

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

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ:
Зав. Кафедрой ИММ
Профессор доктор техн. наук
Б.Н. Гузанов
« _____ » _____ 2018г

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

**МОДЕРНИЗАЦИЯ АВТОМОБИЛЬНОГО КРАНА, С ЦЕЛЬЮ УВЕЛИЧЕНИЯ
ГРУЗОПОДЪЁМНОСТИ**

Исполнитель:

Обучающийся группы № ЗПМ-404С

_____ (подпись)

А.В. Беззубов

Руководитель

_____ (подпись)

В.В. Каржавин (профессор, доктор техн. наук)

(Ф.И.О., ученая степень, звание)

Консультант

методического
раздела

_____ (подпись)

Ю.А. Бекетова (доцент, кандидат пед. наук)

(Ф.И.О., ученая степень, звание)

Нормоконтролер

_____ (подпись)

Ю.И. Категоренко (профессор, доктор техн. наук)

(Ф.И.О., ученая степень, звание)

Екатеринбург 2018

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

**МОДЕРНИЗАЦИЯ АВТОМОБИЛЬНОГО КРАНА, С ЦЕЛЬЮ УВЕЛИЧЕНИЯ
ГРУЗОПОДЪЁМНОСТИ**

Выпускная квалификационная работа
по направлению подготовки 44.03.04 профессиональное обучение (по отраслям)
профилю подготовки Транспорт
профилизации Подъемно-транспортные, строительные и дорожные машины

Идентификационный код ВКР: 501

Екатеринбург 2018

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа выполнена на 84 страницах, содержит 10 рисунка, 5 таблиц, 46 источников литературы, 4 чертежа, 4 плаката.

Общий вид автокрана КС-45717-1, Грузовая лебёдка крана КС-45717-1, Грузовые характеристики крана КС-45717-1, Стрела, Цель и задачи модернизации, Выбор каната, Проверка устойчивости крана, Автокран ИВАНОВЕЦ 25 тонн.

Ключевые слова: Модернизация крана КС 45717-1; расчёт механизма подъёма; собственная устойчивость крана.

Объект исследования – Автомобильный кран

Предмет исследования – Механизм подъёма

Цель работы – Целью выпускной квалификационной работы является модернизация стрелового автомобильного крана КС-45717-1, с целью увеличения грузоподъёмности.

Основные задачи:

1. Рассмотреть весь комплект документации, имеющийся на данный мостовой кран.
2. Произвести расчёты стрелы крана.
3. Произвести расчет механизмов крана.
4. Произвести расчет на устойчивость крана.

ДП 44.03.04.501 ПЗ

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата			
Разраб.		Беззубов А.В.			Лит	Лист	Листов
Пров.		Каржавин В.В.				2	84
Т. контр.					ФГАОУ ВО РГППУ, ИИПО, каф. ИММ,		
Н. контр.		Категоренко Ю.И.			группа ЗПМ-404С		
Утв.		Гузанов Б.Н.					

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 ОБЩАЯ ЧАСТЬ	6
1.1 Общие признаки устройства автомобильных кранов	6
1.2 Технические характеристики базового автомобиля.....	10
1.3 Технические характеристики крана	11
1.4 Состав устройства крана КС-45717-1	13
1.5 Устройство схемы механизма подъёма	13
2. РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ	16
2.1 Проверочный расчёт механизма подъёма	17
2.1.1 Крюковая подвеска	17
2.1.2 Выбор каната	18
2.1.3 Установка барабана	19
2.2 Проверочный расчёт механизма подъёма	20
2.2.1 Проверочный расчёт гидромотора	20
2.2.2 Проверочный расчёт грузовой лебёдки	23
2.2.3 Определение диаметра трубопроводов.....	26
2.2.4 Расчёт болтового соединения	27
2.3 Проверочный расчёт гидросистемы подъёма стрелы	31
2.4 Поперечная устойчивость автокрана	34
2.5 Проверка грузовой и собственной устойчивости крана	35
2.6 Расчёт осей гидроцилиндра подъёма стрелы	36
2.7 Механизм поворота.....	37
2.8 Расчёт подшипника ОПУ	41
2.9 Расчёт валов редуктора механизма поворота.....	42
2.9.1 Определение реакций в опорах подшипников червяка	42
2.9.2 Определение реакций в опорах подшипников червячного колеса.....	43
2.9.3 Уточнённый расчёт валов на усталостную прочность.....	44
2.10 Расчёт стрелы крана	51
2.10.2 Определение усилия в поясах от вертикальных нагрузок.....	54
2.10.3 Определение реакций и усилий от горизонтальных нагрузок	55
2.10.4 Определение расчетных усилий в сечениях стрелы.	56
3. ТЕХНИКО – ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТА	59
3.1 Расчёт единовременных затрат.....	59
3.2 Расчёт текущих затрат	60
3.3 Техничко-экономические показатели проекта.....	61
4. БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ	62
4.1 Безопасность труда	62
4.1.2 Электробезопасность	62
4.1.3 Анализ условий труда.....	64
4.2 Тяжесть и напряженность труда.....	65
4.3 Микроклимат	65
4.4 Эргономика	67
4.5 Пожарная безопасность.....	68

4.6 Чрезвычайные ситуации.....	69
5 ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ	71
5.1 Основная часть	72
5.2 Расчёт платы за выбросы загрязняющих веществ в атмосферу от передвижных источников	73
6.МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	76
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	80
Список использованных источников	81
Приложение	

ВВЕДЕНИЕ

Одной из важнейших задач любого предприятия является постоянное повышение уровня технической оснащённости, так как это напрямую влияет на темпы, а главное качество выпускаемых изделий. Этот вопрос будет актуален для всех сфер деятельности в условиях растущей конкуренции.

Объектом исследования является автомобильный кран КС-45717-1, грузоподъёмностью 25 т (2,2 т на вылете 12 м, согласно грузо-высотной характеристике крана, представлены на Рисунке 3), работающий на предприятии, АО «ОКБ НОВАТОР», участвующий в технологическом процессе перегрузки и подачи заготовок на холодный склад. В связи с реконструкцией одного из цехов и изменением номенклатуры производимых предприятием изделий, требуется поднимать груз 2,5 т на вылете 12 м. Согласно грузо-высотным характеристикам крана, существующий кран не может быть задействован в процессе.

Возникает вопрос, каким образом можно увеличить грузоподъёмность крана? Данный вопрос можно решить двумя путями, приобретение новой крановой установки, либо модернизация существующего крана. Приобретение новой крановой установки, сопоставимо с приобретением нового крана, модернизация в свою очередь должна обойтись существенно дешевле. Смею предположить, что второй способ более выгоден с экономической точки зрения. В итоге наилучшим вариантом решения является внесение изменений в конструкцию имеющуюся крана.

Таким образом, основной целью данной выпускной квалификационной работы является модернизация стрелового крана КС-45717-1. Для достижения поставленной цели, необходимо решить следующие задачи:

- Расчет механизмов подъема с учетом повышенной грузоподъёмности;
- Пересчет механизма поворота;
- Проведение прочностных расчетов элементов крановой установки;
- Анализ устойчивости крана с повышенной грузоподъёмностью.

					ДП 44.03.04.501 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

1 ОБЩАЯ ЧАСТЬ

1.1 Общие признаки устройства автомобильных кранов

Общие признаки устройства автомобильных кранов определяют достоинства их эксплуатационных качеств. Из основных могут быть отмечены высокая мобильность, работа в свободностоящем положении на опорах, возможность вращения на 360° поворотной рамы со стрелой и кабиной машиниста, обеспечение широкого диапазона изменения вылета и высоты подъема груза, применение приборов и устройств предназначенных для безопасной эксплуатации машин. Отличие телескопической стрелы от выдвижной заключается в возможности выдвижения ее верхней и средней секций с грузом на крюке. В полноповоротных кранах работа с грузом допускается в зоне 240° (по 120° от положения стрелы вдоль продольной оси симметрии задней балки выносных опор). Возможна как отдельная, так и совмещенная работа механизмов. Комбинированное регулирование скоростей рабочих механизмов крана: изменение частоты вращения вала насосов (за счет изменения частоты вращения коленчатого вала двигателя), дросселирование рабочей жидкости в каналах гидрораспределителей и регулирование рабочего объема гидромотора главной грузовой лебедки. Краны могут эксплуатироваться, согласно учебному пособию "Краны башенные и автомобильные" [1], при температуре воздуха $-45...+45^\circ\text{C}$. Максимальная скорость ветра на высоте 10м для рабочего и не рабочего состояний равна 14м/с. Допустимый уклон площадки для работы крана на выносных опорах составляет 3° , допустимый угол наклона к горизонту при работе на выносных опорах $1,5^\circ$.

Общие исполнения автомобильных кранов характеризуется наличием в их конструкции поворотной и неповоротной частей, сочлененных между собой опорно-поворотным устройством (ОПУ), которое передает внешние нагрузки (осевые и радиальные силы, грузовой момент) от поворотной части крана на неповоротную, а так же обеспечивает свободу вращения поворотной части

					ДП 44.03.04.501 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

относительно неповоротной.

Неповоротная часть является жестким, несущим основанием для крановой установки и ее поворотной части. В неповоротную часть входят шасси автомобиля, опорная рама с ауттригерами и опорным кольцом опорно-поворотного круга, механизм блокировки рессор задних осей подвески. Здесь же расположены гидроаппаратура неповоротной части, бак с гидравлической жидкостью и трубопроводы. Каждый кран оснащается четырьмя технологическими подкладками под выносные опоры, для чего на неповоротной части предусматриваются специальные кассеты для перевозки этих подкладок.

Приводы управления делятся на приводы управления рабочими движениями (рабочими операциями), привода управления двигателем шасси, привод управления коробкой отбора мощности и выносными опорами. Привод управления двигателем подъема, изменением и подъема и вылета стрелы, а так же поворота платформы находятся в кабине крановщика. А приводы управления выносными опорами находятся на неповоротной части в корме автомобиля. Конструкция привода управления обеспечивает работу исполнительного механизма в течение всего периода времени, пока рычаг управления выведен из нейтрального положения. При этом скорость выполнения операции зависит от величины хода соответствующего рычага управления: чем дальше рычаг отклонен от нейтрального положения, тем быстрее скорость.

Некоторые сборочные единицы базовой машины подвергают модернизации и дополняют новыми агрегатами, когда на базовый автомобиль устанавливают стреловой кран. Такие как коробка отбора мощности, в кабину водителя устанавливают счетчик моточасов. Так же ставят механизм блокировки, который служит для жесткого соединения с опорной нижней рамой задней подвески шасси.

Опорная нижняя рама – пространственная сварная конструкция, которую посредством специальных болтов крепят к раме автомобиля и на которой также с помощью болтового соединения устанавливают опорно-поворотное устройство. Все нагрузки крановой установки воспринимаются ОПУ, нижней

					ДП 44.03.04.501 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

рамой и выносными опорами. Выносные опоры обеспечивают устойчивость крана посредством увеличения опорного контура.

Поворотная часть крана – поворотная рама (платформа), на которой установлены поворотный механизм, грузовая лебедка, кабина машиниста, стреловое оборудование. Поворотная рама представляет собой жесткую сварную конструкцию из листового металла. Опорно-поворотный круг предназначен для возможности вращения поворотной части относительно неповоротной, а так же для передачи всех нагрузок, действующих на поворотную часть в процессе работы крана. В кормовой части поворотной рамы закреплен противовес для увеличения восстановительного момента крана. Грузовая лебедка служит для подъема и опускания груза в пределах грузовой характеристики крана. Механизм подъема снабжен тормозом нормально замкнутого типа.

Стрела состоит из корневой и двух выдвижных секций. Так же может устанавливаться дополнительный гусек (удлинитель), для увеличения радиуса действия или высоты подъема груза. Для выдвижения секций стрелы применяют специальные механизмы – канатные тяги, цепные или гидроцилиндры. Угол наклона телескопической стрелы варьируют с помощью гидравлического цилиндра. Подъем и опускание крюковой подвески производится грузовой лебедкой, а вращение поворотной части – механизмом поворота. Грузовую лебедку и механизм поворота установки приводят в движение гидромоторы.

Кабина машиниста на поворотной раме закрытая, одноместная, с регулируемым сиденьем, стеклоочистителем, системой обогрева, вентилятором и солнцезащитным козырьком. В кабине машиниста размещены органы управления установкой, приборы и указатели. Для возможности входа и выхода из кабины машиниста на облицовке неповоротной рамы крепится сдвижная лестница. В соответствии с требованиями Федеральным нормам и правилам в области промышленной безопасности «Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения»

					ДП 44.03.04.501 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

все автомобильные краны оборудованы системой устройств и прибором, обеспечивающих их безопасную эксплуатацию, в том числе ограничитель грузоподъемности. Перегрузка, при которой срабатывает ограничитель грузоподъемности, превышает грузоподъемность крана на 10%. Однорогий крюк крана снабжен предохранительным замком, соответствующий ГОСТ 12840-80 [45].

В гидроаппаратуре автокранов используют поршневые гидроцилиндры двустороннего или одностороннего действия, аксиально-поршневые насосы и гидромоторы, а так же секционные гидрораспределители золотникового типа. Регулируемый гидромотор механизма подъема позволяет производить ускоренное опускание ненагруженного или малонагруженного крюка. Гидропривод кранов выполнен по открытой схеме, при которой одна из магистралей насоса является напорной и соединена с гидромотором, а другая всасывающая соединена с баком рабочей жидкости, компенсирующей разность объемов полостей цилиндров и наружной утечки. Ручной насос служит для приведения выносных опор в транспортное положение в случае поломки двигателя. У механизма подъема груза для изменения вылета стрелы предусмотрен обратный клапан, исключающий возможность опускания груза или стрелы при падении давления в гидросистеме.

Электрооборудование состоит из систем электрооборудования автомобиля и крановой установки. Эти системы включают в себя приборы освещения и сигнализации, электромоторы вентиляторов, электромагниты пневмораспределителей и гидрораспределителей с электроуправлением, электрическую часть отопителя, приборы контроля, предохранители, электропроводки и источников питания. Питание потребителей крановой установки осуществляется постоянным током напряжением 24 вольта от сети авто по однопроводной электрической схеме. С корпусом машины (массой) соединен отрицательный контакт источника тока, в качестве которого используется аккумуляторная батарея, которую в свою очередь подзаряжает генератор, приводимый в действие двигателем автомобиля. Питание

					ДП 44.03.04.501 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

потребителей на поворотной раме осуществляется от бортовой сети шасси через контактный токосъемник. Защита электрической цепи при коротких замыканиях выполнена с помощью предохранителя в кабине водителя. К приборам освещения и сигнализации относятся фары на стреле и кабине, светильники кабин водителя и машиниста крана, сигнальные лампы, лампы приборов, габаритные огни, звуковой сигнал.

1.2 Технические характеристики базового автомобиля

Кран стреловой автомобильный КС-45717-1, грузоподъемностью 25 тонн монтируется на шасси автомобилей Урал-4320. Базовая машина имеет три оси, все ведущие, передняя ось поворачиваемая.

Техническая характеристика автокрана КС-45717-1:

Параметр	Значение
Базовое шасси	Урал-4320
Колесная формула	6×6
Масса, т	22,5
Максимальная скорость, км/ч	90
Двигатель	ЯМЗ-6565, дизельный
Номинальная мощность, кВт (лс)	198 (270)
Трансмиссия	Механическая коробка передач, двухступенчатая раздаточная коробка с межосевым блокируемым дифференциалом, средний и задний мосты с блокировкой межколесных дифференциалов

Тормозная система	Двухконтурная с пневмогидравлическим или пневматическим приводом
Шины	425/85 R21 КАМА-1260
Емкость топливных баков, л	200+200
Контрольный расход топлива при скорости 60км/ч, л/100км	34,5
Запас хода по контрольному расходу топлива при скорости 60 км/ч, км	1100
Дорожный просвет, мм	400
Преодоление препятствий: -подъем,%	60
Распределение нагрузки на дорогу:	6,05
через шины передних колес, т	16,16
Через шины задних колес, т	
Габаритные размеры, мм	11400×2500×3920

1.3 Технические характеристики крана

Параметр	Значение
Грузоподъемность максимальная, т	25
Кратность полиспаста	8
Максимальная высота подъема, м	21
Скорость подъема груза, м/мин	6,1
Скорость посадки груза, м/мин	0,2
Частота вращения поворотной части крана, об/мин	1,4

Размер опорного контура	4,9×5,8
-при выдвинутых выносных опорах, м	4,9×2,5
-при втянутых выносных опорах, м	
Масса противовеса, т	0,35

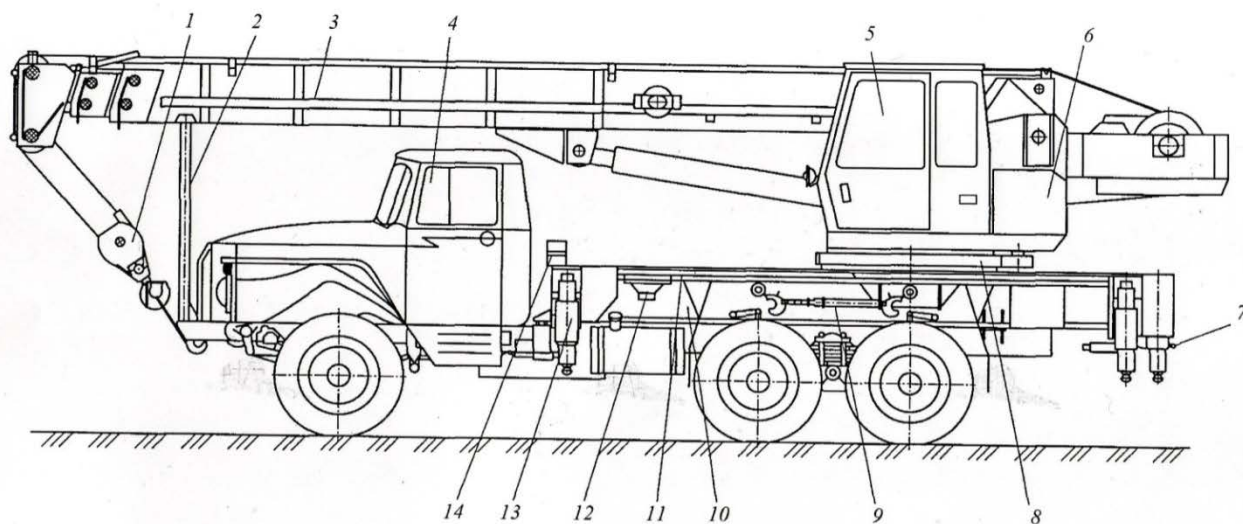


Рисунок 1 - Состав и устройство крана КС-45717-1.

1 – крюковая подвеска; 2 – стойка стрелы; 3 – стрела; 4 – шасси автомобиля; 5 – кабина крановщика; 6 – поворотная рама; 7 – гидрораспределитель; 8 – поворотная опора; 9 – механизм блокировки мостов шасси; 10 – нижняя опорная рама; 11 – облицовка; 12 – подпятник; 13 – выносная опора; 14 – ручной насос

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.501 ПЗ

Лист

12

1.4 Состав устройства крана КС-45717-1

Состав и устройство крана представлен на Рисунке 1.

Автомобильный кран КС-45717-1, грузоподъемностью 25т, смонтирован на базовой машине Урал 4320. Кран оснащен трех секционной телескопической стрелой. В качестве дополнительного оборудования на стрелу может устанавливаться гусек (удлинитель) длиной 7м.

1.5 Устройство схемы механизма подъёма

Механизм подъема Рисунок 2 включает в себя: барабан 12, с встроенным в барабан зубчатым венцом 17, гидромотором 25, тормозом 4 и прижимным роликом. Тип редуктора – цилиндрический планетарный двухступенчатый. Передача крутящего момента от гидромотора 25 к редуктору осуществляется через втулку 26, служащую для соединения выходного вала гидромотора 25 с валом 15. Зубчатая часть вала 15, являясь солнечной шестерней первой ступени редуктора, приводит в движение сателлиты 16. При этом сателлиты 16 через зубчатый венец 17 приводят в движение водило 18 первой ступени, периферия которого болтами жестко связана с барабаном 12.

Одновременно внутренняя часть водило 18 посредством зубчатого соединения приводит в движение вал – шестерню 19. Последний, в свою очередь, являясь солнечной шестерней второй ступени редуктора, вращает сателлиты 21. Установленные на неподвижном водиле 23 сателлите 21, имея неподвижные оси вращения, приводят в движение зубчатый венец 20, жестко связанный с барабаном.

Механизм подъема грузовой лебедки оснащен многодисковым нормально закрытым автоматическим тормозом 4, связанным с гидромоторам 25 посредством вала 15 и шлицевой втулки 14. Тормоз состоит из пакета ведущих и ведомых дисков 13, которые сжаты пружиной 6. Диски 13

					ДП 44.03.04.501 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

размыкаются гидроразмыкателем, к которому подается давление рабочей жидкости через штуцер Б одновременно с подачей ее к гидромотору. При необходимости ручное растормаживание осуществляется с помощью монтажного ролика, который вставляется в отверстие штока 5 и через упор выдвигает его, сжимая пружину 6. Масло в редуктор наливается через отверстие, закрытое пробкой 8, а сливается – через одно из двух отверстий закрываемых пробкой 28. Прижимной ролик, которым оборудована грузовая лебедка, предназначен для равномерной укладки каната при навивке его на барабан 12, снабжен осью на подшипниках в гнездах пары кронштейнов. Нижние части этих кронштейнов закреплены шарнирно при помощи осей на подлебедочной плите и прижаты пружинами натяжения к поверхности барабана. Прижимной ролик с одного края имеет понижение по диаметру на длине, равной трем диаметрам грузового каната, а на кронштейне имеется планка с регулировочным винтом. При сматывании каната с барабана прижимной ролик основной поверхностью ложится на поверхность барабана, а регулировочный винт, упираясь в шпindelъ концевого выключателя, размыкает цепь управления грузовой лебедки, в следствие чего происходит останов механизма. Под проточкой прижимного ролика с учетом инерции механизмов должно оставаться не менее 1,5 витков грузового каната лебедки. В состав лебедки также входят: 1 – прижимное кольцо, 2 – уплотнительное кольцо, 3 – втулка, 7 – болт, 9 – подшипник, 10 – болт, 11 – шайба, 19 – шлицевая втулка, 22 – подшипник, 24 – штифт, 27 – винт.

					ДП 44.03.04.501 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

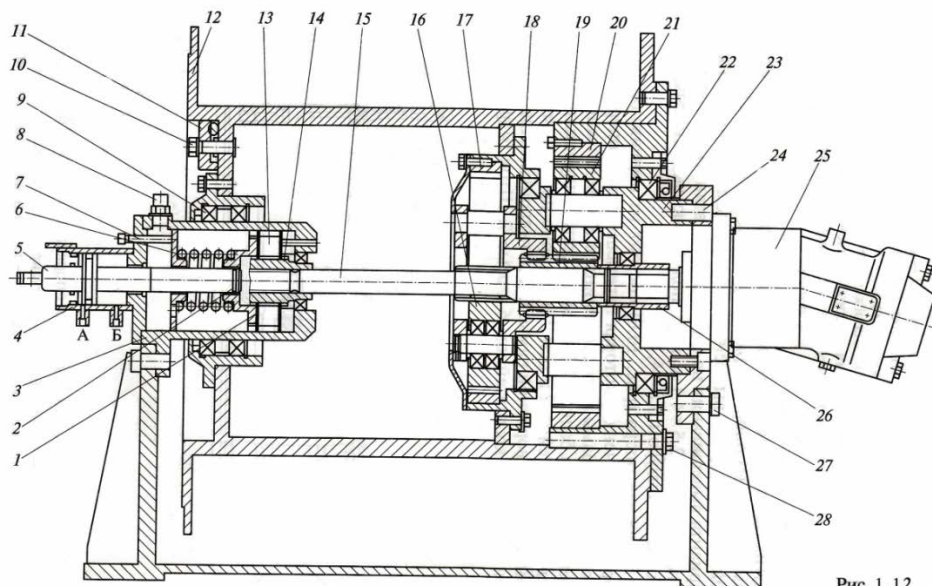


Рис. 1.12

Рисунок 2 - Устройство схемы механизма подъема

На рисунке 3 дан график зависимости грузоподъёмности от вылета стрелы и высоты, на которую возможно поднять груз.

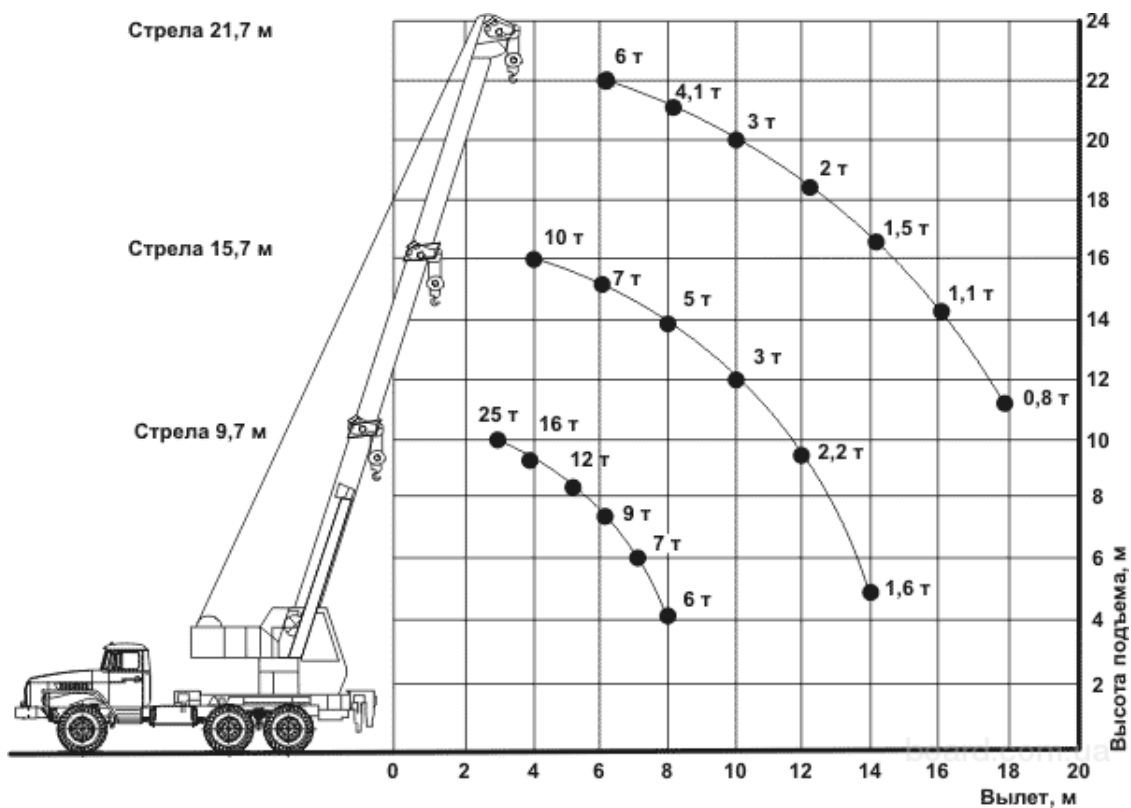


Рисунок 3 - Грузовысотная характеристика автокрана КС-45717-1

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

2. РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ

Исходные данные и основные параметры:

Исходные данные

Требуемая грузоподъемность $Q = 28,8$ т;

Максимальная высота подъема груза $H = 21$ м;

Скорость подъема груза $V = 6,1$ м/мин;

Скорость посадки груза $V = 0,2$ м/мин;

Скорость изменения вылета $V_B = 18$ м/мин;

Частота вращения поворотной части крана $n = 1,4$ об/мин;

Транспортная скорость $V_T = 60$ км/ч;

Масса крана $m_{кр} = 22,54$ т;

Масса стрелы $m_c = 3,9$ т;

Масса поворотной части без стрелы и противовеса $m_{п} = 9,1$ т;

Масса противовеса $m_{пр} = 0,35$ т;

Масса автомобиля $m_a = 8,43$ т;

Число осей $n_o = 3$;

База крана $B_k = 5,255$ м;

Длина основной секции стрелы $L_k = 9$ м;

Максимальная длина стрелы $L_{max} = 21,7$ м.

Основные параметры

Требуемая суммарная длина выдвигений подвижных секций:

$$L_n = L_{max} - L_k = 21,7 - 9 = 12,7 \text{ м.}$$

Принимаем гидроцилиндр выдвигных секций стрелы с ходом штока
 $S = 6$ м.

Тогда требуемое число выдвигных секций стрелы:

$$n_c = L_n / S = 12,7 / 6 = 2,12 \text{ шт}$$

Принимаем $n_c = 2$ шт.

					ДП 44.03.04.501 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

Высота сечения корневой секции стрелы:

$$h_c = (0,02...0,03)L_{\max} = 0,024 \cdot 21,7 = 0,52 \text{ м.}$$

Ширина сечения корневой секции стрелы:

$$b_c = (0,6...0,7) h_c = 0,6 \cdot 0,52 = 0,312 \text{ м.}$$

Принимаем предварительно принимаем: $h_c = 550 \text{ мм. } b_c = 320 \text{ мм.}$

Транспортная ширина крана находится в пределах:

$$Q_H < 32\text{т, } V_T = 2,5 \text{ м;}$$

$$Q_H < 50\text{т, } V_T = 2,75 \text{ м;}$$

$$Q_H > 63\text{т, } V_T = 3 \text{ м.}$$

Принимаем $V_T = 2,5 \text{ м.}$

2.1 Проверочный расчёт механизма подъёма

2.1.1 Крюковая подвеска

Стандартная крюковая подвеска однозначно определяет кратность полиспаста.

$$K_{\Pi} = \frac{Z_K}{Z_{K.B.}},$$

где Z_K – число ветвей каната, на которых висит груз;

$Z_{K.B.}$ – число ветвей каната, которые навиваются на барабан.

$$K_{\Pi} = \frac{8}{1} = 8.$$

Принимаем кратность полиспаста $K_{\Pi} = 8.$

					ДП 44.03.04.501 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

2.1.2 Выбор каната

Выбор каната производится по максимальному статическому усилию, в соответствии с [2].

$$S_{\max} = \frac{Q_n \cdot g}{K_{\text{п}} \cdot \eta_{\text{п}} \cdot \eta_{\text{бл}}^3},$$

где $Q = 25 \cdot 1,15 = 28,8$ – требуемая грузоподъемность крана, т;

$g = 9,8$ – ускорение свободного падения, м/с^2 ;

$K_{\text{п}} = 8$ – кратность полиспаста;

$\eta_{\text{п}} = 0,95$ – КПД полиспаста;

$\eta_{\text{бл}} = 0,98$ – КПД направляющего блока.

$$S_{\max} = \frac{28,8 \cdot 9,8}{8 \cdot 0,95 \cdot 0,98^3} = 38,6 \text{ кН.}$$

Группа режима работы 1М по ГОСТ 25835-83.

При выборе типоразмера каната должно выполняться условие:

$$F_0 > S_{\max} \cdot Z_p,$$

где F_0 – разрывное усилие каната в целом, кН;

$Z_p = 3,55$ – коэффициент запаса прочности, для подвижного каната при легком режиме работы.

$$F_0 > 38,6 \cdot 3,55 = 137 \text{ кН.}$$

Установленный стальной канат двойной свивки, диаметром $d_k = 16,5$ мм, с разрывным усилием $F_0 = 147,5$ Н; канат 16,5-Г-В-Ж-Н-1670 ГОСТ 2688-80 [28], маркировочная группа 1670 МПа, удовлетворяет полученному результату.

					ДП 44.03.04.501 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

150,0 кН > 137кН, условие выполняется.

где 16,5 – диаметр каната.

Г – грузовой.

В – механические свойства проволоки: высшие.

Ж – вид покрытия поверхности проволоки: для тяжелых условий работы.

Н – свивка: нераскручивающаяся.

1670 – цифровое значение расчетного предела прочности проволок на разрыв, МПа.

2.1.3 Установка барабана

Диаметр нарезной части барабана:

Принимаем диаметр барабана $D_b = 400$ мм;

Подъем номинального груза возможен только при длине стрелы $L_c = 9$ м.
и высоте подъема $H = 10$ м;

С учетом максимального вылета стрелы 21,7 м, и запасовки каната при кратности полиспаста = 8;

Требуемая длина каната 240 м;

Длина нарезной части барабана при навивке каната в три слоя ($m=3$).

$L=500$ мм;

Эффективный диаметр барабана:

$$D_m = D_b + d_k \cdot (2m - 1) = 400 + 16,5 \cdot (2 \cdot 3 - 1) = 483 \text{ мм.}$$

Статический момент на валу барабана:

$$T_b = S_{\max} \cdot D_m / 2 = 38,6 \cdot 0,483 / 2 = 9,3 \text{ кН} \cdot \text{м.}$$

					ДП 44.03.04.501 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

Определение толщины стенки барабана

В качестве материала барабана примем чугун С424 с $[\tau]_{сж} = 115$ МПа.

Приближенное значение толщины стенки находится по формуле:

$$\delta = \frac{S_{max}}{t \cdot [\tau]_{сж}},$$

где S_{max} – наибольшее статическое натяжение каната, Н;

t – расстояние между соседними витками каната, м;

$[\tau]_{сж}$ – допускаемое напряжение, МПа.

$$\delta = 0,95 \frac{38600}{0,02 \cdot 115 \cdot 10^6} = 0,016 \text{ м.}$$

Установленный барабан с толщиной стенки $\delta = 0,018$ м – удовлетворяет условиям прочности.

2.2 Проверочный расчёт механизма подъёма

2.2.1 Проверочный расчёт гидромотора

Рабочий объем гидромотора:

$$V = v_i \cdot Z,$$

где v_i – объем рабочей камеры гидронасоса, см^3 .

Z – число рабочих камер гидромотора.

$$V = 16 \cdot 7 = 112 \text{ см}^3.$$

					ДП 44.03.04.501 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

Минутная теоретическая подача гидронасоса Q_T , см³ / мин

$$Q_T = V \cdot n / 1000,$$

где n - частота вращения вала гидромотора, об/мин.

$$Q_T = 112 \cdot 1200 / 1000 = 134,4 \text{ см}^3/\text{мин.}$$

Определяется необходимый рабочий объем V_H гидромотора:

$$V_H = 1000 \cdot Q_{фр} / 1200,$$

где $Q_{фр}$ – фактический расход рабочей жидкости исполнительного механизма 78 см³ /мин.

$$V_H = 1000 \cdot 78 / 1200 = 65 \text{ см}^3.$$

Определим максимальное рабочее давление гидромотора с учетом возможных перегрузок:

$$P_{\max} = b(P_1 + D \cdot P_1),$$

где P_1 - давление рабочей жидкости в системе на входе в исполнительный механизм, МПа;

D – коэффициент учитывающий полную потерю давления в системе, (0,06-0,10) МПа;

b – коэффициент повышения давления в системе, (1,15-1,30).

$$P_{\max} = 1.2(14.5 + 0.08 \cdot 14.5) = 18.8 \text{ МПа.}$$

					ДП 44.03.04.501 ПЗ	Лист
						21
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Определим фактическую подачу гидромотора:

$$Q_{\phi n} = \frac{V \cdot n \cdot \eta}{1000},$$

где V - рабочий объем гидромотора;

n - частота вращения вала гидромотора, об/мин;

η – объемный КПД гидромотора, 0,83.

$$Q_{\phi n} = \frac{112 \cdot 1200 \cdot 0,83}{1000} = 111,5 \text{ см}^3.$$

Определим мощность гидромотора:

$$P = \frac{M \cdot n}{9549},$$

где M – крутящий момент гидромотора;

n - частота вращения вала гидромотора, об/мин.

$$P = \frac{332 \cdot 1200}{9549} = 41 \text{ кВт.}$$

Установленный на кране гидромотор 310 мощностью 46 кВт удовлетворяет условию.

					ДП 44.03.04.501 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

2.2.2 Проверочный расчёт грузовой лебёдки

В данном механизме подъема используется планетарная передача.

Определение передаточного числа:

$$U_p = \frac{\pi \text{ Дб } n_{\text{ДВ}}}{V_{\text{П}} K_{\text{П}}} = \frac{3,14 \cdot 400 \cdot 1200 \cdot 10^{-3}}{6,1 \cdot 8} = 30,1.$$

В установленном приводе передаточное число $U_p = 29,88$.

Частота вращения тихоходного вала редуктора, с^{-1} :

$$n = \frac{V_{\text{П}} K_{\text{П}}}{\pi \text{ Дб}} = \frac{\frac{6,1}{60} \cdot 8}{3,14 \cdot 0,25} = 0,65 \text{ 1/с.}$$

Суммарное время работы механизма:

$$\sum N = K_1 \cdot n \cdot n_w \cdot \sum t_i,$$

где K_1 – коэффициент для передач с односторонней нагрузкой (механизм подъема), $K_1 = 3600$;

$\sum t_i$ – время работы – 12500 ч.

$$\sum N = 3600 \cdot 0,32 \cdot 1 \cdot 12500 = 1440000.$$

Ускорение груза при пуске:

$$J_{\text{max}} = \frac{V_{\text{П}}}{t_{\text{min}}} = \frac{6,1/60}{1} = 0,1,$$

где t_{min} – минимальное время разгона при пуске. В предварительных расчетах его можно принимать равным 1с.

					ДП 44.03.04.501 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

Максимальный вращающий момент на тихоходном валу редуктора, T_{\max} , возникает в период пуска механизма подъема с номинальным грузом на крюке:

$$T_{\max} = \frac{(G_{\Gamma} + G_{\Pi})(g + I_{\max})D_{\delta}}{2g K_{\Pi} \eta_{\Pi} \eta_{\delta}} = \frac{(28800 + 200)(9,81 + 0,1)0,25 \cdot 9,81}{2 \cdot 9,81 \cdot 8 \cdot 0,99 \cdot 0,98} = 6434,3 \text{ Нм.}$$

Эквивалентный момент на выходном валу редуктора:

$$T_E = T_{\max} \sqrt[3]{\mu \sum n / N_{\text{но}}} = 6434,3 \sqrt[3]{1 \cdot \frac{14400000}{53 \cdot 10^6}} = 4091,5 \text{ Нм.}$$

Установленная грузовая лебёдка планетарная с гидроприводом типа ЛГ-35.

Параметр	Значение
Номинальное тяговое усилие в канате	40 кН
Номинальная скорость сматывания каната	60 м/мин
Диаметр барабана (по впадинам)	400 мм
Передаточное отношение редуктора	29,88
Диаметр каната	16,5 мм
Масса лебедки без гидромотора	300 кг
частота вращения вала гидромотора	1500 об/мин

Лебедка оснащена многодисковым фрикционным тормозом с гидравлическим растормаживанием, конструктивно размещенным в корпусе редуктора. Растормаживание барабана происходит при подаче в поршневую полость масла ("ВМГЗ" ТУ 38-101479-79, "ВМЗО" ТУ 381-01-50-79) давлением 2,0 МПа. Момент на входном валу, удерживаемый тормозом, не менее 346 Нм. Гидромотор регулируемый 310.3.112 ГОСТ 15-150-69

Параметр	Значение
Номинальный рабочий объем	112см ³
Номинальная частота вращения	1200 об/мин
Давление на входе	
Номинальное	20 мПа
максимальное	35 мПа
Крутящий момент номинальный	332 Нм
Номинальный расход	142 л/мин

По всем параметрам грузовая лебёдка удовлетворяет условию.

					ДП 44.03.04.501 ПЗ	Лист
						25
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2.2.3 Определение диаметра трубопроводов

Определим диаметр трубопровода в линии нагнетания.

Принимаем допустимую скорость потока $v_1 = 4$ м/с, получаем диаметр линии нагнетания:

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{фр}}{\pi \cdot v_1}},$$

где $Q_{фр}$ – фактический расход рабочей жидкости исполнительного механизма 78 л/мин.

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot 7,8}{3,14 \cdot 40 \cdot 60}} = 0,06 \text{ дм} = 6 \text{ мм.}$$

Принимаем трубопровод с параметрами $d_1 = 12 \cdot 2$ мм, с $d_y = 10$ мм по ГОСТ 16516-80 [46].

Определим диаметр трубопровода в линии слива.

Принимаем скорость потока $v_2 = 2$ м/с.

$$d_2 = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{фр}}{\pi \cdot v_2}},$$

где $Q_{фр}$ – фактический расход рабочей жидкости исполнительного механизма 78 л/мин.

$$d_2 = \sqrt{\frac{4 \cdot 7,8}{3,14 \cdot 20 \cdot 60}} = 0,09 \text{ дм} = 9 \text{ мм.}$$

Принимаем трубопровод с параметрами $d_2 = 12 \cdot 2$ мм, с $d_y = 10$ мм по ГОСТ 16516-80 [46].

					ДП 44.03.04.501 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

2.2.4 Расчёт болтового соединения

Расчет болтов крепления грузовой лебедки к фундаментной плите производим, согласно [4], расчётная схема представлена на Рисунке 3.

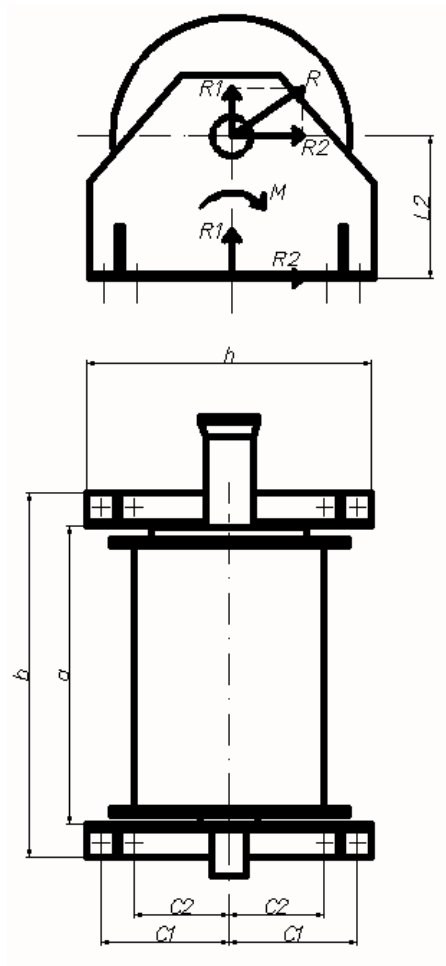


Рисунок 4 - Расчётная схема опор барабана

$L_1 = 0$, так как ось грузовой лебедки совпадает с осью кронштейна.

$L_2 = 300$ мм.

$a = 625$ мм.

$b = 767$ мм.

$C_1 = 270$ мм.

$C_2 = 200$ мм.

$Z=8$, число болтов.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.501 ПЗ

Лист

27

Сила R действует от каната механизма подъема. Угол приложения силы принимаем 60° . При определении силы R рассматриваем максимальную грузоподъемность крана $28,8$ т. При кратности полиспаста $K_{\text{п}}=8$, сила $R = 3$ Н.

Схема нагружения кронштейна нагрузкой, раскрывающей стык.

1) Составляющие нагрузки:

$$R_1 = R \sin 60^\circ = 3 \sin 60^\circ = 2,6 \text{ кН},$$

$$R_2 = R \cos 60^\circ = 3 \cos 60^\circ = 1,5 \text{ кН}.$$

2) Опрокидывающий момент:

$$M = R_2 \cdot L_2 - R_1 \cdot L_1 = 1,5 \cdot 103 \cdot 0,3 = 450 \text{ Нм}.$$

3) Напряжения в стыке от действия силы R_1 :

$$\sigma_R = R_1 \cdot (1-x) / A_{\text{ст}},$$

где $X = 0,25$ – коэффициент внешней нагрузки.

$A_{\text{ст}}$ – площадь стыка.

$$A_{\text{ст}} = (b - a) \cdot h = (767 - 625) \cdot 600 = 0,0852 \cdot 10^6 \text{ мм}^2.$$

$$\sigma_R = 2,6 \cdot 103 \cdot (1-0,25) / 0,0852 \cdot 10^6 = 0,0228 \text{ МПа}.$$

4) Напряжения в стыке от действия момента:

$$\sigma_M = \frac{M}{W_{\text{см}}} (1 - x),$$

где $W_{ст}$ – момент сопротивления изгибу поверхности стыка.

$$W_{ст} = \frac{hb^2}{6} \left[1 - \left(\frac{a}{b} \right)^3 \right] = \frac{600 \cdot 767^2}{6} \left[1 - \left(\frac{625}{767} \right)^3 \right] = 27 \cdot 10^6 \text{ мм}^3.$$

$$\sigma_m = \frac{0,45 \cdot 10^6}{27 \cdot 10^6} (1 - 0,25) = 0,0125 \text{ МПа.}$$

5) Напряжение в стыке и усилие затяжки болта из условия нераскрытия стыка:

$$\sigma_{зат} = K(\sigma_R + \sigma_M),$$

где $K = 1,5$ – коэффициент запаса по нераскрытию стыка.

$$\sigma_{зат} = 1,5(0,0225 - 0,0125) = 0,01545 \text{ МПа.}$$

Усилие затяжки:

$$Q = \frac{\sigma_{зат} \cdot A_{см}}{z} = \frac{0,01545 \cdot 0,0852 \cdot 10^6}{8} = 164,5 \text{ Н.}$$

6) Усилие затяжки болта из условия отсутствия смещения деталей в плоскости стыка.

$$Q = \left(\frac{KR_2}{f} + R_1 \right) / z,$$

где $f = 0,35$ – коэффициент трения на поверхности стыка.

$$Q = 10^3 \left(\frac{1,5 \cdot 1,5}{0,35} + 2,6 \right) / 8 = 1128 \text{ Н.}$$

					ДП 44.03.04.501 ПЗ	Лист
						29
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Из полученных по двум критериям значений Q выбираем наибольшее
 $Q = 1128 \text{ Н}$.

Уточняем напряжение в стыке от затяжки болтов:

$$\sigma_{\text{зат}} = \frac{z Q}{A_{\text{см}}} = \frac{8 \cdot 1128}{0,0852 \cdot 10^6} = 0,105 \text{ МПа.}$$

7) Расчетная нагрузка на болт:

$$F = F_R + F_M,$$

где F_R – внешняя нагрузка от силы R_1 .

$$F_R = R_1 / z = 2,6 \cdot 10^3 / 8 = 325 \text{ Н.}$$

где F_M – внешняя нагрузка от момента M .

$$F_M = \frac{M C_1}{2n (C_1^2 + C_2^2)} = \frac{450 \cdot 10^3 \cdot 270}{2 \cdot 2 (270^2 + 200^2)} = 269 \text{ Н.}$$

$$F = 325 + 269 = 594 \text{ Н.}$$

Расчетная нагрузка на болт:

$$Q_p = Q + xF = 1128 + 0,25 \cdot 594 = 1276,5 \text{ Н.}$$

8) Выбор резьбы болта:

Расчетное значение внутреннего диаметра резьбы:

					ДП 44.03.04.501 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		30

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 Q_p}{\pi [\sigma]}}$$

где $[\sigma]$ – допускаемое напряжение, $[\sigma] = 7,42$ МПа.

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot 1276,5}{\pi [\sigma]}} = 14,8 \text{ мм,}$$

Установленные болты с резьбой М22 удовлетворяют условию прочности.

2.3 Проверочный расчёт гидросистемы подъёма стрелы

Принимаем параметры гидроцилиндра по ГОСТ 6540-68 ЦРГ 140×100×2000:

- Диаметр цилиндра 140 мм;
- Диаметр штока 100 мм;
- Ход поршня 2000 мм;
- Полный КПД не менее 0,9.

Определяем расходы жидкости в трубопроводах.

- Линия нагнетания:

$$Q_1 = v \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4},$$

где v – скорость потока жидкости, м/сек;

D – диаметр цилиндра, мм.

$$Q_1 = 0,2 \cdot 60 \cdot \frac{3,14 \cdot (140/100)^2}{4} = 18,4 \text{ л/мин.}$$

					ДП 44.03.04.501 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31

- Линия слива:

$$Q_2 = v * \frac{\pi * (D^2 - d^2)}{4},$$

где v – скорость потока жидкости, м/сек;

D – диаметр цилиндра, мм;

d – диаметр штока, мм.

$$Q_2 = 0,2 * 60 * \frac{3,14 * (140^2 - 100^2)}{4 * 10^2} = 9 \text{ л/мин.}$$

Определим скорости потока в трубопроводах.

- Линия нагнетания:

$$v_1 = \frac{4 * Q_1}{\pi * d_1^2} = \frac{4 * 18,4 * 10^{-4}}{3,14 * 0,01^2} = 23 \text{ м/с};$$

- Линия слива:

$$v_2 = \frac{4 * Q_2}{\pi * d_2^2} = \frac{4 * 9 * 10^{-4}}{3,14 * 0,01^2} = 11,4 \text{ м/с}$$

Принимаем минеральное масло МГЕ-10А

- Вязкость $\nu = 0,25 \text{ см}^2/\text{с}$, $\rho = 860 \text{ кг/м}^3$

Определим режимы течения в трубах.

Принимаем трубопровод с параметрами $d_2 = 12 \times 2 \text{ мм}$, с $d_y = 8 \text{ мм}$
по ГОСТ 16516-80 [46].

$$Re_1 = \frac{v_1 * d_1}{\nu} = \frac{23 * 0,01}{0,25 * 10^{-4}} = 9200 - \text{турбулентный режим.}$$

$$Re_2 = \frac{v_2 * d_1}{\nu} = \frac{11,4 * 0,01}{0,25 * 10^{-4}} = 4560 - \text{турбулентный режим.}$$

Определим коэффициент линейных потерь давления.

					ДП 44.03.04.501 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

- Линия нагнетания:

$$\lambda_1 = \frac{64}{Re_1} = \frac{64}{9200} = 0,007$$

- Линия слива:

$$\lambda_2 = \frac{64}{Re_2} = \frac{64}{4560} = 0,014$$

Определяем линейные потери давления в линиях.

- Нагнетание:

$$\Delta P_{L1}^1 = \frac{\lambda_1 \cdot L_H \cdot \rho (v_1)^2}{2 \cdot d_1} = \frac{0,007 \cdot 3,2 \cdot 860 \cdot 23^2}{2 \cdot 0,01} = 0,509 \text{ МПа.}$$

Длина линии нагнетания $L_H = 3,2 \text{ м.}$

- Слив:

$$\Delta P_{L2}^1 = \frac{\lambda_2 \cdot L_C \cdot \rho (v_2)^2}{2 \cdot d_2} = \frac{0,014 \cdot 3,2 \cdot 860 \cdot 11,4^2}{2 \cdot 0,01} = 0,251 \text{ МПа.}$$

Длина линии слива $L_H = 3,2 \text{ м.}$

Определим потери давления в гидроцилиндре:

$$P = \frac{\Delta P}{2} \cdot \left(1 + \left(\frac{D}{D-d}\right)^2\right),$$

где ΔP - разность давлений, $\Delta P = 0,258 \text{ МПа}$

$$P = \frac{0,258}{2} \left(1 + \left(\frac{140}{140-100}\right)^2\right) = 1,7 \text{ МПа,}$$

					ДП 44.03.04.501 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		33

2.4 Поперечная устойчивость автокрана

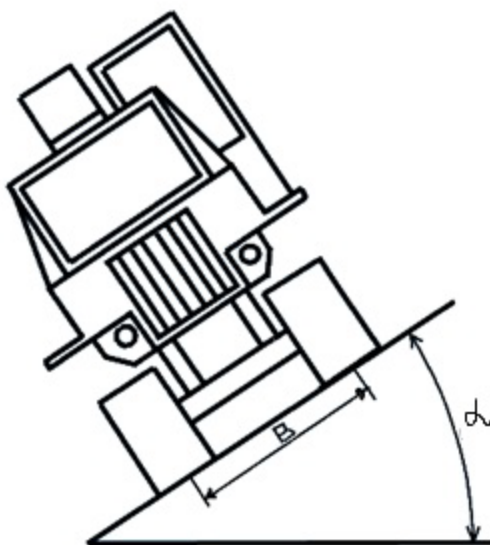


Рисунок 5 – Схема устойчивости крана.

Поперечная устойчивость автокрана оценивается по следующим условиям:

- Опрокидывание на наклонной поверхности;
- Опрокидывание при движении на закругленных участках дороги;
- Потеря сцепления движителя с опорной поверхностью.

Допустимый угол поперечного уклона по условию опрокидывания определяется из выражения:

$$\alpha_y = \arctg\left[\frac{0.5B-e}{1.2h_{ц}}\right],$$

где В – колея автокрана 2000 мм;

е – эксцентриситет центра тяжести относительно продольной оси машины (при ориентировочных расчетах можно эксцентриситет центра тяжести принимать равным нулю);

h_ц – высота центра тяжести 1500мм.

$$\alpha_y = \arctg\left[\frac{0.5 \cdot 2000 - 0}{1.2 \cdot 1500}\right] = 29^\circ$$

2.5 Проверка грузовой и собственной устойчивости крана

Грузовая устойчивость крана проверяется на всех вылетах вариантов работы крана (Рис. 6).

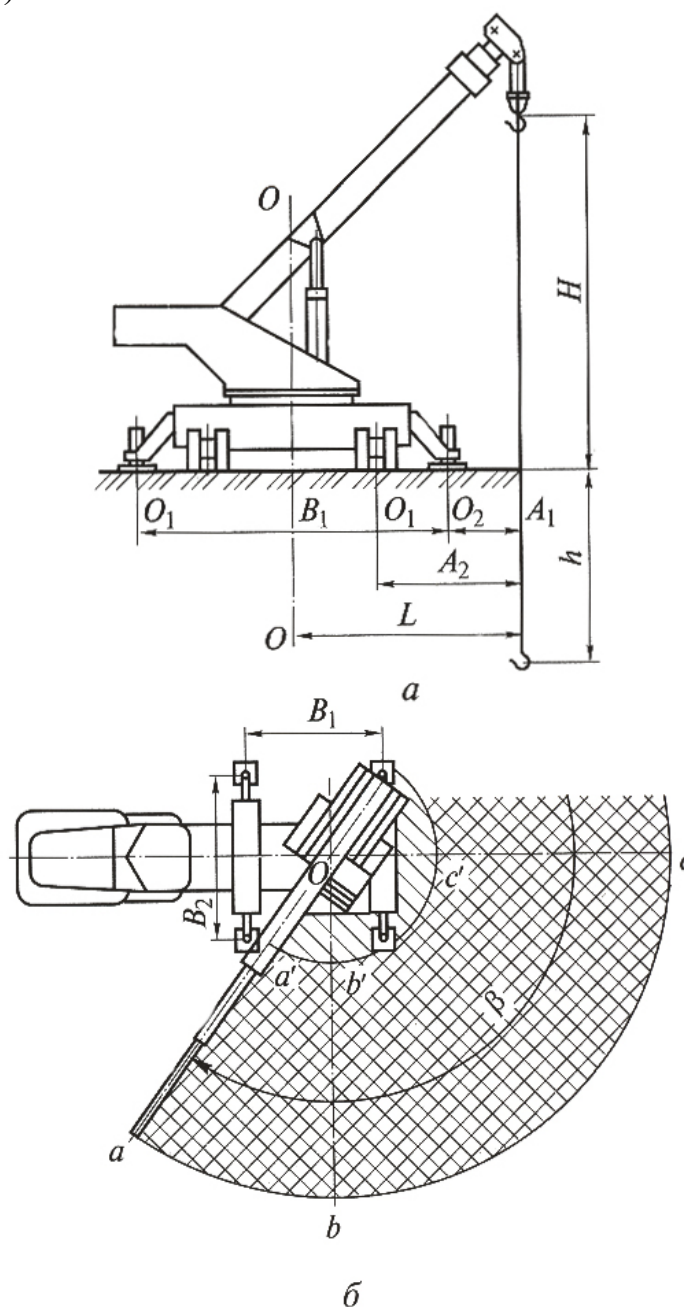


Рисунок 6 – Основные параметры (а) и допустимая зона работы (б) автомобильных кранов.

Ребро опрокидывания проходит через опорные поверхности выносных опор. Расстояние от оси вращения крана до ребра опрокидываний:

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.501 ПЗ

Лист

35

$$b = K_B / 2 = 5,8 / 2 = 2,9 \text{ м.}$$

Принимаем время пуска механизмов: подъема – $t_{п} = 1$ с, вылета – $t_{в} = 1$ с, поворота – $t_{вр} = 2$ с.

Расчетные данные для построения грузовых и высотных характеристик и коэффициенты запаса грузовой устойчивости крана:

$$W_c = L_c b_c q_k c \varphi = 21,7 \cdot 1,3 \cdot 0,45 \cdot 1,25 \cdot 1,0 \cdot 0,2 = 3,2 \text{ кН};$$

$$W_k = H_k B_k q_k c = 3,8 \cdot 4,8 \cdot 0,45 \cdot 1,0 \cdot 1,2 = 9,8 \text{ кН.}$$

Удерживающий момент при угле наклона стрелы $\alpha = 83,9^\circ$:

$$M_y = m_c [0,5 L_c \cos \alpha + x_c + b - (0,5 L_c \sin \alpha + y_c) \sin \alpha_y] g + g m_n (b - x_n - y_n \sin \alpha) + (b - 0,5 h \sin \alpha) g.$$

$$M_y = 3,9 \cdot [0,5 \cdot 21,7 \cdot \cos 83,9^\circ + 1,3 + 2,9 - (0,5 \cdot 21,7 \cdot \sin 83,9^\circ + 2) \cdot \sin 3^\circ] \cdot 9,8 + 0,3 \cdot 9,8 \cdot (2,9 - 2,5 \cdot \sin 3^\circ) + (2,9 - 0,5 [\tau] = 0,2 \cdot 300 = 60 \text{ МПа } 1,297 \cdot \sin 3^\circ) \cdot 9,8 = 1200,5 \text{ кН} \cdot \text{м.}$$

Опрокидывающий момент:

$$M_{оп} = m_{пр} (0,85 R_{п} - b + y_{пр} \sin \alpha_y) g + w_c (0,5 L_c \sin \alpha + y_c) + w_k 0,5 H_k.$$

$$M_{оп} = 0,3 \cdot 9,8 \cdot (0,95 \cdot 3,8 -$$

$$2,9 + 1,5 \cdot \sin 3^\circ) \cdot 9,8 + 5,1 \cdot (0,5 \cdot 21,7 \cdot \sin 83,9^\circ + 2) + 9,8 \cdot 0,5 \cdot 3,8 = 175,4 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Коэффициент запаса собственной устойчивости:

$$K_4 = (M_y / M_{оп}) > 1,15.$$

$$K_4 = M_y / M_{оп} = 1200,5 / 175,4 = 6,84 > 1,15.$$

Грузовая и собственная устойчивость крана обеспечена.

2.6 Расчёт осей гидроцилиндра подъёма стрелы

Так как гидроцилиндр механизма подъема воспринимает наибольшую нагрузку необходимо рассчитать диаметр его осей крепления к проушинам рамы и стрелы.

Ось рассчитывается по напряжением среза:

$$\tau = \frac{F}{\frac{\pi}{4} d^2 i} < [\tau],$$

					ДП 44.03.04.501 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		36

где F – усилие прилагаемое к оси, Н;

d – диаметр оси, мм;

i – число плоскостей среза.

$$d = \frac{\sqrt{4F}}{\pi i \tau},$$

где F – усилие прилагаемое к оси, Н;

Для оси, работающей с переменными нагрузками $[\tau] = 0,2 \dots 0,3\sigma$,

$[\tau] = 0,2 \cdot 300 = 60$ МПа, оси изготовлены из стали 45 по ГОСТ 16516-80 [46]

Тогда:

$$d = \frac{\sqrt{4 \cdot 192 \cdot 10^3}}{3,14 \cdot 2 \cdot 60 \cdot 10^6} = 45,1 \text{ мм.}$$

Установленные на кране оси диаметром 50 мм удовлетворяют условию прочности.

2.7 Механизм поворота

В состав механизм поворота входят: зубчатый венец опорно-поворного круга, двухступенчатый планетарный цилиндрический редуктор, тормоз, гидромотор.

Опрокидывающий момент от сил тяжести номинального груза и стрелы на минимальном вылете:

$$M = Q \cdot g \cdot R_{\min},$$

где $Q = 28,8$ т – грузоподъемность крана;

$g = 9,8$ ускорение свободного падения, м/с^2 ;

$R_{\min} = 9$ м. – минимальный вылет стрелы.

$$M = 28,8 \cdot 9,8 \cdot 9 = 2540 \text{ кНм.}$$

					ДП 44.03.04.501 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

$$M_c = m_c \cdot g \cdot (0,5 \cdot L \cdot \sin \alpha - X_c),$$

где $m_c = 3,9$ т - масса стрелы

$L = 21,7$ м - длина стрелы

$$M_c = 3,9 \cdot 9,8 (0,5 \cdot 21,7 \cdot \sin 65^\circ - 1,5) = 330 \text{ кНм.}$$

Восстанавливающий момент от сил тяжести поворотной части:

$$M_B = m_{\text{п}} \cdot g \cdot X_{\text{п}} + m_{\text{пр}} \cdot g \cdot 0,85 \cdot R_{\text{пр}},$$

где $m_{\text{п}} = 9,147$ т - масса поворотной части;

$m_{\text{пр}} = 0,357$ т - масса противовеса.

$$M_B = 9,147 \cdot 9,8 \cdot 1,2 + 0,357 \cdot 9,8 \cdot 0,85 \cdot 2,94 = 116,2 \text{ кН} \cdot \text{м.}$$

Суммарный опрокидывающий момент, действующий на опорно-поворотный круг от статических нагрузок:

$$M_k = M + M_c - M_B = 2258 + 330 - 116,2 = 2471,8 \text{ кНм.}$$

Вертикальная нагрузка на опорно-поворотный круг:

$$V_k = g(Q + m_c + m_{\text{п}} + m_{\text{пр}}) = 9,8(28,8 + 3,979 + 9,147 + 0,354) = 414,3 \text{ кН.}$$

Установленный опорно-поворотный круг, с воспринимаемым моментом $M_k = 4400$ кНм, $V_k = 377,1$ кН. Тела качения в виде шариков, диаметром 40 мм, в количестве 103 шт. Делительный диаметр зубчатого венца 1440 мм. Модуль зубьев 8. Количество зубьев 180 шт.

					ДП 44.03.04.501 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38

Момент от сил трения в ОПУ:

$$T_{\text{тр}} = 0,5 \cdot w \cdot D1 \cdot V_k,$$

где $W = 0,012$ – коэффициент сопротивления вращению;

$D1 = 1440$ мм - делительный диаметр зубчатого венца.

$$T_{\text{тр}} = 0,5 \cdot 0,012 \cdot 1440 \cdot 10^{-3} \cdot 377,1 = 3,25 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Ветровые нагрузки на стрелу и груз:

$$W_c = p \cdot L \cdot h = 0,15 \cdot 22 \cdot 0,5 = 1,65 \text{ кН}.$$

$$W_{\text{г}} = p \cdot A_{\text{гр}} = 0,15 \cdot 18 = 2,7 \text{ кН},$$

где $p = 0,15$ – поправочный коэффициент;

$h = 0,5$ – высота секции стрелы, м;

$A_{\text{гр}} = 18$ – расчетная площадь груза, м^2 .

Максимальный момент сопротивления вращению от ветровой нагрузки:

$$T_{\text{max}} = W_{\text{г}} \cdot R_{\text{min}} + W_c \cdot 0,5 \cdot L \cdot \cos \alpha = 2,7 \cdot 8 + 1,65 \cdot 0,5 \cdot 21,7 \cdot \cos 65 = 29,3 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Расчетный момент сопротивления вращению от ветровой нагрузки:

$$T_{\text{в}} = 0,7 \cdot T_{\text{max}} = 0,7 \cdot 29,3 = 20,5 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Расчетный момент сопротивления вращению при работе крана на уклоне $1,5^\circ$:

					ДП 44.03.04.501 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		39

$$T_y = 0,7 \cdot M_k \cdot \sin \alpha = 0,7 \cdot 2173,8 \cdot \sin 1,5 = 39,8 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Суммарный статический момент сопротивления вращению:

$$T_{вр} = T_{тр} + T_v + T_y = 3,25 + 20,5 + 39,8 = 63,5 \text{ кНм.}$$

Требуемое передаточное число:

$$U = \frac{n_{г.}}{n_{пов.}}$$

где $n_{г.} = 1200$ об/мин частота вращения гидромотора механизма поворота;

$n_{пов.} = 1,5$ об/мин частота вращения поворотной платформы.

$$U = \frac{1200}{1,5} = 800 \text{ об/мин.}$$

Передаточное число, достигаемое зубчатым венцом ОПУ входящим в зацепление с выходной шестерней редуктора механизма поворота:

$$U_{опу} = \frac{Z_1}{Z_2},$$

где $Z_2 = 180$ – количество зубьев зубчатого венца;

$Z_1 = 14$ – количество зубьев выходной шестерни редуктора механизма поворота.

$$U_{опу} = \frac{180}{14} = 12,8.$$

Тогда требуемое передаточное число редуктора механизма поворота:

$$U_p = \frac{U}{U_{опу}} = \frac{800}{12,8} = 62,5.$$

Установленный на кране опорно-поворотный круг с механизмом вращения полностью удовлетворяет условию.

					ДП 44.03.04.501 ПЗ	Лист
						40
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2.8 Расчёт подшипника ОПУ

Расчет на долговечность по динамической грузоподъемности.

Эквивалентная динамическая нагрузка:

$$P = K_b \cdot K_T (X \cdot V \cdot F_r + Y \cdot F_a),$$

где $K_b = 1$ – коэффициент безопасности;

$K_T = 1,1$ – температурный коэффициент;

X – коэффициент радиальной нагрузки;

$V = 1$ – коэффициент вращения;

$Y = 1$ – коэффициент осевой нагрузки;

$F_a = V_k = 377,1$ кН – вертикальная нагрузка на опорно-поворный круг.

$$P = 1 \cdot 1,1 (1 \cdot 377,1) = 414,8 \text{ кН.}$$

Долговечность подшипника в часах:

$$L_h = \frac{10^6}{60 \cdot n} \left(\frac{C}{P} \right)^m,$$

где n – частота вращений кольца подшипника. Если $n = 1 \dots 10$, то принимается $n = 10$.

$C = 1100$ кН – базовая динамическая грузоподъемность подшипника

$m = 3$ – коэффициент для шарикоподшипников.

Установленные на кране, в опорно-поворотном устройстве подшипники удовлетворяют условиям надёжности и долговечности.

$$L_h = \frac{10^6}{60 \cdot 10} \left(\frac{1100}{414,8} \right)^3 = 31070 \text{ ч.}$$

					ДП 44.03.04.501 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

2.9 Расчёт валов редуктора механизма поворота

2.9.1 Определение реакций в опорах подшипников червяка

Построение эпюр изгибающих и крутящих моментов.

Дано: $F_{ОП} = 400 \text{ Н}\cdot\text{м}$; $F_{tl} = 1544 \text{ Н}\cdot\text{м}$; $F_{r1} = 562 \text{ Н}\cdot\text{м}$; $F_{a1} = 3847 \text{ Н}\cdot\text{м}$;

$d = 68 \text{ мм}$

1. Вертикальная плоскость

$$R_{BY} = \frac{-F_{ОП} \cdot 0,0635 - F_{r1} \cdot 0,1345 + F_{a1} \cdot \frac{0,068}{2}}{0,269} = 111 \text{ Н};$$

$$R_{AY} = F_{ОП} - F_{r1} - R_{BY} = -273 \text{ Н};$$

$$M_{X1} = 0;$$

$$M_{X2} = F_{ОП} \cdot 0,0635 = 25 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$M_{X31} = F_{ОП} \cdot 0,198 + R_{AY} \cdot 0,1345 = 116 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$M_{X32} = F_{ОП} \cdot 0,198 + R_{AY} \cdot 0,1345 - F_{a1} \cdot (0,068/2) = -35 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$M_{X4} = F_{ОП} \cdot 0,3325 + R_{AY} \cdot 0,269 - F_{a1} \cdot (0,068/2) - F_{r1} \cdot 0,1345 = 0.$$

2. Горизонтальная плоскость:

$$R_{BX} = \frac{F_{tl} \cdot 0,1345}{0,269} = 772 \text{ Н};$$

$$R_{AX} = F_{tl} - R_{BX} = 772 \text{ Н};$$

$$M_{Y1} = 0;$$

$$M_{Y2} = 0;$$

$$M_{Y3} = R_{AX} \cdot 0,1345 = 104 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$M_{Y4} = R_{AX} \cdot 0,269 - F_{tl} \cdot 0,1345 = 0.$$

3. Строим эпюру крутящих моментов, Н·м:

$$M_K = M_Z = \frac{F_{tl} \cdot d}{2} = 52 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

					ДП 44.03.04.501 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

4. Определяем суммарные радиальные реакции, Н:

$$R_A = \sqrt{R_{AY}^2 + R_{AX}^2} = 819H;$$

$$R_B = \sqrt{R_{BY}^2 + R_{BX}^2} = 780H.$$

5. Определяем суммарные изгибающие моменты в наиболее нагруженных сечениях, Н·м:

$$M_2 = M_2 = 25H \cdot m \text{ - первое опасное сечение;}$$

$$M_3 = \sqrt{M_{3Y}^2 + M_{3X}^2} = 156H \cdot m \text{ - второе опасное сечение.}$$

2.9.2 Определение реакций в опорах подшипников червячного колеса

Построение эпюр изгибающих и крутящих моментов.

Дано: $F_M = 3040 \text{ Н} \cdot \text{м}$; $F_{t2} = 3847 \text{ Н} \cdot \text{м}$; $F_{r2} = 562 \text{ Н} \cdot \text{м}$; $F_{a2} = 1544 \text{ Н} \cdot \text{м}$;
 $d = 252 \text{ мм}$.

1. Вертикальная плоскость:

$$R_{DY} = \frac{F_{r2} \cdot 0,079 + F_{a2} \cdot \frac{0,252}{2}}{0,156} = 1532H;$$

$$R_{CY} = F_{r2} - R_{DY} = -970H;$$

$$M_{X1} = 0;$$

$$M_{X21} = R_{CY} \cdot 0,079 = 77 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_{X22} = R_{CY} \cdot 0,079 - F_{a2} \cdot (0,252/2) = -118 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_{X3} = R_{CY} \cdot 0,156 - F_{a2} \cdot (0,252/2) + F_{r2} \cdot 0,077 = 0;$$

$$M_{X4} = R_{CY} \cdot 0,2475 - F_{a2} \cdot (0,252/2) + F_{r2} \cdot 0,1685 - R_{DY} \cdot 0,0915 = 0.$$

2. Горизонтальная плоскость:

$$R_{CX} = \frac{F_{t2} \cdot 0,077 + F_M \cdot 0,0915}{0,156} = 3682H$$

					ДП 44.03.04.501 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

$$R_{DX} = F_{t2} - R_{CX} - F_M = -2875H;$$

$$M_{y1} = 0;$$

$$M_{y2} = R_{CX} \cdot 0,079 = 291 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_{y3} = R_{CX} \cdot 0,156 - F_{t2} \cdot 0,077 = 278 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_{y4} = R_{CX} \cdot 0,2475 - F_{t2} \cdot 0,1685 - R_{DX} \cdot 0,0915 = 0.$$

3. Строим эпюру крутящих моментов, Н·м:

$$M_K = M_Z = \frac{F_{t2} \cdot d}{2} = 485 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

4. Определяем суммарные радиальные реакции, Н:

$$R_C = \sqrt{R_{CY}^2 + R_{CX}^2} = 3808 \text{ Н};$$

$$R_D = \sqrt{R_{DY}^2 + R_{DX}^2} = 3258 \text{ Н}.$$

5. Определяем суммарные изгибающие моменты в наиболее нагруженных сечениях, Н·м:

$$M_3 = M_3 = 278 \text{ Н} \cdot \text{м} - \text{первое опасное сечение};$$

$$M_2 = \sqrt{M_{2Y}^2 + M_{2X}^2} = 314 \text{ Н} \cdot \text{м} - \text{второе опасное сечение}.$$

2.9.3 Уточнённый расчёт валов на усталостную прочность

Уточнённый расчёт валов на усталостную прочность червяка в первом опасном сечении.

Коэффициент запаса прочности в опасных сечениях вала и сравнение их с допускаемыми [9]:

$$S \geq [S],$$

где S – расчетный (фактический) коэффициент запаса прочности вала в проверяемом сечении;

$[S]$ – минимально допустимое значение коэффициента запаса прочности, $[S] = 1,5 \dots 2,5$ [9].

					ДП 44.03.04.501 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44

Расчетный коэффициент запаса прочности вала в опасном сечении определяют по зависимости:

$$S = \frac{S_{\sigma} \cdot S_{\tau}}{\sqrt{S_{\sigma}^2 + S_{\tau}^2}},$$

где S_{σ} , S_{τ} – коэффициенты запаса прочности вала при действии напряжений изгиба и кручения соответственно.

Коэффициенты запаса прочности S_{σ} , S_{τ} вычисляют по формулам:

$$S_{\sigma} = \frac{(\sigma_{-1})_D}{\sigma_A};$$

$$S_{\tau} = \frac{(\tau_{-1})_D}{\tau_A},$$

где $(\sigma_{-1})_D$, $(\tau_{-1})_D$ – пределы выносливости в расчётном сечении, Н/мм²;

σ_A , τ_A – пределы выносливости в расчётном сечении, Н/мм².

Нормальные напряжения изменяются по симметричному циклу, при котором амплитуда напряжений σ_A равна расчётным напряжениям изгиба

σ_H :

$$\sigma_A = \sigma_H = \frac{M}{0,1 \cdot d^3},$$

где M – суммарный изгибающий момент, $M=25$ Н·м;

d – диаметр вала в рассматриваемом сечении, $d=25$ мм³.

					ДП 44.03.04.501 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

$$\sigma_A = \sigma_H = \frac{25 \cdot 10^3}{0,1 \cdot 25^3} = 16 \text{ Н / мм}^2$$

Касательные напряжения изменяются по отнулевому циклу, при котором амплитуда цикла τ_A равна половине расчётных напряжений кручения τ_K :

$$\tau_A = \frac{\tau_K}{2} = \frac{M_K}{2 \cdot 0,2 \cdot d^3},$$

где M_K – крутящий момент, $M=52 \text{ Н}\cdot\text{м}$.

$$\tau_A = \frac{52 \cdot 10^3}{2 \cdot 0,2 \cdot 25^3} = 8,3 \text{ Н / мм}^2.$$

Коэффициенты $K_{\sigma \cdot \partial}$ и $K_{\tau \cdot \partial}$ вычисляют по зависимостям:

$$K_{\sigma \cdot \partial} = \left(\frac{k_\sigma}{k_d} + \frac{1}{k_F} - 1 \right) \cdot \frac{1}{k_V}, \quad K_{\tau \cdot \partial} = \left(\frac{k_\tau}{k_d} + \frac{1}{k_F} - 1 \right) \cdot \frac{1}{k_V},$$

где k_σ – коэффициент концентрации напряжений по изгибу;

k_τ – коэффициент концентрации напряжений по кручению;

k_d – коэффициент влияния абсолютных размеров поперечного сечения;

k_F – коэффициент влияния параметров шероховатости поверхности

вала;

k_V – коэффициент влияния поверхностного упрочнения.

$$K_{\sigma \cdot \partial} = (3,3 + 1 - 1) \cdot 1 = 3,3, \quad K_{\tau \cdot \partial} = (2,4 + 1 - 1) \cdot 1 = 2,4;$$

					ДП 44.03.04.501 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

$$(\sigma_{-1})_D = \frac{\sigma_{-1}}{K_{\sigma}} = \frac{380}{3,3} = 115 \text{ Н / мм}^2;$$

$$\tau_{-1} = 0,58 \cdot \sigma_{-1} = 0,58 \cdot 380 = 220,4 \text{ Н / мм}^2;$$

$$(\tau_{-1})_D = \frac{\tau_{-1}}{K_{\tau}} = \frac{220,4}{2,4} = 92 \text{ Н / мм}^2;$$

$$S_{\sigma} = \frac{115}{16} = 7,2;$$

$$S_{\tau} = \frac{92}{8,3} = 11,1;$$

$$S = \frac{7,2 \cdot 11,1}{\sqrt{7,2^2 + 11,1^2}} = 6 > 2,5.$$

Полученное значение удовлетворяет условию.

Уточнённый расчёт валов на усталостную прочность червяка во втором опасном сечении.

Нормальные напряжения изменяются по симметричному циклу, при котором амплитуда напряжений σ_A равна расчётным напряжениям изгиба σ_H :

$$\sigma_A = \sigma_H = \frac{M_3}{\pi \cdot d_{f1}^3},$$

где M_3 – максимальный изгибающий момент, Н·м;

d_{f1}^3 – диаметр вала в опасном сечении, мм.

$$\sigma_A = \sigma_H = \frac{156 \cdot 10^3}{\frac{3,14 \cdot 48^3}{32}} = 14,4 \text{ Н / мм}^2$$

Касательные напряжения изменяются по отнулевому циклу, при котором амплитуда цикла τ_A равна половине расчётных напряжений кручения τ_K :

$$\tau_A = \frac{\tau_K}{2} = \frac{M_K}{2 \cdot \frac{\pi \cdot d^3}{16}};$$

$$\tau_A = \frac{52 \cdot 10^3}{2 \cdot \frac{3,14 \cdot 48^3}{16}} = 1,2 H / мм^2;$$

$$K_{\sigma_{\partial}} = \left(\frac{2,4}{0,82} + 1,4 - 1 \right) \cdot 1 = 3,3; \quad K_{\tau_{\partial}} = \left(\frac{2}{0,82} + 1,4 - 1 \right) \cdot 1 = 2,8;$$

$$(\sigma_{-1})_D = \frac{\sigma_{-1}}{K_{\sigma_{\partial}}} = \frac{380}{3,3} = 115 H / мм^2;$$

$$\tau_{-1} = 0,58 \cdot \sigma_{-1} = 0,58 \cdot 380 = 220,4 H / мм^2;$$

$$(\tau_{-1})_D = \frac{\tau_{-1}}{K_{\tau_{\partial}}} = \frac{220,4}{2,8} = 79 H / мм^2;$$

$$S_{\sigma} = \frac{115}{14,4} = 8;$$

$$S_{\tau} = \frac{79}{1,2} = 65,8;$$

$$S = \frac{8 \cdot 65,8}{\sqrt{8^2 + 65,8^2}} = 8 > 2,5.$$

Полученное значение удовлетворяет условию.

					ДП 44.03.04.501 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48

Уточнённый расчёт валов на усталостную прочность червячного колеса в первом опасном сечении.

Нормальные напряжения изменяются по симметричному циклу, при котором амплитуда напряжений σ_A равна расчётным напряжениям изгиба σ_H :

$$\sigma_A = \sigma_H = \frac{M}{0,1 \cdot d^3 \cdot \frac{b \cdot t_1 \cdot (d - t_1)^2}{2 \cdot d}},$$

где b, t_1 – размеры шпонки червячного колеса, 20, 7,5 мм соответственно.

$$\sigma_A = \sigma_H = \frac{278 \cdot 10^3}{0,1 \cdot 70^3 \cdot \frac{20 \cdot 7,5 \cdot (70 - 7,5)^2}{2 \cdot 70}} = 9,2 \text{ Н / мм}^2.$$

Касательные напряжения изменяются по отнулевому циклу, при котором амплитуда цикла τ_A равна половине расчётных напряжений кручения τ_K :

$$\tau_A = \frac{M_K}{2 \cdot 0,2 \cdot d^3 \cdot \frac{b \cdot t_1 \cdot (d - t_1)^2}{2 \cdot d}},$$

где где b, t_1 – размеры шпонки червячного колеса, 20, 7,5 мм соответственно.

$$\tau_A = \frac{485 \cdot 10^3}{2 \cdot 0,2 \cdot 70^3 \cdot \frac{20 \cdot 7,5 \cdot (70 - 7,5)^2}{2 \cdot 70}} = 3,75;$$

$$K_{\sigma,0} = \left(\frac{2,3}{0,76} + 1 - 1 \right) \cdot 1 = 3; \quad K_{\tau,0} = \left(\frac{2,2}{0,76} + 1 - 1 \right) \cdot 1 = 2,9;$$

$$(\sigma_{-1})_D = \frac{\sigma_{-1}}{K_{\sigma}} = \frac{380}{3} = 127 \text{ Н / мм}^2;$$

$$\tau_{-1} = 0,58 \cdot \sigma_{-1} = 0,58 \cdot 380 = 220,4 \text{ Н / мм}^2;$$

$$(\tau_{-1})_D = \frac{\tau_{-1}}{K_{\tau}} = \frac{220,4}{2,9} = 76 \text{ Н / мм}^2;$$

$$S_{\sigma} = \frac{127}{9,2} = 13,8;$$

$$S_{\tau} = \frac{76}{3,75} = 20,3;$$

$$S = \frac{13,8 \cdot 20,3}{\sqrt{13,8^2 + 20,3^2}} = 11,4 > 2,5.$$

Полученное значение удовлетворяет условию.

Уточнённый расчёт валов на усталостную прочность червячного колеса во втором опасном сечении.

Нормальные напряжения изменяются по симметричному циклу, при котором амплитуда напряжений σ_A равна расчётным напряжениям изгиба σ_H :

$$\sigma_A = \sigma_H = \frac{314 \cdot 10^3}{0,1 \cdot 60^3} = 14,5 \text{ Н / мм}^2.$$

Касательные напряжения изменяются по отнулевому циклу, при котором амплитуда цикла τ_A равна половине расчётных напряжений кручения τ_K :

$$\tau_A = \frac{485 \cdot 10^3}{2 \cdot 0,2 \cdot 60^3} = 5,6 \text{ Н / мм}^2.$$

					ДП 44.03.04.501 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

Коэффициенты $K_{\sigma d}$ и $K_{\tau d}$ вычисляются по зависимостям:

$$K_{\sigma d} = (4,4 + 1 - 1) \cdot 1 = 4,4; \quad K_{\tau d} = (3,1 + 1 - 1) \cdot 1 = 3,1;$$

$$(\sigma_{-1})_D = \frac{\sigma_{-1}}{K_{\sigma d}} = \frac{380}{4,4} = 86,4 \text{ Н / мм}^2;$$

$$\tau_{-1} = 0,58 \cdot \sigma_{-1} = 0,58 \cdot 380 = 220,4 \text{ Н / мм}^2;$$

$$(\tau_{-1})_D = \frac{\tau_{-1}}{K_{\tau d}} = \frac{220,4}{3,1} = 71,1 \text{ Н / мм}^2;$$

$$S_{\sigma} = \frac{86,4}{14,5} = 6;$$

$$S_{\tau} = \frac{71,1}{5,6} = 12,7;$$

$$S = \frac{6 \cdot 12,7}{\sqrt{6^2 + 12,7^2}} = 5,4 > 2,5.$$

Полученное значение удовлетворяет условию.

2.10 Расчёт стрелы крана

Параметры:

$l=21,7$ м – длина стрелы;

$m_s=3,9$ т – масса стрелы;

$Q=28,8$ тс – требуемая грузоподъёмность;

$W=0,01$ тс/м – ветровая нагрузка;

$\theta=30^\circ$ - угол наклона стрелы;

$r=0,1 \cdot 21,7=2,17$ м – минимальное расстояние груза, до центра вращения;

					ДП 44.03.04.501 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		51

$$r=0,05 \cdot 21,7=0,11 \text{ м};$$

$q=0,18 \text{ т/п.м}$ – масса погонного метра стрелы.

2.10.1 Составление расчётной схемы и определение реакций от вертикальных нагрузок

Материал, из которой изготовлена стрела, сталь - 09Г2С-12, расчётное сопротивление которой - $R=325 \text{ МПа}$.

Определение реакций опор:

Собственный вес стрелы:

$$G_c = m_c \cdot g,$$

где m_c – масса стрелы, т;

g – ускорение свободного падения, м/с^2 .

$$G_c = 3,9 \cdot 9,8 = 38,2 \text{ кН},$$

Усилие натяжения концевой ветви каната грузового полиспаста:

$$S_{ep} = \frac{Q + G_{II}}{n \cdot \eta},$$

где $n=8$ – кратность полиспаста;

$\eta=0.95$ – КПД полиспаста.

$$S_{ep} = \frac{28,8 + 38,2}{8 \cdot 0,95} = 8,8 \text{ кН},$$

Определение реакция в стреле:

$$\sum M_A = 0; -S_{ep} \cdot r - S_{cmp} \cdot p + (Q + G_{II}) \cdot l \cdot \cos \theta + Gd = 0;$$

$$S_{cmp} = \frac{-S_{ep} \cdot r + (Q + G_{II}) \cdot l \cdot \cos \theta + G \frac{l}{2} \cos \theta}{p} =$$

					ДП 44.03.04.501 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

$$= \frac{-6.4 \cdot 0.55 + (28.8 + 0.1) \cdot 21.7 \cdot \cos 30^\circ + 38.2 \cdot \frac{21.7}{2} \cdot \cos 30^\circ}{1.1} = 54.4 \text{ кН},$$

где угол α – угол между стрелой и грузоподъёмным канатом;

угол β – угол между отклонения грузоподъёмного каната.

$$\sum X = 0; \quad R_H - S_{cmp} \cdot \cos \delta - S_{cp} \cdot \cos \gamma = 0;$$

$$R_H = S_{cmp} \cdot \cos \delta + S_{cp} \cdot \cos \gamma = 54.4 \cdot 0.912 + 6.4 \cdot 0.89 = 55.3 \text{ кН};$$

$$\sum Y = 0; \quad R_V - G - G_{II} - Q - S_{cmp} \cdot \sin \delta - S_{cp} \cdot \sin \gamma = 0;$$

$$R_V = G + G_n + Q + S_{cmp} \cdot \sin \delta + S_{cp} \cdot \sin \gamma =$$

$$= 1.1 + 0.1 + 54.4 \cdot 0.411 + 6.4 \cdot 0.456 = 32.5 \text{ кН};$$

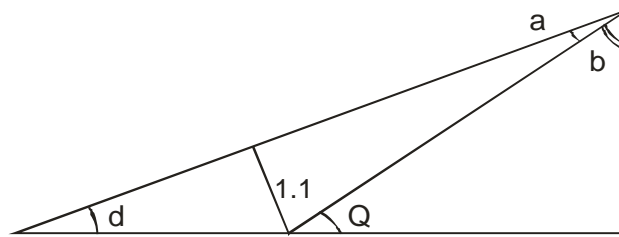


Рисунок 7 – Расчётная схема

угол α – угол между стрелой и грузоподъёмным канатом;
 угол β – угол между отклонения грузоподъёмного каната.

$$\delta = 90 - (\alpha + \beta) \quad \beta = 60^\circ$$

$$\sin \alpha = \frac{1.1}{11} = 0.1 \quad \alpha = 5.74^\circ$$

$$\delta = 26.24^\circ$$

$$\gamma - \text{аналогично} \quad \gamma = 27.13^\circ$$

$$\cos \delta = 0.912, \quad \cos \gamma = 0.89, \quad \sin \delta = 0.411, \quad \sin \gamma = 0.456$$

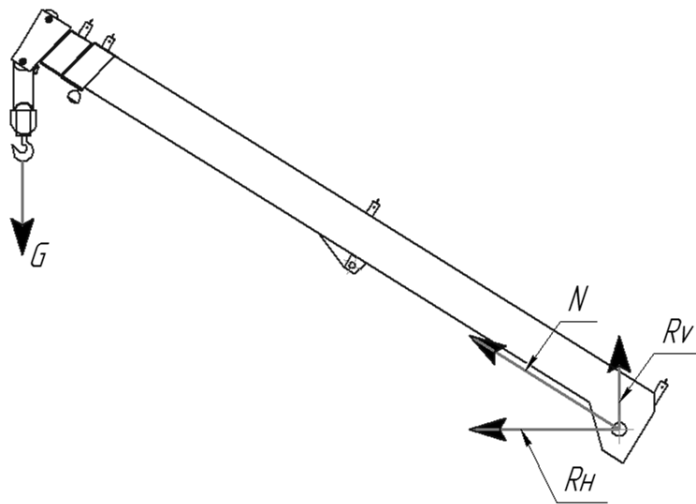


Рисунок 8 – Схема реакций опоры стрелы

Суммарная опорная реакция:

$$R_b = N = \sqrt{R_H^2 + R_V^2} = \sqrt{55.3^2 + 32.5^2} = 64.14 \text{ тс};$$

Эта реакция вызывает усилие сжатия S_{nb} в поясах коробки стрелы. Имеем 4 грани. Линии пересечения граней являются осями 4-х поясов.

2.10.2 Определение усилия в поясах от вертикальных нагрузок

$$S_{nb} = \frac{R_b}{4 \cos \alpha \cdot \cos \alpha_r},$$

где α – угол между осью стрелы и верхней гранью,

α_r – угол между осью стрелы и верхней гранью.

Для нахождения α и α_r подберем размеры стрелы:

$$a_n = \left(\frac{1}{5} \div \frac{1}{6} \right) \cdot l \quad a_n = 2,2 \text{ м};$$

$$b_0 = \left(\frac{1}{10} \div \frac{1}{15} \right) \cdot l \quad b_0 = 1,1 \text{ м};$$

$$h_k = (300 \div 500) \cdot l \quad h_k = 300 \text{ мм} = 0,3 \text{ м};$$

$$h = \left(\frac{1}{20} \div \frac{1}{30} \right) \cdot l \quad h = 0,44 \text{ м};$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

$$b = (1 \div 1.5) \cdot h \quad b=0,44 \text{ м};$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{h - h_k}{2a_n} = \frac{0.44 - 0.3}{2 \cdot 2.2} = 0.032 \quad \alpha=2^\circ;$$

$$\operatorname{tg} \alpha_r = \frac{b_0 - b}{2a_n} = \frac{1.1 - 0.44}{2 \cdot 2.2} = 0.15 \quad \alpha_r=9^\circ;$$

$$S_{nb} = \frac{R_b}{4 \cos \alpha \cdot \cos \alpha_r} = \frac{64.14}{4 \cos 2^\circ \cdot \cos 9^\circ} = 16.25 \text{ кН.}$$

2.10.3 Определение реакций и усилий от горизонтальных нагрузок

Ветровая и инерционная нагрузка

Горизонтальные инерционные нагрузки принимаются равными 10% от соответствующих вертикальных нагрузок:

$$p=0,1Q=0.6 \text{ кН,}$$

где Q – нагрузка, кН.

$$M_{zp} = p \cdot l \cdot \cos \theta = 0.6 \cdot 11 \cdot \cos 30^\circ = 5.7 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$R_{zp} = \frac{M_{zp}}{b_0} = \frac{5.7}{1.1} = 5.2 \text{ кН.}$$

Реакция от ветровой нагрузки:

$$R_{rw} = \frac{M_{rw}}{b_0} = \frac{6.05}{1.1} = 5.5 \text{ кН};$$

$$M_{rw} = \frac{Wl^2}{2} = \frac{0.1 \cdot 11^2}{2} = 6.05 \text{ кН} \cdot \text{м.}$$

Общая реакция от горизонтальных нагрузок:

$$R_r = R_{rw} + R_{zp} = 5.5 + 5.2 = 10.7 \text{ кН.}$$

					ДП 44.03.04.501 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

Усилие от горизонтальных нагрузок:

$$S_{nz} = \frac{R_r}{2 \cos \alpha_r \cdot \cos \alpha} = \frac{10.7}{2 \cos 9^\circ \cdot \cos 2^\circ} = 5.4 \text{ кН.}$$

Определение наибольшего изгибающего момента:

$$M = \frac{ql^2 \cos \theta}{8} = \frac{0.27 \cdot 11^2 \cdot \cos 30^\circ}{8} = 3.6 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

2.10.4 Определение расчетных усилий в сечениях стрелы.

Сечение у опорного шарнира:

Для сечения у опорного шарнира просуммируем усилия от вертикальных и горизонтальных нагрузок:

$$S_n = S_{nr} + S_{nb} = 16.25 + 5.4 = 21.65 \text{ кН}$$

Сечение в средней части:

Для сечения в средней части пролета, представляющего собой параллелепипед, необходимо учесть продольное усилие от вертикальных сил, момент M_r , вычисленный для рассчитываемого сечения, и изгибающий момент от собственного веса и просуммировать все усилия:

$$S_n = \frac{N}{4} + \frac{M_r}{2b} + \frac{M}{2h} = \frac{64.14}{4} + \frac{11.75}{2 \cdot 0.44} + \frac{3.6}{2 \cdot 0.44} = 33.55 \text{ кН}$$

$$M_r = M_{rv} + M_{rp} = 6.05 + 5.7 = 11.75 \text{ кН} \cdot \text{м.}$$

					ДП 44.03.04.501 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56

Данное сечение балки имеет момент инерции:

$$J_x = 2 \left[\frac{\delta_c H^3}{12} + \delta_{II} B \left(\frac{H}{2} + \delta_{II} \right)^2 \right],$$

где δ_c - толщина стенки стрелы, мм;

H – высота стрелы, мм;

B – ширина стрелы, мм.

$$J_x = 2 \left[\frac{0,013 \cdot 0,6^3}{12} + 0,013 \cdot 0,45 \left(\frac{0,6}{2} + 0,013 \right)^2 \right] = 19 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

Что выше требуемого момента, что говорит о том, что балка с выбранными параметрами жестче требуемой. Поэтому уменьшим толщину стенки до $\delta_c = 0,008$ м при высоте H=0,6 м. При этом вес балки несколько увеличится. Однако это увеличение несущественно. Так, по данным профессора Гохберга М.М., при отклонении параметров на 20% от оптимального значения вес балки увеличится не более чем на 2,5%.

Ширину пояса принимаем B=0,45 м. Обычно толщину пояса принимают $\delta_{II} = (1 \dots 3) \delta_c$, в связи с чем $\delta_{II} = \delta_c = 0,008$ м.

Расстояние между стенками:

$$b \leq 60 \delta_{II} = 60 \cdot 0,008 = 0,48 \text{ м.}$$

$h = H - 2 \delta_{II} = 0,6 - 2 \cdot 0,008 = 0,584$ м. – высота вертикальной стенки стрелы.

$b = B - 2 \delta_c = 0,45 - 2 \cdot 0,010 - 2 \cdot 0,008 = 0,414$ м. – ширина стрелы.

Расчёт инерции сечения стрелы:

$$J_x = 2 \left[\frac{\delta_c H^3}{12} + \delta_{II} B \left(\frac{H}{2} + \delta_{II} \right)^2 \right] = 2 \left[\frac{0,008 \cdot 0,6^3}{12} + 0,008 \cdot 0,6 \left(\frac{0,6}{2} + 0,008 \right)^2 \right] = 10 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

Рассчитаем геометрические характеристики данного сечения:

- Момент инерции в вертикальной плоскости:

$$J_{1x} = 2 \left[\frac{\delta_c h^3}{12} + \delta_{II} B \left(\frac{h}{2} + \delta_{II} \right)^2 \right] = 2 \left[\frac{0,008 \cdot 0,584^3}{12} + 0,008 \cdot 0,6 \left(\frac{0,584}{2} + 0,008 \right)^2 \right] = 9,6 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

- Момент инерции в горизонтальной плоскости:

$$J_{1y} = 2 \left[\frac{\delta_{II} B^3}{12} + \delta_c h \left(\frac{b}{2} + \delta_c \right)^2 \right] = 2 \left[\frac{0,008 \cdot 0,45^3}{12} + 0,008 \cdot 1,484 \left(\frac{0,414}{2} + 0,008 \right)^2 \right] = 2,3 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

- Момент сопротивления в вертикальной плоскости:

$$W_{1x} = \frac{2J_{1x}}{h_c + \delta_{II}} = \frac{2 \cdot 0,0096}{0,584 + 0,008} = 13 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot \text{м}$$

- Момент сопротивления в горизонтальной плоскости:

$$W_{1y} = \frac{2J_{1y}}{B} = \frac{2 \cdot 0,0023}{0,45} = 15 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot \text{м}$$

При условии - усиления основной (корневой) секции стрелы швеллером №8, условие прочности стрелы выполняется.

					ДП 44.03.04.501 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		58

3. ТЕХНИКО – ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТА

В выпускной квалификационной работе рассматривается возможность увеличения грузоподъёмности стрелового автомобильного крана КС-45717-1.

Кран участвует в технологическом процессе перегрузки, подачи заготовок на предприятии АО «ОКБ «Новатор»». В связи с реконструкцией цеха и изменения номенклатуры, производимых предприятием изделий, требуется поднимать груз 2,5 т на вылете 12 м, то есть существующий кран не может быть задействован в процессе, по причине недостаточной грузоподъёмности. В выпускной квалификационной работе проводится анализ возможности модернизации стрелового автомобильного крана КС-45717-1, с целью увеличения грузоподъёмности.

3.1 Расчёт единовременных затрат

I Базовый вариант

Приобретение нового крана:

$$K_1 = C_{кр} \cdot K_{тр},$$

где $C_{кр}$ — цена нового крана;

$K_{тр}$ - коэффициент, связанный с транспортными расходами.

$$K_1 = 4200000 \times 1,15 = 4830000 \text{ руб.}$$

II Проектный вариант

Затраты на модернизацию крана, $C_{ед}$:

$$C_{ед} = C_1 + C_2 + C_3 + C_4,$$

где C_1 - затраты на проектировщика, тыс. руб;

C_2 - транспортные расходы (10% от цены металла), тыс. руб;

					ДП 44.03.04.501 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		59

C_3 - затраты на демонтаж (10% от цены металла), тыс. руб;

C_4 - затраты на монтаж (10% от цены металла), тыс. руб.

Цена усиления = 291000 руб.

$$C_1 = n \cdot i \cdot s \cdot K_{пр.} \cdot K_1 \cdot K_2,$$

где n – число месяцев отводимых на проект.

I – численность инженеров, занимающихся данным проектом;

S – заработная плата инженера = 20000 руб;

$K_{пр.}$ = 1,2 – коэффициент, учитывающий премиальные выплаты;

K_1 = 1,15 – коэффициент, учитывающий регион (уральский);

K_2 = 1,32 – коэффициент, учитывающий социальные выплаты.

$$C_1 = 2 \cdot 1 \cdot 20000 \cdot 1,2 \cdot 1,15 \cdot 1,32 = 72864 \text{ руб.}$$

3.2 Расчёт текущих затрат

Амортизационные отчисления (C_{AM}):

$$C_{AM} = N_{AM} \cdot C_{ед},$$

где N_{AM} – амортизационный налог для базового варианта = 15%.

$$C_{AM} = 15\% \cdot 4830000 = 724500 \text{ руб.}$$

C_{AM} для проектного варианта = 7,5%

$$C_{AM} = 7,5\% \cdot 448104 = 33607 \text{ руб.}$$

					ДП 44.03.04.501 ПЗ	Лист
						60
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

3.3 Техничко-экономические показатели проекта

Таблица 1 – Техничко-экономические показатели проекта

Показатели	Варианты		Отклонение ”+” увеличение ”-” уменьшение
	Базовый	Проектный	
1) Срок службы, л.	15	15	
3) С – затраты единовременные, тыс.руб.	4830	431	- 4399
С ₁ – затраты на проектирование, тыс.руб.		72	+72
С ₂ – затраты на покупные комплектующие, тыс. руб.		291	+291
С _{3 и 4} - затраты на демонтаж и монтаж, тыс. руб.		58	+58
4) Текущие затраты, тыс. руб.	1086	50	1036
Амортизационные отчисления	724	33	-691
5) Срок окупаемости, лет		0,4	

Срок окупаемости проекта

$$\text{Ток} = \frac{\text{К дополн. единовр. затр.}}{\text{Э условно-годовая экономия}} = 431/(1086-72) = 0,4 \text{ года,}$$

Примерно 5 месяцев.

4. БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

В связи с реконструкцией одного из цехов АО «ОКБ «Новатор»» и изменения номенклатуры, производимых предприятием изделий, требуется поднимать груз 2,5 т на вылете 12 м, существующий кран не может быть задействован в процессе, по причине недостаточной грузоподъёмности. В выпускной квалификационной работе проводится анализ возможности модернизации существующего стрелового автомобильного крана КС-45717-1, с целью увеличения грузоподъёмности на 15%.

4.1 Безопасность труда

Общие положения о безопасности труда прописаны в ГОСТ 12.0.004-90 [37]. Прежде чем допустить к работе машиниста автокрана с ним проводят обучение занятию и инструктаж по безопасности труда, который носит непрерывный многоуровневый характер.

Ответственность за организацию своевременного и качественного обучения и контроль знаний возлагают на его руководителя.

Своевременное обучения по безопасности труда работника предприятия контролирует отдел (бюро, инженер) охраны труда.

Учебные материалы по технике безопасности труда должны предусматривать теоретическое и практическое обучение.

4.1.2 Электробезопасность

Основными потребителями электроэнергии автокрана являются лампы освещения, электродвигатели и датчики. Питание потребителей крановой установки осуществляется постоянным током напряжением 24В от сети шасси

					ДП 44.03.04.501 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		62

по однопроводной электрической схеме. С корпусом машины (массой) соединен отрицательный зажим источника тока, в качестве которого используется аккумуляторная батарея, которую в свою очередь подзаряжает генератор, приводимый в действие двигателем внутреннего сгорания автомобиля. Все провода автокрана имеют изоляцию.

Для предотвращения КЗ:

- грамотно монтировать и эксплуатировать электрооборудование;
- подбирать электропроводку в соответствии с величиной тока;
- регулярно проводить профилактические осмотры и измерения сопротивления изоляции;
- правильно выбирать автоматику защиты (плавкие предохранители).

Для предупреждения об опасности используют специальные таблички. Кроме того проводят организационные и технические мероприятия по обеспечению электробезопасности, согласно ГОСТ 12.1.019[39]. Такие как инструктаж и допуск к работе с электроустановками лиц, прошедших медицинское освидетельствование, выполнении ряда технических мер при проведении работ с отключением напряжения в действующих установках или вблизи них, соблюдении особых требований при работах на токоведущих частях, находящихся под напряжением или вблизи них.

Установка и работа автокрана под линией электропередач любого напряжения запрещается. На автокране есть специальные приборы безопасности, которые прекращают работу крана (останавливают поворот платформы).

Работа автокрана вблизи ЛЭП производится только по наряд-допуску, который согласуется с компанией, владеющей ЛЭП. Работа производится при выполнении условия: расстояние от подъемной части вместе с грузом до самого близкого провода под напряжением должно быть:

1-20кВ – не менее 2м

20-35кВ – не менее 2,5м

35-110кВ – не менее 3м

					ДП 44.03.04.501 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63

110-220кВ – не менее 4м

220-400кВ – не менее 5м

400-750кВ – не менее 9м

750- 1150кВ – не менее 10м

При отсутствии возможности соблюдения этих норм, работы могут проводиться при отключении ЛЭП.

При сварочных работах ремонта автокрана необходимо, обесточить все приборы потребляющие энергию, снять аккумуляторную батарею.

При работе или аварии оборудования выполняются мероприятия, обеспечивающие безопасность производства работ. К ремонту допускается персонал, имеющий соответствующее разрешение на выполнение работ и прошедший обучение, проверку знаний и имеющий группу электробезопасности не ниже Пгр. В качестве средств индивидуальной защиты используются диэлектрические перчатки, галоши, диэлектрический коврик, период проверки которых составляет 1 раз в 6 месяцев.

4.1.3 Анализ условий труда

Таблица 2 – Класс условий труда на рабочем месте

Наименование факторов	ПДУ	Факт	Класс условий труда
Шум	80дБ	65дБ	2 (допустимый)
Вибрация			
Виброускорение	121дБ	99дБ	2 (допустимый)
Виброскорость	96дБ	80дБ	
Освещение	200ЛК	350ЛК	2 (допустимый)
Тяжесть труда	-	-	2 (допустимый)
Напряженность труда	-	-	2 (допустимый)
Состояние воздушной среды	0,15 мг/м ³	0,13 мг/м ³	2 (допустимый)
Общая оценка условий труда	-	-	2 (допустимый)

Согласно Р 2.2.2006-05 [40], класс условий труда на рабочем месте крановщика автокрана 2 (допустимый).

4.2 Тяжесть и напряженность труда

Таблица 3 – Тяжесть и напряженность труда

Наименование факторов	Класс условий труда
Физическая динамическая нагрузка (единицы внешней механической работы за смену, кг · м)	1 (оптимальный)
Рабочая поза	Периодическое, до 25 % времени смены, нахождение в неудобной (работа с поворотом туловища, неудобным размещением конечностей и др.) и/или фиксированной позе (невозможность изменения взаимного положения различных частей тела относительно друг друга). 2 (допустимый)
Интеллектуальные нагрузки	2 (допустимый)
Сенсорные нагрузки	2 (допустимый)
Эмоциональные нагрузки	2 (допустимый)
Монотонность нагрузок	2 (допустимый)
Режим работы	6-7 ч. 1 (оптимальный)

Согласно Р 2.2.2006-05 [40], нагрузки которые испытывает машинист автокрана.

Класс тяжести: легкая

Класс напряженности: малонапряженная

Класс условий труда 2 (допустимый).

4.3 Микроклимат

В кабине крановщика при выполнении работ операторского типа, связанных с нервно-эмоциональным напряжением, согласно СанПиН 2.2.4.548-96 [41] должны соблюдаться оптимальные величины температуры воздуха 22-24°C, его относительной влажности 60-40% и скорости движения (не более 0,1м/с). Фактическая величина температуры воздуха 22°C, его относительная влаж-ность 54%.

Способы обеспечения микроклимата:

1) Отопление.

2) Кондиционирование.

Расчет выделяемого тепла в кабине автокрана.

-Количество тепла, выделяемое человеком 65 Вт.

-Количество тепла, выделяемое приборами в кабине 15 Вт.

-Количество тепlopоступления от солнечной энергии через окна кабины.

$$Q_{\text{ост.рад}} = F_{\text{ост}} q_{\text{ост}} A_{\text{ост}},$$

где $F_{\text{п}}$ - площади поверхности остекления 2,5 м²;

$q_{\text{ост}}$ - тепlopоступления от солнечной энергии через 1 м² площади остекления, зависящие от его ориентации по странам света, для ЮВ и ЮЗ составляет 45Вт/м²;

$A_{\text{ост}}$ - коэффициент, зависящий от характера остекления, для одинарного остекления 1,45.

$$Q_{\text{ост.рад}} = 2,5 \cdot 45 \cdot 1,45 = 163 \text{ Вт.}$$

Суммарное выделение тепла в кабине автокрана.

$$Q_{\Sigma} = 65 + 15 + 163 = 243 \text{ Вт.}$$

Класс тяжести: легкая;

Класс напряженности: малонапряженная;

Класс условий труда 2 (допустимый).

4.4 Эргономика

Рабочее место машиниста автокрана - кабина автокрана, оно регламентируется как рабочее место при выполнении работ сидя ГОСТ 12.2.032-78 [17]. Она расположена на поворотной раме машины. Для удобства доступа к кабине имеются приставные лестницы и поручни. В кабине находятся органы управления, контрольно-измерительные приборы и кресло. Все рычаги и рукояти управления расположены на высоте, удобной для их оперирования, выполнены по общим требованиям к размещению органов управления - по ГОСТ 22269-76[18]. На конце каждой ручки закреплен резиновый наконечник. Датчики имеют подсветку, а кабина и рабочая зона автокрана - освещение, что позволяет работать в темное время суток. Кресло выполнено из мягкой обивки и имеет регулировку по длине расположения к рабочим органам. Для создания комфортных условий работы в кабине предусмотрены обогреватель, вентилятор, солнцезащитный козырек.

Конструкция рабочего места и взаимное расположение всех его элементов соответствует антропометрическим, физиологическим и психологическим особенностям работника, а также характеру выполняемой работы.

Рабочее положение работника - сидя около органов управления автокраном и смотря через кабину на рабочую зону автокрана.

Конструкция рабочего места обеспечивает выполнение трудовых операций в пределах зоны досягаемости моторного поля. Зоны досягаемости моторного поля в вертикальной и горизонтальной плоскостях для средних размеров тела человека приведены на рисунке 9.

Зона досягаемости моторного поля в вертикальной плоскости

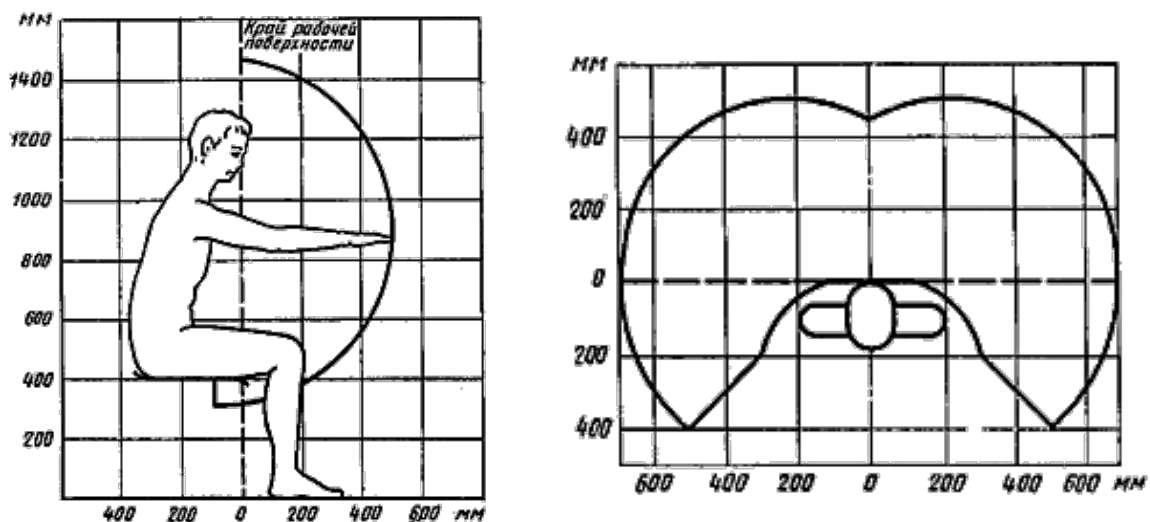


Рисунок 9 - Зона досягаемости

Рабочее место соответствует эргономическим требованиям, класс условий труда – 2 (допустимый).

4.5 Пожарная безопасность

Возможный источник возгорания - отсек двигателя внутреннего сгорания. При возникновении пожара на автокране, крановщик покидает свое рабочее место по приставной лестнице и удаляется на безопасное место как показано на рисунке.

Пожароопасность, класс: В-1; взрывоопасность, класс: нет.

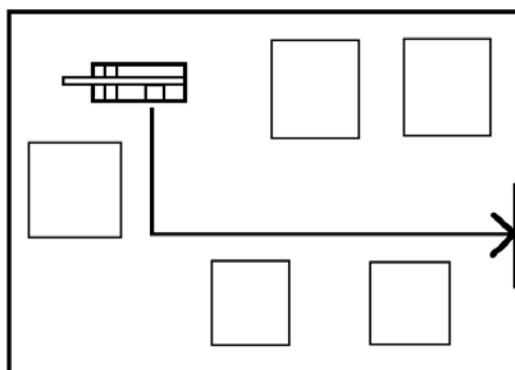


Рисунок 11- Схема эвакуации

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

На автокране КС-45717-1 для тушения пожара, согласно противопожарным нормам СНиП 2.01.02-85 [19] предусмотрены два огнетушителя порошкового или углекислотного типа массой не менее 2 кг ОП-2 или ОУ-2, которые крепятся к кабине водителя и в кабине крановщика. Если данных средств пожаротушения недостаточно, то можно воспользоваться пожарным щитом находящимся на строительной площадке, где работает автокран и использовать песок, ведра, лопаты, топор, воду и лом.

В машине предусмотрены всевозможные блокировки и системы отключения, срабатывающие при перегреве оборудования и коротком замыкании. Провода заизолированы, а горючие вещества хранятся бензобаке и в канистрах в предусмотренных для них местах.

4.6 Чрезвычайные ситуации

При работе автокрана на строительной площадке может произойти чрезвычайная ситуация, которая может привести к травме или гибели человека. Чрезвычайные ситуации можно разделить на природные и технические.

К природным относятся ураганы, наводнения и землетрясения. О таких ситуациях заранее сообщают по средствам массовой информации и проводить работы при этих условиях запрещено.

К техническим можно отнести поломки и отказы механизмов, агрегатов и узлов. Например обрыв грузового каната или взрыв колеса.

Способы защиты персонала от возможных ЧС техногенного и природного характера:

- Мониторинг и прогнозирование чрезвычайных ситуаций;
- Информирование персонала о потенциальных природных и техногенных угрозах;
- Во время грозы недопустимо пользоваться электроприборами;
- Установка молниеотводов на строительной площадке;

					ДП 44.03.04.501 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		69

От природных ситуаций рабочий заранее может укрыться, но технические чрезвычайные ситуации происходят внезапно. Поэтому необходимо следить за техническим состоянием машины, правильно эксплуатировать (не перегружать), следовать инструкциям и предупреждающим надписям на стреле крана - "не стой под стрелой "; на поворотной раме - "берегись поворота платформы"; на крюковой подвеске указана грузоподъемность - "25Т".

Мероприятия по ликвидации ЧС:

Для предотвращения чрезвычайных ситуаций необходимо соблюдение должностных инструкций, инструкций по технике безопасности и пожарной безопасности, своевременные планово-предупредительные ремонты.

- Система голосового извещения: оповещение персонала о пожаре и ЧС.

- Система кондиционирования сможет частично очищать воздух в случае острой необходимости.

- Наличие автономного источника питания: поддержание электроснабжения важных органов некоторое количество времени.

- Система автоматического пожаротушения: включает защиту от пожаров.

- Проведение аварийно-спасательных работ.

Действия рабочего персонала при пожаре или возгорании:

1. Оценить обстановку;
2. Немедленно сообщить в объектовую или городскую пожарную службу либо приступить к тушению пожара имеющимися на рабочем месте средствами пожаротушения;
3. Приступить к тушению пожара имеющимися на рабочем месте средствами пожаротушения;
4. Принять меры по вызову к месту пожара начальника цеха, главного инженера.

					ДП 44.03.04.501 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		70

5 ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

В настоящее время в мире продолжается прогресс науки и техники, который начал набирать свои обороты еще в XX веке. Наше государство интенсивно развивается, улучшая инфраструктуру городов. Свердловская область является сердцем тяжелого машиностроения России. На территории нашей области расположены десятки градообразующих предприятий и сотни крупных заводов. При работе эти заводы и города выбрасывают большие загрязнения, как и та техника которая строит и обслуживает их. На заводах используются мостовые краны. При постройке домов используют башенные краны. Но в последнее время широкое применение получили автокраны. Они представляют собой грузовой автомобиль с краном в виде выдвижной телескопической стрелы и подъемного механизма. Они часто применяются на строительных площадках в качестве основного и вспомогательного оборудования. Автокраны быстро переезжают с одного объекта на другой, обладают высокой маневренностью, могут работать в узком пространстве, им необходимо мало времени на подготовку к работе. С другой стороны этот вид кранов обладает самым большим выбросом вредных веществ в атмосферу.

Питание данной установки осуществляется от двигателя внутреннего сгорания, который работает на дизельном топливе. Как и все машины данный вид строительной техники подлежит регистрации. В настоящее время экологическая обстановка на планете в целом изменяется не в лучшую сторону, свой вклад вносит и автотранспорт. Наше государство регулирует загрязнения, путем сбора налогов за вредные выбросы и улучшая экологическую обстановку.

Существует система, благодаря которой собственник автомобиля платит налоги за вредные выбросы в атмосферу. Благодаря данным методам государство на данные средства осуществляет мероприятия по улучшению экологической обстановки. Это позволяет удерживать экологическую

					ДП 44.03.04.501 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		71

обстановку в государстве и на земле в целом. Далее рассмотрим загрязнение, которое происходит при работе автокрана КС-45717-1 и плату за загрязнение.

5.1 Основная часть

В нашем Уральском регионе состояние воздушной среды не самое лучшее в России, т.к. множество источников вредных выбросов. На территории свердловской области сотни крупных заводов, также велико число автомобилистов, которое с каждым днем растет и вносит свой вклад в загрязнение воздушной среды.

В данной выпускной квалификационной работе рассматриваются вопросы модернизации автокрана. Модернизация с целью увеличения грузоподъемности автомобильного крана экологически нейтральны и модернизация не внесет изменений в окружающую среду. Поэтому будем, с точки зрения загрязнения рассматривать автомобиль.

На данном предприятии мы рассматриваем стреловой автомобильный кран на базе грузовика УРАЛ-4320. Данный автомобиль работает на дизельном топливе. Чтобы исключить переплату предприятия за выбросы загрязняющих веществ в атмосферу, мы провели исследования рынка грузоподъемных машин, с целью выявления аналогов.

По выпускной квалификационной работе рассматриваем автокраны, грузоподъемностью 25т. Отечественный производитель предоставляет автокраны, проектируемые на шасси автомобилей УРАЛ, КАМАЗ и КРАЗ. Также автокраны собираются на шасси Белорусского автомобиля МАЗ. Все четыре автомобиля работают на дизельном топливе.

С целью уменьшения выбросов в атмосферу и экономии денежных ресурсов рассмотрим вариант перевода данных автомобилей на бензин или газ с установкой дополнительного оборудования. Вердикт данные автомобили с дизельным 4-х тактным двигателем внутреннего сгорания могут работать

					ДП 44.03.04.501 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		72

только на дизельном топливе и перевод их на другой вид топлива не предусмотрен конструкцией двигателя.

Рассмотрим автомобили по экономичности. Автомобиль КРАЗ из четырех является самым не экономичным, т.к. производили данный автомобиль без изменений конструкции двигателя долгое время и он уступает другим аналогам. Остальные три автокрана на базе УРАЛа, КАМАЗа и МАЗа находятся в одной мощностной категории, со схожей производительностью и вредными выбросами. Поэтому менять автокран на базе УРАЛ-4320 на шасси другого типа не имеет смысла.

5.2 Расчёт платы за выбросы загрязняющих веществ в атмосферу от передвижных источников

Взимание платы за пагубное воздействие на атмосферный слой окружающей среды выбросов от движимых источников, в частности, автомобильного транспорта рассчитывается согласно с постановлением правительства Р Ф от 12 июня 2003 г. № 344. Расчет выплаты за негативное влияние на атмосферный слой воздуха выбросов от движимых источников определяется по типу топлив. Оплата за загрязнение природной среды считается обязательной для всех предприятий, использующих транспортные средства. Ежеквартальные отчисления за загрязнение природной среды, защитят организацию от рисков получить весомый штраф за административное правонарушение.

Размер выплаты за негативное воздействие на атмосферу выбросов загрязняющих веществ автомобильным транспортом считается по формуле:

$$П = K_{\text{эк}} \cdot K_{\text{дон}} \cdot K_{\text{ин}} \cdot \sum_{k=1}^n P_k \cdot T_i,$$

					ДП 44.03.04.501 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		73

где P_k – норматив платы, обозначенный правительством РФ от 12.06.2003 № 344, за выбросы, образованные при сжигании одной тонны i -го вида топлива транспортными средствами k -го типа, 2,5руб.

$$P_k = 2,5 \cdot 9,6 \text{т} = 24$$

T_i – количество топлива, израсходованного автомобилями за отдельно взятый период, тонн;

$K_{\text{эк}}$ – коэффициент экологической обстановки и экологической значимости атмосферы в данном регионе (для Уральского экономического района $K_{\text{эк}} = 2$);

$K_{\text{доп}}$ – коэффициент, учитывающий местоположение предприятия относительно черты города, применяется при выбросе загрязняющих веществ в атмосферный воздух городов $K_{\text{доп}} = 1,2$;

$K_{\text{инф}}$ – коэффициент, учитывающий инфляцию, коэффициент инфляции на 2017 г. - 2,33 и 1,89.

n – число типов транспортных средств.

$$\Pi = 2 \cdot 1,2 \cdot 2,33 \cdot 24 \cdot 7,968 = 1069 \text{р.}$$

Количество одного типа топлива, израсходованного автомобилями за обозначенный период, тонн рассчитывается по формуле:

$$T_i = 10^{-3} \cdot V_i \cdot P_i \cdot N_{ik},$$

$$T_i = 10^{-3} \cdot 9600 \cdot 0,83 \cdot 1 = 7,968$$

где V_i – расход топлива одного вида, использованного автомобилем за отдельно взятый период, л.

$$V_i = 40 \cdot 20 \cdot 12 = 9600 \text{л/год.}$$

					ДП 44.03.04.501 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		74

При работе автокран КС-45717-1 расходует 40л/день с учетом выезда на строительную площадку и обратную дорогу. В месяц автомобильный кран работает 20 дней и 12месяцев в году.

P_i – плотность топлива одного вида, использованного втомобилем за расчетный срок, кг/л (безнин в среднем - 0,75 кг/л; дизтопливо – 0,83 кг/л; сжиженный газ: метан – 0,45, пропан – 0,51, бутан – 0,58 кг/м3);

N_{ik} – количество автомобилей. Вычисления производим для одного автомобиля.

					ДП 44.03.04.501 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		75

6. МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

В связи с увеличением грузоподъемности автокрана КС-45717-1 на 15 %, для работников транспортного отдела (крановщиков, стропальщиков и мастеров по выпуску транспорта) предприятия АО «ОКБ НОВАТОР», было составлено учебное занятие рассчитанное на 45 минут. Цель которого, донесение основной информации о внесении в изменения конструкции крана.

КОНСПЕКТ ЗАНЯТИЯ

Тема занятия:

Модернизация автомобильного крана КС-45717-1, с целью увеличения грузоподъемности на 15%.

Тип занятия:

Комбинированный (формирование новых знаний, умений и закрепление навыков выполнения).

Методы обучения: Словесные - рассказ, объяснение.

Наглядные – показ плакатов.

Деятельность обучаемых: Репродуктивная

Цели занятия:

Образовательная - Ознакомление с модернизацией КС-45717-1

Развивающая - Развитие умений по актуализации полученных ранее знаний, функций мышления (умение анализировать, сравнивать, делать выводы)

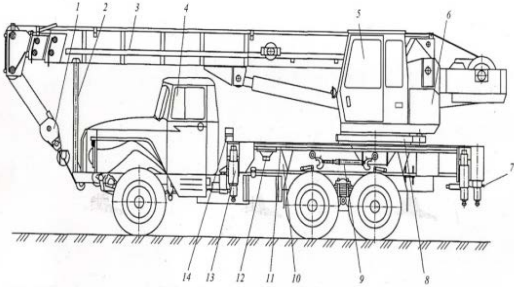
Воспитательная - Воспитание ответственности за качество работ, культуры труда.

Оснащение занятия:

Автокран КС-45717-1, сборочный чертеж №1 корневой секции стрелы, учебный класс с доской, плакат №1 «Общий вид крана», плакат №2 «Грузо-высотные характеристики КС-45717-1»

					ДП 44.03.04.501 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		76

Таблица 5 - План-конспект занятия

Этапы урока, затраты времени	Содержание учебного материала	Описание методики осуществления учебных действий
1	2	3
<p>Организационный этап 3 мин.</p>	<p>Здравствуйте уважаемые работники предприятия АО «ОКБ НОВАТОР» убедительная просьба сосредоточиться на дальнейшей информации; прошу присаживайтесь. Давайте отметим присутствующих; громко не разговаривайте чтобы я слышал тех, чью фамилию называю; можете пока приготовить ручку и бумагу для краткого конспектирования.</p>	<p>Взаимное приветствие работников и инструктора, сосредоточить внимание работников, отметить присутствующих (воспитание дисциплины; решительный строгий, голос, но в тоже время доброжелательный настрой инструктора и рабочих). Дать работникам почувствовать, что Вы намеренны работать результативно и без проволочки.</p>
<p>Выявление цели занятия 3 мин.</p>	<p>И так, предприятие АО «ОКБ НОВАТОР» провело модернизацию автомобильного стрелового крана КС-45717-1, в связи с этим, руководство попросило меня провести с вами занятие, целью которого является объяснение основных этапов работы с данным краном в процессе его модернизации.</p>	<p>Объясняет цель и задачи работникам пришедшим на занятие, формирует понятие данного мероприятия</p>
<p>Лекционная часть 36 мин.</p>	<p>Одной из важнейших задач любого предприятия является постоянное повышение уровня технической оснащенности, так как это напрямую влияет на темпы, а главное качество выпускаемых изделий. Этот вопрос будет актуален для всех сфер деятельности в условиях растущей конкуренции.</p> <p>Объектом моденизации является автомобильный кран КС-45717-1, грузоподъёмностью 25 т (2,2 т на вылете 12 м, согласно грузо-высотной характеристике крана, работающий на предприятии, АО «ОКБ НОВАТОР», участвующий в технологическом процессе перегрузки и подачи заготовок на холодный склад. В связи с реконструкцией одного из цехов и изменением номенклатуры производимых предприятием изделий, требовалось поднимать груз 2,5 т на вылете 12 м. Согласно грузо-высотным характеристикам</p>	<p>Рассказывает вводную часть, актуализирует значимость уровня технической оснащённости предприятий.</p> <p>Показывает плакат №1 крана КС-45717-1</p> 

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

крана, существующий кран не мог быть задействован в процессе.

Возник вопрос, каким образом можно увеличить грузоподъемность крана? Данный вопрос можно было решить двумя путями, приобретение новой крановой установки, либо модернизация существующего крана. Приобретение новой крановой установки, сопоставимо с приобретением нового крана, модернизация в свою очередь должна обойтись существенно дешевле. Были смелые предположения, что второй способ более выгоден с экономической точки зрения. В итоге наилучшим вариантом решения стало внесение изменений в конструкцию имеющуюся крана.

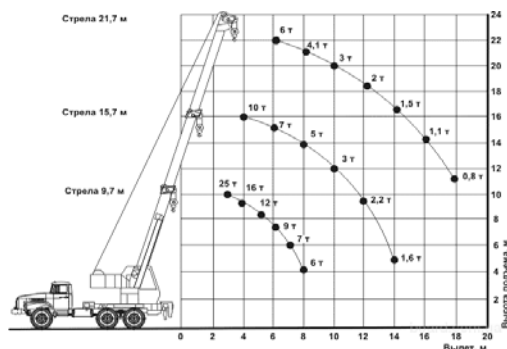
Таким образом, для достижения основной цели (модернизация стрелового крана КС-45717-1) необходимо было решить следующие задачи:

- Расчет механизмов подъема с учетом повышенной грузоподъемности.
- Пересчет механизма поворота.
- Проведение прочностных расчетов элементов крановой установки.
- Анализ устойчивости крана с повышенной грузоподъемностью.

Инженерами ОКБ были произведены проверочные расчеты, грузового каната, грузовой лебедки, прочности элементов крановой установки, механизма поворота крановой установки, а также был проведен анализ устойчивости крана с повышенной грузоподъемностью.

Все выше изложенные элементы крана соответствовали прочностным и нагрузочным характеристикам при условии повышения грузовых возможностей

Показывает плакат №2 грузо-высотных характеристик автокрана КС-45717-1

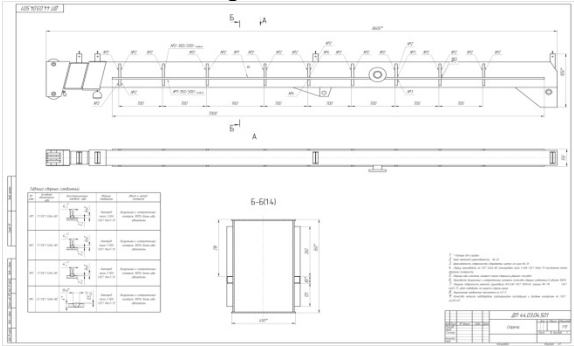


Рассказывает историю выбора пути модернизации. Делает паузы в рассказе для успеваемости конспектирования.

Формирует перечень задач для достижения поставленной цели, записывает их на доске.

Ведет перечисление этапов расчета автокрана КС-45717-1, делает соответствующие записи маркером на доске, систематизирует материал.

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

	<p>на 15%. И только параметры корневой секции стрелы не соответствовали требованиям обновленной грузоподъемности крана. В связи с чем было принято решение усилить корневую секцию стрелы швеллером №8, из стали 09Г2С.</p> <p>Усиление стрелы было произведено в соответствии с чертежом №1. Кран стал соответствовать требуемым параметрам, его номинальная грузоподъемность стала Q-28.8т. Посмотреть модернизированный кран можно на территории холодного склада, цеха № 100.</p>	<p>Показывает чертеж №1.</p> 
<p>Подведе ние итогов 5мин.</p>	<p>Благодарю за внимание на этом я пожалуй закончу, если есть вопросы, прошу задавать. Хорошего дня, до свидания!!!</p>	<p>Благодарит за внимание, отвечает на вопросы, собирает плакаты и чертеж. Прощается.</p>

Вывод

В результате оформления методической части пояснительной записки мы составили план-конспект проведения занятия по теме «Модернизация автомобильного крана, с целью увеличения грузоподъемности на 15%».

Данное инструктивное занятие предназначено для работников транспортного отдела.

					ДП 44.03.04.501 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		79

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, для выполнения данной работы потребовалось собрать все имеющиеся данные по КС-45717-1, изучить его технические характеристики. В соответствии с техническим заданием был произведен сравнительный анализ данных, а также расчёт на возможность увеличения грузоподъёмности автокрана на 15 процентов. Мною были произведены расчёты стрелы крана и его механизмов и что не мало важно произведен расчет на устойчивость крана. В качестве базового автомобиля шасси автомобиля Урал-4320.

При расчёте механизма подъема можно сделать следующие выводы:

- Для увеличения грузоподъёмности данного крана на 15% требуется произвести усиление корневой секции телескопической стрелы швеллером № 8. Остальные узлы и механизмы в условиях увеличенной нагрузки полностью удовлетворяют требованиям.

- Грузоподъёмность автокрана увеличена на 15%.

- Экономическое обоснование проекта выявило перспективность данной модернизации, путем установки дополнительного усиления стрелы. Данный проект окупится за пол года.

- Модернизированный автокран отвечает всем требованиям безопасности.

- Модернизация автомобильного крана не оказывает влияния на экологическую ситуацию, так как не образует ни выбросов, ни сбросов, ни отходов.

В настоящей работе решена задача повышения грузоподъёмности стрелового крана КС-45717-1 на 15%.

					ДП 44.03.04.501 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		80

Список использованных источников

1. Краны башенные и автомобильные: учеб. пособие для нач. проф. образования / Л. А. Невзоров, М.Д. Полосин. – 4-е изд., стер. –М. : Издательский центра «Академия», 2011. – 416с.
2. Стреловые самоходные краны: учебное пособие / А. П. Комиссаров, В. Н. Абрамов. Екатеринбург: Уральское изд-во, 2009. – 190с.
3. Александров М.П. Грузоподъемные машины: Учебник для вузов.- М.:Из-во МГТУ им.Н.Э.Баумана - Высшая школа,2000.-552 с.
4. Вайнсон А.А. Подъемно-транспортные машины: Учебник для вузов, - М. Машиностроение, 1989 – 457 с.
5. Вайнсон А.А. Подъемно-транспортные машины строительной промышленности. Атлас конструкций: Учеб. пособие для техн. вузов. - М. Машиностроение, 1976 – 342 с.
6. Грузоподъемные машины: Учебник для вузов/Александров М.П., Колобов Л.Н., Лобов Н.А. и др. -М. Машиностроение, 1986 - 256 с.
7. Колесник Н.П. Расчеты строительных кранов. - Киев: вища школа, 1985 – 354 с.
8. Кукин П.П. Лапин Л.Л. Подгорных Е.А. Пономарев Н.Л. Сердюк Н. И. Безопасность жизнедеятельности (охрана труда).М.Высшая шк., 1999, 323 с.
9. Курсовое проектирование грузоподъемных машин: Учеб. Пособие для студентов машиностроительных специальностей вузов/Казак С.А., Дусье В.Е., Кузнецов Е.С. и др.; Под ред. С.А. Казака. - М.: Высш. Школа, 1989 – 421 с.
10. Марин А.Г. Машинист гидравлического автомобильного крана: учеб. пособие – Москва: Издательский центр «Академия», 2007.- 96с.
11. Олейников В.П. Машинист крана автомобильного: учеб. Пособие для нач. проф. образования, - Москва: Издательский центр «Академия», 2008.- 320с.
12. Петухов П.З., Ксюнин Г.П., Серлин Л.Г. Специальные краны: Учеб. пособие для машиностроительных вузов по специальности "Подъемно-транспортные машины и оборудование". - М. Машиностроение , 1985 – 327 с.

					ДП 44.03.04.501 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		81

13. Подъемно-транспортные машины. Атлас конструкций: Учеб. пособие для студентов вузов / Александров М.П., Решетов Д.Н., Байков В.А. и др. - М.Машиностроение, 1987 - 403 с.

14. Поляков В.И., Епифанов С.П. Пневмокошечные и гусеничные краны: Учебник для ПТУ. -М. :Вышш. школа, 1990 – 245 с.

15. Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов.-М. Металлургия, 1983 – 346 с.

16. Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов. -М. :Изд-во НПО ОБТ, 1993 – 243 с.

17. Расчеты грузовых характеристик и устойчивости стреловых самоходных кранов на ЭВМ: Методические указания по работе с программой для ЭВМ. - Владивосток: Изд-во ДВЕТУ, 1995 – 236 с.

18. Справочник по кранам: В 2 т. Т.1. Характеристики материалов и нагрузок. Основы расчета кранов, их приводов и металлических конструкций. -М. Машиностроение, 1988 – 245 с.

19. Справочник по кранам: В 2 т. Т.2. Характеристики и конструктивные схемы кранов. Крановые механизмы, их детали и узлы. Техническая эксплуатация кранов. - М. Машиностроение, 1988 – 221 с.

20. Федеральным нормам и правилам в области промышленной безопасности «Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения». М.: Госстрой России. ГУП ЦПП, 2015 г – 254 с.

21. ГОСТ 12.04.002-97 ССБТ «Средства индивидуальной защиты рук от вибрации. Технические требования и методы испытаний» М.: ИПК Изд-во стандартов, 203с, введен от 1997 г.

22. СНиП 23-05-95 - «Естественное и искусственное освещение» М.: Госстрой России. ГУП ЦПП, 2003 г, 83 с, введен от 1995 г.

23. ГОСТ 12.1.005-88 – «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» М.: ИПК Изд-во стандартов, 2000 г, 123 с, введен от 1989 г.

					ДП 44.03.04.501 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		82

24. ГОСТ 23652-79 – «Масла трансмиссионные» М.: ИПК Изд-во стандартов, 2000г. 12 с, введен от 1980 г.

25. ГОСТ 10541-78 - «Масла моторные универсальные и для автомобильных карбюраторных двигателей» М.: ИПК Изд-во стандартов, 2000г. 29 с, введен от 78 г.

26. ГОСТ 20799-75 – «Масла индустриальные общего назначения. Технические условия» М.: ИПК Изд-во стандартов, 2000г. 132 с., введен 1976 г.

27. СНиП 2.01.01-82 - «Строительные климатология и кондиционирование» М.: Госстрой России. ГУП ЦПП, 2003г. 103 с., введен 1983 г.

28. СНиП 2.04.05-91 - «Отопление, вентиляция и кондиционирование» М.: Госстрой России. ГУП ЦПП, 2003г, 140 с., введен 1992 г.

29. СНиП 2.01.02-85. Противопожарные нормы. М.: Госстрой СССР, 1991г. 135 с., введен 1986 г.

30. СП 2.2.1.1312-03. Гигиенические требования к проектированию вновь строящихся и реконструируемых промышленных предприятий 2010. М.: Минздрав России, 2010г. дата введения 2010г. 105 с.

31. СП 2.6.1.758-99. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99). М.: Департамент Госсанэпиднадзора России, 1999г. 125 с., введен 1999 г.

32. СП 2.6.1.799-99. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99). М.: Минздрав России, 2000г. дата введения 2000г. 105 с.

33. ГОСТ 12.4.124-83. ССБТ. Средства защиты от статического электричества. Общие требования безопасности. М.: Изд-во стандартов, 1986г. 130 с., 1984 г.

34. ГОСТ 12.4.011-88. ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация. М.: ИПК Изд-во стандартов, 2001г. 125 с., введен 1990 г.

35. СНиП 2.09.04-87. Административные и бытовые здания. М.: ГУП ЦПП, 2001г. введен 1989 г, 135 с.

					ДП 44.03.04.501 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		83

36. СанПиН 41-01-2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование. М.: ФГУП ЦПП, 2003г.102 с., введен от 2004г.

37. ГОСТ 12.0.004-90. Организация обучения безопасности труда. М.: ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 2010 г. 167 с., введен от 1990 г.

38. ГОСТ 12.0.003-74. Опасные и вредные производственные факторы ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 2002г. 150 с., введен от 1976 г.

39. ГОСТ 12.1.019. «Система стандартов безопасности труда электробезопасность», М.: Стандартиформ, 2010г. 287 с., введён 1980г.

40. Р 2.2.2006-05. «Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда». М.: ФГУП ЦПП, 2003г. 156 с., введён 2006 г.

41. СанПиН 2.2.4.548-96. «Физические факторы. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений». М.: ИПК Изд-во стандартов, 2001г . от 1996 г. 123 с.

42. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. «Физические факторы окружающей природной среды. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки». М.: ИПК Изд-во стандартов, 2003г. 186 с., введен 1996 г.

43. ГОСТ 12. 1. 003-83. «Система стандартов безопасности труда, шум. Общие требования безопасности». М.: ФГУП ЦПП, 2002, 156 с, от 1984.

44. СН 2.2.4/2.1.8.566-96. «Физические факторы окружающей природной среды. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий». М.: ИПК Изд-во стандартов, 2003г. введен от 31 октября 1996 г, 56 стр

45. ГОСТ 12840-80 «Замки предохранительные для однорогих крюков. Типы и размеры». М.: ФГУП ЦПП, 2002г., 32 с., введен 1982 г.

46. ГОСТ 16516-80 «Гидроприводы объемные, пневмоприводы и смазочные системы. Условные проходы». М.: ИПК Изд-во стандартов, 2001г., 76 с., введен 1982 г.

					ДП 44.03.04.501 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		84