии ПС80 с вариантами исполнения ДСТ.

Модификации. На основе ОГП серии ПС80 и для расширения его функциональных возможностей производится следующее дополнительное оборудование:

Модификация с регистратором параметров.

Микропроцессорный блок логики БЛЗР с многофункциональным регистратором параметров обеспечивает регистрацию режимов работы (нагрузки) грузоподъемных механизмов крана и суммарное время работы всех электроприводов, установленных на кране с определением продолжительности включений (ПВ) и частоты включений (ЧВ). Обработанная информация хранится в блоке логики и может быть считана через последовательный порт с помощью персонального или наладон-ного компьютера. Доступ к информации свободный, в сжатом виде она по вызову отображается на цифровом дисплее блока БЛЗР.

Специальные ОГП с функцией оперативного снижения грузоподъемности

Специальные ограничители грузоподъемности серии ПСР80 являются модификацией ОГП серии ПС80, и предназначены для установки на электрические краны мостового типа с целью защиты конструкций и механизмов кранов от перегрузки и оперативного снижения грузоподъемности кранов в соответствии с планом производства работ для защиты от механических повреждений станков, машин, оборудования и конструкций, обслуживаемых кранами.

В составе блока логики БЛ ОГП серии ПСР80 имеется стрелочный указатель нагрузки на крюк, звуковой оповещатель, а также задатчик запрещения подъема (снижения грузоподъемности) в случае, если нагрузка на грузозахватный орган превысит заданный порог. Регулирование (снижение) грузоподъемности осуществляет машинист крана в соответствии с планом производства работ по обслуживанию оборудования и перемещением грузов с применением крана.

Модификация для электрических тельферов

Ограничители грузоподъемности серии ПСТ80 являются модификацией ОГП серии ПС80, и предназначены для установки на электрические мостовые и козловые краны с

электрическими тельферами грузоподъемностью от 0.5 до 10 тонн с целью защиты конструкций, механизмов кранов и тельферов от перегрузки. ОГП ПСТ80 состоит из датчика силы, соединенным с блоком логики БЛ. Датчик силы определяет нагрузку на крюк, приведенную к месту установки датчика. В ОГП применяются датчики типа ДСТ-Б, которые устанавливаются в уравнительные блоки грузоподъемного механизма тельфера или в места зачаливания грузового каната.

Модификация с радиоканалом передачи данных

Радиоканал применяется на электрических кранах мостового типа для передачи информации от датчиков ДСТ к блоку логики БЛ по радио в случаях, когда использование кабеля невозможно или нецелесообразно. Радиоканал рекомендуется применять на кранах с троллейным токоподводом, на кранах с тройной изоляцией (там, где мост должен быть электрически изолирован от кабины крана - например, в цехах электролиза алюминия), а также в случаях, когда общая стоимость кабеля и производства работ по его укладке превышают стоимость радиоканала.

Радиоканал состоит из модуля радиопередатчика и одного или нескольких модулей радиоприемников.

Модуль радиопередатчика позволяет подключать к себе до 4-х датчиков ДСТ, производить предварительную цифровую обработку сигнала (сглаживание, суммирование, и т.д.), и осуществлять передачу данных по радио в цифровом виде. Адресная система позволяет использовать до 256 независимых радиоканалов в одном цехе.

Модуль радиоприемника принимает цифровые данные от радиопередатчика и воспроизводит их в аналоговом виде на своих выходах (количество выходов - от 1 до 4).

Радиоканал применяется в составе ОГП серии ПС80 или его модификаций. Дальность устойчивой радиосвязи в условиях цеха с применением простых пассивных направленных антенн - не менее 100 м. Частота несущей — 433.93 МГц.

1.3. Ограничители перекоса

Правилами Госгортехнадзора предусмотрено оборудованы козловых кранов и мостовых перегружателей ограничителями пере коса. При передвижении кранов, в особенности кранов больших пролетов, к которым относятся козловые краны и мостовые перегружатели, возникает забег одной опоры крана относительно другой опоры и, следовательно, перекос пролетного строения крана. Причин движения кранов с перекосом существует много. Главными из них являются монтажный перекос ходовых колес в горизонтальной ши скости относительно продольной оси крана, неравенство сил сопротивлений передвижению опор крана, ассиметрия в распределении масс крана относительно продольной оси (в направлении передвижения крана), неравенство коэффициентов жесткости характеристик приводных двигателей и случайные пробуксовки приводных крановых колес.

Образование перекоса крана проходит две стадии: стадию свободного перекоса, когда пролетное строение поворачивается в пределах свободного зазора между головками рельсов и ребордами ходовых колес; стадию упругого перекоса, когда после соприкосновения реборд хотя бы двух колес с головками рельсов увеличение з бега опор происходит вследствие упругой деформации пролетного строения и опор крана. В кранах малого пролета упругий перекос мал по сравнению с предельным свободным перекосом? в кранах с большими пролетами основным видом перекоса является упругий.

Движение крана с перекосом сопровождается рядом отрицательных явлений: повышенным изнашиванием ходовых колес, повышенным уровнем нагрузок на металлоконструкцию крана и крановые рельсы, а в некоторых случаях заклиниванием крана или сходом колес с рельсов. Нормальная работа кранов больших пролетов невозможна, если в конструкции крана и его системе управления не предусмотрены

средства для стабилизации движения при перекосе либо для периодического выравнивания крана после образования критического забега опор. Ограничители перекоса осуществляют аварийную автоматическую остановку крана при недопустимом перекосе, их устанавливают на козловых кранах и мостовых перегружателях любых пролетов. На кранах больших пролетов (более 100 м), кроме этого, устанавливают системы визуального контроля перекоса и системы автоматической стабилизации бесперекосного движения крана.

Перекося в ограничителях перекоса или в системах стабилизации бесперекосного движения измеряют двумя способами: измерением разности путей, проходимых двумя опорами крана, и измерением упругой деформации пролетного строения или опор крана.

Первый способ является более предпочтительным, так как между перекосом пролетного строения и забегом опор существует однозначная зависимость. Определение разности путей, проходимых опорами крана, производится измерением углов поворота двух холостых колес противоположных опор крана (или специальных измерительных роликов) либо измерением расстояний, проходимых опорами крана от упоров, установленных в конце рельсового пути. В последнем случае используется дискретный способ измерения пути.

Для этого вдоль рельсового пути с обеих сторон крана на равных расстояниях друг от друга устанавливают реперы, а на ходовых тележках крана — импульсные датчики перемещения. Перекося определяют по разности импульсов, получаемых с двух сторон крана. Ограничители перекоса предотвращают работу крана с опасными забегами опор, но не устраняют этот забег. Уменьшить забег опор до минимума возможно только при использовании системы автоматической стабилизации бесперекосного прямолинейного движения крана, которые применяют на козловых кранах больших Пролетов и мостовых перегружателях.

1.4. Предлагаемая конструкция передвижной тележки

Изобретение относится к мостовым кранам с перемещаемой по рельсам несущей балкой, по которой поперек направления движения этой балки перемещается крановая тележка с двумя лебедками. Мостовой кран с перемещаемым по рельсам продольным несущим элементом, на котором с возможностью перемещения вдоль него установлена крановая тележка, несущая две лебедки, каждый из барабанов которой имеет по желобку, которые разнонаправлены по отношению друг к другу. Оба барабана имеют возможность наматывания на них и разматывания с них одного общего запасованного на минимум одного нижнего блока троса. Достигается улучшение конструкции мостового крана с перемещаемым по рельсам продольным несущим элементом.

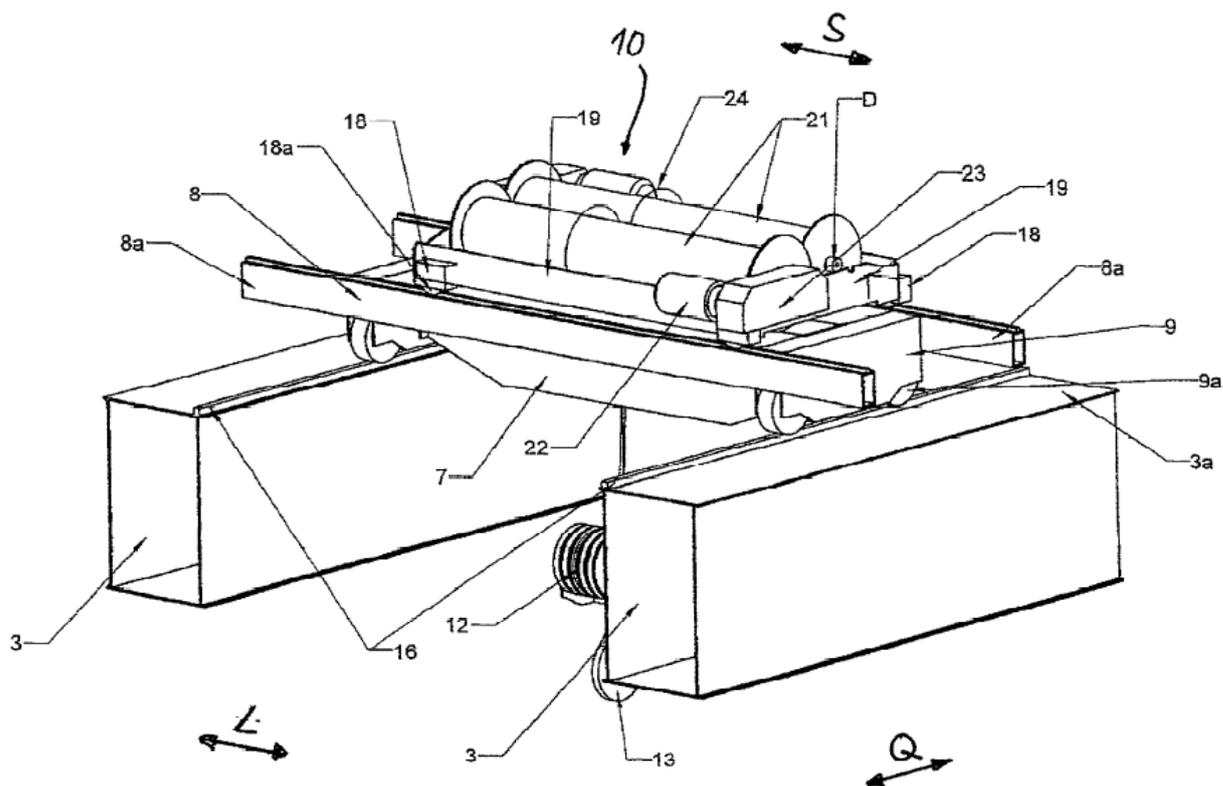


Рис.1.1. Тележка мостового крана

Указанный здесь мостовой кран 1 предусмотрен для грузов в пределах от 50 до 200 т. На верхней стороне 3а балки 3 закреплены рельсы 16 для крановой тележки 7 под ее ходовые механизмы 9. В целях наглядности изображен только один ходовой механизм 9 с двумя колесами 9а. Ходовые механизмы 9 закреплены на прямоугольной раме 8 крановой тележки 7. Рама 8 имеет две параллельные и расположенные на небольшом расстоянии друг от друга поперечные направляющие 8а, на которых, в свою очередь, закреплены рельсы 17. Эти рельсы 17 лежат в направлении движения лебедки S и, следовательно, поперек направления движения Q балки 3. По рельсам 17 с помощью других ходовых механизмов 18 в направлении движения лебедки S имеет возможность перемещаться лебедочная тележка 15. Конструкция лебедочной тележки 15 вполне может быть сравнима с конструкцией обычных крановых тележек. На рамке 19 лебедочной тележки 15 находятся две лебедки 10. Лебедки 10 состоят при обычном типе конструкции, в основном, из одного барабана 21 с осью вращения D, расположенной горизонтально и параллельно направлению движения лебедки S. Оси вращения D двух барабанов 21 также расположены в общей вертикальной плоскости. Для привода барабанов 21 имеется электродвигатель 22, который сцеплен с ними посредством опирающегося на рамку тележки 19 механизма 23. Барабаны 21 снабжены желобками 24, из которых схематично изображен только один отрезок с периметром барабана 21. Каждый из барабанов 21 выполнен с одним желобком 24. В соответствии с применяемой запасовкой 2×8/1 двумя барабанами 21 наматывается и разматывается только один общий трос 11. При этом желобки 24 разнонаправлены. Так как каждый из двух барабанов 21 применяется для поднятия или опускания груза с разнонаправленным вращением, то трос 11, который проходит между двумя барабанами 21, наматывается и разматывается нужным образом.

(2. Расчет мостового крана)

2.1. Расчет механизма подъема груза.

Дано:

грузоподъемность $m_r = 5$ т;

скорость подъема $V = 0.2$ м/с;

высота подъема $H = 6$ м.

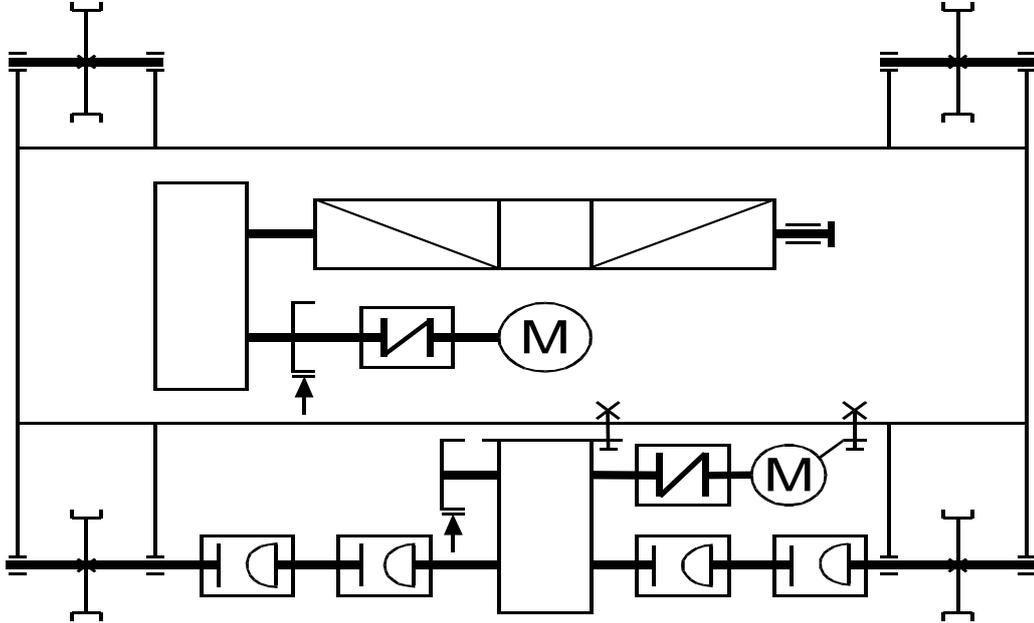


рис. 2.1. Принципиальная схема мостового крана

1. Грузоподъемная сила:

$$F_r = m_r \cdot g,$$

где $g = 9,81$ м/с² - ускорение свободного падения.

Получим: $F_r = 5000 \cdot 9,81 = 4,905 \cdot 10^4$ Н

2. КПД полиспаста:

$$\eta_a = \left(\frac{1 + \eta_1 + \eta_2 + K + \eta_1^{a-1}}{a} \right) \cdot \eta_1^k,$$

где $\eta_1 = 0,98$ - КПД блока на подшипниках качения; $a = 2; 3; 4$ - кратность полиспаста; k - число обводных блоков.

Согласно рекомендациям ВНИИПТМаш: «При малых грузоподъемностях (до 3 тонн) груз может подвешиваться без полиспаста, либо на одном подвижном блоке; при грузоподъемностях свыше 5 т обычно применяют сдвоенные полиспасты с кратностью, возрастающей от 2 до 4 при увеличении грузоподъемности от 5 до 50 тонн».

Получим КПД полиспаста для кратностей $a = 2$:

$$\eta_2 = \frac{1 + 0,98}{2} = 0,99;$$

3. Наибольшее натяжение ветви каната, набегающего на барабан

$$F_a = \frac{F_r}{a \cdot \mu \cdot \eta_a},$$

где μ - число полиспастов.

Для мостового крана $\mu = 2$, т.е. оба конца каната закреплены на барабане - для строго вертикального подъема груза выравнивания усилий на опоры барабана (рис. 2).

Наибольшее натяжение ветви каната, набегающей на барабан при подъеме груза:

$$F = \frac{4.905 \cdot 10^4}{2 \cdot 2 \cdot 0.99} = 1.24 \cdot 10^4 \text{ Н};$$

;

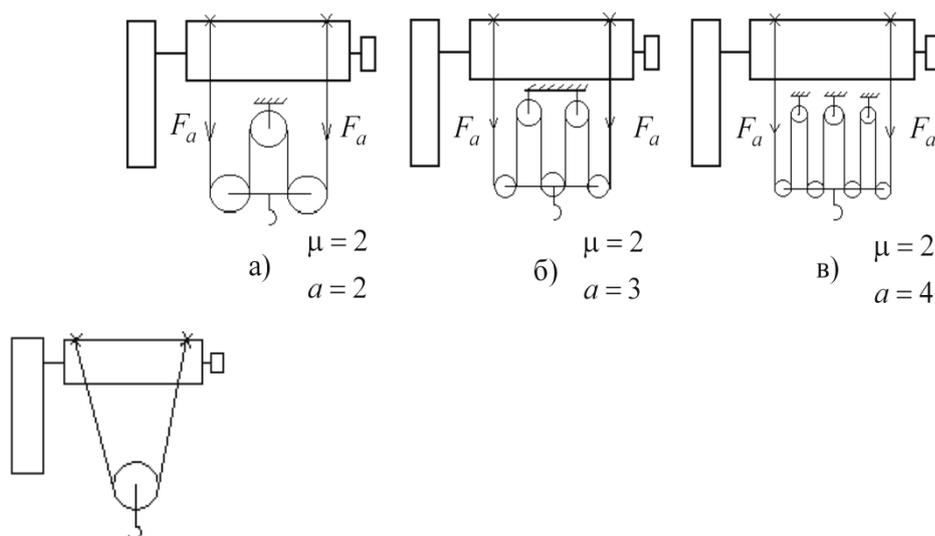


Рис.2.2. Схемы полиспастов механизма подъема груза

$$F_4 = \frac{4.905 \cdot 10^4}{4 \cdot 2 \cdot 0.97} = 0.63 \cdot 10^4 \text{ Н}.$$

Очевидно, что F_a уменьшается по мере увеличения кратности.

4. Выбор электродвигателя

Статическая мощность электродвигателя:

$$P = \frac{F_r \cdot V}{\eta_m},$$

где $\eta_m = 0,9$ - предварительное значение КПД (для механизма подъема с цилиндрическим редуктором).

$$P = \frac{4.905 \cdot 10^4 \cdot 0.13}{0.9} = 7.1 \cdot 10^3 \text{ Вт}.$$

Выбираем для легкого режима нагружения, ПВ=15% и мощности $P < 15$ кВт электродвигатель серии 4МТКФ. Технические данные двигателей принимаем:

4МТКФ112LB4 ($P_4 = 5,5$ кВт; $p=4$; $m=63$ кг; $d_{11} = 240$ мм; $n_4 = 1400$ об/мин; $l_{30} - l_1 = 495 - 80 = 415$ мм).

4МТФ132L6 ($P_6 = 5,5$ кВт; $p=6$; $m=104$ кг; $d_{11} = 270$ мм; $n_6 = 900$ об/мин; $l_{30} - l_1 = 556 - 110 = 446$ мм).

где $(l_{30} - l_1)$ - длина двигателя без посадочной части вала, мм.

В литературе указана мощность P40 (при ПВ=40%). При ПВ=15% те же двигатели имеют большую мощность:

$$P_4 = P_{40} \sqrt{40/15} = 5.5 \cdot 1,63 = 8.9 \text{ кВт}$$

Имеем: $P_4 = P_6 = 8.9 > 7.1$ кВт, т.е. мощность выбранных двигателей достаточна.

5. Угловая скорость электродвигателя

$$\omega_{\text{эп}} = \frac{\pi \cdot n_p}{30},$$

Получим:

$$\omega_{\text{э4}} = \frac{3,14 \cdot 1400}{30} = 146,5 \text{ рад/с},$$

$$\omega_{\text{э6}} = \frac{3,14 \cdot 900}{30} = 94,2 \text{ рад/с}.$$

6. Разрывное усилие каната в целом

$$F_{0a\xi} > F_a \cdot z_p \xi,$$

где z_p - минимальный коэффициент использования каната.

По табл. П.1 (2. с.17) выбирают z_p для заданной группы классификации механизмов.

Символ ξ означает смещение по таблице вверх и вниз на 1 и 2 шага.

Согласно «Правил...» [2, с.18] опускается изменение коэффициента выбора диаметра барабана h_1 , но не более чем на два шага по группе классификации в большую или меньшую сторону с соответствующей компенсацией путем изменения величины Z_p на то же число шагов в меньшую или большую сторону, поэтому введём ряд смещений: $\xi = -2; -1; 0; +1; +2$ Тогда получим ряд значений: $z_p - 2, z_p - 1, z_p 0, z_p + 1, z_p + 2$.

Для группы классификации механизма М2 имеем $z_p 0 = 3.35$. Получаем добавочные значения $z_p - 1 = 3.55$; $z_p + 1 = 3.15$ и разрывное усилие каната ($F_{0a\xi}$, Н) для кратностей $a = 2, 3, 4$, для основного и добавочных значений z_p :

$$F_{1-1} = 2,45 \cdot 10^4 \cdot 3.55 = 8,7 \cdot 10^4$$

$$F_{2-1} = 1.24 \cdot 10^4 \cdot 3.55 = 4.4 \cdot 10^4$$

$$F_{3-1} = 0.83 \cdot 10^4 \cdot 3.55 = 2.95 \cdot 10^4$$

$$F_{4-1} = 0.63 \cdot 10^4 \cdot 3.55 = 2.24 \cdot 10^4$$

$$F_{2-0} = 2,45 \cdot 10^4 \cdot 3.35 = 8,2 \cdot 10^4$$

$$F_{2-0} = 1.24 \cdot 10^4 \cdot 3.35 = 4.15 \cdot 10^4$$

$$F_{3-0} = 0.83 \cdot 10^4 \cdot 3.35 = 2.78 \cdot 10^4$$

$$F_{4-0} = 0.63 \cdot 10^4 \cdot 3.35 = 2.111 \cdot 10^4$$

$$F_{2+1} = 2,45 \cdot 10^4 \cdot 3.15 = 7,72 \cdot 10^4$$

$$F_{2+1} = 1.24 \cdot 10^4 \cdot 3.15 = 3.91 \cdot 10^4$$

$$F_{3+1} = 0.83 \cdot 10^4 \cdot 3.15 = 2.61 \cdot 10^4$$

$$F_{4+1} = 0.63 \cdot 10^4 \cdot 3.15 = 1.98 \cdot 10^4$$

7. Выбор типа каната

Мостовой кран работает в относительно чистом, сухом помещении, следовательно, абразивный и коррозионный износ проволок каната незначителен. Поэтому выбираем канат типа ЛК-РО 6×36+1 о.с. ГОСТ 7668-80. Он имеет большое количество проволок малого диаметра и высокую усталостную износостойкость при перегибах на блоках.

По найденным значениям $F_{0a\xi}$ находят значения диаметров каната $d_{a\xi}$, мм и маркировочную группу, соответствующую условию прочности каната:

$$F_{0a\xi} \leq [F],$$

где $[F]$ - разрывное усилие каната в целом.

Имеем следующие значения диаметров каната (в скобках указаны маркировочные группы, МПа, разрывные усилия, $[F] \times 10^4$ Н):

$$\begin{aligned} d_{10} &= 13(1770; 8.9 > 8.7) \\ d_{20} &= 9.1(1770; 4.545 > 4.15) \\ d_{030} &= 7.6(1770; 3.63 > 2.78) \\ d_{40} &= 6.2(1770; 2.111 > 2.11) \\ d_{1-1} &= 13(1770; 8.9 > 8.2) & d_{1+1} &= 12(1770; 7.855 > 7.72) \\ d_{2-1} &= 9.1(1770; 4.545 > 4.4) & d_{2+1} &= 9.1(1770; 4.545 > 3.91) \\ d_{3-1} &= 7.6(1770; 3.23 > 2.95) & d_{3+1} &= 6.9(1770; 2.63 > 2.61) \\ d_{4-1} &= 6.9(1770; 2.63 > 2.24) & d_{4+1} &= 6.2(1770; 2.11 > 1.98) \end{aligned}$$

8. Минимальный диаметр барабана

$$D_{a\xi} > h_1 \cdot d_{a\xi},$$

где h_1 - коэффициент выбора диаметра барабана.

По табл. П.1 (2. с26) для заданной группы классификации механизмов получают основное значение h_1 . При определении минимального диаметра барабана для заданной группы классификации механизма М2 получим основное значение $h_1 = 12.5$. При смещении по этой таблице вверх и вниз на один шаг имеем: $h_{1+1} = 11.2$; $h_{1-1} = 14$; $h_{1-2} = 16$. Получим $D_{a\xi}$, мм:

$$\begin{aligned} D_{1-1} &> 13 \cdot 11.2 = 145.6 & D_{10} &> 13 \cdot 12.5 = 162.8 \\ D_{1+1} &> 12 \cdot 14 = 168 \\ D_{2-1} &> 9.9 \cdot 11.2 = 110.9 & D_{20} &> 9.1 \cdot 12.5 = 113.8 \\ D_{3-1} &> 8.3 \cdot 11.2 = 92.96 & D_{30} &> 7.6 \cdot 12.5 = 95 \\ D_{4-1} &> 6.9 \cdot 11.2 = 77.3 & D_{40} &> 6.2 \cdot 12.5 = 77.5 \\ \\ D_{2+1} &> 9.1 \cdot 14 = 127.4 \\ D_{3+1} &> 7.6 \cdot 14 = 106.4 \\ D_{4+1} &> 6.9 \cdot 14 = 96.6 \end{aligned}$$

Примечание. ГОСТ 3241-80 «Канаты стальные. Технические условия», приводит ограничение: «Диаметр шейки барабана должен быть не менее 15 номинальных диаметров каната». В выводах по расчету вариант с $h_1 < 15$ может быть принят с пометкой «условно, до согласования с изготовителем каната».

$$D_{2+2} > 9.1 \cdot 16 = 145,6$$

$$D_{3+2} > 7.6 \cdot 16 = 121,6$$

$$D_{4+2} > 6.9 \cdot 16 = 110,4$$

$$D_{2+3} > 9.1 \cdot 18 = 163,8$$

$$D_{3+3} > 7.6 \cdot 18 = 136,8$$

$$D_{4+1} > 6.9 \cdot 18 = 124,2$$

9. Расчетный диаметр барабана

Барабаны диаметром меньше 140 мм исключаем из дальнейших расчетов, т.к. наименьший из выходных валов редукторов с частью зубчатой полумуфты, встраиваемый в барабан, имеет диаметр $D_0 = mz = 3,5 \cdot 40 = 140$ мм. Тогда диаметр охватывающей зубчатой обоймы составляет $1,4mz = 200$ мм.

Расчетный диаметр барабана $D'_{a\xi}$ мм, принимают из ряда $Ra20$: 100, 110, 125, 140, 160, 180, 200, 220, 250, 280, 320, 360, 400, 450, 500.

Расчетный диаметр барабана $D'_{a\xi}$, мм:

$$D'_{2+2} = D'_{1-1} = 160 \quad D'_{2+3} = D'_{1+1} = D'_{10} = 180$$

Барабаны диаметром менее 140 мм исключены т.к. будут иметь большую ступень.

10. Длина барабана с двусторонней нарезкой

$$L_{a\xi} = 2 \left(\frac{1,1d_{a\xi} \cdot H \cdot a}{\pi \cdot D'_{a\xi}} + 3,5 \cdot 1,1d_{a\xi} \right) + c \cdot D'_{a\xi},$$

где $1,1d_{a\xi} = t_{a\xi}$ - шаг нарезки; a - кратность полиспаста; $d_{a\xi}$ - диаметр каната; c - коэффициент длины средней части барабана, H - высота подъема.

Принять: $c = 0,5$ для кратности $a = 1$, $c = 0,2$ для кратности $a = 2$, $c = 0,3$ для кратности $a = 3$, $c = 0,4$ для кратности $a = 4$. Длина барабана с двусторонней навивкой, мм:

$$L_{2+2} = 2 \left(\frac{1,1 \cdot 9,1 \cdot 10 \cdot 10^3 \cdot 2}{3,14 \cdot 160} + 3,5 \cdot 1,1 \cdot 9,1 \right) + 0,2 \cdot 160 = 500,6$$

$$L_{2+3} = 2 \left(\frac{1,1 \cdot 9,1 \cdot 10 \cdot 10^4 \cdot 2}{3,14 \cdot 180} + 3,5 \cdot 1,1 \cdot 9,1 \right) + 0,2 \cdot 180 = 814,5$$

$$L_{10} = 2 \left(\frac{1,1 \cdot 13 \cdot 10 \cdot 10^4}{3,14 \cdot 180} + 3,5 \cdot 1,1 \cdot 13 \right) + 0,2 \cdot 180 = 642,1$$

$$L_{1+1} = 2 \left(\frac{1,1 \cdot 12 \cdot 10^4}{3,14 \cdot 180} + 3,5 \cdot 1,1 \cdot 12 \right) + 0,2 \cdot 180 = 595,5$$

$$L_{1-1} = 2 \left(\frac{1,1 \cdot 13 \cdot 10^4}{3,14 \cdot 160} + 3,5 \cdot 1,1 \cdot 13 \right) + 0,2 \cdot 160 = 705,4$$

11. Проверка размеров барабана по условиям

$$\frac{L_{a\xi}}{D_{a\xi}} \leq 3, \quad \text{и} \quad 3 < \frac{L_{a\xi}}{D_{a\xi}} < 6,5$$

При $L_{a\xi}/D_{a\xi} \leq 3$ проводят простой расчёт барабана на сжатие. При $3 < L_{a\xi}/D_{a\xi} < 6.5$ проводят уточнённый расчёт барабана на сжатие и совместное действие напряжений изгиба и кручения, на устойчивость стенки. При необходимости усиливают барабан, вводят кольца жесткости в его полость (РТМ–24.09.21–76).

Проверим размеры барабана по условиям:

$$3 < L_{2+2}/D_{2+2} = 500.6/160 = 3.44 < 6.5$$

$$3 < L_{2+3}/D_{2+3} = 814.5/180 = 4.56 < 6.5$$

$$3 < L_{10}/D_{10} = 642.1/180 = 3.57 < 6.5$$

$$3 < L_{1+1}/D_{1+1} = 595.5/180 = 3.31 < 6.5$$

$$3 < L_{1-1}/D_{1-1} = 705.4/160 = 4.41 < 6.5$$

Остаются варианты кратностью $a=2$ с увеличенным барабаном на 2 и 3 шага

12. Угловая скорость барабана

$$\omega_{a\xi} = \frac{2Va}{D_{a\xi}} \text{ рад/с,}$$

$$\omega_1 = \frac{2 \cdot 0.13 \cdot 2}{0.180} = 1.44$$

$$\omega_{2+2} = \frac{2 \cdot 0.13 \cdot 2}{0.160} = 3.25$$

$$\omega_{2+3} = \frac{2 \cdot 0.13 \cdot 2}{0.180} = 2.9$$

13. Выбор и расчет редуктора

Выбираем редуктор с зубчатой полумуфтой на выходном валу, т.к. уменьшается габариты механической передачи. Это редукторы Ц2 (завод ПТО им. Кирова) специальные крановые и Ц2У (Ижевский редукторный завод) универсальные общемашиностроительного применения.

Условие прочности:

$$F_a \leq F_y,$$

где F_a – действующая радиальная нагрузка. Полагаем, что наибольшее усилие от левой ветви каната, набегающей на барабан, действует на консоль выходного вала редуктора (рис. 2); F_y – допускаемая радиальная консольная нагрузка на выходном валу редуктора. Выбираем редукторы Ц2, т.к. они более легче.

Для полиспаста кратностью $a = 2$ выберем редуктор Ц2-250, для которого условие выполняется с наименьшим запасом:

$$F_2 = 12400 \text{ Н} < F_{y250} = 12500 \text{ Н}$$

Масса редуктора Ц2-250 $m=86$ кг, КПД=0,96.

14. Передаточное число редуктора

$$U_{pa\xi} = \frac{\omega_{эп}}{\omega_{a\xi}},$$

Определим расчетное передаточное число редуктора и округлим его до номинального значения:

$$U_{41} = 146.5 / 1.44 = 101.74 \gg 50$$

$$U_{61} = 94.2 / 1.44 = 65.42 \gg 50$$

$$U_{42+2} = 146.5 / 3.25 = 45.5 \approx 50$$

$$U_{42+3} = 146.5 / 2.9 = 50.2 \approx 50$$

$$U_{62+2} = 94.2 / 3.25 = 29 \approx 32$$

$$U_{62+3} = 94.2 / 2.9 = 32.48 \approx 32$$

Вывод: требуется редуктор с передаточным числом много большим 50. На двухступенчатых имеем $U_{\max}=50$, а трехступенчатые редукторы не рекомендуются.

15. Грузовой момент на барабане

$$T_{a\xi} = \frac{\mu \cdot F_a \cdot D_{a\xi}'}{2},$$

где $\mu = 2$ – число полиспастов.

Получим: (Н м)

$$T_{02+2} = \frac{2 \cdot 1.24 \cdot 10^4 \cdot 0.16}{2} = 1984$$

16. Проверка редуктора по грузовому моменту

Условие прочности редуктора:

$$T_{a\xi} \leq T_{dp},$$

где $T_{a\xi}$ – грузовой момент на барабане; T_{dp} – допускаемый крутящий момент на валу редуктора.

Проверяем редуктор Ц2-250 для кратности $a = 2$ (рис. 2а). Допускаемый крутящий момент на валу редуктора $T_{dpa\xi}$ Н·м.

$$T_{pa\xi} = 1984, T_{dp} = 3400 \quad T_{dp} / T_{a\xi} = 1,7/1, \text{ Редуктор тип 250 Ун 50}$$

17. Выбор тормоза

Статический момент на выходном валу редуктора при торможении

$$T_{сра\xi} = \frac{T_{a\xi} \cdot \eta_m \cdot \eta_a}{U_{pa\xi}},$$

где η_m – КПД механизма, который можно принять равным КПД редуктора; $U_{pa\xi}$ – номинальное передаточное число редуктора.

$$T_{сра\xi} = 1984 \cdot 0,95 \cdot 0,99 / 50 = 37 \text{ Н·м}$$

18. Тормозной момент, на который регулируют тормоз

$$T_{тра\xi} \geq k \cdot T_{сра\xi}$$

где k – коэффициент запаса торможения.

Согласно правилам ПБ $k > 1,5$. Тормоз выбирают по условию $T_k > T_{тра\xi}$, где T_k – максимальный тормозной момент по каталогу.

$$T_{тра\xi} = 1,5 \cdot 37 = 56 \text{ Н·м}$$

Для всех вариантов двигателей выбираем тормоз типа ТКГ-160 с тормозным моментом $T_{\max} = 100 \text{ Н·м} > T = 99$. Масса 22 кг.

Для возможности установки тормоза необходимо, чтобы размер соседства тормоза и барабана A_2 удовлетворял условию

$$A_2 = a_{w\Sigma} - 0,6mz - 0,8D_m > 20 \text{ мм}$$

где m – модуль зубчатого венца; z – число зубьев венца по справочнику; $0,6mz$ – размер от оси вращения барабана до крайней точки зубчатой ступицы, получен конструктивно из чертежа, D_m – диаметр тормозного шкива; $0,8D_m$ – размер от оси вращения тормозного шкива до наружной поверхности рычага тормоза, получен конструктивно.

$$A_2 = 250 - 0,6 \cdot 3,5 \cdot 40 - 0,8 \cdot 160 = 38 > 20 \text{ мм}$$

19. Бесступенчатый барабан

Если диаметр барабана превышает диаметр делительной окружности зубчатого венца редуктора более, чем на 40%, т.е.

$$D' > 1,4mz,$$

то барабан будет бесступенчатым. Полуколея тележки равна расстоянию от середины редуктора до середины бесступенчатого барабана

$$L_p = L_4 + 2b + 0,5L_{a\xi},$$

где L_4 – расстояние от оси редуктора до оси зубчатого венца; b – ширина зубчатого венца. Размер $2b$ необходим для размещения зубчатой ступицы внутри барабана, получен конструктивно из ГОСТа.

Если диаметр барабана мал, а редуктор велик, то соотношение $D' > 1,4mz$ не выполняется. Тогда имеем ступенчатый барабан. Ступень увеличивает длину барабана на величину $l_x = x + \delta + \varepsilon$.

$$x = \frac{(1,4mz - D')}{2} \cdot \operatorname{tg} \alpha,$$

Приняв литейный уклон $\alpha = 7^\circ$ толщину стенки $\delta = 0,06D'$ и зазор $\varepsilon = 0,04D'$ получим:

$$l_x = 0,06(1,4mz - D') + 0,06D' + 0,04D' \text{ или } l_x = 0,08mz + 0,04D'$$

$$D' \cdot 1,4mz = 160 < 1,4 \cdot 3,5 \cdot 40 = 196$$

$$l_x = 0,08 \cdot 3,5 \cdot 40 + 0,04 \cdot 160 = 18 \text{ мм}$$

20. Ступенчатый барабан

Тогда полуколея тележки (расстояние от середины редуктора до середины ступенчатого барабана)

$$L_p = l_4 + 2b + l_x + 0,5L_{a\xi},$$

где b – ширина зубчатого венца.

примем $l_x = 30$ мм,

Полуколея тележки равна расстоянию от середины редуктора до середины барабана.

$$L_p = 180 + 2 \cdot 20 + 30 + 0,5 \cdot 500,6 = 500,3 \text{ мм}$$

21. Минимальная колея тележки

$$B_{\min} = 2L_p,$$

Находим значения B_{\min} и округляем его до ближайшего большего значения, кратного 10 мм.

Минимизация колеи и массы

$$B_{\min} = 2 \cdot 500,3 \approx 1010,6 \text{ мм}$$

Приводим наиболее приемлемую схему с минимальной массой и колеей.

Масса редуктора 86 , масса двигателя 63, масса тормоза 22, суммарная масса
 Наиболее приемлем диаметр барабана и менее тяжелым редуктором Ц2-250.

2.2. Расчет механизмов передвижения крана

Кинематическая схема передвижения крана представлена следующими составляющими:

Электродвигатель МТФ-112-6У2, N=5 кВт;

Лн=930 об\мин,
 Тормаз ТКТ-200
 Зубчатая муфта по ГОСТ 5006-83.
 Редуктор А-400
 Передаточное число i=60,00
 Число приводов m=2

Определение сопротивления передвижению

$$W = R_p \cdot W_T + W_{укл}$$

Где W_T -сопротивление трения без учета трения реборд;

R_p - коэффициент учитывающий дополнительные сопротивления от трения реборд и торцов ступиц ходовых колес о голову рельса.

$R_p=1,5$

$W_{укл}$ - сопротивление от уклона подкрановых путей.

Сопротивление от трения при движении крана и тележки:

$$W_T = (G + Q) \frac{2M + d \cdot t}{d_{хк}}$$

G - вес крана, $G = 11,6т = 116кН$;

G - вес тележки, $G = 2,1т = 21кН$;

Q - вес груза, $Q = 10т = 100кН$;

$d_{хк}$ - диаметр ходового колеса $d_{хк} = 0,4м$; $d_{хк} = 0,25м$

d - диаметр подшипников колес; $d = 0,1м$; $d = 0,07м$.

M - коэффициент трения качания

$M=0,03$ [1]

$T=0,015$ -коэффициент трения в подшипниках опор вала ходового колеса [1]

Получим:

$$W_T = (116 + 110) \cdot \frac{2 \cdot 0,03 + 0,1 \cdot 0,015}{0,4} = 1,134кН$$

$$W_T = (21 + 100) \cdot \frac{2 \cdot 0,03 + 0,07 \cdot 0,015}{0,25} = 0,65кН$$

Сопротивление от уклона путей:

$$W_{\text{укл}} = \alpha (G_0 + Q),$$

где $\alpha = 0,001$

$$W_{\text{укл}} = 0,001 \cdot (116 + 100) = 0,216 \text{ кН}$$

$$W_{\text{укл}} = 0,001 \cdot (21 + 100) = 0,121 \text{ кН}$$

Т.о. сопротивление передвижению составит:

$$W = 1,5 \cdot 1,134 + 0,216 = 1,917 \text{ кН}$$

$$W = 1,5 \cdot 0,65 + 0,121 = 1,101 \text{ кН}$$

(3. Экономический часть)

Из результатов исследования путей снижения металлоемкости тележки можно сделать вывод, что тележку с облегченной рамой и навесным редуктором механизма подъема можно рекомендовать для промышленного производства в настоящее время.

Преимуществами новой тележки является:

1. повышение точности выверки узлов механизма подъема, ликвидацию сборки методом горячего монтажа;
2. простота конструкции соединения вала барабана с редуктором;
3. уменьшение габаритов и массы конструкции (удельная металлоемкость рассматриваемой тележки снижена на 46%, коэффициент термостойкости на 6% увеличен).

В данной части дипломного проекта произведен расчет экономического эффекта от внедрения в производство новой мало металлоемкой конструкции тележки.

3.1. Расчет интегрального экономического эффекта от разработки и внедрения менее металлоемкой конструкции крана

В основу экономического расчета проектируемой тележки входит определение ее цены, обоснование экономического эффекта.

1. Расчет капитальных затрат

Капитальные затраты – это совокупность пред производственных затрат, цены конструкции, затрат на монтаже и транспортировку.

$$K = C_{\text{предпр}} + C_{\text{констр}} + C_{\text{монтаж}} + C_{\text{трансп}}$$

1. Пред производственные расходы складываются из подготовки конструкторской документации, затраченного на это времени и тарифной ставки.

$$C_{\text{предпр}} = 1,35 \cdot 9900 \cdot 9,6 = 128304 \text{ сум.}$$

2. Определение цены новой конструкции

$$C_{\text{констр}} = \left[M + Z_{\text{осн}} + Z_{\text{пр}} \cdot \left(\frac{M_{\text{уск}} + M_{\text{озр}} + H_{\text{ПП}} + M_{\text{изм}} + H_{\text{ПП}}}{100} \right) \right] \cdot (1+100) \cdot q \cdot (1-100) \cdot s$$

M-материалы и затраты на них. В них входят затраты на основные и покупные материалы.

Затраты на основные материалы:

- Швеллер 09Г2С-12
- Норма расхода 0,5 т
- Цена за 1 тонну 2340000 сум.

Итого основных материалов на сумму 11700000 сум, $M_{\text{осн}} = 11700000$ сум.

Затраты на покупные материалы:

- Электродвигатель МТФ411-6 540000 сум.
- Редуктор навесной 315000 сум.
- Тормоз ТКГ-160 315000 сум.
- Приборы электрооборудования и прочие материалы 456000 сум.

Итого общие затраты на покупные материалы на 1626000 сум,

$M_{\text{покуп}} = 1626000$ сум.

Общие затраты на материалы :

$$M = M_{\text{осн}} + M_{\text{покуп}} = 11700000 + 1626000 = 13326000 \text{ сум.}$$

- Расчет основной заработной платы

$Z_{\text{пр}}$ -прямая заработная плата

$$Z_{\text{пр}} = P_{\text{в}} \cdot C_{\text{час}} \cdot T$$

Наименование операций	$P_{\text{в}}$	$C_{\text{час}}$	Трудоемкость, час	Сумма, сум
Сварная	2	7,8	1008000	7862400
Сборочная	5	6,7	1440000	9648000

$$Z_{\text{пр}} = 7862400 + 9648000 = 17510400 \text{ сум.}$$

Основная заработная плата $Z_{\text{осн}}$ -включает в себе прямую и дополнительную заработную плату, с учетом отчислений на социальное страхование. Дополнительная заработная плата составляет 18% от прямой заработной платы

$$Z_{\text{допол}} = 0,18 \cdot 17510400 = 3151872 \text{ сум.}$$

Отчисления на социальное страхование и другие внебюджетные фонды составляют 38,7 % от прямой и дополнительной заработной платы, т.о. получем:

$$Z_{\text{осн}} = 0,387 \cdot (13326000 + 17510400) = 11933686,8 \text{ сум.}$$

- $M_{\text{цех}}$ – общецеховые расходы, составляют 75 % от прямой заработной платы,
- $M_{\text{озр}}$ – общезаводские расходы, составляют 655 от прямой заработной платы,
- $M_{\text{пп}}$ – подготовка и освоение производства новых изделий, составляет 5% ,
- $M_{\text{изи}}$ – износ инструмента и приспособлений, составляет 10% ,
- $M_{\text{пр}}$ – прочие производственные расходы, составляют 15% ,
- q - норматив внепроизводственных расходов, это процент к себестоимости (в формуле заключена в квадратные скобки), составляет 12%
- S – норматив снижения цены в условиях освоенного серийного производства, составляет 17%

Подставив в формулу получим:

сум.

3. Затраты на монтаж составляют 15% от цены машины

$$C_{\text{монт}}=0,15 \cdot 46941273,4032=7041191 \text{ сум.}$$

4. Затраты на транспортировку составляют 8% от цены машины

$$C_{\text{транспр}}=0,08 \cdot 46941273,4032 =3755301 \text{ сум.}$$

Отсюда: капитальные затраты будут составлять

$$K= C_{\text{предпр}}+C_{\text{констр}}+C_{\text{монтаж}}+C_{\text{трансп}};$$

подставим:

$$K=57866069,4032 \text{ сум.}$$

3.2. Определение базовых и новых эксплуатационных затрат

$C_{\text{б}}$ – базовые эксплуатационные затраты;

$C_{\text{н}}$ – новые эксплуатационные затраты;

$$C_{\text{б,н}}=C_{\text{кап.рем}}+C_{\text{тех.рем}}+C_{\text{зап.части}}+C_{\text{эл.эн}}+C_{\text{всп}}+C_{\text{трансп}}$$

- Расходы на капитальный ремонт составляют 20% от цены конструкции. Цена базовой конструкции 65000 руб, отсюда:

$$C_{\text{кап.рем}}=0,20 \cdot 585000000=117000000 \text{ сум.}$$

$$C_{\text{кап.рем}}=0,20 \cdot 46941273,4032=9388254,68064 \text{ сум.}$$

- Расходы на текущий ремонт составляют 5% от цены машины, получем:

$$C_{\text{тех.рем}} = 0,05 \cdot 585000000 = 29250000 \text{ сум.}$$

$$C_{\text{тех.рем}} = 0,05 \cdot 46941273,4032 = 2347063,67 \text{ сум.}$$

- Расходы на запасные части, составляют 7% от цены машины, получем:

$$C_{\text{зап.части}} = 0,07 \cdot 585000000 = 40950000 \text{ сум.}$$

$$C_{\text{зап.части}} = 0,07 \cdot 46941273,4032 = 3285889,14 \text{ сум.}$$

- Расходы на электроэнергию

$$C_{\text{эл.эн}} = N_i \cdot 100 \cdot \text{ПВ} \cdot K_n \cdot T_k \cdot K_b \cdot \text{Ц},$$

где N_i – суммарная мощность электродвигателей;

$$N_i = 15 + 2,2 = 17,2 \text{ кВт}$$

$$N_i = 22 + 2,2 = 24,2 \text{ кВт}$$

ПВ = 40% - продолжительность включения двигателя в пределах цикла;

$K_n = 0,85$ – коэффициент двигателя по мощности;

$T_k = 2800$ час – годовой календарный фонд времени;

$K_b = 0,2$ – коэффициент использования машины во времени;

Ц = 250 сум. – цена за 1 кВт/час;

Таким образом:

$$C_{\text{эл.эн}} = 13263300 \text{ сум.}$$

$$C_{\text{эл.эн}} = 18660600 \text{ сум.}$$

- Затраты на вспомогательные материалы, составляют 25% от расходов на электроэнергию, получим:

$$C_{\text{всп}} = 0,25 \cdot 13263300 = 3315825 \text{ сум.}$$

$$C_{\text{всп}} = 0,25 \cdot 18660600 = 4665150 \text{ сум.}$$

- Транспортные расходы, составляют 8% от цены машины, получем:

$$C_{\text{трансп}} = 0,08 \cdot 13263300 = 1061064 \text{ сум.}$$

$$C_{\text{трансп}} = 0,08 \cdot 18660600 = 1492848 \text{ сум.}$$

Итак, базовые эксплуатационные затраты:

$$C_6 = 145248300 \text{ сум.}$$

Новые эксплуатационные затраты:

$$C_n=103457700 \text{ сум.}$$

3. Определение годовой экономии

$$\begin{aligned} \Theta_r &= C_6 - C_n \\ \Theta_r &= 41790600 \text{ сум} \end{aligned}$$

4. Определение интегральной экономии

$$\Theta_n = \Theta_r \cdot \text{срок службы}$$

Срок службы с учетом морального износа составляет 15 лет, тогда:

$$\Theta_n = 41790600 \cdot 15 = 626859000 \text{ сум.}$$

5. Интегральный эффект от разработки и внедрения грузовой тележки:

$$\begin{aligned} \Theta_\phi &= \Theta_n - K \\ \Theta_\phi &= 211490100 \text{ сум.} \end{aligned}$$

(4. Техника безопасности и охрана труда)

4.1. Обеспечение безопасности труда при работе мостового крана

На крановщика при работе крана могут воздействовать опасные (вызывающие травмы) и вредные (вызывающие заболевания) производственные факторы. Опасные и вредные производственные факторы регламентируются ГОСТ 12.0.003-74

Безопасность труда при подъеме и перемещении грузов в значительной степени зависит от конструктивных особенностей подъемно-транспортных машин и соответствие их правилам и нормам техники безопасности Госгортехнадзора.

К опасным физическим факторам относятся: движущиеся машины и механизмы; различные подъемно-транспортные устройства и перемещаемые грузы; незащищенные подвижные элементы производственного оборудования (приводные и передаточные механизмы, режущие инструменты, вращающиеся и перемещающиеся приспособления и др.); отлетающие частицы обрабатываемого материала и инструмента, электрический ток, повышенная температура поверхностей оборудования и обрабатываемых материалов и т.д.

Вредными для здоровья физическими факторами являются: повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны; высокие влажность и скорость движения воздуха; повышенные уровни шума, вибрации, ультразвука и различных излучений - тепловых, ионизирующих, электромагнитных, инфракрасных и др. К вредным физическим факторам относятся также запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;

4.2. Оценка безопасности и условий труда при эксплуатации крана

В процессе работы крана может произойти: обрыв каната, сход крана с рельса, угон крана при сильном ветре, что может привести к серьезным последствиям.

Для исключения возможности угона крана при сильном ветре, на кране устанавливается противоугонное устройство. Также на кране устанавливаются приборы, включающие предупредительный звуковой сигнал и сигнальную лампу при скорости ветра 20 м/с и более.

Для исключения обрыва каната, при подъеме груза, вес которого превышает номинальную грузоподъемность более чем на 10%, предусмотрен ограничитель грузоподъемности, автоматически отключающий механизм подъема при превышении номинальной грузоподъемности, а также при увеличении нагрузки на грузовые канаты выше допустимой от смещения центра тяги грейфера, для исключения натяга и обрыва каната при подъеме груза на недопустимую высоту предусмотрен ограничитель высоты подъема.

Во избежание схода крана с рельс, в конце пути предусмотрены концевые выключатели механизма передвижения крана, которые установлены таким образом, что привод отключается несколько раньше, чем происходит контакт колес крана с ограничительным устройством. Это расстояние равно половине тормозного пути крана.

4.3. Оценка мер предосторожностей обслуживающего персонала

С целью предупреждения обслуживающего персонала, находящегося в непосредственной близости от работающего крана, при его передвижении включается автоматически звуковой сигнал. Также звуковой сигнал включается при передвижении грузовой тележки.

Опасность, возникающая при нахождении людей на проездом строении крана, исключается с помощью автоматической блокировки дверей во время работы крана.

С целью безопасности доступа к механизмам, предохранительным устройством, электрооборудованию предусмотрены площадки, лестницы, ограждения по конструкции и размерам соответствующие Правилам Госгортехнадзора.

Для исключения возможности попадания человека в зону работы механизмов, все выдвижные части механизмов и электрооборудования прочно закреплены и закрыты ограждениями.

(V. Экологическая часть)

5.1. Порядок хранения опасных грузов

Положения настоящей главы Правил определяют порядок хранения опасных грузов, предназначенных для собственных нужд подразделений промышленного железнодорожного транспорта организаций.

При организации и осуществлении хранения опасных грузов руководствуются требованиями:
настоящих Технических правил;
раздел 1.4 ППБ-01-93.

В организации должен быть утверждён техническим руководителем локальный акт о порядке хранения опасных грузов, предназначенных для собственных нужд подразделения промышленного железнодорожного транспорта, разработанный на основе нормативных документов, перечисленных в п. 5.1.2., и учитывающий местные условия. В указанном локальном акте должны быть, в частности, определены:

- номенклатура (по классам, подклассам, категориям, группам или наименованиям) и количество опасных грузов, допускаемых к хранению на отдельных складах;
- требования к условиям хранения, получения и выдачи опасных грузов отдельных классов;
- перечни аварийных карточек на отдельные опасные грузы или их виды, подлежащие нахождению на конкретном складе и места их нахождения;
- порядок действий обслуживающего персонала склада (администрации) при возникновении инцидентов (аварийных ситуаций) на складе;
- специальные места для хранения и порядок вывоза для утилизации или захоронения остатков опасных грузов после ликвидации аварийных ситуаций.

Использование подвижного состава железнодорожного транспорта и автотранспортных средств для хранения опасных грузов запрещается.

Совместное хранение опасных грузов следует осуществлять в соответствии с требованиями пожарной безопасности по совместному хранению веществ и материалов (приложение 4 к ППБ-01-93).

У входа в каждый склад, отсек или кладовую на видном месте должен быть вывешен список веществ, допущенных к хранению в данном складе, кладовой или отсеке, а также указаны средства огнетушения.

Бытовые помещения для работников, осуществляющих операции по хранению опасных грузов, кладовщиков и рабочих, размещённых в зданиях складов, должны быть изолированы от производственных помещений противопожарными преградами и иметь самостоятельный выход.

Для каждого склада должен быть разработан оперативный план по ликвидации пожара и других аварийных ситуаций с учётом свойств и количества хранящихся или перегружаемых опасных грузов. Один экземпляр оперативного плана должен быть вывешен на складе. При составлении оперативного плана должны быть учтены требования, установленные в аварийных карточках.

Конструкция, размещение и оборудование складов должны соответствовать требованиям действующих строительных норм и правил. Электрооборудование и

электрические сети должны соответствовать Правилам устройства электроустановок с учётом классификации грузов как горючих материалов.

Крытые склады для хранения грузов классов 2, 3, 8, подклассов 4.2, 4.3, 5.2 должны быть одноэтажными. Хранение опасных грузов остальных классов (подклассов) допускается на первом этаже многоэтажных складов.

Склады, на которых хранятся жидкости, а также твёрдые вещества, способные плавиться при пожаре, должны быть оборудованы устройствами, ограничивающими свободное растекание жидкости или расплавов.

Открытые склады и склады-навесы для хранения жидких опасных грузов должны размещаться на участках, имеющих более низкие отметки по сравнению с отметками складских и вспомогательных зданий, расположенных на близлежащей территории.

Склады должны быть оборудованы средствами пожаротушения и ликвидации аварийных ситуаций по действующим нормам в соответствии со свойствами опасных грузов. Крытые склады, используемые для хранения грузов классов 3, 4, 5, подклассов 2.3 и 2.4, должны быть оборудованы автоматической пожарной сигнализацией.

Двери крытых складов должны быть раздвижными, подъёмными или открываться наружу. Подъёмные двери должны быть снабжены ручным приводом. Окна должны быть застеклены с внутренней стороны, и защищены металлической сеткой.

Осветительное и другое электрооборудование, а также воздушная электропроводка открытых складов, складов-навесов и погрузочно-выгрузочных площадок для хранения грузов классов 3, 4, подклассов 2.3 и 2.4 должны размещаться на расстоянии не менее 5 м (по горизонтали) от штабелей грузов.

Склады перед размещением в них опасных грузов должны быть тщательно очищены от остатков ранее хранимых грузов и их упаковки, деталей крепления, разливов топлива и горюче-смазочных материалов, мусора. В необходимых случаях загрязнённые места должны быть промыты и высушены.

При работах на складах с пожаро- и взрывоопасными грузами должны использоваться только электрические фонари во взрывозащищённом исполнении.

Запрещается находиться на территории мест хранения грузов классов 3, 4 и подклассов 2.3, 2.4, имея при себе спички, зажигалки и другие предметы, использование которых может вызвать пожар.

5.2. Условия хранения опасных грузов отдельных классов

О п а с н ы е г р у з ы к л а с с а 2

Крытые склады используемые для хранения баллонов с газами подклассов 2.3 и 2.4, должны быть оборудованы приточно-вытяжной вентиляцией, перекрытия здания должны быть одноэтажными лёгкого типа, без чердаков.

Электрооборудование складов, в которых хранятся грузы подклассов 2.3, 2.4 должно быть во взрывозащищённом исполнении. Вентиляционные системы должны быть снабжены пламя прерывающей арматурой. Стены, перегородки, покрытия складов должны быть выполнены из негорючих материалов не ниже II^й степени огнестойкости.

В помещениях хранения газов должны быть исправные газоанализаторы до взрывоопасных концентраций, а при их отсутствии руководителем организации должен быть установлен порядок отбора и контроля проб.

В вертикальном положении допускается хранение баллонов, имеющих башмаки. Баллоны должны устанавливаться в специально оборудованные гнёзда или клетки и надёжно закрепляться.

Баллоны, не имеющие башмаков, должны храниться в горизонтальном положении на деревянных рамах с гнёздами или стеллажах. При хранении в горизонтальном положении на открытых складах и складах-навесах баллоны, имеющие башмаки, должны укладываться в штабель с прокладками из верёвки, деревянных брусьев или резины.

Вентили баллонов штабеля должны быть обращены в одну сторону. Высота штабеля не должна превышать 1,5 м.

Хранение каких-либо других веществ, материалов и оборудования в складах газов не разрешается.

О п а с н ы е г р у з ы к л а с с а 3

Крытые склады, используемые для хранения ЛВЖ, должны быть не ниже II степени огнестойкости и оборудованы приточно-вытяжной вентиляцией. Вентиляционные системы должны быть снабжены пламя прерывающей арматурой. Электрооборудование складов должно во взрывозащищённом исполнении.

Полы крытых складов для хранения грузов подклассов 3.1 и 3.2 должны быть выполнены из материалов, исключающих образование искр при ударе каких-либо предметов.

В одном отсеке крытого склада, изолированного от других отсеков противопожарными перегородками, должно храниться не более 200 м³ ЛВЖ, при этом в здании склада в целом – не более 1200 м³ ЛВЖ.

При отсутствии крытых складов ЛВЖ в упаковке допускаются к хранению в открытых складах и складах-навесах в количестве не более 500 м³ на одном складе.

Покрытие пола открытых и складов-навесов должно быть несгораемым.

5.2.9. На открытых складах допускается хранение ЛВЖ в контейнерах (в том числе в контейнерах-цистернах) общим объёмом не более 100 м³ – ЛВЖ подклассов 3.1 и 3.2, не более 500 м³ подкласса 3.3.

О п а с н ы е г р у з ы к л а с с а 4

Крытые склады, используемые для хранения грузов подклассов 4.1 и 4.2, должны быть не ниже III степени огнестойкости, для грузов подкласса 4.3. – не ниже II степени огнестойкости, для щёлочных металлов – I степени огнестойкости.

Склады или отсеки складов для хранения грузов подкласса 4.3 должны быть оборудованы приточно-вытяжной вентиляцией, снабжённой пламя прерывающей арматурой. Электрооборудование складов (отсеков) должно быть во взрывозащищённом исполнении.

О п а с н ы е г р у з ы к л а с с а 5

Крытые склады или отсеки склада, изолированные от других отсеков противопожарными перегородками, используемые для хранения грузов класса 5, должны быть не ниже II степени огнестойкости. Склады должны быть вентилируемыми.

Грузы класса 5 запрещается хранить совместно с горючими веществами или материалами. Прокладочные материалы должны быть, как правило, не горючими. Если для этой цели применяется древесина, она должна быть сухой и чистой.

О п а с н ы е г р у з ы к л а с с а 8

Крытые склады, используемые для хранения грузов класса 8, должны быть вентилируемыми и не ниже III степени огнестойкости. Склады (отсеки) для хранения дымящих кислот должны иметь два выхода с противоположных сторон здания для возможности сквозного проветривания помещения.

Покрытие пола складов, в том числе площадок открытых складов и складов-навесов, должно быть выполнено из несгораемого материала, стойкого к кислотам и щелочам.

При хранении жидких кислот должна быть исключена возможность их контакта с древесиной и другими легкогорючими материалами при нарушении герметичности упаковки.

О п а с н ы е г р у з ы к л а с с а 9

Крытые склады, используемые для хранения горючих жидкостей и грузов, выделяющих воспламеняющиеся газы при взаимодействии с водой, должны быть вентилируемыми и не ниже II степени огнестойкости.

Крытые склады для хранения остальных грузов класса 9 должны быть не ниже IV степени огнестойкости.

Заключение

В соответствии с производственными расчетами можно сделать вывод, что запуск в производство тележки с облегченной рамой и навесным редуктором обеспечит не только снижение металлоемкости на 46% и трудоемкости сборки, но и будет иметь место интегральный экономический эффект в размере 211490100 сум от производства и эксплуатации одной тележки.

Цена мало металлоемкой тележки составит 46941273,4032 сум, в то время как цена существующего аналога составляет 585000000 сум, и как следствие снизятся эксплуатационные затраты с 145248300 сум до 103457700 сум.

Данные результаты подтверждают необходимость промышленного освоения тележки.

Список литературы:

1. Александров М.П. Атлас конструкций .-М. :Машиностроение 1973г.
3. Аннинский Б.А. Погрузочно-разгрузочные работы – Л.: Машиностроение, 1975 г.
4. Metallokonstrukcii bашенных кранов, рекомендации на ремонт , Министерство лесной промышленности СССР, 1989 г.
5. Яхнин Р.Н. Ремонт металлоконструкций мостовых кранов – Л.: Metallургия 1990 г.
6. Буланже А.В., Палочкина Н. В., Часовников Л. Д. Методические указания по расчету зубчатых передач редукторов и коробок скоростей, часть 1. – М.: МВТУ им. Н. Э. Баумана, 1980 г.
7. Казак С.А. Курсовое проектирование грузоподъемных машин – М.: Высшая школа , 1989 г.
8. Дегтерев Г. Н. Механизация и организация погрузочно-разгрузочных работ. - М.: Транспорт, 1968 г.
10. Евстратенков Г. С. Безопасность труда и промышленная экология: методическое пособие по дипломному проектированию. /Под ред. А.С. Гринина. – Калуга: ГУП Облиздат, 1997 г.
11. Зерцалов А. И. Краны с жестким подвесом груза. – М.: Машиностроение, 1979 г.
12. Лаврухина Н. В., Васильева И. М. Экономика предприятия. Учебное пособие. – Калуга: КФ МГТУ, 1998 г.
13. Николаева С. А. Принципы формирования и калькулирования себестоимости. – М.: Аналитик-Пресс, 1999 г.
14. Охрана труда в машиностроении: Учебник для машиностроительных вузов / Под ред. Е. Я. Юдин, С. В. Белова – 2-е изд. перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1983 г.
17. Чернилевский Д. В. Детали машин. Проектирование приводов технологического оборудования. – М.: Машиностроение, 2003 г.
18. Шейнблит А. Е. Курсовое проектирование деталей машин. – М.: Высшая школа, 1991 г.