

РЕФЕРАТ

Выпускная работа содержит 101 лист машинописного текста, 12 рисунков, 5 таблиц, 26 источника литературы, 56 формул.

В работе произведена модернизация мостового электрического крана имеющего грузоподъемность 20/5 тонн и длину пролёта моста 22,5 метра. Произведен расчет основных показателей мостового крана.

В экономической части произведены расчеты по организации труда и заработной платы, коммерческая эффективность проекта.

Рассмотрены вопросы безопасности труда производственных рабочих и охраны окружающей среды.

Разработан план –конспект урока теоретического обучения.

Ключевые слова: МОСТОВОЙ КРАН, БАЛКА МОСТА, МОДЕРНИЗАЦИЯ, СЕБЕСТОИМОСТЬ, ОХРАНА ПРИРОДЫ, ОХРАНА ТРУДА, КОММЕРЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ, ПЛАН-КОНСПЕКТ.

					ДП 44.03.04.755.ПЗ			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разработал</i>	Иванов А.И.				Модернизация мостового крана с целью увеличения площади обслуживания	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>	Каржавин В.В						4	101
<i>Н. Контр.</i>	Категоренко Ю.И.					ФГАОУ ВО РГППУ, ИИПО, Каф. ИММ, группа ЗПМ-404С		
<i>Утверд.</i>	Гузанов Б.Н.							

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	9
1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ГРУЗОВ.....	10
1.1. Особенности работы мостовых кранов.....	10
1.1.1. Общие сведения.....	10
1.1.2. Перемещение грузов на предприятии.....	13
1.2. Характеристика погрузочно-разгрузочных работ по перемещению грузов в цехе.....	14
1.3. Задачи модернизации крана грузоподъемностью 20/5 тонн.....	15
2. РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ БАЛКИ МОСТА.....	16
2.1. Исходные данные к расчёту.....	16
2.2. Задачи расчёта.....	17
2.3. Определение расчётных нагрузок для главной балки.....	17
2.4. Определение силовых факторов, действующих на главную балку.....	21
2.5. Расчёт геометрических характеристик сечений главной балки...	22
2.6. Расчётные напряжения в главной балке, проверка прочности главной балки.....	23
2.7. Проверка жёсткости главной балки.....	23
2.8. Проверка дополнительных нагрузок на концевые балки.....	24
2.9. Проверка прочности металлоконструкции концевой балки.....	26
2.10. Определение геометрических характеристик сечения концевой балки.....	27
2.11. Заключение.....	28
3. РАСЧЕТЫ МЕХАНИЗМОВ.....	29
3.1. Механизм главного подъёма.....	29
3.1.1. Выбор каната.....	30

					ДП 44.03.04.755.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		5

3.1.2. Определение диаметров барабана и блоков.....	30
3.1.3. Выбор электродвигателя.....	31
3.1.4. Выбор передачи.....	32
3.1.5. Выбор тормоза.....	32
3.1.6. Выбор соединительных муфт.....	33
3.2. Механизм передвижения тележки.....	35
3.2.1. Нагрузка на колёса тележки.....	37
3.3. Механизм передвижения крана.....	38
3.3.1. Кинематическая схема.....	38
3.3.2. Определение нагрузок на колёса.....	39
3.3.3. Выбор рельса.....	42
3.3.4. Выбор двигателя.....	42
3.3.5. Выбор соединительных муфт.....	45
4. ПРОВЕРОЧНЫЕ РАСЧЕТЫ.....	46
4.1. Проверка двигателя механизма главного подъёма на нагрев.....	46
4.2. Проверка редуктора главного подъёма.....	53
4.3. Проверка двигателя механизма передвижения тележки на время разгона.....	54
4.4. Проверка времени торможения механизма передвижения тележки.....	57
4.5. Проверка механизма передвижения крана на юз.....	60
4.6. Проверка механизма передвижения крана на пробуксовку.....	61
4.7. Проверка стенки барабана механизма главного подъёма.....	63
4.8. Проверка крюка крюковой подвески механизма главного подъёма.....	63
4.9. Проверка соответствия геометрии верхних блоков и блоков крюковой подвески.....	64
4.10. Соответствие геометрии нарезки барабана.....	64
4.11. Проверка колёс тележки по напряжениям в контакте обода и рельса.....	64

					ДП 44.03.04.755.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		6

4.12. Расчёт колёс крана по напряжениям в контакте обода и рельса	64
5. МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	68
5.1. Учебный план изучения раздела «Конструкция и эксплуатация модернизированного крана».....	68
5.2. План-конспект урока.....	68
6. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТА.....	73
6.1. Капитальные вложения.....	73
6.2. Текущие (эксплуатационные затраты).....	74
6.3. Эффективность проекта.....	76
7. БЕЗОПАСНОСТЬ ПРОЕКТА.....	78
7.1. Общие положения.....	78
7.2. Возможные чрезвычайные ситуации.....	80
7.3. Травмоопасность.....	80
7.4. Вентиляция на рабочем месте.....	81
7.4.1. Расчёт вентиляции.....	81
7.5. Микроклимат.....	83
7.6. Освещение.....	84
7.6.1. Расчёт естественного освещения.....	84
7.6.2. Расчёт искусственного освещения.....	85
7.7. Шум и вибрация.....	86
7.8. Электромагнитное излучение.....	88
7.9. Электробезопасность.....	88
7.10. Пожарная безопасность.....	89
7.11. Безопасность при ЧС.....	89
8. ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ПРОЕКТА.....	91
8.1. Проблемы загрязнения окружающей среды.....	91
8.2. Модернизированный кран как источник загрязнений.....	95
8.3. Загрязнение нефтепродуктами – основной тип загрязнения краном.....	95
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	98

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ..... 99

ПРИЛОЖЕНИЕ А

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

ПРИЛОЖЕНИЕ В

					ДП 44.03.04.755.ПЗ	Лист
						8
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		

ВВЕДЕНИЕ

Модернизируемый кран предназначен для работы в цехе №2 (цех плавки шпинели) Машиностроительного завода имени Калинина, где возникла производственная необходимость установки дополнительной третьей печи для плавки шпинели.

При вводе в производственный процесс цеха дополнительной печи произойдет увеличение производительности этого цеха, и имеющийся в нём кран не справится с поставленным объемом работ, поэтому было решено установить в цех второй кран. Так как покупать новый кран слишком дорого, было принято решение произвести модернизацию неиспользуемого крана, марки КМ-УК Р20-А6-22,5-9-УЗ, находящегося в другом цехе. Но возникла необходимость увеличить длину пролета моста на 12 метров, с 22,5 до 34,5. Тем самым увеличить площадь обслуживания и снизить грузоподъемность крана до максимально необходимой для работы в данном цехе. Максимальная величина поднимаемого в цехе груза не более 11 тонн.

Модернизация мостового крана заключается в увеличении площади обслуживания за счет удлинения пролёта моста крана на 12 метров.

Целью данного дипломного проекта является модернизация мостового электрического крана КМ-УК Р20-А6-22,5-9-УЗ, имеющего грузоподъемность 20/5 тонн и длину пролёта моста 22,5 метра, путем увеличения его пролета до 34,5м. Для достижения данной цели нужно решить ряд задач:

1. Провести обзор современных конструкций мостовых кранов и разновидностей мостов, как основного грузонесущего элемента.
2. Осуществить конструктивную проработку крана с удлиненным мостом.
3. Выполнить необходимые прочностные расчеты.
4. Решить вопросы, связанные с экономикой, экологией и безопасностью жизнедеятельности.

					ДП 44.03.04.755.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		9

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ГРУЗОВ

1.1 Особенности работы мостовых кранов

1.1.1 Общие сведения

Для перемещения грузов различного назначения, используемые современные технологии, в частности погрузочно-разгрузочное оборудование, преимущественно отличаются от тех механизмов, которые использовались ранее. Кроме этого, современное погрузочно-разгрузочное оборудование существенно экономит время при работе с оборудованием, повышая эффективность работы. Все это было достигнуто благодаря тому, что в процессе эволюции технологий, инженерами были достигнуты решения всех тех новых задач, которые ставились перед ними.

Современный кран мостовой (другое аналогичное название кран балка) представляет собой универсальное погрузочно-разгрузочное оборудование, которое можно использовать в различных целях и в различной рабочей среде, так как кран мостовой можно использовать и в опасных рабочих условиях, и в сейсмических зонах.

Кран мостовой получил своё говорящее название за ярко выраженное сходство конструкции с опорным мостом. По конструкции кран балка делится на два вида: однобалочные и двухбалочные.

Мост крана представляет собой металлоконструкцию, служащую для передвижения по ней тележки для подъема груза. В самом простом случае — при малых пролетах и грузоподъемности — мост состоит из четырех стальных балок: двух главных, по которым движется тележка, и двух вспомогательных, скрепляющих главные балки. Все четыре балки соединены между собой с помощью сварки или заклепками и образуют жесткую прямоугольную раму.

					ДП 44.03.04.755.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		10

При больших пролетах и грузоподъемности приходится вместо одностенчатых балок применять фермы из стали различных профилей. Металлические конструкции моста изготавливают в виде решетчатой фермы и сплошной коробчатой сварной балки.

Мосты с решетчатой (раскосной) конструкцией хотя и выполняют с помощью сварки, но при больших затратах ручного труда. Значительно более удобны и экономичны в изготовлении мосты коробчатых конструкций, так как при этом применяется автоматическая электросварка и уменьшается доля ручного труда. Мосты коробчатого сечения при одинаковой грузоподъемности имеют меньшую высоту, чем мосты раскосного типа. Это обстоятельство дает возможность уменьшать высоту зданий, в которых работают краны, и таким образом снижать стоимость строительных работ. Соединение балок заклепками сейчас применяют редко. Однако в узлах, где сварка может вызвать перекосы и недопустимые деформации, используют соединение заклепками или болтами.

Мосты кранов обычно изготавливают из маргеновской стали марки Ст3, а в ряде случаев используют сталь более высокого качества 09Г2С. Ограждения, настилы, лестницы и другие второстепенные части выполняют из стали марок Ст0, Ст1 и Ст2.

Мост крана передвигается на ходовых колесах, приводимых в движение электродвигателем, установленным на мосту. Движение на колеса передается через редуктор и трансмиссионный вал. Число ходовых колес моста зависит от грузоподъемности крана и пролета моста. На кранах грузоподъемностью до 50 т обычно ставят четыре ходовых колеса. На кранах грузоподъемностью 75—125 т при любых пролетах и на кранах грузоподъемностью 150 т с пролетом до 16 м предусматривают восемь ходовых колес, а на кранах грузоподъемностью 150 т с пролетом более 16 м и кранах грузоподъемностью 200 и 250 т — 16 колес. При установке моста более чем на четырех ходовых колесах концевые балки его устанавливают на балансирных тележках.

Мост движется по крановым путям, проложенным по всей длине цеха на выступах стен или стальных колоннах. Крановые пути делают из специальных

					ДП 44.03.04.755.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		11

крановых рельсов и обычных железнодорожных, а также стальных шин квадратного или прямоугольного сечения с закругленными верхними кромками.

Крановые пути устраивают так, чтобы кран не ударился в стену. Для этого в концах крановых путей ставят тупиковые упоры, а перед ними — пружинные, деревянные или резиновые буфера, обеспечивающие плавное снижение скорости моста. Мост также имеет деревянные брусья или пружинные буфера.

На концах крановых путей предусмотрены стальные отключающие линейки (по одной в каждом конце пути), которые приводят в действие рычажные ограничители хода, установленные на мосту. При упоре в линейку ограничитель хода или конечный выключатель срабатывает и отключает двигатель моста. Одновременно с этим срабатывает тормоз, и движение моста прекращается. Удар моста об ограничители хода смягчается за счет того, что двигатель моста отключается на расстоянии, равном не менее половины пути торможения.

Фермы мостовых кранов и тележек снабжают на случай поломки колес или их осей опорными деталями, отстоящими не более чем на 20 мм от рельсов, по которым движется кран или тележка. Опорная деталь представляет собой стальной лист, укрепленный под фермой крана или рамой тележки у каждого колеса и рассчитанный на наибольшую возможную для них нагрузку. Если сломается ось или колесо, то удар моста или тележки о рельсы будет незначительным, так как высота падения не превышает 20 мм.

На мосту монтируют кабину управления. Она обычно находится ниже моста, в одном из его концов, как правило, противоположном тому, у которого проходят троллейные провода. Иногда кабина управления представляет собой одно целое с тележкой. В этом случае кабина участвует в двух движениях — вместе с мостом вдоль цеха и вместе с тележкой поперек цеха. Питание к двигателям крана подводится с помощью голых проводов, называемых троллейными или просто троллеями.

					ДП 44.03.04.755.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		12

На мосту укрепляют таблицу, на которой указаны технические данные крана: регистрационный номер; грузоподъемность; дата следующего испытания. Надписи должны быть достаточно крупными, чтобы их можно было свободно прочитать, находясь на полу цеха или поверхности земли (для кранов, работающих на открытых площадках).

Работа мостового крана является универсальной и многофункциональной. Благодаря своей работе, мостовой кран эффективно решает производственные и транспортные задачи, чем и обусловлена ее популярность и широкое применение. Работа мостового крана осуществляется как в производственных цехах и ангарах, так и на открытых площадях

Ещё одно немаловажное преимущество такого вида грузоподъёмных устройств - возможность синхронизации работы двух кранов, т.е. при монтаже крупногабаритного узла или агрегата с применением двух кранов одновременно, существует возможность синхронно управлять обоими кранами.

Среди остальных преимуществ необходимо отметить, что кран мостовой или кран балка обладает следующей особенностью: мост крана устанавливается на рельсы, тележка мостового крана перемещается по мосту. Возможность закрепления вместо крюка грейфера или электромагнита позволяет существенно расширить круг задач, решаемых с применением мостового крана.

В настоящее время грузоподъемность самых крупных уникальных моделей мостовых кранов достигает 800 т. Однако наибольшее распространение имеют краны грузоподъемностью до 50 т и меньше.

1.1.2 Перемещение грузов на предприятии

Перемещение грузов на предприятиях должно выполняться в соответствии с требованиями ГОСТ 12.3.002-75 [1], ГОСТ 12.3.020-80[2] и Правилами устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов (ПБ 10-382-00) [3].

					ДП 44.03.04.755.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		13

1.2 Характеристика погрузочно-разгрузочных работ по перемещению грузов

в цехе

Модернизированный кран предназначен для работы в цехе №2 (цех плавки шпинели) Машиностроительного завода имени Калинина, где возникла производственная необходимость установки дополнительной третьей печи для плавки шпинели.

При вводе в производственный процесс цеха дополнительной печи произойдет увеличение производительности этого цеха, и имеющийся в нем кран не справится с поставленным объемом работ, поэтому было решено установить в цех второй кран.

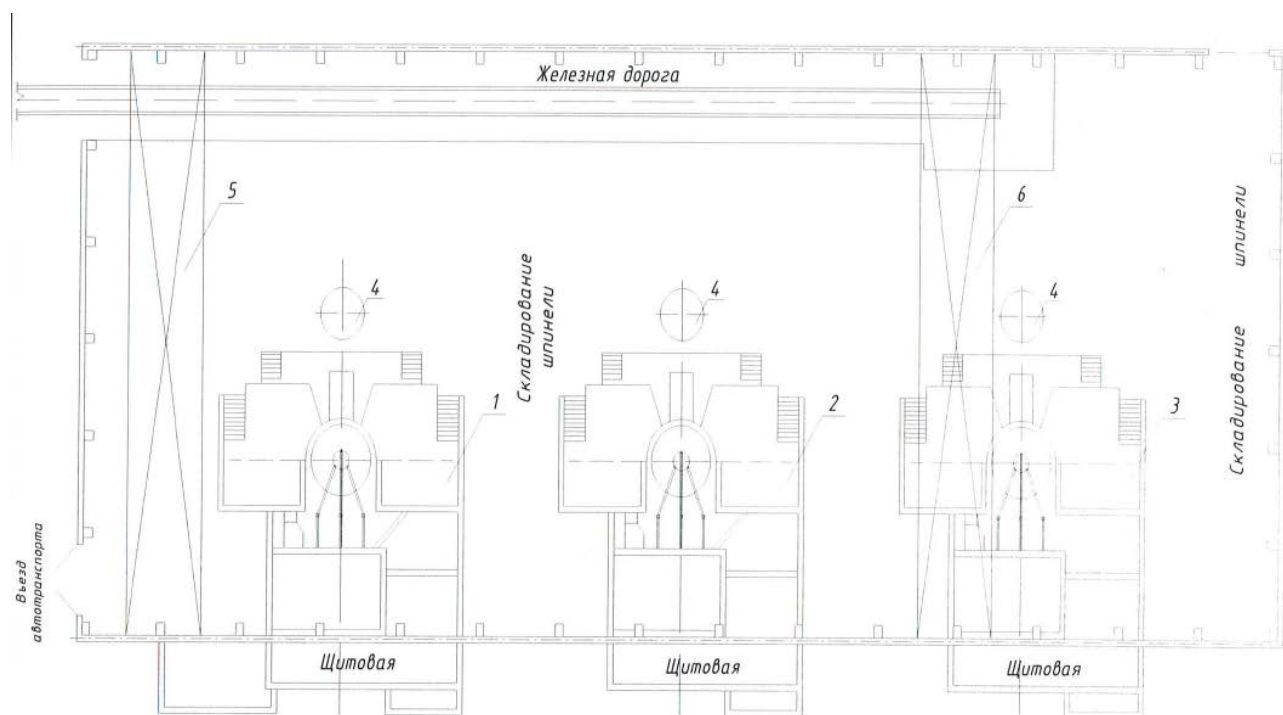


Рисунок 1 - План участка плавильных агрегатов цеха №2:

1-печь №1, 2-печь №2, 3-печь №3, 4-чаша для слива шпинели,

5-кран 1 Q=12т , 6-кран 2 Q=12т.

Работа мостовых кранов (поз. 5,6 рис.1) на участке плавильных материалов (УПМ) цеха №2 заключается в загрузке 3 печей (поз. 1-3 рис 1) сырьем - шпинелью, которая поступает на предприятие в производственных мешках весом 1-2т.

										Лист
										14
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата						

ДП 44.03.04.755.ПЗ

Затем после плавки шпинели в печах, она сливается в чаши для слива (поз 4 рис.1), которые после охлаждения мостовые краны грузят на вагоны тепловоза. А тепловоз в свою очередь увозит полученный материал на другие участки завода.

1.3 Задачи модернизации крана грузоподъемностью 20/5 тонн

Целью настоящего проекта является модернизация моста крана, путем увеличения его длины.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Провести обзор современных конструкций мостовых кранов и разновидностей мостов, как основного грузонесущего элемента.
2. Осуществить конструктивную проработку крана с удлиненным мостом.
3. Выполнить необходимые прочностные расчеты.
4. Решить вопросы, связанные с экономикой, экологией и безопасностью жизнедеятельности.

					ДП 44.03.04.755.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		15

2. РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ БАЛКИ МОСТА

Целью расчёта металлоконструкции моста является определение напряжений, действующих в металлоконструкции от веса груза, а также определение допустимых напряжений в металлоконструкции с учётом явлений усталости; сравнения этих величин, а в случае превышения действующих напряжений - разработка возможных вариантов усиления требуемых участков в металлоконструкции.

Расчёт выполнен в связи с увеличением пролёта мостового крана грузоподъёмностью 20т с 22,5м до 34,5м при снижении грузоподъёмности до 12т.

2.1 Исходные данные к расчёту мостового крана грузоподъёмностью 12т.

1. Грузоподъёмность, т 12,0
2. Пролёт, м 34,5
3. Режим работы ПВ 40%
4. Скорость передвижения крана, м/мин 120
5. Скорость главного подъёма, м/мин 14,9
6. Вес тележки, кН 72,51
7. Вес электрооборудования на мосту, кН 10
8. Вес кабины, кН 11
9. Вес крана до реконструкции, кН 330,5

					ДП 44.03.04.755.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		16

2.2 Задачи расчёта

1. Проверка прочности удлинённого моста.
2. Проверка жёсткости удлинённого моста.
3. Определение работоспособности механизма передвижения крана.

2.3 Определение расчётных нагрузок для главной балки [15]

Постоянная распределённая нагрузка для главной балки со стороны кабины и механизмов передвижения определим по формуле:

$$g = k_n \frac{G_б + G_{пл} + G_{эл}}{L}, \quad (1)$$

где $k_n = 1,1$ – поправочный коэффициент, учитывающий динамические явления при передвижении крана со скоростью большей 60 м/мин;

$G_б$ – вес главной балки, кН;

$G_{пл}$ – вес площадки, кН;

$G_{эл}$ – вес электрооборудования, кН.

$$g = 1,1 \cdot \frac{135 + 31 + 10}{34,5} = 5,6 \text{ кН}$$

Определим постоянные сосредоточенные нагрузки для балки со стороны механизмов передвижения:

от веса механизма передвижения:

$$P_{мех} = k_n \cdot G_{мех}, \quad (2)$$

где $G_{мех}$ – вес механизма передвижения, кН

					ДП 44.03.04.755.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		17

$$P_{\text{мех}} = 1,1 \cdot 10 = 11 \text{кН.}$$

от веса кабины:

$$P_{\text{каб}} = k_n \cdot G_{\text{каб}}, \quad (3)$$

где $G_{\text{каб}}$ - вес кабины, кН

$$P_{\text{каб}} = 1,1 \cdot 11 = 12,1 \text{кНс.}$$

Подвижная нагрузка от ходового колеса тележки:

$$N_1 = N_2 = \frac{G_m}{4} + k_Q \cdot \frac{Q}{4}, \quad (4)$$

где G_m – вес тележки, кН;

Q – вес груза, кН;

$k_Q = 1,3$ – поправочный коэффициент для определения расчётных подвижных нагрузок, учитывающий влияние силы инерции (возникающей при опускании и подъёме груза).

$$N_1 = \frac{72,51}{4} + 1,3 \cdot \frac{120}{4} = 57,12 \text{кН.}$$

Распределённая горизонтальная инерционная нагрузка:

$$\begin{aligned} g_r &= 0,1 \cdot \frac{G_6 + G_{\text{пл}} + G_{\text{эл}}}{L} = 0,1 \cdot \frac{135 + 3,1 + 10}{34,5} = 510 \frac{\text{Н}}{\text{м}} = 0,51 \frac{\text{кН}}{\text{м}} = \\ &= 51 \frac{\text{кгс}}{\text{м}}. \end{aligned}$$

					ДП 44.03.04.755.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		18

Сосредоточенная горизонтальная нагрузка от одного механизма передвижения:

$$P_{\text{мех.г.}} = 0,1 \cdot G_{\text{мех}} = 0,1 \cdot 10 = 1 \text{кН} = 100 \text{кгс.}$$

Сосредоточенная горизонтальная нагрузка от веса кабины:

$$P_{\text{каб.г.}} = 0,1 \cdot G_{\text{каб}} = 0,1 \cdot 11 = 1,1 \text{кН} = 110 \text{кгс.}$$

Поперечные нагрузки от ходовых колёс тележки:

$$N_{1г} = N_{2г} = 0,1 \left(\frac{G_m}{4} + \frac{Q}{4} \right) = 0,1 \cdot \left(\frac{72,51}{4} + \frac{120}{4} \right) = 4,81 \text{кН} = 481 \text{кгс.}$$

Продольные подвижные горизонтальные инерционные нагрузки от торможения тележки:

$$N'_{1г} = N'_{2г} = 0,1 \left(\frac{G_m}{4} + \frac{Q}{4} \right) = 0,1 \cdot \left(\frac{72,51}{4} + \frac{120}{4} \right) = 4,81 \text{кН} = 481 \text{кгс.}$$

Скручивающий момент от подвижной инерционной нагрузки:

$$M_{\text{скр.1}} = (N_{1г} + N_{2г}) \cdot \frac{h_{\text{оп}}}{2}, \quad (5)$$

где $h_{\text{оп}}$ – высота опорного сечения главной балки.

$$M_{\text{скр.1}} = (4,81 + 4,81) \cdot \frac{80}{2} = 384,8 \text{кН} \cdot \text{см} = 38480 \text{кгс} \cdot \text{см.}$$

Скручивающий момент от распределённой горизонтальной нагрузки:

$$M_{\text{скр.1}} = -g_{г} \cdot \frac{L}{2} \cdot \left(\frac{h_6}{2} - \frac{h_{\text{оп}}}{2} \right), \quad (6)$$

где L – длина пролёта, см

h_6 – высота главной балки, см

					ДП 44.03.04.755.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		19

$$M_{\text{скр.1}} = -\frac{0,51}{100} \cdot \frac{3450}{2} \cdot \left(\frac{160}{2} - \frac{80}{2}\right) = -483,86 \text{ кН} \cdot \text{см}.$$

Скручивающий момент от сосредоточенных инерционных нагрузок:

$$M_{\text{скр.3}} = (P_{\text{мех.г}} + P_{\text{каб.г}}) \cdot \frac{h_{\text{оп}}}{2} = (1 + 1,1) \cdot \frac{80}{2} = -84 \text{ кН} \cdot \text{см} = -8400 \text{ кгс} \cdot \text{см}.$$

Расчётный скручивающий момент от всех горизонтальных нагрузок:

$$M_{\text{скр.расч}} = M_{\text{скр.1}} + M_{\text{скр.2}} + M_{\text{скр.3}} = 384,8 - 483,86 - 84 = 183,16 \text{ кН} \cdot \text{см} = -18316 \text{ кгс} \cdot \text{см}.$$

Расчётная схема главной пролётной балки:

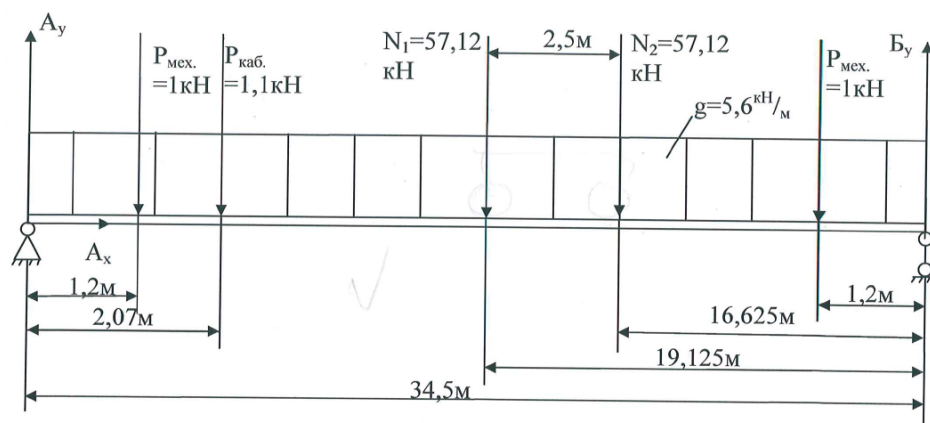


Рисунок 2 - Вертикальные нагрузки

2.4. Определение силовых факторов, действующих на главную балку (рис. 2 и 3)

[15]

Определим суммарный расчётный изгибающий момент от действия вертикальных расчётных нагрузок, определённых с учётом поправочных коэффициентов.

$$M_{\Sigma \text{расч.}} = B \cdot 19,125 - N_2 \cdot 16,625 - P_{\text{мех}} \cdot 1,2 - g \cdot 34,5 \cdot \frac{34,5}{8}.$$

										Лист
										20
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата						

ДП 44.03.04.755.ПЗ

$$B = \frac{P_{\text{мех}} \cdot 1,2 + N_2 \cdot 16.625 + N_1 \cdot 19.125 + P_{\text{каб}} \cdot 32,43 + P_{\text{мех}} \cdot 33,3}{34,5} + \frac{g \cdot L}{2} =$$

$$= \frac{11 \cdot 1,2 + 57,12 \cdot 16.625 + 57,12 \cdot 19.125 + 12,1 \cdot 32,43 + 11 \cdot 33,3}{34,5} + \frac{5,6 \cdot 34,5}{2} = 177,34 \text{ кН.}$$

$$M_{\Sigma \text{расч.}} = 177,34 \cdot 19,125 - 57,12 \cdot 16.625 - 11 \cdot 1,2 - 5,6 \cdot 34,5 \cdot \frac{34,5}{8} =$$

$$= 1595,63 \text{ кН} \cdot \text{м.}$$

Определим суммарный расчётный изгибающий момент от действия горизонтальной инерционной нагрузки:

$$M_{\Sigma \text{расч.}} = B \cdot 17,95 - N_2 \cdot 16.625 - P_{\text{мех}} \cdot 1,2 - g \cdot 34,5 \cdot \frac{34,5}{8}.$$

$$B = \frac{P_{\text{мех}} \cdot 1,2 + N_2 \cdot 16.625 + N_1 \cdot 17,95 + P_{\text{каб}} \cdot 32,43 + P_{\text{мех}} \cdot 33,3}{34,5} + \frac{g \cdot L}{2} =$$

$$= \frac{11 \cdot 1,2 + 57,12 \cdot 16.625 + 57,12 \cdot 17,95 + 12,1 \cdot 32,43 + 11 \cdot 33,3}{34,5} + \frac{5,6 \cdot 34,5}{2} = 15,82 \text{ кН.}$$

$$M_{\Sigma \text{расч.}} = 177,34 \cdot 17,95 - 57,12 \cdot 16.625 - 11 \cdot 1,2 - 5,6 \cdot 34,5 \cdot \frac{34,5}{8} =$$

$$= 145,58 \text{ кН} \cdot \text{м.}$$

					ДП 44.03.04.755.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		21

2.6. Расчётные напряжения в главной балке, проверка прочности главной балки

Таблица 1 - Расчётные напряжения в главной балке

Комбинация нагрузок	Нормальные напряжения (в середине пролёта), кгс/см ²		
	От вертикальных нагрузок	От горизонтальных нагрузок	Суммарное
А (без учета инерционных горизонтальных нагрузок)	$\sigma_B = \frac{M_{\Sigma \text{расч.}}}{W_{x-x}} = \frac{159563}{16369} = 9,75 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2}$	–	$\sigma_{\Sigma} = \sigma_B = 9,75 < [\sigma] = 14 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2}$
Б (с учета инерционных горизонтальных нагрузок)	$\sigma_B < [\sigma_a] = 14 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2}$ $\sigma_B = 9,75 < [\sigma_6] = 16 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2}$	$\sigma_r = \frac{M_{\Sigma \text{гор.}}}{W_{y-y}} = \frac{14558}{6968} = 2,09 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2} < [\sigma_6]$	$\sigma_{\Sigma} = \sigma_B + \sigma_r = 9,75 + 2,09 = 11,84 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2} < [\sigma] = 16 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2}$

2.7 Проверка жёсткости главной балки

Допустимый прогиб балки в середине пролёта от действия статически приложенной подвижной нагрузки (с учётом веса тележки) не должен превышать величины:

$$[f_{\text{доп}}] = \frac{L}{700}, \quad (7)$$

где L - длина главной балки, см

$$[f_{\text{доп}}] = \frac{3450}{700} = 4,93 \text{ см.}$$

Определим величину наибольшего изгибающего момента в середине пролёта от тележки с грузом:

$$M_{\text{стат}} = \frac{G_m + Q}{4} \cdot \frac{L}{2} = \frac{72.51 + 120}{4} \cdot \frac{3450}{2} = 83020 \text{ кН} \cdot \text{см}.$$

Фактический прогиб балки в середине пролёта от действия статически приложенной подвижной нагрузки (с учётом веса тележки):

$$f = \frac{M_{\text{стат}} \cdot L^2}{10E \cdot J_{x-x}}, \quad (8)$$

где E - модуль упругости.

$$f = \frac{83020000 \cdot 3450^2}{10 \cdot 21 \cdot 10^6 \cdot 1268590} = 3.71 \text{ см}.$$

$$f = 3,71 \text{ см} < [f] = 4,93 \text{ см}.$$

Условие выполняется.

2.8. Проверка дополнительных нагрузок на концевые балки

В связи с установкой вставки в главную балку и оборудованием её рабочей площадкой увеличивается масса металлоконструкции моста.

Определим дополнительную массу металла, установленного на главную балку.

Металлоконструкция балки:

$$G_{\text{д.б.}} = 2 \cdot (h_{\text{ст}} \cdot \delta_{\text{ст}} + B \cdot \delta_{\text{г}}) \cdot l_{\text{ост}} \cdot \gamma, \quad (9)$$

где $h_{\text{ст}}$ – высота стенки, см;

$\delta_{\text{ст}}$ – толщина стенки, см;

B – ширина горизонтального листа, см;

$\delta_{\text{г}}$ – толщина горизонтального листа, см;

					ДП 44.03.04.755.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		24

$l_{\text{вст}}$ – длина вставки, см;

γ – удельный вес стали, Н/см.

$$G_{\text{д.б.}} = 2 \cdot (153,6 \cdot 0,8 + 56 \cdot 1,2) \cdot 1200 \cdot 0,0785 = 35,81 \text{ кН.}$$

Металлоконструкция площадки:

$$G_{\text{д.п.}} = G_{\text{пл}} \cdot \frac{l_{\text{вст}}}{L}, \quad (10)$$

где $G_{\text{пл}}$ – вес площадки, кН;

$l_{\text{вст}}$ – длина вставки, м

$$G_{\text{д.п.}} = 31 \cdot \frac{12}{34,5} = 10,8 \text{ кН.}$$

Дополнительная масса металлоконструкции полумоста:

$$G_{\text{д.м.}} = G_{\text{д.б.}} + G_{\text{д.п.}} = 35,81 + 10,8 = 46,61 \text{ кН.}$$

Общая дополнительная масса моста:

$$G_{\text{д}} = G_{\text{д.м.}} \cdot 2 = 46,61 \cdot 2 = 93,22 \text{ кН.}$$

Определим увеличение нагрузки на одну концевую балку в связи с увеличением пролёта моста и снижением грузоподъёмности с 20т до 12т.

$$N_{\text{доп}} = \frac{G_{\text{д.м.}} - Q_{\text{с}}}{2} = \frac{46,61 - 40}{2} = 3,3 \text{ кН.}$$

$$Q_{\text{с}} = \frac{Q_{\text{н}} - Q_{\text{уст}}}{2} = \frac{200 - 120}{2} = 40 \text{ кН.}$$

где $Q_{\text{с}}$ – величина снижения грузоподъёмности;

$Q_{\text{н}}$ – грузоподъёмность крана до реконструкции;

$Q_{\text{уст}}$ – установленная грузоподъёмность крана после реконструкции.

					ДП 44.03.04.755.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		25

2.9. Проверка прочности металлоконструкции концевой балки

Схема нагружения концевой балки.

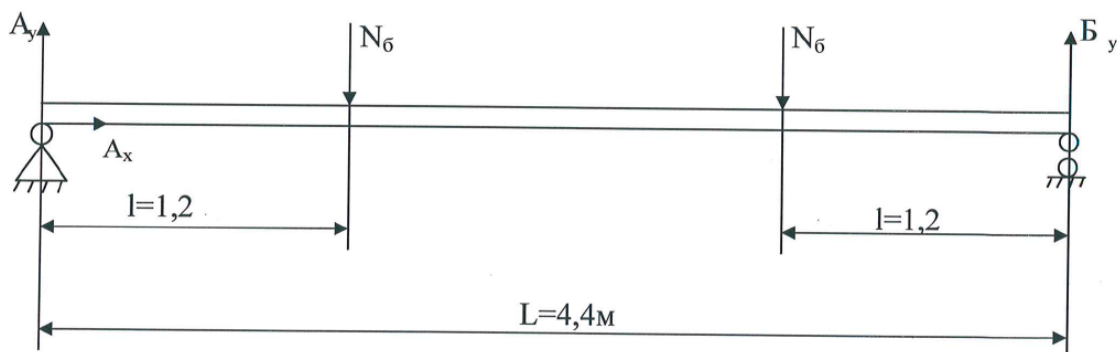


Рисунок 4 - Вертикальные нагрузки на концевую балку

Определение нагрузок, действующих на концевую балку.

$$M_{\text{изг}} = Al = 231,23 \cdot 120 = 27747,6 \text{ кН} \cdot \text{см.}$$

где $M_{\text{изг}}$ – изгибающий момент в сечении концевой балки в стыке с главной
 $A = P \cdot K_d = 177,87 \cdot 1,3 = 231,23$ кН – расчётная нагрузка на ходовое колесо с учётом динамического коэффициента,

$$K_d = 1,3.$$

$$P = N + N_d = 174,57 + 3,3 = 177,87 \text{ кН.}$$

где N – статическое давление (максимальное) на колесо крана.

2.10. Определение геометрических характеристик сечения концевой балки

Определим момент инерции сечения концевой балки:

$$J_{x-x} = 2 \cdot 45 \cdot 0,8 \cdot 39,6^2 + 2 \cdot \frac{78,4^2 \cdot 0,6}{12} = 241400 \text{ см}^4.$$

									Лист
									26
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.755.ПЗ				

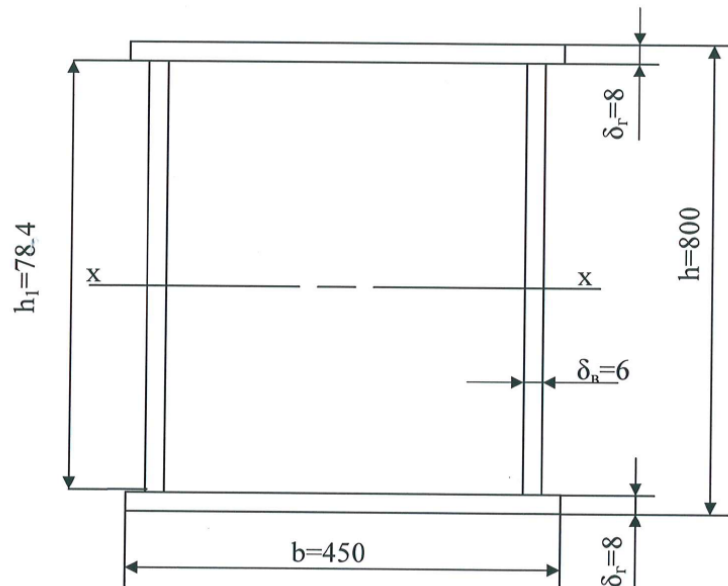


Рисунок 5 - Сечение концевой балки

Определим момент сопротивления сечения:

$$W_{x-x} = \frac{J_{x-x}}{40} = \frac{241400}{40} = 6035 \text{ см}^3.$$

Определим нормальные напряжения в сечении концевой балки:

$$\sigma = \frac{M_{\text{изг}}}{W_{x-x}} = \frac{27747,6}{6035} = 4,6 \text{ кН/см}^2.$$

$$\sigma = 4,6 < [\sigma] = 16 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2}.$$

Прочность концевой балки обеспечена.

										Лист
										27
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата						

2.11. Заключение

Увеличение пролёта с 22,5м до 34,5м при одновременном снижении грузоподъёмности крана с 20 до 12 тонн практически не увеличивает нагрузки на концевые балки моста.

					ДП 44.03.04.755.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		28

3. РАСЧЕТЫ МЕХАНИЗМОВ

3.1 Механизм главного подъёма

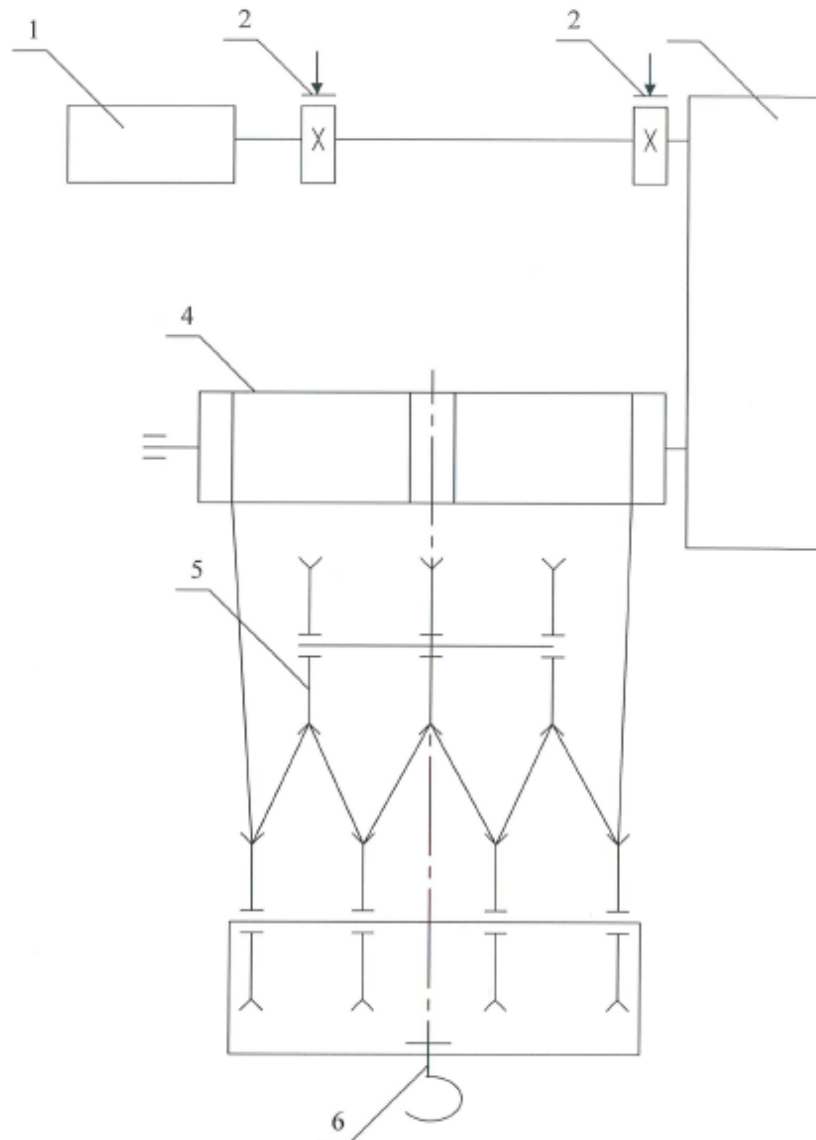


Рисунок 6 – Кинематическая схема механизма главного подъема

Так как модернизированный кран предназначен для работы в цехе, где наибольшая масса поднимаемого груза составляет не более 11 тонн, то предварительно примем величину грузоподъёмности механизма главного подъёма 12 тонн при увеличении пролёта моста с 22,5 до 34,5 метров.

									Лист
									29
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата					

ДП 44.03.04.755.ПЗ

3.1.1 Выбор каната

При выборе каната учитываем, что грузоподъёмность механизма главного подъёма снижается с 20 тонн до 12 тонн, следовательно замену уже установленного на кране каната производить нецелесообразно.

Оставляем установленный канат:

17,5-Г-1-Н-1666(170)

ГОСТ 7665-69

Диаметр каната 17,5 мм

Маркировочная группа 1666 с разрывным усилием не менее 170 кН

Коэффициент запаса прочности $n = 6$

3.1.2 Определение диаметров барабана и блоков

Диаметр блока и барабана определяется по формуле [11]:

$$D_{\text{бл}} \geq d_k \cdot e, \quad (11)$$

где e – коэффициент, зависящий от режима работы (при ПВ=40% $e=30$)

d_k – диаметр каната

$$D_{\text{бл}} \geq 17,5 \cdot 30 = 525 \text{ мм.}$$

Диаметры барабана и блоков, установленных на кране имеют следующие значения:

$$D_{\text{бар}} = 500 \text{ мм.}$$

$$D_{\text{бл}} = 500 \text{ мм.}$$

Следовательно, по условию перегиба каната на барабанах и блоках, установленные блоки и барабан удовлетворяют требованиям [11].

					ДП 44.03.04.755.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		30

3.1.3 Выбор электродвигателя

Максимальная статистическая мощность $N_{ст. max}$ (кВт), которую должен развить двигатель в период установившегося движения при подъёме номинального груза определяется по формуле [11]:

$$N_{ст. max} = \frac{G_{гр} \cdot V}{\eta_{пр}}, \quad (12)$$

где V – скорость подъёма груза 0,25 м/с

$G_{гр}$ – вес номинального груза и крюковой подвески.

$\eta_{пр}$ – предварительное значение к.п.д. механизма (0,8...0,85).

$$N_{ст. max} = \frac{122,76 \cdot 0,25}{0,85} = 36,1 \text{ кВт.}$$

$$G = (m_{гр} + m_{кр.п.}) \cdot g = (1200 + 514) \cdot 9,81 = 122762 \text{ Н} = 122,76 \text{ кН.}$$

Предварительно принимаем двигатель с фазным ротором серии МТН 512-8 со следующими параметрами:

- режим работы двигателя ПВ =40%;
- мощность двигателя $N = 37 \text{ кВт}$;
- число оборотов ротора $n_{дв} = 705 \text{ об/мин}$;
- КПД =85%;
- максимальный момент $M_{тах} = 1370 \text{ Н*м}$;
- масса двигателя $T_{дв} = 570 \text{ кг}$.

					ДП 44.03.04.755.ПЗ	Лист
						31
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		

3.1.4 Выбор передачи

Предварительно оставляем установленный редуктор типа РМ 650 - 15,75 с последующей его проверкой. Редуктор имеет следующие параметры:

- $V_{ред}$ – передаточное число редуктора 15,75;
- исполнение VI;
- мощность на быстроходном валу $N_{рс;и. быстр.} = 44,5кВт$.

3.1.5 Выбор тормоза

На механизме главного подъёма установлен тормоз ТКГ - 400:

- тормозной момент 1500 Н·м;
- тип толкателя ТГМ - 80;
- масса тормоза 120 кг;
- диаметр шкива $D_{шк} = 400мм$.

Оставляем тормоз без изменений с последующей его регулировкой до $T_{тр}$ (расчётный тормозной момент).

Так как кран предназначен для работы с плавильными печами, то по Правилам ГГТН необходимо установить на механизм главного подъёма второй тормоз.

Расчетный тормозной момент тормоза определяют по формуле [11]:

$$T_{тр} = K_m \cdot T_{ст.т}, \quad (13)$$

где K_t – коэффициент запаса торможения = 2 [11, табл. 2.6];

$T_{ст.т}$ - статический крутящий момент.

					ДП 44.03.04.755.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		32

$$T_{\text{ст.т}} = \frac{G_{\text{гр}} \cdot D_6 \cdot \eta_{\text{max}}}{2 \cdot U_{\text{мех}}}, \quad (14)$$

где η_{max} – к.п.д. механизма цепи

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

$$U_{\text{мех}} = U_{\text{ред}} \cdot U_{\text{п}} = 15,75 \cdot 4 = 63.$$

$$T_{\text{ст.т}} = \frac{122,76 \cdot 10^3 \cdot 0,5 \cdot 0,85}{2 \cdot 63} = 414,07 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

$$T_{\text{т.р.}} = 2 \cdot 414,07 = 828,14 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

При выборе тормоза необходимо выполнение условия:

– номинальный тормозной момент должен быть не меньше чем расчётный

$$T_{\text{т.н.}} \geq T_{\text{т.р.}}$$

Принимаем тормоз того же типа ТКГ - 400:

$$T_{\text{т.р.}} = 1500 \text{ Нм} > T_{\text{т.р.}} = 828,14 \text{ Нм}$$

– тормозной момент 1500 Н-м;

– тип толкателя ТГМ - 80;

– масса тормоза 120кг;

– диаметр шкива $D_{\text{шк}} = 400 \text{ мм}$.

3.1.6 Выбор соединительных муфт

Вал двигателя имеет следующие характеристики:

– конический

– уклон 1:10

– длина конической части $l_{\text{дв}} = 105 \text{ мм}$

– диаметр цилиндрической части $s_{\text{лв}} = 70 \text{ мм}$

					ДП 44.03.04.755.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		33

Быстроходный вал редуктора имеет следующие характеристики:

- конический
- уклон 1:10
- длина конической части $l_{p6} = 105\text{мм}$
- диаметр цилиндрической части $d_{p6} = 60\text{мм}$

Наибольший крутящий момент на валу будет в период разгона, определим по формуле:

$$M_{кр} = \frac{G_{гр} \cdot D_6}{2 \cdot U_{мех} \cdot \eta_{max}} = \frac{122,76 \cdot 10^3 \cdot 0,5}{2 \cdot 63 \cdot 0,85} = 573,11 \text{Н} \cdot \text{м}.$$

Расчётный вращающий момент определим по формуле [13]:

$$M_p = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot M_{кр}, \quad (15)$$

где K_1 – коэффициент, учитывающий степень ответственности соединения [13 табл.V2.36];

K_2 – коэффициент режима работы [13 табл.V2.37];

K_3 – коэффициент углового смещения [13 табл.V2.38];

$M_{кр}$ – действующий вращающий момент.

$$M_p = 1,8 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 573,11 = 1237,9 \text{Н} \cdot \text{м}.$$

Муфты выбираем по условию [13 табл.V2.27]: $M_p < [M_{кр}]$.

Со стороны редуктора:

На механизме главного подъёма установлена зубчатая муфта с промежуточным валом и тормозным шкивом МЗП - 4:

– наибольший крутящий момент $[M_{кр}] = 5600 \text{Нм}$.

$$M_p = 1237,9 \text{Нм} < [M_{кр}] = 5600 \text{Нм}.$$

Следовательно, оставляем эту муфту без замены.

Со стороны двигателя:

					ДП 44.03.04.755.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		34

В связи с установкой второго тормоза, заменяем установленную на механизме муфту со стороны двигателя МЗП - 4(без тормозного шкива) на муфту того же типа с тормозным шкивом ГОСТ 5006-55 [24, стр.89]:

- наибольший крутящий момент $[M_{\phi}] = 5600 \text{ Нм} > M_p = 1237,9 \text{ Нм}$;
- диаметр тормозного шкива $D_{\text{шк}} = 400 \text{ мм}$;
- момент инерции муфты $M_{\text{и м}} = 1,75 \text{ кгм}^2$.

3.2 Механизм передвижения тележки

Механизм передвижения тележки с боковым расположением редуктора. Кинематическая схема механизма имеет следующий вид (рис. 8):

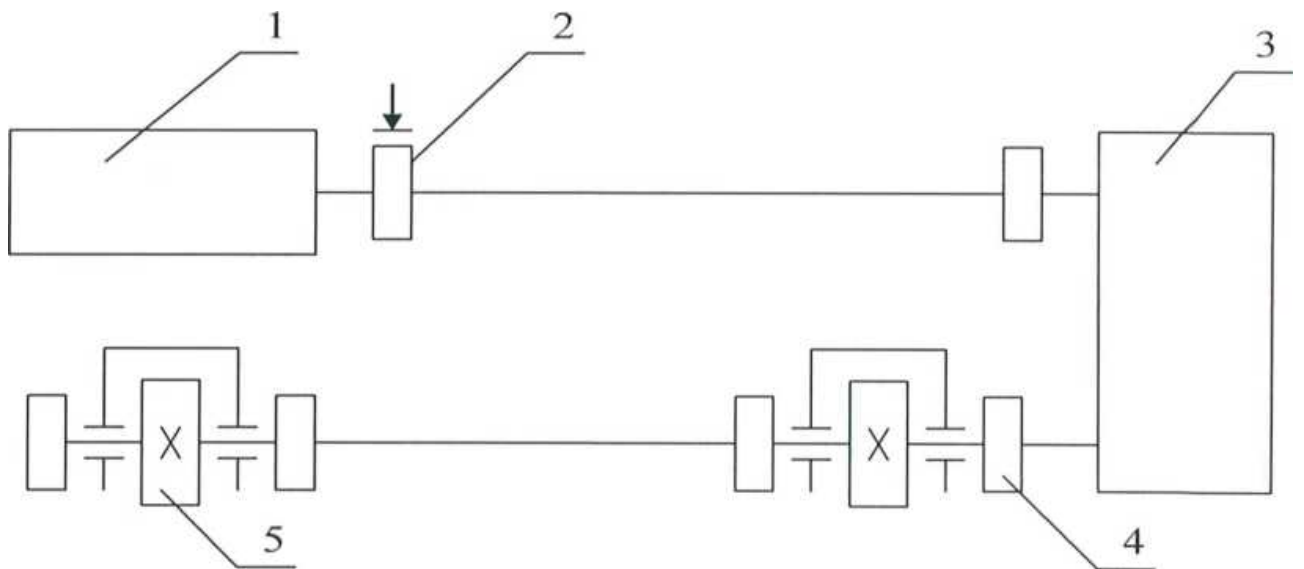


Рисунок 7 - Кинематическая схема механизма передвижения тележки:

1 - Двигатель, 2 - Тормоз, 3 - Редуктор, 4 - Муфта, 5 - Колёсная установка

					ДП 44.03.04.755.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		35

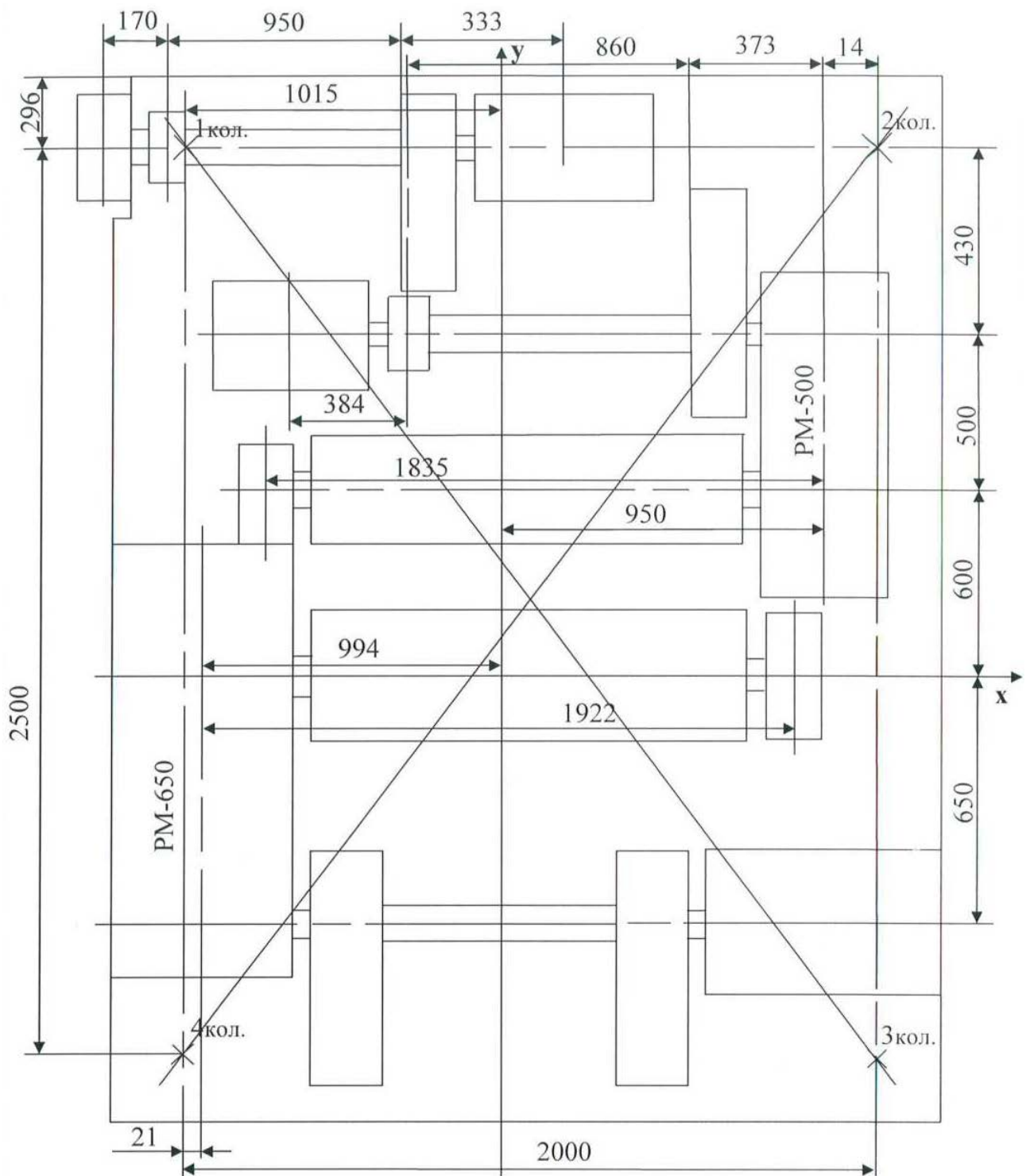


Рисунок 8 – Схема расположения оборудования тележки

					ДП 44.03.04.755.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		36

3.2.1 Нагрузка на колёса тележки

Максимальную (в груженом состоянии) и минимальную (в порожнем) статические нагрузки на ходовое колесо тележки следует определять с учётом коэффициента неравномерности нагружения колёс: в груженом состоянии - 1,1; в порожнем - 0,9.

$$P_{ст.мах} = \frac{(G_{гр}+G_T) \cdot 1,1}{4} = \frac{(122,76+72,51) \cdot 1,1}{4} = 53,7 \text{кН.}$$

$$P_{ст.мин} = \frac{G_T \cdot 0,9}{4} = \frac{72,51 \cdot 0,9}{4} = 14,3 \text{кН.}$$

где $G_{гр}$ – вес номинального груза, кН

G_T – вес тележки, кН

На тележке установлены колёса диаметром 320мм ГОСТ 3569 - 74 типа К2Р и рельс типа КР60 ГОСТ 4121 -76.

При данном диаметре колеса и данном типоразмере рельса максимальная допускаемая статическая нагрузка на колесо составляет 100кН, что значительно превышает $P_{ст.мах}$. Предварительно оставляем установленные на кране колёса и рельс. Данный тип рельс имеет стенку повышенной толщины и более широкую опорную поверхность по сравнению с железнодорожными рельсами типа Р, поэтому допускает большую нагрузку и обеспечивает более равномерную передачу её на верхний пояс балки.

Для подтележечного двухребордного колеса разность ширины катания колеса B (мм) и номинальной ширины головки рельса b (мм) должна быть равна $15 \div 20$ мм [11]. В данном случае $B=80$ мм, $b=60$ мм: $B - b=80 - 60=20$ мм, следовательно условие проверки выполняется, так как разность $B - b$ укладывается в требуемые значения.

Учитывая, что при реконструкции крана производилась замена двигателя главного подъёма на менее мощный двигатель, в связи с уменьшением

									Лист
									37
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.755.ПЗ				

грузоподъёмности крана, считаем механизм передвижения тележки удовлетворительным и оставляем его без изменений.

Механизм передвижения тележки включает в себя:

Двигатель МТФ - 112-6:

- мощность $N=5$ кВт;
- число оборотов $n=930$ об/мин;
- масса $m_{дв}=88$ кг.

Редуктор В - 400:

- к.п.д. $\eta_{ред}=0,9$;
- передаточное число $U_{ред}=52,8$;
- мощность на быстроходном валу $N_{ред.б.}=2,7$ кВт.

Тормоз ТКГ 200:

- диаметр шкива $D_{шк}=200$ мм;
- тормозной момент $T_{тн}=300$ Нм.

Муфты ГОСТ 5006 - 55:

МЗП 1 (2 шт.):

- вращающий момент $M_k=710$ Н·м;
- диаметр вала $d=40$ мм.

МЗП 5:

- вращающий момент $M_k=8000$ Н·м;
- диаметр вала $d=90$ мм;

3.3 Механизм передвижения крана

3.3.1 Кинематическая схема

Кинематическая схема представлена на рисунке 10.

Использование данной схемы является предпочтительным, так как при большом пролёте крана использовать центральный привод затруднительно из-

					ДП 44.03.04.755.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		38

за больших трансмиссионных валов и громоздких опорных узлов для них. Правда при данной схеме придётся мириться с забеганием колёс и как следствие некоторым перекосом крана.

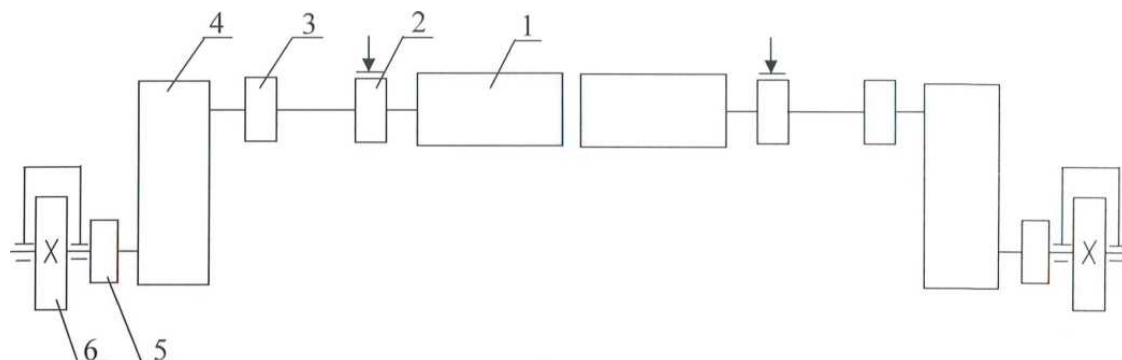


Рисунок 9 - Кинематическая схема механизма передвижения крана:

1 - Двигатель, 2 - Тормоз, 3 - Муфта, 4 - Редуктор, 5 - Муфта,
6 - Колесная установка

3.3.2 Определение нагрузок на колёса

Определим максимальные и минимальные нагрузки на колёса крана при различных положениях грузовой тележки, используя рисунки 11 и 12 [11]:

Обозначения, принятые на рис. 11 и рис. 12:

G_K – вес кабины – 11 кН;

$G_M, G_T, G_{гр}$ – вес моста, тележки, груза.

$G_M = 247$ кН (после реконструкции).

$G_x = 72,51$ кН (по паспорту).

$G_{гр} = 122,76$ кН

$G_{кр}$ – вес крана после реконструкции = 423,7 кН;

$l_{гр1}, l_{гр2}$ – расстояния от вертикальной оси крюка механизма главного подъёма до оси ближайшего подкранового рельса в крайних положениях тележки.

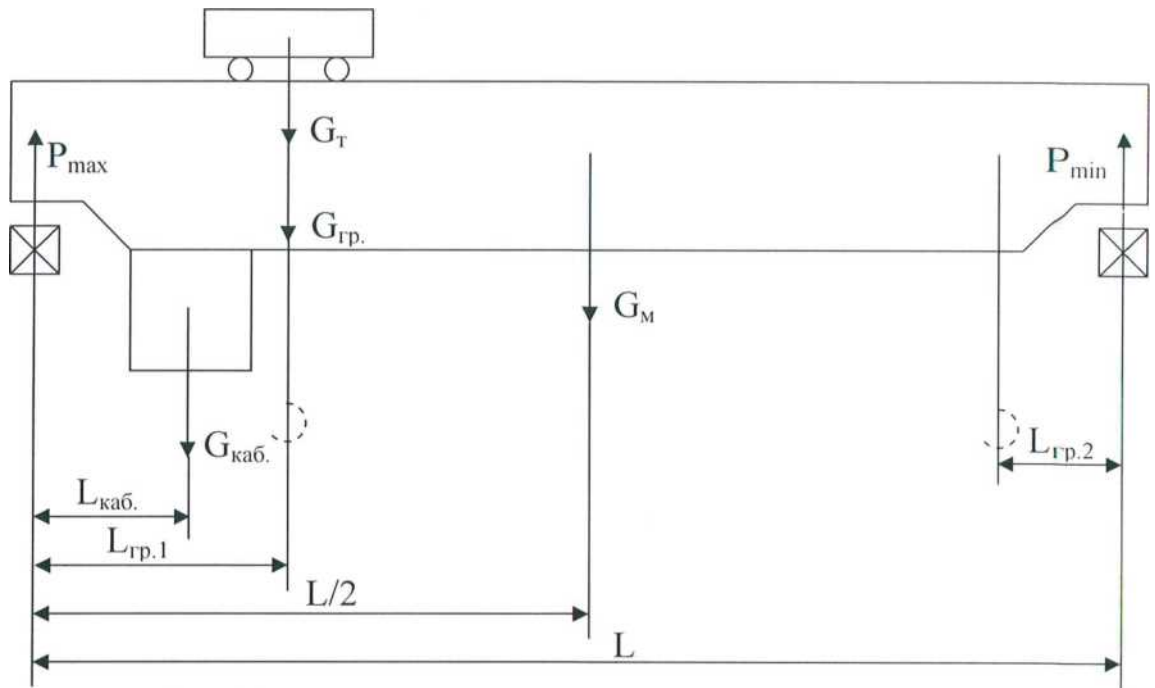


Рисунок 10 - Нагрузки на колеса крана при левом положении тележки

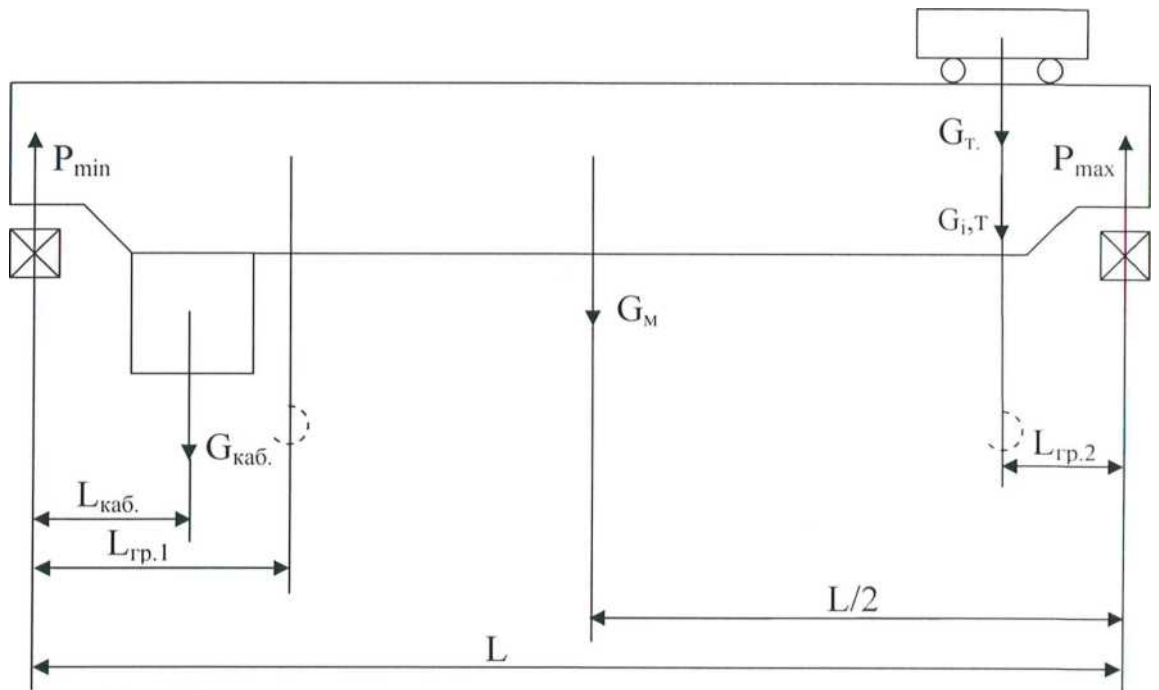


Рисунок 11 - Нагрузки на колеса крана при правом положении тележки

$$l_{гр1} = 2050\text{мм} = 2,05\text{м}$$

$$l_{гр2} = 1150\text{мм} = 1,15\text{м}$$

$l_{каб}$ – расстояние от центра тяжести кабины до оси ближайшего подкранового рельса.

$$l_{каб} = 2,4\text{м}$$

										Лист
										40
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата						

ДП 44.03.04.755.ПЗ

Используя расчётную схему (рис. 11), найдём максимальную и минимальную нагрузку на колёса каждой стороны, при положении тележки рядом с кабиной.

$$P_{\max} = \frac{G_{\text{к}} \cdot (L - l_{\text{каб}}) + G_{\text{т}} \cdot (L - l_{\text{гр1}}) + G_{\text{м}} \cdot \left(\frac{L}{2}\right) + G_{\text{гр}} \cdot (L - l_{\text{гр1}})}{L} =$$

$$= \frac{11 \cdot (34,5 - 2,4) + 72,51 \cdot (34,5 - 2,05) + 247 \cdot 17,25 + 122,76 \cdot (34,5 - 2,05)}{34,5} = 317,4 \text{ кН.}$$

$$P_{\min} = \frac{G_{\text{каб}} \cdot l_{\text{каб}} + G_{\text{гр}} \cdot l_{\text{гр1}} + G_{\text{м}} \cdot l_{\text{гр1}} + G_{\text{м}} \cdot \left(\frac{L}{2}\right)}{L} = \frac{11 \cdot 2,4 + 72,51 \cdot 2,05 + 72,51 \cdot 2,05 + 247 \cdot 17,25}{34,5} =$$

$$= 135,87 \text{ кН.}$$

Используя расчётную схему (рис. 12), найдём максимальную и минимальную нагрузку на колёса каждой стороны, при положении тележки в противоположной от кабины стороне крана.

$$P_{\max} = \frac{G_{\text{к}} \cdot l_{\text{каб}} + G_{\text{т}} \cdot (L_{\text{к}} - l_{\text{гр2}}) + G_{\text{м}} \cdot \left(\frac{L}{2}\right) + G_{\text{гр}} \cdot (L_{\text{к}} - l_{\text{гр2}})}{L} =$$

$$= \frac{11 \cdot 2,4 + 72,51 \cdot (34,5 - 1,15) + 247 \cdot 17,25 + 122,76 \cdot (34,5 - 1,15)}{34,5} = 313 \text{ кН.}$$

$$P_{\min} = \frac{G_{\text{каб}} \cdot (L - l_{\text{каб}}) + G_{\text{гр}} \cdot l_{\text{гр2}} + G_{\text{гр}} \cdot l_{\text{гр2}} + G_{\text{м}} \cdot \left(\frac{L}{2}\right)}{L} =$$

$$= \frac{11 \cdot (34,5 - 2,4) + 72,51 \cdot 1,15 + 122,76 \cdot 1,15 + 247 \cdot \left(\frac{34,5}{2}\right)}{34,5} = 140,2 \text{ кН.}$$

Максимальная нагрузка на колесо P_{\max} (кН), с учётом коэффициента неравномерности распределения нагрузки между колёсами одной стороны крана $K_{\text{пер}} = 1,1$, а так же с учётом количества колёс крана - 4 шт.

$$P_{\max.f} = \frac{P_{\max}}{2} \cdot K_{\text{пер}} = \frac{317,4}{2} \cdot 1,1 = 174,57 \text{ кН.}$$

На кране установлены колёса диаметром $D_{\text{КК}} = 710 \text{ мм}$. Данные колёса допускают максимальную статическую нагрузку $[P_{\text{кст.мак}}] = 320 \text{ кН}$ [11].

$$[P_{\text{кст.мак}}] = 320 \text{ кН} > P_{\text{мак.к}} = 174,57 \text{ кН.}$$

Следовательно, замену колёс производить не требуется, (тип колёс К2Р).

										Лист
										41
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата						

3.3.3 Выбор рельса

Для подкранового пути выбираем рельс типа КР, так как он более равномерно передаёт нагрузку и воспринимает большую нагрузку, чем рельс железнодорожный типа Р.

Типоразмер рельса КР 80 ГОСТ 4121 - 76.

Проверим соотношение ширины дорожки катания колеса В и номинальной ширины головки рельса.

Для кранового двухбалочного колеса [11]:

$V - b = 30\text{мм.}$

В нашем случае $V = 110\text{мм}; b = 80\text{мм.}$ Значит $V - b = 110 - 80 = 30\text{мм.}$

Условие проверки выполняется. Крепление рельс и их установку необходимо вести в соответствии со следующими правилами [3]:

– Разность отметок головки рельсов в одном поперечном сечении должна быть меньше 40мм.

– Разность отметок рельсов на соседних колоннах должна быть меньше 10мм.

– Схождение или уширение колеи рельсового пути не должно превышать 15мм.

– Взаимное смещение стыков не должно превышать 2мм.

3.3.4 Выбор двигателя

Сопротивление от сил трения найдём по формуле [11]:

$$W_{\text{тр}} = (G_{\text{кр}} + G_{\text{гр}}) \cdot \frac{2\mu + fd_{\text{ц}}}{D_{\text{к.к}}} \cdot k_{\text{доп}}, \quad (16)$$

где $G_{\text{кр}}$ – вес крана после реконструкции 423,7кН.

					ДП 44.03.04.755.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		42

$G_{гр}$ – вес груза, кН

μ – коэффициент трения качения колеса по рельсу [11, табл. 2.13.]

f – приведённый коэффициент трения скольжения в подшипниках колёс [11 табл. 2.14.]

$d_{ц}$ – диаметр цапфы вала (оси) колеса, мм.

$K_{доп}$ – коэффициент дополнительных сопротивлений, определяемых в основном трением реборд о головку рельса и трением элементов токосъёмного устройства [11, табл. 2.15.].

$$W_{тр} = (423,7 + 122,76) \cdot \frac{2 \cdot 1 + 0,015 \cdot 135}{710} \cdot 1,1 = 0,0062 \cdot 546,46 = 3,39 \text{ кН.}$$

Сопротивление, создаваемое уклоном рельса найдём по формуле [11]:

$$W_y = \alpha \cdot (G_{кр} + G_{гр}), \quad (17)$$

где α – уклон рельсового пути, для крана = 0,001 [11, стр.41].

$$W_y = 0,001 \cdot (423,7 + 122,76) = 0,55 \text{ кН.}$$

Сопротивление, создаваемое силами инерции, определим по формуле [11]:

$$W_{ин} = \delta \cdot m_{пост} \cdot a, \quad (18)$$

где δ – коэффициент, учитывающий инерцию вращающихся частей механизма $\delta = 1,15$ [11, стр.41]

$m_{пост}$ – масса поступательного движущегося объекта (крана),

a – ускорение при разгоне, м/с^2

$a = (0,5 \dots 1,0) \cdot [a]$, где $[a]$ - допускаемое ускорение, м/с^2 [11, табл. 2.16.]

					ДП 44.03.04.755.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		43

$$a = 0,5 - 0,15 = 0,075 \text{ м/с}^2$$

$$W_{\text{ин}} = \delta \cdot m_{\text{пост}} \cdot a = 1,15 \cdot 42,37 \cdot 0,075 = 3,65 \text{ кН.}$$

Сопротивление, создаваемое раскачиванием груза на гибкой подвеске найдём по формуле [11]:

$$W_{\text{гиб}} = (m_{\text{гр}} + m_{\text{н}}) \cdot a, \quad (19)$$

где $m_{\text{гр}}$ – масса груза, т

$m_{\text{н}}$ – масса крюковой подвески, т a – ускорение при разгоне, м/с

$$W_{\text{гиб}} = (12 + 0,514) \cdot 0,075 = 0,94 \text{ кН.}$$

Общее сопротивление передвижения крана определим по формуле [11]:

$$W = W_{\text{тр}} + W_{\text{у}} + W_{\text{ин}} + W_{\text{гиб}} = 3,39 + 0,55 + 3,65 + 0,94 = 8,53 \text{ кН.}$$

Мощность двигателя $N_{\text{ст}}$ (кВт), необходимая для обеспечения движения со скоростью V (м/мин) определим по формуле:

$$N_{\text{ст}} = \frac{W \cdot V}{1000 \cdot 60 \cdot C \cdot \eta_{\text{пр}}}, \quad (20)$$

где W – сопротивление передвижению крана, Н;

C – количество двигателей;

η – к.п.д. механизма передвижения.

$$N_{\text{ст}} = \frac{8530 \cdot 120}{1000 \cdot 60 \cdot 2 \cdot 0,85} = 10 \text{ кВт.}$$

					ДП 44.03.04.755.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		44

Таким образом, требуется два двигателя мощностью $N = 10\text{кВт}$ каждый.

На механизме передвижения крана установлено два двигателя МТФ - 411 - 8 мощностью $N = 13\text{кВт}$ каждый. Следовательно, замена двигателей не требуется.

3.3.5 Выбор соединительных муфт

Размер вала двигателя:

- диаметр $d = 65\text{мм}$;
- длина $l = 140\text{мм}$, вал конический.

Размеры валов редуктора:

Быстроходный вал:

- диаметр $d_{16} = 50\text{мм}$;
- длина $l_6 = 110\text{мм}$, вал конический.

Тихоходный вал:

- диаметр $d_{2т} = 115\text{мм}$;
- длина $l_т = 110\text{мм}$.

Наибольший крутящий момент на быстроходном валу определим, используя формулу [16, табл. 1]:

$$M_{кр} = \frac{W \cdot D_{к.к.}}{2V_{мех} \cdot \eta_{мех}}, \quad (21)$$

где W – общее сопротивление передвижению крана;

$D_{к.к.}$ – диаметр колеса крана;

$V_{мех}$ – полное передаточное число механизма;

$\eta_{мех}$ – К.П.Д. механизма.

					ДП 44.03.04.755.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		45

$$M_{кр} = \frac{8,53 \cdot 10^3 \cdot 0,71}{2 \cdot 31,5 \cdot 0,8} = 120,16 \text{ Нм.}$$

Определим расчётный вращающий момент, используя формулу [13]:

$$M_p = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot M_{кр} = 1,8 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 120,16 = 259,54 \text{ кН.}$$

Определим расчётный вращающий момент на тихоходном валу по формуле:

$$M_{р.м.} = M_p \cdot U_p = 259,54 \cdot 31,5 = 8175,51 \text{ Нм.}$$

Для соединения двигателя и редуктора выбираем муфту:

Со стороны двигателя [13, V.2.41.]:

Упругая втулочно-пальцевая муфта с тормозным шкивом по ОСТ 24.848.03 – 79 и ОСТ 24.848.04 – 79 типа МУВП 1000-65-2-50-2 с диаметром тормозного шкива $D_{шк} = 300 \text{ мм}$.

Со стороны редуктора [18, табл. 15.5]:

Упругая втулочно-пальцевая муфта по ГОСТ 21424 - 75 типа МУВП 1000-50-2-50-2.

Для соединения тихоходного вала редуктора с колёсной установкой выбираем зубчатую муфту с промежуточным валом по ГОСТ 5006 - 83 типа МЗ 16000-2-115-2-125-1 [11]. Колёсная установка на угловых буксах [11, прил.8].

					ДП 44.03.04.755.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		46

4. ПРОВЕРОЧНЫЕ РАСЧЕТЫ

4.1 Проверка двигателя механизма главного подъёма на нагрев

На рис. 12 показан график загрузки механизма главного подъёма, для среднего режима работы механизма.

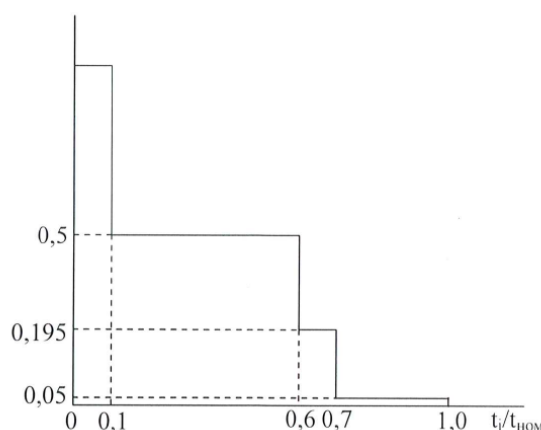


Рисунок 12 - График загрузки механизма главного подъёма

Используя график [11, рис.4.4.], с помощью значения номинального к.п.д. механизма $\eta_{мех}=0,85$, найдём значения к.п.д. при подъёме грузов различного веса:

$$G=122,76\text{кН}; 0,5G=61,38\text{кН}; 0,195G=23,94\text{кН}; 0,05G=6,14\text{кН}.$$

$$\eta_{мех. 1.0} = 0,85, \eta_{мех.0,5} = 0,82, \eta_{мех.0,195} = 0,65, \eta_{мех.0,05}=0,38.$$

Определим значения статических моментов, создаваемых на валу двигателя при подъёме и опускании i -го груза по формулам:

$$T_{ст.под.i} = \frac{G_i \cdot r_6}{U_{мех} \cdot \eta_{мех.i}}, \quad (22)$$

$$T_{ст.оп.i} = \frac{G_i \cdot r_6 \cdot \eta_{мех.i}}{U_{мех}}, \quad (23)$$

										Лист
										47
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата						

где G_i – вес груза i -го, не включая вес крюковой подвески, кН;

r_6 – радиус барабана, м;

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

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

$$T_{\text{ст.под.1}} = \frac{122,76 \cdot 0,25}{63 \cdot 0,85} = 0,573 \text{ кНм.}$$

$$T_{\text{ст.под.0,5}} = \frac{61,38 \cdot 0,25}{63 \cdot 0,25} = 0,297 \text{ кНм.}$$

$$T_{\text{ст.под.0,195}} = \frac{23,94 \cdot 0,25}{63 \cdot 0,65} = 0,146 \text{ кНм.}$$

$$T_{\text{ст.под.0,05}} = \frac{6,14 \cdot 0,25}{63 \cdot 0,38} = 0,064 \text{ кНм.}$$

$$T_{\text{ст.оп.1}} = \frac{61,38 \cdot 0,25 \cdot 0,82}{63} = 0,399 \text{ кНм.}$$

$$T_{\text{ст.оп.0,5}} = \frac{61,38 \cdot 0,25 \cdot 0,82}{63} = 0,199 \text{ кНм.}$$

$$T_{\text{ст.оп.0,195}} = \frac{23,94 \cdot 0,25 \cdot 0,65}{63} = 0,061 \text{ кНм.}$$

$$T_{\text{ст.оп.0,05}} = \frac{6,14 \cdot 0,25 \cdot 0,38}{63} = 0,009 \text{ кНм.}$$

Определим моменты инерции всех движущихся частей механизма при работе с грузами i -го веса.

Определим момент инерции груза i -го веса, приведённый к валу двигателя по формуле:

$$J_{\text{гр}} = \frac{m_{\text{пост}} \cdot r_6^2}{U_{\text{мех}}^2 \cdot \eta_{\text{мех}}}, \quad (24)$$

где $m_{\text{пост}}$ – масса i -го груза и крюковой подвески, кг;

r_6 – радиус барабана, м.

$$J_{\text{гр1}} = \frac{12514 \cdot 0,25^2}{63^2 \cdot 0,85} = 0,231 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

					ДП 44.03.04.755.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		48

$$J_{гр0,5} = \frac{6257 \cdot 0,25^2}{63^2 \cdot 0,82} = 0,12 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

$$J_{гр0,195} = \frac{2440 \cdot 0,25^2}{63^2 \cdot 0,65} = 0,059 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

$$J_{гр0,05} = \frac{625 \cdot 0,25^2}{63^2 \cdot 0,38} = 0,026 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Определим условную скорость двигателя при опускании и подъёме:

$$W_{дв.оп.} = 2 \cdot W_c - W_{дв}, \quad (25)$$

где $W_{дв}$ – номинальная угловая скорость двигателя, рад/с

W_c – синхронная угловая скорость двигателя (угловая скорость идеального холостого хода), рад/с.

$$W_c = 2 \cdot \pi \cdot \frac{f}{p} = 2 \cdot 3,14 \cdot \frac{50}{4} = 78,5 \text{ рад/с.}$$

где f – частота промышленного трёхфазного тока, Гц

p – число пар полюсов двигателя.

$$W_{дв} = \frac{\pi \cdot n}{30} = \frac{3,14 \cdot 710}{30} = 74,3 \text{ рад/с.}$$

$$W_{дв.оп.} = 2 \cdot 78,5 - 74,3 = 82,7 \text{ рад/с.}$$

$$W_{дв.оп.} = W_{дв} = 74,3 \text{ рад/с.}$$

Момент инерции всех вращающихся частей механизма, расположенных на первом валу (валу двигателя):

$$J_{вр1} = J_{р.дв.} + J_M + J_{т.шк.}, \quad (26)$$

где $J_{р.дв.}$ – момент инерции ротора двигателя, кг·м²

						Лист
						49
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.755.ПЗ	

J_M – момент инерции муфты, $\text{кг} \cdot \text{м}^2$

$J_{\text{т.шк.}}$ – момент инерции тормозного шкива, $\text{кг} \cdot \text{м}^2$

$$J_{\text{вр1}} = 5,7 + 1,75 + 1,75 = 9,2 \text{кг} \cdot \text{м}^2.$$

Определим момент инерции при разгоне всех вращающихся частей механизма, приведённый к валу двигателя:

$$J_{\text{вр}} = \gamma \cdot J_{\text{вр1}} = 1,15 \cdot 9,2 = 10,58 \text{кг} \cdot \text{м}^2.$$

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

Определим момент инерции при работе с грузом разного веса:

$$J_{\text{мех}i} = J_{\text{вр}} = J_{\text{гр}i}$$

$$J_{\text{мех1}} = 10,58 + 0,231 = 10,81 \text{кгм}^2.$$

$$J_{\text{мех0,5}} = 10,58 + 0,12 = 10,7 \text{кгм}^2.$$

$$J_{\text{мех0,195}} = 10,58 + 0,059 = 10,64 \text{кгм}^2.$$

$$J_{\text{мех0,05}} = 10,58 + 0,026 = 10,61 \text{кгм}^2.$$

Определим среднепусковой момент двигателя:

$$T_{\text{п.ср.}} = \psi \cdot M_{\text{дв.н.}}, \quad (27)$$

где ψ – кратность среднепускового момента [11, табл. 2.17.]

$M_{\text{дв.н.}}$ – номинальный момент двигателя, $\text{Н} \cdot \text{м}$.

					ДП 44.03.04.755.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		50

$$M_{\text{дв.н}} = \frac{N}{W_{\text{дв}}} = \frac{37 \cdot 10^3}{74,3} = 497,98 \text{Нм.}$$

$$T_{\text{п.ср.}} = 1,55 \cdot 497,98 = 771,87 \text{Нм.}$$

Определим время разгона механизма при подъёме и опускании груза разного веса:

$$t_{\text{р.под.}i} = \frac{W_{\text{дв.под.}} \cdot J_{\text{мех}i}}{T_{\text{л.ср.}} - T_{\text{ст.под.}i}}$$

$$t_{\text{р.оп.}i} = \frac{W_{\text{дв.оп.}} \cdot J_{\text{мех}i}}{T_{\text{п.ср.}} - T_{\text{ст.оп.}i}}$$

$$t_{\text{р.под.}1} = \frac{74,3 \cdot 10,81}{771,87 - 573} = 4,03 \text{сек.}$$

$$t_{\text{р.оп.}0,5} = \frac{74,3 \cdot 10,7}{771,87 - 297} = 1,67 \text{сек.}$$

$$t_{\text{р.оп.}0,195} = \frac{74,3 \cdot 10,61}{771,87 - 146} = 1,26 \text{сек.}$$

$$t_{\text{р.оп.}0,05} = \frac{74,3 \cdot 10,61}{771,87 - 64} = 1,11 \text{сек.}$$

$$t_{\text{р.оп.}1} = \frac{82,7 \cdot 10,81}{771,87 + 399} = 0,76 \text{сек.}$$

$$t_{\text{р.оп.}0,5} = \frac{82,7 \cdot 10,7}{771,87 + 199} = 0,91 \text{сек.}$$

$$t_{\text{р.оп.}0,195} = \frac{82,7 \cdot 10,64}{771,87 + 61} = 1,05 \text{сек.}$$

$$t_{\text{р.оп.}0,05} = \frac{82,7 \cdot 10,61}{771,87 + 9} = 1,12 \text{сек.}$$

Определим время установившегося движения при подъёме и опускании груза:

$$t_{\text{у.под.}} = \frac{H_{\text{ср}}}{V_{\text{под}}}, \tag{28}$$

$$t_{\text{у.под.}} = \frac{H_{\text{ср}} \cdot V_{\text{мех}}}{W_{\text{дв.оп.}} \cdot r_6}, \tag{29}$$

					ДП 44.03.04.755.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		51

где $H_{\text{ср}}$ – средняя высота подъёма груза краном, м

$V_{\text{под}}$ – скорость подъёма груза, м/с

$$t_{\text{у.под.}} = \frac{6}{0,25} = 24 \text{сек.}$$

$$t_{\text{у.под.}} = \frac{H_{\text{ср}} \cdot V_{\text{мех}}}{W_{\text{дв.оп.}} \cdot r_6} = \frac{6 \cdot 63}{82,7 \cdot 0,25} = 18,28 \text{сек.}$$

Условие проверки двигателя на нагрев имеет следующий вид:

$$T_{\text{э}} \leq T_{\text{дв.н.}},$$

где $T_{\text{э}}$ – эквивалентный момент на валу двигателя, при работе с которым его нагрев будет таким же, как и при работе с реальными моментами, возникающими при подъёме и опускании грузов различного веса.

Определим эквивалентный момент:

$$T_{\text{э}} = \sqrt{\frac{T_{\text{п.р.}} \cdot \sum t_{\text{pi}} + t_{\text{у.под.}} \cdot \sum T_{\text{ст.под.}i}^2 + t_{\text{у.оп.}} \cdot \sum T_{\text{ст.оп.}i}^2}{\beta \cdot \sum t_{\text{pi}} + \sum t_{\text{у.под.}} + \sum t_{\text{у.оп.}}}}, \quad (30)$$

где β – коэффициент, учитывающий ухудшение условий охлаждения двигателя в период пуска, для МТН $\beta = 0,7$.

$$\begin{aligned} T_{\text{э}} &= \sqrt{\frac{595783,29 \cdot (4,03 + 0,76 + 5 \cdot 1,67 + 5 \cdot 0,91 + 1,26 + 1,05 + 3 \cdot 1,11 + 3 \cdot 1,12) + 24 \cdot (573^2 + 5 \cdot 297^2)}{0,7 \cdot (4,03 + 0,76 + 5 \cdot 1,67 + 5 \cdot 0,91 + 1,26 + 1,05 + 3 \cdot 1,11 + 3 \cdot 1,12) +}} \\ &= \frac{+146^2 + 3 \cdot 64^2 + 18,28 \cdot (399^2 + 5 \cdot 199^2 + 61^2 + 3 \cdot 9^2)}{+10 \cdot 24 + 10 \cdot 18,28} = 308,69 \text{Нм.} \end{aligned}$$

									Лист
									52
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.755.ПЗ				

Так как двигатель МТН 512-8 имеет максимальный момент $T_{двн} = 1370\text{Нм}$, соответственно $T_3 = 308,69 < T_{двн} = 1370$. Значит условие выполняется, следовательно за время работы двигатель перегреваться не

4.2 Проверка редуктора главного подъёма

Определим максимальный крутящий момент, действующий на тихоходном валу редуктора:

$$T_{т.мах.р.} = \frac{G_{гр} - D_6}{2 \cdot U'_{п}} = \frac{122,76 \cdot 10^3 - 0,5}{2 \cdot 4} = 15344\text{Н.}$$

На механизме главного подъёма установлен редуктор РМ 650 - 15,75 - 4М, который имеет следующие характеристики:

- передаточное число $U_{ред} = 15,75$;
- частота вращения быстроходного вала, мин^{-1} (750);
- подводимая мощность, кВт (75);
- предельный кратковременно действующий крутящий момент, кН (43).

Рассмотрим вопрос о замене редуктора РМ - 650 на более современный.

Подходящие по крутящему моменту редукторы имеют совершенно разные размеры тихоходного вала с зубчатым венцом, следовательно, потребуется изменение деталей барабана, а возможно и всего барабана. А так как

$T_{т.мах.р.} < [T_{т.мах}]$, то оставляем установленный редуктор.

					ДП 44.03.04.755.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		53

4.3. Проверка двигателя механизма передвижения тележки на время разгона

Коэффициент, учитывающий распределённость массы тормозного шкива, принимаем равным $\zeta=0,6$ [11].

Момент инерции тормозного шкива определим по формуле [11]:

$$J_{\text{т.ш.}} = m \cdot r_{\text{т.ш.}}^2 \cdot \xi, \quad (31)$$

где m – масса тормозного шкива, кг

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

$$J_{\text{т.ш.}} = 12,3 \cdot 0,1^2 \cdot 0,6 = 0,0738 \text{ кгм}^2.$$

Момент инерции всех вращающихся частей механизма, расположенных на быстроходном валу:

$$J_1 = J_{\text{т.ш.}} + J_{\text{р.дв.}} + J_{\text{м}}, \quad (32)$$

где $J_{\text{т.ш.}}$ – момент инерции тормозного шкива, кгм^2 ;

$J_{\text{р.дв.}}$ – момент инерции ротора двигателя, кгм^2 ;

$J_{\text{м}}$ – момент инерции муфты, кгм^2 .

$$J_{\text{вр1}} = 0,0738 + 0,270 + 0,1 + 0,1 = 0,54 \text{ кгм}^2.$$

Момент инерции при разгоне всех вращающихся частей механизма, приведённый к валу двигателя:

$$J_{\text{вр}} = \gamma \cdot J_{\text{вр1}} = 1,15 \cdot 0,54 = 0,621 \text{ кгм}^2.$$

					ДП 44.03.04.755.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		54

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

Момент инерции при разгоне поступательно движущихся частей механизма и груза, приведённый к валу двигателя определим по формуле:

$$J_{\text{пост.р.}} = \frac{m_{\text{пост.}} \cdot r_{\text{к.}}^2}{U_{\text{мех.т.}}^2 \cdot \eta_{\text{мех.т.}}}, \quad (33)$$

где $m_{\text{пост.}}$ – масса тележки и груза, кг;

$r_{\text{к.}}$ – радиус колеса, м;

$U_{\text{мех.т.}}$ – передаточное число редуктора механизма передвижения тележки;

$\eta_{\text{мех.т.}}$ – к.п.д. редуктора механизма передвижения тележки.

$$J_{\text{пост.р.}} = \frac{19251 \cdot 0,16^2}{52,8^2 \cdot 0,9} = 0,2 \text{ кгм}^2.$$

Момент инерции при разгоне всех движущихся частей механизма определим по формуле:

$$J_{\text{мех.р.}} = J_{\text{вр}} + J_{\text{пост.р.}} = 0,621 + 0,2 = 0,821 \text{ кгм}^2.$$

Угловая частота вращения вала двигателя определяется по формуле:

$$W_{\text{дв.}} = \frac{\pi \cdot n}{30}, \quad (34)$$

где n – число оборотов двигателя, об/мин.

$$W_{\text{дв.}} = \frac{3,14 \cdot 930}{30} = 97,34 \text{ с}^{-1}.$$

						ДП 44.03.04.755.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата			55

Номинальный момент двигателя определим по формуле:

$$T_{\text{дв.м.}} = \frac{N_{\text{дв.}}}{W_{\text{дв.}}}, \quad (35)$$

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

$$T_{\text{дв.м.}} = \frac{5 \cdot 10^3}{97,34} = 51,37 \text{ Нм.}$$

Среднепусковой момент двигателя определим по формуле:

$$T_{\text{п.ср.}} = \psi \cdot T_{\text{дв.п.}} = 1,55 \cdot 51,37 = 79,62 \text{ Нм.}$$

где ψ – кратность среднепускового момента [11, табл. 2.17.].

Согласно [11] статические сопротивления включают в себя составляющие от трения, от уклона, от ветра. Так как кран предназначен для работы в помещении, то сопротивление ветра не учитываем:

$$W_{\text{спл.}} = W_{\text{тр.}} + W_y = 2,26 + 0,39 = 2,65 \text{ кН.}$$

где $W_{\text{тр.}}$ – сопротивление движению тележки от сил трения, кН;

W_y – сопротивление, создаваемое уклоном подтележечного пути, кН.

$$W_{\text{тр.}} = (G_{\text{т}} + G_{\text{гр}}) \cdot \frac{2 \cdot \mu + f \cdot d_{\text{ц}}}{D_{\text{к}}}, \quad (36)$$

где μ – коэффициент трения качения колеса по рельсу [11 табл. 2.13.];

f – приведённый коэффициент трения скольжения в подшипниках колёс [11, табл. 2.14.];

					ДП 44.03.04.755.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		56

$d_{ц}$ – диаметр цапфы вала (оси) колеса, мм;

D – диаметр колеса, мм;

$$W_{тр.} = (72,51 + 122,76) \cdot \frac{2 \cdot 0,4 + 0,015 \cdot 70}{320} \cdot 2 = 2,26 \text{ кН.}$$

$$W_y = \alpha \cdot (G_T + G_{гр}) = 0,002 \cdot (72,51 + 122,76) = 0,39 \text{ кН.}$$

где α – уклон подтележечного пути [11].

Момент статических сопротивлений при разгоне, приведённый к валу двигателя определим по формуле:

$$T_{ст.р.} = \frac{W_{ст.} \cdot r_k}{U_{мех.т.} \cdot \eta_{мех.т.}} = \frac{2650 \cdot 0,16}{52,8 \cdot 0,9} = 8,92 \text{ Нм.}$$

$$t_{р.ф.} = \frac{W_{дв.} \cdot J_{мех.р.}}{T_{п.ср.} - T_{ст.р.}} = \frac{97,34 \cdot 0,821}{79,62 - 8,92} = 1,13 \text{ Нм.}$$

Согласно данным [11], время разгона двигателя механизма передвижения тележки для крана грузоподъёмностью 12 тонн составляет $t_p = 2,0$ сек. Следовательно, принимаем данное время разгона двигателя механизма передвижения тележки $t_{р.ф.} = 1,13$ сек и считаем его удовлетворительным.

4.4 Проверка времени торможения механизма передвижения тележки

Момент инерции при торможении поступательно движущихся частей механизма, приведённый к валу двигателя, определим по формуле:

$$J_{пост.т.} = \frac{m_{пост.} \cdot r_k^2 \cdot \eta_{мех.т.}}{U_{мех.т.}} = \frac{19251 \cdot 0,16^2 \cdot 0,9}{52,8^2} = 0,16 \text{ кгм}^2.$$

					ДП 44.03.04.755.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		57

Момент инерции всех движущихся частей механизма при торможении, приведённый к валу двигателя, определим по формуле:

$$J_{\text{мет.т.}} = J_{\text{вр.}} + J_{\text{пост.т.}} = 0,621 + 0,16 = 0,781 \text{ кгм}^2.$$

Проверка проводится с условием, что кран нагружен, а уклон способствует движению, отсутствует трение реборд колёс о головку рельса, отсутствует трение в токосъёмном устройстве.

Исходя из данных условий определим:

Статическое сопротивление от сил трения при торможении по формуле:

$$W'_{\text{тр.}} = G_{\text{пост.}} \cdot \frac{2 \cdot \mu + f \cdot d_{\text{ц}}}{D} = 195270 \frac{2 \cdot 0,41 + 0,015 \cdot 70}{320} = 1128,91 \text{ Н.}$$

где $G_{\text{пост.}}$ – вес, поступательно движущихся объектов (тележки или крана плюс груза), Н.

Статистические сопротивления при торможении определим по формуле:

$$W_{\text{ст.т.}} = W'_{\text{тр.}} - W_{\text{y}} - W_{\text{в}} = 1128,91 - 390 - 0 = 738,91 \text{ Н.}$$

где $W_{\text{в}}$ – сопротивление, создаваемое силой ветра, Н.

Момент статистических сопротивлений при торможении, приведённый к первому валу механизма определим по формуле:

$$T_{\text{ст.т.}} = \frac{W_{\text{ст.т.}} \cdot r_{\text{к}}}{U_{\text{мех.т.}} \cdot \eta_{\text{мех.т.}}} = \frac{738,91 \cdot 0,16}{52,8 \cdot 0,9} = 2,49 \text{ Нм.}$$

					ДП 44.03.04.755.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		58

Определим сопротивления передвижению тележки без груза, создаваемое уклоном, инерцией, трением по формуле:

$$W_{y.o.} = \alpha \cdot G_T = 0,002 \cdot 72510 = 145,02\text{Н.}$$

$$W_{ин.о.} = \delta \cdot m_T \cdot \alpha = 1,25 \cdot 7251 \cdot 0,075 = 679,78\text{Н.}$$

$$W_{тр.а.} = G_T \cdot \frac{2 \cdot \mu + f \cdot d_{ц}}{D}, \quad (37)$$

где δ – коэффициент, учитывающий инерцию вращающихся частей механизма [11,стр. 41]

m_T – масса тележки, кг

α – ускорение при разгоне, м/с

$$W_{тр.а.} = 72,51 \cdot 103 \cdot \frac{2 \cdot 0,4 + 0,015 \cdot 70}{320} = 419,2\text{Н.}$$

Определим моменты, создаваемые уклоном, силами инерции, силами трения, приведённые к валу, на котором установлен тормоз.

$$T_{y.o.} = \frac{W_{y.o.} \cdot r_k \cdot \eta_{к-т.}}{U_{мех.т.}} = \frac{145,02 \cdot 0,16 \cdot 0,9}{52,8} = 0,4\text{Н} \cdot \text{м.}$$

$$T_{ин.о.} = \frac{W_{ин.о.} \cdot r_k \cdot \eta_{к-т.}}{U_{мех.т.}} = \frac{679,78 \cdot 0,16 \cdot 0,9}{52,8} = 1,85\text{Н} \cdot \text{м.}$$

$$T_{тр.о.} = \frac{W_{тр.о.} \cdot r_k \cdot \eta_{к-т.}}{U_{мех.т.}} = \frac{419,2 \cdot 0,16 \cdot 0,9}{52,8} = 1,143\text{Н} \cdot \text{м.}$$

где $\eta_{к-т}$ – коэффициент полезного действия на участке кинематической цепи «колесо-тормоз».

Расчётный тормозной момент механизма определим по формуле:

					ДП 44.03.04.755.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		59

$$T_{\text{тр.мех}} = T_{\text{тр.0}} - T_{\text{у.0.}} - T_{\text{ин.0.}} = 1,14 - 0,1 - 1,85 = 1,11 \text{Н} \cdot \text{м}.$$

Фактическое время торможения определяется по формуле:

$$t_{\text{т.факт}} = \frac{W_{\text{дв}} \cdot J_{\text{мех.т.}}}{T_{\text{тр.мех}} + T_{\text{ст.т}}} = \frac{97,34 \cdot 0,781}{1,11 + 24,89} = 2,9 \text{сек.}$$

Данное значение времени превышает рекомендуемое $t_{\text{т}} = 1,5 \text{с}$, поэтому необходимо увеличить тормозной момент тормоза путём его регулировки на больший момент. Характеристика тормоза позволяет это, так как $T_{\text{т.н.}} = 300 \text{Н} \cdot \text{м}$. Следовательно замену двигателя механизма передвижения тележки не производим.

4.5 Проверка механизма передвижения крана на юз

Определим тормозной момент при движении крана без груза по формуле:

$$M_{\text{т}} = k \cdot \frac{D_{\text{х.к.}} \cdot \eta_{\text{м}}}{2 \cdot C \cdot U_{\text{м}}} \cdot (W_{\text{в}} + W_{\text{у}} - W_{\text{т}}), \text{Н} \cdot \text{м} \quad (38)$$

где $k = 1$ – коэффициент запаса (т.к. ветровая нагрузка отсутствует), [5].

$D_{\text{х.к.}}$ – диаметр ходового колеса, м;

$\eta_{\text{м}}$ – к.п.д. механизма;

C – количество приводов;

$W_{\text{в}}$ – сопротивление от ветра;

$W_{\text{у}}$ – сопротивление от уклона подкранового пути.

$$W_{\text{у.0.}} = \alpha \cdot (G_{\text{кр}} + G_{\text{гр}}) = 0,001 \cdot (423,7) = 0,42 \text{кН}.$$

$$W_{\text{т}} = W_{\text{тр.0.}} + W_{\text{ин.0.}} + W_{\text{гиб.0.}} = 3,39 + 3,65 + 0,94 = 7,98 \text{кН}.$$

										Лист
										60
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.755.ПЗ					

$$M_T = 1 \cdot \frac{0,71 \cdot 0,8}{2 \cdot 2 \cdot 31,5} \cdot (0,424 + 0 - 7,98) = 34 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Определённый таким образом тормозной момент не должен превышать момента юза, возникающего при скольжении неподвижных колёс крана по рельсам [14, стр. 277]. Определим момент юза, используя формулу [14, стр. 272]:

$$M_{\text{юз}} = \frac{\Delta G \cdot D_{\text{х.к.}} \cdot \eta_M \cdot \gamma}{2 \cdot U_M}, \quad (39)$$

где ΔG – часть общего веса крана без груза, приходящаяся на приводные колёса (цепной вес при работе без груза) [14, стр. 266];

γ – коэффициент сцепления колеса с рельсом [14 стр. 266].

$$\Delta G = \frac{G \cdot m}{n} = \frac{211,85 \cdot 2}{2 \cdot 31,5} = 211 \cdot 85 \text{ кН}.$$

$$M_{\text{юз}} = \frac{211,85 \cdot 0,71 \cdot 0,8 \cdot 0,2}{2 \cdot 31,5} = 382 \text{ Н} \cdot \text{м}^2.$$

Так как тормозной момент при движении крана без груза меньше, чем момент юза, то, следовательно, условие проверки выполняется и юза не будет.

4.6 Проверка механизма передвижения крана на пробуксовку

Определим запас сцепления колёс крана с рельсами при разгоне без груза на подъём по формуле [13, VI.3.13.]:

$$k_{\text{сц}} = \frac{N_{\text{пр}}(\mu_0 + W_{\text{min}})}{F_u + W_T} = \frac{74,72 \cdot 10^3 \cdot (0,2 + 0,008)}{10,6 \cdot 10^3 + 7,98 \cdot 10^3} = 1,29.$$

$$N_{\text{пр}} = P_{\text{min}} \cdot \frac{K_{\text{нер}}}{2} = 135,87 \cdot \frac{1,1}{2} = 74,72 \text{ кН}.$$

					ДП 44.03.04.755.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		61

где $N_{пр}$ – минимальная нагрузка на приводное колесо, Н;

μ_0 – коэффициент сцепления приводных колёс с рельсом, $\mu = 0,2$ [13, стр. 425].

$$W_{min} = \frac{W_{тпо}}{G_{кр}} = \frac{3,39 \cdot 10^3}{423,7 \cdot 10^3} = 0,008.$$

где W_{min} – минимальное значение коэффициента сопротивления движению [13, VI.3.2.];

$F_{и}$ – сила инерции, кН [13, VI.3.8.].

$$F_{и} = \frac{m_{к} \cdot V}{t_{р}}, \quad (40)$$

где $m_{к}$ – масса крана, кг;

V – скорость движения крана, м/с;

$T_{р}$ – время разгона крана до номинальной скорости, сек. [13, VI.3.10.].

$$F_{и} = \frac{42370 \cdot 2}{8} = 10,6 \text{ кН}.$$

$$t_{р} = \frac{n_{дв} \cdot (1,2 \cdot (J_{р} + J_{м}) + \frac{m_{к} \cdot D_{к}^2}{4 \cdot U^2 \cdot \eta})}{9,55 \cdot (M_{ср}^n - \frac{W_{т} \cdot D_{к}}{2 \cdot U \cdot \eta})}, \quad (41)$$

где $M_{н}$ – номинальный момент двигателя, Н·м;

γ – кратность среднего пускового момента двигателя [13 табл. VI.2.5.];

$M_{ср}^n$ – средний пусковой момент двигателя, Н·м;

$J_{р}$ – момент инерции ротора двигателя, кг·м²;

$J_{м}$ – момент инерции муфт и тормозного шкива, кг·м².

$$M_{ср}^n = \gamma \cdot M_{н} = 1,5 \cdot 173,64 = 260,46 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

										Лист
										62
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата						

$$M_H = 9550 \cdot \frac{N_H}{n_{дв}} = 9550 \cdot \frac{13}{175} = 173,64 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

$$t_p = \frac{n_{дв} \cdot (1,2 \cdot (J_p + J_M) + \frac{m_k \cdot D_k^2}{4 \cdot U^2 \cdot \eta})}{9,55 \cdot (M_{ср}^n - \frac{W_T \cdot D_k}{2 \cdot U \cdot \eta})} = \frac{715 \cdot (1,2 \cdot (5,7 + 1,75) + \frac{42370 \cdot 0,71^2}{4 \cdot 31,5^2 \cdot 0,8})}{9,55 \cdot (260,46 - \frac{7,98 \cdot 10^3 \cdot 0,71}{2 \cdot 31,5 \cdot 0,8})} = 8 \text{ с}.$$

Условие проверки по сцеплению колёс с рельсом имеет следующий вид [13, стр. 425.]:

где $[k_{сц}] = 1,2$ – коэффициент запаса сцепления при работе без ветровой нагрузки [13, стр. 425].

В данном случае $1,29 > 1,2$, следовательно, условие проверки выполняется и пробуксовки не будет.

4.7 Проверка стенки барабана механизма главного подъёма

Так как барабан механизма главного подъёма ранее работал в условиях тяжёлого режима работы и при грузоподъёмности $Q = 20 \text{ т}$, то, при снижении грузоподъёмности до 12 т , нагрузки на него значительно уменьшатся. Следовательно, в замене барабан механизма главного подъёма не нуждается.

4.8 Проверка крюка крюковой подвески механизма главного подъёма

На крюковой подвеске установлен крюк N21A ГОСТ 6627 - 74.

Наибольшая грузоподъёмность крюка по данным [13], при режиме работы 5М составляет 25 т .

Следовательно, крюк в замене не нуждается.

					ДП 44.03.04.755.ПЗ	Лист
						63
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		

4.9 Проверка соответствия геометрии верхних блоков и блоков крюковой подвески

Так как при реконструкции крана производилось снижение его грузоподъёмности, а замена каната не производилась, то никаких изменений в геометрии верхних блоков и блоков крюковой подвески производить не нужно, то есть блоки в замене не нуждаются.

4.10 Соответствие геометрии нарезки барабана

Так как при реконструкции крана грузоподъёмность его снизилась, а при снижении грузоподъёмности крана замена каната не производилась, следовательно, никаких изменений в нарезке барабана производить не нужно, то есть барабан в замене не нуждается.

4.11 Проверка колёс тележки по напряжениям в контакте обода и рельса

Так как при реконструкции крана грузоподъёмность его снизилась с 20т до 12т, а колёса тележки и подтележечные рельсы замене не подвергались, значит напряжения в контакте обода и рельса значительно ниже, чем до реконструкции. Следовательно, колёса в замене не нуждаются.

4.12 Расчёт колёс крана по напряжениям в контакте обода и рельса

На данном кране установленные колёса проверяем по напряжениям в контакте обода и рельса. Материал колёс: сталь 75 или 65Г, ГОСТ 14959 - 79.

					ДП 44.03.04.755.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		64

Отношение радиуса головки рельса к диаметру колеса:

$$\frac{r}{D} = \frac{400}{710} = 0.563 .$$

тогда $k = 0,143$ [11.табл.5.3.],

где k – коэффициент, учитывающий отношение радиуса головки рельса и диаметр колеса.

Скорость движения крана $V = 2$ м/с, тогда $k_t = 1,07$ [11, табл. 5.5.],

где k_t – коэффициент, учитывающий влияние касательной нагрузки на напряжения в контакте колеса с рельсом.

$\alpha = 0,15$ м/с – коэффициент, зависящий от жёсткости кранового пути [11, табл. 5.4.].

Коэффициент динамичности пары «колесо-рельс» определим по формуле [11, стр. 98]:

$$K_d = 1 + \alpha \cdot \delta = 1 + 0,15 \cdot 2 = 1,3.$$

Рельс КР имеет выпуклую головку, следовательно, напряжения σ (МПа) в контакте обода колеса и рельса находим по формуле:

$$\sigma = 7500 \cdot K \cdot K_1 \cdot \sqrt[3]{\frac{K_d \cdot P}{D^2}}, \quad (42)$$

где P – максимальная статистическая нагрузка на колесо, кН

D – диаметр колеса, см

$\beta = 0,9$ [1, табл.5.7.]

$$\sigma = 7500 \cdot 0,143 \cdot 1,07 \cdot \sqrt[3]{\frac{1,3 \cdot 174,57}{71^2}} = 528,6 \text{ МПа.}$$

					ДП 44.03.04.755.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		65

Усреднённую скорость движения крана определим по формуле:

$$V_c = \beta \cdot V = 0,9 \cdot 2 = 1,8 \text{ м/с.}$$

Максимальное время работы колеса за срок его службы 8 лет – $T_{\text{маш}} = 3200 \text{ ч.}$

Полное число оборотов за срок службы определим по формуле:

$$N_c = 36 \cdot 10^4 \cdot \frac{V_c}{\pi \cdot D} T_{\text{маш}} = 36 \cdot 10^4 \cdot \frac{1,8}{3,14 \cdot 71} \cdot 3200 = 9,3 \cdot 10^6 \text{ об.}$$

Отношение минимальной нагрузки на колесо к максимальной:

$$\frac{P_{\text{min}}}{P} = \frac{74,73}{174,57} = 0,43.$$

Коэффициент приведённого числа оборотов колеса [13, табл. V.2.55.]:

$$Q = 0,24$$

Приведённое число оборотов колеса за срок его службы определим по формуле:

$$N = Q \cdot N_c = 0,24 \cdot 9,3 \cdot 10^6 = 2,232 \cdot 10^6 \text{ об.}$$

Допускаемые напряжения определим по формуле:

$$[\sigma_N] = [\sigma_o] \cdot \sqrt[9]{\frac{10^4}{N}}, \quad (43)$$

где $[\sigma_o]$ – допускаемые напряжения при $N \leq 10$ [11, табл. 5.6.].

					ДП 44.03.04.755.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		66

$$[\sigma_N] = 800 \cdot \sqrt[9]{\frac{10^4}{2,232 \cdot 10^6}} = 783,27 \text{ МПа.}$$

Напряжения в контакте обода колеса и рельса не превышают допустимого напряжения:

$$\sigma < [\sigma_N]$$

Следовательно, замена колёс не требуется.

					ДП 44.03.04.755.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		67

5. МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

С целью обучения рабочих крановщиков особенностям эксплуатации модернизированного крана, разработан учебный план.

5.1 Учебный план изучения раздела «Конструкция и эксплуатация модернизированного крана марки КМ-УК Р20-А6-22,5-9-УЗ. »

Учебный план.

Раздел: Конструкция и эксплуатация модернизированного крана Объем в аудиторных часах: 10ч, из них лекционных: 9ч

практических: 1ч

Таблица 2 - Учебный план

№ п/п	Тема	Кол-во ауд. часов	Вид занятия	Вид отчетности
1	Назначение	1	Лекция	Контрольные вопросы
	Конструкции	1		
2	Инструкция для крановщиков при эксплуатации мостовых кранов	2	Лекция	Контрольные вопросы
3	Производство погрузочно-разгрузочных работ мостовыми кранами	2	Лекция	Контрольные вопросы
4	Нагрузки на кран	3	Лекция	Контрольные вопросы
5	Весь раздел	1	Зачет	Ответы по билетам

5.2 План-конспект урока

Тема: Конструкция и эксплуатация модернизированного мостового крана.

Тема урока: Инструкция для крановщиков по безопасной эксплуатации мостовых кранов.

					ДП 44.03.04.755.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		68

Цели урока:

Образовательная: изучать инструкцию крановщика по безопасной эксплуатации мостовых кранов, закрепить учебный материал;

Воспитательная: воспитывать познавательный интерес к принципу безопасной работы мостового крана, к самостоятельному овладению навыками работы с технической литературой.

Тип урока: комбинированный

Методы и приемы обучения:

По способу организации познавательной деятельности: объяснительно-иллюстративный, репродуктивный.

По источнику знаний: словесные (рассказ-объяснение, беседа, работа с технической литературой).

Основные понятия: правила, техника безопасности, мостовой кран.

Методические указания: Необходимо привить сознательное усвоение материала по правилам техники безопасности.

ХОД УРОКА

I. Организационная часть (5 мин)

Проверка присутствующих по журналу, активизация учащихся, наведение дисциплины.

II. Подготовка к изучению нового материала (7 мин)

1. Актуализация знаний

Что такое мостовой кран?

Для чего нужны правила техники безопасности?

Ответственность при несоблюдении правил техники безопасности?

2. Сообщение темы и цели урока

III. Объяснение нового материала (50 мин)

1. Основные составляющие мостового крана.

2. Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов

					ДП 44.03.04.755.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		69

IV. Закрепление нового материала (10 мин)

Какие основные требования предъявляются при эксплуатации мостовых кранов?

Какие требования предъявляются к крановщикам?

Какие требования к крановым колесам?

Климатические условия в кабине крановщика?

V. Подведение итогов занятия (5 мин)

Учащиеся должны знать:

1. Основные конструктивные элементы мостовых кранов;
2. Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов.

ПЛАН ХОДА УРОКА

Таблица 3 - План хода урока

Деятельность преподавателя	Время, мин	Деятельность учащихся
I. Организационная часть	5 мин	Проверка присутствующих по журналу. Организация рабочих мест
II. Подготовка к изучению нового материала	10 мин	Ответы на вопросы.
III. Объяснение нового материала	50 мин	Запись нового материала.
IV. Закрепление нового материала	10 мин	Ответы на вопросы по закреплению нового учебного материала.
V. Подведение итогов занятия	5 мин	Проверка правильности записи в тетрадях

КОНСПЕКТ УРОКА

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Согласно Правилам устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов (ПБ 10-382-00)[3], мостовые и козловые краны относятся к кранам мостового типа.

					ДП 44.03.04.755.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		70

Краны, у которых несущие элементы конструкции опираются на крановый путь при помощи двух опорных стоек, называются козловыми, а краны, у которых несущие элементы опираются непосредственно на крановый путь, - мостовыми. По виду грузозахватного органа краны мостового типа подразделяются на крюковые, грейферные, магнитные, мультимагнитные, мультотрейферные, мультозавалочные, литейные, штыревые, посадочные, ковочные, колодцевые, стрипперные, краны-штабелеры и др.

Мостовые и козловые краны относятся к грузоподъемным машинам повышенной опасности. Они применяются для ведения погрузочно-разгрузочных работ, монтажа, демонтажа и ремонта оборудования, а также используются в технологических процессах производства для перемещения грузов.

Безопасная эксплуатация мостовых и козловых кранов зависит от умелых и правильных действий крановщика (машиниста), имеющего соответствующую квалификацию.

2. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

Для управления грузоподъемными кранами и их обслуживания приказом руководителя предприятия назначаются обученные и аттестованные крановщики не моложе 18 лет, имеющие образование не ниже 8 классов, годные по состоянию здоровья, что должно быть подтверждено результатами медицинского освидетельствования.

Крановщики мостовых и козловых кранов должны иметь квалификационную группу по электробезопасности не ниже II.

Подготовка и аттестация крановщиков должны проводиться в профессионально-технических училищах, а также на курсах и в технических школах обучения рабочих указанным специальностям, создаваемых на предприятиях (в организациях), располагающих соответствующей базой для теоретического и производственного обучения и имеющих специальное разрешение (лицензию) органов госгортехнадзора.

					ДП 44.03.04.755.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		71

Подготовка крановщиков должна осуществляться по программам, разработанным учебным центром и согласованным с Госгортехнадзором России (например, Типовые программы для подготовки и повышения квалификации крановщиков мостовых и козловых кранов, разработанные и утвержденные НТЦ “Строймашавтоматизация” и согласованные с Госгортехнадзором России 29.05.95 г., Программы для подготовки крановщиков-операторов грузоподъемных кранов мостового типа, оснащенных радиоэлектронными средствами дистанционного управления, утвержденные ВНИИПТМАШ и согласованные с Госгортехнадзором России 19.04.95 г.).

Аттестованным рабочим выдается удостоверение установленной формы с фотокарточкой (форма удостоверения приведена в приложении 7) за подписью председателя комиссии и представителя органов госгортехнадзора. В удостоверении крановщика должен быть указан тип крана, к управлению которым он допущен. Во время работы крановщик должен иметь удостоверение при себе.

Перед допуском к самостоятельной работе крановщик должен пройти стажировку на кране, на котором он будет работать. Продолжительность стажировки устанавливается инженерно-техническим работником, ответственным за содержание грузоподъемных машин в исправном состоянии, в зависимости от конструкции крана и индивидуальных способностей крановщика и должна составлять не менее 10 дней для крановщиков, работающих на кранах общего и специального назначения, и не менее 1 мес для крановщиков, работающих на кранах, эксплуатирующихся в металлургическом производстве, и на кранах- перегружателях.

Крановщик должен владеть навыками по управлению краном и его обслуживанию. По части содержания кранов в исправном состоянии крановщик должен выполнять указания инженерно-технического работника, ответственного за содержание грузоподъемных машин в исправном состоянии, а по части производства работ - лица, ответственного за безопасное производство работ кранами.

					ДП 44.03.04.755.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		72

Контрольные вопросы:

1. Какие краны относятся к кранам мостового типа?
2. Какие краны называются козловыми?
3. Какие краны называются мостовыми?
4. Классификация кранов по виду грузозахватного устройства?
5. Назначение мостовых и козловых кранов?
6. Сколько классов образования, минимум, должен иметь крановщик?
7. Какую квалификационную группу по электробезопасности должны иметь крановщики?
8. Какова продолжительность стажировки крановщика, после обучения?
9. Каковы основные причины аварий и несчастных случаев при эксплуатации мостовых и козловых кранов?
10. Что должен знать о кранах, обученный крановщик, имеющий на руках удостоверение на право управления кранами и их обслуживания?
11. Обязанности крановщика перед началом работы?
12. В каких случаях крановщик не должен приступать к работе?
13. Обязанности крановщика во время работы крана?
14. Обязанности крановщика в аварийных ситуациях?
15. Обязанности крановщика по окончании работы крана?

В методической части:

- проанализирован план изучения раздела «Конструкция и эксплуатация модернизированного крана»;
- составлен план – конспект урока теоретического обучения по теме: «Инструкция для крановщиков по безопасной эксплуатации мостовых кранов» (определены цели и задачи проведения урока, приведен конспект урока и контрольные вопросы);
- определена деятельность педагога и студентов на уроке.

					ДП 44.03.04.755.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		73

6. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТА

Проведём сравнение по экономическим показателям между покупкой и установкой нового мостового крана и модернизацией существующего крана и выясним целесообразность модернизации.

6.1 Капитальные вложения

Капитальные вложения при покупке нового крана (базовый вариант):

$$K_6 = C_{н.кр.} = 4000 \text{ тыс.руб.}$$

где $C_{н.кр.}$ – цена крана (разработка проекта и монтаж).

Капитальные вложения по проектному варианту:

$$K_{п} = K_{пр.} + K_{мод.}$$

где $K_{пр.} = 45 \text{ тыс.руб.}$ – затраты на проектные работы.

Затраты связанные с модернизацией крана:

$$K_{мод} = C_{м} + C_{пок} \cdot K_{тз.} - C_{с}, \quad (44)$$

где $C_{м.}$ – затраты на закупку материалов, демонтаж и монтаж оборудования и различные транспортные расходы. ПАО «МЗиК» оценил проведение данных работ в 815,6 тыс.руб.;

$C_{пок}$ – цена купленных узлов и агрегатов:

$$C_{пок} = C_{тор}$$

где $C_{тор}$ – цена тормоза 15,5 тыс.руб.;

					ДП 44.03.04.755.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		74

$K_{ТЗ} = 1,1$ – коэффициент транспортно заготовительных расходов;

$Ц_c$ – средства, вырученные от продажи старого оборудования.

Затраты на модернизацию будут равны:

$$K_{\text{мод}} = 815,6 + 11,5 \cdot 1,1 - 0 = 828,25 \text{ тыс.руб.}$$

Общие капитальные затраты по проектному варианту:

$$K_{\text{п}} = 45 + 828,25 = 873,25 \text{ тыс.руб.}$$

6.2 Текущие (эксплуатационные затраты)

Годовые эксплуатационные затраты:

$$C = P_a + P_э + P_p + P_з, \quad (45)$$

где P_a – амортизационные расходы;

$P_э$ – расходы на электроэнергию;

P_p – затраты на текущий ремонт и содержание оборудования;

$P_з$ – расходы на заработную плату.

Амортизационные отчисления для проектируемого варианта:

$$P_{\text{а.п.}} = (K_{\text{п}} + Ц_{\text{кр}}) \cdot \frac{N_a}{100}, \quad (46)$$

где $N_a = 5\%$ – норма отчислений на мостовые краны.

$Ц_{\text{кр}}$ – цена существующего крана (с учетом амортизации).

$$P_{\text{а.п.}} = (873,25 + 2249) \cdot 0,05 = 156,1 \text{ тыс.руб./год.}$$

					ДП 44.03.04.755.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		75

Амортизация для базового варианта:

$$P_{a.б.} = K_б \cdot \frac{N_a}{100} = 4000 \cdot 0,05 = 200 \text{тыс. руб./год}$$

Средняя заработная плата крановщика составляет 10 тыс. руб./мес.

Затраты на заработную плату всем крановщикам (5 человек) по обоим вариантам:

$$P_з = 5 \cdot 12 \cdot 10 \cdot 1,26 = 756 \text{тыс. руб./год.}$$

Затраты на электроэнергию по обоим вариантам составляют:

$$P_э = \sum 8760 \cdot 0,4 \cdot N_i \cdot 1,9, \quad (47)$$

где 8760 – количество часов работы крана за год;

0,4 – продолжительность включения двигателя в час;

N_i – мощность двигателя, кВт;

1,9 – цена за 1кВт*час, руб./кВтч

$$P_э = 8760 \cdot 0,4 \cdot (37 + 5 + 15) \cdot 1,9 = 379,5 \text{тыс. руб./год.}$$

Текущие общие затраты по базовому варианту:

$$C_б = P_{a.б.} + P_э + P_з = 1335,5 \text{тыс. руб./год}$$

Текущие общие затраты по проектному варианту:

$$C_{п} = P_{a.б.} + P_э + P_з = 156,1 + 379,5 + 756 = 1291,6 \text{тыс. руб./год.}$$

					ДП 44.03.04.755.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		76

6.3 Эффективность проекта

Определим эффективность проекта по методу расчета приведенных затрат[23].

$$ПЗ_i = C_i + E_n \cdot K_i, \quad (48)$$

где C_i – текущие затраты по i -му варианту;

E_n – нормативный коэффициент эффективности (примем $E_n = 12\%$);

K_i – капитальные вложения по i -му варианту.

Приведенные затраты для базового варианта:

$$ПЗ_б = 1335,5 + 0,12 \cdot 4000 = 1815,5 \text{ тыс. руб.}$$

Приведенные затраты для проектного варианта:

$$ПЗ_п = 1291,6 + 0,12 \cdot 3122,25 = 1666,3 \text{ тыс. руб.}$$

Экономический эффект инвестиций определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{эф}} = ПЗ_б - ПЗ_п = 1815,5 - 1666,3 = 149,2 \text{ тыс.руб.}$$

Срок окупаемости:

$$T_{\text{ок}} = \frac{\Delta K}{\Delta ПЗ} = \frac{877,75}{149,2} = 5,9 \text{ лет.}$$

Коэффициент эффективности инвестиций:

$$E = \frac{1}{T_{\text{ок}}} = \frac{1}{5,9} = 0,169.$$

					ДП 44.03.04.755.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		77

Полученные показатели ($T_{ок}$ и E) сравниваются с нормативными значениями. Вариант, в котором $T_{н.ок} < T_{ок}$ и $E \geq E_n$ является оптимальным. В данном случае

$T_{н.ок} = 1/E_n = 8,3 \text{ лет} \geq T_{ок}$ и $E_n = 0,12 \leq E$, что говорит о положительной экономической эффективности проекта.

					ДП 44.03.04.755.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		78

7. БЕЗОПАСНОСТЬ ПРОЕКТА

7.1 Общие положения

При проведении реконструкции крана, ремонтных работ, производятся работы, связанные с нахождением людей на высоте. Используются механизмы, реконструируемого крана.

Для исключения несчастных случаев и травмирования рабочих необходимо провести следующие мероприятия:

– Вывод крана в ремонт производится лицом, ответственным за исправное состояние ГПМ. Вывод производится в соответствии с положением о ключ- бирочной системе.

– Произвести отключение крана от электрической сети. Отключение производит дежурный электромонтёр, вывешивая плакат “Работают люди”.

– Производство работ допускается по наряду допуску и оформляется план организации работ.

– Ремонт производится у посадочной площадки (ремонтной площадки).

– Внизу под ремонтируемым механизмом устанавливается ограждение не менее двух метров от проекции механизма, вывешиваются таблички по ГОСТ 12.4.026-76.

При производстве работ кранами, связанных с перемещением грузов, необходимо соблюдать следующие условия:

– масса груза не должна превышать 12 тонн;

– управление краном разрешается крановщику, получившему ключ-марку;

– выходы на крановые пути, галереи, должны быть закрыты на замок;

– установлен порядок обмена сигналами между крановщиком и стропальщиком;

										Лист
										79
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.755.ПЗ					

- место производства работ должно быть освещено в соответствии с проектом производства работ или нормативной документацией;
- на месте производства работ по перемещению грузов, а также на кране не допускается нахождение лиц, не имеющего прямого отношения к производимой работе;
- вход на кран должен производиться через посадочную площадку;
- подъём и опускание инструмента производится только в специальной сумке, сумка должна быть закрыта клапаном и застёгнута на замок, слесарь с инструментом должен подниматься на высоту последним, а спускаться первым;
- погрузочно-разгрузочные работы должны производиться с учётом требований ГОСТ 123.119;
- перемещение груза не должно производиться при нахождении под ним людей;
- груз или грузозахватные приспособления при их горизонтальном перемещении должны быть подняты предварительно на высоту 500мм;
- опускать перемещаемый груз разрешается лишь на специально отведённое место, где исключается возможность падения, опрокидывания или сползания устанавливаемого груза. На место устанавливаемого груза должны быть уложены подкладки для того, чтобы стропы могли быть легко и без повреждений извлечены из-под груза;
- по окончании работы или в перерыве груз должен оставаться в подвешенном состоянии, рубильник в кабине крановщика должен быть отключен и заперт на замок;
- при подъёме груза, он должен быть поднят на высоту не более 200 - 300мм для проверки правильности строповки и проверки надёжности действия тормоза;
- не допускается вход в кабину крана при его движении;
- запрещается подтаскивание груза по полу цеха при наклонном положении грузовых канатов;

					ДП 44.03.04.755.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		80

- запрещается выравнивание перемещаемого груза руками, а также стропов на весу;
- запрещается работа крана при неисправных тормозах.

7.2 Возможные чрезвычайные ситуации

1. Отключение электрической энергии.

При отключении электроэнергии автоматически срабатывают тормоза на всех механизмах крана, устраняя неконтролируемое перемещение крана, тележки и груза.

2. Падение поднимаемого груза.

Происходит вследствие отрыва каната или строп. Несёт людские жертвы и невосполнимые потери на производстве.

3. Падение крана.

Несёт людские жертвы и невосполнимые потери на производстве.

Для предотвращения чрезвычайных ситуаций необходимо неукоснительное соблюдение предписаний отдела главного механика, кранового бюро, своевременный ремонт.

7.3 Травмоопасность

Травмоопасность определяется коэффициентом травмоопасности. За последние три года произошёл один несчастный случай, связанный с работой крана.

За три года число контактов «человек-кран» составило 197640 раз.

Коэффициент травмоопасности определяется следующим образом:

					ДП 44.03.04.755.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		81

$$K_{\text{тр}} = \frac{n}{m}, \quad (49)$$

где n – число несчастных случаев за определённый промежуток времени;
 m - число контактов «человек-кран» за этот же период времени.

$$K_{\text{тр}} = \frac{1}{197640} = 5,4 \cdot 10^{-6}.$$

7.4 Вентиляция на рабочем месте

Человек постоянно находится в процессе теплового воздействия с окружающей средой. Теплота, выделяемая организмом, должна отводиться в окружающую среду. Соответствие количества этой теплоты и охлаждающей способности среды характеризует её комфортность. При высокой температуре воздуха в помещении кровеносные сосуды расширяются, приток крови увеличивается, и теплоотдача тоже увеличивается.

В зависимости от наличия в помещении источников тепла и опасности перегрева для поддержания нормального микроклимата применяется вентиляция или более совершенное средство - кондиционирование воздуха — подача в помещение (кабину) очищенного от пыли и примесей воздуха с определённой температурой и влажностью.

В цехе присутствует естественная и приточно-вытяжная вентиляция.

7.4.1 Расчёт вентиляции

Интенсивность вентиляции характеризуется кратностью воздухообмена, которую рассчитывают по формуле:

					ДП 44.03.04.755.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		82

$$K = \frac{L}{V}, \quad (50)$$

где L – объём воздуха, подаваемого или удаляемого из помещения;

V – объём воздуха вентилируемого помещения;

$$V = l \cdot b \cdot h, \quad (51)$$

где l – длина цеха, м;

b - ширина цеха, м; h - высота цеха, м

$$V = 90 \cdot 36 \cdot 18 = 58320 \text{ м}^3.$$

Объём удаляемого воздуха при выделении вредных газов вычислим по формуле:

$$L = \frac{G}{g_{\text{выт}}}, \quad (52)$$

где G – количество выделяющихся в помещении вредных газов;

$g_{\text{выт}}$ – концентрация вредных веществ в удалённом воздухе; $g_{\text{выт}}$ не должно превышать ПДК, иначе нарушаются санитарные нормы.

В данном помещении источником тепла являются плавильные печи. От которых выделяются окиси азота в частности NO_2 , в количестве 30 г/час, $\text{ПДК}_{\text{м02}} = 0,01 \text{ г/м}^3$.

Примем $g_{\text{выт}} = \text{ПДК} = 0,01 \text{ г/м}^3$, тогда объём удаляемого воздуха должен быть:

$$L = \frac{30}{0,01} = 3000 \text{ м}^3/\text{час}.$$

$$K = \frac{L}{V} = \frac{3000}{58320} = 0,005.$$

					ДП 44.03.04.755.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		83

У имеющейся вентиляционной системы кратность воздухообмена равна $K = 0,05$, следовательно необходимая частота воздуха обеспечивается.

При данном воздухообмене ПДК вредных веществ не превышает нормативные ГН 2.2.5.1313-03 [4].

7.5 Микроклимат

Параметры микроклимата оказывают существенное влияние на тепловое самочувствие человека и его работоспособность.

Переносимость человеком температуры, как и его теплоощущение в большой мере зависит от влажности и скорости окружающего воздуха. Для человека опасны как перегрев организма (гипертермия), так и переохлаждение (гипотермия).

При этом могут наблюдаться головная боль, общая слабость, тошнота, потоотделение. При охлаждении увеличивается интенсивность обменных процессов, дыхание становится неритмичным, появляется мышечная дрожь.

Для механических цехов согласно СанПиН 2.2.4-548-96 [5] приняты следующие оптимальные параметры микроклимата:

Таблица 4 - Показатели микроклимата на рабочих местах

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С:	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	1а (до 139)	22-24	21-25	60-40	0,1
	1б (140-174)	21-23	20-24	60-40	0,1
	2а (175-232)	19-21	18-22	60-40	0,2
	2б (233-290)	17-19	16-20	60-40	0,2
	3 (более 290)	16-18	15-19	60-40	0,3
Теплый	1а (до 139)	23-25	22-26	60-40	0,1
	1б (140-174)	22-24	21-25	60-40	0,1
	2а (175-232)	20-22	19-23	60-40	0,2
	2б (233-290)	19-21	18-22	60-40	0,2

7.6 Освещение

Освещённость рабочих мест крановщика и стропальщиков имеет важное влияние на безопасность проведения работ.

В дневное время освещённость в некоторой части обеспечивается, в зависимости от погодных условий, через оконные проёмы в верхней части здания. Для улучшения этой составляющей необходимо проводить чистку и мойку этих окон с соблюдением мер безопасности при работе на высоте.

В тёмное время суток, а также при значительной облачности освещение обеспечивается с помощью ламп накаливания, расположенных по всей рабочей зоне действия крана и достаточных для освещения груза.

В цехе выполняется зрительная работа средней точности IV заряда.

Искусственное освещение согласно СНиП 23-05-95*[6] составляет 400-500 люкс.

Совмещенное освещение - КЕО = 2,4%.

7.6.1 Расчёт естественного освещения

Нормативная площадь световых проёмов:

$$S_o^ч = \frac{l_n \cdot K_3 \cdot \eta_0}{100 \cdot \tau_0 \cdot r_1} \cdot K_{зд} \cdot S_n, \text{ м}^2; \quad (53)$$

где $l_n = 1$ – коэффициент естественной освещённости;

$K_3 = 1,4$ – коэффициент запаса при проектировании; $\eta_0 = 8,5$ – световая характеристика окон;

$K_{зд} = 1$ – коэффициент, учитывающий затемнение окон соседними зданиями;

$S_n = (36 \cdot 90)$ – площадь пола помещения, м^2 ;

					ДП 44.03.04.755.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		85

$R_1 = 1,1$ – коэффициент, учитывающий повышение КЕО при боковом освещении, при отражении света от поверхности.

$$\tau_0 = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3, \quad (54)$$

где $\tau_0 = 0,9$ – коэффициент светопропускания;

$\tau_2 = 0,75$ – коэффициент потерь в пролётах светопроёма;

$\tau_3 = 1$ – коэффициент потерь света в несущих конструкциях.

$$\tau_0 = 0,9 \cdot 0,75 \cdot 1 = 0,675.$$

$$S_0^{\text{ч}} = \frac{1 \cdot 1,4 \cdot 8,5}{100 \cdot 0,675 \cdot 1,1} \cdot 1 \cdot (36 \cdot 90) = 519,3 \text{ м}^2.$$

7.6.2 Расчёт искусственного освещения

Расчёт искусственного освещения ведём по методу светового потока, учитывающий световой поток, отражённый от потолка и стен.

$$\Phi_{\text{л}} = \frac{E_{\text{лк}} \cdot S \cdot z \cdot k}{N \cdot \eta}, \quad (55)$$

где $E_{\text{лк}} = 400$ (лк) – нормированная минимальная освещённость;

S – площадь освещаемого помещения, м^2 ;

z – коэффициент минимальной освещенности, равный для дуговых ртутных ламп высокого давления 1,1;

$k = 1,15$ – коэффициент запаса;

η – коэффициент использования светового потока лампы, зависящий от КПД и кривой распределения силы света светильника, коэффициента

					ДП 44.03.04.755.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		86

отражения потока r_{Π} и стен r_c , высота подвеса светильников и показателя помещения i .

$$i = A \cdot B / H_p \cdot (A + B), \quad (56)$$

где A и B – соответственно длина и ширина помещения, м;
 H_p – высота светильников под рабочей поверхностью, м.

$$i = 90 \cdot \frac{36}{18} \cdot (90 + 36) = 1,4.$$

Примем $\eta = 0,6$.

Затем по формуле определим световой поток лампы:

$$\Phi_{\text{л}} = \frac{400 \cdot (90 \cdot 36) \cdot 1,15 \cdot 1,1}{50 \cdot 0,6} = 54648 (\text{лм}).$$

Выбираем лампу накаливания ДРЛ - 1000 со световым потоком $\Phi_{\text{л}} = 59000$ (лм), мощностью $P = 1000$ (Вт).

Для лампы выбираем светильник РСП - 1000.

7.7 Шум и вибрация

В процессе эксплуатации крана возникает шум и вибрация.

Шум вызывается:

- во время движения при прохождении краном стыков рельс;
- работой механизмов;
- подачей звуковых сигналов.

					ДП 44.03.04.755.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		87

С целью снижения и уменьшения воздействия на работающих с данным краном людей следует:

- производить проверку подкрановых и подтележечных рельс. Их состояние должно соответствовать правилам [3].
- производить замену изношенных и сломанных деталей и узлов во время плановопредупредительного ремонта, а в случае необходимости немедленно.
- звуковой сигнал не должен вызывать значительного шума, однако должен быть достаточен для восприятия рабочими.

У крана, работающего в закрытом помещении при температуре превышающей +25°С должна быть закрыта кабина и установлен кондиционер. Остекление закрытых кабин у кранов выполнено из безосколочных стёкол в сторону обзора и одного размера.

Уровень шума на месте крановщика должен соответствовать ГОСТ 12.1.005 - 81 [7] и не должен превышать 60-70 децибел. Максимальное значение эквивалентного уровня звука не превышает 110 децибел, а уровень звука, создаваемого механизмами крана примерно на 5 децибел.

Для ограничения уровня шума используются различные средства звукоизоляции кабины, относительно металлоконструкции крана, например резиновые втулки и прокладки. Кроме того, применяется обшивка кабины со звукоизолирующим наполнителем. Остекление производится через резиновые уплотнители, причём остекление двойное.

Защита от вибрации представляет собой два С - образных листовых упругих элемента, работающих на изгиб и два гидравлических амортизатора. С помощью такой подвески можно осуществить виброизоляцию в диапазоне частот более 4Гц. Такая подвеска осуществляет виброизоляцию всей кабины.

Кабина герметично закрывается, что снижает уровень шума на рабочем месте крановщика, но кроме этого осуществляется виброизоляция сидения. Сиденье снабжено подпружиненной подвеской с амортизаторами. Что, в общем обеспечивает допустимые значения вибрации на рабочем месте установленных в СН2.2.4\1.8.566-96[8].

					ДП 44.03.04.755.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		88

7.8 Электромагнитное излучение

Электромагнитное излучение не превышает нормативных показателей СанПин 2.2.2\2.4.1340-03[9].

7.9 Электробезопасность

Кран работает от электрической энергии. К крану электроэнергия подводится с помощью троллеев - жёстких токопроводов. На тележку электроэнергия подводится с помощью гибкого кабеля.

Проводка на металлических конструкциях, в кабине должна быть выполнена в металлических коробках или трубах проводами типов ПР, ПРТ ГОСТ 2052 - 75 или кабелем типов КРПТ, КРПС ГОСТ 13497 - 77. Выводы из коробов и труб к электродвигателям, резисторам и конечным выключателям рекомендуется выполнять в гибких металлических рукавах и соединять рукава с электроаппаратом согласно ОСТ 24.09.08. - 75.

Для защиты от поражения током все установки должны быть заземлены в соответствии с ГОСТ 12.1.030-96.

Элементы цепей при наращивании должны быть надёжно изолированы и защищены от механического воздействия.

Запрещается в качестве провода сети заземления использовать металлические конструкции здания, коммуникации.

При проведении ремонтных работ необходимо отключать подвод энергии с целью избегания поражения электрическим током.

При ремонте крана должен присутствовать электрик.

					ДП 44.03.04.755.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		89

7.10 Пожарная безопасность

При ремонте и эксплуатации крана и механизмов применяются различные нефтепродукты:

- масла;
- смазки;
- керосин для промывки, которые при определённых условиях могут воспламениться.

В соответствии с ГОСТ 12.1.004-91 *[10] категорически запрещается иметь на кране запасы смазочных материалов и другие нефтепродукты. Запрещается использовать для чистки механизмов и узлов бензин, ацетон и другие легковоспламеняющиеся материалы и жидкости.

Категорически запрещается использование открытого огня.

Подтекания масла должны удаляться ежемесячно до устранения причин неисправности.

7.11 Безопасность при ЧС

Под источником чрезвычайной ситуации понимают опасное природное явление, аварию или техногенное происшествие, широко распространённую инфекционную болезнь людей, сельскохозяйственных животных и растений, а также применение современных средств поражения, в результате чего произошла или может возникнуть чрезвычайная ситуация.

Для того чтобы объект сохранил устойчивость в условиях чрезвычайных ситуаций, проводят комплекс инженерно-технических, организационных и других мероприятий, направленных на защиту персонала от воздействия опасных и вредных факторов [26].

В проектом варианте рассматривается ситуация с возгоранием проводки на производственном участке, что в результате может привести к пожару.

					ДП 44.03.04.755.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		90

Основными системами пожарной безопасности являются системы предотвращения пожара и противопожарной защиты, включая организационно-технические мероприятия.

Предотвращение пожара достигается:

- устранением образования горючей среды;
- устранением образования в горючей среде (или внесения в нее) источника зажигания;
- поддержанием температуры горючей среды ниже максимально допустимой;
- поддержание в горючей среде давления ниже максимально допустимого и другими мерами.

Предотвращения распространения пожара обеспечивается:

- устройством противопожарных преград (стен, зон, поясов, защитных полос, занавесов и т.д.);
- установлением предельно допустимых площадей противопожарных отсеков и секций;
- устройством аварийного отключения и переключения аппаратов и коммуникаций;
- применением средств, предотвращающих разлив пожароопасных жидкостей при пожаре;
- применением огнепреграждающих устройств (огнепреградителей, затворов, клапанов, заслонок и т.п.);
- применением различных предохранительных мембран на агрегатах и коммуникациях.

Кроме того, производится анализ уязвимости объекта и его элементов в условиях чрезвычайных ситуаций. Разрабатываются мероприятия по повышению устойчивости объекта и его подготовке в случае повреждения к восстановлению.

					ДП 44.03.04.755.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		91

8. ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ПРОЕКТА

8.1 Проблемы загрязнения окружающей среды

Загрязнение окружающей среды – привнесение новых, не характерных для нее физических, химических и биологических агентов или превышение их естественного уровня.

Таблица 5 - Основные типы загрязнения

Физическое (тепловое, шумовое, электромагнитно, световое, радиоактивное)	Химическое (тяжелые металлы, пестициды, пластмассы и др. химические вещества)	Биологическое (биогенное, микробиологиче ское, генетическое)	Информационное (информационный шум, ложная информация, факторы беспокойства)
---	---	--	---

Любое химическое загрязнение – это появление химического вещества в непредназначенном для него месте. Загрязнения, возникающие в процессе деятельности человека, являются главным фактором его вредного воздействия на природную среду.

Загрязнению подвергаются атмосфера (воздушная среда), гидросфера (водная среда) и литосфера (твердая поверхность) Земли.

Основные источники загрязнения это: промышленность, транспорт, ТЭС, сточные воды, утечки нефти, отходы промышленности и сельского хозяйства, избыточное использование удобрений.

Вначале деятельность людей затрагивала лишь живое вещество суши и почву. В 19 в., когда начала бурно развиваться индустрия, в сферу промышленного производства начали вовлекаться значительные массы химических элементов, извлекаемых из земных недр. При этом воздействию

стала подвергаться не только наружная часть земной коры, но также природные воды и атмосфера.

Хотя химическая промышленность не является главным поставщиком загрязнений, для нее характерны выбросы, наиболее опасные для природной среды, человека, животных и растений. Термин «опасные отходы» применяют к любого рода отходам, которые могут нанести вред здоровью или окружающей среде при их хранении, транспортировке, переработке или сбросе. К ним относятся токсичные вещества, воспламеняющиеся отходы, отходы, вызывающие коррозию и другие химически активные вещества.

Основная доля опасных отходов образуется за счет продукции химической промышленности.

В зависимости от особенностей циклов массообмена загрязняющий компонент может распространяться на всю поверхность планеты, на более или менее значительную территорию или иметь локальный характер. Таким образом, экологические кризисы, являющиеся результатом загрязнения окружающей среды, могут быть трех сортов - глобальные, региональные и локальные.

Одной из проблем, имеющих глобальный характер, является возрастание содержания в атмосфере углекислого газа в результате техногенных выбросов. Наиболее опасным последствием этого явления может стать повышение температуры воздуха благодаря «парниковому эффекту».

Проблема нарушения глобального цикла массообмена углерода уже переходит из области экологии в экономические, социальные и, в конце концов, политические сферы.

В декабре 1997 в городе Киото (Япония) был принят *Протокол к рамочной конвенции Организации объединенных наций об изменении климата*. Главное в *Протоколе* - количественные обязательства развитых стран и стран с переходной экономикой, включая Россию, по ограничению и снижению выбросов парниковых газов, прежде всего CO₂, в атмосферу в 2008-2012. У России разрешенный уровень выбросов парниковых газов на эти годы -

					ДП 44.03.04.755.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		93

100% от уровня 1990. Для стран ЕС в целом он составляет 92%, для Японии - 94%. У США предполагалось 93%, однако эта страна отказалась участвовать в Протоколе, поскольку снижение выбросов углекислого газа означает понижение уровня выработки электроэнергии и, следовательно, стагнацию промышленности. 23 октября 2004 Государственная Дума России приняла решение о ратификации *Киотского Протокола*.

К загрязнению регионального масштаба относятся многие отходы промышленных предприятий и транспорта. В первую очередь, это касается диоксида серы. Он вызывает образование кислотных дождей, поражающих организмы растений и животных и вызывающих заболевания населения. Техногенные оксиды серы распределяются неравномерно и наносят ущерб отдельным районам. За счет переноса воздушных масс они зачастую пересекают границы государств и оказываются на территориях, удаленных от индустриальных центров.

В крупных городах и промышленных центрах воздух, наряду с оксидами углерода и серы, часто загрязнен оксидами азота и твердыми частицами, выбрасываемыми автомобильными двигателями и дымовыми трубами. Нередко наблюдается образование смога.

Большую роль в защите окружающей среды от химических загрязнений начинает играть международное сотрудничество. В 1970-е в озоновом слое, защищающем нашу планету от опасного действия ультрафиолетового излучения Солнца, было обнаружено снижение концентрации O_3 . В 1974 установили, что озон разрушается под действием атомарного хлора. Одним из основных источников хлора, попадающего в атмосферу, являются хлорфторпроизводные углеводородов (фреоны, хладоны), используемые в аэрозольных баллонах, холодильниках и кондиционерах. Разрушение озонового слоя происходит, возможно, не только под действием этих веществ. Тем не менее, были предприняты меры по уменьшению их производства и использования. В 1985 многие страны договорились о защите озонового слоя.

					ДП 44.03.04.755.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		94

Обмен информацией и совместные исследования изменений концентрации атмосферного озона продолжаются.

Проведение мероприятий, предупреждающих попадание загрязняющих веществ в водоемы, включает установление прибрежных защитных полос и водоохраных зон, отказ от ядовитых хлорсодержащих пестицидов, уменьшение сбросов промышленных предприятий за счет применения замкнутых циклов. Снижение опасности загрязнения нефтью возможно путем повышения надежности танкеров.

Для предотвращения загрязнения поверхности Земли нужны предупредительные меры - не допускать засорения почв промышленными и бытовыми сточными водами, твердыми бытовыми и промышленными отходами, нужна санитарная очистка почвы и территории населенных мест, где такие нарушения были выявлены.

Наилучшим решением проблемы загрязнения окружающей среды были бы безотходные производства, не имеющие сточных вод, газовых выбросов и твердых отходов. Однако безотходное производство сегодня и в обозримом будущем принципиально невозможно, для его реализации нужно создать единую для всей планеты циклическую систему потоков вещества и энергии. Если потери вещества, хотя бы теоретически, все же можно предотвратить, то экологические проблемы энергетики все равно останутся. Теплового загрязнения нельзя избежать в принципе, а так называемые экологически чистые источники энергии, например ветряные электростанции, все равно наносят ущерб окружающей среде.

Пока единственным путем существенного уменьшения загрязнения окружающей среды являются малоотходные технологии. В настоящее время создаются малоотходные производства, в которых выбросы вредных веществ не превышают предельно допустимых концентраций (ПДК), а отходы не приводят к необратимым изменениям природы. Используется комплексная переработка сырья, совмещение нескольких производств, применение твердых отходов для изготовления строительных материалов.

					ДП 44.03.04.755.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		95

8.2 Модернизированный кран как источник загрязнений

Кран в процессе работы является достаточно активным источником загрязнений:

- материальных: твёрдых – пыль, продукты износа деталей.
- жидких – при утере смазочных материалов (нефтепродуктов).
- энергетических: тепловые излучения при нагреве сборочных единиц механизмов; шум и вибрация; электромагнитные излучения.

Данные загрязнения следует устранять:

- периодически производить очистку крана от пыли и других твёрдых веществ;
- удалять подтекания масла ежемесячно после работы;
- отработавшее масло и другие смазочные материалы сдавать специальным организациям для утилизации;
- проводить плановопредупредительный ремонт крана.

8.3 Загрязнение нефтепродуктами – основной тип загрязнения краном

Модернизированный кран является потенциальным источником загрязнения окружающей среды нефтепродуктами.

Загрязнение нефтепродуктами приводит к глубокому изменению всех звеньев естественных биоценозов или их полной трансформации. Общая особенность всех нефтезагрязнённых почв - изменение численности и ограничение видового разнообразия педобионтов (почвенной мезо- и микрофауны и микрофлоры). Типы ответных реакций разных групп педобионтов на загрязнение неоднозначны:

- Происходит массовая гибель почвенной мезофауны: через три дня после аварии большинство видов почвенных животных полностью исчезает или

					ДП 44.03.04.755.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		96

составляет не более 1% контроля. Наиболее токсичными для них оказываются легкие фракции нефти.

– Комплекс почвенных микроорганизмов после кратковременного ингибирования отвечает на загрязнение нефтепродуктами повышением валовой численности и усилением активности. Прежде всего, это относится к углеводородокисляющим бактериям, количество которых резко возрастает относительно незагрязненных почв. Развиваются «специализированные» группы, участвующие на разных этапах в утилизации УВ.

– Максимум численности микроорганизмов соответствует горизонтам ферментации и снижается в них по профилю почв по мере уменьшения концентраций УВ. Основной “ взрыв “ микробиологической активности падает на второй этап естественной деградации нефти.

– В процессе разложения нефтепродуктов в почвах общее количество микроорганизмов приближается к фоновым значениям, но численность нефтеокисляющих бактерий еще долгое время превышает те же группы в незагрязненных почвах (южная тайга 10-20 лет).

– Изменение экологической обстановки приводит к подавлению фотосинтезирующей активности растительных организмов. Прежде всего, это сказывается на развитии почвенных водорослей: от их частичного угнетения и замены одних групп другими до выпадения отдельных групп или полной гибели всей альгофлоры. Особенно значительно ингибирует развитие водорослей сырая нефть и минеральные воды.

– Изменяются фотосинтезирующие функции высших растений, в частности злаков. Эксперименты показали, что в условиях южной тайги при высоких дозах загрязнения - более 20 л/м² растения и через год не могут нормально развиваться на загрязненных почвах.

Итак, процессы естественной регенерации биогеоценозов на загрязненных территориях идут медленно, причем темпы становления различных ярусов экосистем различны. Сапрофитный комплекс животных

					ДП 44.03.04.755.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		97

формируется значительно медленнее, чем микрофлора и растительный покров. Пионерами зарастания нарушенных почв часто являются водоросли.

Таким образом, пуск неиспользованного ранее и модернизированного крана, приводит к некоторому ухудшению экологической обстановки в цехе, т.к. является источником энергетических загрязнений и потенциальным источником загрязнения окружающей среды нефтепродуктами.

					ДП 44.03.04.755.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		98

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Целью выпускной работы являлась разработка мостового крана с удлиненной конструкцией моста.

Предлагаемый проектный вариант разработки мостового крана наиболее целесообразен и экономичен по сравнению с приобретением нового крана.

Применение модернизированного крана позволит увеличить производительность участка плавильных материалов (УПМ) цеха №2 ПАО «МЗиК» т.к. после установки дополнительной плавильной печи, имеющийся на УПМ кран не справится с объемом работ.

Для достижения поставленной цели были решены все поставленные задачи, а именно:

- 1.1. Проведен обзор современных конструкций мостовых кранов и разновидностей мостов, как основного грузонесущего элемента.
- 1.2. Осуществлена конструктивная проработка крана с удлиненным мостом.
- 1.3. Выполнены необходимые прочностные расчеты.
- 1.4. Решены вопросы, связанные с экономикой, экологией и безопасностью жизнедеятельности.

Таким образом, был разработан и утвержден проект модернизации мостового крана на ПАО «МЗиК».

					ДП 44.03.04.755.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		99

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Алейнер А.Л., Ананьев А.А., Гохберг М.М., Дукельский А.И.; Под редакцией Дукельского А.И. Справочник по кранам. Т.1. Общие расчёты, материалы, приводы, металлические конструкции. - JL: Машиностроение, 1988. - 400 с.: ил.

2. Александров М.П., Гохберг М.М., Ковин А.А.; Под общей редакцией Гохберга М.М. Справочник по кранам: В 2 т. Т. 2. Характеристики и конструктивные схемы кранов. Крановые механизмы, их детали и узлы. Техническая эксплуатация кранов. - Л.: Машиностроение. Ленинградское отделение, 1988. - 559 с.: ил.

3. Александров М.П. Подъёмно - транспортные машины: Учебное пособие для машиностр. спец. вузов. - 6-е изд., перераб. - М.: Высшая школа, 1985. - 520 с., ил.

4. Алексеев Ю.В., Богословский А.П., Певзнер Е.М. и др.; Под редакцией Рабиновича А.А. Крановое электрооборудование: Справочник. - М.: Энергия, 1979.-240 с., ил.

5. Беленя Е.И., Балдин В.А., Ведеников Г.С. и др.; Под общ. ред. Беленя Е.И. Металлические конструкции. Общий курс: Учебник для вузов. - 6-е изд., перераб. и доп. - М.: Стройиздат, 1986. - 560 с., ил.

6. Бойко Л.С., Высоцкий А.З., Галиченко Э.Н. и др. Редукторы и мотор-редукторы общемашиностроительного применения: Справочник. - М.: Машиностроение, 1984. - 247 с., ил.

7. Волков В.П, Ильин А.И., Станкевич В.И. и др.; Под общ. ред. Ильина А.И., Волкова В.П. Экономика предприятия: Учеб. пособие - М: Новое знание , 2003 - 672 с.

8. ГН 2.2.5.1313-03 от 30 апреля 2003г. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. - Типография "Нефтяник", 2003 - 125 с.

					ДП 44.03.04.755.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		100

9. ГОСТ 12.3.002-75* (СТ СЭВ 1728-89). Процессы производственные. Общие требования безопасности. Введ. 25.09.1975. М.: Изд-во стандартов, 2007-7 с.

10. ГОСТ 12.3.020-80. Процессы перемещения грузов на предприятиях. Общие требования безопасности. Введ. 29.09.1980. М.: Изд-во стандартов, 1999 - 8 с.

11. ГОСТ 12.1.005-88. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. Введ. 29.14.1988. М.: Изд-во стандартов, 2008 - 76 с.

12. ГОСТ 12.1.004-91* ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования. Введ. 14.11.1991. М.: Изд-во стандартов, 2002 - 132 с.

13. Дарков А.В., Шпиро Г.С. Сопротивление материалов. - М.: Высшая школа, 1975. - 763 с.

14. Казак С.А. Динамика мостовых кранов. - М.: Машиностроение, 1968. - 332 с.

15. Казак С.А., Дусье В.Е., Кузнецов Е.С. и др.; Под редакцией Казака С.А. Курсовое проектирование грузоподъемных машин: Учебное пособие для студентов машиностр. спец. вузов. - М.: Высшая школа, 1989. -319 с.: ил.

16. Каржавин В.В., Каменских С.Ф. Краны машиностроительных предприятий: Учебное пособие - Екатеринбург: ГОУ ВПО РГГПУ, 2008 - 88 с.

17. Кукин П.П., Лапин В.Л., Пономарев Н.Л., Сердюк Н.И. Безопасность жизнедеятельности: безопасность технологических процессов и производств. Охрана труда: Учебник, М.: Высшая школа, 2001

18. Наварский Ю.В. Грузоподъемные машины: Учебно-методическое пособие. - Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ - УПИ, 2003. - 100 с.

19. ПБ 10-382-00 Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов. - М: Изд-во стандартов, 2000 - 26 с.

20. Руденко Н.Ф., Александров М.П., Лысяков А.Г. Курсовое проектирование грузоподъемных машин. - М.: Машгиз., 1963. - 304 с., ил.

					ДП 44.03.04.755.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		101

21. СанПиН 2.2.4-548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. Санитарные правила и нормы -М: Информационно-издательский центр Минздрава России, 1997 - 11 с.

22. СНиП 23-05-95* Естественное и искусственное освещение Строительные нормы и правила. - М.: ГП ЦПП, 2003. - 70 с.

23. СН 2.2.4\1.8.566-96 Производственная вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. - М.: Минздрав РФ, 1997.

24. СанНиП 2.2.2\2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы - Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2003 - 14 с.

25. Ушаков Н.С. Мостовые электрические краны - 5-е изд., перераб. и доп. - Л.: Машиностроение. Ленинградское отделение, 1988. - 352 с., ил.

26. Чернавский С.А., Снесарев Г. А., Козинцов Б.С. Проектирование механических передач: Учебно-справочное пособие для вузов. - 5-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1984. - 560 с., ил.

					ДП 44.03.04.755.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		102