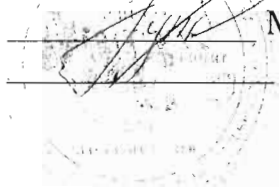


Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Южно-Уральский государственный университет»
(национальный исследовательский университет)
Факультет заочный инженерно-экономический
Кафедра «Машины и технологии обработки материалов давлением»

ВКР ПРОВЕРЕНА

Рецензент

Начальник СКСиМ ООО «ММС»



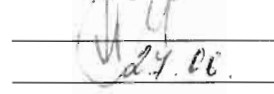
М.А. Буторин

2016г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой,

д.т.н., профессор



В.Г. Шеркунов

2016г.

РЕКОНСТРУКЦИЯ ТОРМОЗА МЕХАНИЗМА ХОДА ЭКСКАВАТОРА
ЭКГ-5А

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
151000.62.2016.767.00.00.ПЗ ВКР

Консультанты:

Экономический раздел



А.Б. Иванова, к.п.н.

«21» сентября 2016 г.

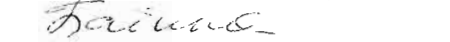
Руководитель ВКР



Г.С. Верба, ст. преп.

«18» июня 2016 г.

Безопасность жизнедеятельности



И.А. Бабина, к.ф-м.н.

«14» сентября 2016 г.

Автор работы

студент группы ТмЗ – 478



И.М. Гостев

«13» июня 2016 г.

Нормоконтролёр

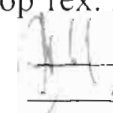


А.В. Немчинова, ст. преп.

«26» июня 2016 г.

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Южно-Уральский государственный университет»
(национальный исследовательский университет)
ФГБОУ ВПО «ЮУрГУ» (НИУ) в г. Челябинск

Факультет Заочный инженерно-экономический
Направление подготовки 151000.62 – Технологические машины и оборудование
Кафедра Машины и технологии обработки материалов давлением

УТВЕРЖДАЮ
Зав. Кафедрой
Доктор тех. наук, профессор
 /В.Г. Шеркунов/
28.06. 2016 г.

ЗАДАНИЕ

на выпускную квалификационную работу студента
гр. ТмЗ – 478 Гостева Ивана Михайловича

- 1. Тема работы** «Реконструкция тормоза механизма хода экскаватора ЭКГ-5А»
утверждена приказом от « 15 » 04 2016 г. № 661
- 2. Срок сдачи студентом законченной работы** 26 июня 2016г.
- 3. Исходные данные к работе**
 1. Экскаватор ЭКГ-5А.
 2. Чертеж механизма хода.
 3. Материал металлоконструкций механизма хода.
 4. Срок службы экскаватора ЭКГ-5А.
 5. Научно-техническая литература.

4. Содержание расчетно-пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов)

Аннотация

Оглавление

Введение (актуальность темы, цель, задачи, объект и результаты работы)

1. Анализ исходных данных

Исходные данные. Выбор кинематической схемы механизма хода экскаватора ЭКГ-5А. Определение размеров ходовой тележки. Выбор колодочного тормоза и его расчёт. Выбор электродвигателя. Выбор редуктора. Проверка редуктора.

2. Технологический раздел

Исходные данные. Определение сопротивления передвижению экскаватора с учетом уклона пути экскаватора. Выбор электродвигателя. Выбор редуктора. Проверка редуктора по двигателю. Проверка запаса сцепления при пуске. Выбор тормоза. Назначение и краткое описание конструкции. Анализ технических требований. Технологичность конструкции. Технологическая схема сборки. Маршрут сборки механизма хода и торможения.

3. Конструкторский раздел

Расчёт малого бортового вала (каратыш) ходового механизма. Расчет вала на статическую прочность. Расчет вала на устойчивость. Расчет соединений. Расчет шлицевых соединений на валу. Проверочный расчет зубчатого зацепления. Проверка зубьев колес по контактным напряжениям. Проверка зубьев колес по напряжением изгиба. Расчет ведомого (большого) вала в механизме хода. Исходные данные. Определение суммарного момента сопротивления вращению. Выбор редуктора. Электрооборудование экскаватора. Описание работы схемы механизма передвижения экскаватора.

4. Безопасность жизнедеятельности

Требования безопасности, предъявляемые к проектируемому механизму торможения экскаватора. Устройства, обеспечивающие безопасность работы экскаватора. Рабочее место машиниста экскаватора.

5. Экономический раздел

Введение. Обоснование целесообразности изменения конструкции механизма торможения. Расчет продолжительности рабочего цикла экскаватора. Определение годового фонда времени работы экскаватора. Определение годовой эксплуатационной производительности. Расчет экономии средств в связи с изменением в тормозном механизме.

Заключение

Библиографический список

Приложение

5. Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

- | | |
|---|---------|
| 1. Чертеж экскаватора ЭКГ-5А (общий вид) | 1 лист |
| 2. Чертеж нижней рамы ходового механизма | 1 лист |
| 3. Чертеж гусеничной рамы | 1 лист |
| 4. Чертеж ходовой тележки | 1 лист |
| 5. Схема тормозного механизма до реконструкции | 1 лист |
| 6. Схема тормозного механизма после реконструкции | 1 лист |
| 7. Чертеж рукояти экскаватора, стрелы | 2 листа |
| 8. Чертеж ковша экскаватора | 1 лист |

Всего 8 листов

6 Консультанты по ВКР, с указанием относящихся к ним разделов работы

Раздел	Консультант	Подпись, дата	
		Задание выдал	Задание принял
БЖД	Бабина И.А.	6.05.2016 <i>Бабина И.А.</i>	6.05.2016
Экономический	Иванова А.Б.	6.05.2016 <i>Иванова А.Б.</i>	6.05.2016

Дата выдачи задания 06.05.2015 г.

Руководитель Верба Галина Сергеевна

Задание принял к исполнению 06.05.2016 г.

Студент-дипломник Гостев Иван Михайлович

1

Гостев Иван Михайлович
(подпись)

Верба Галина Сергеевна
(подпись)

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Наименование этапов дипломной работы	Срок выполнения этапов работы	Отметка о выполнении
Введение	5.06.2016	<i>[Handwritten signature]</i>
Анализ исходных данных	7.06.2016	<i>[Handwritten signature]</i>
Технологический раздел	9.06.2016	<i>[Handwritten signature]</i>
Конструкторский раздел	15.06.2016	<i>[Handwritten signature]</i>
Экономический раздел	20.06.2016	<i>[Handwritten signature]</i>
Безопасность жизнедеятельности	23.06.2016	<i>[Handwritten signature]</i>
Заключение	25.06.2016	<i>[Handwritten signature]</i>
Срок сдачи работы	26.06.2016	<i>[Handwritten signature]</i>

Зав. кафедрой _____ *[Handwritten signature]* /В.Г. Шеркунов /

Руководитель работы _____ *[Handwritten signature]* /Г.С. Верба /

Студент-дипломник _____ *[Handwritten signature]* / И.М. Гостев /

АННОТАЦИЯ

Гостев И.М. Разработка конструкции в механизме торможения хода экскаватора ЭКГ-5А – г.Челябинск: ЮУрГУ, МиТОМД, 2016, 82с., 17 ил., 12 табл. Библиографический список – 23 наименования.

В выпускной квалификационной работе рассмотрен ходовой механизм и система торможения хода экскаватора ЭКГ-5А, проведен расчет редуктора хода, тормоза хода. На основании возможного отказа узлов конструкции предложено техническое решение по устранению недостатков, проведена разработка и расчет принятого решения. Представлено экономическое обоснование принятого решения.

						<i>151000.62.2016.767.00.00.ПЗ</i>		
Изм	Дата	№ докум.	Подпи	Дата	<i>Реконструкция тормоза механизма хода экскаватора ЭКГ-5А</i>	Литера	Лист	Листов
Разраб.	Гостев И.М.		<i>И.М. Гостев</i>	<i>19.06.16</i>		ВКР	5	82
Провери	Верба Г.С.		<i>Г.С. Верба</i>	<i>19.06.16</i>		<i>ЮУрГУ г. Челябинск Кафедра МиТОМД</i>		
Рецензен	Буторин М.А.		<i>М.А. Буторин</i>	<i>19.06.16</i>				
Н.контр.	Немчинова А.В.		<i>А.В. Немчинова</i>	<i>19.06.16</i>				
Утв.	Шеркунов В.Г.		<i>В.Г. Шеркунов</i>	<i>23.06.16</i>				

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	8
1 АНАЛИЗ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ	10
1.1 Исходные данные	10
1.2 Кинематическая схема механизма хода экскаватора	13
1.3 Определение размеров ходовой тележки	16
1.4 Колодочный тормоз и его расчёт	18
1.5 Выбор электродвигателя	21
1.6 Выбор редуктора и его проверка	24
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	27
2.1 Назначение и краткое описание конструкции	27
2.2 Анализ технических требований	30
2.3 Технологичность конструкции	36
2.4 Технологическая схема сборки	40
3 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ	49
3.1 Проверочный расчет активных поверхностей зубьев на контактную выносливость	49
3.2 Проверочный расчет по напряжениям изгиба	51
3.3 Проектный расчет вала	52
3.4 Проверочный расчет подшипников промежуточного вала	55
4 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ	59
5 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ	69
5.1 Определение эксплуатационной производительности	69
5.2 Определение затрат на выполнение всех видов ремонтов, диагности- рование и техническое обслуживание экскаватора	72
5.3 Расчет экономии средств в связи с изменением в тормозном механизме	73
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	76

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	78
ПРИЛОЖЕНИЕ	80

ВВЕДЕНИЕ

Основным видом выемочно-погрузочного оборудования на карьерах являются экскаваторы – механические лопаты. Для погрузки горной массы на железорудных карьерах мира и Российской Федерации в основном используются карьерные гусеничные экскаваторы с зубчато-реечным напором типа ЭКГ. Большая часть эксплуатируемых на открытых горных работах РФ экскаваторов была изготовлена в 70-х и 80-х годах. В настоящее время среднестатистическое значение износа по сроку службы экскаваторов типа ЭКГ-5А на Урале превышает 1,1÷2,5 раза.

Экскаватор ЭКГ-5А с ковшом вместимостью 5 м³ – электрическая карьерная полноповоротная лопата на гусеничном ходу, предназначенная для выемки и погрузки в транспортные средства полезных ископаемых и вскрышных пород, в том числе тяжелых скальных, предварительно разрыхленных взрывом. Разрабатываемые породы с объемной массой более 2 т/м³ должны быть предварительно разрыхлены.

Экскаватор является модификацией ранее выпущенных УралМашЗаводом моделей ЭКГ-4,6, ЭКГ-4,6А и ЭКГ-4,6Б.

Экскаватор предназначен для умеренного климата с интервалом температур от –40 до +40 °С, а также для тропического климата на высоте не более 1000 м над уровнем моря.

Экскаватор ЭКГ-5А состоит из следующих составных частей: поворотной части, включающей в себя поворотную платформу с расположенными на ней механизмами, и рабочее оборудование; ходовой тележки, состоящей из нижней рамы, двух гусеничных рам с колесами и гусеничными цепями; ходового механизма, зубчатого венца, роликового круга. Все механизмы на платформе закрыты кузовом.

Для удобства ремонта и монтажа механизмов на платформе кровля кузова имеет съемные панели. Расположение основных агрегатов и узлов экскаватора

обеспечивает свободный доступ к ним для осуществления монтажных, демонтажных и ремонтных работ.

Большинство механизмов и составных частей экскаватора ЭКГ-5А имеют блочную конструкцию и взаимозаменяемы, что позволяет применять при ремонтах агрегатно-узловой метод.

Анализ надежности экскаваторов типа ЭКГ-5А показывает, что из общей структуры потока отказов 5 % приходится отказы в механизме торможения хода экскаватора. Наиболее распространенные дефекты проявляются в виде разрыва эластичной муфты. В этом случае тормозной механизм колодочного типа с пневматическим приводом блокирует вал электродвигателя. В случае, когда экскаватор находится на уклоне, он становится неуправляем, так как ходовой редуктор остаётся разблокированным и не способным остановить движение экскаватора.

С этой точки зрения обеспечение необходимой надежности и безопасности эксплуатации экскаваторов типа ЭКГ-5А в вышеизложенном случае, своевременной остановки на ремонт с целью предотвращения разрыва упругой муфты и продления безопасного периода эксплуатации является актуальной задачей.

Целью выпускной квалификационной работы является анализ конструкции ходового механизма экскаватора ЭКГ-5А.

Объектом является тормозной механизм хода экскаватора ЭКГ-5А.

Результатом работы является разработка технического решения по переносу механизма тормоза ходовой части для недопущения случаев неуправляемости при повреждении эластичной муфты хода, с учетом требования ремонтпригодности.

1 АНАЛИЗ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

1.1 Исходные данные

ЭКГ-5А, выпуск которого начался в 1980-ом году, представляет собой гусеничный карьерный экскаватор с вместимостью ковша 5 м³. Данная техника – это своеобразная карьерная полноповоротная лопата с гусеничным ходом. Она предназначена для выемки вскрышных пород и полезных ископаемых и погрузки их в транспортные средства. ЭКГ-5А используется в строительной сфере и угольной промышленности. Экскаватор применяют для выполнения значительных объемов земляных работ.

Техника довольно проста в обслуживании и управлении. Аббревиатура ЭКГ означает «экскаватор карьерный гусеничный». Следующая за названием цифра определяет вместимость ковша в кубометрах. Остальные индексы указывают на вариант модернизации или код производителя (так, «У» обозначает модель с удлиненным рабочим устройством).

Особенности экскаватора:

- зубчатые передачи и ковш сделаны из высоколегированных износостойких материалов, гарантирующих безаварийную работу даже при значительных нагрузках;

- наличие узла полуавтоматического управления копанием в системе управления. Автоматизация процесса облегчает труд оператора и снижает расход электроэнергии;

- ключевые металлоконструкции (нижняя и поворотная рама, стрела и рукоять) сделаны из легированного проката. Это обеспечивает надежность техники даже при работе в тяжелых горно-геологических и климатических условиях;

- электропривод модели создан по системе «генератор-двигатель», с возбуждением от тиристорных преобразователей, имеющих электронное управ–

ление, или с управлением посредством магнитных усилителей.

Технические характеристики экскаватора приведены на рисунке 1.

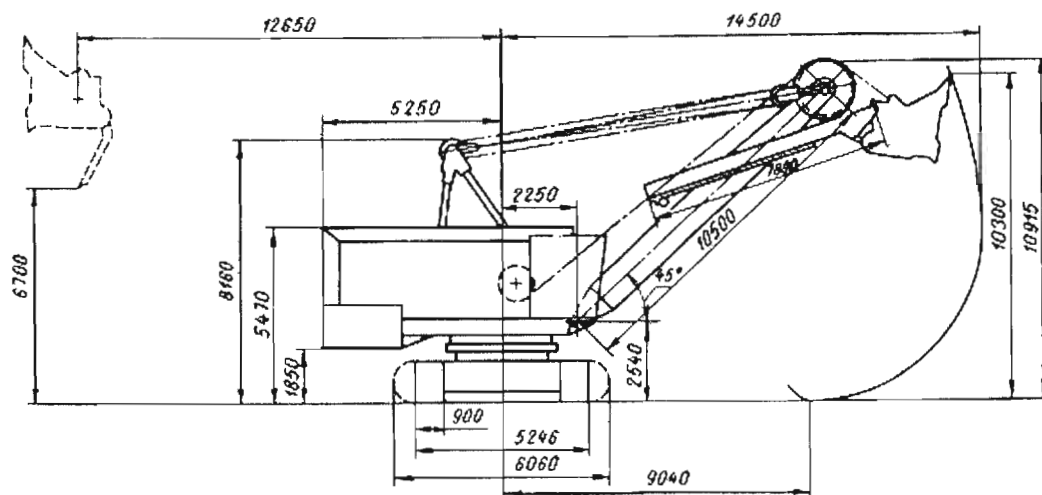


Рисунок 1 – Габаритные размеры ЭКГ-5А

Технические характеристики экскаватора приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики экскаватора

Параметры	ЭКГ-5А
Вместимость ковша основного, м ³	5,2
Вместимость ковшей сменных, м ³	3,2; 4,6; 6,3; 7
Радиус черпания наибольший, м	14,5
Радиус черпания на уровне стояния, м	9,04
Высота черпания наибольшая, м	10,3
Радиус выгрузки наибольший, м	12,65
Высота выгрузки наибольшая, м	6,7
Радиус хвостовой части, м	6,7
Просвет под поворотной платформой, м	1,89
Длина гусеничного хода, м	5,83
Ширина гусеничной ленты, мм	900/1100/1400
Среднее удельное давление на грунт при передвижении, кгс/см ²	2,1/1,72/1,3
Среднее удельное давление на грунт при передвижении, кПа	205/162/127
Наибольшее усилие на подвеске ковша, кН	–
Расчетная продолжительность цикла на угол 90°, с	23
Наибольший преодолеваемый угол подъема, рад (град)	0,2 (12)
Скорость передвижения по горизонтальной площадке, км/час	0,55

Окончание таблицы 1

Параметры	ЭКГ-5А
Скорость передвижения по горизонтальной площадке, км/час	0,55
Напряжение питающей сети, кВ	3; 3,3; 6; 6,6
Тип электропривода	Г-Д с МУ
Мощность сетевого двигателя, кВт (трансформатора, кВА)	250
Масса рабочая, т	196

ЭКГ-5А конструируется из нескольких рабочих узлов и частей:

- роликового круга;
- ходовой тележки, включающей нижнюю раму;
- ходового механизма;
- пары гусеничных рам с колесами и гусеничными цепями;
- зубчатого венца.

Рабочее оборудование техники представлено стрелой с двуногой стойкой, напорным механизмом, рукоятью, механизмом открывания днища ковша и ковшом. Подпятник поворотной платформы поддерживает нижний конец стрелы.

Верхний конец держится посредством канатного полиспаста. Подъемная лебедка, двуногая стойка, два поворотных механизма, электрооборудование, кузов, стрелочная лебедка и пневмосистема монтированы на поворотной платформе. Кабина машиниста расположена в правой части платформы, которая благодаря роликовому кругу находит опору в ходовой тележке. Данные механизмы установлены на платформе и закрыты кузовом, кровля которого оснащена съемными панелями, обеспечивающими удобство монтажа и ремонта узлов. Большинство составных частей и механизмов техники взаимозаменяемы и имеют блочную конструкцию. Это позволяет применять ремонтно-агрегатный узловый метод. Ковш ЭКГ-5А состоит из передней и задней стенок, обоймы с уравнительным блоком, коромысла и днища. Передняя стенка снабжена пятью съемными зубьями, изготовленными из марганцевой стали. Данные элементы покрываются твердым сплавом. Ходовой механизм техники приводится в

движение посредством электродвигателя, установленного в задней части нижней рамы.

1.2 Кинематическая схема механизма хода экскаватора

Для расчета принимаем существующую кинематическую схему механизма хода ЭКГ-5А, изображенную на рисунке 2.

На рисунке 2 показана кинематическая схема механизма хода ЭКГ-5А.

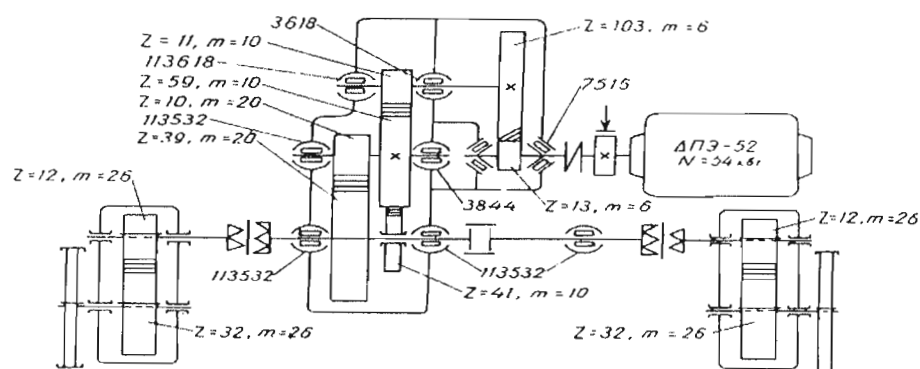


Рисунок 2 – Кинематическая схема механизма хода ЭКГ-5А

Произведем анализ горно-транспортной машины по приведенной выше схеме, определим передаточные числа ступеней, знак и величину передаточного отношения всего механизма, частоту вращения всех валов механизма, общий КПД механизма, мощности и крутящие моменты на всех валах механизма.

Сведем все данные кинематической схемы в таблицу 2.

В таблице 2 приведены данные кинематической схемы.

Таблица 2 – Данные кинематической схемы.

Параметр	Z1, Z2	m 1,2, мм	Z3, Z4	m 3,4, мм	Z5, Z6	m 5,6, мм	Z7, Z8	m 7,8, мм	Рдв, кВт	n, мин ⁻¹
0	13;103	6	11;59	10	10;39	20	12;32	26	54	1280

Передаточные отношения по абсолютной величине последовательно зацепляющихся колес:

$$i_{1-2} = \frac{Z_2}{Z_1}; i_{3-4} = \frac{Z_4}{Z_3}; i_{5-6} = \frac{Z_6}{Z_5}; i_{7-8} = \frac{Z_8}{Z_7} \quad (1)$$

$$i_{1-2} = \frac{103}{13} = 7,92; \quad i_{3-4} = \frac{59}{11} = 5,36; \quad i_{5-6} = \frac{39}{10} = 3,9; \quad i_{7-8} = \frac{32}{12} = 2,67$$

Общее передаточное отношение многоступенчатой зубчатой передачи:

$$i_{1-8} = i_{1-2} i_{3-4} i_{5-6} i_{7-8} = (-1)^k \frac{Z_2 Z_4 Z_6 Z_8}{Z_1 Z_3 Z_5 Z_7} \quad (2)$$

где k – число цилиндрических пар с внешним зацеплением.

$$i_{1-8} = 7,92 \times 5,36 \times 3,9 \times 2,67 = 442,04$$

Частота вращения n_I и n_{II} вала равна частоте вращения вала двигателя

$$n_I = n_{II} = n_{об} = 1280 \text{ об/мин.}$$

$$n_{III} = \frac{1280}{7,92} = 161,6 \text{ об/мин.}$$

$$n_{IV} = \frac{161,6}{5,36} = 30,2 \text{ об/мин.}$$

$$n_V = \frac{30,2}{3,9} = 7,7 \text{ об/мин.}$$

$$n_{VI} = \frac{7,7}{2,67} = 2,9 \text{ об/мин.}$$

Определяем мощность на всех валах механизма. Средние значения КПД передач η с учетом потерь в опорах валов на подшипниках качения принимаем по таблице 3.

КПД механизма хода приведены в таблице 3.

Таблица 3 – КПД механизма

Передача	Закрытая, работающая в масляной ванне	Открытая
Зубчатая:		
– с цилиндрическими колесами	0,96 – 0,98	0,92 – 0,94
– с коническими колесами	0,95 – 0,97	0,91 – 0,93

При расчетах значение η_M для соединительных муфт принимаем равным 0,99...0,98. КПД одной пары подшипников качения $\eta_{II} = 0,99$.

$$P_I = P_{дв} = 54 \text{ кВт};$$

$$P_{II} = P_I \times \eta_M \times \eta_{II} = 54 \times 0,98 \times 0,99 = 52,39 \text{ кВт}$$

$$P_{III} = P_{II} \times \eta_{II} = 52,39 \times 0,99 = 51,86 \text{ кВт};$$

$$P_{IV} = P_{III} \times \eta_{II} = 51,86 \times 0,99 = 51,34 \text{ кВт};$$

$$P_V = P_{IV} \times \eta_M \times \eta_{II} = 51,34 \times 0,98 \times 0,99 = 49,81 \text{ кВт}$$

Поток мощности на V валу разветвляется на два:

$$P_V = P_V^* + P_V^{**} \quad (3)$$

Мощности на рабочих органах распределяются равномерно:

$$P_{VI} = P_V^* / 2 = 24,9 \text{ кВт}.$$

$$P_{VII} = P_{VI} \times \eta_{II} = 24,9 \times 0,99 = 24,65 \text{ кВт}$$

Находим общий КПД механизма хода:

$$\eta_{пер} = P_{VII} / P_I = 24,65 / 54 = 0,45 \quad (4)$$

Определяем крутящие моменты на валах передачи по формулам:

$$T_i = 9550 \times \frac{P}{n} \quad (5)$$

$$T_{i+1} = T_i \times i_{1-2} \times \eta \quad (6)$$

$$T_I = 9550 \times \frac{54}{1280} = 403 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$T_{II} = 403 \times 0,97 = 390,9 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$T_{III} = 390,9 \times 7,92 \times 0,98 = 3034 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$T_{IV} = 3034 \times 5,36 \times 0,98 = 15937 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$T_V = 15937 \times 3,9 \times 0,98 = 60911 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$T_{VI} = 9550 \times \frac{24,9}{7,7} = 30882 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$T_{VII} = 30882 \times 2,9 \times 0,98 = 87767 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Полученные значения частот вращения, мощности и крутящих моментов на валах сводим в таблицу 4.

Значения частот вращений, мощности, крутящих моментов на валах приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Значения частот вращений, мощности, крутящих моментов на валах

№ вала	I	II	III	IV	V	VI	VII
n, мин ⁻¹	1280	1280	161,6	30,2	7,7	7,7	2,9
P, кВт	54	52,39	51,86	51,34	49,81	24,9	24,65
T, Н·м	403	390,9	3034	15937	60911	30882	87767

1.3 Определение размеров ходовой тележки

Ходовая тележка экскаватора состоит из:

- 1 – Муфта переключения правая
- 2 – Система гидравлическая
- 3 – Тормоз хода
- 4 – Редуктор ходового механизма
- 5 – Муфта переключения левая
- 6 – Нижняя рама
- 7 – Ход гусеничный
- 8 – Цепь гусеничная
- 9 – Устройство для боковой заводки кабеля
- 10 – Круг роликовый

На рисунке 3 показана ходовая тележка экскаватора ЭКГ-5А.

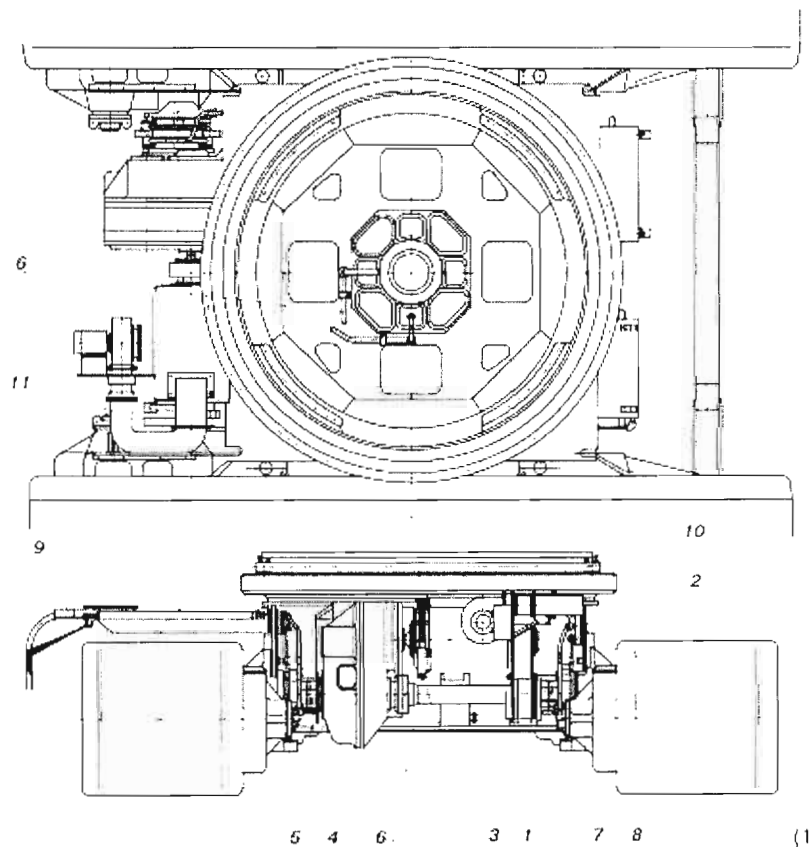


Рисунок 3 – Ходовая тележка экскаватора ЭКГ-5А

Размеры ходовой тележки – 5500x3000x1680 мм. Масса – 41,189 тонн.

Нижняя рама экскаватора ЭКГ (смотри рисунок 4) сварная, прямоугольной формы, коробчатого сечения. Внутри она усилена системой продольных и поперечных ребер. К раме сбоку болтами, а снизу при помощи замкового соединения с клиновым распором крепят рамы гусеничных тележек. На верхнем листе нижней рамы при помощи болтов укреплен зубчатый венец с приваренным к нему кольцевым опорным рельсом. На опорном рельсе устанавливают опорно-поворотный круг, состоящий из наружного и внутреннего колец, между которыми на осях установлены 36 роликов с ребордами. На верхнем листе имеются два проема, закрытые съемными люками и предназначенные для ухода за кольцевыми токоприемниками, и корпус центральной втулки, в котором при установке платформы размещается центральная цапфа.

На рисунке 4 показана нижняя рама экскаватора ЭКГ-5А.

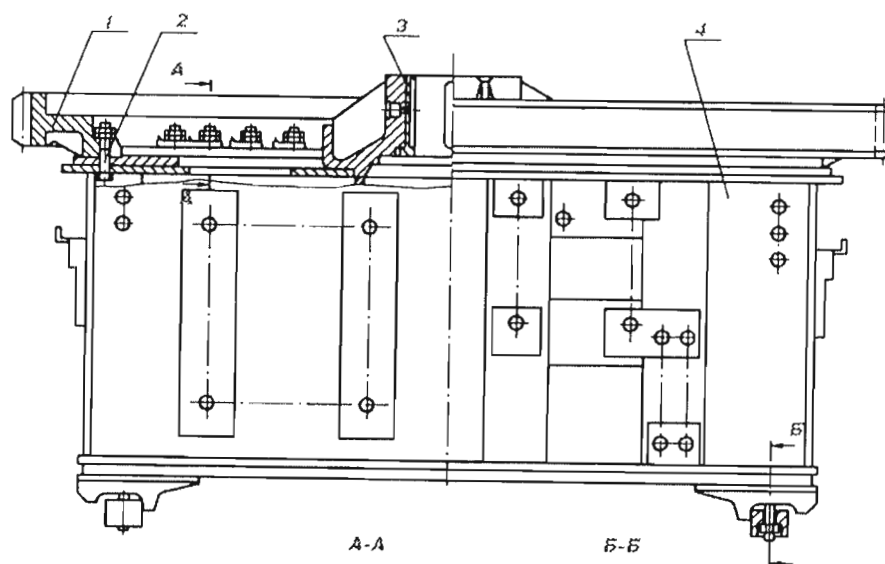


Рисунок 4 – Рама нижняя экскаватора ЭКГ-5А

Ходовое оборудование экскаватора ЭКГ состоит из механизма хода и двух гусеничных тележек.

На осях корпуса гусеничной тележки установлены три опорных колеса. С передней стороны через окна гусеничных рам проходит натяжная ось, на концах которой установлены натяжные колеса. С задней стороны корпуса на вал посажено ведущее колесо гусеничного хода.

Каждая гусеничная цепь состоит из 36 звеньев, соединенных пальцами. Гусеничная цепь приводится в движение ходовым механизмом. Механизм хода экскаватора состоит из двигателя, редуктора, системы передач и тормоза. Ходовой механизм приводится в движение двигателем постоянного тока, установленным на задней торцовой стенке нижней рамы.

1.4 Колодочный тормоз и его расчёт

В качестве тормоза хода принят колодочный тормоз, изображенный на рисунке 5, состоящий из следующих деталей:

- 1 – Колодка
- 2 – Пружина
- 3 – Ось 25x130 ГОСТ9650-80
- 4 – Каркас
- 5 – Рычаг, лист 12x170x425
- 6 – Ось 20x90 ГОСТ9650-80
- 7 – Цилиндр
- 8 – Валик
- 9 – Траверса
- 10 – Болт

На рисунке 5 показан тормоз механизма хода экскаватора ЭКГ-5А.

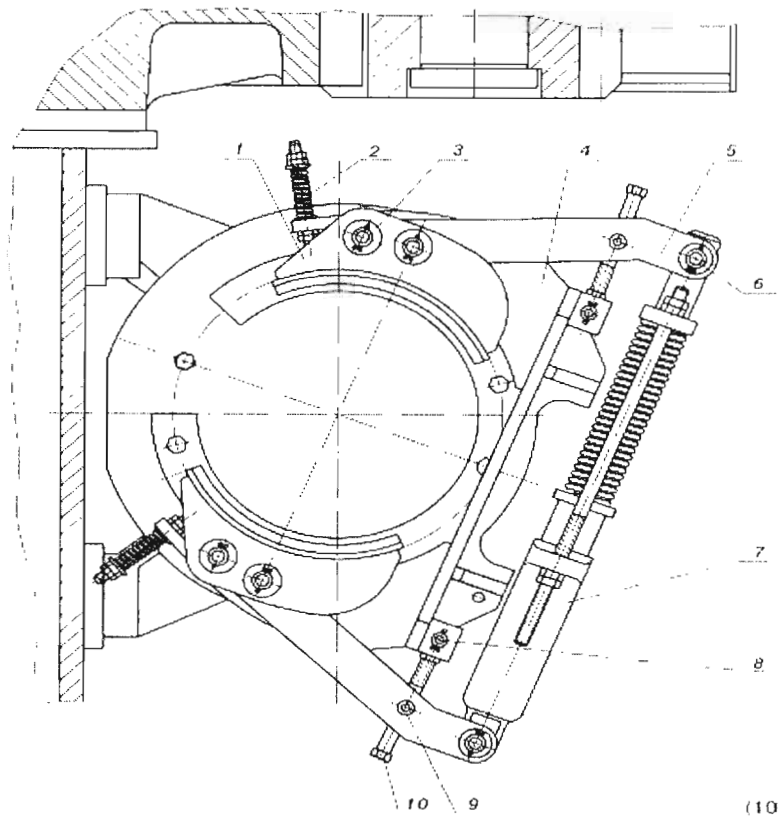


Рисунок 5 – Тормоз хода экскаватора ЭКГ-5А

Расчетная схема колодочного тормоза представлена на рисунке 6.

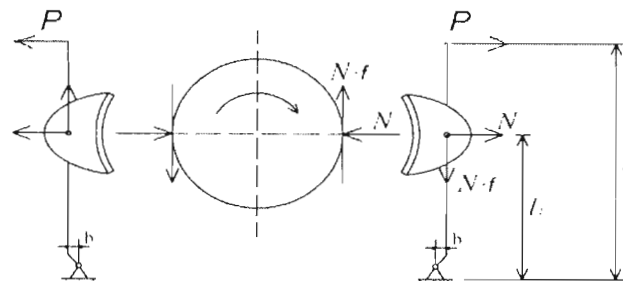


Рисунок 6 – Расчетная схема

Момент силы трения Nf на плече, равном расстоянию от поверхности трения до оси колодки, стремится повернуть колодку, что приводит к неравномерному распределению давления между накладкой и шкивом по длине дуги обхвата. Так как ось вращения колодки находится на очень малом расстоянии от поверхности трения, поэтому этот момент обычно невелик и при составлении уравнений равновесия рычагов им можно пренебречь.

Тогда при вращении тормозного шкива по часовой стрелке, как показано на рисунке для левого рычага находим:

$$P_1 = N_1(l_1 - fb), \quad (7)$$

откуда

$$N_1 = P_1 / (l_1 - fb). \quad (8)$$

Для другого рычага:

$$P_1 = N_2(l_1 + fb), \quad (9)$$

откуда

$$N_2 = P_1 / (l_1 + fb). \quad (10)$$

Общий тормозной момент выражается формулой:

$$M_\tau = f \frac{D}{2} (N_1 + N_2).$$

Подставив в это уравнение значения N_1 и N_2 определенные выше, получаем:

$$M_\tau = \frac{PDl_1f}{l_1^2 - f^2b^2}. \quad (11)$$

Равнодействующие силы N и F соответственно для левого и правого рычага равны:

$$S_1 = N_1 \sqrt{1 + f^2}; \quad S_2 = N_2 \sqrt{1 + f^2}. \quad (12)$$

Так как $N_1 \neq N_2$, то и $S_1 \neq S_2$. Разность между силами S_1 и S_2 является силой, изгибающей тормозной вал:

$$\Delta S = S_1 - S_2 = \frac{2P_1f \sqrt{1 + f^2}}{l_1^2 - f^2b^2} b. \quad (13)$$

Из последнего выражения видно, что $\Delta S = 0$, если плечо $b = 0$, то есть при прямых тормозных рычагах. При этом, тормозные моменты, создаваемые каждой колодкой, одинаковы и не зависят от направления вращения тормозного шкива. Общий тормозной момент двухколодочного тормоза при прямых рычагах:

$$M_\tau = fPD \frac{l}{l_1} \eta, \quad (14)$$

где $\eta = 0,9 \div 0,95$ – КПД рычажной системы тормоза, учитывающий потери на трение в шарнирах рычажной системы (большие значения соответствуют шарнирам, имеющим смазку).

Условное среднее давление между шкивом и колодкой тормоза определяют из соотношения:

$$p = \frac{N}{A_n} = \frac{N}{\pi DB \beta \cdot 360} \leq [p], \quad (15)$$

где A_k – площадь поверхности трения одной тормозной колодки; D – диаметр шкива; B – ширина колодки, принимаемая обычно для обеспечения полного контакта между колодкой и шкивом на 5 – 10 мм меньше длины шкива; $\beta = 60^\circ - 110^\circ$ – угол обхвата шкива одной колодкой.

Допускаемые давления $[p]$ для различных материалов приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Допускаемые давления для различных материалов

Материал трущихся поверхностей	Тормоза	
	стопорные	спускные
Чугун и сталь по чугуну	1,5	1
Сталь по стали	0,4	0,2
Тканная тормозная асбестовая лента по стали	0,6	0,3
Вальцованный и прессованный фрикционный материал по металлу	0,6	0,3
Формованный фрикционный материал по металлу	0,8	0,4

1.5 Выбор электродвигателя

При определении мощности и выборе двигателя гусеничных ходовых механизмов следует рассматривать два режима работы:

- длительный (при движении по горизонтальной поверхности);
- кратковременный (с максимальной нагрузкой при движении на подъем или разворот с проседанием ходовой части механизма в ГП).

Максимальное тяговое усилие при установившемся прямолинейном движении машины определяется по формуле:

$$F_{т.з} = W_{вн} + W_k + W_n, \quad (16)$$

где $W_{вн}$ – сопротивление внутреннее во всех гусеницах; W_k – сопротивление катанию; W_n – сопротивление инерции при трогании с места.

Сопротивление развороту имеет значительную величину, но всегда меньше суммы сопротивлений указанных в формуле.

Учитывая, что разворот экскаватора при движении на подъем осуществляется задним ходом, т.е. под уклон, сопротивление развороту не вводится в сумму основных сопротивлений.

Определяем вес экскаватора:

$$G = g \times m \times 10^3 \quad (17)$$

где $g = 9,81 \text{ м/с}^2$; m – масса экскаватора, Т.

$$G = 9,81 \times 196 \times 10^3 = 1920 \text{ кН}$$

Тяговое усилие и мощность двигателя механизма гусеничного хода при движении экскаватора по горизонтальной поверхности:

$$F_{mc} = (W_{su} + W_k + W_n) * G_{экс}, \quad (18)$$

где $W_{su} = (0,048 \div 0,091) \times G_{экс}$.

$$W_k = (0,082 \div 0,175) \times G_{экс} \quad (19)$$

$$W_n = (0,012 \div 0,02) \times G_{экс} \quad (20)$$

$$F_{mc} = (0,6 + 0,1 + 0,015) * 1920 = 336 \text{ кН}$$

Мощность двигателя механизма гусеничного хода:

$$P_{mz} = \frac{F_{mc} * V_{гх} * 10^{-3}}{\eta_{ex}} \quad (21)$$

где $V_{гх}$ – скорость передвижения по горизонтальной поверхности $V_{гх} = 0,125 \text{ м/с}$; η_{ex} – КПД механизма 75 %.

$$P_{mz} = \frac{336000 \times 0,125}{0,75} \times 10^{-3} = 56 \text{ кВт}$$

Максимальное тяговое усилие и мощность при движении на подъем:

$$F_{mn} = (0,35 \div 0,494) \times G_{экс} = 0,35 \times 1920 = 675,5 \text{ кН} \quad (22)$$

$$F_{mn} = (W_{su} + W_k + W_n + W_{п}) G_{экс}$$

где $W_{п} = G_{экс} \times \sin \alpha$; α – угол подъема экскаватора $\alpha = 12^\circ$.

$$F_{mn} = (0,085 + 0,17 + 0,018 + 0,208) \times 1920 = 960 \text{ кН}$$

$$P_{mn} = \frac{F_{mn} * V_{гп} * 10^{-3}}{\eta_{ex}} \quad (23)$$

где $V_{гп}$ – скорость экскаватора при движении на подъем, принимаем на 12%

меньше $V_{гх}=0,125\text{м/с}$, $V_{гх}=0,11\text{м/с}$.

$$P_{mn} = \frac{960000 \times 0,11}{0,75} \times 10^{-3} = 141 \text{ кВт}$$

Принимаем кинематическую схему механизма гусеничного хода для карьерного экскаватора с ковшем $4,6 \text{ м}^3$. По данной схеме экскаватор имеет две гусеницы с приводом на каждую гусеницу.

Частота вращения ведущего колеса гусеницы и частота вращения двигателя:

$$n_{вк} = \frac{60 * V_{гх}}{\pi * D_{вк}}, \quad (24)$$

где $D_{вк}$ – диаметр ведущего колеса.

$$D_{вк} = K_l \sqrt[3]{m_{гк}} = 0,19 * \sqrt[3]{196} = 1,1 \text{ м} \quad (25)$$

$$n_{вк} = \frac{60 * 0,125}{3,14 * 1,1} = 2,17 \text{ об / мин}$$

$$n_{дк} = i * n_{вк} = 442 * 2,17 = 959 \text{ об / мин} \quad (26)$$

По расчетным характеристикам выбираем ближайший по характеристикам двигатель постоянного тока в закрытом исполнении типа ДПЭ-54-1 с основными параметрами $P_n=54 \text{ кВт}$, $n_n=1280 \text{ об/мин}$.

Электродвигатели постоянного тока ДПЭ 54-1, предназначены для привода главных механизмов экскаваторов ЭКГ-5А, ЭКГ-4,6, ЭДГ-3,2 в качестве двигателей «хода» и «напора», а также могут быть применены в других исполнительных механизмах.

Электродвигатели используются в районах умеренного и тропического климата (по требованию заказчика – в районах холодного климата), на высоте не более 1000 м над уровнем моря, с температурой окружающего воздуха от $+40$ до -60 °С и относительной влажностью не более 80% при $+20$ °С, в условиях взрывобезопасной окружающей среды, не содержащей агрессивных паров, газов и токопроводящей пыли.

Характеристики двигателя механизма хода размещены в таблице 6.

Таблица 6 – Характеристики двигателя механизма хода

ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ДПЭ 54-1	
Тип двигателя	ДПЭ 54-1
Мощность, кВт	54
Напряжение, В	395
Ток, А	150
Частота вращения, об/мин	1280
Вид и напряжение возбуждения, В	независ., 85
Режим работы	S7-45 мин
Масса, кг, не более	854
Габаритные размеры (l×b×h), мм	1106×590×560
Максимальная частота вращения, об/мин	2200
Маховый момент, кг/м	7,5
Степень защиты	IP44
Способ охлаждения	IC40

1.6 Выбор редуктора и его проверка

Исходные данные:

Кинематическая схема – оси входного и выходного валов параллельны и находятся в горизонтальной плоскости.

Вид приводимой машины: ходовой механизм (группа В).

$$T_{\text{вых.треб.}} = 60911 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

$$n_{\text{вых.}} = 7,7 \text{ об/мин.}$$

Вид двигателя: электродвигатель постоянного тока.

$$n_{\text{вх.}} = 1280 \text{ об/мин.}$$

Характер нагрузки: работа прерывная, нереверсивная, толчки средней силы.

Определяем передаточное число редуктора:

$$i_{ред} = \frac{1280}{7,7} = 166,23 \quad (27)$$

По передаточному числу определяется количество ступеней редуктора, руководствуясь схемой:

1. При значениях $i_{ред} \leq 6,3$ выбирают одноступенчатый редуктор.

2. При значениях $7,1 \leq i_{ред} \leq 20$ для эвольвентных, закаленных, шлифованных зубьев и $7,1 \leq i_{ред} \leq 50$ для улучшенных зубьев, в том числе с зацеплением Новикова, выбирают двухступенчатый редуктор.

3. При значениях $20 \leq i_{ред} \leq 100$ для эвольвентных, закаленных, шлифованных зубьев и $50 \leq i_{ред} \leq 200$ для улучшенных зубьев, в том числе с зацеплением Новикова, выбирают трехступенчатый редуктор.

Согласно рекомендациям выбираем трехступенчатый редуктор.

Расчетный крутящий момент на выходном валу редуктора:

$$T_{вых.расч.} = T_{вых.треб.} \times K_{ур}, \quad (28)$$

где $K_{ур}$ определяется по формуле:

$$K_{ур} = K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_{пв} \times K_{рев}, \quad (29)$$

где K_1 – коэффициент, учитывающий динамические характеристики двигателя; K_2 – коэффициент, учитывающий продолжительность работы в сутки; K_3 – коэффициент, учитывающий количество пусков в час; $K_{пв}$ – коэффициент, учитывающий продолжительность включения (ПВ); $K_{рев}$ – коэффициент, учитывающий реверсивность редуктора (для нереверсивной работы $K_{рев} = 1,00$; для реверсивной – $K_{рев} = 0,75$).

Числовые значения входящих коэффициентов выбираются из таблиц 1, 2, 3, 4, 5, 6 Приложения А.

Из таблиц 1, 2, 3, 4 находим (группа В – электродвигатель, 3 часа работы в сутки, 3 пуска в час): $K_1=1,5$; $K_2=1$; $K_3=1,07$; $K_{пв}=1,0$; $K_{рев.}=1$ (передача нереверсивная).

Определяем величину коэффициента условий работы:

$$K_{ур} = 1,5 \times 1 \times 1,07 \times 1 \times 1 = 1,605$$

Определяем расчетные выходной момент и консольные радиальные нагрузки:

$$T_{вых.расч.} = 60911 \times 1,605 = 97762 \text{ Н}\cdot\text{м} \quad (30)$$

$$F_{вх.расч.} = 125 \times 390,9^{1/2} \times 1,605 = 3966 \text{ Н} \quad (31)$$

$$F_{вых.расч.} = 250 \times 60911^{1/2} \times 1,605 = 99029 \text{ Н} \quad (32)$$

Выбираем редуктор ЦЗН-630-160-23-Ц-У2

Определяем расчетную мощность на входе в редуктор по формуле:

$$P_{вх.расч.} = \frac{T_{вых.расч.} \times n_{вых.}}{9550 \times \eta}, \quad (33)$$

$$P_{вх.расч.} = \frac{97762 \times 7,7}{9550 \times 0,97} = 81,26 \text{ кВт} \quad (34)$$

Согласно технической документации термическая мощность редуктора Ц2У-315НМ составляет:

$$P_{терм.} = 128 \text{ кВт}$$

Значение коэффициента K_T ($t = 40 \text{ }^\circ\text{C}$, без постороннего охлаждения, продолжительность включения ПВ 25%):

$$K_T = 1,35$$

Условие $P_{вх.расч.} \leq 128 \times 1,35 = 172,8 \text{ кВт}$, выполняется.

2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1 Назначение и краткое описание конструкции

Работа колодочного тормоза ходового механизма экскаватора основана на принципе размыкания колодок на валу электродвигателя во время движения землеройной машины. То есть во время проведения других технологических операций, таких как подъем стрелы, работа ковша тормоз находится в режиме «тормоз». Во время начала движения машины с помощью гидравлической системы экскаватора производится разблокирование тормозных колодок и экскаватор начинает движение.

В процессе эксплуатации землеройной машины выявлено ряд недостатков в ходовом механизме, основной который заключается в том, что при поломке упругой муфты, соединяющей вал электродвигателя с валом редуктора ходового механизма происходит самопроизвольное движение экскаватора. Это обусловлено тем, что расположение тормозной системы хода обеспечивает блокирование и разблокирование только вала электродвигателя. Если экскаватор находится на уклоне, при поломке упругой муфты, ходовая тележка под действием силы тяжести, которая намного больше силы сцепления с грунтом начинает самопроизвольное движение, которое невозможно остановить.

Для решения данной проблемы необходимо внести изменение в кинематическую схему ходового механизма. Необходимо перенести тормоз, находящийся на валу электродвигателя перед упругой муфтой на быстроходный вал редуктора ходового механизма, как показано на рисунке 7. В связи с этим, при возможной поломке упругой муфты, в случае когда экскаватор находится на уклоне у машиниста есть возможность остановить технику и предотвратить неконтролируемый спуск.

На рисунке 7 показана кинематическая схема механизма хода.

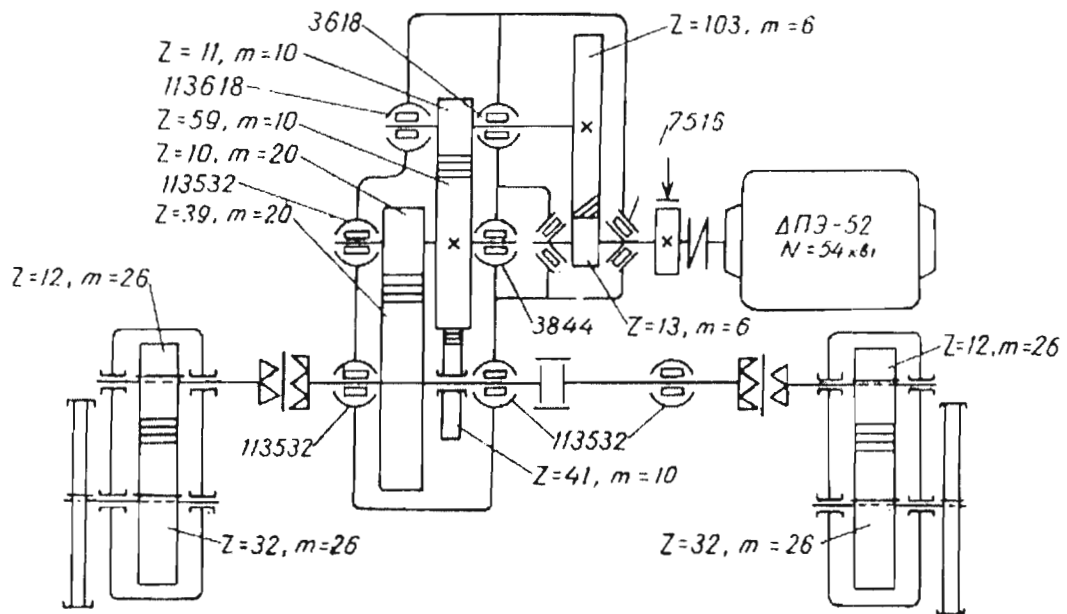


Рисунок 7 – Кинематическая схема механизма хода

Произведем расчет основных сил действующих на экскаватор, находящийся на максимальном уклоне в 12° .

Расчетная схема представлена на рисунке 9.

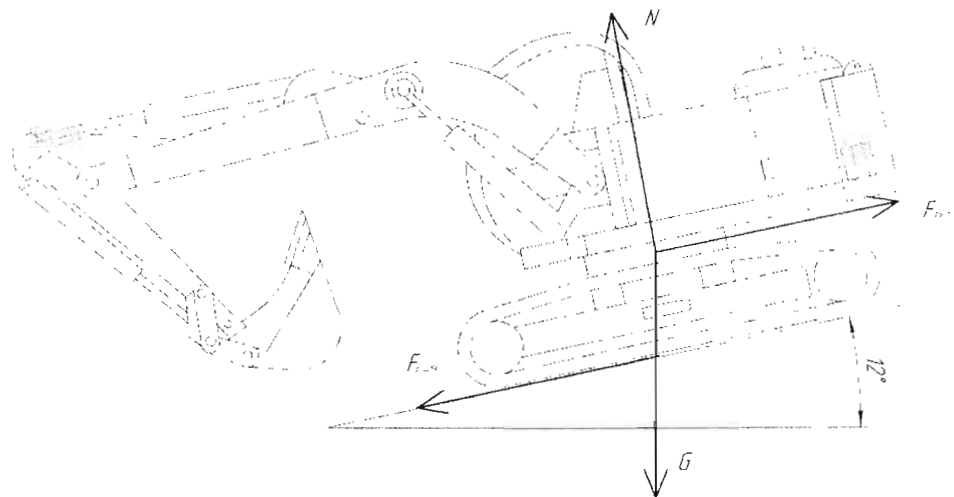


Рисунок 9 – Расчетная схема

Максимальное тяговое усилие и мощность при движении на подъем:

$$F_{\text{тяг}} = (W_{\text{вн}} + W_{\text{к}} + W_{\text{н}} + W_{\text{п}}) * G_{\text{эк}}, \quad (35)$$

где $W_{\text{вн}}$ – сопротивление внутреннее во всех гусеницах.

$$W_{\text{вн}} = (0,048 \div 0,091) \times G_{\text{ЭК}} \quad (36)$$

$W_{\text{к}}$ – сопротивление катанию.

$$W_{\text{к}} = (0,082 \div 0,175) \times G_{\text{ЭК}} \quad (37)$$

$W_{\text{и}}$ – сопротивление инерции при трогании с места.

$$W_{\text{и}} = (0,012 \div 0,02) \times G_{\text{ЭК}} \quad (38)$$

$$W_{\text{и}} = G_{\text{ЭК}} \times \sin \alpha = 1920 \times \sin 12^\circ = 0,208 \times 1920 = 399 \text{ кН} \quad (39)$$

α – угол подъема экскаватора $\alpha = 12^\circ$.

$$F_{\text{мяг}} = (0,085 + 0,17 + 0,018 + 0,208) \times 1920 = 960 \text{ кН}$$

$$P_{\text{мяг}} = \frac{F_{\text{мяг}} * V_{\text{гн}}}{\eta_{\text{гх}}} * 10^{-3}, \quad (40)$$

где $V_{\text{гн}}$ – скорость экскаватора при движении на подъем, принимаем на 12% меньше $V_{\text{гх}} = 0,125 \text{ м/с}$, $V_{\text{гх}} = 0,11 \text{ м/с}$.

$$P_{\text{мяг}} = \frac{960000 * 0,11}{0,75} * 10^{-3} = 141 \text{ кВт}$$

В момент, когда происходит поломка упругой муфты $F_{\text{цеп}}$ направлена противоположна, сила с которой экскаватор стремится скатиться с уклона равна:

$$F_{\text{скат}} = G \times \sin 12^\circ - F_{\text{цеп}} = 1920 \times 0,208 - 489,6 = 90,24 \text{ кН} \quad (41)$$

$$F_{\text{цеп}} = (0,085 + 0,17) \times 1920 = 489,6 \text{ кН} \quad (42)$$

Ускорение скатывания:

$$A_{\text{скат}} = F_{\text{скат}} / m_{\text{ЭК}} = 90240 / 196000 = 0,46 \text{ м/с}^2 \quad (43)$$

Частота вращения ведущего колеса гусеницы и частота вращения быстроходного вала редуктора при скатывании:

$$n_{\text{вк}} = \frac{60 * V_{\text{гх}}}{\pi * D_{\text{вк}}}, \quad (44)$$

где $V_{\text{вк}} = a/t$; $t = 1 \text{ с}$.

$D_{\text{вк}}$ – диаметр ведущего колеса

$$D_{\text{вк}} = K_L \sqrt[3]{m_{\text{ЭК}}} = 0,19 * \sqrt[3]{196} = 1,1 \text{ м} \quad (45)$$

$$n_{\text{вк}} = \frac{60 * 0,46}{3,14 * 1,1} = 7,99 \text{ об/мин.}$$

$$n_{\text{вал}} = i * n_{\text{вк}} = 442 * 7,99 = 3535 \text{ об/мин.} \quad (46)$$

Исходя из расчета, даже при случайной остановке двигателя механизма хода при исправной муфте и тормозах возможен вывод из строя электродвигателя.

Мгновенная мощность на ведущем колесе гусеницы

$$P=90,24 \times 0,46=41,5 \text{ кВт} \quad (47)$$

Мощность на валу тихоходном редуктора с 2 гусениц:

$$(P_v=2 \times 41,5) \times 0,98=81,36 \text{ кВт} \quad (48)$$

Определяем крутящий момент на быстроходном валу передачи:

$$T=9550 \times \frac{81,36}{3535}=219,79 \text{ Н} \times \text{м} \quad (49)$$

Проверяем момент силы трения тормоза хода:

Из формулы,

$$T = f \times P \times D \times \frac{l}{l_1} \times \eta, \quad (50)$$

где f – коэффициент трения скольжения (для феродо – 0,3); D – диаметр вала (80 мм); l/l_1 – отношение длины колодок; $\eta = 0,95$ – КПД тормоза; P – сила трения тормоза.

$$P = \frac{219,79}{0,3 \times 0,08 \times 2 \times 0,95} = 4429,82 \text{ Н} \quad (51)$$

Принимаем накладки феродо шириной 200 мм. Проведем расчет на условное среднее давление между шкивом и колодкой тормоза:

$$p = \frac{N}{A_n} = \frac{N}{\pi D B \beta \beta_0} \leq |p|, \quad (52)$$

$$p = \frac{4429,82}{3,14 \times 0,08 \times 0,2 \times 110 / 360} = 0,28 \leq 0,3 \text{ – условие выполняется.}$$

2.2 Анализ технических требований

Экскаваторы должны изготавливаться в соответствии с требованиями ГОСТ 26980-95 технических условий или технического задания на экскаваторы конкретных типоразмеров и требованиями конструкторской документации, утвержденной в установленном порядке.

Категория размещения экскаваторов – 1 .

Климатические условия эксплуатации экскаваторов:

- высота – не более 1000 м над уровнем моря;
- тип атмосферы – II по ГОСТ 15150;
- скорость ветра – не более 20 м/с;
- допустимая запыленность атмосферы в карьере – в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.005 и «Едиными правилами безопасности при разработке полезных ископаемых открытым способом».

Качество поступающей на экскаватор электроэнергии от системы внешнего электроснабжения, содержащей переключательные пункты, должно соответствовать ГОСТ 13109, независимо от удаленности экскаватора от источника электроснабжения потребителя.

Конструкция экскаватора должна обеспечивать:

- работоспособность при питании от сети трехфазного тока напряжением 3,6 или 10 кВ при частоте 50 Гц;
- возможность работы при уклоне 3° (для прямой лопаты) и 2° (для драглайна);
- возможность передвижения при поперечном уклоне 3° и продольном уклоне 12° (для прямой лопаты) и 1° (для драглайна). Для прямой лопаты с вместимостью ковша 35 м^3 и более и драглайна с вместимостью ковша 100 м^3 и более продольный уклон не должен превышать 5° ;
- применение тормозов и стопорных устройств, которые должны удерживать механизмы от произвольного движения при отключенном управлении электроприводами;
- возможность доступа к местам регулирования и обслуживания;
- применение кабельного барабана (для вновь создаваемых прямых лопат с вместимостью ковша $12,5 \text{ м}^3$ и более);
- защиту от удара ковшом о головные блоки и блоки наводки , смягчение ударов ковша о стрелу (для прямой лопаты).

Конструкция ходового оборудования должна обеспечивать:

- передвижение экскаватора собственным ходом;
- торможение механизма привода гусениц при работе экскаватора.

Силовое оборудование экскаваторов должно быть с индивидуальным приводом основных механизмов (тяги, напора, поворота, подъема).

Система управления электроприводом должна иметь температурную стабилизацию стопорных токов и токов возбуждения двигателей или температурную стабилизацию стопорных моментов.

Места смазки экскаваторов должны быть обозначены и легко доступны.

Требования к сборочным единицам.

Конструкция ковша должна обеспечивать:

- свободное проворачивание подвижных соединений на осях;
- свободное скольжение засова днища ковша по направляющим (для прямых лопат) и исключение самооткрывания ковша;
- наличие механизма торможения днища ковша (для прямых лопат).

На экскаваторах должны быть предусмотрены:

- средства пожаротушения;
- предупредительные таблички и плакаты на высоковольтном оборудовании;
- звуковая сигнализация для подачи предупредительных сигналов;
- устройства для защиты от произвольного включения рабочих механизмов;
- автоматическое торможение механизмов при прекращении подачи электроэнергии;
- осветительные установки, обеспечивающие работу экскаваторов в ночное время;
- ограждения вращающихся и токоведущих частей по ГОСТ 12.2.062;
- термоса для холодной воды объемом не менее 3 л;
- резиновые коврики на площадках для

обслуживания электрооборудования;

– стеклоочистители;

– специальные места для хранения инструмента, смазочных материалов, противопожарного инвентаря, спецодежды, аптечки первой помощи.

Внутренние и наружные поверхности составных частей экскаватора, за исключением поверхностей, покрытие которых недопустимо или не требуется по условиям работы, должны иметь лакокрасочные покрытия не ниже II класса по ГОСТ 9.032.

Окраска наружной поверхности кузова должна контрастно выделять экскаватор на фоне карьера (разреза).

Требования эргономики, техники безопасности и пожарной безопасности

Требования эргономики и безопасности – по ГОСТ 12.2.130.

Цвета сигнальные и знаки безопасности – по ГОСТ 12.1.026.

Уровень радиопомех – по ГОСТ 17822.

Электрооборудование экскаватора должно быть выполнено в соответствии с требованиями «Правил устройства электроустановок», «Правил техники безопасности при эксплуатации установок потребителем» и ГОСТ 12.2.007.0.

Конструкция экскаватора должна соответствовать требованиям безопасности по ГОСТ 12.2.003.

Защитные ограждения должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.062.

Требования пожарной безопасности – по ГОСТ 12.1.004.

Возможность диагностирования в соответствии с ГОСТ 27518, при этом конкретные требования по приспособлению к диагностированию, перечень проверяемых параметров приборов и приспособлений устанавливаются в технических условиях на конкретные модели экскаваторов по согласованию с заказчиком.

Требования защиты окружающей среды

Конструкция экскаватора должна обеспечивать возможность замены сма-

зочных материалов и рабочей жидкости при техническом обслуживании без загрязнения окружающей среды, утечки жидкости из гидросистемы.

Дымность отработавших газов и выбросы вредных веществ из системы выпуска двигателей экскаваторов – по ГОСТ 17.2.2.02 и по ГОСТ 17.2.2.05.

В комплект экскаватора должны входить:

- экскаватор, частично разобранный на составные части, механически не связанные при транспортировании, включая комплектующие изделия;
- запасные части, инструмент, приспособления по ведомости ЗИП;
- эксплуатационная документация по ведомости предприятия-изготовителя и ГОСТ 2.601;
- ремонтная документация по ГОСТ 2.602;
- запасные части, эксплуатационная и ремонтная документация на комплектующие изделия по техническим условиям или стандартам на эти изделия.

В ведомость эксплуатационной документации должны входить: паспорт, техническое описание и инструкции по эксплуатации, чертежи общего вида и основных сборочных единиц, основные схемы (электрические, гидравлические, пневматические)

В комплект экскаватора не входят, если это не оговорено в технических условиях, техническом задании и в дополнительных соглашениях между поставщиком и заказчиком, следующие изделия:

- материал насыпного противовеса;
- наружный переключательный пункт;
- высоковольтный питающий кабель;
- смазочные материалы и гидрожидкость.

На экскаваторе должна быть прикреплена металлическая маркировочная табличка по ГОСТ 12971, на которой указываются:

- наименование или товарный знак предприятия-изготовителя;
- наименование и условное обозначение экскаватора;

- заводской номер экскаватора;
- дата изготовления (месяц, год).

При поставке экскаватора на экспорт в табличке следует указать страну-изготовителя экскаватора.

При маркировке составных частей должны быть указаны:

- номер заводского заказа;
- обозначения по основному конструкторскому документу;
- монтажный знак (при необходимости).

Детали экскаватора должны иметь маркировку в местах, указанных на рабочих чертежах. Маркировка мелких деталей осуществляется на металлических бирках, прикрепленных к связке (упаковке) деталей.

Транспортная маркировка экскаватора по ГОСТ 14192 и в соответствии с требованиями заказа-наряда внешнеторговой организации.

Консервация составных частей экскаватора по ГОСТ 9.014 и ГОСТ 27252. Срок консервации – 1 г, для закрытых узлов трения – 2 г, для экспортных поставок – согласно требованиям заказа-наряда.

Упаковка составных частей экскаваторов должна соответствовать категории КУ-0, при невозможности открытого транспортирования – категории КУ-1 по ГОСТ 23170.

Должна быть обеспечена сохранность оборудования в условиях хранения и транспортирования 9 (ОЖ 1) по ГОСТ 15150 в части воздействия климатического фактора, а также в условиях транспортирования по ГОСТ 23170 в части воздействия механических факторов.

Размещение, укладка и крепление составных частей экскаваторов должны производиться в соответствии с требованиями погрузочных и упаковочных чертежей, утвержденных в установленном порядке.

2.3 Технологичность конструкции

Технологичностью конструкции изделия называют совокупность свойств изделия, определяющих возможность достижения минимальных затрат средств, труда, материалов и времени при технологической подготовке производства, изготовлении, эксплуатации и ремонте по сравнению с однотипными конструкциями того же назначения при заданном уровне качества и принятых условиях изготовления, эксплуатации и ремонта.

Оценки технологичности конструкции могут быть количественными и качественными. Количественные показатели (материалоёмкость, трудоёмкость, себестоимость и т. д.) установлены в единой системе технологической подготовки производства (ЕСТПП) и предусматривают наличие изделия – аналога. Технологичность изделия необходимо оценить качественно. Оценку производить, руководствуясь общими принципами технологичности сборочных единиц, справочной литературой и личным опытом, если он есть. При этом необходимо обращать внимание на следующие показатели:

- изделия, состоящие из большого числа деталей и сборочных единиц, должны строиться по блочному принципу и расчленяться на рациональное число самостоятельных узлов с целью обеспечения возможности их параллельной сборки, автономного контроля, испытания, замены и т. д., при этом наиболее целесообразны узлы, состоящие из 4 – 12 деталей;

- изделия должны состоять из максимально возможного числа стандартных и унифицированных составных частей, а также составных частей, уже освоенных в производстве;

- компоновка изделия должна исключать необходимость проведения промежуточной разборки и повторной сборки его составных частей;

- конструкция изделия не должна иметь многозвенных размерных цепей (наиболее целесообразное число звеньев менее пяти), а точность собираемых деталей должна обеспечивать сборку по методу полной взаимозаменяемости с

целью исключения необходимости выполнения пригоночных работ. При невозможности или экономической нецелесообразности сборки с полной взаимозаменяемостью следует применять другие методы сборки (с учётом снижения производительности труда в следующем порядке: с неполной взаимозаменяемостью, групповой взаимозаменяемостью, регулированием, пригонкой);

– число деталей в изделии должно быть минимальным с максимальным использованием простых форм деталей. Сокращение числа деталей можно обеспечить за счёт упрощения конструкции изделия, а также за счёт объединения нескольких деталей в один компонент с использованием технологических методов (вальцевание, гибки, штамповки, сварки и др.). При этом следует избегать применения деталей малой жёсткости и деталей из легкодеформируемых материалов, чтобы исключить их деформацию при сборке;

– число типов сопрягаемых поверхностей и применяемых видов соединений деталей в изделии должно быть минимальным, при этом следует избегать применения соединений, которые трудно осуществить автоматически (шпоночные, шплицевые, с пружинами и др.);

– конструкция изделия должна обеспечивать свободный доступ рабочих органов, сборочных инструментов и средств контроля к соответствующим местам соединения деталей и контроля;

– изделия должны обеспечивать удобство контроля качества сборки на всех этапах сборочного процесса с применением наиболее простых и эффективных способов и средств автоматического контроля;

– конструкция изделия должна обеспечивать сборку при минимальном числе направлений сборки. Необходимо стремиться к обеспечению одного направления сборки (предпочтительно сверху вниз по вертикали), что в максимальной степени упрощает сборочное оборудование;

– конструкция изделия должна предусматривать возможность соединения составных частей простейшими движениями (предпочтительно обеспечить

присоединение каждой составной части посредством одного поступательного движения), что позволяет применять наиболее простое сборочное оборудование;

- детали, сопрягаемые в осевом направлении, должны иметь конструктивные элементы (фаски, проточки), облегчающие самоустановку и самоцентрирование поверхностей (фаски, проточки желательны на валу – проще выполнить);

- в конструкции изделия должны быть предусмотрены технологические базы, обеспечивающие необходимую точность относительного положения составных частей при сборке;

- плоскости разъёмов изделия следует располагать перпендикулярно к главной базовой оси симметрии изделия;

- в конструкции изделия должна быть предусмотрена базовая составная часть (деталь, сборочная единица), являющаяся основой для установки остальных составных частей изделия. Для обеспечения устойчивости и необходимой точности установки базовая составная часть должна быть наибольшей по габаритам, не деформирующейся под действием сборочных усилий, иметь развитые базовые опорные поверхности; её конструкция должна предусматривать возможность совмещения конструкторских, технологических и измерительных баз;

- конструкция изделия должна позволить проводить сборку без изменения положения базовой составной части;

- конструкция изделия должна обеспечить устранение подгоночных работ, доработки и доводки деталей в процессе сборки, индивидуальной регулировки их взаимного расположения;

- для разборки изделия при его обслуживании и ремонте необходимо предусмотреть применение простых инструментов, съёмников и других не сложных приспособлений, а также резьбовые отверстия для отжимных винтов;

- каждая составная часть изделия должна иметь минимальное число поверхностей и мест сопряжения с другими частями изделия;

– изделие и его составные части должны иметь поверхности для надёжного захвата их с помощью хватных устройств промышленных роботов и манипуляторов;

– не следует объединять в один узел уникальные составные части изделия с унифицированными, а также составные части с разными характеристиками износа (быстро изнашиваемые узлы следует выделять в отдельную группу);

– конструктивное оформление элементов коммуникаций (электрических, пневматических, гидравлических и др.) должно допускать их автономное испытание и контроль без последующей повторной комплексной проверки;

– изделие и его составные части должны обладать устойчивостью и способностью к складированию;

– конструкция изделия должна предусматривать возможность использования при сборке наиболее эффективных способов и средств сборки.

Исходя из принятого технического решения технологичность конструкции определим по расчету параметров материалоемкость, трудоёмкость и себестоимость.

Материалоемкость определим исходя из технического решения. В процессе реализации необходимо будет изготовить увеличенный на 200 мм. быстроходный вал редуктора, площадку для крепления тормоза хода. Ориентировочные затраты на материалы – 8,2 тыс. руб. с учетом изготовления. Чистая масса изделий – 120 кг. Норма расхода на каждое изделие: вал – 120 кг, площадка – 117 кг.

Материалоемкость (М) равна:

$$M = \frac{\Sigma M_{\text{чист}}}{\Sigma N_p}, \quad (53)$$

где $\Sigma M_{\text{чист}}$ – чистая масса каждого изделия; ΣN_p – норма расхода материалов на каждое изделие.

$$M = \frac{89+31}{120+117} = 0,51 \quad (54)$$

Трудоёмкость изготовления – 24 чел.-часа

Так как в процессе изменения кинематической схемы не происходит существенного изменения основных агрегатов, тормоз хода остаётся стандартный

для экскаватора ЭКГ-5А, упругая муфта на основной передаче также не изменяется, то реализация данного технического решения является с точки зрения технологичности выгодной с малой материалоемкостью, себестоимостью и срокам реализации.

2.4 Технологическая схема сборки

Рассмотрим основные операции при реализации данного технического решения. Выделим три этапа: изготовление конструкции, демонтаж существующей конструкции и монтаж узлов и агрегатов.

I этап:

1. Изготовление быстроходного вала редуктора ходового механизма экскаватора.

2. Изготовление площадки для крепления тормоза хода.

II этап:

1. Демонтаж электродвигателя ходового механизма с установленным на нем тормозом хода.

2. Разборка сопряжения (демонтаж упругой муфты) вала электродвигателя и быстроходного вала редуктора ходового механизма.

3. Демонтаж ходового редуктора экскаватора.

III этап:

1. Разборка ходового редуктора с целью замены старого быстроходного вала редуктора на новый.

2. Замена быстроходного вала редуктора.

3. Сборка редуктора ходового механизма.

4. Установка на нижнюю раму редуктора ходового механизма.

5. Монтаж площадки под тормоз хода на нижней раме ходового механизма.

6. Установка полумуфты упругой муфты на быстроходный вал редуктора.

7. Разметка новых посадочных мест для электродвигателя хода экскаватора.
 8. Организация посадочных мест.
 9. Монтаж электродвигателя .
 10. Монтаж сопряжения полумуфты упругой муфты со шкивом двигателя.
- Маршрут сборки механизма хода и торможения.

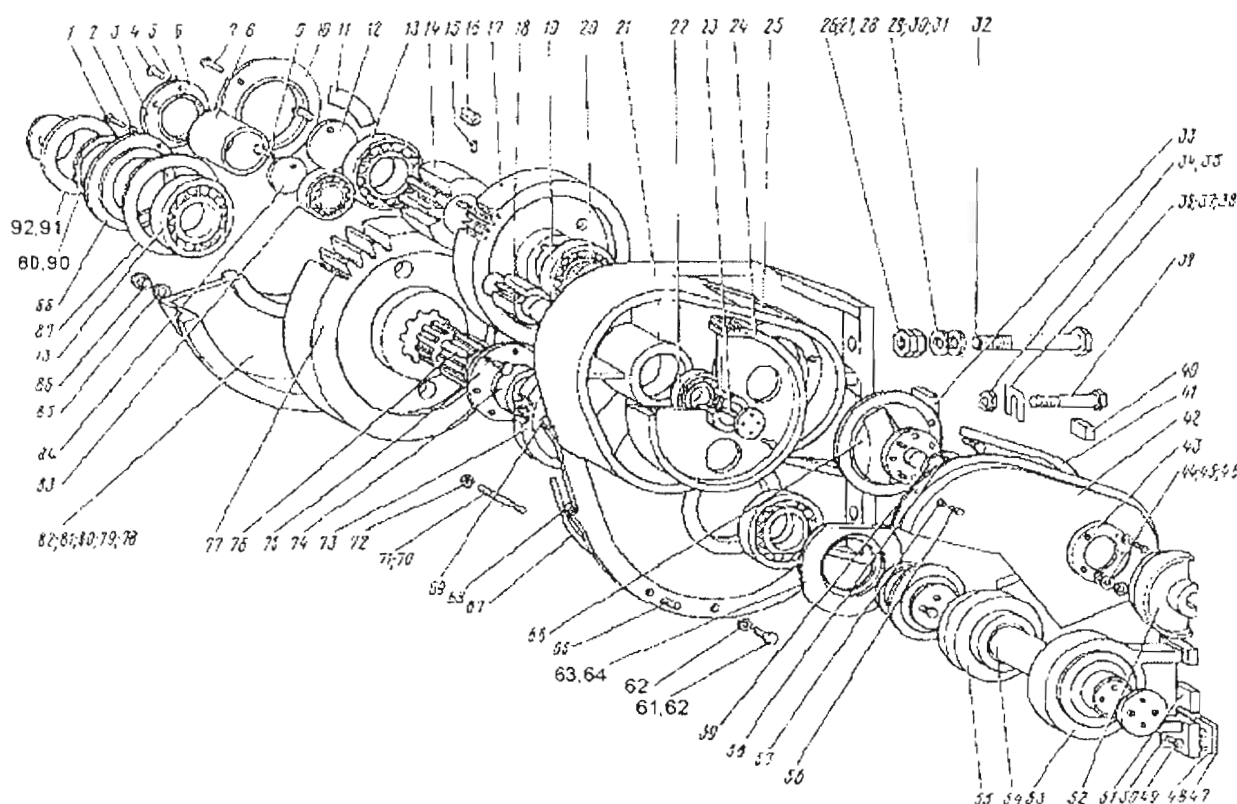


Рисунок 10 – Схема сборки/разборки редуктора хода ЭКГ-5А

В таблице 7 указаны названия и детали редуктора механизма хода.

Таблица 7 – Названия и детали редуктора механизма хода

Номер детали	Наименование детали	Наименование детали
1	Шайба 20 65Г	Шайба 20 65Г
2	0.08765	Крышка глухая 190x20
3	Болт М16x40.58	Болт М16x40.58
4	Шайба 10 65Г	Шайба 10 65Г
5	Прокладка 270/192x1	Прокладка 270/192x1
6	Болт М20x 50.58	Болт М20x 50.58
7	1080.28.72	Втулка

Продолжение таблицы 7

Номер детали		Наименование детали
8	Болт 3 М10х35.58	Болт 3 М10х35.58
9	1080.28.46	Крышка
10	Прокладка 390/292х1	Прокладка 390/292х1
11	1080.28.58	Шайба
12	Подшипник 113532	Подшипник 113532
13	1080.28.15	Вал-шестерня
14	Штифт 12х30	Штифт 12х30
15	Штифт 12х30	Штифт 12х30
16	1080.28.17	Шпонка
17	1080.28.16	Колесо
18	1080.28.10	Вал-шестерня
19	Подшипник 3844	Подшипник 3844
20	Кольцо 1Б225	Кольцо 1Б225
21	1080.28.44-1	Корпус правый
22	Подшипник 3618	Подшипник 3618
23	1080.28.71	Шпонка
24	1080.28.11-1	Колесо
25	0.3752.00	Крышка 160х135
26	1080.28.41	Гайка
27	Гайка М56х4.01	Гайка М56х4.01
28	Гайка М56х4.04	Гайка М56х4.04
29	1080.28.59	Шайба упорная
30	1080.28.60	Шайба упорная
31	Шайба 56.02	Шайба 56.02
32	1080.28.39	Болт
33	1080.28.63	Упор
34	Гайка М36.4	Гайка М36.4
35	Гайка М36.4	Гайка М36.4
36	1080.28.49	Подкладка
37	1080.28.50	Подкладка
38	1080.28.51	Подкладка

Продолжение таблицы 7

39	Болт М36х 200.58	Болт М36х 200.58
40	Болт М36х 200.58	Болт М36х 200.58
41	1080.28.62	Упор
42	1080.28.57	Прокладка
43	1080.28.42	Кожух
44	1080.28.64	Прокладка
45	Гайка М10.4	Гайка М10.4
46	Шайба 16.02	Шайба 16.02
47	Прокладка 50/30х1,5	Прокладка 50/30х1,5
48	1080.28.53	Прокладка
49	1080.28.52	Прокладка
50	Болт 3 М20х 50.58	Болт 3 М20х 50.58
51	Проволока 2-0-С	Проволока 2-0-С
52	1080.28.09	Упор
53	1080.28.29СБ	Муфта упругая
54	1080.28.34СБ	Опора
55	1080.28.40	Вал
56	1080.28.24СБ	Муфта зубчатая
57	Болт М12х25 58	Болт М12х25 58
58	Шайба 12 65Г	Шайба 12 65Г
59	Винт М8х12.56	Винт М8х12.56
60	1080.28.54	Пробка
61	Болт М24х 70.58	Болт М24х 70.58
62	Болт НМ М24х 90.58	Болт НМ М24х 90.58
63	Шайба 24 65 Г	Шайба 24 65 Г
64	1080.28.48	Крышка
65	1080.28.56	Прокладка
66	Штифт 25х80	Штифт 25х80
67	1080.28.01СБ	Вал I
68	Шнур 4 С диаметр 5	Шнур 4 С диаметр 5
69	1080.28.95-01	Маслоуказатель жезловый 1-400-295-25
70	1080.28.95СБ	Маслоуказатель жезловый 1-400-250-25

Окончание таблицы 7

Номер детали		Наименование детали
71	Шпилька М24х240	Шпилька М24х240
72	Шпилька М24х480	Шпилька М24х480
73	Гайка М24.4	Гайка М24.4
74	1080.28.22-2СБ	Колесо смазочное
75	1080.28.23-3	Колесо смазочное
76	1080.28.65-2	Втулка
77	1080.28.21	Шайба
78	1080.28.19	Вал
79	1080.28.20	Колесо зубчатое
80	1080.28.43	Корпус левый
81	1080.28.47	Крышка
82	1080.28.55	Прокладка
83	Винт 3 М8х 20.36.019	Винт 3 М8х 20.36.019
84	0.3752.00-02	Крышка 260х210
85	Подшипник 113618	Подшипник 113618
86	1080.28.12	Шайба
87	Прокладка 42/30х1,5	Прокладка 42/30х1,5
88	Пробка П М30	Пробка П М30
89	1080.28.38	Прокладка
90	1080.28.45	Крышка
91	Манжета НР220 Н2602	Манжета НР220 Н2602
92	Пружина 220	Пружина 220
93	Болт М8х20.58	Болт М8х20.58
94	Кольцо нажимное 225	Кольцо нажимное 225

На рисунке 11 показана упругая муфта механизма хода.

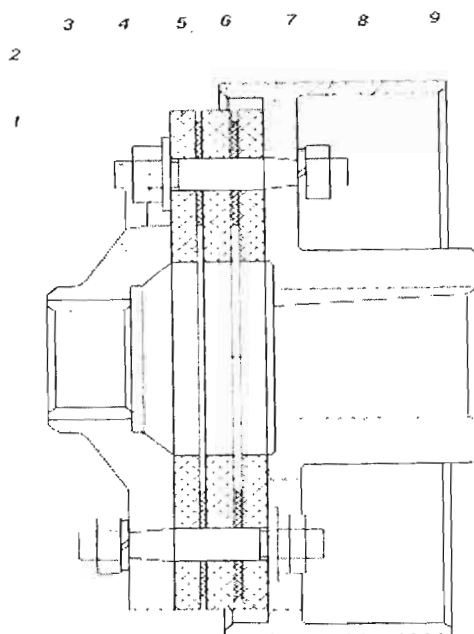


Рисунок 11 – Упругая муфта механизма хода экскаватора

В таблице 8 приведены технические данные умругой муфты механизма хода.

Таблица 8 – Технические данные упругой муфты экскаватора ЭКГ-5А.

Номер	Наименование	№ чертежа	Кол-во	Вес, кг
1	Полумуфта	1080.28.30-1	1	10
2	Палец	1080.28.31	8	0,3
3	Гайка М20.4 ГОСТ5915-70		8	0,071
4	Шайба 20.02 СТП К352-80		8	0,097
5	Диск	1001.05.265	3	1
6	Прокладка 70/25x3-Т-МБ-С1С		32	0,0148
7	Шкив	1080.28.33	1	35,0
8	Шайба 20.65Г ГОСТ 6402-70		8	0,012
9	Гайка М20.04 ГОСТ 5916-70		16	0,035

На рисунке 12 показан быстроходный вал редуктора механизма хода.

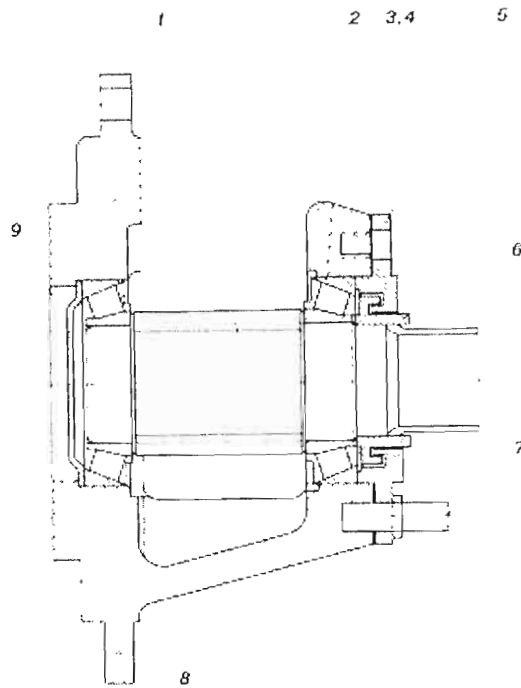


Рисунок 12 – Вал быстроходный

В таблице 9 приведены технические данные быстроходного вала редуктора механизма хода экскаватора ЭКГ-5А.

Таблица 9 – Технические данные быстроходного вала

Номер	Наименование	№ чертежа	Кол-во	Вес, кг
1	Вал шестерня	1080.28.02	1	12,0
2	Подшипник 7516 ГОСТ 333-79		2	2
3	Прокладка Ф220	1080.28.08	4	0,051
4	Прокладка Ф220	1080.28.70	4	0,073
5	Крышка лабиринтная	1080.28.03	1	3,0
6	Втулка	1080.28.04	1	1,0
7	Шпилька, шестигранник 24	1080.28.07	3	0,09
8	Фланец	1080.28.06	1	52,0
9	Крышка	1080.28.05	1	0,05

На рисунке 13 показана упругая муфта механизма хода экскаватора ЭКГ-5А.

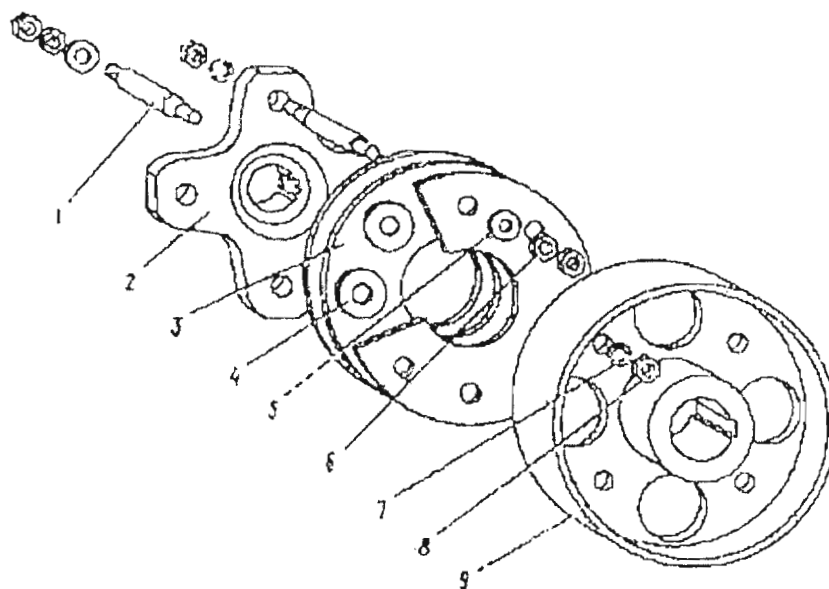


Рисунок 13 – Упругая муфта механизма хода экскаватора ЭКГ-5А

В таблице 10 приведены технические данные упругой муфты экскаватора ЭКГ-5А.

Таблица 10 – Технические данные упругой муфты

	Номер детали	Наименование детали
1	1080.28.31	Палец
2	1080.28.30-1	Полумуфта
3	1001.05.265	Диск
4	Прокладка диаметр 70/25х3-МБС	Прокладка диаметр 70/25х3-МБС
5	Гайка М20.4	Гайка М20.4
6	Шайба 20 05Г	Шайба 20 05Г
7	Гайка М20.4	Гайка М20.4
8	1080.28.33	Шкив

На рисунке 14 показан механизм хода экскаватора ЭКГ-5А после внесения изменений.

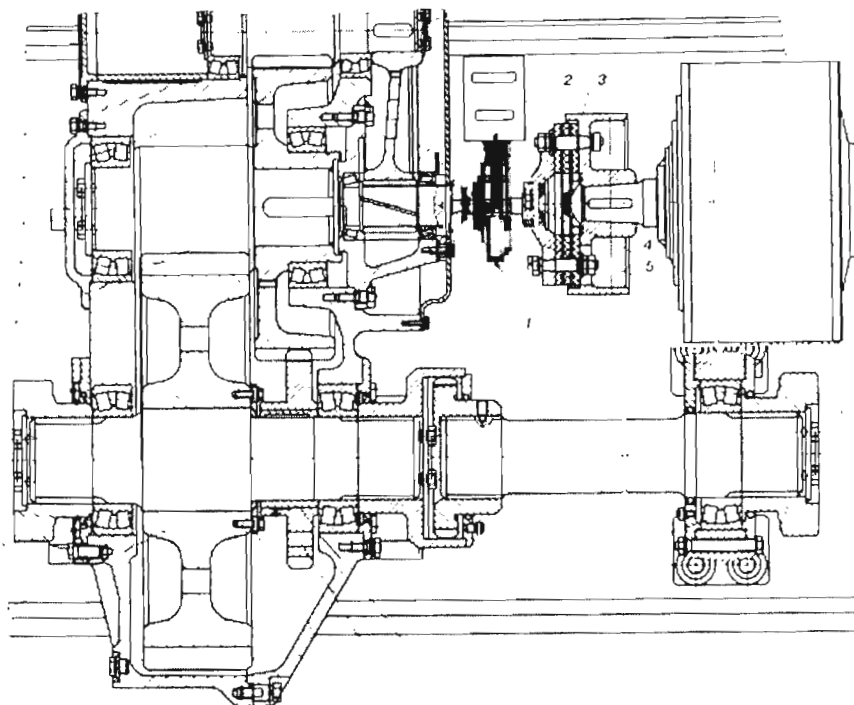


Рисунок 14 – Механизм хода экскаватора ЭКГ-5А после
внесения изменений

В таблице 11 приведены технические данные механизма хода.

Таблица 11 – Технические данные механизма хода

	Номер детали	Наименование детали
1	1080.29.00-2СБ	Тормоз хода
2		Площадка для крепления тормоза хода
3	1080.28.33	Шкив
4	1080.28.30-1	Полумуфта
5	1080.28.31	Палец

Для обеспечения выполнения работ по разработанному техническому решению будет необходимо сместить электродвигатель от существующих крепежных отверстий в сторону на 200 мм. В процессе реализации для установки двигателя на новое посадочное место необходимо произвести вынос сетей гидравлики. Площадку для крепления тормоза хода выполнить из листового проката толщиной 10 мм. Ст3 и предусмотреть устройство монтажных отверстий для крепежа её к нижней раме экскаватора.

3 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

3.1 Проверочный расчет активных поверхностей зубьев на контактную выносливость

Расчет проводим для пары 5 – 6 зацепляющихся колес. Рассматриваемая пара прямозубая. Величина действующих контактных напряжений для цилиндрических зубчатых колес определяется по формуле

$$\sigma_H = Z_H Z_M Z_\varepsilon \cdot \sqrt{\frac{W_{Ht} \cdot i_{5-6} + 1}{d_5 \cdot i_{5-6}}} \leq [\sigma_H]. \quad (55)$$

Коэффициент, учитывающий форму сопряженных поверхностей зубьев $Z_H = 1,77 \cos \beta$, для прямозубых колес $Z_H = 1,77$.

Коэффициент, который учитывает механические свойства материала зубчатых колес:

$$Z_M = 275 \text{ МПа.}$$

Коэффициент, который учитывает суммарную длину контактных линий

$$Z_\varepsilon = \sqrt{\frac{1}{\varepsilon_\alpha \cdot K_\rho}} = \sqrt{\frac{1}{1,632 \cdot 1}} = 0,783, \quad (56)$$

где ε_α – коэффициент торцевого перекрытия.

$$\varepsilon_\alpha = [1,88 - 3,2 \cdot (\frac{1}{Z_5} + \frac{1}{Z_6})] \cdot \cos \beta = [1,88 - 3,2 \cdot (\frac{1}{16} + \frac{1}{66})] \cdot 1 = 1,632, \quad (57)$$

K_ρ – коэффициент, учитывающий колебание суммарной длины контактной линии, для прямозубых передач.

$$K_\rho = 1$$

Расчетная величина удельной окружной нагрузки:

$$W_{Ht} = \frac{2T_1 \cdot 10^3}{b_w \cdot d_1} \cdot K_{H\beta} \cdot K_{H\alpha}, \quad (58)$$

где T_1 – крутящий момент на ведущем валу рассчитываемой пары.

$$T_I = T_{IV} = 11762,6 \text{ Н}\cdot\text{м}. \quad (59)$$

b_w – рабочая ширина зубчатых колес, которая определяется по формуле:

$$b_w = \psi_{ba} \cdot a_w, \quad (60)$$

где a_w – межосевое расстояние, $a_w = 820$ мм; ψ_{ba} – коэффициент ширины венца зубчатого колеса относительно межосевого расстояния, назначают в зависимости от твердости поверхностей и расположения колес относительно опор.

Принимаем $\psi_{ba} = 0,315$, тогда

$$b_w = 0,315 \cdot 820 = 258 \text{ мм}$$

$K_{H\beta}$ – коэффициент концентрации нагрузки определяется в зависимости от отношения $b_w/d_5 = 258/320 = 0,81$ и твердости рабочих поверхностей зубьев; при $HB < 350$ принимаем $K_{H\beta} = 1,07$; $K_{H\alpha}$ – коэффициент динамической нагрузки, определяется в зависимости от окружной скорости, твердости поверхностей зубьев и степени точности.

Выбираем степень точности 7, что соответствует передачам общего машиностроения. Окружная скорость

$$v_c = \frac{\pi d_5 n_{IV}}{60000} = \frac{3,14 \cdot 320 \cdot 42,1}{60000} = 0,71 \text{ м/с} \quad (61)$$

$$W_{Ht} = \frac{2T_I \cdot 10^3}{b_w \cdot d_1} \cdot K_{H\beta} \cdot K_{H\alpha} = \frac{2 \cdot 11762,6 \cdot 10^3}{258 \cdot 320} \cdot 1,07 \cdot 1,05 = 320,1 \text{ Н/мм} \quad (62)$$

В соответствии с этим для $HB < 350$ находим $K_{H\alpha} = 1,05$.

Определяем действительное контактное напряжение по формуле (55):

$$\sigma_H = 1,77 \cdot 275 \cdot 0,783 \cdot \sqrt{\frac{320,1}{320} \cdot \frac{4,125+1}{4,125}} = 424,8 \text{ МПа} \quad (63)$$

Допускаемая величина контактных напряжений для сталей при $HB \leq 350$ (подвергаемых нормализации или улучшению):

$$[\sigma_H] = \frac{2HB + 70}{S_H}, \quad (64)$$

где $S_H = 1,1 \dots 1,2$ – коэффициент безопасности.

Из формулы (56) определим необходимую твердость поверхности зубьев, полагая, $[\sigma_H] = \sigma_H = 424,8 \text{ МПа}$, получим

$$HB = \frac{[\sigma_H] \cdot S_H - 70}{2} = \frac{424,8 \cdot 1,2 - 70}{2} = 219,9 \quad (65)$$

Примем для колеса $HB_k = 220$, а для шестерни

$$HB_{ш} = 220 + (10 \dots 15) = 230.$$

Выбираем материал сталь 45, улучшение.

3.2 Проверочный расчет по напряжениям изгиба

Для цилиндрических колес:

$$\sigma_F = Y_F Y_\varepsilon Y_\beta \frac{W_{F1}}{m} \leq [\sigma_F], \quad (66)$$

где Y_F – коэффициент, зависящий от формы зуба, определяется в зависимости от эквивалентного числа зубьев.

$$Z_v = \frac{Z}{\cos^3 \beta}, \quad (67)$$

где β – угол наклона зубьев, для прямозубых колес $Z_v = Z$.

Для шестерни 5 $Z_5 = 16$, $Y_{F1} = 4,25$; для колеса $Z_6 = 66$, $Y_{F2} = 3,18$.

Коэффициент учитывающий перекрытие зуба, $Y_\varepsilon = 1 / K_\varepsilon \varepsilon_\alpha$ для прямозубых колес $Y_\varepsilon = 1$.

Коэффициент, учитывающий наклон зуба $Y_\beta = \cos \beta = 1$.

Модуль зубьев $m = m_{5,6} = 20 \text{ мм}$.

Расчетная окружная нагрузка

$$W_{F1} = \frac{2TK_{F\beta}K_{Fv}}{d \cdot b_w}, \quad (68)$$

$$K_{Fv} = 1,12;$$

для колеса 5 – $\psi_{bd} = b_w/d_5 = 258/320 = 0,81$, $K_{F\beta} = 1,07$;

для колеса 6 – $\psi_{bd} = b_w/d_6 = 258/1320 = 0,2$, $K_{F\beta} = 1,02$.

Тогда окружная нагрузка на колесе 5 будет равна

$$W_{Ft} = \frac{2T_{IV}}{b_w \cdot d_5} \cdot K_{F\beta} \cdot K_{F\alpha} = \frac{2 \cdot 11762,6 \cdot 10^3}{258 \cdot 320} \cdot 1,07 \cdot 1,12 = 341,4 \text{ Н / мм}$$

Окружная нагрузка на колесе 6

$$W_{Ft} = \frac{2T_{IV}}{b_w \cdot d_6} \cdot K_{F\beta} \cdot K_{F\alpha} = \frac{2 \cdot 11762,6 \cdot 10^3}{258 \cdot 1320} \cdot 1,02 \cdot 1,12 = 79 \text{ Н / мм}$$

Определяем напряжение изгиба на колесе 5

$$\sigma_F = 4,25 \cdot 1 \cdot 1 \cdot \frac{341,4}{20} = 72,5 \text{ МПа} \leq [\sigma_F] = 226,3 \text{ МПа}$$

Напряжение изгиба на колесе 6

$$\sigma_F = 3,18 \cdot 1 \cdot 1 \cdot \frac{79}{20} = 12,6 \text{ МПа} \leq [\sigma_F] = 226,3 \text{ МПа}$$

где $[\sigma_F]$ – допускаемые значения напряжений изгиба.

$$[\sigma_F] = \frac{1,8HB_k}{S_F} = \frac{1,8 \cdot 220}{1,75} = 226,3 \text{ МПа}$$

где $S_F = 1,75$ – коэффициент запаса прочности для марки стали 45.

Так как, $\sigma_F < [\sigma_F]$, следовательно передача удовлетворяет условиям выносливости по изгибу.

3.3 Проектный расчет вала

Проектный расчет вала делаем для промежуточного вала IV. Выполним эскиз промежуточного вала (смотри рисунок 15).

Ориентировочный диаметр конца промежуточного вала, диаметр вала под подшипник:

$$d_n \geq \sqrt[3]{\frac{T_{IV}}{0,2 \cdot [\tau]_k}} = \sqrt[3]{\frac{11762,6 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 25}} = 128,3 \text{ мм} \quad (69)$$

где $[\tau]_k$ – допускаемое напряжение при кручении, для промежуточного вала

принимаем $[\tau]_к = 25$ МПа.

Учитывая, что на конец промежуточного вала устанавливается подшипник принимаем диаметр вала кратный 5: $d_п = 130$ мм.

В качестве опор промежуточного вала принимаем шарикоподшипник радиальный 326 ГОСТ 8338-75. Основные размеры подшипника для промежуточного вала редуктора. Учитывая, что на конец промежуточного вала устанавливается подшипник принимаем диаметр вала кратный 5: $d_п = 130$ мм.

В качестве опор промежуточного вала принимаем шарикоподшипник радиальный 326 ГОСТ 8338-75. Основные размеры подшипника для промежуточного вала редуктора (смотри рисунок 16) сведены в таблицу 12.

На рисунке 15 показан эскиз промежуточного вала редуктора механизма хода экскаватора ЭКГ-5А.

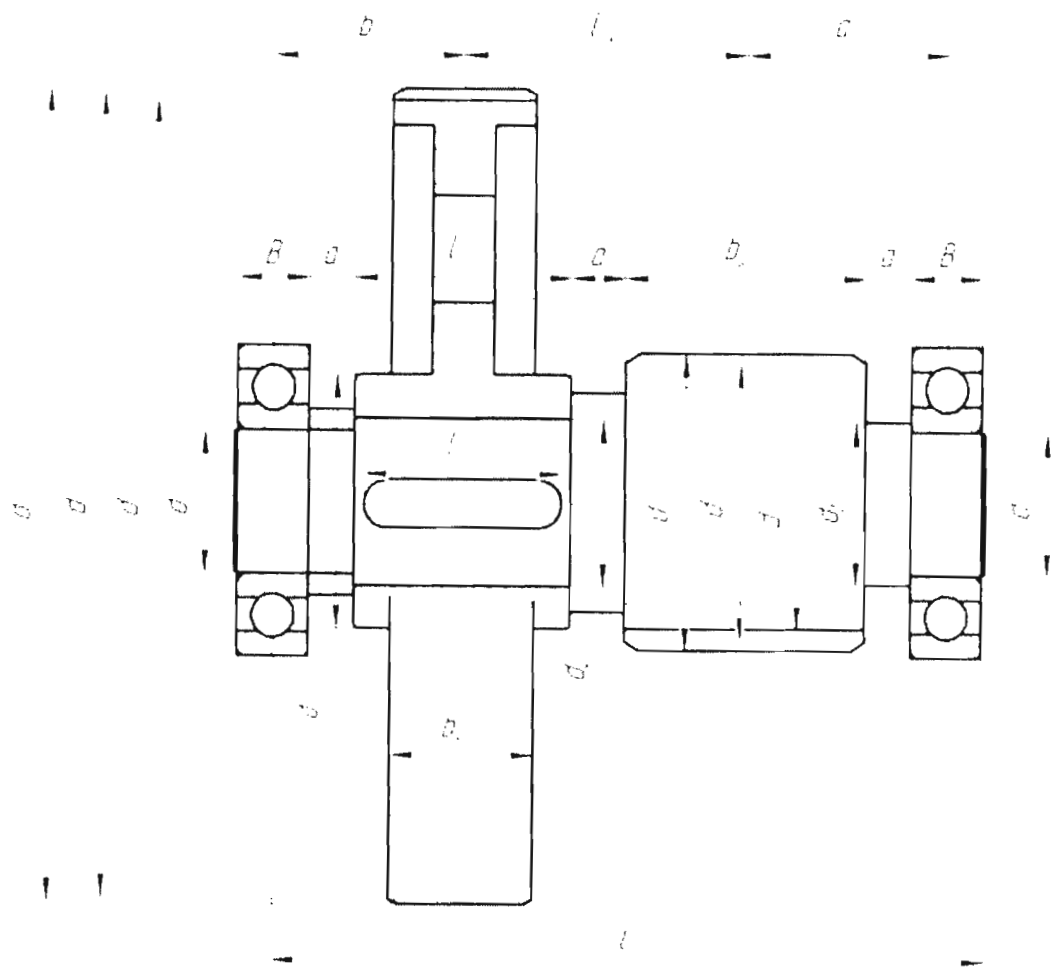


Рисунок 15 – Эскиз промежуточного вала редуктора

На рисунке 16 показан шарикоподшипник однорядный радиальный.

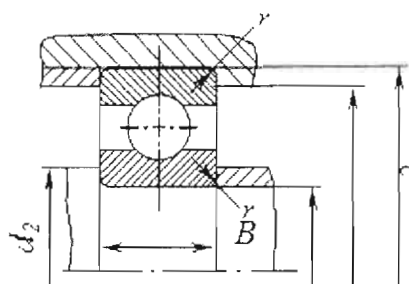


Рисунок 16 – Шарикоподшипник радиальный однорядный

В таблице 12 приведены основные размеры подшипника для промежуточного вала редуктора.

Таблица 12 – Технические данные подшипника для промежуточного вала редуктора.

Условное обозначение	d	D	B	r	d ₂ мин	D ₂ макс	Шарики	
							DT	z
326	13	28	58	5	145	265	47,99	12

Диаметр вала под колесо:

$$d_k = d_n + 5 = 130 + 5 = 135 \text{ мм.} \quad (70)$$

Диаметр вала под буртик подшипника:

$$d_{bn} = d_k + 3f = 135 + 3 \cdot 3 = 144 \text{ мм,} \quad (71)$$

где f – фаска ступицы конического колеса, принимаем $f = 3$ мм.

Конструктивно принимаем $d_{bn} = 145$ мм.

Расстояние от середины шестерни до левой опоры вала:

$$a_n = \frac{b_{w5} + B}{2} + a = \frac{820 + 58}{2} + 10 = 449 \approx 450 \text{ мм} \quad (72)$$

где b_{w5} – ширина шестерни; a – расстояние между шестерней и подшипником, конструктивно принимаем, $a = 10$ мм.

Расстояние между опорами подшипников:

$$l = B + 3a + l_{ct} + b_{w5} = 58 + 3 \cdot 10 + 170 + 820 = 1078 \text{ мм,} \quad (73)$$

где l_{ct} – длина ступицы, $l_{ct} = 170$ мм.

Расстояние между колесом и правой опорой вала:

$$b_n = l - l_{шк} - a_n = 1078 - 475 - 450 = 153 \text{ мм} \quad (74)$$

Расчет шпоночного соединения.

Для вала диаметром $d_k = 135$ мм принимаем шпонку, которая соединяет промежуточный вал с колесом: $b \times h = 32 \times 18$ мм.

Рабочая длина шпонки:

$$l_p = \frac{4 \cdot T_{IV}}{d_k h [\sigma_{см}]} = \frac{4 \cdot 11762,6 \cdot 10^3}{135 \cdot 18 \cdot 100} = 116 \text{ мм} \quad (75)$$

где $[\sigma_{см}]$ – допускаемое напряжение смятия, для стальных колес $[\sigma_{см}] = 100$ МПа.

Расчетная длина шпонки:

$$l = l_p + b = 116 + 32 = 148 \text{ мм.} \quad (76)$$

Принимаем стандартную длину шпонки $l = 160$ мм.

Тогда длина ступицы колеса равна:

$$l_{ст} = l + 10 \dots 15 = 160 + 10 \dots 15 = (170 \dots 175) \text{ мм.} \quad (77)$$

Конструктивно принимаем $l_{ст} = 170$ мм.

3.4 Проверочный расчет подшипников промежуточного вала

Покажем на схеме направление сил действующих на колесо и шестерню зубчатой цилиндрической передачи, и направление реакций в опорах промежуточного вала от действия этих сил (смотри рисунок 17).

Определим силы действующие в зацеплении колес 3 – 4 и 5 – 6.

Силы действующие в зацеплении цилиндрической передачи:

окружная сила:

$$F_{t5} = F_{t6} = \frac{2 \cdot T_{IV}}{d_5} = \frac{2 \cdot 11762,6 \cdot 10^3}{320} = 73497 \text{ Н} \quad (78)$$

радиальная сила:

$$F_{r5} = F_{r6} = \frac{F_{t5} \cdot \operatorname{tg} \alpha}{\cos \beta} = \frac{73497 \cdot \operatorname{tg} 20}{1} = 26750 \text{ Н} \quad (79)$$

окружная сила:

$$F_{t3} = F_{t4} = \frac{2 \cdot T_{III}}{d_4} = \frac{2 \cdot 2239,3 \cdot 10^3}{590} = 7590H \quad (80)$$

радиальная сила:

$$F_{r3} = F_{r4} = \frac{F_{t4} \cdot \operatorname{tg} \alpha}{\cos \beta} = \frac{7590 \cdot \operatorname{tg} 20}{1} = 2763H \quad (81)$$

Для определения вертикальной реакции в подшипнике составим уравнение равновесия:

$$\sum M_A = F_{t4} b_n - F_{t5} (l - a_n) - R_{Bz} l \quad (82)$$

Откуда находим:

$$R_{Bz} = \frac{F_{t4} b_n - F_{t5} (l - a_n)}{l} = \frac{7590 \cdot 153 - 73497 \cdot 628}{1078} = -41739H \quad (83)$$

Для определения вертикальной реакции в подшипнике составим уравнение равновесия:

$$\sum M_B = -F_{t4} (l - b_n) + F_{t5} a_n + R_{Az} l \quad (84)$$

Откуда находим:

$$R_{Az} = \frac{F_{t4} (l - b_n) - F_{t5} a_n}{l} = \frac{7590 \cdot 925 - 73497 \cdot 450}{1078} = -24168H \quad (85)$$

Проверка:

$$\sum F_{tz} = 0, \quad F_{t4} - F_{t5} - R_{Az} - R_{Bz} = 7590 - 73497 + 24168 + 41739 = 0 \quad (86)$$

Проверка выполняется.

Для определения горизонтальной реакции в подшипнике составим уравнение равновесия:

$$\sum M_A = -F_{r4} b_n - F_{r5} (l - a_n) + R_{By} l \quad (87)$$

Откуда находим:

$$R_{By} = \frac{F_{r4} b_n + F_{r5} (l - a_n)}{l} = \frac{2763 \cdot 153 + 26750 \cdot 628}{1078} = 15976H \quad (88)$$

Для определения горизонтальной реакции в подшипнике составим уравнение равновесия:

$$\sum M_B = F_{r4} (l - b_n) + F_{r5} a_n - R_{Ay} l \quad (89)$$

Откуда находим:

$$R_{Ay} = \frac{F_{r4} (l - b_n) + F_{r5} a_n}{l} = \frac{2763 \cdot 925 + 26750 \cdot 450}{1078} = 13537H \quad (90)$$

Проверка:

$$\sum F_{iy} = 0, \quad -F_{r4} - F_{r5} + R_{Ay} + R_{By} = -2763 - 26750 + 13537 + 15976 = 0 \quad (91)$$

Проверка выполняется.

Суммарные реакции опор:

$$P_{r1} = R_A = \sqrt{R_{Az}^2 + R_{Ay}^2} = \sqrt{24168^2 + 13537^2} = 27700 \text{ Н} \quad (92)$$

$$P_{r2} = R_B = \sqrt{R_{Bz}^2 + R_{By}^2} = \sqrt{41739^2 + 15976^2} = 44692 \text{ Н} \quad (93)$$

Грузоподъемность подшипника 326: $C = 229000 \text{ Н}$, $C_0 = 193000 \text{ Н}$.

Коэффициент радиальной нагрузки $X = 0,58$. Коэффициент вращения кольца, при вращении внутреннего кольца $V = 1$.

Коэффициент безопасности, при нагрузке без рывков $K_\sigma = 1,3$.

Температурный коэффициент, $K_t = 1$. Требуемая долговечность подшипника, для зубчатых колес: $L_h = 10000 \text{ ч}$.

$F_a = 0$ – осевая нагрузка отсутствует.

Эквивалентная нагрузка для более нагруженной правой опоры:

$$P_2 = (XVP_{r2} + YF_a)K_\sigma K_t = 0,58 \cdot 1 \cdot 44692 \cdot 1,3 \cdot 1 = 33698 \text{ Н} \quad (94)$$

Номинальная долговечность подшипника в миллионах оборотов:

$$L = \left(\frac{C}{P_2}\right)^3 = \left(\frac{229000}{33698}\right)^3 = 313,8 \text{ млн. об.} \quad (95)$$

На рисунке 17 показаны реакции опор промежуточного вала IV редуктора механизма хода.

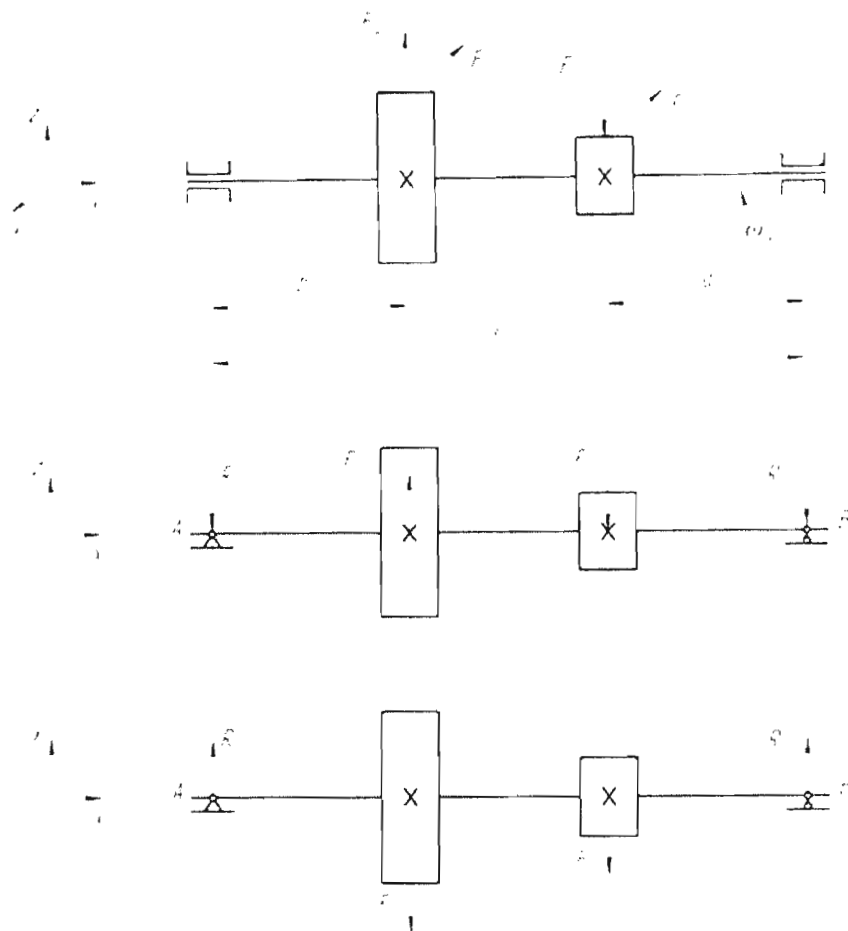


Рисунок 17 – Реакции опор промежуточного вала IV

Номинальная долговечность подшипника:

$$L_h = \frac{10^6 \cdot L}{60 \cdot n_{IV}} = \frac{10^6 \cdot 313,8}{60 \cdot 42,1} = 1,2 \cdot 10^5 \text{ ч} \geq 10000 \text{ ч} \quad (96)$$

Что приемлемо для заданной долговечности подшипников.

4 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Конструкцией экскаватора должна быть предусмотрена возможность обеспечения безопасной и эффективной его эксплуатации во всех регламентированных условиях и режимах, в том числе:

- полноповоротность поворотной платформы относительно ходового оборудования;

- системы приводов основных механизмов должны обеспечивать ограничение динамических нагрузок на элементы конструкции при работе экскаватора и стопорении ковша;

- тормоза основных механизмов допускается оснащать пневматическим или электрическим приводом; они должны обеспечивать удержание ковша и поворотной платформы при выключении соответствующих приводов или обесточивании машины;

- параметры ходового оборудования экскаваторов с двумя гусеницами должны обеспечивать разворот машины противовключением гусениц;

- электропитание экскаваторов должно осуществляться напряжением 6 или 10 кВ при частоте 50 Гц;

- экскаваторы должны быть оснащены информационно-диагностической системой, отражающей фактическое состояние всех основных механизмов и систем экскаватора, объемные показатели работы экскаватора, электропотребление, распределение календарного фонда времени (работа, ППР, устранение отказов, регламентированные простои, отсутствие транспорта, простои по внешним причинам и климатическим условиям) и др.;

- экскаватор должен быть оснащен осветительной аппаратурой, обеспечивающей освещение забоя экскаватора и место разгрузки ковша в транспортные средства;

- экскаватор должен быть оснащен грузоподъемными средствами, обеспечивающими обслуживание и ремонт оборудования, расположенного внут–

ри и снаружи кузова.

Гидроприводы, гидросистемы и гидроустройства должны быть спроектированы таким образом, чтобы повышение давления и возможные гидравлические удары. Все гидроустройства с целью проверки прочности сборки и монтажа следует проверять пробным давлением (опрессовкой), равным 1,25 Р (1,25 Р номинального), но не более максимального давления не создавали опасности.

Все гидроустройства, гидросистема и гидропривод должны выдерживать механические воздействия в виде вибраций, линейных ускорений и ударов, возникающих при работе машины (агрегата), где устанавливается гидроустройство, гидросистема или гидропривод.

Если при снижении давления создается опасность, то должны быть предусмотрены блокировки для предотвращения опасного поведения машины (агрегата). При этом не должны отключаться такие гидроустройства, как зажимные, тормозные и т.п.

Конструкцией гидроустройств и гидролиний должно быть предусмотрено обеспечение доступности к органам управления, местам регулирования и настройки, наружного осмотра и обслуживания, а также возможности удобной замены быстроизнашивающихся деталей и проведения технического обслуживания в минимальное время.

Конструкцией гидроустройства должно быть предусмотрено исключение самопроизвольного или преднамеренного изменения положения деталей крепления и соединений, элементов регулирования и настройки при транспортировании и эксплуатации.

Конструкцией регулирующих гидроустройств должно быть предусмотрено обеспечение надежной фиксации и возможность пломбирования или запираения регулирующих элементов встроенным замком для предотвращения постороннего вмешательства или случайного включения.

Все каналы гидройстройства должны иметь соответствующую маркировку

и быть защищены (закрыты заглушками или крышками) от попадания возможных загрязнений и повреждения стыковочных поверхностей за время от сборки до установки на машину (агрегат).

Маркировка должна совпадать с данными технической документации (гидравлическая и монтажная схемы, сборочные чертежи).

Наружные поверхности гидроустройств:

- должны быть предохранены защитными покрытиями от коррозии;
- не должны иметь рисок, забоин, заусенцев, наплывов и т.п.

При работе экскаватора в карьере должны выполняться следующие условия безопасной эксплуатации:

1) При передвижении экскаватора по горизонтальному пути или на подъем ведущая ось его должна находиться сзади, а при спусках с уклона - впереди. Ковш должен быть опорожнен и находиться не выше 1 м от почвы, а стрела установлена по ходу экскаватора.

2) При движении экскаватора на подъем или при спусках необходимо предусматривать меры, исключающие самопроизвольное скольжение.

3) Перегон экскаватора должен производиться по сигналам помощника машиниста или специально назначенного лица, при этом должна быть обеспечена постоянная видимость между ними.

4) Экскаваторы следует располагать на уступе карьера или отвала на твердом выровненном основании с уклоном, не превышающим допустимого техническим паспортом экскаватора. Во всех случаях расстояние между бортом уступа, отвала или транспортными сосудами и контргрузом экскаватора должно быть не менее 1 м.

5) При погрузке экскаваторами в железнодорожные вагоны и разгрузке их на экскаваторных отвалах поездная бригада обязана подчиняться сигналам машиниста экскаватора.

6) При погрузке в средства автомобильного и железнодорожного транспорта машинист экскаватора должен подавать сигналы, значение которых

устанавливается администрацией карьера.

7) Таблицу сигналов следует вывешивать на кузове экскаватора на видном месте, с ней должны быть ознакомлены машинисты локомотивов и водители транспортных средств.

8) Запрещается во время работы экскаватора пребывание людей (включая и обслуживающий персонал) в зоне действия ковша.

9) Применяющиеся на экскаваторах канаты должны соответствовать паспорту. Стреловые канаты подлежат осмотру не реже одного раза в неделю участковым механиком, при этом число порванных проволок на длине шага свивки не должно превышать 15% от их общего числа в канате. Торчащие концы оборванных проволок должны быть отрезаны. Результаты осмотра канатов, а также записи о замене их с указанием даты установки и типа вновь установленного каната заносятся в специальный журнал, который должен храниться на экскаваторе. Подъемные и тяговые канаты подлежат осмотру в сроки, установленные главным механиком предприятия (организации).

10) В случае угрозы обрушения или о ползания уступа во время работы экскаватора или при обнаружении отказавших зарядов ВМ работа экскаватора должна быть прекращена, и экскаватор отведен в безопасное место. Для вывода экскаватора из забоя необходимо всегда иметь свободный проход.

11) При работе экскаваторов на грунтах, не выдерживающих давления гусениц, должны осуществляться специальные меры, обеспечивающие устойчивое положение экскаватора.

Рабочее место машиниста экскаватора должно соответствовать следующим требованиям:

1) Взаимное расположение элементов рабочего места должно обеспечивать возможность осуществления всех необходимых движений и перемещений для эксплуатации и технического обслуживания оборудования. При этом должны учитываться ограничения, налагаемые спецодеждой и снаряжением человека-оператора.

2) Взаимное расположение элементов рабочего места должно обеспечивать необходимые зрительные и звуковые связи между оператором и оборудованием, а также между операторами.

3) При расположении элементов рабочего места должны быть предусмотрены необходимые средства защиты человека-оператора от воздействия опасных и вредных факторов, предусмотренных ГОСТ 12.0.003-74, а также условия для экстренного ухода человека-оператора с рабочего места.

4) Взаимное расположение элементов рабочего места должно способствовать оптимальному режиму труда и отдыха, снижению утомления оператора, предупреждению появления ошибочных действий.

5) Взаимное расположение пульта управления, кресла, органов управления и средств отображения информации должно производиться в соответствии с антропометрическими показателями, структурой деятельности, психофизиологическими и биомеханическими характеристиками человека-оператора.

При размещении органов управления необходимо выполнять следующие эргономические требования:

- органы управления должны располагаться в зоне досягаемости моторного поля;
- наиболее важные и часто используемые органы управления должны быть расположены в зоне легкой досягаемости моторного поля;
- органы управления, связанные с определенной последовательностью действий оператора, должны группироваться таким образом, чтобы действия оператора осуществлялись слева направо и сверху вниз;
- расположение функционально идентичных органов управления должно быть единообразным на всех панелях рабочего места;
- расположение органов управления должно обеспечивать равномерность нагрузки обеих рук и ног человека-оператора.

Органы управления и функционально связанные с ними индикаторы необ–

ходимо располагать вблизи друг друга функциональными группами таким образом, чтобы орган управления или рука оператора при манипуляциях с ним не закрывала индикатора. При этом органы управления должны располагаться в соответствии с последовательностью действий, выполняемых оператором.

Органы управления, применяемые только для технического обслуживания и регулировки, должны размещаться отдельно от остальных органов управления или быть изолированными от человека-оператора на период выполнения им основной работы.

Требования к размещению средств отображения информации:

1) Средства отображения информации необходимо группировать и располагать группы относительно друг друга в соответствии с последовательностью их использования или с функциональными связями элементов систем, которые они представляют. При этом средства отображения информации необходимо размещать в пределах групп так, чтобы последовательность их использования осуществлялась слева направо или сверху вниз.

2) Лицевые поверхности индикаторов следует располагать в оптимальной зоне информационного поля в плоскости, перпендикулярной нормальной линии зрения оператора, находящегося в рабочей позе. Допускаемое отклонение от этой плоскости – не более 45° ; допускаемый угол отклонения линии зрения от нормальной – не более 25° для стрелочных индикаторов и 30° для индикаторов с плоским изображением.

Согласно инструкции по охране труда для машиниста экскаватора:

1. Перед началом работы машинист обязан:

1.1 Надеть спецодежду, спецобувь и средства индивидуальной защиты.

1.2 Проверить:

- исправность всех агрегатов и узлов экскаватора;
- исправность тормозных устройств, системы управления;
- состояние канатов, их запасовку и крепление концов;

- наличие и исправность защитных ограждений, вращающихся и блокировочных устройств;
- исправность звукового сигнала и приборов освещения;
- исправность контрольно-измерительных приборов;
- наличие инструмента, диэлектрических перчаток, бот, очков и других защитных средств, а также огнетушителей и аптечки первой медицинской помощи.

1.3 В случае обнаружения неисправности обязан принять меры к ее устранению или, если неисправность не может быть устранена собственными силами, сообщить об этом своему непосредственному начальнику или руководителю работ.

1.4 Машинисту запрещается работа на неисправном экскаваторе.

2. Во время работы:

2.1 Земляные работы по отрывке траншей и котлованов, отсыпке отвалов машинист должен вести в соответствии с утвержденным ордером на эти работы и по наряду-допуску на проведение работ.

2.2 Экскаватор должен быть расположен на рабочей площадке за пределами призмы обрушения, на твердом выровненном основании, с уклоном, не превышающим допустимого техническим паспортом экскаватора.

2.3 При работе экскаваторов на грунтах, не выдерживающих давления колёс (гусениц), машинист должен требовать осуществления специальных мер, обеспечивающих устойчивое положение экскаватора.

2.4 Машинисту запрещается работать при наличии нависающих «козырьков», глыб, крупных валунов, а также нависей из снега и льда.

2.5 Машинисту запрещается находиться:

- в опасной зоне работающих механизмов (экскаваторов, бульдозеров и других механизмов);
- в пределах призмы обрушения на уступах;
- в непосредственной близости от нижней бровки уступа.

2.6 Перед началом работы машинист обязан убедиться в отсутствии людей в опасной зоне работающего экскаватора. Запрещается во время работы экскаватора пребывание людей (включая и обслуживающий персонал) в зоне действия ковша.

2.7 Погрузка в кузов автосамосвала (трактора) должна производиться только сбоку или сзади. Запрещается перенос экскаваторного ковша над кабиной автосамосвала или трактора.

2.8 Машинист не должен допускать перегрузки транспортных средств.

2.9 По окончании погрузки машинист должен подать разрешающий сигнал на отъезд транспортных машин.

2.10 Перегон экскаватора должен производиться по сигналам ответственного руководителя работ или выделенного им сигнальщика, при этом должна быть обеспечена постоянная видимость между ними и машинистом экскаватора.

2.11 При передвижении экскаватора по горизонтальному пути или на подъем ведущая ось его должна находиться сзади, а при спусках с уклона – впереди. Ковш должен быть опорожнен и находиться не выше 1 м от почвы, а стрела установлена по ходу экскаватора. При движении экскаватора на подъем или при спусках необходимо предусматривать меры, исключающие самопроизвольное скольжение.

2.12 Во время работы машинисту запрещается:

- производить поворот платформы, если ковш не извлечен из грунта;
- изменять вылет стрелы при поднятом наполненном ковше;
- планировать площадку боковым движением ковша;
- подтягивать при помощи стрелы груз;
- очищать, смазывать, регулировать, ремонтировать экскаватор при поднятом ковше;
- производить какие-либо работы при нахождении людей между траншеей (отвалом, самосвалом и т.д.) и экскаватором;

- покидать рабочее место при поднятом ковше;
- оставлять экскаватор с работающим двигателем;
- допускать посторонних лиц в кабину экскаватора.

2.13 При необходимости выхода из кабины машинист обязан опустить ковш на землю и поставить пусковые устройства и рычаги управления в нейтральное положение или положение «Стоп».

2.14 При необходимости производства работ под линиями электропередачи, находящимися под напряжением или вблизи них, машинист должен обеспечить расстояние по воздуху от любой части экскаватора, в том числе и при наибольшем допускаемом конструкцией подъеме или боковом вылете стрелы и рукоятки до ближайшего провода, находящегося под напряжением, не менее: при напряжении до 1 кВ – 1,5 м; от 1 до 20 кВ – 2 м, от 35 до 110 кВ – 4 м.

На указанную работу машинист должен получить письменный наряд-допуск.

2.15 Машинисту запрещается:

- производить какие-либо работы на экскаваторе в темное время суток без достаточного и безопасного освещения места работы;
- выполнение работ на стреле экскаватора во время грозы.

2.16 Машинист должен содержать в чистоте кабину, площадку, рычаги управления. Контрольные приборы должны быть исправными, инвентарь и инструменты должны храниться в специально отведенном для этого месте. Запрещается загромождать проходы в кабине экскаватора.

2.17 При выполнении технического обслуживания или ремонте экскаватора не разрешается приступать к работе до остановки двигателя, снятия давления в гидросистеме, опускания ковша на землю.

2.18 При проведении ремонтных работ машинисту необходимо следить за исправностью инструмента. Деревянные рукоятки ручных слесарных инструментов должны быть изготовлены из прочной выдержанной древесины твердых и вязких пород и иметь овальную форму с тщательно остроганной

поверхностью. Рукоятки для кувалд, молотков и других ударных инструментов необходимо пропилить и расклинить металлическими клиньями. Рабочие поверхности гаечных ключей не должны иметь скосов, а рукоятки – заусенцев. Запрещается отвертывать и заворачивать гайки путем удлинения гаечного ключа за счет присоединения другого ключа или трубы.

2.19 При осмотрах и ремонте в темное время суток машинисту следует пользоваться ручной переносной электролампой с линейным напряжением не выше 42 В переменного тока с хорошо изолированным проводом и ручкой.

2.20 При демонтаже и монтаже агрегатов экскаватора краном запрещается находиться под грузом или стрелой.

2.21 Запрещается находиться под поднятым ковшом экскаватора, удерживаемым только штоками гидравлических цилиндров или канатами.

3. По окончании работы:

3.1 После окончания работы машинист обязан:

- отъехать от забоя на безопасное расстояние;
- опустить ковш на землю и активировать тормозные механизмы;
- выключить двигатель и поставить рычаги управления в нейтральное положение;
- заглушить экскаватор и слить конденсат из ресивера;
- сделать запись в аппаратном журнале обо всех неисправностях и дефектах, замеченных во время работы и о мерах, принятых к их устранению; и сообщить об этом непосредственному начальнику;
- закрыть кабину на замок;
- снять спецодежду, спецобувь и убрать в шкаф гардеробной;
- вымыть руки, лицо и загрязненные части тела водой с мылом или принять душ.

3.2 Для очистки кожи от производственных загрязнений по окончании рабочего дня необходимо применять защитно-отмывочные пасты и мази, сочетающие свойства защитных и моющих средств.

5 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Определим экономический эффект от внедрения мероприятий по принятому техническому решению. Для этого рассчитаем эксплуатационную производительность экскаватора, определим нормативный показатель затрат на проведение капитального ремонта и себестоимость реализации технического решения. На основании полученных данных, с учетом вероятности возникновения события рассчитаем необходимые затраты на ремонт экскаватора при отказе упругой муфты и определим экономический эффект от принятия данного решения.

5.1 Определение эксплуатационной производительности

Параметры ЭКГ-5А:

Вместимость ковша	$E_k=5,2 \text{ м}^3$;
Радиус черпания на уровне стояния	$R_{ч.у.}=9,04 \text{ м}$;
Максимальный радиус черпания	$R_{ч.max}=14,5 \text{ м}$;
Максимальная высота черпания	$H_{ч.max.}=10,3 \text{ м}$;
Максимальный радиус разгрузки	$R_{р.max.}=12,65 \text{ м}$;
Продолжительность рабочего цикла	$t_{ц}=23 \text{ с}$.

1. Производительность одноковшового экскаватора ЭКГ-5А.

1.1 Теоретическая производительность ($\text{м}^3/\text{ч}$)

$$Q_{т} = E_k \cdot \nu, \quad (97)$$

ν – число рабочих циклов в час (1/ч).

$$\nu = \frac{3600}{t_{\nu}} = \frac{3600}{23} = 156,5 \text{ ч}^{-1} \quad (98)$$

$$Q_{т} = 8 \cdot 156,5 = 1252 \text{ м}^3/\text{ч}. \quad (99)$$

1.2 Техническая производительность (м³/ч)

$$Q_t = Q_{\text{т}} \cdot k_s = Q_{\text{т}} \cdot \left(\frac{k_s}{k_p} \right), \quad (100)$$

где k_s – коэффициент экскавации; k_n – коэффициент наполнения ковша механической лопатой ($k_n=1$) для глины (по Н.Г. Домбровскому); k_p – коэффициент разрыхления породы в ковше ($k_p=1,4$) (по Н.В. Мельникову).

$$Q_t = 1252 \cdot \left(\frac{1}{1,4} \right) = 894,3 \approx 894 \text{ м}^3 / \text{ч}. \quad (101)$$

1.3 Эксплуатационная производительность в смену (м³/смену)

$$Q_{\text{см}} = Q_t \cdot T \cdot k_u, \quad (102)$$

где T – длительность смены ($T = 8$ часов); k_u – коэффициент использования экскаватора в течение смены ($k_u = 0,7$).

$$Q_{\text{см}} = 894 \cdot 8 \cdot 0,7 = 5006,4 \approx 5006 \text{ м}^3 / \text{смену} \quad (103)$$

1.4 Эксплуатационная производительность в сутки (м³/сутки)

$$Q_{\text{сут}} = Q_{\text{см}} \cdot n; \quad (104)$$

где n – число рабочих смен в сутки ($n=3$).

$$Q_{\text{сут}} = 5006 \cdot 3 = 15018 \text{ м}^3 / \text{сут}. \quad (105)$$

1.5 Эксплуатационная производительность в год (м³/год)

$$Q_z = Q_{\text{сут}} \cdot N, \quad (106)$$

где N – число рабочих дней экскаватора в году с учетом плановых простоев на ремонт ($N=280$ дней).

$$Q_z = 15018 \cdot 280 = 4205040 \approx 4,21 \text{ млн. м}^3 / \text{год}. \quad (107)$$

Простои экскаватора в течение смены делятся на: неизбежные и устранимые. К первым относят простои, обусловленные технологическим процессом или конструктивными особенностями экскаватора: прием и сдача смены, смазка и профилактический ремонт экскаватора, очистка ковша, передвижка экскаватора, замена груженных транспортных сосудов порожними, простои, связанные с производством взрывных работ и т. п. Ко вторым относятся простои, вызванные организационными причинами: внеплановые ремонты, ава-

рии, ожидание транспорта в течение более значительного времени, чем это предусмотрено нормами, и т. п.

Коэффициент использования экскаватора во времени будет максимальным при работе с разгрузкой в отвал или на конвейер, минимальным – при разгрузке в железнодорожный транспорт в тупиковом забое.

Высокие технико-экономические показатели работы экскаваторов достигаются при организации ремонтно-подготовительной смены. В этом случае экскавацию горных пород производят в первые две смены, а в третью нерабочую для транспорта смену выполняют различные ремонтно-подготовительные работы: профилактический ремонт, переукладку железнодорожных путей, взрывные работы и т. п.

При расчете месячной производительности экскаватора учитывают время, необходимое для текущего и среднего ремонта экскаватора. В зависимости от состояния ремонтной базы оно составляет от 2 – 3 смен до 2 – 5 суток.

При расчете производительности учитывают время, необходимое для годового ремонта экскаватора, составляющие от 20 до 70 суток, а также простои из-за праздничных и выходных дней, переводов экскаваторов из одного забоя в другой, климатических условий. В среднем экскаваторы находятся в работе 240 – 280 дней в году.

Определяющими элементами передовых методов работы машинистов экскаваторов являются:

- тщательный уход за экскаватором и содержание его в исправном состоянии;
- рациональное расположение экскаваторов в забое, обеспечивающее быстрое наполнение ковша, минимальный угол поворота при разгрузке и наименьшее число передвижек экскаватора;
- применение эффективных приемов черпания и совмещение во времени отдельных операций рабочего цикла.

5.2 Определение затрат на выполнение всех видов ремонтов, диагностирование и техническое обслуживание экскаватора

Нормативный показатель затрат на выполнение всех видов ремонта, диагностирование и техническое обслуживание машин определяется по формуле:

$$Z_p = \frac{B_c \times H_p}{T \times 100}, \quad (108)$$

где B_c – восстановительная стоимость машины, руб., определяемая по формуле:

$$B_c = C + 3d, \quad (109)$$

где C – средневзвешенная цена – завод-изготовитель (продавец) по маркам (моделям) машин данной типоразмерной группы (или цена марки (модели) машины при определении нормативного показателя амортизационных отчислений на полное восстановление для машины конкретной марки), определяемая на основе рыночных цен на машины данной типоразмерной группы (без учета НДС), руб. (в ред. письма Госстроя РФ от 16.01.2001 N НЗ-189/10); $3d$ – затраты на первоначальную доставку машины от продавца к потребителю с учетом транспортных расходов, затрат на погрузо-разгрузочные работы, затрат на тару, упаковку, заготовительно-складских расходов на дату введения в действие сметной расценки, руб.

Показатель ($3d$) определяется на основе анализа транспортных схем доставки всех марок (моделей) машин данной типоразмерной группы к потребителю.

H_p – годовая норма затрат на ремонт и техническое обслуживание в процентах от балансовой стоимости машин соответствующей типоразмерной группы определяется по формуле:

$$H_p = \frac{\text{SUM}(Z_p \times \text{ТО})}{\text{SUM}(B_c)} \times 100, \quad (110)$$

где $\text{SUM}(Z_p + \text{ТО})$ – сумма среднегодовых затрат на ремонт (Z_p) и техническое обслуживание (ТО) машин данной типоразмерной группы, типа или вида машин, руб./год, которые включают:

– затраты на приобретение запасных частей и заменяемых агрегатов с учё-

том затрат на их доставку к потребителю, включая погрузо-разгрузочные работы, стоимость тары, упаковки и т.д. Эти затраты рекомендуется определять по нормам расхода запасных частей продукции Минстройдормаша, утвержденным в 1987 – 1988 гг. При их отсутствии соответствующие затраты устанавливаются по фактическим данным;

– стоимость ремонтных материалов с учетом затрат на их доставку к потребителю;

– заработную плату ремонтных рабочих;

– амортизацию и затраты по эксплуатации ремонтных баз, амортизацию и эксплуатацию ремонтного оборудования, в т.ч. передвижных ремонтных мастерских;

– накладные расходы базы механизации, у которой на балансе числится техника.

SUM (Bc) – сумма показателей восстановительной стоимости машин данной модели (марки), типоразмерной группы, типа или вида в среднем за год, затраты на ремонт и техническое обслуживание. Показатели восстановительной стоимости машин принимаются по бухгалтерской отчетности;

T – годовой режим работы машин, маш.-ч/год.

Исходя из фактических данных, затраты на ремонт и ТО составят 4,8 млн. руб./год, тогда годовая норма затрат на ремонт и техническое обслуживание составит:

$$N_p = \frac{4800000}{24000000} \times 100 = 20\% \quad (111)$$

Нормативный показатель затрат на выполнение всех видов ремонта, диагностирование и техническое обслуживание машин составит:

$$Z_p = \frac{24000000 \times 20}{280 \times 24 \times 100} = 714,28 \text{ руб./маш.-час} \quad (112)$$

5.3 Расчет экономии средств в связи с изменением в тормозном механизме

Как уже было выше изложено, поломка упругой муфты при нахождении

экскаватора на максимальном уклоне может привести к неконтролируемому движению экскаватора, которое в свою очередь приведет к полному уничтожению или к выходу из строя основных рабочих органов. Капитальный ремонт обойдется эксплуатирующей организации в солидную сумму. Несмотря на то, что возможность возникновения такой ситуации очень мала, всё же лучше провести предупредительные мероприятия в данном направлении. Реализацию данного мероприятия можно провести во время планового капитального ремонта экскаватора.

Рассчитаем себестоимость проведения капитального ремонта с целью переоборудования тормоза хода экскаватора.

Основные затраты:

1. Заработная плата ремонтной бригады (5 человек).
2. Изготовление комплектующих (вал и площадка под тормоз).
3. Материалы.
4. Накладные расходы.

Расчет затрат:

1. Трудоемкость реализации мероприятий – 400 чел-часов.

Стоимость чел-часа – 258,75 руб.

ФОТ с учетом налогов и начислений – 103 500 руб.

2. Трудоемкость изготовления комплектующих – 24 чел.- часа.

Стоимость изготовления комплектующих (с учетом стоимости чел.-часа токарей = 452,30 руб.) составит 10 855,20 руб.

3. Стоимость материала:

Сталь 45 – 120 кг., при рыночной стоимости 1 тонны 35000 руб. – 4200 руб.

Сталь 3 – 117,5 кг., при рыночной стоимости 1 тонны 30000 руб. – 3532,5 руб.

Итого стоимость материалов равна: $M = 7732,5$ руб.

4. Накладные расходы

Примем 80% от ФОТ:

$$H=(103500+10855,20)\times 0,8=91484,16 \text{ руб.} \quad (113)$$

Итого себестоимость внедрения принятых технических решений составит

$$И=103500+10855,20+7732,50+91484,16=213\,571,86 \text{ руб.} \quad (114)$$

Произведем расчет затрат, в случае возникновения ситуации с отказом упругой муфты:

$$R_i = p_1 \times n \times Q_1 + (1 - K_p \times T \times N + B \times S), \quad (115)$$

где p_1 – вероятность возникновения события ($p_1=0,05$); n – число событий ($n=1$); Q_1 – стоимость оборудования для ликвидации последствий аварии ($Q_1=3p \times T$); K_p – коэффициент резерва, учитывающий сокращения времени простоев ($K_p=0,23$); T – время простоя ($T=240$ ч.); N – материальные затраты ($N=Q_1 \times 0,5$); B – часовая выработка экскаватора т/час ($B=894 \text{ м}^3/\text{ч} \times 1,82 \text{ т}/\text{м}^3 = 1627,08$ т/час); S – объём недополученной выработки руб./т. ($S=150$ руб./т.)

$$R_i = 0,05 \times 1 \times 714,28 \times 240 + (1 - 0,23 \times 240 \times 714,28 \times 240 \times 0,5 + 1627,08 \times 150) = 4984023,08$$

руб. или 4,984 млн. руб.

Экономический эффект:

$$\mathcal{E} = 4,984 - 0,213 = 4,771 \text{ млн.руб.} \quad (116)$$

Исходя из расчетов, можно понять, что вложение 213 тыс. руб. на проведение мероприятий по изменению расположения тормозного механизма хода экскаватора ЭКГ-5А, позволит в дальнейшем сэкономить 4,984 млн. руб. затраченных на устранение последствий аварий, а при более серьезной аварии, которая может привести к выходу техники на неопределенный срок затраты на порядок выше.

Исходя из расчетных данных, внедрение принятых технических решений является целесообразным и с возможностью внедрения позволит сэкономить на проведении дорогостоящего ремонта техники.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В соответствии с актуальностью обозначенной проблемы для достижения цели данной выпускной квалификационной работы, разработка конструкции в механизме торможения хода экскаватора ЭКГ-5А были решены следующие задачи:

- проведен анализ конструкции ходового механизма экскаватора ЭКГ-5А;
- рассмотрен тормозной механизм хода экскаватора ЭКГ-5А;
- выявлены недостатки в существующей конструкции;
- произведена разработка технического решения по переносу механизма тормоза ходовой части для недопущения случаев неуправляемости при повреждении упругой муфты хода, с учетом требования ремонтпригодности.

На основании вышеизложенного сделаны следующие выводы:

1) Особенности экскаватора ЭКГ-5А:

- зубчатые передачи и ковш сделаны из высоколегированных износостойких материалов, гарантирующих безаварийную работу даже при значительных нагрузках;
- наличие узла полуавтоматического управления копанием в системе управления. Автоматизация процесса облегчает труд оператора и снижает расход топлива;
- ключевые металлоконструкции (нижняя и поворотная рама, стрела и рукоять) сделаны из легированного проката. Это обеспечивает надежность техники даже при работе в тяжелых горно-геологических и климатических условиях;
- электропривод модели создан по системе «генератор-двигатель», с возбуждением от тиристорных преобразователей, имеющих электронное управление, или с управлением посредством магнитных усилителей.

2) Общее передаточное отношение многоступенчатой зубчатой передачи механизма хода $i = 442,04$. КПД механизма хода 45 %.

3) Для приведения в движение экскаватора используется электродвигатель постоянного тока ДПЭ 54-1 мощностью 54 кВт.

4) в процессе изменения кинематической схемы не происходит существенного изменения основных агрегатов, тормоз хода остаётся стандартный для экскаватора ЭКГ-5А, упругая муфта на основной передаче также не изменяется. Реализация данного технического решения является с точки зрения технологичности выгодной с малой материалоемкостью, себестоимостью и срокам реализации.

5) Экономический эффект от внедрения мероприятия составит 4,771 млн. руб. Вложение 213 тыс. руб. на проведение мероприятий по изменению расположения тормозного механизма хода экскаватора ЭКГ-5А, позволит в дальнейшем сэкономить 4,984 млн. руб. затраченных на устранение последствий аварий, а при более серьёзной аварии, которая может привести к выходу техники на неопределенный срок затраты на порядок выше.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Кох, П.И. Одноковшовые экскаваторы. Устройство, монтаж, эксплуатация и ремонт: Учебник для вузов /П.И. Кох – Изд. 2, пер. и доп. – М.: Недра, 2015. – 440 с.
- 2 Кулешов, А.А. Проектирование и эксплуатация карьерного автотранспорта: Справочник. Ч. 1/ А.А. Кулешов – СПГГИ. СПб.: 2004. – 230 с.
- 3 Кулешов, А.А. Проектирование и эксплуатация карьерного автотранспорта: Справочник. Ч. 2/ А.А. Кулешов – СПГГИ. СПб.: 2004. – 202 с.
- 4 Махно, Д.Е. Эксплуатация и ремонт карьерных экскаваторов в условиях Севера: производственно-практическое издание / Д.Е. Махно – М.: Недра, 2014. – 133 с.
- 5 Муйземнека, Ю.А. Исследование рабочих параметров и совершенствование конструкций экскаваторов и дробилок, выпускаемых Уралмашзаводом/ Под редакцией Ю.А. Муйземнека – Москва, 2014. – 120 с.
- 6 Москвичев, В.В. Анализ отказов механического оборудования и металлоконструкций экскаваторов/ В.В. Москвичев – Красноярск, 2009. – 110 с.
- 7 Подэрни, Р.Ю. Механическое оборудование карьеров: Учебник для вузов/ Р.Ю. Подэрни – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: МГГУ, 2007. – 680 с.
- 8 Побегайло, П.А. Мощные одноковшовые гидравлические экскаваторы. Выбор основных геометрических параметров рабочего оборудования на ранних стадиях проектирования/ П.А. Побегайло – СПб.: Ленанд, 2014.– 296 с.
- 9 Сатовский, Б.Н. Современные карьерные экскаваторы / Б.Н. Сатовский – М.: Недра, 2014. – 258 с.
- 10 Федоров, Д.И. Рабочие органы землеройных машин/ Д.И. Федоров – М.: Машиностроение, 2010. – 360 с.
- 11 Чулков, Н.Н. Расчет приводов карьерных машин/ Н.Н. Чулков – М.: Недра, 2013. – 185 с.
- 12 Арсеньев, А.И. Проектирование горных работ при открытой разработке

месторождений/ А.И. Арсентьев, Г.А. Холодняков – М.: Недра, 2004. – 336 с.

13 Багин, Б.П. Основы статистической динамики одноковшовых экскаваторов: Обзор/ Б.П. Багин, В.И. Оленич – М.: ЦНИИ Эстроймаш, 2014. – 52 с.

14 Домбровский, Н.Г. Землеройные машины/ Н.Г. Домбровский, С.А. Панкратов – М.: Госстройиздат, 2011. – 652 с.

15 Дроздова, Л.Г. Одноковшовые экскаваторы: конструкция, монтаж и ремонт: учебное пособие / Л.Г. Дроздова, О.А. Курбатова – Владивосток: ДВГТУ, 2007 г. – 235 с.

16 Ильин, А.М. Безопасность труда на открытых горных работах/ А.М. Ильин, В.Н. Антипов – М.: Недра, 2013. – 272 с.

17 Томаков, П.И. Технические характеристики основного карьерного оборудования циклического действия/ П.И. Томаков, В.П. Макшеев – М.: МГИ, 2011. – 42 с.

18 Федоров, Д.И. Надежность рабочего оборудования землеройных машин/ Д.И. Федоров, Б.А. Бондарович – М.: Машиностроение, 2001. – 280 с.

19 Чулков, Н.Н. Расчет приводов карьерных машин/ Н.Н. Чулков, А.Н. Чулков – М.: Машиностроение, 2009. – 103 с.

20 Ефимов, В.Н. Карьерные экскаваторы: Справочник рабочего/ В.Н. Ефимов, В.Н. Цветков, Е.М. Садовников – М.: Недра, 2015. – 381 с.

21 Солод, В.И. Горные машины и автоматизированные комплексы/ В.И. Солод, В.И. Зайков, К.М. Первов – М.: Недра, 2011. – 504 с.

22 Брякоткин, В.П. Некоторые результаты исследования динамических нагрузок механизма подъема карьерного экскаватора ЭКГ-5: Известия вузов/ В.П. Брякоткин – Горный журнал, № 7, 2008. – с. 105 – 109.

23 Иванов, С.Л. Методика оценки качества редукторов горных машин. Международная научно-практическая конференция по проблемам обеспечения надежности и качества зубчатых передач «Зубчатые передачи – 96». Тезисы докладов/ С.Л. Иванов – Санкт-Петербург, БГТУ, 2010. – с. 30.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица А.1 – Коэффициент характеристики двигателя K_1

Ведущая машина	Степень толчкообразности ведомой машины			
	А	Б	В	Г
Электродвигатель, паровая турбина	1,0	1,2	1,5	1,8
4-х, 6-ти цилиндровые двигатели внутреннего сгорания, гидравлические и пневматические двигатели	1,25	1,5	1,8	2,2
1-х, 2-х, 3-х цилиндровые двигатели внутреннего сгорания	1,5	1,8	2,2	2,5

А – плавная нагрузка;

Б – слабые толчки;

В – толчки средней силы;

Г – сильные толчки.

Классификация ведомых машин по степени толчкообразности приведена в таблице А.5.

Таблица А.2 – Коэффициент продолжительности работы K_2

Ежедневное пользование, ч/сут	< 2	< 8	< 16	> 16
K_2	0,9	1,0	1,12	1,25

Таблица А.3 – Коэффициент количества пусков K_3

Количество пусков в час		1	< 20	< 40	< 80	< 160	> 160
Коэффициент характеристики двигателя, K_1	1	1,0	1,2	1,3	1,5	1,6	2,0
	1,25	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,7
	1,5	1,0	1,07	1,1	1,15	1,25	1,4
	1,8	1,0	1,05	1,05	1,07	1,1	1,2

Продолжение приложения А

Таблица А.4 – Коэффициент продолжительности включения $K_{ПВ}$

ПВ %	100	60	40	25	15
$K_{ПВ}$	1,0	0,90	0,80	0,70	0,67

Таблица А.5 – Степень толчкообразности ведомых машин

Характер нагрузки	Ведомая машина
А	Генераторы, элеваторы, центробежные компрессоры, равномерно загружаемые конвейеры, смесители жидких веществ, насосы центробежные, шестеренные, винтовые, стреловые механизмы, воздуходувки, вентиляторы, фильтрующие устройства.
Б	Водоочистные сооружения, неравномерно загружаемые конвейеры, лебедки, тросовые барабаны, ходовые, поворотные, подъемные механизмы подъемных кранов, бетономешалки, печи, трансмиссионные валы, резаки, дробилки, мельницы, оборудование для нефтяной промышленности.
В	Пробойные прессы, вибрационные устройства, лесопильные машины, грохот, одноцилиндровые компрессоры.
Г	Оборудование для производства резинотехнических изделий и пластмасс, смесительные машины и оборудование для фасонного проката.

Таблица А.6 – Температурный коэффициент K_t

Способ охлаждения	Температура окружающей среды, °С	Продолжительность включения, ПВ %.				
		100	80	60	40	25
Редуктор без постороннего охлаждения	10	1,12	1,34	1,57	1,79	2,05
	20	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8
	30	0,88	1,06	1,23	1,41	1,58
	40	0,75	0,9	1,05	1,21	1,35
	50	0,63	0,76	0,88	1,01	1,13
Редуктор со спиралью водяного охлаждения	10	1,1	1,32	1,54	1,76	1,98
	20	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8
	30	0,9	1,08	1,26	1,44	1,62

Окончание приложения А

Окончание таблицы А.6

Способ охлаждения	Температура окружающей среды, °С	Продолжительность включения, ПВ %.				
		100	80	60	40	25
Редуктор со спиралью водяного охлаждения	40	0,85	1,02	1,19	1,36	1,53
	50	0,8	0,96	1,12	1,29	1,44
Редуктор охлаждается обдуванием	10	1,15	1,38	1,61	1,84	2,07
	20	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8
	30	0,9	1,08	1,26	1,44	1,82
	40	0,8	0,96	1,12	1,29	1,44
	50	0,7	0,84	0,98	1,12	1,26
Редуктор с обдуванием и водяным охлаждением	10	1,12	1,34	1,57	1,79	2,05
	20	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8
	30	0,92	1,1	1,29	1,47	1,66
	40	0,83	1,0	1,16	1,33	1,5
	50	0,78	0,94	1,09	1,25	1,4