

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский государственный профессионально-
педагогический университет»
Кафедра инжиниринга и профессионального обучения
в машиностроении и металлургии

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ

Заведующая кафедрой ИММ

_____ Б. Н. Гузанов

« _____ » 2018 г

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

**Модернизация механизма подъема мостового крана, с целью повышения
его грузоподъемности**

Исполнитель:

обучающийся группы № ПМ-402

С. А. Сухов

Руководитель:

Доктор технических наук

В. В. Каржавин

Нормоконтролер:

к. т. н доцент, проф. каф. ИММ

Ю. И. Категоренко

Екатеринбург 2018

РЕФЕРАТ

Дипломная работа выполнена на 115 страниц, содержит 25 рисунков, 4 таблицы, 35 источников литературы, а также приложение из спецификации и 5 плакатов.

Ключевые слова: МОСТОВОЙ КРАН; МЕХАНИЗМ ПОДЪЕМА; МОДЕРНИЗАЦИЯ; СЕЧЕНИЕ БАЛКИ.

Объектом исследования является мостовой кран.

Предметом исследования является механизм подъема мостового крана.

Цель работы - увеличение грузоподъемности мостового крана с 15т до 20т.

В процессе работы проводились исследования отдельных способов увеличения грузоподъемности мостового крана.

В результате исследования были выявлены пути для модернизации мостового крана.

Основные конструктивные и технико-эксплуатационные показатели: высокая точность измерения; точный расчет механизмов; прочность металлоконструкции моста; контроль качества.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ВКР 44.03.04.112 ПЗ			
Разраб.		Сухов С.А.			Пояснительная записка Модернизация механизма подъема мостового крана, с целью повыше- ния его грузоподъемности	Лит.	Лист	Листов
Провер.		Каржавин В.В.					2	1116
Реценз.						ФГАОУ ВО РГППУ ИИПО Кафедра ИММ группа ПМ-402		
Н. Контр.		Категоренко Ю.И.						
Утверд.		Гузанов Б.Н.						

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 МОСТОВЫЕ КРАНЫ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ	8
1.1 Типовые конструкции кранов	8
1.2 Схема мостового крана.....	10
1.3 Особенности конструкции мостового крана	11
1.4 Механизмы передвижения и их особенности	13
2 ПРЕДАВРИТЕЛЬНЫЕ РАСЧЕТЫ МЕХАНИЗМОВ.....	17
2.1 Механизм подъема груза	17
2.2 Механизм передвижения тележки	21
2.3 Проверка равномерности распределения нагрузок на ходовые колеса тележки	28
3 ПРОВЕРОЧНЫЕ РАСЧЕТЫ МЕХАНИЗМОВ	32
3.1 Механизм подъема груза.....	32
3.2 Механизм передвижения тележки.....	39
4 ПРОВЕРКА ПРОЧНОСТИ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИИ МОСТА	50
4.1 Геометрические характеристики сечений	50
4.2 Определение расчетных нагрузок для главной балки.....	53
4.3 Проверка прочности главной балки в средней части пролета	56
4.4 Проверка опорного сечения пролетной балки	59
4.5 Проверка прочности концевых балок	64
4.6 Проверка статической жесткости моста в вертикальной плоскости.....	67
5 ПРОВЕРКА ПРОЧНОСТИ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИИ ТЕЛЕЖКИ ..	69
5.1 Геометрические характеристики сечений	69

					ВКР 44.03.04.112 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		3

5.3 Проверка прочности сечения балки	71
5.3 Проверка прочности профиля.....	73
6 РАЗРАБОТКА ПЛАНА-КОНПЕКТА УРОКА ТЕОРЕТИЧЕСКОГО ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТА	75
6.1 План урока	75
6.2 Ход урока	76
6.3 План хода урока	77
6.4 Конспект урока.....	79
7 ТЕХНИКА - ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ.....	84
7.1 Капитальные вложения.....	84
7.2 Текущие (эксплуатационные) затраты.....	85
7.3 Среднегодовой экономический эффект	87
8 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ПРОЕКТА	88
8.1 Безопасность труда	88
8.2 Эргономические требования.....	88
8.3 Санитарно-гигиеническая характеристика	89
8.3.1 Производственная пыль	89
8.3.2 Производственный микроклимат	91
8.3.3 Производственный шум	91
8.3.4 Вибрация	92
8.3.5 Освещение производственных помещений.....	93
8.4 Требования техники безопасности.....	95
8.4.1 Общие требования.....	95
8.4.2 Электробезопасность	96
8.4.3 Пожарная безопасность	97

8.4.4 Правила техники безопасности при подъеме и перемещении	98
груза	98
8.4.5 Травмоопасность	101
8.5 Возможные чрезвычайные ситуации	103
8.6 Экологичность проекта	104
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	111
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	112
ПРИЛОЖЕНИЕ	116

					ВКР 44.03.04.112 ПЗ	Арк.
						5
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

ВВЕДЕНИЕ

В проблеме осуществления научно-технического прогресса значительная роль отводится подъемно-транспортному машиностроению, перед которым поставлена задача широкого внедрения во всех областях народного хозяйства комплексной механизации и автоматизации производственных процессов, ликвидации ручных погрузочно-разгрузочных работ и исключения тяжелого ручного труда при выполнении основных и вспомогательных технологических операций.

Жизненно необходимым является увеличение производства прогрессивных средств механизации подъемно-транспортных, погрузочно-разгрузочных и складских работ. Современные поточные технологические и автоматизированные линии, межцеховой и внутрицеховой транспорт требуют применения разнообразных типов подъемно-транспортных машин и механизмов, обеспечивающих непрерывность и ритмичность производственных процессов. Поэтому подъемно-транспортное оборудование в настоящее время превратилось в один из основных решающих факторов, определяющих эффективность производства. Насыщенность производства средствами механизации трудоемких и тяжелых работ, уровень механизации технологического процесса.

Правильный выбор подъемно-транспортного оборудования влияет на нормальную работу и высокую продуктивность 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.

Современные высокопроизводительные грузоподъемные машины, работающие с большими скоростями и обладающие высокой грузоподъемностью, являются результатом постепенного развития этих машин в течение долгого времени.

					<i>ВКР 44.03.04.112 ПЗ</i>	Арк.
						6
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

Мостовой кран является главной подъемно-транспортной машиной современных машиностроительных предприятий. Очень часто от рабочего состояния крана зависит организация всего производства предприятия.

Цель проекта – увеличение грузоподъемности мостового крана с 15т до 20т.

Модернизируемый мостовой кран установлен на складе штрипса в трубо-электросварочном цехе №2 (ТЭСЦ-2) завода.

Технологический процесс, в котором участвует кран, состоит в выгрузке рулонов штрипса из железнодорожных вагонов, размещении штрипса на временное хранение на территории склада и подаче штрипса в основное производство посредством передаточной тележки.

Реконструкция крана производится потому, что существующей его грузоподъемности (15т), в связи с расширением производства и с переходом на новые материалы, стало недостаточно для того, чтобы сохранить нужный уровень производительности труда. Увеличение грузоподъемности также нужно для работы со сменными грузозахватными приспособлениями и перемещения рулонов штрипса, превышающих существующую грузоподъемность кранов.

Для того, чтобы избежать покупки нового крана грузоподъемностью 20т, производим модернизацию ранее установленного и работающего крана грузоподъемностью 15т.

Основной материал для выполнения дипломного проекта был собран во время прохождения преддипломной практики на предприятии.

Ряд материалов, представленных в проекте, может быть использован при изучении следующих дисциплин:

- Грузоподъемные машины (ГПМ);
- Монтаж, эксплуатация, ремонт (МЭР).

					ВКР 44.03.04.112 ПЗ	Арк.
						7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1 МОСТОВЫЕ КРАНЫ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ

1.1 Типовые конструкции кранов

Среди конструкций грузоподъемных кранов различают краны мостового типа, стрелового типа, краны с несущими канатами и краны-штабелеры.

Кранами мостового типа называются грузоподъемные краны с грузозахватным органом, подвешенным к грузовой тележке, к поворотной стреле на грузовой тележке или тали, перемещающимся по передвижному мосту.

К ним относятся:

а) Мостовые краны – краны мостового типа с непосредственным опиранием моста на надземный крановый путь;

б) Козловые краны – краны мостового типа с опиранием моста на крановый путь при помощи двух опорных стоек;

в) Полукозловые краны – краны мостового типа с опиранием моста на крановый путь с одной стороны непосредственно, а с другой – при помощи опорной стойки.

Кранами стрелового типа называются грузоподъемные краны с грузозахватным органом, подвешенным к стреле или грузовой тележке, перемещающейся по стреле.

К ним относятся:

а) Стреловые краны – краны стрелового типа со стрелой, закрепленной на раме ходового устройства или на поворотной платформе, размещенной непосредственно на ходовой раме;

б) Башенные краны – краны стрелового типа со стрелой, закрепленной в верхней части вертикально расположенной башни;

в) Портальные краны – краны стрелового типа, поворотные, на портале;

г) Полупортальные краны – краны стрелового типа, поворотные, на пол-портале;

					ВКР 44.03.04.112 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		8

д) Мачтовые краны – краны стрелового типа, поворотные, со стрелой, закрепленной шарнирно на вертикальной мачте, имеющей нижнюю и верхнюю опоры. При этом у вантовых кранов верхняя опора закрепляется посредством канатных оттяжек, а у жестконогих кранов она закреплена жестко;

е) Консольные краны – краны стрелового типа, грузозахватный орган которых подвешен на соединенной с колонной или опорной частью крана консоли или тележке, перемещающейся по консоли. К группе консольных кранов относятся консольный кран на колонне, настенный консольный кран, передвижной консольный кран и велосипедный кран.

Кранами с несущими канатами называются грузоподъемные краны с грузозахватным органом, подвешенным к грузовой тележке, перемещающейся по несущим канатам, закрепленным на опорах. У кабельных кранов несущие канаты закреплены в верхней части опор, а у мостокабельных – на концах моста, установленного на опорных стойках.

Кранами-штабелерами называются грузоподъемные краны, оборудованные вертикальной колонной с перемещающимся по ней устройством для штабелирования грузов. У мостового крана-штабелера колонна подвешена к грузовой тележке, перемещающейся по передвижному мосту, а у стеллажного крана-штабелера вертикальная колонна перемещается в проходе между стеллажами.

Помимо классификации кранов по конструкции, существует классификация по другим признакам:

- по конструкции грузозахватного органа и по назначению – крюковые, грейферные, магнитные, магнитно-грейферные, траверсные, мультوماгнитные, мультотрейферные, мультозавалочные, закалочные, литейные, посадочные, краны для раздевания слитков, колодцевые, ковочные, контейнерные и др.;

- по возможности перемещения – стационарные, приставные, самоподъемные, переставные, передвижные, самоходные, прицепные;

- по конструкции ходового устройства – рельсовые, железнодорожные, шагающие, автомобильные, краны на шасси автомобильного типа, гусеничные, тракторные, пневмоколесные, плавучие;

					ВКР 44.03.04.112 ПЗ	<i>Лист</i>
						9
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

- по роду привода механизмов – ручные, механические, электрические, гидравлические, пневматические, краны с комбинированным приводом [1, 2]

1.2 Схема мостового крана

Мостовой кран (рисунок 1.1) представляет собой мост из металлических ферм 8, опирающихся концами балки, в которых закреплены ходовые колеса 3. Этими колесами, приводными во вращение специальным механизмом 7, мост перемещается по подкрановым путям 5 и 11 вдоль цеха.

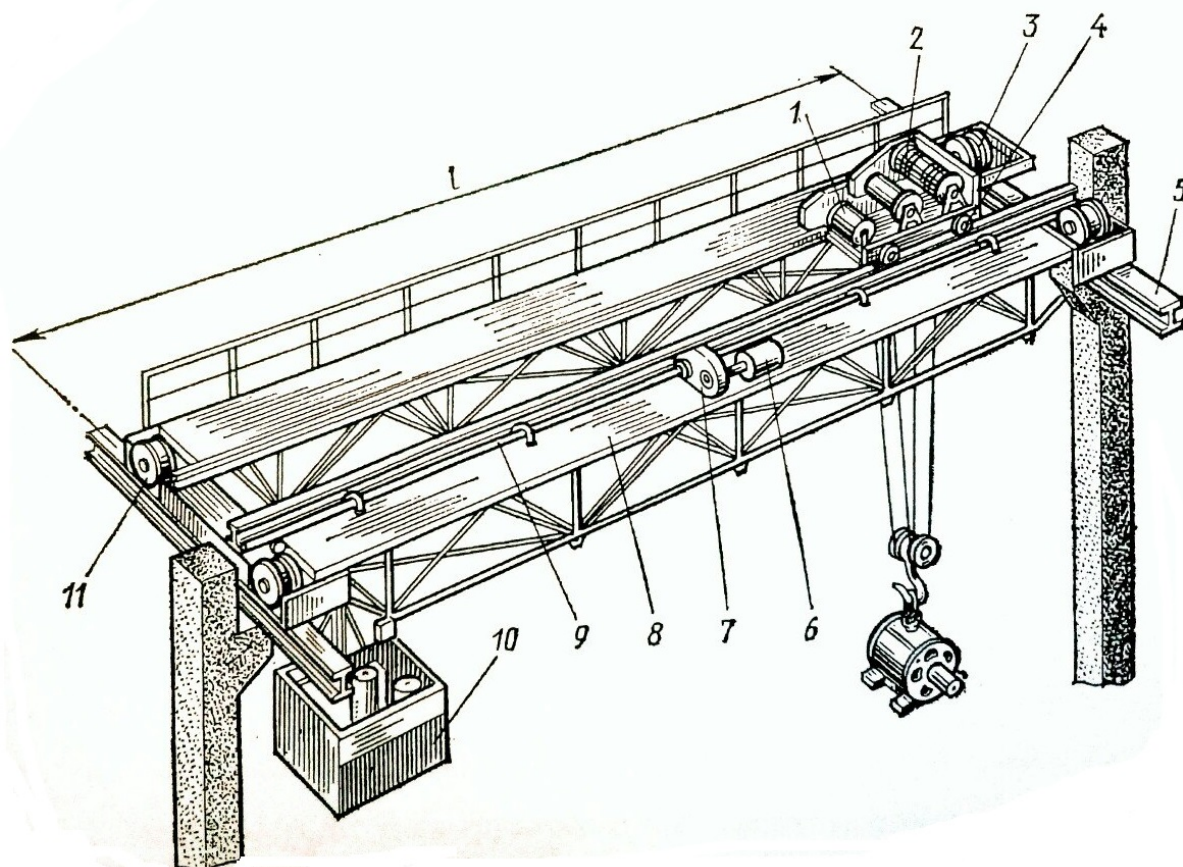


Рисунок 1.1 – Мостовой кран:

1,2 – механизмы подъема груза и передвижения тележки, 3 – ходовые колеса,
4 – тележка, 5, 11 – подкрановые пути, 6 – электродвигатель, 7 – механизм, приводящий во вращение ходовые колеса, 8 – фермы, 9 – трансмиссионный вал,
10 – кабина управления

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ВКР 44.03.04.112 ПЗ

Лист

10

Механизм 7 состоит из электродвигателя 6, редуктора и длинного трансмиссионного вала 9, воздействующего на ходовые колеса крана. По мосту передвигается тележка 4, на которой смонтированы механизм подъема груза 2 и механизм передвижения самой тележки 1.

Мостовой кран совершает три движения – подъем и опускание груза, передвижение тележки, передвижение моста. Управление всеми движениями сосредоточено в кабине 10. Имеются также мостовые краны, которыми управляют с подвесного пульта (на рисунке не показан). Основными параметрами характеристики мостового крана являются его грузоподъемность (H или kH) и пролет l (м) [5].

1.3 Особенности конструкции мостового крана

Мостовой кран состоит из моста, перемещающегося по надземным рельсовым путям, и грузовой тележки, перемещающейся по мосту.

Среди конструкций мостовых кранов различают мостовые краны однобалочные и двухбалочные, с ручным и электрическим приводом, с кабиной управления и управляемые с пола (земли) или пульта управления.

Однобалочные и двухбалочные краны могут быть выполнены опорными или подвесными. Опорный кран перемещается по рельсам, уложенным на металлических или железобетонных подкрановых балках; подвесной – по нижним полкам двутавровых балок, расположенных под нижними поясами стропильных ферм. Находят применение одно-, двух- и более пролетные подвесные краны.

В зависимости от типа грузозахватного органа мостовые краны подразделяются на: крюковые (с одним, двумя и более крюками), магнитные, с подъемным электромагнитом и грейферные. Кроме того, имеются мостовые краны, снабженные специальными грузозахватными органами (клещами, лапами и т.п.).

Мостовые краны выполняются с гибкой (на канатах) и жесткой подвеской груза. С жесткой подвеской груза выполняются металлургические краны, предназначенные для обслуживания технологического процесса в металлургиче-

					ВКР 44.03.04.112 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		11

ском производстве: краны для раздевания слитков (стрипперные), колодцевые краны, краны с лапами, мульдозавалочные и другие металлургические краны, рабочий орган которых жестко связан с тележкой при помощи шахты и перемещается по вертикальным колоннам. Жесткую подвеску груза имеют также краны-штабелеры, выполненные на базе мостовых и козловых кранов.

Однобалочные мостовые краны (кран-балки) состоят из двутавровой балки, концы которой прикрепляются к концевым (поперечным) балкам, снабженным ходовыми колесами. В качестве грузовой тележки здесь используется ручная или электрическая таль, перемещающаяся по нижнему поясу балки. При больших пролетах главная балка усиливается фермами (вертикальными, горизонтальными).

Двухбалочные мостовые краны в простейшем случае состоят из двух параллельных балок, прикрепленных по концам к общим концевым (поперечным) балкам. Грузовая тележка у двухбалочных кранов перемещается по рельсам, уложенным по верхним поясам главных балок.

При больших пролетах и нагрузках мост крана выполняется из решетчатых ферм или из коробчатых балок. Мостовой кран первого типа состоит из двух главных ферм (вертикальных), непосредственно воспринимающих нагрузку, двух вспомогательных (вертикальных) и четырех горизонтальных ферм, две из которых расположены в плоскости верхних поясов главных ферм и две – в плоскости нижних поясов. Каждая половина моста, состоящая из четырех ферм, крепится к концевым двухстенчатым балкам. Мостовой кран второго типа выполнен из двух пролетных балок коробчатого сечения, скрепленных концевыми балками (также коробчатого сечения). Пролетные и концевые балки свариваются из листовой стали ручной и автоматической сваркой. Внутри устанавливаются диафрагмы с целью придания им жесткости и устойчивости. Для удобства транспортировки и монтажа крана концевые балки имеют один или два стыка.

					<i>ВКР 44.03.04.112 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		12

На верхних поясах пролетных балок устанавливаются рельсы для передвижения крановой тележки. На концевых балках монтируются ходовые колеса.

Мостовые краны приводятся в движение от электродвигателей, установленных на одной из галерей моста крана. Механизмы передвижения крана выполняются с центральным или отдельным приводами.

1.4 Механизмы передвижения и их особенности

Работа механизмов передвижения заключается в совершении движений с грузом и без него в обоих направлениях моста. Механизмы передвижения мостовых кранов состоят из приводной части – электродвигателя, тормоза, приводных ходовых колес, передаточного устройства и не приводной части – холостых ходовых колес. Механизмы передвижения бывают с центральным приводом тихоходного вала (рисунок 1.2, а) и быстроходного вала (рисунок 1.2, б), когда используют один двигатель и одно передаточное устройство. Применяется также механизм передвижения мостового крана с отдельным приводом (рисунок 1.2, в), отличающийся от механизмов передвижения с центральным приводом тем, что около каждого приводного колеса с редуктором устанавливается свой электродвигатель, каждый электродвигатель при помощи зубчатых муфт и приводного вала соединяется с входным валом редуктора. Хотя отдельный привод имеет удвоенное количество электродвигателей, редукторов и тормозов, однако он легкий и удобен в изготовлении и монтаже [2].

					ВКР 44.03.04.112 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		133

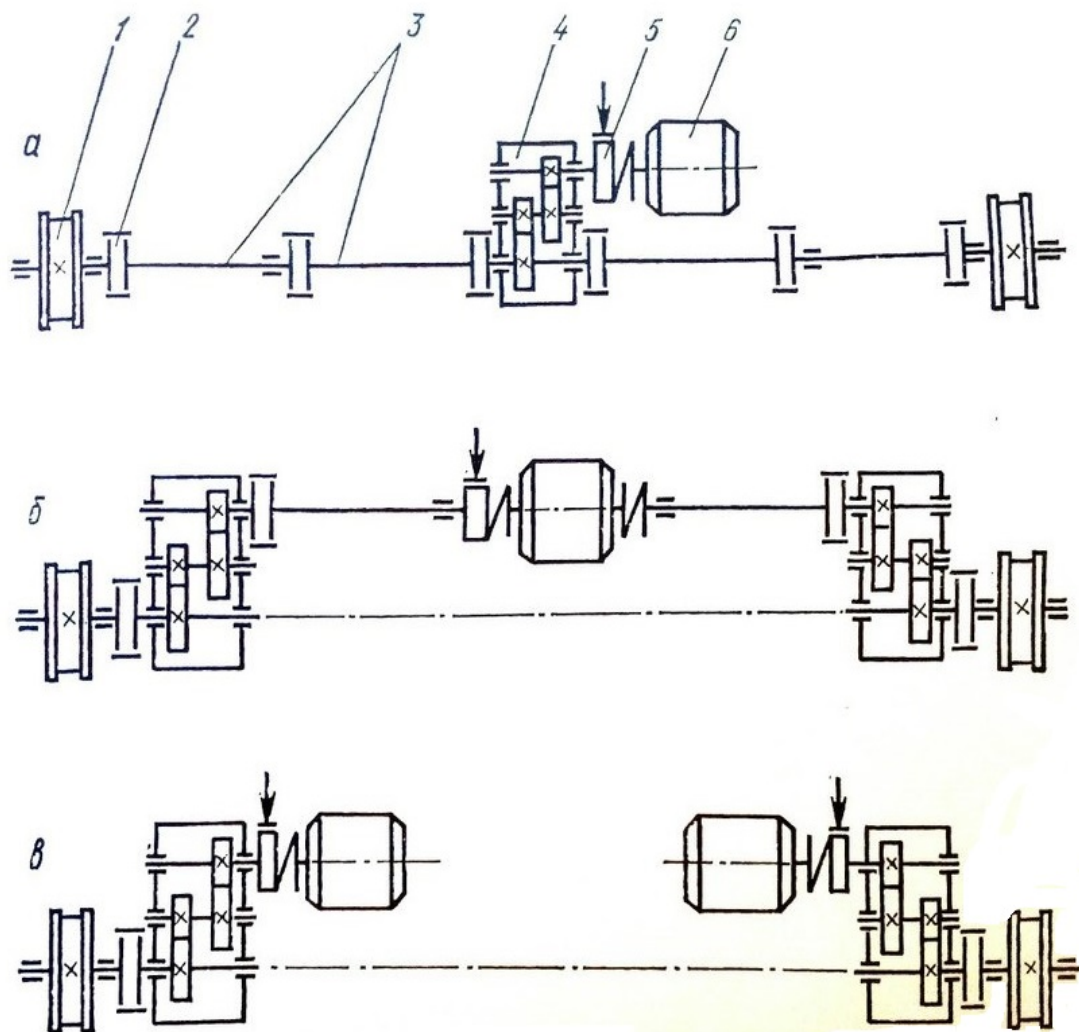


Рисунок 1.2 – Кинематические схемы механизмов передвижения мостовых кранов с тихоходным трансмиссионным валом (а), быстроходным трансмиссионным валом (б), с индивидуальным приводом (в):

- 1 – ходовое колесо; 2 – муфта; 3 – вал промежуточный; 5 – тормоз;
6 – электродвигатель

Механизм передвижения с тихоходным трансмиссионным валом (рисунок 1.2, а) состоит из электродвигателя 6, колодочного тормоза 5, редуктора 4, передающего вращение через зубчатые муфты 2 трансмиссионному валу 3 и далее ходовым колесам 1. У этого механизма частота вращения ходовых колес и трансмиссионного вала одинакова.

В механизме с быстроходным трансмиссионным валом (рисунок 1.2, б) электродвигатель имеет два выходных вала, соединенных с трансмиссионными валами, зубчатыми муфтами, причем на последней смонтирован тормозной шкив для тормоза. Соединение зубчатыми муфтами предохраняет вал от искривлений, а подшипники вала и подшипники электродвигателя – от перегрузок, вызываемых неточностью установки при монтаже крана. Трансмиссионный вал состоит из отдельных секций, соединенных компенсирующими муфтами, и опирается на подшипники качения.

Концевые секции быстроходного трансмиссионного вала соединены с цилиндрическими редукторами, установленными на концах площадки крана. Выходные валы редукторов передают вращение посредством муфт валам холдных колес. Последние жестко закреплены на валах, смонтированных посредством сферических двухрядных самоустанавливающихся подшипников в буксах. Буксы с помощью сухарей и болтов жестко закреплены в специальных нишах концевых балок [2].

В механизме передвижения с индивидуальным приводом (рисунок 1.2, в) каждое приводное колесо получает вращение от собственного электродвигателя через редуктор и затормаживается индивидуальным тормозом. При такой схеме привода из конструкции механизма передвижения исключается громоздкий трансмиссионный вал с опорами и муфтами. Нагрузка между приводами распределяется равномерно, а суммарная мощность электродвигателей не превышает мощности одного центрального двигателя. При этом маховые моменты роторов двигателей уменьшаются и облегчается пусковой режим. Электрическая схема включения двигателей обеспечивает синхронность их работы.

В механизмах передвижения кранов наибольшее распространение имеют горизонтальные редукторы с цилиндрическими зубчатыми шестернями. Применяют также и вертикальные редукторы. Передаточное устройство в механизмах передвижения с отдельным приводом устанавливают как можно ближе к ходовому колесу.

В механизмах передвижения мостовых кранов используются цилиндрические двухребордные ходовые колеса. При числе колес с каждой стороны моста больше двух их объединяют в тележки сбалансированные подвеской.

Механизм передвижения грузовой тележки мостового крана аналогичен по конструкции механизму передвижения моста крана с тихоходным трансмиссионным валом. Конструктивные разновидности механизмов передвижения крановых тележек отличаются в основном расположением редуктора: центрально – относительно колеи тележки, либо консольно – с вынесением за пределы ее габаритов и способом соединения концов выходного вала редуктора и трансмиссионного вала.

					<i>ВКР 44.03.04.112 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		16

2 ПРЕДАВРИТЕЛЬНЫЕ РАСЧЕТЫ МЕХАНИЗМОВ

2.1 Механизм подъема груза

В данном дипломном проекте модернизация мостовых кранов осуществляется без изменения кинематической схемы механизма подъема груза, следовательно, кинематическую схему механизма оставляем без изменений.

По заданной грузоподъемности выбираем крюковую подвеску, имеющую параметры:

- грузоподъемность – $Q_n = 20\text{т}$;
- режим работы – тяжелый;
- количество блоков – $Z_{\text{бл}} = 4$;
- диаметр блоков по дну ручья – $D_{\text{бл.О}} = 500\text{мм}$;
- расстояние между осями внутренних блоков – $B_{\text{вн}} = 350\text{мм}$;
- расстояние между осями крайнего наружного и соседнего с ним внутреннего блоков – $b_c = 125\text{мм}$;
- масса подвески – $b_c = 125\text{мм}$;

Группа режима работы по ГОСТ 25835-83 – 5М (таблица 1,5 – [9]).

Максимальное статическое усилие в канате определяем по формуле:

$$S_{\text{max}} = \frac{G}{Z_{\text{к.б.}} \cdot U_n \cdot \eta_n}, \quad (2.1)$$

где G – вес номинального груза и крюковой подвески, Н;

$Z_{\text{к.б.}} = 2$ – число ветвей каната, навиваемых на барабан;

$U_n = 4$ – кратность полиспаста;

$\eta_n = 0,96$ – к.п.д. полиспаста (таблица 2.2 – [9]).

$$G = (m_{\text{гр}} + m_n) \cdot g, \quad (2.2)$$

где $m_{\text{гр}}$ – масса номинального груза;

m_n – масса подвески;

$g = 9,81 \text{ м / с}^2$ – ускорение свободного падения.

$$G = (20 \cdot 10^3 + 530) \cdot 9,81 = 201,4 \text{ кН},$$

					ВКР 44.03.04.112 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

$$S_{\max} = \frac{201.4 \cdot 10^3}{2 \cdot 4 \cdot 0.96} = 26224 \text{ Н.}$$

Выбираем тип каната ЛК-Р 6·19(1+6+6/6) + 1 о.сю ГОСТ 2688-80, имеющий линейное касание проволок и разные диаметры проволок в верхнем слое пряди.

Типоразмер каната выбираем по разрывному усилию каната в целом:

$$S_{\text{разр}} \geq S_{\max} \cdot K_{\text{зап}}, \quad (2.3)$$

где $K_{\text{зап}} = 6,0$ – коэффициент запаса прочности каната, назначаемый ГТТН (таблица 2.3 – [9]).

$$S_{\max} \cdot K_{\text{зап}} = 26224 \cdot 6 = 157,3 \text{ кН.}$$

По условию (2.3) из таблицы V.2.3 [15] выбираем канат 18-Г-I-Н 1764 ГОСТ 2688-80, имеющий параметры: разрывное усилие – $S_{\text{разр}} = 181,5 \text{ кН}$, диаметр каната – $d_k = 18 \text{ мм}$, расчетная площадь сечения всех проволок – $F_k = 124,73 \text{ мм}^2$, назначение каната – грузовое, марка проволоки – I, маркировочная группа – 1764МПа, способ сливки канат – нераскручивающийся.

Проверяем перегиб каната на блоках подвески по условию:

$$D_{\text{бл}} \geq d_k \cdot e, \quad (2.4)$$

где $D_{\text{бл}}$ – диаметр блока, измеряемый по средней линии навитого каната;

d_k – диаметр каната;

$e = 30$ (таблица V.2.4. – [15]) – коэффициент, регламентируемый нормами ГТНТ и зависящий от типа машины и режима работы.

$$d_k \cdot e = 18 \cdot 30 = 540 \text{ мм.}$$

$$D_{\text{бл}} = D_{\text{бл.О}} + d_k = 500 + 18 = 518 \text{ мм}$$

$D_{\text{бл}} \approx d_k \cdot e$ – следовательно, условие проверки выполняется.

Установка верхних блоков будет изготовлена из точно таких же блоков, как и в крюковой подвеске.

Барабан механизма подъема оставляем старый, поэтому только проверим его на большую грузоподъемность и большую длину каната.

Длина барабана равна:

					ВКР 44.03.04.112 ПЗ	<i>Лист</i>
						18
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

$$L_{\sigma} = 2l_n + l_o + 2l_k, \quad (2.5)$$

где l_n – длина одного нарезного участка;

l_o – длина гладкого среднего участка;

l_k – длина одного гладкого концевой участка.

$$L_{\sigma} = 1500 \text{ мм};$$

$$l_o = 105 \text{ мм};$$

$$l_n = t \cdot (Z_p + Z_{\text{непр}} + Z_{\text{кр}}), \quad (2.6)$$

где $t = 20 \text{ мм}$ – шаг нарезки (таблица V.2.13 – [15]);

Z_p – число рабочих витков для навивки половины полной рабочей длины каната;

$Z_{\text{непр}} = 1,5$ – число неприкосновенных витков, требуемых Правилами ГТН для разгрузки деталей крепления каната на барабане;

$Z_{\text{кр}} = 3 \dots 4$ – число витков для крепления конца каната.

Число рабочих витков определяем по формуле:

$$Z_p = \frac{L_{\text{к.р.}}}{\pi \cdot D_{\sigma}}, \quad (2.7)$$

где $L_{\text{к.р.}}$ – рабочая длина каната, соответствующая одному нарезному участку;

$$L_{\text{к.р.}} = H \cdot U_n, \quad (2.8)$$

где H – высота подъема груза.

$$L_{\text{к.р.}} = 8 \cdot 4 = 32 \text{ м};$$

$$Z_p = \frac{32 \cdot 10^3}{\pi \cdot 518} = 19,7$$

Длина одного нарезного участка:

$$l_n = 20 \cdot (19,7 + 1,5 + 3) = 20 \cdot 24 = 480 \text{ мм}.$$

Длину гладкого концевой участка вычислим, преобразуя формулу (2.5):

$$l_k = \frac{L_{\sigma} - l_o - 2 \cdot l_n}{2} = \frac{1500 - 105 - 2 \cdot 480}{2} = 217,5 \text{ мм}.$$

Определяем требуемую толщину цилиндрической стенки барабана по РТМ 24.090.21-76.

Приближенное значение толщины стенки:

					ВКР 44.03.04.112 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

$$\delta = 0,95 \cdot \frac{S_{max}}{t \cdot [\sigma]_{сж}}, \quad (2.9)$$

где S_{max} – наибольшее статическое натяжение каната;

t – расстояние между соседними витками каната, мм;

$[\sigma]_{сж} = 127,5$ МПа – допускаемые напряжения для ВСтЗсп (таблица 5.1- [9])

$$\delta = 0,95 \frac{26224}{20 \cdot 127,5} = 9,8 \text{ мм.}$$

Определяем значение коэффициента ψ , учитывающего влияние деформаций стенки барабана и каната:

$$\psi = \left(1 + \frac{E_k \cdot F_k}{E_k \cdot \delta \cdot t}\right)^{-0,5}, \quad (2.10)$$

где $E_k = 88260$ МПа – модуль упругости шестипрядных канатов с органическим сердечником;

$F_k = 124,73 \text{ мм}^2$ – площадь сечения всех проволок каната;

$E_b = 205900$ МПа – модуль упругости стенки барабана.

$$\Psi = \left(1 + \frac{88260 \cdot 124,73}{186300 \cdot 9,8 \cdot 20}\right)^{-0,5} = 0,88.$$

Окончательную толщину стенки барабана определяем зависимостью:

$$\delta = 1,07 \psi \frac{S_{max}}{t \cdot [\sigma]_{сж}}. \quad (2.11)$$

Так как отношение длины барабана к его диаметру $L / D = 3$ больше 2, то допускаемые напряжения $[\sigma]_{сж}$ следует уменьшить на 5%, так как $(L / D_{бo}) \cdot (d / D_{бo}) = 0,1$

$$\delta = 1,07 \cdot 0,88 \cdot \frac{26224}{20 \cdot (127 - 0,05 \cdot 127,5)} = 10,3 \text{ мм}$$

Из условия технологии изготовления литых барабанов толщина стенки должна быть не менее:

$$\delta_{л} = 0,01 D_{бo} + 0,003 = 0,01 \cdot 0,5 + 0,003 = 0,008 \text{ м.}$$

У имеющегося барабана толщина стенки $\delta = 20$ мм, следовательно, прочность стенки на сжатие обеспечена.

Устойчивость цилиндрической стенки барабана проверяют по формуле:

$$n = \frac{\sigma_k}{\psi \cdot \sigma_H} > [n], \quad (2.12)$$

где n – запас устойчивости цилиндрической стенки;

$n] = 1,7$ – допустимое значение запаса устойчивости;

σ_n – номинальное напряжение в цилиндрической стенке;

σ_k – критическое напряжение,

$$\sigma_n = \frac{S_{max}}{\delta \cdot t}. \quad (2.13)$$

Для определения необходимости проверки устойчивости стенки барабана, подсчитываем по формуле (2.13) номинальные напряжения сжатия в стенке:

$$\sigma_n = \frac{26224}{20 \cdot 20} = 65,6 \text{ МПа}$$

и отношение:

$$\frac{D_{б.о}}{\delta} = \frac{500}{20} = 25.$$

При этих параметрах (из таблицы 5.2 – [9]) следует, что проверку устойчивости стенки необходимо производить, если $L/D_{б.о} > 6,5$. Для данного барабана $L/D_{б.о} = 3$. Следовательно, проверки устойчивости стенки не требуется.

Расчета стенки на совместное действие изгиба и кручения также не производим, поскольку $L/D_{б.о} = 3$.

Нет необходимости производить и расчеты крепления каната к барабану, оси барабана и болтов, соединяющих зубчатый венец с барабаном, так как нагрузки, на которые рассчитан данный барабан, при модернизации крана практически не изменились.

Электродвигатель, редуктор, муфты и тормоз в механизме подъема предварительно оставляем те же самые, что были раньше, так как крутящий момент на тихоходном валу редуктора при подъеме номинального груза массой 20 т остался такой же, как и при грузоподъемности 15 т. Это обусловлено изменением кратности полиспаста.

2.2 Механизм передвижения тележки

Статические нагрузки на колеса.

Вес номинального груза равен: $G_{гр} = 196,2 \text{ кН}$.

					ВКР 44.03.04.112 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		20

Вес тележки выберем из таблицы 2.8 - [9] $G_m = 55\text{кН}$.

$$P_{\text{ст.мах}} = \frac{(G_{\text{гр}} + G_m) \cdot k_H}{4}, \quad (2.14)$$

где $k_H = 1,1$ – коэффициент неравномерности нагружения колес в груженом состоянии (страница 36 [9]);

4 - число колес тележки.

$$P_{\text{ст.мах}} = \frac{(196,2 + 55) \cdot 1,1}{4} = 69,1\text{кН}$$

Минимальная статическая нагрузка на одно колесо равна:

$$P_{\text{ст.мин}} = \frac{G_m \cdot k_H}{4}, \quad (2.15)$$

где $k_H = 0,9$ – коэффициент неравномерности нагружения колес в порожнем состоянии (страница 36 [9]);

$$P_{\text{ст.мин}} = \frac{55 \cdot 0,9}{4} = 12,4\text{кН}.$$

По таблице 2.11 - [9], используя значение $P_{\text{ст.мах}}$, выбираем колесо диаметром $D = 320\text{мм}$, что соответствует колесу, ранее установленному на тележке. Рельс также оставляем старый – Р24 ГОСТ 6368-82.

Определение сопротивления передвижению тележки.

Полное сопротивление W передвижению тележки в период разгона, приведенное к ободу колеса, включает в себя следующие составляющие:

$$W = W_{\text{тр}} + W_y + W_{\text{ин}} + W_{\text{гиб}},$$

где $W_{\text{тр}}$ – сопротивление, создаваемое силами трения;

W_y – сопротивление, создаваемое уклоном подтележечного пути;

$W_{\text{ин}}$ – сопротивление, создаваемое инерцией вращающихся и поступательно движущихся масс тележки;

$W_{\text{гиб}}$ – сопротивление, создаваемое раскачиванием груза на гибкой подвеске.

Сопротивление, создаваемое силами трения.

$$W_{\text{тр}} = (G_T + G_{\text{гр}}) \cdot \frac{2\mu + f \cdot d_{\text{ц}}}{D} \cdot k_{\text{доп}}, \quad (2.17)$$

где G_T – вес тележки;

$G_{\text{гр}}$ – вес номинального груза;

					ВКР 44.03.04.112 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

μ – коэффициент трения качения колеса по рельсу, мм;

f – приведенный коэффициент трения скольжения в подшипниках колес;

$k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительных сопротивлений, определяемый трением реборд о головку рельса и трением элементов токосъемного устройства;

D – диаметр колеса, мм;

$d_{\text{ц}}$ – диаметр цапфы вала колеса.

Из таблицы 2.13 - [9] возьмем значение $\mu = 0,4$ мм, из таблицы 2.14 – [9] – значение $f = 0.115$. При троллейном токоподводе тележки по таблице 2.15 - [9] $k_{\text{доп}} = 2,5$. Диаметр цапфы $d_{\text{ц}} = 70$ мм; диаметр колеса – $D = 320$ мм.

$$W_{\text{тр}} = (55+196,2) \cdot \frac{2 \cdot 0,4 + 0,015 \cdot 70}{320} \cdot 2,5 = 3,63 \text{ кН}$$

Сопротивление, создаваемое уклоном подтележечного пути.

$$W_y = \alpha \cdot (G_{\text{T}} + G_{\text{Гр}}), \quad (2.18)$$

где α – уклон рельсового пути. Для тележки $\alpha = 0,002$.

$$W_y = 0,002 \cdot (55+196,2) = 0,5 \text{ кН.}$$

Сопротивление, создаваемое силами инерции.

$$W_{\text{ин}} = \delta \cdot m_{\text{пост}} \cdot a, \quad (2.19)$$

где $\delta = 1,25$ – коэффициент, учитывающий инерцию вращающихся частей механизма;

$m_{\text{пост}}$ – масса поступательного движущегося объекта, т;

a – ускорение при разгоне, м / с².

Ускорение a предварительно принимаем равным $a = 0,5[a]$, где $[a]$ – допускаемое ускорение, $[a] = 0,1 \text{ м / с}^2$ (таблица 2.16 – [9]).

$$a = 0,5 \cdot 0,1 = 0,05 \text{ м / с}^2;$$

$$m_{\text{пост}} = m_{\text{T}} - m_{\text{п}},$$

где $m_{\text{T}} = 5,5 \text{ т}$ – масса тележки;

$m_{\text{п}} = 530 \text{ кг}$ – масса подвески.

$$W_{\text{ин}} = 1,25 \cdot (5,5 - 0,53) \cdot 0,05 = 0,31 \text{ кН.}$$

Сопротивление, создаваемое раскачивание груза на гибкой подвеске.

$$W_{\text{гиб}} = (m_{\text{Гр}} + m_{\text{п}}) \cdot a, \quad (2.20)$$

где $m_{\text{Гр}} = 20 \text{ т}$ – масса груза;

					ВКР 44.03.04.112 ПЗ	Лист
						22
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$m_{\Pi} = 530\text{кг}$ – масса подвески.

$$W_{\text{гиб}} = (20+0,53) \cdot 0,05 = 1,03\text{кН}.$$

Теперь по формуле (2.16) определяем полное сопротивление передвижение тележки:

$$W = 3,63+0,5+0,31+1,03= 5,47\text{кН}.$$

Выбор двигателя

Необходимую мощность N двигателя определяем по формуле:

$$N = \frac{W \cdot V}{\eta_{\text{пр}} \cdot \Psi_{\text{п.ср}}}, \quad (2.21)$$

где W – сопротивление передвижению тележки, кН;

$V = 0,67\text{м / с}$ – скорость передвижения тележки;

$\eta_{\text{пр}} = 0,85$ – предварительное значение к.п.д. механизма;

$\Psi_{\text{п.ср}} = 2,5$ – кратность среднепускового момента двигателя.

$$N = \frac{5,47 \cdot 0,67}{0,85 \cdot 2,5} = 1,72\text{кВт}.$$

Двигатель типа МТФ 112-6, установленный на механизме передвижения тележки имеет параметры $N_{\text{дв}} = 5\text{кВт}$, $\text{ПВ}_{\text{дв}} = 40\%$, $n_{\text{дв}} = 930\text{об / мин}$ и отвечает предъявляемым к нему требованиям, следовательно, заменять двигатель нет необходимости.

Выбор редуктора

Частота вращения колеса:

$$n_{\text{к}} = \frac{V}{\pi \cdot D}, \quad (2.22)$$

где $V = 0,67 \text{ м / с} = 40 \text{ м / мин}$ – скорость передвижения тележки;

D – диаметр колеса, м.

$$n_{\text{к}} = \frac{40}{\pi \cdot 0,32} = 40\text{об/мин}.$$

Требуемое передаточное число механизма:

$$U = \frac{\pi_{\text{дв}}}{\pi_{\text{к}}} = \frac{930}{40} = 23,25.$$

Проверим редуктор В-400 ($U_p = 26,4$), установленный на тележке по эквивалентному моменту. Для этого определим эквивалентный момент на тихо-

					ВКР 44.03.04.112 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

ходном валу редуктора $T_{p.э}$. Примем для группы режима 5М класс нагружения ВЗ и класс использования А4.

По таблице 1.4 – [9] находим значение коэффициента нагружения:

$$k = 0,5 ;$$

Значение коэффициента переменной нагрузки:

$$k_Q = \sqrt[3]{k} = \sqrt[3]{0,5} = 0,79 .$$

Машинное время работы механизма: $t_{маш} = 12500$ ч (таблица 1.3 – [9]). Частота вращения тихоходного вала редуктора равна частоте вращения колеса:

$$n_T = n_k = 40 \text{ об / мин} .$$

Число циклов нагружения на тихоходном валу редуктора:

$$Z_T = 30 \cdot n_T \cdot t_{маш} = 30 \cdot 40 \cdot 12500 = 15 \cdot 10^6 .$$

Передаточное число тихоходной ступени редуктора $U_T \approx 5$.

Суммарное число циклов контактных напряжений зуба шестерни тихоходной ступени редуктора:

$$Z_p = Z_T \cdot U_T = 15 \cdot 10^6 \cdot 5 = 75 \cdot 10^6 .$$

Базовое число циклов контактных напряжений равно $Z_0 = 125 \cdot 10^6$.

Определяем значение коэффициента срока службы:

$$k_t = \sqrt[3]{\frac{Z_p}{Z_0}} = \sqrt[3]{\frac{75 \cdot 10^6}{125 \cdot 10^6}} = 0,84 .$$

Коэффициент долговечности равен:

$$k_D = k_t \cdot k_Q = 0,84 \cdot 0,79 = 0,67 .$$

Принимаем $k_D = 0,67$.

Определяем расчетный крутящий момент T_p на тихоходном валу редуктора:

$$T_p = T_{дв.мах} \cdot U_p \cdot \eta_p , \tag{2.23}$$

где $T_{дв.мах}$ – максимальный момент двигателя;

U_p и η_p – передаточное число и к.п.д. редуктора. $\eta_p = 0,95$ (таблица 2.20 - [9]).

$$T_{дв.мах} = T_{дв.н} \cdot \Psi_{мах} ,$$

где $T_{дв.н}$ – номинальный момент двигателя, Н · м ;

					ВКР 44.03.04.112 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		25

$\Psi_{\max} = 2,5$ – кратность максимального момента.

$$T_{\text{дв.н}} = \frac{N_{\text{дв}}}{\omega_{\text{дв}}}, \quad (2.24)$$

где $N_{\text{дв}}$ – номинальная мощность двигателя, Вт;

$\omega_{\text{дв}}$ – номинальная угловая скорость двигателя, рад / с .

$$\omega_{\text{дв}} = \frac{\pi \cdot n_{\text{дв}}}{30} = \frac{\pi \cdot 930}{30} = 97,4 \text{ рад / с ;}$$

$$T_{\text{дв.н}} = \frac{5 \cdot 10^3}{97,4} = 51,3 \text{ Н} \cdot \text{ м ;}$$

$$T_{\text{дв.мах}} = 51,3 \cdot 2,5 = 128,25 \text{ Н} \cdot \text{ м} .$$

Расчетный момент на тихоходном валу редуктора равен:

$$T_p = 128,25 \cdot 26,4 \cdot 0,95 = 3217 \text{ Н} \cdot \text{ м} .$$

Найдем расчетный эквивалентный момент:

$$T_{p.э} = k_d \cdot T_p = 0,67 \cdot 3217 = 2155 \text{ Н} \cdot \text{ м} .$$

Редуктор В-400 имеет номинальный крутящий момент на тихоходном валу, равный $T_{p.н} = 2000 \dots 3300 \text{ Нм}$. Следовательно, условие $T_{p.н} \geq T_{p.э}$ выполняется и замена редуктора не требуется.

Фактическая скорость передвижения тележки равна:

$$V_{\text{пер}} = \frac{\omega_{\text{дв}} \cdot r_k}{U_{\text{мех}}} = \frac{97,4 \cdot 0,16}{263,4} = 0,59 \text{ м / с} = 35,4 \text{ м / мин} .$$

Выбор муфт и тормоза

Так как электродвигатель, редуктор и колесные установки не заменяются, то и муфты оставляем старые.

Расчетный тормозной момент механизма $T_{\text{т.р.мех}}$ определяем при движении без груза под уклон в предположении, что реборды колес не задевают за головки рельсов:

$$T_{\text{т.р.мех}} = T_{y.0} + T_{\text{ин.0}} - T_{\text{тр.0}}, \quad (2.25)$$

где $T_{y.0}$, $T_{\text{ин.0}}$, $T_{\text{тр.0}}$ – моменты, Н · м, создаваемые уклоном, инерцией и силами трения и приведенные к валу, на котором установлен тормоз:

$$\begin{aligned} T_{y.0} &= \frac{W_{y.0} \cdot r_k \cdot \eta_{k-t}}{U_{\text{мех}}}; \\ T_{\text{ин.0}} &= \frac{W_{\text{ин.0}} \cdot r_k \cdot \eta_{k-t}}{U_{\text{мех}}}; \\ T_{\text{тр.0}} &= \frac{W_{\text{тр.0}} \cdot r_k}{U_{\text{мех}} \cdot \eta_{k-t}}, \end{aligned} \quad (2.26)$$

где r_k – радиус ходового колеса, м;

$\eta_{к-т}$ – к.п.д. механизма на участке кинематической цепи “приводное колесо – тормоз”;

$W_{y.0}$, $W_{ин.0}$, $W_{тр.0}$ – сопротивление передвижению тележки без груза, создаваемые уклоном, инерцией и трением соответственно, Н:

$$W_{y.0} = a \cdot G_T = 0,002 \cdot 55 \cdot 10^3 = 110 \text{Н},$$

$$W_{ин.0} = \delta \cdot m_T \cdot a = 1,25 \cdot 5,5 \cdot 10^3 \cdot 0,05 = 344 \text{Н},$$

$$W_{тр.0} = G_T \cdot \frac{(2\mu + f \cdot d_{ц}) \cdot k_{тр.0}}{D} = 55 \cdot \frac{(2 \cdot 0,4 + 0,015 \cdot 70) \cdot 1,25}{320} = 397 \text{Н},$$

где G_T – вес тележки;

μ – коэффициент трения качения колеса по рельсу, мм;

f – приведенный коэффициент трения скольжения в подшипниках колес;

$k_{тр.0}$ – коэффициент дополнительных сопротивлений, трением элементов токосъемного устройства;

D – диаметр колеса, мм;

$d_{ц}$ – диаметр цапфы вала колеса.

$$\eta_{к-т} = \eta_m \cdot \eta_p \cdot \eta_m,$$

где $\eta_m = 0,99$ – к.п.д. муфты;

$\eta_p = 0,95$ – к.п.д. редуктора.

$$\eta_{к-т} = 0,99 \cdot 0,95 \cdot 0,99 = 0,93$$

$$T_{y.0} = \frac{110 \cdot 0,16 \cdot 0,96}{26,4} = 0,62 \text{Нм};$$

$$T_{ин.0} = \frac{344 \cdot 0,16 \cdot 0,93}{26,4} = 1,94 \text{Нм};$$

$$T_{тр.0} = \frac{397 \cdot 0,16}{26,4 \cdot 0,93} = 2,59 \text{Нм}.$$

Расчетный тормозной момент механизма:

$$T_{т.р.мех} = 0,62 + 1,94 + 2,59 = 5,15 \text{Нм}.$$

Так как тормоз в механизме передвижения один, то расчетный тормозной момент тормоза равен:

$$T_{т.р} = T_{т.р.мех} = 5,15 \text{Нм}.$$

					ВКР 44.03.04.112 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

Имеющийся в механизме передвижения тормоз ТКГ-200 имеет наибольший тормозной момент $T_T = 30 \text{ Нм}$, значит тормоз также не подлежит замене.

2.3 Проверка равномерности распределения нагрузок на ходовые колеса тележки

Примем за начало координат центр барабана механизма подъема, ось X направим вдоль барабана, ось Y вдоль - тележки (рисунок 2.1). Координаты центров тяжести всего оборудования относительно осей X и Y заносим в таблицу 2.1.

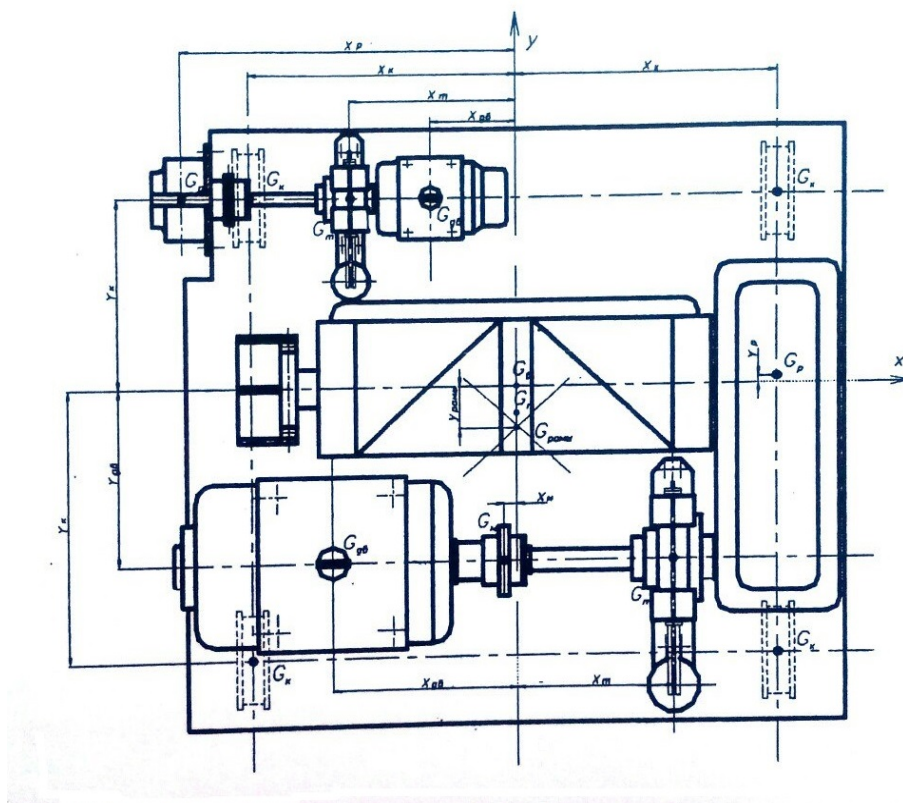


Рисунок 2.1 – Тележка

Таблица 2.1 – Координаты центров тяжести всего оборудования относительно осей X и Y

Механизм	Оборудование	Мас-са, кг	Вес, кН	Координаты, мм	
				X	Y

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ВКР 44.03.04.112 ПЗ

Лист

28

Подъема	Двигатель	1070	10,5	-700	-650	
	Муфта	22,6	0,22	-50	-650	
	Редуктор с тормозным шкивом	858	8,42	980	25	
	Барaban в сборе	500	4,9	0	0	
	Верхние блоки	220	2,16	0	-270	
	Тормоз	178	1,75	580	-650	
	Канаты	122	1,2	0	-70	
	Крюковая подвеска	530	5,2	0	-70	
Окончание таблицы 2.1						
Передвижение тележки	Двигатель с тормозным шкивом	97	0,95	-320	700	
	Редуктор с муфтой	156	1,53	-1250	700	
	Тормоз	40	0,39	-610	700	
	Трансмиссионный вал	50	0,49	0	700	
	Неприводные колеса		77,16	0,76	1000	-1000
			77,16	0,76	-1000	-1000
	Приводные колеса	80,72	0,79	1000	700	
		85,02	0,83	-1000	700	
	Рама тележки	1335	13,1	0	-150	
	Всего...	5500	53,96			

Нагрузки на ходовые колеса от веса порожней тележки определяем по формулам:

$$\begin{aligned}
 P_{1m} &= \frac{G_m}{4} \cdot \left(1 + \frac{2y_m}{B_m} + \frac{2x_m}{L_m} \right); \\
 P_{2m} &= \frac{G_m}{4} \cdot \left(1 - \frac{2y_m}{B_m} + \frac{2x_m}{L_m} \right); \\
 P'_{1m} &= \frac{G_m}{4} \cdot \left(1 + \frac{2y_m}{B_m} - \frac{2x_m}{L_m} \right); \\
 P'_{2m} &= \frac{G_m}{4} \cdot \left(1 - \frac{2y_m}{B_m} - \frac{2x_m}{L_m} \right),
 \end{aligned}
 \tag{2.27}$$

где $G_m = \sum G_i$ – вес порожней тележки;

B_m – база тележки;

L_m – колея тележки;

x_m, y_m – координаты центра тяжести тележки.

Координаты центра тяжести тележки определим по формулам:

$$\begin{aligned}
 x_m &= \frac{\sum G_i \cdot x_i}{\sum G_i}; \\
 y_m &= \frac{\sum G_i \cdot y_i}{\sum G_i},
 \end{aligned}
 \tag{2.28}$$

где G_i – вес отдельных сборочных единиц;

					ВКР 44.03.04.112 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

x_i, y_i – координаты точек их приложения.

$$x_m = \frac{-10.5 \cdot 700 - 0.22 \cdot 50 + 8.42 \cdot 980 + 1.75 \cdot 580 - 0.95 \cdot 320 - 1.53 \cdot 1250 - 0.39 \cdot 610 + 0.79 \cdot 1000 - 0.83 \cdot 1000}{53.96} =$$

$$= 11 \text{ мм},$$

$$y_m = \frac{-10.5 \cdot 650 - 0.22 \cdot 650 + 8.42 \cdot 25 - 2.16 \cdot 270 - 1.75 \cdot 650 - 1.2 \cdot 70 - 5.2 \cdot 70 + 0.95 \cdot 700 + 1.53 \cdot 700 + 0.39 \cdot 700 +$$

$$+ 0.46 \cdot 700 - 0.76 \cdot 1000 - 0.76 \cdot 1000 + 0.79 \cdot 700 + 0.83 \cdot 700 - 13.1 \cdot 150}{53.96} = -165 \text{ мм}.$$

Нагрузки на ходовые колеса тележки в порожнем состоянии:

$$P_{1m} = \frac{53.96}{4} \cdot \left(1 + \frac{2 \cdot 165}{1700} + \frac{2 \cdot 11}{2000} \right) = 16,26 \text{ кН};$$

$$P_{2m} = \frac{53.96}{4} \cdot \left(1 - \frac{2 \cdot 165}{1700} + \frac{2 \cdot 11}{2000} \right) = 11,02 \text{ кН};$$

$$P'_{1m} = \frac{53.96}{4} \cdot \left(1 + \frac{2 \cdot 165}{1700} - \frac{2 \cdot 11}{2000} \right) = 15,96 \text{ кН};$$

$$P'_{2m} = \frac{53.96}{4} \cdot \left(1 - \frac{2 \cdot 165}{1700} - \frac{2 \cdot 11}{2000} \right) = 10,72 \text{ кН}.$$

Нагрузку на ходовые колеса от номинального груза рассчитываем по формулам:

$$P_{1G} = \frac{G + G_{\Pi}}{4} \cdot \left(1 - \frac{2y_{\text{гр}}}{B_{\text{т}}} \right);$$

$$P_{2G} = \frac{G + G_{\Pi}}{4} \cdot \left(1 + \frac{2y_{\text{гр}}}{B_{\text{т}}} \right); \quad (2.29)$$

$$P'_{1G} = \frac{G + G_{\Pi}}{4} \cdot \left(1 - \frac{2y_{\text{гр}}}{B_{\text{т}}} \right);$$

$$P'_{2G} = \frac{G + G_{\Pi}}{4} \cdot \left(1 + \frac{2y_{\text{гр}}}{B_{\text{т}}} \right).$$

где G – вес номинального груза;

G_{Π} – вес подвески, кг;

$y_{\text{гр}}$ – координата центра тяжести груза, мм;

$B_{\text{т}}$ – база тележки.

$$P_{1G} = \frac{196,2 + 5,2}{4} \cdot \left(1 - \frac{2 \cdot 70}{1700} \right) = 46,2 \text{ кН};$$

$$P_{2G} = \frac{196,2 + 5,2}{4} \cdot \left(1 + \frac{2 \cdot 70}{1700} \right) = 54,5 \text{ кН};$$

$$P'_{1G} = \frac{196,2 + 5,2}{4} \cdot \left(1 - \frac{2 \cdot 70}{1700} \right) = 46,2 \text{ кН};$$

$$P'_{2G} = \frac{196,2 + 5,2}{4} \cdot \left(1 + \frac{2 \cdot 70}{1700} \right) = 54,5 \text{ кН}.$$

Суммарные статические нагрузки на ходовые колеса:

$$P_1 = P_{1m} + P_{1G};$$

$$P_2 = P_{2m} + P_{2G};$$

(2.30)

$$P'_1 = P'_{1m} + P'_{1G};$$

$$P'_2 = P'_{2m} + P'_{2G}.$$

$$P_1 = 16,26 + 46,2 = 62,46 \text{ кН};$$

$$P_2 = 11,02 + 54,5 = 65,52 \text{ кН};$$

$$P'_1 = 15,96 + 46,2 = 62,16 \text{ кН};$$

$$P'_2 = 10,72 + 54,5 = 65,22 \text{ кН}.$$

Максимальная разница в нагрузках на колеса:

$$\Delta P = \frac{65,52 - 62,16}{65,52} \cdot 100 = 5\%.$$

следовательно, условие равномерности распределения нагрузок на ходовые колеса выполняется и изменений в конструкции не требуется.

					ВКР 44.03.04.112 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		3301

3 ПРОВЕРОЧНЫЕ РАСЧЕТЫ МЕХАНИЗМОВ

3.1 Механизм подъема груза

Проверка двигателя на время разгона.

Рекомендуемое время разгона по ВНИИПТМАШу для кранов грузоподъемностью 20т равно $t_p = 1 \dots 3$ с.

Для механизмов подъема груза наибольшее время разгона получается при разгоне на подъем:

$$t_{p.факт} = \frac{\omega_{дв} \cdot J_{мех.р}}{T_{п.ср} \cdot T_{ст.р}}; \quad (3.1)$$

где $\omega_{дв}$ – угловая скорость двигателя, рад/с;

$J_{мех.р}$ – приведенный к валу двигателя момент инерции при разгоне всех движущихся частей механизма, включая поступательно движущиеся массы, кг·м².

$T_{п.ср}$ – среднепусковой момент двигателя, Н · м;

$T_{ст.р}$ – момент статических сопротивлений при разгоне, приведенный к валу двигателя, Н · м.

Значение $T_{п.ср}$ определяем по формуле:

$$T_{п.ср} = T_{дв.н} \cdot \psi_{п.ср}, \quad (3.2)$$

где $\psi_{п.ср} = 2,5$ – кратность среднепускового момента двигателя (таблица 2-39 [8]).

$$T_{дв.н} = \frac{N_{дв}}{\omega_{дв}}, \quad (3.3)$$

где $N_{дв}$ – номинальная мощность двигателя, Вт;

$\omega_{дв}$ – номинальная угловая скорость двигателя, рад/с.

$$\omega_{дв} = \frac{\pi \cdot n_{дв}}{30} = \frac{\pi \cdot 565}{30} = 59,17 \text{ рад/с.}$$

$$T_{дв.н} = \frac{60 \cdot 10^3}{59,17} = 1014 \text{ Нм.}$$

$$T_{п.ср} = 1014 \cdot 2,5 = 2535 \text{ Нм.}$$

Момент инерции механизма при разгоне равен:

					ВКР 44.03.04.112 ПЗ	Лист
						32
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$J_{\text{мех.р}} = J_{\text{вр}} + J_{\text{пост.р}}, \quad (3.4)$$

где $J_{\text{вр}}$ – момент инерции при разгоне всех вращающихся частей механизма, приведенный к валу двигателя;

$J_{\text{пост.р}}$ – момент инерции при разгоне всех поступательно движущихся частей механизма, приведенный к валу двигателя.

$$J_{\text{вр}} = \gamma \cdot J_1, \quad (3.5)$$

где $\gamma = 1,15$ – коэффициент учета вращающихся масс, расположенных на втором, третьем и последующих валах механизма;

J_1 – момент инерции вращающихся масс, расположенных на первом валу:

$$J_1 = J_{\text{р.дв}} + J_{\text{м}} + J_{\text{т.ш}}, \quad (3.6)$$

где $J_{\text{р.дв}} = 21 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ – момент инерции ротора двигателя;

$J_{\text{м}} = 0,25 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ – момент инерции муфты;

$J_{\text{т.ш}}$ – момент инерции тормозного шкива.

$$J_{\text{т.ш}} = m_{\text{т.ш}} \cdot r_{\text{т.ш}}^2 \cdot \epsilon_{\text{т.ш}}, \quad (3.7)$$

где $m_{\text{т.ш}}$ – масса тормозного шкива, кг;

$r_{\text{т.ш}}$ – радиус тормозного шкива, м;

$\epsilon_{\text{т.ш}} = 0,6$ – коэффициент приведения геометрического радиуса вращения к радиусу инерции.

$$J_{\text{т.ш}} = 48,5 \cdot 0,2^2 \cdot 0,6 = 1,16 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

$$J_{\text{пост.р}} = \frac{m_{\text{пост}} \cdot r_{\text{б}}^2}{U_{\text{мех}} \cdot \eta_{\text{мех}}}, \quad (3.8)$$

$$m_{\text{пост}} = m_{\text{п}} + m_{\text{гр}}, \quad (3.9)$$

где $m_{\text{п}}$ – масса подвески, кг;

$m_{\text{гр}}$ – масса груза, кг;

$r_{\text{б}}$ – радиус барабана по оси навиваемого каната, м;

$U_{\text{мех}}$ – полное передаточное число механизма.

$$J_1 = 21 + 0,25 + 1,16 = 22,41 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

$$J_{\text{вр}} = 1,15 \cdot 22,41 = 25,77 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

$$J_{\text{пост.р}} = \frac{(530 + 20 \cdot 10^3) \cdot 0,518^2}{63^2 \cdot 0,93} = 1,54 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Момент инерции механизма при разгоне:

					ВКР 44.03.04.112 ПЗ	Лист
						33
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$J_{\text{мех}} = 25,77 + 1,54 = 27,31 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Момент статических сопротивлений при разгоне определим по формуле:

$$T_{\text{ст.р}} = \frac{G \cdot r_6}{U_{\text{мех}} \cdot \eta_{\text{мех}}}, \quad (3.10)$$

где G – вес груза и подвески;

r_6 – радиус барабана по оси навивки.

$$T_{\text{ст.р}} = \frac{201,4 \cdot 10^3 \cdot 0,518}{63^3 \cdot 0,9} = 1780 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

По формуле (3.1) найдем время разгона механизма при подъеме номинального груза:

$$t_{\text{р.факт}} = \frac{59,17 \cdot 27,31}{25,35 - 1780} = 2,14 \text{ с}.$$

Значение $t_{\text{р.факт}}$ находится в диапазоне рекомендуемых значений времени разгона, следовательно, двигатель обеспечит необходимую интенсивность работы.

Среднее ускорение груза при таком времени разгона равно:

$$a = \frac{V_{\text{под}}}{t_{\text{р.факт}}} = \frac{0,25}{2,1} = 0,119 \text{ м/с}^2.$$

Это значение соответствует рекомендуемым значениям для кранов, работающих на перегрузке штучных грузов (таблица 2.16 – [9]).

Проверка двигателя на нагрев.

Условие проверки:

$$T_3 \leq T_{\text{дв.н}}, \quad (3.11)$$

где T_3 – эквивалентный момент на валу двигателя, при работе с которым его нагрев будет таким же как и при работе с реальными моментами, возникающими при подъеме и опускании грузов различного веса, $\text{Н} \cdot \text{м}$;

$T_{\text{дв.н}}$ – номинальный момент двигателя, определяемый по формуле (3.3), $\text{Н} \cdot \text{м}$.

Значение T_3 определяем по формуле:

$$T_3 = \sqrt{\frac{T_{\text{п.ср}}^2 \cdot \sum t_{pi} + t_{y.\text{под}} \cdot \sum T_{\text{ст.под}i}^2 + t_{y.\text{оп}} \cdot \sum T_{\text{ст.оп}i}^2}{\beta \cdot \sum t_{pi} + \sum t_{y.\text{под}} + \sum t_{y.\text{оп}}}}, \quad (3.12)$$

где $T_{ст.под}$, $T_{ст.оп}$ – соответственно статические моменты на валу двигателя, возникающие при подъеме и опускании груза i -го веса, $H \cdot м$;

t_{pi} – время разгона механизма при работе с грузом i -го веса, с;

$t_{у.под}$, $t_{у.оп}$ – соответственно время установившегося движения при подъеме и опускании, с;

β – коэффициент, учитывающий ухудшение условий охлаждения двигателя в период пуска.

Под знаком радикала стоят суммы указанных параметров за время рабочего цикла.

Статические моменты при подъеме и опускании определяем по соотношениям:

$$T_{ст.под} = \frac{G_i \cdot r_6}{U_{мех} \cdot \eta_{мехi}}; \quad (3.13)$$

$$T_{ст.оп} = \frac{G_i \cdot r_6 \cdot \eta_{мехi}}{U_{мех}},$$

где G_i – вес i -го груза, включая вес крюковой подвески, H .

$\eta_{мехi}$ – к.п.д. механизма при работе с грузом i -го веса.

По графику на рисунке 4.4 – [9], используя значение номинального к.п.д. механизма $\eta_{мех} = 0,93$, найдем значение к.п.д. при подъеме грузов, вес которых соответствует относительной доле от номинального, указанного на типовом графике нагрузок механизма подъема для тяжелого режима работы (рисунок 3.1). Значение к.п.д. занесем в таблицу 3.1.

По формулам (3,13) определяем значение статических моментов, создаваемых на валу двигателя при подъеме и опускании весом i -го груза, и заносим в таблицу 3.1. Определим моменты инерции всех движущихся частей механизма при работе с грузами i -й массы. Значение i -х масс, включая массу крюковой подвески, равны:

$$m_1 = 20530 \text{ кг};$$

$$m_2 = 15530 \text{ кг};$$

$$m_3 = 4430 \text{ кг};$$

$$m_4 = 1530 \text{ кг}.$$

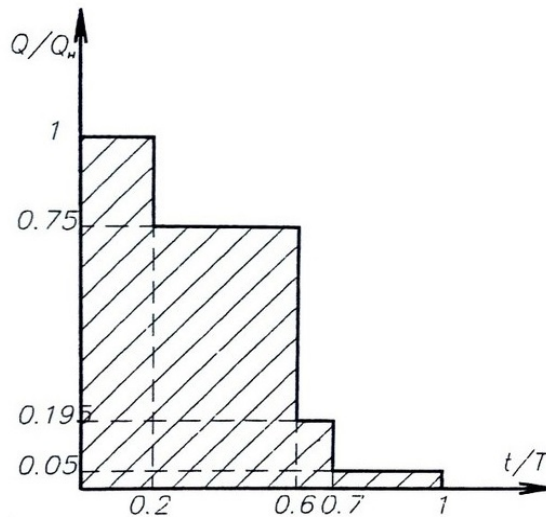


Рисунок 3.1 – График нагрузок механизма подъема крана

По формуле (3.8) определяем значение $J_{гр.i}$, а по формуле (3.4) – моменты инерции $J_{мех.i}$, и заносим их в таблицу 3.1.

Время разгона при подъеме и опускании определим по формулам:

$$t_{р.поді} = \frac{\omega_{дв.под} \cdot J_{мехі}}{T_{п.ср} - T_{ст.поді}}; \quad (3.14)$$

$$t_{р.опі} = \frac{\omega_{дв.под} \cdot J_{мехі}}{T_{п.ср} + T_{ст.поді}},$$

где $\omega_{дв.под}$, $\omega_{дв.оп}$ - соответственно угловая скорость двигателя при установившемся подъеме и опускании номинального груза, рад/с;

$J_{мехі}$ - приведенный к валу двигателя момент инерции всех движущихся частей механизма и груза i -го веса, $кг \cdot м^2$.

$$\omega_{дв.под} = \omega_{дв}; \quad (3.15)$$

$$\omega_{дв.оп} = 2\omega_c - \omega_{дв},$$

где $\omega_{дв}$ – номинальная угловая скорость двигателя, рад/с;

ω_c – синхронная угловая скорость двигателя, рад/с:

$$\omega_c = \frac{2\pi \cdot f}{p}, \quad (3.16)$$

где $f = 50 Гц$ – частота промышленного трехфазного тока;

p – число пар полюсов двигателя. Для двигателя МТН 612-10, $p = 5$.

$$\omega_c = \frac{2\pi \cdot 50}{5} = 62,8 \text{ рад/с.}$$

$$\omega_{дв.оп} = 2 \cdot 62,8 - 59,17 = 66,2 \text{ рад/с;}$$

$$J_{\text{мех.}i} = \gamma \cdot J_1 \cdot J_{\text{гр.}i},$$

где $J_{\text{гр.}i}$ – момент инерции массы i -го груза, включая крюковую подвеску, приведенный к первому валу, $\text{кг} \cdot \text{м}^2$;

$$J_{\text{гр.}i} = \frac{m_{\text{пост}i} \cdot r_6^2}{U_{\text{мех}}^2 \cdot \eta_{\text{мех}i}}, \quad (3.17)$$

Здесь $m_{\text{пост}i} = m_{\text{гр}i} + m_{\text{п}}$;

где $m_{\text{гр}i}$ – масса i -го груза, кг .

Определяем $J_{\text{гр.}i}$ и $J_{\text{мех.}i}$, и записываем результаты в таблицу 3.1.

Время установленного движения определим по формулам:

$$t_{\text{у.под}} = \frac{H_{\text{ср}}}{V_{\text{под}}}; \quad (3.18)$$

$$t_{\text{у.оп}} = \frac{H_{\text{ср}}}{V_{\text{оп}}},$$

где $H_{\text{ср}}$ – средняя высота подъема груза. Для кранов, работающих на складах, рекомендуется $H_{\text{ср}} = 6,0\text{м}$.

Фактические скорости движения груза при подъеме и опускании:

$$V_{\text{под}} = \frac{\omega_{\text{дв.под}} \cdot r_6}{U_{\text{мех}}};$$

$$V_{\text{оп}} = \frac{\omega_{\text{дв.оп}} \cdot r_6}{U_{\text{мех}}}, \quad (3.19)$$

$$V_{\text{под}} = \frac{59,17 \cdot 0,518}{63} = 0,49\text{м/с};$$

$$V_{\text{оп}} = \frac{66,5 \cdot 0,518}{63} = 0,55\text{м/с}.$$

Время установившегося движения:

$$t_{\text{у.под}} = \frac{6}{0,49} = 12,24\text{с};$$

$$t_{\text{у.оп}} = \frac{6}{0,55} = 10,91\text{с}.$$

Заносим эти значения в таблицу 3.1.

Время разгона механизма при подъеме номинального груза:

$$t_{\text{р.под.G}} = 2,14\text{с};$$

$$\frac{t_{\text{у.под}}}{60} = \frac{12,24}{60} = 0,2$$

					ВКР 44.03.04.112 ПЗ	Лист
						37
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Так как $t_{р.под.G} \geq \frac{t_{у.под}}{60}$, то коэффициент ухудшения условий охлаждения двигателя принимаем $\beta = 0,7$ для двигателя серии МТН.

Все полученные данные сводим в таблицу;

Таблица 3.1 – Значение параметров необходимые для нахождения эквивалентного момента на валу двигателя.

Параметр	Значение параметра							
	G		0.75G		0.195G		0.05G	
	подъем	спуск	подъем	спуск	подъем	спуск	подъем	спуск
$G_i, Н$	201399		152349		43458		15009	
$\eta_{мех.i}$	0,93		0,9		0,69		0,45	
$T_{ст.i}, Н \cdot м$	1780,6	1540	1392	1127,4	518	247	274	55,5
$J_{гр.i}, кг \cdot м^2$	1,49		1,17		0,43		0,23	
$J_{мех.i}, кг \cdot м^2$	27,26		26,94		26,2		26,0	
$T_{р.i}, с$	2,14	0,4	1,39	0,44	0,77	0,56	0,68	0,59
$t_y, с$	12,24	10,91	12,24	10,91	12,24	10,91	12,24	10,91

Теперь вычислены значения всех параметров, входящих в формулу (3.12). Остается уточнить количество подъемов и опусканий грузов различного веса в течение рабочего цикла. Этому количеству будет соответствовать количество значений времени разгона, времени установившегося движения, а также количество статических моментов, которые необходимо будет подставить в формулу (3.12).

Примем общее количество грузов, поднимаемых за время рабочего цикла, равным 10. Тогда (рисунок 3.1) за время принятого рабочего цикла груз весом G поднимается и опускается 2 раза, груз весом 0,75G – 4 раза, груз весом 0,195G – 1 раз и груз весом 0,05G – 3 раза.

Подставим значение параметров в формулу (3.12):

$$T_3 = \sqrt{\frac{2535^2 \cdot (2,14 + 0,4 + 1,39 + 0,44 + 0,77 + 0,56 + 0,68 + 0,59) + 0,7 \cdot (2,14 + 0,4 + 1,39 + 0,44 + 0,77 + 0,56 + 0,68 + 0,59) + \dots}{+12,24 \cdot (1780,6^2 + 1392^2 + 518^2 + 274^2) + 10,91 \cdot (1540^2 + 1127,4^2 + 247^2 + 55,5^2)}} = 801,8 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Проверим условие (3.11):

$$T_3 = 801,8 \text{ Н}\cdot\text{м} \leq T_{\text{дв.н}} = 1014 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Условие проверки выполняется, следовательно, в процессе работы двигателя не перегреется.

3.2 Механизм передвижения тележки

Проверка двигателя на время разгона.

Наибольшее время разгона наблюдается, когда кран нагружен, а уклон пути препятствует движению. По рекомендациям ВНИИПТМАШа время разгона тележек не должно превышать 5-6 с.

Используя формулы (3.1) – (3.7), найдем:

- время разгона:

$$t_{\text{р.факт}} = \frac{\omega_{\text{дв}} \cdot J_{\text{мех.р}}}{T_{\text{п.ср}} - T_{\text{ст.р}}},$$

где $\omega_{\text{дв}}$ – угловая скорость двигателя, рад/с;

$J_{\text{мех.р}}$ – приведенный к валу двигателя момент инерции при разгоне всех движущихся частей механизма, включая поступательно движущиеся массы, кг·м²;

$T_{\text{п.ср}}$ – среднепусковой момент двигателя, Н·м;

$T_{\text{ст.р}}$ – момент статических сопротивлений при разгоне, приведенный к валу двигателя, Н·м.

$$\omega_{\text{дв}} = \frac{\pi \cdot n_{\text{дв}}}{30} = \frac{\pi \cdot 930}{30} = 97,4 \text{ рад/с}.$$

- среднепусковой момент двигателя:

$$T_{\text{п.ср}} = T_{\text{дв.н}} \cdot \psi_{\text{п.ср}},$$

					ВКР 44.03.04.112 ПЗ	Лист
						39
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

где $\psi_{п.ср} = 2,5$ – кратность среднепускового момента двигателя (таблица 2-39 – [8]).

$$T_{дв.н} = \frac{N_{дв}}{\omega_{дв}},$$

где $N_{дв}$ – номинальная мощность двигателя, Вт;

$$T_{дв} = \frac{5 \cdot 10^3}{97,4} = 51,3 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

$$T_{п.ср} = 51,3 \cdot 2,5 = 128 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

- момент инерции механизма при разгоне:

$$J_{мех.р} = \gamma \cdot J_1 + J_{пост.р},$$

где $\gamma = 1,15$ – коэффициент учета вращающихся масс, расположенных на втором, третьем и последующих валах механизма;

J_1 – момент инерции вращающихся масс, расположенных на первом валу:

$J_{пост.р}$ – момент инерции при разгоне всех поступательно движущихся частей механизма, приведенный к валу двигателя.

- момент инерции вращающихся масс, расположенных на первом валу:

$$J_1 = J_{р.дв} + J_{м} + J_{т.ш},$$

где $J_{р.дв} = 0,27 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ – момент инерции ротора двигателя;

$J_{м} = 0,05 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ – момент инерции муфты;

$J_{т.ш}$ – момент инерции тормозного шкива.

$$J_{т.ш} = m_{т.ш} \cdot r_{т.ш}^2 \cdot \epsilon_{т.ш},$$

где $m_{т.ш}$ – масса тормозного шкива, кг;

$r_{т.ш}$ – радиус тормозного шкива, м;

$\epsilon_{т.ш} = 0,6$ – коэффициент приведения геометрического радиуса вращения к радиусу инерции.

$$J_{т.ш} = 9,2 \cdot 0,1^2 \cdot 0,6 = 0,055 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

$$J_1 = 0,27 + 0,05 + 0,055 = 0,375 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

$$J_{пост.р} = \frac{m_{пост} \cdot r_{к}^2}{U_{мех} \cdot \eta_{мех}}, \quad (3.20)$$

$$m_{пост} = m_{т} + m_{гр}, \quad (3.21)$$

где $m_{т}$ – масса тележки, кг;

					ВКР 44.03.04.112 ПЗ	Лист
						40
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$m_{гр}$ – масса груза, кг;

r_k – радиус колеса, м;

$U_{мех}$ – полное передаточное колесо механизма.

$$m_{пост} = 5500 + 20000 = 25500 \text{ кг};$$

$$J_{пост.р} = \frac{25500 \cdot 0,16^2}{63^2 \cdot 0,93} = 1,01 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

$$J_{мех.р} = 1,15 \cdot 0,375 + 1,01 = 1,44 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Момент статических сопротивлений при разгоне определим как:

$$T_{ст.р} = \frac{W_{ст} \cdot r_k}{U_{мех} \cdot \eta_{мех}}, \quad (3.22)$$

$$W_{ст} = W_{тр} + W_y + W_{ин} + W_{гиб}, \quad (3.23)$$

где $W_{ст}$ – статическое сопротивление:

$W_{тр}$ – от трения, W_y – от уклона, $W_{ин}$ – от инерции, $W_{гиб}$ – от раскачивающий груза на гибкой подвеске.

$$T_{ст.р} = \frac{(3,63 + 0,5 + 0,31 + 1,03) \cdot 0,16}{26,4 \cdot 0,93} = 36 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

По формуле (3.1) вычисляем время разгона:

$$t_{р.факт} = \frac{97,4 \cdot 1,44}{128 - 36} = 1,5 \text{ с}.$$

Данное значение времени не превышает рекомендуемого, следовательно, выбранный двигатель обеспечит необходимую интенсивность разгона.

Проверим среднее ускорение при разгоне:

$$a = \frac{V_{пер}}{t_p} = \frac{0,59}{1,5} = 0,38 \text{ м/с}.$$

Это значение несколько превышает рекомендованные ВНИИПТМАШем значения ускорений, (таблица 2.16 – [9]), поэтому следует произвести проверку сцепления колес с рельсами.

Проверка времени торможения.

Проверку производим для случая, когда кран нагружен, а уклон способствует движению. Времени торможения должно быть примерно равно времени разгона: $t_T \approx t_p$;

$$t_T = \frac{\omega_{дв} \cdot J_{мех.Т}}{T_{Т.р.мех} - T_{ст.Т}}, \quad (3.24)$$

где $J_{мех.Т}$ – приведенный к валу двигателя момент инерции при торможении всех движущихся частей механизма, включая поступательно движущиеся массы, $кг \cdot м^2$;

$T_{ст.Т}$ – момент статических сопротивлений при торможении, приведенный к валу двигателя, $Н \cdot м$;

$T_{Т.р.мех}$ – расчетный тормозной момент механизма, определенный по формуле (1.25) и равный $T_{Т.р.мех} = 5,15 Н \cdot м$.

Остальные параметры определяем по соотношениям:

$$J_{мех.Т} = J_{вр} - J_{пост.Т}; \quad (3.25)$$

$$J_{пост.Т} = \frac{m_{пост} \cdot r_K^2 \cdot \eta_{мех}}{U_{мех}}, \quad (3.26)$$

$$T_{ст.Т} = \frac{W_{ст.Т} \cdot r_K}{U_{мех} \cdot \eta_{мех}}, \quad (3.27)$$

$$W_{ст.Т} = W'_{ст} - W_y, \quad (3.28)$$

$$W'_{ст} = G_{пост} \frac{2\mu + f \cdot d_{ц}}{D}, \quad (3.29)$$

где $G_{пост}$ – вес, $кН$, поступательно движущихся объектов.

Подставим числовые значения в выражения (3.24) – (3.29) и вычислим их:

$$W'_{ст} = 255,354 \cdot \frac{2 \cdot 0,4 + 0,015 \cdot 70}{320} = 1,48 кН;$$

$$W_{ст.Т} = 1,48 - 0,5 = 0,98 кН;$$

$$T_{ст.Т} = \frac{0,98 \cdot 0,16}{26,4 \cdot 0,93} = 6,4 Н \cdot м;$$

$$J_{пост.Т} = \frac{25530 \cdot 0,16^2 \cdot 0,93}{26,4^2} = 0,87 кг \cdot м^2;$$

$$J_{мех.Т} = 1,15 \cdot 0,375 + 0,87 = 1,3 кг \cdot м^2.$$

Определим время торможения:

$$t_T = \frac{97,4 \cdot 1,3}{5,15 + 6,4} = 11 с.$$

Данное значение очень велико. Если принять $t'_T = 2 с$, то необходимо увеличить тормозной момент тормоза. Он должен быть равен $57 Н \cdot м$. Тормоз ТКГ-

					ВКР 44.03.04.112 ПЗ	Лист
						42
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

200 необходимо отрегулировать на данный тормозной момент. Характеристика тормоза позволяет это, так как наибольший тормозной момент $T_{т, \max} = 300 \text{ Н} \cdot \text{м}$.

Проверка запаса сцепления колес с рельсами.

Проверку производим для случая, когда кран не нагружен и реборды колес не задевают за головки рельсов.

Условие проверки:

$$k_{\text{сц}} \geq [k_{\text{сц}}], \quad (3.30)$$

где $k_{\text{сц}}$ – коэффициент запаса сцепления колес с рельсом;

$[k_{\text{сц}}]$ – допускаемый коэффициент запаса сцепления. При работе крана в помещении $[k_{\text{сц}}] = 1,2$.

Значение $k_{\text{сц}}$ определяется по выражению:

$$k_{\text{сц}} = \frac{T_{\text{сц},0}}{T_{\text{дин},p} + T_{\text{у},0,к} - T_{\text{тр},0,к}}, \quad (3.31)$$

где $T_{\text{сц},0}$ – момент силы сцепления колеса с рельсом, когда кран не нагружен;

$T_{\text{дин},0}$ – динамический момент при разгоне, возникающий в трансмиссионном валу вследствие ударно-упругого нагружения, когда в трансмиссии выбирается зазор;

$T_{\text{у},0,к}$, $T_{\text{тр},0,к}$ – моменты сил уклона и трения соответственно, действующие относительно оси приводных колес, когда кран не нагружен:

$$T_{\text{сц},0} = F_{\text{сц},0} \cdot r_k, \quad (3.32)$$

где $F_{\text{сц},0}$ – сила сцепления приводных колес с рельсом, когда кран не нагружен:

$$F_{\text{сц},0} = f_{\text{сц}} \cdot P_{\text{пр},0}, \quad (3.33)$$

Здесь $f_{\text{сц}}$ – коэффициент сцепления колес с рельсами. При работе крана в помещении $f_{\text{сц}} = 0,2$;

$P_{\text{пр},0}$ – нагрузка на приводные колеса тележки при работе крана без груза, Н.

Сумма нагрузок на приводные колеса равна:

$$P_{\text{пр},0} = 11,02 + 10,72 = 21,74 \text{ кН};$$

$$F_{\text{сц},0} = 0,2 \cdot 21,74 = 4,348 \text{ кН}.$$

Момент силы сцепления колеса с рельсом:

					ВКР 44.03.04.112 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		43

$$T_{\text{ст.0}} = 4,348 \cdot 0,16 = 726 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

С учетом динамики нагружения трансмиссионного вала значение $T_{\text{дин.р}}$ определяем по формуле:

$$T_{\text{дин.р}} \approx T_{\text{дв}} \cdot k_{\text{м.р}} \cdot \left(1 + \sqrt{1 + \frac{2c\varphi}{T_{\text{дв}} \cdot k_{\text{м.р}}}} \right), \quad (3.34)$$

где $T_{\text{дв}}$ – среднепусковой момент двигателя, уменьшенный на момент сил инерции вращающихся частей механизма и приведенный к оси колеса;

$k_{\text{м.р}}$ – коэффициент, учитывающий соотношение масс в механизме при разгоне;

c – коэффициент жесткости тихоходного участка трансмиссии;

φ – угловой зазор в муфтах трансмиссионного вала.

$$T_{\text{дв}} = (T_{\text{п.ср}} - T_{\text{ин.вр}}) \cdot U_{\text{мех}} \cdot \eta_{\text{мех}}, \quad (3.35)$$

где $T_{\text{п.ср}}$ – среднепусковой момент двигателя, Н·м;

$T_{\text{ин.вр}}$ – момент сил инерции при разгоне вращающихся частей механизма, приведенный к валу двигателя, Н·м:

$$T_{\text{ин.вр}} = J_{\text{вр}} \cdot \varepsilon_{\text{р.0}}, \quad (3.36)$$

где $J_{\text{вр}}$ – момент инерции вращающихся масс механизма, приведенный к валу двигателя, кг·м²; $J_{\text{вр}} = 0,431 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$;

$\varepsilon_{\text{р.0}}$ – угловое ускорение вала двигателя при трогании с места ненагруженной тележки, рад/с²;

$$\varepsilon_{\text{р.0}} \approx \frac{T_{\text{п.ср}} - T_{\text{ст.р.0}}}{J_{\text{мех.р.0}}}, \quad (3.37)$$

где $T_{\text{ст.р.0}}$ – статический момент при разгоне ненагруженной тележки, приведенный к валу двигателя;

$J_{\text{мех.р.0}}$ – момент инерции при разгоне всех движущихся масс, приведенный к валу двигателя;

$$J_{\text{мех.р.0}} = J_{\text{вр}} + J_{\text{пост.р.0}};$$

$$J_{\text{пост.р.0}} = \frac{m_{\text{пост}} \cdot r_{\text{к}}^2}{U_{\text{мех}}^2 \cdot \eta_{\text{мех}}} = \frac{5500 \cdot 0,16^2}{26,4^2 \cdot 0,93} = 0,22 \text{ кг}\cdot\text{м}^2;$$

$$J_{\text{мех.р.0}} = 0,431 + 0,22 = 0,65 \text{ кг}\cdot\text{м}^2.$$

Для определения $T_{ст.р.0}$ берем положение тележки без груза с уклоном рельсов в сторону движения:

$$T_{ст.р.0} = T_{тр.0} - T_{у.0}, \quad (3.38)$$

где $T_{тр.0}$, $T_{у.0}$ – моменты сил трения и уклона, приведенные к валу двигателя, определенные по формулам (2.26).

$$T_{ст.р} = 2,59 - 0,62 = 1,97 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$T_{п.ср} = 128 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$\epsilon_{р.0} \approx \frac{128 - 1,97}{0,67} = 193,9 \text{ рад/с}^2.$$

Коэффициент соотношения масс в механизме при разгоне определится как:

$$k_{м.р} = \frac{J_{пост.р.0}}{J_{мех.р.0}}; \quad (3.39)$$

$$k_{м.р} = \frac{0,22}{0,65} = 0,34.$$

Момент сил инерции при разгоне вращающихся частей механизма (по формуле (3.36)):

$$T_{ин.вр} = 0,43 \cdot 193,9 = 83,6 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$T_{дв} = (128 - 83,6) \cdot 26,4 \cdot 0,93 = 1090 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Коэффициент жесткости тихоходного участка трансмиссии определим по соотношению:

$$c \approx 0,3c_{тр.в},$$

где $c_{тр.в}$ – условный коэффициент жесткости трансмиссионного вала, рассчитанный в предположении, что вал имеет один диаметр на всей своей длине, соединительных муфт нет и зубчатое и ходовые колеса выполнены заодно с валом.

$$c_{тр.в} = \frac{G_{упр} \cdot J_{тр.в}}{l_{уч}}, \quad (3.40)$$

где $G_{упр}$ – модуль упругости второго рода; для стали $G_{упр} = 7,943 \cdot 10^4$ МПа;

$J_{тр.в}$ – полярный момент инерции поперечного сечения вала:

$$J_{тр.в} = \frac{\pi \cdot d_{тр.в}^4}{32};$$

					ВКР 44.03.04.112 ПЗ	Лист
						45
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$l_{\text{уч}}$, $d_{\text{тр.в}}$ – соответственно общая длина участка валопровода, равная расстоянию от центра одного ходового колеса до центра другого, и диаметр трансмиссионного вала на участке, имеющем наибольшую длину. $l_{\text{уч}} = 2000 \text{ мм}$ – колея тележки; $d_{\text{тр.в}} = 100 \text{ мм}$.

$$J_{\text{тр.в}} = \frac{\pi \cdot 0,1^4}{32} = 9,82 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4;$$

$$c_{\text{тр.в}} = \frac{7,943 \cdot 10^4 \cdot 9,82 \cdot 10^{-6}}{2} = 0,39.$$

Тогда коэффициент жесткости тихоходного участка трансмиссии будет равен:

$$c \approx 0,3 \cdot 0,39 = 0,117.$$

Максимальный (с учетом возможного износа) допускаемый угловой зазор (рад) в соединении «колесо – трансмиссионный вал» принимаем $\varphi = 0,03 \text{ рад}$.

Тогда динамический момент при разгоне будет:

$$T_{\text{дин.р}} \approx 1090 \cdot 0,34 \cdot \left(1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 0,117 \cdot 0,03}{1090 \cdot 0,34}} \right) = 714 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Моменты сил уклона и трения, действующие относительно оси колеса определим как:

$$T_{\text{у.0.к}} = W_{\text{у.0}} \cdot r_{\text{к}} = 110 \cdot 0,16 = 17,6 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$T_{\text{тр.0.к}} = P_{\text{пр.0}} \cdot (\mu + f \cdot r_{\text{ц}}) = 21,74 \cdot (0,8 + 0,015 \cdot 35) = 28,8 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Теперь по формуле (2.31) определим коэффициент запаса сцепления $k_{\text{сц}}$ и сравним его с допускаемым коэффициентом запаса $[k_{\text{сц}}]$:

$$k_{\text{сц}} = \frac{726}{741 + 17,6 - 28,8} = 0,99$$

Это значение коэффициента запаса сцепления несколько меньше допускаемого. Необходимый запас сцепления обеспечивается введением пусковых сопротивлений в роторную цепь двигателя, при этом среднепусковой момент двигателя $T_{\text{п.ср}}$ уменьшится. Также зазор на передаче нужно выбрать до приложения полного момента двигателя (динамический момент будет меньше).

Проверим теперь запас сцепления колес с рельсами при разгоне тележки с номинальным грузом на крюке механизма подъема.

					ВКР 44.03.04.112 ПЗ	Лист
						46
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

По формулам (2.30) была рассчитана нагрузка на приводные колеса тележки в груженом состоянии, равная $P_{пр} = P_1 + P'_1 = 65,52 + 65,22 = 130,74 \text{кН}$.

По формулам (3.31) – (3.40) определим соответствующие параметры:

$$T_{сц} = P_{пр} \cdot f_{сц} \cdot r_k = 130,74 \cdot 0,2 \cdot 0,16 = 4,4 \text{кН} \cdot \text{м};$$

$$T_{y,k} = W_y \cdot r_k = 0,5 \cdot 0,16 = 0,08 \text{кН} \cdot \text{м};$$

$$T_{тр,k} = P_{пр} \cdot (\mu + f \cdot r_k) = 130,7 \cdot (0,8 + 0,015 \cdot 35) = 0,17 \text{кН} \cdot \text{м}.$$

где r_k – радиус цапфы.

$$J_{пост,p} = \frac{(m_T + m_{гр}) \cdot r_k^2}{U_{мех}^2 + \eta_{мех}} = \frac{(5500 + 20000) \cdot 0,16^2}{26,4^2 \cdot 0,93} = 1,007 \text{кг} \cdot \text{м}^2;$$

$$J_{мех,p} = J_{вр} + J_{пост,p} = 0,431 + 1,007 = 1,438 \text{кг} \cdot \text{м}^2;$$

$$k_{м,p} = \frac{J_{пост,p,0}}{J_{мех,p,0}} = \frac{1,007}{1,438} = 0,7;$$

$$T_{ст,p} = \frac{W_{ст} \cdot r_k}{U_{мех} \cdot \eta_{мех}} = \frac{(3,63 - 0,5) \cdot 0,16}{26,4 \cdot 0,93} = 0,02 \text{кН} \cdot \text{м}.$$

где $W_{ст} = W_{тр} - W_y$ – сила статического сопротивления;

$W_{тр}$, W_y – силы статического сопротивления, создаваемые трением и уклоном соответственно и определенные по формулам (2.17) и (2.18).

$$\varepsilon_{p,0} \approx \frac{T_{п.ср} - T_{ст,p,0}}{J_{мех,p,0}} = \frac{128 - 20}{1,438} = 75,1 \text{рад/с}^2;$$

$$T_{ин.вр} = J_{вр} \cdot \varepsilon_{p,0} = 0,431 \cdot 75,1 = 32,4 \text{Н} \cdot \text{м};$$

$$T_{дв} = (T_{п.ср} - T_{ин.вр}) \cdot U_{мех} \cdot \eta_{мех} = (128 - 32,4) \cdot 26,4 \cdot 0,93 = 2147 \text{Н} \cdot \text{м};$$

$$T_{дин,p} \approx T_{дв} \cdot k_{м,p} \cdot \left(1 + \sqrt{1 + \frac{2c\varphi}{T_{дв} \cdot k_{м,p}}} \right);$$

$$T_{дин,p} \approx 2147 \cdot 0,7 \cdot \left(1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 0,117 \cdot 0,03}{2147 \cdot 0,7}} \right) = 4146 \text{Н} \cdot \text{м};$$

$$k_{сц} = \frac{T_{сц,0}}{T_{дин,p} + T_{y,0,k} - T_{тр,0,k}} = \frac{4400}{4146 + 80 - 170} = 1,21.$$

Необходимый запас сцепления при разгоне груженой тележки обеспечивается.

Проверка ходовых колес по напряжениям в контакте обода и рельса.

Напряжения σ (МПа) в контакте обода и рельса с выпуклой головкой определим по формуле:

					ВКР 44.03.04.112 ПЗ	Лист
						47
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$\sigma = 7500 \cdot k \cdot k_1 \cdot \sqrt[3]{\frac{k_d \cdot P}{D^2}}, \quad (3.41)$$

где D – диаметр колеса, см;

k – коэффициент, зависящий от отношения радиуса закругления головки рельса r к диаметру колеса; $\frac{r}{D} = \frac{200}{320} = 0,625$. По таблице 5.3 – [9] принимаем $k=0,136$;

P – максимальная статическая нагрузка на колесо, кН. $P = 65,62$ кН;

$k_d = 1 + a \cdot V$ – коэффициент динамичности пары «колесо-рельс»;

V – номинальная скорость передвижения, м/с; $V = 0,58$ м/с;

a – коэффициент, зависящий от жесткости кранового пути, с/м; по таблице 5.4 – [9] для кранового пути, уложенного на металлических балках $a = 0,15$ с/м.

$$k_d = 1 + 0,15 \cdot 0,58 = 1,087.$$

k_1 – коэффициент, учитывающий влияние касательной нагрузки на напряжения в контакте; по таблице 5.5 - [9] для крана, работающего в закрытом помещении и при $V < 2$ м/с выбираем $k_1 = 1,05$.

Найдем напряжения:

$$\sigma = 7500 \cdot 0,136 \cdot 1,05 \cdot \sqrt[3]{\frac{1,087 \cdot 65,62}{32^2}} = 440 \text{ МПа}.$$

Контактные напряжения σ не должны превышать допускаемые напряжения $[\sigma_N]$ (МПа) при приведенном за срок службы числе оборотов колеса N :

$$[\sigma_N] = [\sigma_0] \cdot \sqrt[9]{\frac{10^4}{N}}, \quad (3.42)$$

где $[\sigma_0]$ – допускаемые напряжения при $N \leq 10^4$, по таблице 5.6 - [9] для колеса, изготовленного прокатом из стали 75 с закалкой и отпуском (НВ = 350) принимаем $[\sigma_0] = 920$;

Приведенное и полное число оборотов колеса за срок службы определяем по формулам:

$$N = \Theta \cdot N_c; \quad (3.43)$$

$$N_c = 36 \cdot 10^4 \cdot \frac{V_c}{\pi \cdot D} \cdot T_{\text{маш}},$$

					ВКР 44.03.04.112 ПЗ	Лист
						48
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

где $V_c = \beta \cdot V$ – усредненная скорость передвижения колеса, м/с; $V = 0,58$ м/с – номинальная скорость передвижения;

β – коэффициент, зависящий от отношения времени неустановившегося движения t_n (суммарное время разгона и торможения) к полному времени передвижения t ; принимаем $\beta = 0,6$.

$$V_c = 0,6 \cdot 0,58 = 0,348 \text{ м/с.}$$

$T_{\text{маш}}$ – машинное время работы колеса в часах за срок службы; по таблице 5.7 – [9] для тяжелого режима работы выбираем $T_{\text{маш}} = 12500$ час;

Θ – коэффициент приведенного числа оборотов колеса; значение Θ принимаем в зависимости от отношения минимальной нагрузки на колесо P_{min} , к максимальной нагрузке P :

$$\frac{P_{\text{min}}}{P} = \frac{10.72}{65.52} \approx 0.2; \text{ принимаем } \Theta = 0,16.$$

$$N = 0,16 \cdot 36 \cdot 10^4 \cdot \frac{0,348}{\pi \cdot 32} \cdot 12500 = 2,492 \cdot 10^6.$$

Допускаемые контактные напряжения равны:

$$[\sigma_N] = 920 \cdot \sqrt[9]{\frac{10^4}{2,492 \cdot 10^6}} = 498 \text{ МПа.}$$

Поскольку $\sigma = 440 \text{ МПа} < [\sigma_N] = 498 \text{ МПа}$, условия прочности удовлетворяются.

					ВКР 44.03.04.112 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		49

4 ПРОВЕРКА ПРОЧНОСТИ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИИ МОСТА

4.1 Геометрические характеристики сечений

Геометрические характеристики сечения главной балки в середине пролета.

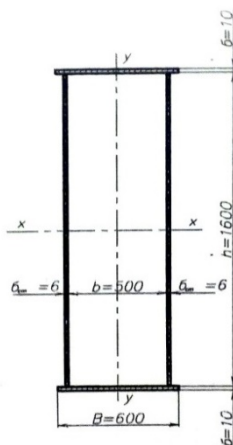


Рисунок 4.1 – Сечение главной балки в середине пролета

Осевые моменты инерции сечения равны:

$$J_{1x} = 2 \cdot \left[\frac{\delta_{\text{ст}} \cdot h^3}{12} + \delta \cdot B \cdot \left(\frac{h}{2} + \frac{\delta}{2} \right)^2 \right];$$

$$J_{1x} = 2 \cdot \left[\frac{0,006 \cdot 1,6^3}{12} + 0,01 \cdot 0,6 \cdot \left(\frac{1,6}{2} + \frac{0,01}{2} \right)^2 \right] = 10,22 \cdot 10^{-3} \text{ м}^4;$$

$$J_{1y} = 2 \cdot \left[\frac{\delta \cdot B^3}{12} + b_{\text{ст}} \cdot h \cdot \left(\frac{b}{2} + \frac{\delta_{\text{ст}}}{2} \right)^2 \right];$$

$$J_{1y} = 2 \cdot \left[\frac{0,01 \cdot 0,6^3}{12} + 0,006 \cdot 1,6 \cdot \left(\frac{0,5}{2} + \frac{0,006}{2} \right)^2 \right] = 1,51 \cdot 10^{-3} \text{ м}^4.$$

Осевые моменты сопротивления сечения:

$$W_{1x} = \frac{2 \cdot J_{1x}}{h + 2\delta} = \frac{2 \cdot 10,22 \cdot 10^{-3}}{1,6 + 2 \cdot 0,01} = 13,45 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3;$$

$$W_{1y} = \frac{2 \cdot J_{1y}}{B} = \frac{2 \cdot 1,51 \cdot 10^{-3}}{0,6} = 5,03 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3.$$

Площадь сечения балки:

$$F_1 = 2 \cdot (h \cdot \delta_{\text{ст}} + B \cdot \delta) = 2 \cdot (1,6 \cdot 0,006 + 0,6 \cdot 0,01) = 0,03 \text{ м}^2.$$

Геометрические характеристики опорного сечения главной балки.

					ВКР 44.03.04.112 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

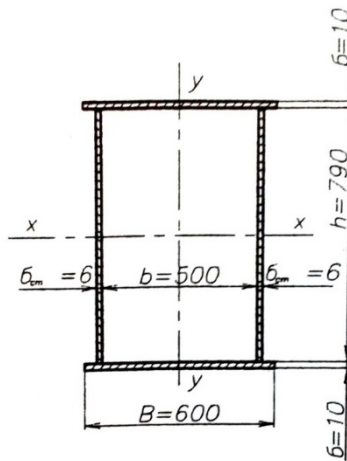


Рисунок 4.2 – Опорное сечение главной балки

Осевые моменты инерции опорного сечения равны:

$$J_{\text{оп.}x} = 2 \cdot \left[\frac{\delta_{\text{ст}} \cdot h_{\text{оп}}^3}{12} + \delta \cdot B \cdot \left(\frac{h_{\text{оп}}}{2} + \frac{\delta}{2} \right)^2 \right];$$

$$J_{\text{оп.}x} = 2 \cdot \left[\frac{0,006 \cdot 0,79^3}{12} + 0,01 \cdot 0,6 \cdot \left(\frac{0,79}{2} + \frac{0,01}{2} \right)^2 \right] = 2,41 \cdot 10^{-3} \text{ м}^4;$$

$$J_{\text{оп.}y} = 2 \cdot \left[\frac{\delta \cdot B^3}{12} + b_{\text{ст}} \cdot h_{\text{оп}} \cdot \left(\frac{b}{2} + \frac{\delta_{\text{ст}}}{2} \right)^2 \right];$$

$$J_{\text{оп.}y} = 2 \cdot \left[\frac{0,01 \cdot 0,6^3}{12} + 0,006 \cdot 0,79 \cdot \left(\frac{0,5}{2} + \frac{0,006}{2} \right)^2 \right] = 1,23 \cdot 10^{-3} \text{ м}^4.$$

Осевые моменты сопротивления опорного сечения:

$$W_{\text{оп.}x} = \frac{2 \cdot J_{\text{оп.}x}}{h_{\text{оп}} + 2\delta} = \frac{2 \cdot 2,41 \cdot 10^{-3}}{0,79 + 2 \cdot 0,01} = 5,95 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3;$$

$$W_{\text{оп.}y} = \frac{2 \cdot J_{\text{оп.}y}}{B} = \frac{2 \cdot 1,23 \cdot 10^{-3}}{0,6} = 4,1 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3.$$

Площадь опорного сечения главной балки равна:

$$F_{\text{оп}} = 2 \cdot (h_{\text{ст}} \cdot \delta_{\text{ст}} + B \cdot \delta) = 2 \cdot (0,79 \cdot 0,006 + 0,6 \cdot 0,01) = 0,021 \text{ м}^2.$$

Геометрические характеристики сечения концевой балки в середине пролета.

					ВКР 44.03.04.112 ПЗ	Лист
						51
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

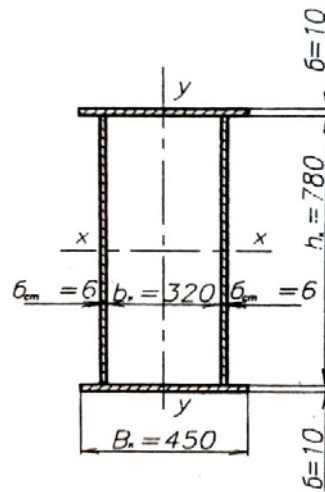


Рисунок 4.3 – Сечение концевой балки в середине пролета

Осевые моменты инерции сечения концевой балки равны:

$$J_{\text{оп.х}} = 2 \cdot \left[\frac{\delta_{\text{ст}} \cdot h_{\text{к}}^3}{12} + \delta \cdot B_{\text{к}} \cdot \left(\frac{h_{\text{к}}}{2} + \frac{\delta}{2} \right)^2 \right];$$

$$J_{\text{оп.х}} = 2 \cdot \left[\frac{0,006 \cdot 0,78^3}{12} + 0,01 \cdot 0,45 \cdot \left(\frac{0,78}{2} + \frac{0,01}{2} \right)^2 \right] = 1,88 \cdot 10^{-3} \text{ м}^4;$$

$$J_{\text{оп.у}} = 2 \cdot \left[\frac{\delta \cdot B_{\text{к}}^3}{12} + b_{\text{ст}} \cdot h_{\text{к}} \cdot \left(\frac{b_{\text{к}}}{2} + \frac{\delta_{\text{ст}}}{2} \right)^2 \right];$$

$$J_{\text{оп.у}} = 2 \cdot \left[\frac{0,01 \cdot 0,45^3}{12} + 0,006 \cdot 0,78 \cdot \left(\frac{0,32}{2} + \frac{0,006}{2} \right)^2 \right] = 0,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^4.$$

Осевые моменты сопротивления сечения:

$$W_{2,x} = \frac{2 \cdot J_{\text{оп.х}}}{h_{\text{к}} + 2\delta} = \frac{2 \cdot 1,88 \cdot 10^{-3}}{0,78 + 2 \cdot 0,01} = 4,7 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3;$$

$$W_{2,y} = \frac{2 \cdot J_{\text{оп.у}}}{B_{\text{к}}} = \frac{2 \cdot 0,4 \cdot 10^{-3}}{0,45} = 1,8 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3.$$

Площадь сечения балки:

$$F_{\text{оп}} = 2 \cdot (h_{\text{к}} \cdot \delta_{\text{ст}} + B_{\text{к}} \cdot \delta) = 2 \cdot (0,78 \cdot 0,006 + 0,45 \cdot 0,01) = 0,018 \text{ м}^2.$$

Исходные данные для расчета.

- вес одной пролетной балки, включая вес настила со стороны механизма передвижения: $G_{\text{п.б}} = 132,4 \text{ кН}$;
- вес кабины и крановщика: $G_{\text{к}} = 13 \text{ кН}$;
- вес одного механизма передвижения: $G_{\text{пр}} = 6,57 \text{ кН}$;
- вес панелей электрооборудования (ящиков сопротивлений): $G_{\text{ящ}} = 5 \text{ кН}$;

					ВКР 44.03.04.112 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

- давление ходовых колес порожней тележки: $P_{1T} = 11,02 \text{ кН}$, $P_{2T} = 16,26 \text{ кН}$,
 $P'_{1T} = 10,72 \text{ кН}$, $P'_{2T} = 15,96 \text{ кН}$.

- нагрузки от веса номинального груза: $P_{1G} = 54,4 \text{ кН}$, $P_{2G} = 46,2 \text{ кН}$,
 $P'_{1G} = 54,4 \text{ кН}$, $P'_{2G} = 46,2 \text{ кН}$.

Проверку производим для балки с механизмом передвижения крана, так как на нее действует большой крутящий момент от площадки с настилом и приводом, а также вес кабины и электрооборудования. На указанной балке работают колеса грузовой тележки под номерами 1' и 2'.

4.2 Определение расчетных нагрузок для главной балки

Постоянная распределенная нагрузка от собственного веса пролетной балки;

$$q = \frac{k_q \cdot G_{п.б}}{L}, \quad (4.1)$$

где $k_q = 1,1$ – коэффициент перегрузок;

L – пролет крана, м;

$$q = 1,1 \cdot \frac{132,4 \cdot 10^3}{28} = 5201 \text{ Н/м};$$

Сосредоточенные нагрузки:

$$P_1 = k_G \cdot G_{пр};$$

$$P_2 = k_G \cdot G_{к}; \quad (4.2)$$

$$P_3 = k_G \cdot G_{ящ},$$

где P_1 , P_2 , P_3 – сосредоточенные нагрузки от веса привода, кабины и электрооборудования соответственно;

$k_G = 1,2$ – коэффициент перегрузок.

$$P_1 = 1,2 \cdot 6570 = 7884 \text{ Н};$$

$$P_2 = 1,2 \cdot 13000 = 15600 \text{ Н};$$

$$P_3 = 1,2 \cdot 5000 = 6000 \text{ Н}.$$

Давление ходовых колес тележки в груженом состоянии с учетом динамических нагрузок при работе механизма подъема:

					ВКР 44.03.04.112 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		53

$$\begin{aligned}
D_1 &= k_T \cdot P_{1T} \cdot k_q \cdot \psi_Q \cdot P_{1G}; \\
D'_1 &= k_T \cdot P'_{1T} \cdot k_q \cdot \psi_Q \cdot P_{1G}; \\
D_2 &= k_T \cdot P_{1T} \cdot k_q \cdot \psi_Q \cdot P_{2G}; \\
D'_2 &= k_T \cdot P'_{2T} \cdot k_q \cdot \psi_Q \cdot P_{2G},
\end{aligned}
\tag{4.3}$$

где k_T, k_q – коэффициенты перегрузок для веса тележки и для номинального груза соответственно; $k_T=1,1$. В соответствии с ГОСТ 24.090.72-83 (таблица 6.15 – [9]) принимаем $k_q = 1,4$.

ψ_Q – коэффициент динамичности, определяемый по графикам (рисунок 6.2 – [9]) в зависимости от соотношений веса груза G_Q , массы груза m_Q , приведенных к грузу пусковой силы двигателя $P_{дв}$ и массы привода m_1 .

$$P_{дв} = \frac{2T_{ст.п} \cdot U \cdot \eta}{D_б}, \tag{4.4}$$

где $T_{ст.п}$ – статический момент на валу двигателя, возникающий при подъеме номинального груза; $T_{ст.п} = 1781 \text{ Н} \cdot \text{м}$;

U – общее передаточное отношение механизма; $U = 63$;

$\eta = 0,93$ – к.п.д. механизма;

$D_б$ – диаметр барабана, м; $D_б = 0,518 \text{ м}$.

$$P_{дв} = \frac{2 \cdot 1781 \cdot 63 \cdot 0,93}{0,518} = 403 \text{ кН}.$$

Приведенная к грузу масса вращающихся частей привода механизма подъема:

$$m_1 = \frac{4 \cdot J \cdot U^2 \cdot \eta}{D_б^2}, \tag{4.5}$$

где J – момент инерции вращающихся масс, приведенный к валу двигателя, $\text{кг} \cdot \text{м}^2$; $J = 27,3 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$;

$$m_1 = \frac{4 \cdot 27,3 \cdot 0,63^2 \cdot 0,93}{0,518^2} = 1502,2 \text{ кг}.$$

Найдем соотношения, необходимые для определения коэффициента динамичности:

$$\frac{G_Q}{P_{дв}} = \frac{9,81 \cdot (20 + 0,53)}{403} = 0,5;$$

$$\frac{m_Q}{m_1} = \frac{20,53}{1502,2} = 0,014.$$

По графикам (рисунок 6.2 [9]) находим $\psi_Q = 1,01$. Тогда давления колес тележки будут равны:

$$D_1 = 1,1 \cdot 11,02 \cdot 10^3 + 1,4 \cdot 1,01 \cdot 54,4 \cdot 10^3 = 89200 \text{Н};$$

$$D_2 = 1,1 \cdot 16,26 \cdot 10^3 + 1,4 \cdot 1,01 \cdot 46,2 \cdot 10^3 = 83200 \text{Н};$$

$$D_R = D_1 + D_2 = 89200 + 83200 = 172400 \text{Н};$$

$$D'_1 = 1,1 \cdot 10,72 \cdot 10^3 + 1,4 \cdot 1,01 \cdot 54,5 \cdot 10^3 = 88900 \text{Н};$$

$$D'_2 = 1,1 \cdot 15,96 \cdot 10^3 + 1,4 \cdot 1,01 \cdot 46,2 \cdot 10^3 = 82900 \text{Н};$$

$$D'_R = D'_1 + D'_2 = 88900 + 82900 = 171800 \text{Н}.$$

Горизонтальные инерционные нагрузки при движении крана.

Горизонтальные инерционные нагрузки зависят от ускорений (замедлений) при разгоне или торможении крана и определяются по формуле:

$$P_{Г.ин} = \frac{a}{g} \cdot P, \quad (4.6)$$

где $P_{Г.ин}$, P – соответственно горизонтальная инерционная и вертикальная нагрузки;

$a = 0,1 \text{ м/с}^2$ – ускорение, возникающее в период неустановившейся работы механизма передвижения крана;

$g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – ускорение свободного падения.

По формуле (4.6) определим все горизонтальные инерционные нагрузки:

- от собственного веса балки:

$$Q_{Г} = \frac{0,1}{9,81} \cdot 5201 = 53 \text{ Н/м};$$

- от сосредоточенных нагрузок:

$$P_{1Г} = \frac{0,1}{9,81} \cdot 7884 = 80,4 \text{ Н};$$

$$P_{2Г} = \frac{0,1}{9,81} \cdot 15600 = 159 \text{ Н};$$

$$P_{3Г} = \frac{0,1}{9,81} \cdot 6000 = 61,2 \text{ Н}.$$

- от колес грузовой тележки:

$$D_{1Г} = \frac{0,1}{9,81} \cdot 89200 = 909,3Н;$$

$$D_{2Г} = \frac{0,1}{9,81} \cdot 83200 = 848,1Н;$$

$$D_{RГ} = \frac{0,1}{9,81} \cdot 172400 = 1757,4Н;$$

$$D'_{1Г} = \frac{0,1}{9,81} \cdot 88900 = 906,2Н;$$

$$D'_{2Г} = \frac{0,1}{9,81} \cdot 82900 = 845,1Н;$$

$$D'_{RГ} = \frac{0,1}{9,81} \cdot 171800 = 1751,3Н.$$

4.3 Проверка прочности главной балки в средней части пролета

Расчетная схема приложений вертикальных усилий показана на рисунке 4.4, где q – распределенная нагрузка от собственного веса пролетной балки; P_1, P_2, P_3 – сосредоточенные нагрузки от веса привода, кабины и электрооборудования соответственно; D'_1, D'_2 – давления колес тележки на балку; D'_R – равнодействующая давлений колес тележки.

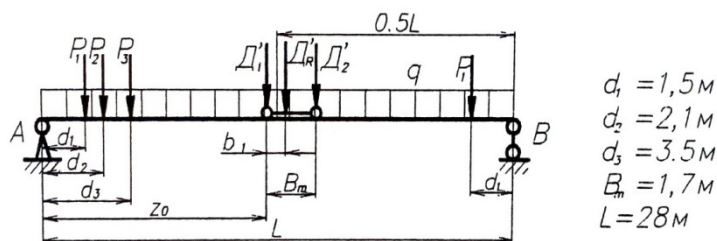


Рисунок 4.4 – Расчетная схема приложения вертикальных усилий

Наибольший изгибающий момент от подвижной нагрузки действует в сечении под колесом с давлением D'_1 , расположенном от опоры на расстоянии z_0 .

$$z_0 = 0,5 \cdot (L - b_1), \quad (4.7)$$

где $b_1 = B_m \cdot \frac{D'_1}{D'_R} = 1,7 \cdot \frac{88900}{171800} = 0,88 м.$

$$z_0 = 0,5 \cdot (28 - 0,88) = 13,56 \text{ м.}$$

Для этого сечения суммарный изгибающий момент равен:

$$M_1 = \frac{q \cdot L^2}{8} + D'_R \cdot \frac{(L-b_1)^2}{4 \cdot L} + P_1 \cdot d_1 + P_2 \cdot d_2 \cdot \frac{L-b_1}{2 \cdot L} + P_3 \cdot d_3 + \frac{L-b_1}{2 \cdot L}, \quad (4.8)$$

$$M_1 = \frac{5201 \cdot 28^2}{8} + 171800 \cdot \frac{(28-0,88)^2}{4 \cdot 28} + 7884 \cdot 1,5 + 15600 \cdot 2,1 \cdot \frac{28-0,88}{2 \cdot 28} + 6000 \cdot 3,5 + \frac{28-0,88}{2 \cdot 28} = 1675755 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Схема приложения горизонтальных нагрузок приведена на рисунке 4.5. Влиянием горизонтальных нагрузок от инерции масс приводов механизма передвижения, кабины и аппаратуры можно пренебречь.

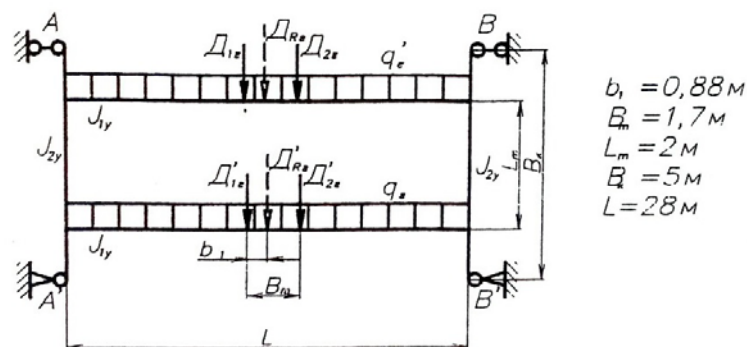


Рисунок 4.5 – Расчетная схема приложения горизонтальных усилий

Суммарный горизонтальный изгибающий момент в расчетном сечении определяем по формуле:

$$M_{II} = \frac{q \cdot L^2}{8} \cdot \frac{1+S}{3+S} + \frac{D'_{RS} \cdot L}{8} \cdot \frac{3+2S}{3+S}, \quad (4.9)$$

а в узле соединения пролетной и концевой балок со стороны колеса с давлением D'_{1S} - по выражению:

$$M_{y\Gamma} = \frac{q \cdot L^2}{4(3+S)} + \frac{D'_{RS}}{8} \cdot \frac{L^2 - 4b_1^2}{L^2} \cdot \frac{(2+S) \cdot (3L+2b_1) - (3L-2b_1)}{(1+S)(3+S)}, \quad (4.10)$$

$$\text{где } S = \frac{B_k}{L} \cdot \frac{J_{1y}}{J_{2y}} \cdot \left[1 - 3 \frac{L_m}{B_k} \left(1 - \frac{L_m}{B_k} \right) \right], \quad (4.11)$$

Здесь J_{1y}, J_{2y} – моменты инерции соответственно пролетной и концевой балок относительно вертикальных осей.

$$S = \frac{5}{28} \cdot \frac{1,51 \cdot 10^{-3}}{0,4 \cdot 10^{-3}} \cdot \left[1 - 3 \frac{2}{5} \left(1 - \frac{2}{5} \right) \right] = 0,189;$$

$$M_{1Г} = \frac{53 \cdot 28^2}{8} \cdot \frac{1+0,189}{3+0,189} + \frac{1751,3 \cdot 28}{8} \cdot \frac{3+2 \cdot 0,189}{3+0,189} = 8429 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_{yГ} = \frac{53 \cdot 28^2}{4(3+0,189)} + \frac{1751,3}{8} \cdot \frac{28^2 - 4 \cdot 0,88^2}{28^2} \cdot \frac{(2+0,189) \cdot (3 \cdot 28 + 2 \cdot 0,88) - (3 \cdot 28 - 2 \cdot 0,88)}{(1+28)(3+28)} =$$

$$= 9324 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Прочность балки в середине пролета проверяем по выражению:

$$\sigma = \frac{M_1}{W_x} + \frac{M_{1Г}}{W_y} \leq m_0 R, \quad (4.12)$$

где M_1 , $M_{1Г}$ – соответственно изгибающие моменты в вертикальной и горизонтальной плоскостях;

W_x , W_y – соответственно моменты сопротивлений балки в вертикальной и горизонтальной плоскостях;

$R = 210 \text{ МПа}$ – расчетное сопротивление материала (В Ст 3сп). Выбрано по таблице 6.7 – [9].

m_0 – коэффициент неполноты расчета.

$$m_0 = m_1 \cdot m_2 \cdot m_3, \quad (4.13)$$

где m_1 – коэффициент, учитывающий ответственность рассчитываемого элемента;

m_2 – коэффициент, учитывающий отклонения в геометрических размерах конструкции, влияние коррозии и т.п.;

m_3 – коэффициент, учитывающий несовершенства расчета, связанные с неточностями расчетных схем, неполнотой методов расчета и т.п.

По таблице 6.2 – 6.6 [9] выбираем рекомендуемые ВНИИПТМАШем значения коэффициентов m_1 , m_2 , m_3 : $m_1 = 0,9$; $m_2 = 1$; $m_3 = 0,85$.

$$R \cdot m_0 = 210 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 0,85 = 161 \text{ МПа};$$

$$\sigma = \frac{1675755}{13,45 \cdot 10^{-3}} + \frac{8429}{5,03 \cdot 10^{-3}} = 126 \text{ МПа}.$$

$\sigma = 126 < R \cdot m_0 = 161 \text{ МПа}$, следовательно, прочность средней часть балки обеспечена.

					ВКР 44.03.04.112 ПЗ	Лист
						58
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

4.4 Проверка опорного сечения пролетной балки

Расчетные схемы приложения нагрузок представлены на рисунках 4.6-4.8.

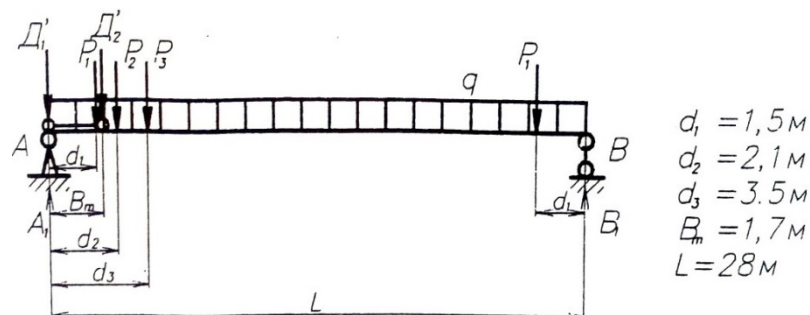


Рисунок 4.6 – Расчетная схема приложения вертикальных нагрузок, когда тележка находится у опоры А

Реакции опор равны:

$$A_1 = \frac{P_1 \cdot d_1 + P_3(L - d_3) + P_2(L - d_2) + P_1(L - d_1) + D'_1 \cdot L + D'_2 \cdot (L - B_T) + \frac{qL^2}{2}}{L};$$

$$A_1 = \frac{7884 \cdot 1,5 + 6000(28 - 3,5) + 15600(28 - 2,1) + 7884(28 - 1,5) + 88900 \cdot 28 + 82900(28 - 1,7) + \frac{5201 \cdot 28^2}{2}}{28} =$$

$$= 267145 \text{ Н};$$

$$B_1 = \frac{D'_2 \cdot B_T + P_1 \cdot d_1 + P_2 \cdot d_2 + P_3 \cdot d_3 + \frac{qL^2}{2} + P_1(L - d_1)}{L};$$

$$B_1 = \frac{82900 \cdot 1,7 + 7884 \cdot 1,5 + 15600 \cdot 2,1 + 6000 \cdot 3,5 + \frac{5201 \cdot 28^2}{2} + 7884(28 - 1,5)}{28} =$$

87652 Н.

Рассчитываем реакции опор при положении тележки у опоры В.

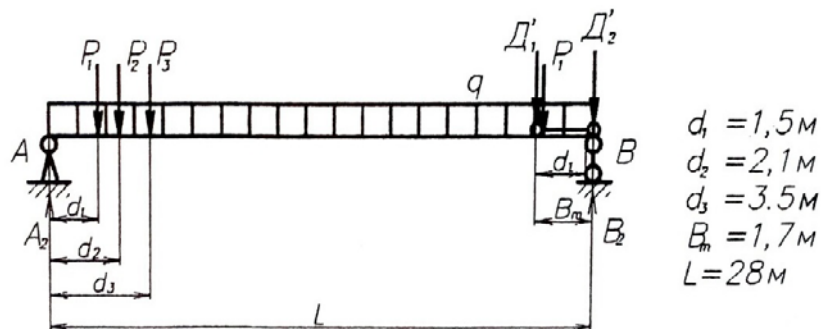


Рисунок 4.7 – Расчетная схема приложения вертикальных нагрузок,

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

когда тележка находится у опоры В

$$A_2 = \frac{D'_1 \cdot B_T + P_1 \cdot d_1 + P_2(L - d_2) + P_3(L - d_3) + \frac{qL^2}{2} + P_1(L - d_1)}{L};$$

$$A_2 = \frac{88900 \cdot 1,7 + 7884 \cdot 1,5 + 15600(28 - 2,1) + 6000(28 - 3,5) + \frac{5201 \cdot 28^2}{2} + 7884(28 - 1,5)}{28} =$$

$$= 105776 \text{ Н};$$

$$B_2 = \frac{D'_1 \cdot (L - B_T) + D'_2 \cdot L + P_1 \cdot d_1 + P_2 \cdot d_2 + P_3 \cdot d_3 + \frac{qL^2}{2} + P_1(L - d_1)}{L};$$

$$B_2 = \frac{88900(28 - 1,7) + 82900 \cdot 28 + 7884 \cdot 1,5 + 15600 \cdot 2,1 + 6000 \cdot 3,5 + \frac{5201 \cdot 28^2}{2} + 7884(28 - 1,5)}{28} =$$

$$= 249021 \text{ Н}.$$

Более опасным будет случай, при котором тележка находится у опоры А.

Наибольший вертикальный изгибающий момент в опорном сечении будет равен:

$$M_2 = A_1 \cdot l, \quad (4.14)$$

где A_1 – реакция опоры А, когда тележка находится у этой опоры;

$l = 0,165$ – расстояние от оси рельса до опорного сечения балки.

$$M_1 = 267145 \cdot 0,165 = 86822 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

По схеме приложения нагрузок (рис. 3.8) определяем горизонтальные изгибающие моменты в узлах сопряжения балок.

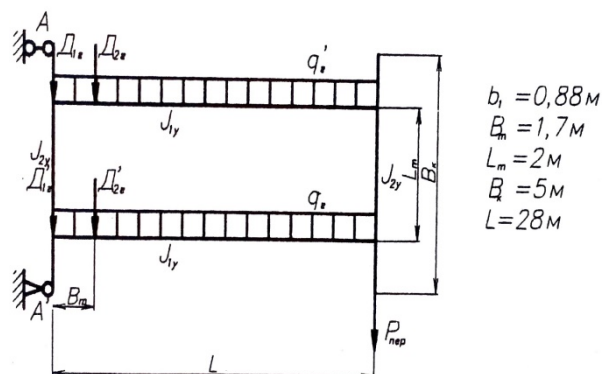


Рисунок 4.8 – Расчетная схема приложения горизонтальных нагрузок, когда тележка находится у опоры В

Горизонтальный изгибающий момент для пролетной балки в узле ее со-
пряжения с концевой балкой А А' равен:

$$M_{АГ} = \frac{q_{Г} \cdot L}{2} (L - L_{Т} \cdot K_{q}) + \frac{D'_{2Г}}{2} (2B_{Т} - L_{Т} \cdot K_{д}) + \frac{P_{пер}}{2} L_{Т} \cdot K_{p}; \quad (4.15)$$

у концевой балки ВВ' этот момент равен:

$$M_{ВГ} = \frac{q_{Г} \cdot L}{2} L_{Т} \cdot K_{q} + \frac{D'_{2Г}}{2} L_{Т} \cdot K_{q} + \frac{P_{пер}}{2} L_{Т} \cdot K_{p}, \quad (4.16)$$

где $K_{q} = \frac{1}{2(S_1+3)} \cdot \frac{L}{L_{Т}} \left(2 + \frac{L_{Т}}{B_{к}} \cdot S_1 \right);$

$$K_{д} = \frac{1}{S_1+3} \cdot \frac{L}{L_{Т}} \left(3 \cdot \frac{B_{Т}}{L} + \frac{L_{Т}}{B_{к}} \cdot S_1 \right); \quad (4.17)$$

$$K_{p} = \frac{1}{S_1+3} \cdot \frac{L}{L_{Т}} \left(3 + \frac{L_{Т}}{B_{к}} \cdot S_1 \right);$$

$$S_1 = \frac{L_{Т}}{L} \cdot \frac{J_{1y}}{J_{2y}}.$$

Здесь L – пролет крана;

L_Т – колея тележки;

B_Т – база тележки;

B_к – база крана;

J_{1y}, J_{2y} – моменты инерции соответственно пролетной и концевой балок
относительно вертикальных осей;

P_{пер} – расчетная сила перекоса.

$$P_{пер} \leq \mu_{сц} \cdot D_{пр.мин}, \quad (4.18)$$

где $\mu_{сц} = 0,2$ – коэффициент сцепления приводных колес с рельсами при работе
в помещении;

D_{пр.мин} -суммарное давление на приводные колеса менее нагруженной
концевой балки.

$$D_{пр.мин} = B_1 = 87651Н.$$

Тогда сила перекоса будет равна:

$$P_{пер} = 0,2 \cdot 87651 = 17530Н.$$

По формулам (4.17) определим значения, входящие в выражения для го-
ризонтальных изгибающих моментов:

$$K_{q} = \frac{1}{2(0,27+3)} \cdot \frac{28}{2} \left(2 + \frac{2}{5} \cdot 0,27 \right) = 4,51;$$

					ВКР 44.03.04.112 ПЗ	Лист
						61
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$K_d = \frac{1}{0,27+3} \cdot \frac{28}{2} \left(3 \cdot \frac{1,7}{28} + \frac{2}{5} \cdot 0,27 \right) = 1,24;$$

$$K_p = \frac{1}{0,27+3} \cdot \frac{28}{2} \left(3 + \frac{2}{5} \cdot 0,27 \right) = 13,31$$

$$S_1 = \frac{2}{28} \cdot \frac{1,51 \cdot 10^{-3}}{0,4 \cdot 10^{-3}} = 0,27.$$

Тогда горизонтальные изгибающие моменты будут равны:

$$M_{AG} = \frac{53 \cdot 28}{2} (28 - 2 \cdot 4,51) + \frac{845,1}{2} (2 \cdot 1,7 - 2 \cdot 1,24) + \frac{17530}{2} 2 \cdot 13,31 = 247796 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_{BG} = \frac{53 \cdot 28}{2} \cdot 2 \cdot 4,51 + \frac{845,1}{2} \cdot 2 \cdot 1,24 + \frac{17530}{2} 2 \cdot 13,31 = 241065 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Наибольший горизонтальный изгибающий момент в опорном сечении:

$$M_{2Г} = M_{AG} = 247796 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Прочность опорного сечения проверим по формуле (4.12):

$$\sigma = \frac{M_2}{W_{оп.x}} + \frac{M_{2Г}}{W_{оп.y}} \leq m_0 R;$$

$$\sigma = \frac{86822}{5,95 \cdot 10^{-3}} + \frac{247796}{4,1 \cdot 10^{-3}} = 75 \text{ МПа};$$

$$m_0 R = 161 \text{ МПа};$$

$\sigma = 75 \text{ МПа} < m_0 R = 161 \text{ МПа}$, следовательно, прочность опорного сечения обеспечена.

Проверим прочность вертикальных сварных швов в узле сопряжения пролетной и концевой балок:

$$\frac{Q}{2\beta \cdot h_{ш} \cdot l_{ш}} + \frac{T_{кр}}{2b \cdot h_k \cdot \beta \cdot h_{ш}} \leq m_0 R_{у.ср}^{св}, \quad (4.19)$$

где Q , $T_{кр}$ – максимальное значение поперечной силы и скручивающего момента для рассматриваемой комбинации нагрузок; $Q = A_1 = 267145 \text{ Н}$;

β – коэффициент выполнения шва; для ручной сварки, $\beta = 0,7$;

$h_{ш}$ – толщина углового шва; $h_{ш} = 5 \text{ мм}$;

$l_{ш}$ – расчетная длина шва; $l_{ш} = 1 - 2h_{ш} = 780 - 2 \cdot 5 = 770 \text{ мм}$;

b , h_k – соответственно ширина пролетной балки и высота концевой; $b = 5000 \text{ мм}$, $h_k = 780 \text{ мм}$;

$R_{у.ср}^{св}$ – расчетное сопротивление для углового шва; по таблице 6.8 – [9]

выбираем $R_{у.ср}^{св} = 150 \text{ МПа}$.

					ВКР 44.03.04.112 ПЗ	Лист
						62
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Скручивающий момент для опорного сечения пролетной балки определяем по выражению:

$$T_{кр} = \sum \frac{q_{ir} \cdot L}{2} \cdot e_i + \sum \left(1 - \frac{z_i}{L}\right) \cdot P_i \cdot e_i + T_{тр}, \quad (4.20)$$

где q_{ir} – распределенные нагрузки;

P_i – сосредоточенные нагрузки;

L – пролет балки;

z_i – расстояние от рассматриваемого опорного сечения до i -й сосредоточенной эксцентричной нагрузки;

e_i – эксцентриситеты нагрузок относительно центра изгиба;

$T_{тр}$ – реактивный момент привода, передаваемый на балку; $T_{тр} = T_{п.ср} = 128 \text{ Н} \cdot \text{м}$.

На рисунке 4.9 приведена схема приложения эксцентричных нагрузок, где $G_{п.б.}$ – вес пролетной балки; D'_R – равнодействующая давлений колес тележки; G_H – вес настила; $G_{пр}$ – вес приводного узла механизма передвижения крана; G_K – вес кабины управления; $D'_{RГ}, G_{п.б.}^Г, G_H^Г, G_{пр}^Г, G_K^Г$ – горизонтальные инерционные нагрузки; e_i – эксцентриситеты приложения нагрузок относительно центра изгиба опорного сечения; $T_{пр}$ – реактивный момент привода.

Определим скручивающий момент в опорном сечении приводной пролетной балки:

$$\begin{aligned} T_{кр1} = & -1751,3 \cdot 0,513 \left(1 - \frac{0,88}{28}\right) + 144,6 \cdot 0,405 \left(1 - \frac{14}{28}\right) + 15000 \cdot 1,05 \cdot \\ & \left(1 - \frac{14}{28}\right) + 7884 \cdot 1,5 \left(1 - \frac{1,5}{28}\right) + 7884 \cdot 1,5 \cdot \left(1 - \frac{28-1,5}{28}\right) + 15600 \cdot 1,5 \left(1 - \right. \\ & \left. - \frac{2,1}{28}\right) + 80 \cdot 0,1 \left(1 - \frac{1,5}{28}\right) + 80 \cdot 0,1 \left(1 - \frac{28-1,5}{28}\right) + 153 \cdot 0,5 \left(1 - \frac{14}{28}\right) + 159 \cdot 2,2 \cdot \\ & \left(1 - \frac{2,1}{28}\right) - 128 = 34101 \text{ Н} \cdot \text{м}. \end{aligned}$$

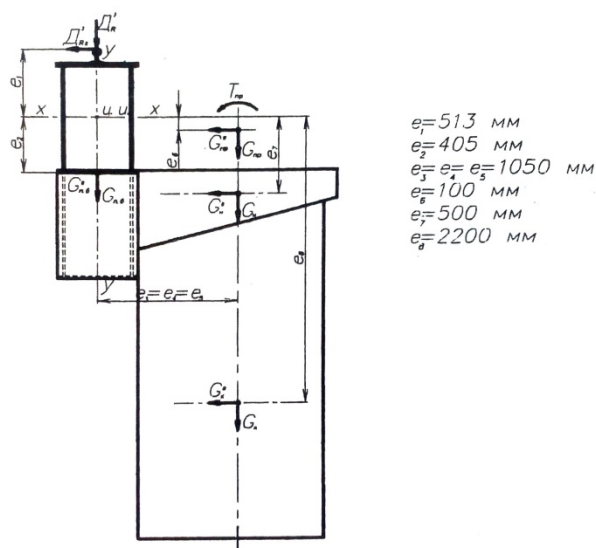


Рисунок 4.9 – Расчетная схема приложения эксцентричных нагрузок

Для приводной пролетной балки:

$$T_{кр2} = -1751,3 \cdot 0,513 \left(1 - \frac{0,88}{28}\right) + 1484,6 \cdot 0,405 \left(1 - \frac{14}{28}\right) - 1500 \cdot 1,3 \cdot \left(1 - \frac{14}{28}\right) + 153 \cdot 0,5 \left(1 - \frac{14}{28}\right) = -10313 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Подставим в выражение (4.19) полученные значения и проверим прочность вертикальных сварных швов:

$$m_0 R_{y,ср}^{CB} = 0,9 \cdot 1 \cdot 0,85 \cdot 150 = 115 \text{ МПа};$$

$$\frac{Q}{2\beta \cdot h_{ш} \cdot l_{ш}} + \frac{T_{кр}}{2b \cdot h_{к} \cdot \beta \cdot h_{ш}} = \frac{267145}{2 \cdot 0,7 \cdot 0,005 \cdot 0,77} + \frac{34101}{2 \cdot 0,5 \cdot 0,78 \cdot 0,7 \cdot 0,005} = 62 \text{ МПа}.$$

Это значение меньше $m_0 R_{y,ср}^{CB} = 115 \text{ МПа}$, следовательно, прочность сварных швов обеспечена.

4.5 Проверка прочности концевых балок

Проверку прочности балки в опасном сечении – в узле сопряжения с пролетной приводной балкой – производим по расчетным схемам, показанным на рисунках 4.8 и 4.10.

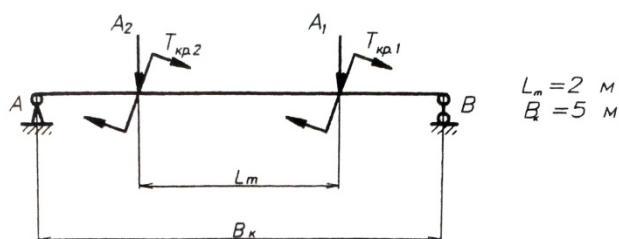


Рисунок 4.10 – Расчетная схема приложения нагрузок к концевой балке

Максимальный изгибающий момент в вертикальной плоскости равен:

$$M_B = A_{\max} \cdot \frac{B_k - L_T}{2} + (T_{кр1} - T_{кр2}) \cdot \frac{B_k - L_T}{B_k}, \quad (4.21)$$

где $A_{\max} = A_1$ – реакция приводной пролетной балки от действия приложенных к ней вертикальных нагрузок;

$T_{кр1}, T_{кр2}$ – изгибающие моменты, соответствующие скручивающим опорные сечения пролетных балок моментам;

L_T, B_k – соответственно колея тележки и база крана.

$$M_B = 267145 \cdot \frac{5-2}{2} + (34101 + 10313) \cdot \frac{5-2}{2} = 427366 \text{ Н}\cdot\text{м},$$

Горизонтальный момент, рассчитанный по формуле (4.15) равен:

$$M_{AG} = 247796 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

Нормальные напряжения от изгиба в двух плоскостях:

$$\sigma = \frac{M_B}{W_{2x}} + \frac{M_G}{W_{2y}} = \frac{427366}{4,7 \cdot 10^{-3}} + \frac{247796}{1,78 \cdot 10^{-3}} = 230 \text{ МПа};$$

Условие проверки прочности сечения:

$$\sigma < m_0 R;$$

$$m_0 R = 0,9 \cdot 210 = 189 \text{ МПа};$$

Условие прочности не выполняется. Требуется усиление концевой балки.

Усилим сечение двумя швеллерами №10 и стальным листом 450×4590 так, как показано на рисунке 4.11.

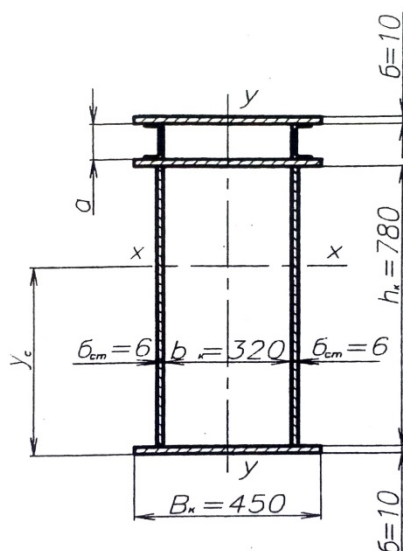


Рисунок 4.11 – Усиленное сечение концевой балки

Геометрические характеристики этого сечения:

- координата центра изгиба:

$$y_c = \frac{S_x}{F} = \frac{B_k \cdot \delta \left(\frac{\delta}{2} + h_k + \delta + \frac{\delta}{2} + h_k + 2\delta + a + \frac{\delta}{2} \right) + 2\delta_{CT} \cdot h_k \left(\delta + \frac{h_k}{2} \right) + 2F_{III} \left(h_k + 2\delta + \frac{a}{2} \right)}{3B_k \cdot \delta + 2 \cdot h_k \cdot \delta_{CT} + 2F_{III}} =$$

$$= \frac{0,45 \cdot 0,01 (2 \cdot 0,78 + 4,5 \cdot 0,01 + 0,1) + 2 \cdot 0,006 \cdot 0,78 \left(0,01 + \frac{0,78}{2} \right) + 2 \cdot 10,9 \cdot 10^{-4} (0,78 + 2 \cdot 0,01 + 0,05)}{3 \cdot 0,45 \cdot 0,01 + 2 \cdot 0,78 \cdot 0,006 + 2 \cdot 10,9 \cdot 10^{-4}} = 0,53 \text{ м};$$

- моменты инерции относительно осей x и y:

$$J_{2x} = 3 \cdot \frac{B_k \cdot \delta^3}{12} + 2 \cdot J_{III} + 2 \cdot \frac{\delta_{CT} \cdot h_k^3}{12} + B_k \cdot \delta \cdot \left[\left(y_c - \frac{\delta}{2} \right)^2 + \left(h_k - y_c + \frac{3\delta}{2} \right)^2 + \left(\frac{5}{2} \delta + h_k + a - y_c \right)^2 \right] + 2h_k \cdot \delta \cdot \left(y_c - \frac{h_k}{2} - \delta \right)^2 + 2F_{III} \left(2\delta + h_k + \frac{a}{2} - y_c \right)^2 ;$$

$$J_{2x} = 3 \cdot \frac{0,45 \cdot 0,01^3}{12} + 2 \cdot 174 \cdot 10^{-8} + 2 \cdot \frac{0,006 \cdot 0,78^3}{12} + 0,45 \cdot 0,01 \left[\left(0,053 - \frac{0,01}{2} \right)^2 + \left(0,78 - 0,53 + \frac{3 \cdot 0,01}{2} \right)^2 + \left(\frac{5}{2} \cdot 0,01 + 0,78 + 0,1 - 0,53 \right)^2 \right] + 2 \cdot 0,78 \cdot 0,006 \cdot \left(0,53 - \frac{0,78}{2} - 0,01 \right)^2 + 2 \cdot 10,9 \cdot 10^{-4} \left(2,01 + 0,78 + \frac{0,1}{2} - 0,53 \right)^2 =$$

$$= 2,85 \cdot 10^{-3} \text{ м}^4;$$

$$J_{2y} = 3 \frac{\delta \cdot B_k}{12} + 2J_{yIII} + 2 \frac{h_k \cdot \delta_{CT}^3}{12} + 2h_k \cdot \delta_{CT} \left(\frac{b_k + \delta_{CT}}{2} \right)^2 + 2F_{III} \left(\frac{b_k}{2} + z_0 \right)^2 ;$$

$$J_{2y} = 3 \frac{0,01 \cdot 0,45^3}{12} + 2 \cdot 20,4 \cdot 10^{-8} + 2 \frac{0,78 \cdot 0,006^3}{12} + 2 \cdot 0,78 \cdot 0,006 \left(\frac{0,32 + 0,006}{2} \right)^2 + 2 \cdot 10,9 \cdot 10^{-4} \left(\frac{0,32}{2} + 14,4 \cdot 10^{-3} \right)^2 = 0,54 \cdot 10^{-3} \text{ м}^4;$$

- осевые моменты сопротивления сечения:

$$W_{2x} = \frac{J_{2x}}{y_c} = \frac{2,85 \cdot 10^{-3}}{0,53} = 5,38 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3;$$

$$W_{2y} = \frac{2 \cdot J_{2y}}{B_k} = \frac{2 \cdot 0,54 \cdot 10^{-3}}{0,45} = 2,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3.$$

Теперь рассчитаем нормальные напряжения от изгиба в двух плоскостях для нового сечения:

$$\sigma = \frac{M_B}{W_{2x}} + \frac{M_T}{W_{2y}} = \frac{427366}{5,38 \cdot 10^{-3}} + \frac{247796}{2,4 \cdot 10^{-3}} = 183 \text{ МПа};$$

$$m_0 R = 189 \text{ МПа};$$

$\sigma < m_0 R$, следовательно прочность концевой балки обеспечена.

4.6 Проверка статической жесткости моста в вертикальной плоскости

Статическую жесткость моста оцениваем по статическому прогибу балок в середине пролета. В соответствии с обозначением на рисунке 4.4 прогиб каждой пролетной балки от действия подвижной нагрузки равен:

$$f = \frac{D_R \cdot l(0,75L^2 - l^2)}{12EJ_{1x}} \leq [f_L] \cdot L, \quad (4.22)$$

где L – пролет крана;

$$l = \frac{L - B_T}{2} = \frac{28 - 1,7}{2} = 13,5 \text{ м};$$

$E = 2,1 \cdot 10^{11}$ Па – модуль упругости для сталей В Ст 3сп5;

J_{1x} – момент инерции пролетной балки при изгибе в вертикальной плоскости;

$[f_L]$ – предельный относительный прогиб; по таблице 6.16 - [9] выбираем

$$[f_L] = \frac{1}{1000}.$$

					ВКР 44.03.04.112 ПЗ	Лист
						67
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Прогиб пролетной балки меньше допустимого прогиба, следовательно, балка имеет необходимую жесткость.

					<i>ВКР 44.03.04.112 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		68

5 ПРОВЕРКА ПРОЧНОСТИ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИИ ТЕЛЕЖКИ

Металлоконструкция тележки состоит из двух продольных балок коробчатого сечения, нескольких поперечных и продольных вертикальных стальных листов и гнутых профилей и настила (верхнего пояса). Наиболее нагруженными являются продольные балки, так как на них расположено наиболее массивное оборудование и через опоры барабана действуют нагрузки от веса груза.

5.1 Геометрические характеристики сечений

Геометрические характеристики сечения продольной балки тележки.

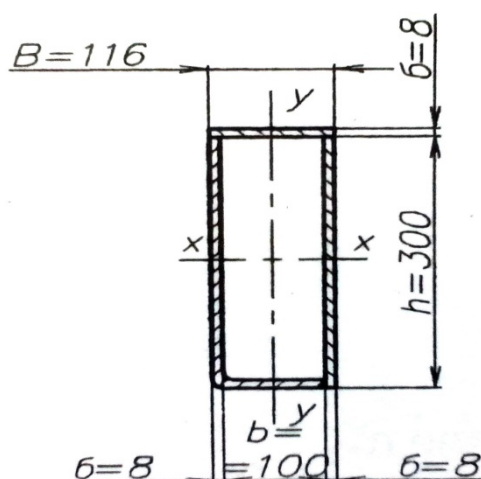


Рисунок 5.1 – Сечение продольной балки тележки

Осевые моменты инерции сечения:

$$J_x = 2 \frac{B \cdot \delta^3}{12} + 2 \frac{\delta \cdot h^3}{12} + 2B\delta \left(\frac{h+\delta}{2} \right)^2 ;$$

$$J_x = 2 \frac{0,116 \cdot 0,008^3}{12} + 2 \frac{0,008 \cdot 0,3^3}{12} + 2 \cdot 0,116 \cdot 0,008 \left(\frac{0,3+0,008}{2} \right)^2 = 78,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4 ;$$

$$J_y = 2 \frac{\delta \cdot B^3}{12} + 2 \frac{h \cdot \delta^3}{12} + 2h\delta \left(\frac{B}{2} \right)^2 ;$$

$$J_y = 2 \frac{0,008 \cdot 0,116^3}{12} + 2 \frac{0,3 \cdot 0,008^3}{12} + 2 \cdot 0,3 \cdot 0,008 \left(\frac{0,116}{2} \right)^2 = 16,95 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4 .$$

Осевые моменты сопротивлений сечения:

					ВКР 44.03.04.112 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		69

$$W_x = \frac{2 \cdot J_x}{h + 2\delta} = \frac{2 \cdot 78,5 \cdot 10^{-6}}{0,3 + 2 \cdot 0,008} = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3;$$

$$W_y = \frac{2 \cdot J_y}{B} = \frac{2 \cdot 16,95 \cdot 10^{-6}}{0,116} = 0,3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3.$$

Геометрические характеристики сечения поперечного профиля тележки.

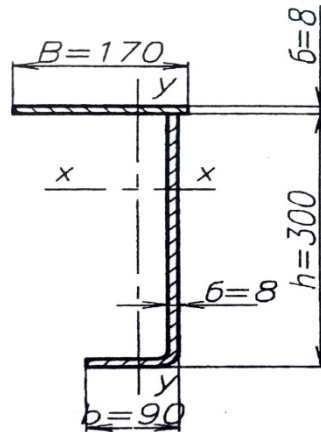


Рисунок 5.2 – Сечение поперечного профиля тележки

Площадь поперечного сечения равна:

$$F = \delta \cdot (h + b) + B \cdot \delta = 0,008(0,3 + 0,09) + 0,008 \cdot 0,17 = 4,48 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2;$$

Координаты центра изгиба сечения:

$$x_c = \frac{S_y}{F} = \frac{B \cdot \delta \cdot \frac{B}{2} + b \cdot \delta \cdot \frac{b}{2} + h \cdot \delta \cdot \frac{\delta}{2}}{F};$$

$$x_c = \frac{0,008 \cdot \frac{0,17^2}{2} + 0,008 \cdot \frac{0,09^2}{2} + 0,33 \cdot \frac{0,008^2}{2}}{4,48 \cdot 10^{-3}} = 0,035 \text{ м};$$

$$y_c = \frac{S_x}{F} = \frac{B \cdot \delta \left(h + \frac{\delta}{2} \right) + b \cdot \delta \cdot \frac{b}{2} + h \cdot \delta \cdot \frac{h}{2}}{F};$$

$$y_c = \frac{0,17 \cdot 0,008(0,3 + 0,004) + 0,09 \cdot \frac{0,008^2}{2} + 0,008 \cdot \frac{0,3^2}{2}}{F} = 0,173 \text{ м};$$

Момент инерции относительно оси x:

$$J_x = \frac{B \cdot \delta^3}{12} + \frac{\delta \cdot h^3}{12} + \frac{b \cdot \delta^3}{12} + b \cdot \delta \left(y_c - \frac{\delta}{2} \right)^2 + h \cdot \delta \left(y_c - \frac{h}{2} \right)^2 + B \cdot \delta \left(h - y_c + \frac{\delta}{2} \right)^2;$$

$$J_x = \frac{0,17 \cdot 0,008^3}{12} + \frac{0,008 \cdot 0,3^3}{12} + \frac{0,09 \cdot 0,008^3}{12} + 0,09 \cdot 0,008 \left(0,173 - \frac{0,008}{2} \right)^2 + 0,3 \cdot 0,008 \left(0,173 - \frac{0,3}{2} \right)^2 + 0,17 \cdot 0,008 \left(0,3 - 0,173 + \frac{0,008}{2} \right)^2 = 63,2 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4;$$

Моменты сопротивления относительно оси x:

					ВКР 44.03.04.112 ПЗ	Лист
						70
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$W_x = \frac{J_x}{\gamma_c} = \frac{63,2 \cdot 10^{-6}}{0,173} = 0,37 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3.$$

Данные для расчета:

- вес рамы: $G_{\text{рам}} = 13,1 \text{ кН};$
- вес механизма передвижения: $G_{\text{пр}} = 2,87 \text{ кН};$
- вес барабана: $G_{\text{б}} = 4,9 \text{ кН};$
- вес редуктора механизма подъема: $G_{\text{р}} = 8,42 \text{ кН};$
- вес двигателя механизма: $G_{\text{дв}} = 10,5 \text{ кН};$
- вес номинального груза, включая вес подвески: $G_{\text{гр}} = 201,4 \text{ кН}.$

Проверку производим для продольной балки с механизмом передвижения тележки, так как на нее действуют нагрузки от механизма передвижения и двигателя механизма подъема. Также проверяем и наиболее слабый поперечный профиль, на который действует нагрузка от верхних блоков.

5.3 Проверка прочности сечения балки

Расчетные нагрузки на балку.

Постоянная распределенная нагрузка от веса рамы тележки:

$$q = \frac{G_{\text{рамы}}}{2 \cdot B_{\text{т}}} = \frac{13,1}{2 \cdot 1,7} = 3,85 \text{ кН/м};$$

Сосредоточенные нагрузки:

$$P_1 = G_{\text{пр}} = 2,87 \text{ кН};$$

$$P_2 = \frac{G_{\text{б}} + G_{\text{гр}}}{2} = \frac{4,9 + 201,4}{2} = 103,15 \text{ кН};$$

$$P_3 = G_{\text{дв}} = 10,5 \text{ кН};$$

$$M_{\text{из}} = \frac{4,9 + 201,4}{2} \cdot 0,32 = 33 \text{ кН} \cdot \text{м},$$

По расчетной схеме (рисунок 5.3) определяем реакции опор.

					ВКР 44.03.04.112 ПЗ	Лист
						71
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

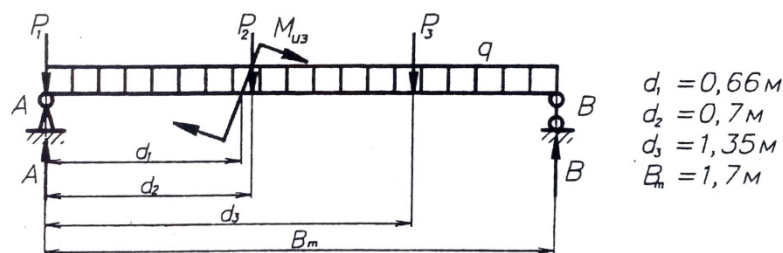


Рисунок 5.3 – Расчетная схема передвижения вертикальных нагрузок

Реакции опор равны:

$$A = \frac{P_1 \cdot B_T + P_2(B_T - d_2) + P_3(B_T - d_3) + \frac{qB_T^2}{2} - M_{из}}{B_T};$$

$$A = \frac{2,87 \cdot 1,7 + 103,15(1,7 - 0,7) + 10,5(1,7 - 1,35) + \frac{3,85 \cdot 1,7^2}{2} - 33}{1,7} = 49,6 \text{ кН};$$

$$B = \frac{P_1 \cdot d_2 + P_3 \cdot d_3 + \frac{qB_T^2}{2} - M_{из}}{B_T};$$

$$B = \frac{103,15 \cdot 0,7 + 10,5 \cdot 1,35 + \frac{3,85 \cdot 1,7^2}{2} + 33}{1,7} = 73,5 \text{ кН}.$$

Наибольший изгибающий момент действует в месте приложения момента

$M_{из}$ и равен:

$$M_{max} = A \cdot d_1 - P_1 \cdot d_1 - q \frac{d_1^2}{2} + M_{из};$$

$$M_{max} = 49,6 \cdot 0,66 - 2,87 \cdot 0,66 - 3,85 \frac{0,66^2}{2} + 33 = 66 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Нормальные напряжения от изгиба будут равны:

$$\sigma = \frac{M_{max}}{W_x} = \frac{66 \cdot 10^3}{0,5 \cdot 10^{-3}} = 132 \text{ МПа};$$

$$m_0 R = 0,9 \cdot 210 = 189 \text{ МПа};$$

Действующие напряжения меньше допустимых, следовательно, условие прочности соблюдается.

5.3 Проверка прочности профиля

Сосредоточенна нагрузка на балку от веса груза через установку верхних блоков равна:

$$P = \frac{201,4}{2} = 100,7 \text{ кН}$$

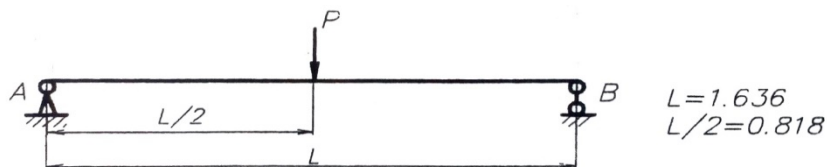


Рисунок 5.4 – Расчетная схема приложения нагрузок к профилю

Изгибающий момент в середине профиля равен:

$$M = \frac{P}{2} + \frac{L}{2} = \frac{100,7}{2} + \frac{1,636}{2} = 41 \text{ кН}\cdot\text{м.}$$

Нормальные напряжения от изгиба равны:

$$\sigma = \frac{M}{W_x} = \frac{41 \cdot 10^3}{0,37 \cdot 10^{-3}} = 110 \text{ МПа};$$

Допускаемые напряжения:

$$m_0 R = 0,9 \cdot 210 = 189 \text{ МПа};$$

$\sigma < m_0 R$, значит, условия прочности выполняются. Однако, расчетная схема была сильно упрощена, вследствие чего, а также из-за некоторых неучтенных нагрузочных факторов, данной прочности может быть недостаточно. Поэтому, для большей надежности, усилим сечение гнутого профиля стальным листом так, чтобы получился замкнутый профиль, как показано на рисунке 5.5.

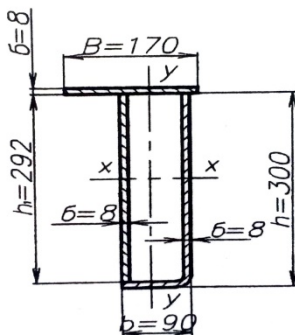


Рисунок 5.5 – Новое сечение поперечного профиля

Тогда геометрические характеристики нового сечения станут:

- координаты центра изгиба:

$$y_{c1} = \frac{S_{x1}}{F_1} = \frac{B \cdot \delta \left(h + \frac{\delta}{2} \right) + b \cdot \delta \cdot \frac{b}{2} + 2h_1 \cdot \delta \cdot \frac{h}{2}}{\delta(2 \cdot h_1 + b + B)};$$

$$y_{c1} = \frac{0,17 \cdot 0,008 \left(0,3 + \frac{0,008}{2} \right) + 0,09 \cdot \frac{0,008^2}{2} + 2 \cdot 0,008 \cdot \frac{0,3^2}{2}}{0,008(2 \cdot 0,292 + 0,09 + 0,17)} = 0,163 \text{ м};$$

- момент инерции относительно оси x:

$$J_{x1} = \frac{B \cdot \delta^3}{12} + 2 \frac{\delta \cdot h_1^3}{12} + \frac{b \cdot \delta^3}{12} + b \cdot \delta \left(y_{c1} - \frac{\delta}{2} \right)^2 + 2h_1 \cdot \delta \left(y_c - \frac{h}{2} \right)^2 + B \cdot \delta \left(h - y_{c1} + \frac{\delta}{2} \right)^2 ;$$

$$J_x = \frac{0,17 \cdot 0,008^3}{12} + 2 \frac{0,008 \cdot 0,292^3}{12} + \frac{0,09 \cdot 0,008^3}{12} + 0,09 \cdot 0,008 \left(0,163 - \frac{0,008}{2} \right)^2 + 2 \cdot 0,292 \cdot 0,008 \left(0,163 - \frac{0,3}{2} \right)^2 + 0,17 \cdot 0,008 \left(0,3 - 0,173 + \frac{0,008}{2} \right)^2 = 79,2 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4;$$

- момент сопротивления относительно оси x:

$$W_{x1} = \frac{J_{x1}}{y_{c1}} = \frac{79,2 \cdot 10^{-6}}{0,163} = 0,49 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3.$$

Нормальные напряжения от изгиба нового сечения равны:

$$\sigma = \frac{M}{W_{x1}} = \frac{41 \cdot 10^3}{0,49 \cdot 10^{-3}} = 83,7 \text{ МПа};$$

Прочность тележки обеспечена.

					ВКР 44.03.04.112 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		74

6 РАЗРАБОТКА ПЛАНА-КОНСПЕКТА УРОКА ТЕОРЕТИЧЕСКОГО ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ

В методической части представлена методика проведения занятия для учащихся среднего профессионального образования (техникум), по теме: механизм подъема мостового крана. Для таких профессий как: машинист крана. В содержании урока раскрывается практическое задание по закреплению теоретических знаний. Выбираем дисциплину из ФГОС СПО 190629.07.

МДК – Устройство, управление и техническое обслуживание крана.

Тема урока: «Методика расчета прочности металлоконструкции тележки».

6.1 Основные сведения об уроке

Цели урока:

1. ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ

Научить:

- рассчитывать геометрические характеристики сечений;
- оценивать прочность сечения балки;
- оценивать прочность профиля.

2. РАЗВИВАЮЩАЯ

Развивать:

- навыки работы с теоретическими исследованиями прочностных свойств основных элементов механизмов кранов.

- целеустремленность при выполнении запланированной работы.

3. ВОСПИТАТЕЛЬНАЯ

Воспитывать:

- осознание необходимости теоретических расчетов;
- познавательный интерес к самостоятельному овладению прочностных расчетов;

					ВКР 44.03.04.112 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		75

- бережное отношение к оборудованию.

Тип урока: комбинированный (получение новых знаний и их закрепление).

Методы и приемы обучения:

- по способу организации познавательной деятельности учащихся - объяснительно-иллюстративный, репродуктивный;

- по источнику знаний - словесные (рассказ, объяснение, беседа); самостоятельная работа с технической литературой; наглядные (демонстрация плакатов).

Учебно-наглядные пособия и ТСО:

- техническая литература

1) Кузьмин А.В., Марон Ф.Л. Справочник по расчетам механизмов подъемно-транспортных машин. Минск: «Высшая школа». 2-е изд., перераб. и доп. 1983. - 350 с.

2) Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3-х т. Т. 1. - 6-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1982. - 736 с., ил.

3) Дунаев П.Ф., Леликов О.П. Детали машин. Курсовое проектирование: Учеб, пособие для машиностроит. спец, техникумов. - 2-е изд., перераб. и доп. - Высш. шк., 1990. - 399 с., ил.

4) Курсовое проектирование деталей машин /С.А. Чернавский, К.Н. Бокков, И.М. Чернин и др. - М.: Машиностроение, 1988. - 416 с.: ил.

Методические указания. Необходимо прививать сознательное усвоение материала по расчету геометрических характеристик сечений, и оценке прочности сечений балки и профиля.

6.2 Ход урока

1. Организационная часть (5 мин.).

1.1 Активизация учащихся.

1.2 Организация рабочих мест.

					ВКР 44.03.04.112 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		76

2. Подготовка к изучению нового материала (15 мин.).

2.1 Актуализация опорных знаний учащихся по теме урока.

2.2 Сообщение темы, цели и плана урока.

2.3 Объяснение необходимости изучения данного материала.

3. Объяснение нового учебного материала (60 мин.).

3.1 Расчет геометрической характеристики сечения продольной балки сечения.

3.2 Расчет геометрической характеристики сечения поперечного профиля тележки.

3.3 Расчет нагрузки на балку.

3.4 Расчет нагрузок на профиль.

4. Закрепление нового материала (10 мин.).

4.1 Объяснить, из чего состоит металлоконструкция тележки.

4.2 Объяснить почему в металлоконструкции тележки продольные балки являются наиболее нагруженными.

5. Самостоятельная работа по закреплению знаний и умений обучающихся (40 мин.) - выполнение практического задания по закреплению знаний.

6. Подведение итогов занятия (30 мин.).

6.1 Сообщение о достижении поставленных целей урока.

6.2 Сообщение учащимся итогов выполнения лабораторных работ.

7. Задание на дом: дать практические рекомендации по устранению недостатков механизма передвижения тележки.

6.3 План хода урока

По теме: «Методика расчета прочности металлоконструкции тележки».

Таблица 6.1 – План хода урока.

Деятельность преподавателя	Время, мин	Наглядные средства, ТСО	Деятельность учащихся
1	2	3	4
1.Организационная часть	5		1. Подготовка к уроку
1.1.Активизация учащихся			
1.2.Организация рабочих			

										Лист
										77
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ВКР 44.03.04.112 ПЗ					

мест			
2. Подготовка к изучению нового материала 2.1. Актуализация опорных знаний учащихся по теме урока 2.2. Сообщение темы, цели и плана урока 2.3. Объяснение необходимости изучения данного материала	15		2. Запись темы, цели и плана урока
3. Объяснение нового учебного материала 3.1. Расчет геометрической характеристики сечения продольной балки 3.2. Расчет геометрической характеристики 3.3. Расчет нагрузки на балку 3.4. Расчет нагрузки на профиль	60	Доска, мел, плакаты	3. Запись нового учебного материала
4. Закрепление нового материала 4.1. Объяснить, из чего состоит металлоконструкция тележки 4.2. Объяснить почему в металлоконструкции тележки продольные балки являются наиболее нагруженными	10		4. Студенты отвечают на вопросы педагога 4.1. Металлоконструкция тележки состоит двух продольных балок коробчатого сечения, нескольких поперечных и продольных вертикальных стальных листов и гнутых профилей и настила (верхнего пояса) 4.2. Наиболее нагруженные являются продольные балки, так как на них расположено наиболее массивное оборудование и через опоры барабана действуют нагрузки от веса груза
5. Самостоятельная работа по закреплению знаний и умений обучающихся 5.1. Выполнение лабораторных работ	40	Техническая литература: Кузьмин А.В., Марон Ф.Л. Справочник по расчетам механизмов подъемно-транспортных машин. 1983. - 350 с. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3-	5. Выполнение пр заданий

		х т. Т. 1 1982. - 736 с., ил. Дунаев П.Ф., Леликов О.П. Детали машин. Курсовое проектирование 5. Выполнение лабораторной работы Детали машин. Курсовое проектирование. 1990. - 399 с., ил.; чертежи муфт механизмов пере	
6. Подведение итогов занятия 6.1. Сообщение о достижении поставленных целей урока 6.2. Сообщение учащимся итогов выполнения лабораторных работ	28		6. Самооценка важности выполненной работы
7. Задание на дом: дать практические рекомендации по устранению недостатков механизма передвижения тележки	2		7. Запись задания

6.4 Конспект урока

по теме: «Методика расчета прочности металлоконструкции тележки».

Содержание урока

1. Расчет геометрических характеристик сечения продольной балки тележки.
2. Расчет геометрических характеристик сечения поперечного профиля тележки.
3. Расчетные нагрузки на балку.
4. Расчет нагрузки на профиль.

1. Геометрические характеристики сечения продольной балки тележки

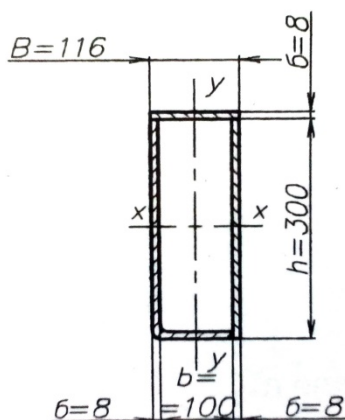


Рисунок 3.1 - Сечение продольной балки тележки

Осевые моменты инерции сечения:

$$J_x = 2 \frac{B \cdot \delta^3}{12} + 2 \frac{\delta \cdot h^3}{12} + 2B\delta \left(\frac{h+\delta}{2} \right)^2;$$

$$J_y = 2 \frac{\delta \cdot B^3}{12} + 2 \frac{h \cdot \delta^3}{12} + 2h\delta \left(\frac{B}{2} \right)^2.$$

Осевые моменты сопротивлений сечения:

$$W_x = \frac{2 \cdot J_x}{h+\delta};$$

$$W_y = \frac{2 \cdot J_y}{B}.$$

2. Геометрические характеристики сечения поперечного профиля тележки

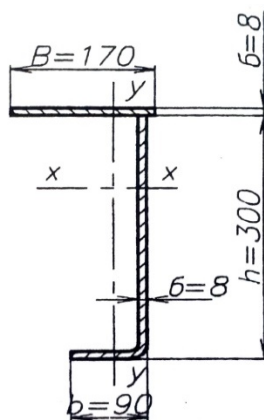


Рисунок 2.1 - Сечение поперечного профиля тележки

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

ВКР 44.03.04.112 ПЗ

Лист

80

Площадь поперечного сечения равна:

$$F = \delta(h + b) + B\delta;$$

Координаты центра изгиба сечения:

$$x_c = \frac{S_y}{F} = \frac{B \cdot \delta \cdot \frac{B}{2} + b \cdot \delta \cdot \frac{b}{2} + h \cdot \delta \cdot \frac{\delta}{2}}{F};$$

$$y_c = \frac{S_x}{F} = \frac{B \cdot \delta \left(h + \frac{\delta}{2}\right) + b \cdot \delta \cdot \frac{b}{2} + h \cdot \delta \cdot \frac{h}{2}}{F}.$$

Момент инерции относительно оси x:

$$J_x = \frac{B \cdot \delta^3}{12} + \frac{\delta \cdot h^3}{12} + \frac{b \cdot \delta^3}{12} + b \cdot \delta \left(y_c - \frac{\delta}{2}\right)^2 + h \cdot \delta \left(y_c - \frac{h}{2}\right)^2 + B \cdot \delta \left(h - y_c + \frac{\delta}{2}\right)^2;$$

Моменты сопротивления относительно оси x:

$$W_x = \frac{J_x}{y_c}.$$

3. Расчетные нагрузки на балку

Постоянная распределенная нагрузка от веса рамы тележки:

$$q = \frac{G_{\text{рамы}}}{2 \cdot B_T}$$

где $G_{\text{рамы}}$ - вес рамы;

B_T - база тележки.

Сосредоточенные нагрузки:

$$P_1 = G_{\text{пр}};$$

$$P_2 = \frac{G_б + G_{\text{гр}}}{2};$$

$$P_3 = G_{\text{дв}};$$

где $G_{\text{пр}}$ - вес механизма передвижения;

$G_б$ - вес барабана;

$G_{\text{гр}}$ - вес номинального груза, включая вес подвески;

$G_{\text{дв}}$ - вес двигателя механизма подъема.

По расчетной схеме (рисунок 3.1) определяем реакции опор.

					ВКР 44.03.04.112 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		881

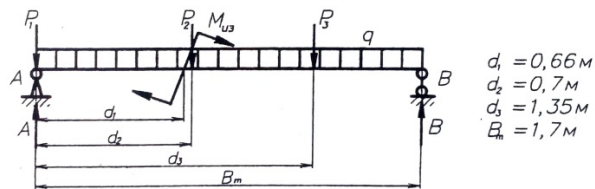


Рисунок 3.1 - Расчетная схема приложения вертикальных нагрузок

Реакции опор равны:

$$A = \frac{P_1 \cdot B_T + P_2(B_T - d_2) + P_3(B_T - d_3) + \frac{qB_T^2}{2} - M_{из}}{B_T};$$

$$B = \frac{P_1 \cdot d_2 + P_3 \cdot d_3 + \frac{qB_T^2}{2} - M_{из}}{B_T}.$$

Наибольший изгибающий момент действует в месте приложения момента $M_{из}$ и равен:

$$M_{max} = A \cdot d_1 - P_1 \cdot d_1 - q \frac{d_1^2}{2} + M_{из}.$$

Нормальные напряжения от изгиба будут равны:

$$\sigma = \frac{M_{max}}{W_x};$$

$$m_0 R;$$

Если действующие напряжения меньше допустимых, следовательно, условие прочности соблюдается.

4. Расчет нагрузки на профиль

Сосредоточенная нагрузка на балку от веса груза через установку верхних блоков равна:

$$P = \frac{G_{гр}}{2}.$$

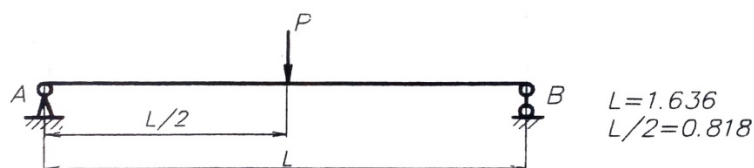


Рисунок 4.1- Расчетная схема приложения нагрузок к профилю

					ВКР 44.03.04.112 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		82

Изгибающий момент в середине профиля равен:

$$M = \frac{P}{2} + \frac{L}{2}.$$

Нормальные напряжения от изгиба равны:

$$\sigma = \frac{M}{W_x};$$

Допускаемые напряжения:

$$m_0 R;$$

Если $\sigma < m_0 R$, значит, условия прочности выполняются.

Контрольные задания для самостоятельной работы студентов

Задание:

1. Рассчитать геометрические характеристики сечения продольной балки тележки.

Данные для расчета приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Варианты заданий для самостоятельной работы обучающихся

Номер варианта	1	2	3	4	5	6	7	8
В, м	116	114	112	110	108	106	104	100
Высота продольной балки h, м	300	280	260	240	220	200	180	160

7 ТЕХНИКА - ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ

Задачей дипломного проекта является модернизация трех мостовых кранов грузоподъемностью 15т с целью увеличения их грузоподъемности до 20т.

Произведем сравнение по экономическим показателям существующих и модернизированных кранов и выясним целесообразность модернизации. За базовый вариант примем краны грузоподъемностью 15т.

7.1 Капитальные вложения

Капитальные вложения в существующий (базовый) вариант:

$$K_6 = 3 \cdot C_{кр},$$

где $C_{кр}$ - цена существующего крана (разработка проекта и изготовление).

$$C_{кр} = 1,183 \text{млн.руб.}$$

$$K_6 = 3 \cdot 1,183 = 3,549 \text{млн.руб.}$$

Капитальные вложения по проектируемому варианту:

$$K_{п} = 3 \cdot C_{кр} + K_{пр} + K_{мод},$$

где $K_{пр} = 15 \text{тыс.руб.}$ – затраты, связанные с модернизацией крана;

$$K_{мод} = C_{м} + C_{пнок} \cdot K_{ТЗ} - C_{с} - \text{затраты связанные с модернизацией крана;}$$

$C_{м}$ - затраты на закупку материалов, разработку технологии сварочных работ, проведение сварочных работ, демонтаж и монтаж оборудования и различные транспортные расходы. ООО «Северский трубный завод» оценил проведение данных работ в 430,4 тыс. руб.

$C_{пнок}$ - цена купленных узлов и агрегатов.

$$C_{цок} = 3 \cdot C_{подв},$$

где $C_{подв} = 5,235 \text{тыс.руб.}$ - цена крюковой подвески.

$$C_{пнок} = 3 \cdot 5,235 = 15,705 \text{тыс.руб.}$$

$K_{ТЗ} = 1,1$ - коэффициент транспортно-заготовительных расходов;

$C_{с}$ - средства, вырученные от продажи старого оборудования;

$$C_{с} = 3 \cdot C_{с.подв},$$

					ВКР 44.03.04.112 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		84

где $C_{с.подв} = 2,1$ тыс.руб. - цена старой крюковой подвески.

$$C_c = 3 \cdot 2,7 = 8,1 \text{ тыс.руб.}$$

Затраты на модернизацию будут равны:

$$K_{\text{мод}} = 430,4 + 15,705 \cdot 1,1 - 8,1 = 439,513 \text{ тыс.руб.}$$

Общие капитальные затраты по проектному варианту:

$$K_{\text{п}} = 3 \cdot 1183 + 5 + 439,575 = 4003,515 \text{ тыс.руб.}$$

7.2 Текущие (эксплуатационные) затраты

Годовые эксплуатационные затраты:

$$C = P_a + P_{\text{э}} + P_p + P_3,$$

где P_a - амортизационные расходы;

$P_{\text{э}}$ - расходы на электроэнергию;

P_3 - расходы на заработную плату;

P_p - затраты на текущий ремонт и содержание оборудования. Амортизационные отчисления для проектируемого варианта:

$$P_{\text{а.п}} = K_{\text{п}} \cdot \frac{N_a}{100},$$

где $N_a = 5\%$ - норма отчислений на мостовые краны;

$$P_{\text{а.п}} = 4003,575 \cdot 0,05 = 200,18 \text{ тыс.руб./год}$$

Амортизация на существующие краны:

$$P_{\text{а.с}} = 3549 \cdot 0,05 = 177,45 \text{ тыс.руб./год}$$

Затраты на текущий ремонт и содержание оборудования обоих вариантов практически одинаковы, поэтому в сравнении их можно не учитывать.

Чтобы определить затраты на электроэнергию и заработную плату крановщикам, нужно посчитать производительность кранов существующего и проектного вариантов.

Годовая производительность кранов:

$$P_{\Gamma} = Z \cdot Q \cdot 6100 \cdot 3,$$

где 6100 - количество часов работы крана за год;

Z - количество циклов работы в час;

					ВКР 44.03.04.112 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		85

Q - масса перемещаемого груза, т.

Производительность существующих кранов:

$$P_{г.с} = 6100 \cdot 12 \cdot 15 \cdot 3 = 32944000 \text{т/год};$$

Производительность проектируемых кранов:

$$P_{г.п} = 6100 \cdot 10 \cdot 20 \cdot 3 = 3660000 \text{т/год}.$$

Различие в производительности:

$$\Delta P_{г} = \frac{3660000 - 3294000}{3660000} \cdot 100\% = 10\%.$$

Средняя заработная плата крановщика составляет З=3,5 тыс. руб./мес. Затраты на зарплату всем крановщикам (9 человек) на 3660000 тыс.руб./год по проектному варианту:

$$P_{з.п} = 9 \cdot 12 \cdot 3,5 = 378 \text{тыс.руб./год};$$

Так как производительность кранов до модернизации на 10% меньше, чем после нее, то затраты на зарплату крановщикам будут на 10% больше:

$$P_{з.с} = 378 \cdot 1,1 = 415,8 \text{тыс.руб./год}.$$

Затраты на электроэнергию на 3660000 т продукции в год по проектному варианту составят:

$$P_{э.п} = 6100 \cdot 0,4 \cdot N_i \cdot 0,8,$$

где 0,4 - продолжительность включения двигателя в час;

0,8 - цена за один кВт·час, руб/кВт·ч.

N - мощность двигателя, кВт.

$$P_{э.п} = 6100 \cdot 0,4 \cdot 0,8 \cdot (60 + 5 + 15) = 156,16 \text{тыс.руб./год}.$$

Затраты на электроэнергию по существующему варианту:

$$P_{э.с} = P_{э.п} \cdot 1,1 = 156,16 \cdot 1,1 = 171,776 \text{тыс.руб./год}.$$

Общие текущие затраты по старому варианту:

$$C_c = 177,45 + 171,776 + 415,8 = 765,026 \text{тыс.руб./год};$$

Текущие затраты по проектному варианту:

$$C_{п} = 200,18 + 156,16 + 378 = 734,34 \text{тыс.руб./год}.$$

7.3 Среднегодовой экономический эффект

Среднегодовой экономический эффект найдем по формуле:

$$\mathcal{E}_r = \left(C_c + \frac{K_c}{T} \right) - \left(C_{\Pi} + \frac{K_{\Pi}}{T} \right),$$

где C_c, C_{Π} - текущие затраты по старому и проектируемому вариантам соответственно;

K_c, K_{Π} - капитальные вложения в существующий и проектный вариант соответственно;

$T=20$ лет - период эксплуатации крана.

$$\mathcal{E}_r = \left(765,026 + \frac{3549}{20} \right) - \left(734,34 + \frac{4003,575}{20} \right) = 7,96 \text{ тыс. руб./год.}$$

Следовательно, по проектируемому варианту экономия в деньгах составляет 7,96 тыс. руб./год.

Сведем все полученные результаты в таблицу:

Таблица 7.1- Показатели эффективности за год

№ п/п	Показатели	Существующий (ба-зовый) вариант	Проектируемый вариант
1	Капитальные (единовременные) вложения, тыс. руб.: • стоимость кранов • проектные работы • модернизация Всего	3549 ---- ---- 3549	3549 15 439,575 4003,575
2	Текущие (эксплуатационные) затраты на годовой объем перерабатываемой продукции, тыс. руб./год: • затраты на электроэнергию • зарплата • амортизация Всего	171,776 415,8 177,45 765,026	156,16 378 200,18 734,34
3	Экономическая эффективность, тыс. руб./год Производительность, т/год	---- 3294000	7,96 3660000

8 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ПРОЕКТА

8.1 Безопасность труда

Безопасность жизнедеятельности - это комплекс мероприятий по обеспечению безопасности жизненной деятельности человека в условиях производства.

Вопросы безопасной жизнедеятельности человека необходимо решать на всех стадиях жизненного цикла, будь то разработка технологических процессов, внедрение в производство или эксплуатация металлорежущих станков.

Обеспечение безопасной жизнедеятельности человека в значительной степени зависит от правильной оценки опасных, вредных производственных факторов. Одинаковые по тяжести изменения в организме человека могут быть вызваны различными причинами. Это могут быть какие-либо факторы производственной среды, чрезмерная физическая и умственная нагрузка, нервно-эмоциональное напряжение, а также разное сочетание этих причин.

При эксплуатации оборудования машиностроительных производств на персонал воздействуют различные факторы. Опасным является такой фактор, воздействие которого на работающего человека в определенных условиях приводит к травме или внезапному резкому ухудшению здоровья и работоспособности. Задача охраны труда свести к минимальной вероятности поражения или заболевания работающего, с одновременным обеспечением комфорта при максимальной производительности труда. Цель охраны труда - сохранение здоровья и обеспечение хорошего самочувствия рабочих в условиях производства.

8.2 Эргономические требования

В литейном цехе № 57 предприятия ООО «Оникс» соблюдаются следующие эргономические требования: размеры рабочего места и размещение его элементов обеспечивают выполнение рабочих операций в удобных рабочих

					ВКР 44.03.04.112 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		88

позах и не затрудняют движения работающего человека согласно ГОСТ 12.2.049-80 [28].

Рабочее место обеспечивает возможность удобного выполнения работ в положении сидя или стоя или в положениях и сидя, и стоя. При выборе положения работающего человека учитываются:

- физическая тяжесть работ;
- размеры рабочей зоны и необходимость передвижения в ней;
- работающий человек в процессе выполнения работ;
- технологические особенности процесса выполнения работ (требуемая точность действий, характер чередования по времени пассивного наблюдения и физических действий, необходимость ведения записей и др.).

Рабочее место при выполнении работ в положении стоя соответствует требованиям ГОСТ 12.2.033-78 [29].

Рабочее место при выполнении работ в положении сидя соответствует требованиям ГОСТ 12.2.032 - 78 [30].

8.3 Санитарно-гигиеническая характеристика

8.3.1 Производственная пыль

Производственная пыль - аэрозоль преимущественно фиброгенного действия. Производственная пыль вызывает пневмокониоз, антракоз, хронический бронхит, бронхиальную астму.

Вредность производственной пыли зависит от массы, физикохимических свойств, растворимости, дисперсности, электроразряженности, плотности.

Меры борьбы с производственной пылью: автоматизированное оборудование с дистанционным управлением, пневмотранспорт, влажное размельчение, транспортировка в гранулированном состоянии, организация местной вытяжной механической вентиляции.

					ВКР 44.03.04.112 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		89

Концентрация вредных веществ в воздухе рабочей зоны не превышает ПДК согласно ГН 2.2.5.1313-03 и ГН 2.2.5.686-98 [31].

Рассчитаем фактическую пылевую нагрузку за год, контрольную пылевую нагрузку за год и допустимый стаж работы в условиях литейного производства. ССК за год составляет 1,5 мг/м³. Категория работ Па (объем легочной вентиляции равен 7 м³). Среднесменная ПДК данной пыли - 2 мг/м³. Среднее количество рабочих смен в год - 248.

Определим фактическую пылевую нагрузку за год:

$$ПН = К \cdot N \cdot T \cdot Q, \quad (8.1)$$

где К - фактическая среднесменная концентрация пыли, мг/м³;

N - количество рабочих смен в календарном году;

T - количество лет контакта с АПФД;

Q - объем легочной вентиляции, м³.

$$ПН = 1,5 \cdot 248 \cdot 1 \cdot 7 = 2604 \text{ мг.}$$

Определим контрольную пылевую нагрузку за год работы:

$$КПН = ПДК_{СС} \cdot N \cdot T \cdot Q, \quad (8.2)$$

где ПДК_{СС} - предельно допустимая среднесменная концентрация пыли, мг/м³;

N - количество рабочих смен в календарном году;

T - количество лет контакта с АПФД;

Q - объем легочной вентиляции, м³.

$$КПН = 2 \cdot 248 \cdot 1 \cdot 7 = 3472 \text{ мг.}$$

Рассчитаем величину превышения КПН:

$$\frac{ПН}{КПН} = \frac{2604}{3472} = 0,75, \text{ т.е. фактическая пылевая нагрузка на 25\% меньше кон-}$$

трольной пылевой нагрузки. Соответственно класс условий труда рабочего - допустимый, 2.

Определим КПН за средний рабочий стаж, который принимаем равным 25 годам по формуле (7.2):

$$КПН_{25} = 2 \cdot 248 \cdot 7 \cdot 25 = 86800.$$

Определяем допустимый стаж работы в данных условиях по формуле:

					ВКР 44.03.04.112 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		90

$$T_{\text{д}} = \frac{K_{\text{ПН}}_{25}}{K \cdot N \cdot Q} = \frac{86800}{1,5 \cdot 248 \cdot 7} = 33,3 \text{ года}$$

Таким образом, в данных условиях труда рабочий может проработать не более 33,3 лет.

8.3.2 Производственный микроклимат

Производственный микроклимат - комплекс физических факторов производственной среды, оказывающих преимущественное влияние на теплообмен организма.

Биологическое действие производственного микроклимата на организм человека:

- прогревание более глубоких слоев кожи;
- образование в тканях биологически активных лучей.

Пути отдачи тепла:

- излучение (~45%);
- конвекция;
- испарения (~25%).

Профилактика перегреваний и переохлаждений: автоматизация, механизация трудоемких ручных операций с дистанционным управлением, теплоизоляция поверхностей оборудования, внедрение рациональных режимов труда и отдыха, организация вводно-питьевого режима.

Производственный микроклимат рабочей зоны цеха соответствует требованиям СанПиН 2.2.4.548-96 [32].

8.3.3 Производственный шум

Шум отрицательно влияет на организм человека, и в первую очередь на его центральную нервную систему и сердечно-сосудистую системы. Длительное воздействие шума снижает остроту слуха и зрения, повышает кровяное давление, утомляет центральную нервную систему, в результате чего ослаб-

					ВКР 44.03.04.112 ПЗ	Лист
						991
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ляется внимание, увеличивается количество ошибок в действиях работающего, снижается производительность труда. Воздействие шума приводит к появлению профессиональных заболеваний и может явиться также причиной несчастного случая. Источниками производственного шума являются машины, оборудование и инструмент.

Нормативным документом, регламентирующим уровни шума для различных категорий рабочих мест, является СН 2.2.4/2.1.8.562-96 [33].

СН 2.2.4/2.1.8.562-96 устанавливают предельно-допустимые уровни постоянного шума на рабочих местах, при которых шум, действуя на работающего в течение восьмичасового рабочего дня, не приносит вреда здоровью.

В разрабатываемом дипломном проекте в пролете работы мостового крана 100 - 25,5 - 18 - бк - УЗ уровень звука не превышает нормативного значения 80 дБА [23, с. 259], и не приводит к снижению работоспособности и предпосылкам профессиональных заболеваний и производственного травматизма.

8.3.4 Вибрация

Источниками виброопасности являются практически все станки и механизированный транспорт.

Длительное воздействие вибрации ведет к развитию профессиональной вибрационной болезни. Допустимые значения параметров вибрации приведены в СН 2.2.472.1.8-566-96 [34]. Регламентируется также продолжительность воздействия локальной и общей вибрации в зависимости от степени превышения ее параметров над нормативными значениями [37, с. 193].

Для снижения воздействия вибрации на рабочих местах применяют различные меры и средства: виброизоляция оборудования, относительно его основания - применение амортизаторов, рессор, резиновых прокладок и т.п., дистанционное управление, исключаящее передачу вибрации на рабочие места.

					ВКР 44.03.04.112 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		92

8.3.5 Освещение производственных помещений

Освещенность нормируется согласно СНиП 23-05-95* [35].

Применяется как естественное, так и искусственное освещение.

Естественное освещение организуется через, разного рода световые проемы в стенах и на крыше здания и характерно для светлого времени суток.

Искусственное освещение применяется для компенсации недостаточности естественного, в основном в темное время суток и по конструктивному исполнению состоит из общего и комбинированного - состоящего из общего освещения помещения и местного освещения рабочих поверхностей в поле зрения.

Нормирование искусственной освещенности производится согласно СНиП 23-05-95* [35] с учетом разряда и подразряда зрительных работ (размеры объекта различения, цвет фона, величина контраста между объектом и фоном), типа освещения (общее или комбинированное) [23, с. 176].

Разряд помещения по зрительным условиям работы III [35].

На предприятии так же применяется и аварийное освещение, которое имеет два назначения: для продолжения работы при внезапном отключении рабочего освещения и для эвакуации людей при аварии.

Наименьшая освещенность при аварийном освещении для эвакуации людей - не менее 0,5 лк. Светильники аварийного освещения присоединяются к независимому источнику питания, а для эвакуации людей и имущества - к сети, не связанной с рабочим освещением.

Проведем расчет естественного освещения литейного цеха № 57 предприятия ООО «Оникс». Освещение боковое; а - ширина цеха, а = 100 м; b - длина цеха, b = 150 м; разряд помещения по зрительным условиям работы III.

Рассчитаем площадь участка:

$$S = a \cdot b = 100 \cdot 150 = 15000 \text{ м}^2. \quad (8.3)$$

По зрительным условиям работы находим отношение площади застекленных проемов к площади участка 1:10.

					ВКР 44.03.04.112 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		93

Находим площадь световых проемов:

$$S_{СП} = \frac{S}{10} = \frac{15000}{10} = 1500\text{м}^2. \quad (8.4)$$

По условиям планировки участка намечаем освещение его естественным светом с помощью пятидесяти оконных проемов размером 5 х 6м.

Проведем расчет искусственного освещения:

Вид светильников - газоразрядные лампы; разряд помещения по зрительным условиям работы - III; норма освещенности рабочих поверхностей при общем освещении $E_h = 100$ лк СП 23-05-95; высота цеха $H = 10$ м; расстояние от потолка до светильника $h_c = 1$ м; высота рабочего места $h_{PM} = 1$ м.

Высота подвеса светильника рассчитывается по формуле:

$$H_C = H - h_C - h_{PM}, \quad (8.5)$$

где H - высота цеха, м;

h_c - расстояние от потолка до светильника, м;

h_{PM} - высота рабочего места, м;

$$H_C = 10 - 1 - 1 = 8 \text{ м.}$$

Принимаем прямоугольное расположение светильников с газоразрядными лампами и определяем расстояние между светильниками (a):

$$a = \sqrt{\frac{S}{H_C}} = \sqrt{\frac{15000}{8}} = 15,3\text{м.} \quad (8.6)$$

Определяем количество светильников (n):

$$n = \frac{S}{a^2} = \frac{15000}{15,3^2} = 64,08\text{шт.} \quad (8.7)$$

Принимаем целое число светильников $n = 64$ шт.

Показатель помещения находим по формуле:

$$p^1 = \frac{S}{H_C \cdot (a+b)} = \frac{15000}{8 \cdot (100+150)} = 7,5. \quad (8.8)$$

Находим коэффициент использования светового потока:

Так как $p^1 = 7,5$, то $q_C = 0.73$ [24, с. 190].

Световой поток одного светильника:

$$F_h = \frac{E_h \cdot S_n \cdot K \cdot Z}{q_C \cdot n}, \quad (8.9)$$

где E_h - норма общего освещения, лк;

					ВКР 44.03.04.112 ПЗ	Лист
						94
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

K - коэффициент запаса светового потока, $K = 1,2$ [25, с. 102];

Z - коэффициент неравномерности освещения, $Z = 1,1 - 1,3$.

q_c - коэффициент использования светового потока [24, с. 190].

$$F_h = \frac{100 \cdot 15000 \cdot 1,2 \cdot 1,2}{0,73 \cdot 64} = 46233 \text{ лм.}$$

По световому потоку выбираем для общего освещения газоразрядные лампы: 700 Вт. $F_\phi = 49000$ лм - фактический световой поток одного светильника при световой отдаче лампы 70 лм/Вт.

При принятых лампах фактическая освещенность рабочих мест светильниками общего освещения составит:

$$E_\phi = \frac{E_h \cdot F_\phi}{F_h} = \frac{100 \cdot 49000}{46233} = 106 \text{ лк.} \quad (8.10)$$

Общий световой поток:

$$F_{\text{общ}} = \frac{E_h \cdot K \cdot S \cdot Z}{q_c} = \frac{100 \cdot 1,2 \cdot 15000 \cdot 1,2}{0,73} = 2958904 \text{ лк.} \quad (8.11)$$

Определяем требуемое количество светильников:

$$n_{\text{св}} = \frac{F_{\text{общ}}}{F_\phi} = \frac{2958904}{49000} = 60 \text{ шт.} \quad (8.12)$$

Для искусственного освещения цеха применяется 60 газоразрядных ламп мощностью 700 Вт каждая.

8.4 Требования техники безопасности

8.4.1 Общие требования

Правовые вопросы безопасности труда обеспечивает Конституция страны, которая гарантирует права граждан на труд, отдых, охрану здоровья, материальное обеспечение в старости, в случае болезни при полной или частичной нетрудоспособности. В 1970 году были приняты «Основы законодательства Российской Федерации о труде», которые пересматривались в 1990 году. Во многих статьях этого документа отражены вопросы создания безопасных условий труда: режимы труда и отдыха при проведении различных работ, гарантии

					ВКР 44.03.04.112 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		95

и компенсации для трудящихся во вредных условиях, особенности использования труда женщин и молодежи, компенсации в связи с несчастными случаями, контроль и надзор за соблюдением законодательства о труде и ряд других. В действующий в настоящее время «Кодекс законов о труде РФ» включены основные требования, направленные на создание здоровых и безопасных условий труда.

8.4.2 Электробезопасность

Поражения электрическим током могут быть получены при различных обстоятельствах: при прикосновении к открытым токоведущим частям или проводам, изоляция которых повреждена; при прикосновении к металлическим частям оборудования, случайно оказавшихся под напряжением; в результате пренебрежительного отношения работающих к средствам защиты и т.д.

Малое напряжение (не более 42 В) применяется при особо затруднительных условиях работы (смотровые ямы, колодцы), для питания переносных осветительных приборов. Для предупреждения электротравматизма регулярно осуществляется контроль изоляции токоведущих частей (в сырых помещениях два раза в год, в сухих - один).

Для обеспечения недоступности токоведущих частей оборудования и электрических сетей в цехе применяют сплошные и сетчатые ограждения. Сплошные конструкции ограждений (кожухи, крышки, шкафы, закрытые панели и т.п.), а также сетчатые конструкции применяют в электроустановках и сетях напряжением как до 1000 В, так и свыше 1000 В.

Блокировку применяют в электроустановках напряжением свыше 250В, в которых часто производят работы на ограждаемых токоведущих частях. С помощью блокировки автоматически снимается напряжение (отключается питание) с токоведущих частей электроустановок при прикосновении к ним, без предварительного отключения питания.

					ВКР 44.03.04.112 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		96

От поражения электрическим током применяется также защитное заземление - преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением. Для заземления оборудования используют естественные заземлители: железобетонные фундаменты, а также расположенные в земле металлические конструкции здания в соответствии с ГОСТ 12.1.030-96 [37].

Основными мероприятиями защиты от статического электричества в цехе являются: заземление металлических частей машин и аппаратов; увлажнение продукта и окружающего воздуха; применение антисептических веществ; ионизация воздуха.

С целью предупреждения работающих людей об опасности поражения электрическим током широко используют плакаты и знаки безопасности.

8.4.3 Пожарная безопасность

Опасными факторами пожара, воздействующими на людей и материальные ценности, являются: открытое пламя; повышенная температура корпусов оборудования и окружающей среды; токсические продукты горения и термического разложения; пониженная концентрация кислорода в воздухе рабочей зоны и их вторичные проявления (осколки, движущиеся части разрушившихся установок, конструкций, токсические вещества и материалы, вышедшие из разрушенных установок, электрический ток, возникший в результате выноса высокого напряжения на токопроводящие части конструкций, аппаратов, агрегатов, опасные факторы взрыва, происходящие вследствие пожара).

Эти факторы приводят к отравлениям, ухудшению работы органов дыхания, к травмам работающих.

В условиях производства пожары возникают из-за несоблюдения правил пожарной безопасности: при эксплуатации различного рода электроустановок, теплогенерирующего оборудования, электронагревательных приборов. Опасность пожаров на производстве связана также с использованием горючих мате-

					ВКР 44.03.04.112 ПЗ	<i>Лист</i>
						97
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

риалов, эксплуатацией большого количества емкостей и аппаратов, в которых находятся пожароопасные продукты под давлением.

Пожарная безопасность объекта в соответствии с ГОСТ 12.1.004-91 “ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования” обеспечивается организационными мероприятиями, системой предотвращения пожара и системой пожарной защиты [26, с. 78].

Производственные помещения в цехе оборудованы запасными выходами для эвакуации работников. Во всех производственных и вспомогательных помещениях вывешены схемы эвакуации людей и ценных предметов в случае пожара. В специальных шкафах, размещены пожарные краны и рукава с насадками для управления струей воды, ящики с песком, пожарные щиты, оборудованные средствами пожаротушения (огнетушители из расчета 1 огнетушитель на 100 м², рабочие орудия - ведро, топор, багор, лом, совковая лопата), передвижные огнетушители.

Телефон службы спасения, а также номера телефонов пожарной охраны вывешены на видных местах. Пожарный инвентарь также размещен на видных местах; имеется свободный и удобный доступ к инвентарю; инвентарь в свою очередь не служит препятствием при эвакуации людей при пожаре.

8.4.4 Правила техники безопасности при подъеме и перемещении груза

Требования к устройству грузоподъемных кранов, их эксплуатации и ремонту регламентированы Правилами устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов Госгортехнадзора, Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. Все эти документы и нормативные акты разработаны с целью обеспечения безопасной работы на грузоподъемных кранах и с электротехническими установками, предусмотреть возможные неполадки и указать способы их устранения.

					ВКР 44.03.04.112 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		98

Чтобы обеспечить исправное состояние принадлежащих предприятию грузоподъемных машин, съемных грузозахватных приспособлений и тары и безопасные условия их работы, руководство предприятия обязано обеспечить:

- наличие производственных инструкций и выполнения их обслуживающим персоналом;
- своевременную остановку и подготовку к техническому освидетельствованию грузоподъемных кранов и вывод их в ремонт в соответствии с графиком;
- выполнение предписаний местных органов Госгортехнадзора и лиц, осуществляющих надзор за кранами на данном предприятии;
- хранение паспортов и технической документации на грузоподъемные краны, съемные грузозахватные приспособления и тару, а также ведение журналов аттестации и периодической проверки знаний персонала.

Перечень всех обязанностей указан в «Типовой инструкции для лиц, ответственных за исправное состояние грузоподъемных кранов».

Обслуживание подъемных электрических кранов с приводом от электродвигателей и транспортировка ими грузов может производиться только лицами, которые имеют на это право на основании выданного им «Свидетельства на право управления краном» и только на тех видах кранов, которые указаны в свидетельстве. Управление такими кранами иными лицами строго воспрещается.

В соответствии с Правилами в каждом цехе или участке работ грузоподъемных кранов приказом администрации предприятия в каждую смену из числа инженерно-технических работников назначается ответственный за безопасное производство работ по перемещению грузов кранами, который в течение своей смены должен находиться в цехе, где работает кран. Предварительно он должен сдать экзамен комиссии под председательством инженера Госгортехнадзора по соответствующим разделам Правил. Последующая его проверка знаний проводится не реже одного раза в три года.

					ВКР 44.03.04.112 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		99

Для правильной организации транспортирования грузов в цехе необходимо определить удобные для разгрузок площадки. Нельзя устанавливать груз в местах прокладки электрических кабелей, коммуникаций цеха, также запрещается загромождать запасные и основные выходы, пожарные щиты и пожарные гидранты.

- подъем на кран и выход на подкрановые пути посторонним лицам строго воспрещается;
- крановщик обязан пользоваться для подъема, спуска и перехода с места на место лестницами и галереями;
- инструменты должны храниться в стальных ящиках, прочно прикрепленных на конструкции крана, и не должны на нем валяться;
- чистку и смазку движущихся частей крана разрешается производить только лишь при остановленном кране, при этом масленки должны содержаться в чистоте;
- перед включением главного рубильника следует осмотреть крановые пути, чтобы удостовериться в отсутствии на них посторонних предметов;
- прежде чем выйти на мост для осмотра и ремонта, необходимо отключить главный рубильник. Настил крана и пол кабины должны быть чистыми;
- крановщик может пустить кран в ход только лишь по сигналу своего стропальщика, либо иных лиц, которым это было поручено. Сигнал «Стоп» он обязан принимать от любого;
- груз, при его перемещении в горизонтальном направлении должен быть предварительно поднят на 0,5 м выше встречающихся на пути предметов;
- захваты должны соответствовать форме и размерам груза. При подъеме груза он предварительно поднимается на высоту 200 - 300 мм для проверки надежности захвата;
- нельзя оставлять груз в подвешенном состоянии;
- во избежание падения с лестниц или галерей крана, вдоль моста крана, на лестницах и балконах устанавливаются перила;

					ВКР 44.03.04.112 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		100

- при подъеме на кран обе руки крановщика должны быть свободными, чтобы держаться ими за поручни;
- категорически запрещается переходить с одного крана на другой при сближении их во время работы, а также выход на подкрановые пути без необходимости;
- перед началом движения крана необходимо подать звуковой сигнал и только после этого включить контроллер на первое положение;
- остекление кабин должно быть выполнено так, чтобы имелась возможность производить очистку стекол как изнутри, так и снаружи;
- устройство и оборудование кабины крановщика должно соответствовать нормам Госсанинспекции министерства здравоохранения России.

8.4.5 Травмоопасность

В Основах законодательства России о труде большое внимание уделяется созданию благоприятных условий для работы, улучшению охраны труда. Закон устанавливает, что ни одно предприятие, цех, участок не могут быть введены в действие, если на них не обеспечены безопасные условия труда. Кодекс законов о труде (КЗОТ) устанавливает ответственность администрации предприятия за травматизм на производстве, порядок надзора и контроля за выполнением правил техники безопасности и производственной санитарии.

В процессе трудовой деятельности человека в производственных условиях не исключены несчастные случаи, при которых в результате внешнего внезапного воздействия на человека (механического, теплового, электрического, химического) происходит повреждение организма или нарушение его нормального функционирования. Повреждения организма могут быть в виде ушибов и ранений, тепловых и химических ожогов, поражений электрическим током, обморожений и т.п.

По силе поражения человека различают микротравмы, когда в результате повреждения организма человек не теряет трудоспособности; травмы с вре-

					ВКР 44.03.04.112 ПЗ	<i>Лист</i>
						101
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

менной нетрудоспособностью; тяжелые травмы, приводящие к частичной или полной потере трудоспособности, т.е. к инвалидности; травмы со смертельным исходом.

Чтобы предупредить несчастные случаи на производстве, необходимо знать причины производственного травматизма и способы их устранения.

Различают технические, организационные и санитарно-гигиенические причины. К техническим причинам относятся:

1. Конструктивные недостатки электрооборудования, механизмов и транспортных устройств;
2. Несовершенство технологического процесса;
3. Несовершенство или отсутствие ограждений, предохранительных устройств и блокировок.

К организационным причинам относятся:

1. Нарушение производственных инструкций и технологического процесса;
2. Неправильная организация труда и рабочих мест;
3. Применение несоответствующего инструмента, приспособлений и оборудования;
4. Отсутствие правильного руководства со стороны технического персонала.

К санитарно-гигиеническим причинам относятся:

- 1.Нарушение окружающей среды в производственном помещении - очень низкая или очень высокая температура, высокая влажность, ветер, сквозняки.
- 2.Несоответствующее искусственное освещение - слишком сильное или недостаточное, например, применение люминесцентных ламп для освещения кранов;
3. Недопустимая загрязненность воздуха пылью, газами или парами;
4. Наличие вредных радиоактивных или электромагнитных излучений;
5. Недопустимый шум или недопустимая вибрация;

6. Нарушение рабочими правил личной гигиены, антисанитарное состояние производственного помещения;

7. Неудовлетворительный медицинский контроль за состоянием здоровья рабочих.

Во всем трубоэлектросварочном цехе, к которому относится и склад штрипса, работают 1528 человек. За 2017 год в цехе произошло 4 несчастных случая, обусловленные нарушением производственных инструкций и технологического процесса. По отношению к общему количеству работающих это со-: $4 / 1528 \cdot 100\% = 0,26\%$, т.е. травмоопасность в цехе низкая.

8.5 Возможные чрезвычайные ситуации

- отключение электроэнергии.

При отключении электроэнергии срабатывают тормоза на механизмах крана, автоматически устраняя неконтролируемое перемещение крана, тележки и механизма подъема груза. Сменный мастер должен проследить за выставлением защитного ограждения, устраняющего свободный проход под висящим на крюке крана грузом.

- подтопление электрических коммуникаций.

В этом случае происходит серьезная авария, так как прекращается подача электроэнергии, ведущая к остановке всех агрегатов в цехе. Необходимо немедленно отключить рубильник электропитания цеха, вызвать аварийную службу, представителей техники безопасности цеха и завода. После ликвидации ЧП, повторное включение рубильника электропитания цеха должно осуществляться с разрешения главного энергетика завода, после соблюдения условий содержания кабелей (просушка, изоляция, укрытие, поднятие).

- нарушение связи.

В этом случае цех лишается связи с заводом. Требуется вызвать службу связи завода для исправления повреждений на линии, соблюдение условий прокладки линий телефонной связи.

					ВКР 44.03.04.112 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		103

- авария крана.

Несет за собой невосполнимые людские жертвы и потери на производстве. Требуется неукоснительное соблюдение предписаний группы надзора кранового бюро отдела главного механика завода, своевременный ремонт и устранение неисправностей на введенном участке подъемно-транспортного оборудования.

8.6 Экологичность проекта

Научно - техническая революция и бурный рост промышленного производства в XX веке способствовали не только росту человека, но и отрицательно сказались на состоянии окружающей среды. Произошло загрязнение атмосферы промышленными выбросами, также загрязнение водоемов отходами промышленных предприятий.

Проблема окружающей среды в настоящее время стала одной из важнейших. Выбросы промышленных предприятий, энергетических систем и транспорта в атмосферу достигли таких размеров, что в крупных промышленных центрах уровни загрязнений существенно превышают допустимые санитарные нормы. В городах промышленные и транспортные шумы, бытовые приборы и так далее, создают сильную звуковую атаку на организм человека.

В современном обществе в области охраны природы стоят следующие задачи: задачи по совершенствованию технологических процессов с целью сокращения выбросов вредных веществ в окружающую среду; задачи по улучшению очистки отходящих газов от вредных примесей; задачи по увеличению выпуска высокоэффективного водоочистного оборудования и др.

Защита окружающей среды - это комплексная проблема: наряду с природоохранными задачами она решает также и социально-экономическую задачу - улучшение условий жизни человека, сохранения его здоровья.

Экология промышленного производства должна развиваться по следующим направлениям: переход к малоотходным и безотходным технологиям,

					ВКР 44.03.04.112 ПЗ	<i>Лист</i>
						104
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

совершенствование технологических процессов и разработка нового оборудования с меньшим уровнем выбросов вредных примесей и отходов в окружающую среду, широкое применение дополнительных методов и средств окружающей среды.

Основными параметрами, ограничивающими загрязнение биосферы отходами производства, являются ПДК - предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны, атмосферном воздухе и водоеме. ПДК утверждается для каждого из наиболее опасных веществ в отдельности, и действуют на территории всей страны [21].

Главным и наиболее распространенным видом отрицательного воздействия человека на биосферу является загрязнение.

Загрязнения окружающей среды - это нежелательное изменение ее свойств, которое приводит или может привести к вредному воздействию на человека или природные комплексы.

Наиболее известные виды антропогенных загрязнений:

- механическое;
- химическое;
- биологическое;
- физическое:
- тепловое;
- световое;
- электромагнитное;
- шумовое;
- радиационное.

На предприятии ООО «Оникс» имеют место практически все виды загрязнений (кроме радиоактивного).

Загрязнение может иметь ряд нежелательных последствий:

- вред для здоровья человека: распространение инфекционных заболеваний, раздражение и болезни дыхательных путей, изменение на генетическом уровне, изменение репродуктивной функции, раковые заболевания;

					ВКР 44.03.04.112 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		105

- нарушение систем жизнеобеспечения на локальном, региональном и глобальном уровнях: изменения климата и снижение естественной скорости круговорота веществ и поступления энергии, необходимых для нормальной жизнедеятельности человека и других живых существ.

На предприятии ООО «Оникс», как и на любом другом предприятии, связанном с производством, имеет место механическое загрязнение. Наиболее распространенными механическими загрязнителями машиностроительных предприятий являются производственная пыль, окалина, обрезь и т.п. Производственная пыль вызывает пневмокониоз, антракоз, хронический бронхит, бронхиальную астму.

Вредность производственной пыли зависит от:

- массы;
- физико-химических свойств;
- растворимости;
- дисперсности;
- электрозаряженности;
- плотности.

Химические загрязнители, как и механические, также являются неотъемлемой частью любого производства. Основными химическими загрязнителями являются:

- оксиды углерода - CO - угарный газ, CO₂ - углекислый газ;
- оксиды азота - NO, NO₂;
- оксиды серы - SO₂, SO₃;
- тяжелые металлы - Pb, Cd, Си, Mn, Fe.

Монооксиды углерода, попадая в организм человека, быстрее кислорода связываются с атомами железа гемоглобина крови.

Оксиды азота и серы, попадая в органы дыхания, действуют на слизистую оболочку, понижают иммунитет, вызывают бронхит, астму.

Тяжелые металлы, выделяющиеся при плавке стали, токсичны. Они накапливаются в организме человека и плохо выводятся, взаимодействуют с

					ВКР 44.03.04.112 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		106

ферментами, нарушая обмен веществ. Свинец (Pb) замещает кальций в костных тканях организма человека, влияет на умственное развитие, нарушает процессы образования гемоглобина. Кадмий (Cd) в несколько раз токсичнее свинца, влияет на нервную систему и вызывает все формы раковых заболеваний, практически не выводится из организма. Период полувыведения кадмия из организма человека равен 20-30 лет. Медь и марганец имеют среднюю токсичность. Железо имеет низкую токсичность.

В основном загрязнение окружающей среды связано с хозяйственной деятельностью человека (антропогенное загрязнение окружающей среды). Накопление углекислого газа в атмосфере - одна из основных причин парникового эффекта, возрастающего от разогревания Земли лучами Солнца. Этот газ не пропускает солнечное тепло обратно в космос. Содержание парниковых газов - CO₂, метана и др. - неуклонно увеличивается. Правда действует и процесс, направленный в обратную сторону, - это процесс фотосинтеза, в котором растения усваивают двуокись углерода из воздуха и строят из нее свою биомассу. Изменение климата в результате антропогенных выбросов парниковых газов ведет к крупномасштабным негативным последствиям практически во всех областях деятельности человека. Наиболее значительному потеплению подвержены высокие широты Земли, в которых расположены значительная часть территории Европы и Азии.

В настоящее время основной вклад в загрязнение атмосферного воздуха на территории России вносят следующие отрасли: теплоэнергетика (тепловые и атомные электростанции, промышленные и городские котельные и др.), далее предприятия черной металлургии, нефтедобычи и нефтехимии, автотранспорт, предприятия цветной металлургии и производство стройматериалов.

Тепловые электростанции. В процессе сжигания твердого и жидкого топлива в атмосферу выделяется дым, содержащий продукты полного (диоксид углерода и пары воды) и неполного (оксиды углерода, серы, азота, углеводороды) сгорания. Объем энергетических выбросов очень велик. Так современная теплоэлектростанция мощностью 2,4 млн. кВт расходует до 20000 тонн угля в

					ВКР 44.03.04.112 ПЗ	<i>Лист</i>
						107
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

сутки и выбрасывает в атмосферу в сутки 680 тонн SO_2 и SO_3 , 120 - 140 тонн твердых частиц (зола, пыль, сажа), 200 тонн оксидов азота.

Перевод установок на жидкое топливо (мазут) снижают выбросы золы, но практически не уменьшают выбросы оксидов серы и азота. Наиболее экологично газовое топливо, которое в 3 раза меньше загрязняет атмосферный воздух, чем мазут, и в 5 раз меньше, чем уголь.

Еще меньше загрязняют окружающую среду атомные электростанции (АЭС), но при отсутствии надлежащего финансирования, технического ухода и высококвалифицированных специалистов могут произойти ужасные катастрофы, которые приносят непоправимый ущерб здоровью людей и экологии всей планеты.

Наиболее распространенными и вредными загрязнениями являются инфразвук и ультразвук. Источником инфразвука является оборудование, которое работает с частотой менее 20 циклов/с. Ультразвук - высокочастотные колебания. Инфразвук и ультразвук оказывает негативное влияние на сердечнососудистую, нервную, эндокринную системы, вызывает нарушение терморегуляции.

Электромагнитные загрязнения так же приносят вред человечеству. Источниками служат высоковольтные линии электропередач, электроподстанции, антенны радио- и телепередающих станций, а в последнее время микроволновые печи, компьютеры и радиотелефоны. Экспериментальные данные как отечественных, так и зарубежных исследователей свидетельствуют, что, во-первых, нервная система человека, особенно высшая нервная деятельность, чувствительна к электромагнитному полю, и, во-вторых, что электромагнитное поле обладает так называемым информационным действием при воздействии на человека в интенсивностях ниже пороговой величины теплового эффекта. При относительно высоких уровнях облучающего электромагнитного поля (ЭМП) современная теория признает тепловой механизм воздействия. При относительно низком уровне ЭМП (к примеру, для радиочастот выше 300 МГц это менее 1 мВт/см) принято говорить о нетепловом или информационном характере воздействия на организм.

					<i>ВКР 44.03.04.112 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		108

Многочисленные исследования в области биологического действия ЭМП позволят определить наиболее чувствительные системы организма человека: нервная, иммунная, эндокринная и половая. Эти системы организма являются критическими. Реакции этих систем должны обязательно учитываться при оценке риска воздействия ЭМП на население.

Воздействие шума на организм человека вызывает негативное изменение в органах слуха, нервной и сердечно-сосудистой системах. Степень выраженности этих изменений зависит от параметра шума, стажа работы, длительности воздействия шума в течение рабочего дня и от индивидуальной чувствительности организма. Длительное воздействие шума на организм человека вызывает профессиональное заболевание - неврит слухового нерва - глухоту.

С экологической точки зрения любое металлургическое предприятие, цех, участок оказывают ощутимое вредное воздействие на состояние окружающей среды, начиная с выбросов вредных веществ в атмосферу, загрязнения сточными водами своего производства близлежащих водоемов и рек, что ведет к необратимому изменению экологического баланса природы, растущих деревьев и кустарников, гибели зверей и птиц.

Мостовые электрические краны достаточно экологичны, так как в качестве энергии они используют электричество. Данный проект модернизации кранов никак не повлияет на экологические параметры, так как изменения касаются только некоторых конструктивных элементов механизмов.

Характеристики крана связанные с влиянием на здоровье человека (шум, вибрация, электроизлучения) не оказывают вредного воздействия, т.к. не превышают нормативного значения и соблюдены все меры безопасности.

Но на складе, где установлены мостовые краны, существуют источники вредных выбросов (диоксида азота N02)-тепловозы, поэтому в зоне их движения установлены вентиляторы, которые создают такое направление потока воздуха, при котором избыточное тепло и вредные выбросы от двигателей подхватываются и уносятся вверх к аэрационным окнам. При расчете вентиляции следует что необходимая чистота воздуха обеспечивается. Выделение избыточной

					ВКР 44.03.04.112 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		109

теплоты от двигателя тепловоза мало по сравнению с выделением вредных веществ, поэтому существующая на складе вентиляционная система также обеспечит и отвод избыточной теплоты.

					ВКР 44.03.04.112 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		110

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате данного проекта увеличена грузоподъемность мостового крана (регистр. №23188), изготовленного Узловским машзаводом в 1972 году и установленным на складе штрипса в трубоэлектросварочном цехе №2 (ТЭСЦ-2), с 15 до 20 тонн. Это позволит производить погрузочно-разгрузочные операции с более тяжелыми грузами, а также увеличить производительность труда.

Разработан конспект обучения студентов по разделу: «Механизмы передвижения» на тему: «Методика расчета прочности металлоконструкции тележки».

В разделе «Технико-экономическое обоснование» произведен расчет экономических показателей, подтверждающих эффективность данного проекта.

В разделе «Безопасность проекта» рассмотрены вопросы, связанные с безопасностью жизнедеятельности людей, работающих в данном типе производства.

В разделе «Экологичность проекта» рассмотрены вопросы, связанные с влиянием данного типа производства на окружающую среду.

Основной материал для выполнения дипломного проекта был собран во время прохождения преддипломной практики на предприятии ООО «Оникс».

Предлагаемые технические решения могут быть использованы на предприятии ООО «Оникс».

Ряд материалов, представленных в проекте, могут быть использованы при изучении следующих дисциплин:

- подъемно-транспортные машины;
- детали машин.

Цели и задачи дипломного проекта выполнены.

					ВКР 44.03.04.112 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		111

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ремонт промышленного оборудования. Гельберг Б.Т., Пекелис Г.Д. Редактор Сапожникова Р.К. и др. М., «Высшая школа», 304с.
2. Краны. Блохин Л.Г. и др. Челябинск, «Южноуральское книжное издательство», 1971.
3. Устройство и эксплуатация грузоподъемных кранов. Л.А. Невзоров, Ю.И. Гудков, М.Д. Полосин. М., изд. Центр «Академия», 2002. - 448с.
4. Александров М.П. Грузоподъемные машины: Учебник для вузов. - М.: Изд.-во МГТУ им. Н.Э. Баумана - Высшая школа, 2000. - 552 с.
5. Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов. С.-П., 2003 г.
6. Когаев В.П., Махутов Н.А., Гусенков А.П. Расчеты деталей машин и конструкций на прочность и долговечность: Справочник - М.: Машиностроение, 1985. - 224 с., ил. - (Основы проектирования машин).
7. Кузьмин А.В., Марон Ф.Л. Справочник по расчетам механизмов подъемно-транспортных машин. Минск: «Высшая школа». 2-е изд., перераб. и доп. 1983. - 350 с.
8. Крановое электрооборудование: Справочник / Алексеев Ю.В., Богословский А.П., Певзнер Е.М. и др.; Под ред. А.А. Рабиновича. - М.: Энергия, 1979.-240с, ил.
9. Курсовое проектирование грузоподъемных машин: Учеб, пособие для студентовмашиностр.спец.вузов/С.А. Казак, В. Е. Дусье, Е. С. Кузнецов и др. ; Под ред. С. А. Казака. - М.: Высш. шк., 1989. - 319 с: ил.
10. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3-х т. Т. 1. - 6-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1982. - 736 с., ил.
11. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3-х т. Т. 2. - 5-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1979. - 559 с., ил.
12. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3-х т. Т. 3. - 5-е изд., перераб. и доп. -М.: Машиностроение, 1979. - 557 с., ил.

					ВКР 44.03.04.112 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		112

13. Дунаев П.Ф., Леликов О.П. Детали машин. Курсовое проектирование: Учеб, пособие для машиностроит. спец, техникумов. - 2-е изд., перераб. и доп. - Высш. шк., 1990. - 399 с., ил.

14. Курсовое проектирование деталей машин / С. А. Чернавский, К.Н. Бокков, И.М. Чернин и др. - М.: Машиностроение, 1988. - 416 с.: ил.

15. Справочник покранам: В2т.Т.1. Характеристики материалов и нагрузок. Основы расчета кранов, их приводов и металлических конструкций/ В. И. Брауде, М.М.Гохберг, И.Е.Звягинидр.; Под общ. ред. М.М. Гохберга.-Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1988. - 536 с: ил.

16. Козлова Т.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учеб, пособие. - Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. проф.-пед. ун-та, 2001. - 169 с.

17. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 1 / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1986. - 656 с., ил.

18. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 2 / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1986. - 496 с., ил.

19. Ценовая политика предприятия: учеб, для вузов / В.М. Тарасевич; под общ. ред. Г.Л. Багиева. - 2-е изд. СПб: Питер, 2003. - 280 с.

20. Чуркин Б.С. Экономика и управление производством: Учеб, пособие. - Екатеринбург: Изд-во УГППУ, 1999. - 91 с.

21. Коробкин В.И., Передельский Л.В. Экология. Изд. 4-е, доп. и перераб. -Ростов н/Д: изд-во «Феникс», 2003. - 576 с.

22. Новиков Ю.В. Экология, окружающая среда и человек: Учеб, пособие для вузов. - М.: Агентство «Фаир», 1998. - 317 с.

23. Еремин В.Г. Сафронов В.В. и др. Обеспечение безопасности жизнедеятельности в машиностроении: Учебное пособие для вузов. - М.: Машиностроение, 2000. - 392 с.

					ВКР 44.03.04.112 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		113

24. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств (охрана труда): Учеб, пособие для вузов / В.В. Кукин, В.Л. Лапин и др.; Под ред. Н.Е. Овчеренко. - 2-е изд., испр. и доп. - М.: Высш. шк., 2001 - 317 с.

25. ГН 2.2.5.686-98 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны: Гигиенические нормативы. - М.: Российский регистр потенциально опасных химических и биологических веществ Минздрава России, 1998 - 208 с.

26. Безопасность жизнедеятельности: Учеб, пособие для вузов /Под ред. проф. Л.А. Муравья. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. - 431с.

27. Руководство по изучению Правил устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов (в вопросах и ответах). Справочное пособие. Ушаков П.Н. М., «Металлургия», 1979. - 312с.

28. ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования. Введен в действие постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 17 июля 1980 г. N 3679.

29. ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении стоя. Общие эргономические требования. Введен в действие постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР от 26 апреля 1978 г. N 1100.

30. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении сидя. Общие эргономические требования. Введен в действие постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР от 26 апреля 1978 г. N 1102

31. ГН 2.2.5.1313-03 ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны.

32. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату.

33. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. - М.: Информационно-издательский центр Минздрава России, 1997 - 20с.

					ВКР 44.03.04.112 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		114

34. СН 2.2.4/2.1.8.566-96 Производственная вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. Санитарные нормы. - М.: Информационно издательский центр Минздрава России, 1997 - 20 с.

35. СНиП 23-05-95*. Естественное и искусственное освещение. - М.: Информационно-издательский центр Минздрава России, 2001 - 35 с.

					ВКР 44.03.04.112 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		115

ПРИЛОЖЕНИЕ

Наименование документа	Обозначение документа	Формат	Количество листов	Примечания
1. Общий вид крана	ВКР 44.03.04.112	A1	1	Плакат
2. Тележка	ВКР 44.03.04.112	A1	1	Чертеж
3. Элементы модернизации	ВКР 44.03.04.112	A1	1	Плакат
4. Расчетная схема моста	ВКР 44.03.04.112	A1	1	Плакат
5. Расчет каната	ВКР 44.03.04.112	A1	1	Плакат

					ВКР 44.03.04.112 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		116