

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Южно-Уральский государственный университет  
(национальный исследовательский университет)»  
Институт открытого и дистанционного образования  
Кафедра «Техника, технологии и строительство»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ  
Заведующий кафедрой,  
к.т.н., доцент  
\_\_\_\_\_ К.М. Виноградов  
\_\_\_\_\_ 2021 г.

Модернизация технологической линии получения огнеупоров  
на стадии добычи природного сырья

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ  
ЮУрГУ–15.03.02.2021.00826 ПЗ ВКР

Руководитель работы,  
к.т.н., доцент  
\_\_\_\_\_ Т.В. Баяндина  
\_\_\_\_\_ 2021г.

Автор работы  
студент группы ДО – 506  
\_\_\_\_\_ Д.Е. Косарев  
\_\_\_\_\_ 2021г.

Нормоконтролер,  
преподаватель  
\_\_\_\_\_ О.С. Микерина  
\_\_\_\_\_ 2021г.

Челябинск,  
2021

## АННОТАЦИЯ

Косарев, Д.Е. Модернизация технологической линии получения огнеупоров на стадии добычи природного сырья. – Челябинск: ФГАОУ ВО «ЮУрГУ», ИОДО; 2021, 69 с., 11 ил., 10 табл., библиографический список – 16 наименований, 8 листов чертежей ф.А1.

Темой выпускной квалификационной работы является модернизация технологической линии получения огнеупоров на стадии добычи природного сырья. Объектом модернизации взята подъемная лебедка экскаватора ЭКГ-5А и усовершенствование данной части машины является очень актуальной темой на сегодняшний день.

В выпускной квалификационной работе дается описание принятых решений, необходимые расчеты, технико-экономическое обоснование на усовершенствование подъемной лебедки экскаватора. Пояснительная записка представляет собой: анализ современных машин при получении магниезиальных огнеупор на стадии добычи природного сырья, обоснование сущности модернизации экскаватора ЭКГ-5А, описание технологической линии при получении магниезиальных огнеупор на стадии добычи природного сырья, технологические расчеты, механические расчеты, монтаж оборудования, контрольно-измерительные приборы и автоматика экскаватора ЭКГ-5А, безопасность и экологичность проекта, и расчет экономической эффективности проекта.

В графической части, на 1 листе приведена схема Карагайского карьера. На листах со 2 по 4 разработаны основное оборудование и важнейшие узлы экскаватора ЭКГ-5А. На 5 листе разработаны рабочие чертежи подъемной лебедки экскаватора, на 6 листе разработана схема монтажа модернизируемого технологического оборудования. На листе 7 приведены технологические схемы размещения контрольно-измерительных приборов. На листе 8 приведено технико-экономическое обоснование модернизации.

15.03.02.2021.00826 ПЗ ВКР

Изм.	Дата	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Косарев Д.Е.			Модернизация технологической линии получения огнеупоров на стадии добычи природного сырья	Литера	Лист	Листов
Проверил		Баяндина Т.В.				Д	5	69
Н.контр.		Микерина О.С.				ФГАОУ ВО «ЮУрГУ» ИОДО		
Утв.		Виноградов К.М.				каф. «ТТС», гр. ДО-506		

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	8
1 АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ МАШИН ПРИ ПОЛУЧЕНИИ МАГНЕЗИАЛЬНЫХ ОГНЕУПОР НА СТАДИИ ДОБЫЧИ ПРИРОДНОГО СЫРЬЯ.....	9
1.1 Краткое описание экскаватора ЭКГ-5А.....	9
1.2 Описание применяемых машин аналогичного назначения в линии добычи природного сырья.....	14
2 ОБОСНОВАНИЕ СУЩНОСТИ МОДЕРНИЗАЦИИ ЭКСКАВАТОРА ЭКГ-5А.....	17
3 ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ МАГНЕЗИАЛЬНЫХ ОГНЕУПОР НА СТАДИИ ДОБЫЧИ ПРИРОДНОГО СЫРЬЯ.....	21
3.1 Основные правила производительной работы экскаватора.....	23
4 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ.....	25
4.1 Расчет материально-технического баланса.....	25
4.2 Расчет необходимого количества машин.....	26
4.3 Определение основных геометрических параметров оборудования.....	26
4.4 Кинематический расчет подъемной лебедки экскаватора ЭКГ-5А.....	29
5 МЕХАНИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ.....	32
5.1 Расчет нагрузки подъемного механизма прямой механической лопаты.....	32
5.2 Расчет мощности двигателя подъемного механизма механической лопаты.....	34
5.3 Расчет скоростей и моментов механической части привода подъема на различных участках цикла.....	35
6 МОНТАЖ ОБОРУДОВАНИЯ.....	39
6.1 Монтаж.....	39
6.2 Демонтаж и монтаж подъемной лебедки.....	43
6.3 Текущий и капитальный ремонты.....	44
7 КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И АВТОМАТИКА ЭКСКАВАТОРА ЭКГ-5А.....	48
8 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ПРОЕКТА.....	51
8.1 Охрана труда и меры безопасности.....	51
8.2 Эксплуатация и техническая безопасность.....	53
8.3 Вибрация и шум.....	54
8.4 Охрана окружающей среды.....	57
9 РАСЧЕТ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТА.....	58
9.1 Расчет капитальных затрат на модернизирующую машину.....	58
9.2 Расчет годовой эксплуатационной производительности экскаватора.....	61

9.3 Расчет себестоимости машино-смены.....	61
9.4 Расчет основных показателей и экономической эффективности капитальных вложений.....	65
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	67
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	69

## ВВЕДЕНИЕ

На открытой добыче полезных ископаемых в горнорудной и угольной промышленности, карьерах строительных материалов, а также на строительстве гидроэлектростанций, каналов и промышленных объектов, где применяется большой объем земляных работ, широкое применение нашли экскаваторы ЭКГ-4,6 Уралмашзавода. Они зарекомендовали себя как производительные и надежные землеройные машины, работающие в любых климатических условиях.

На основе изучения и обобщения накопленного опыта Уралмашзаводом была усовершенствована конструкция экскаватора и повышена надежность его узлов. После модернизации экскаватор получил обозначение ЭКГ-5.

В целях дальнейшего повышения надежности и износостойкости деталей механизмов и электрооборудования экскаватора, а также улучшения условий труда машиниста была разработаны и внедрены новые конструктивные мероприятия, результатом которых явился выпуск экскаватора ЭКГ-5А.

Карьерный гусеничный экскаватор ЭКГ-5А предназначен для разработки и погрузки предварительно разрыхленных тяжелых скальных пород. Он применяется на открытых горных работах, строительстве гидротехнических, промышленных, железнодорожных и других сооружений.

Экскаваторный парк периодически пополняется новыми современными машинами. Однако наряду с новыми типами экскаваторов на карьерах в эксплуатации находится много машин прежних выпусков. Поэтому для повышения производительности труда и безаварийной работы экскаваторов имеет большое значение их модернизация.

Экскаватор ЭКГ-5А на сегодняшний день является базовой машиной горного производства и его усовершенствование являлось бы большим толчком на увеличение производительности экскаватора, на уменьшение его энергоемкости, на сокращение простоев, на увеличение межремонтного цикла и сокращение средств, уходящих на обслуживание и ремонт.

Тема выпускной квалификационной работы – это модернизация технологической линии получения огнеупоров на стадии добычи природного сырья. Объектом модернизации взята подъемная лебедка экскаватора ЭКГ-5А.

Актуальностью данной темы является то, что модернизация экскаватора ЭКГ-5А приведет к сокращению поломок и ремонтов отдельных узлов и механизмов в целом, а также увеличению производительности экскаватора и уменьшению его энергоемкости, сокращению простоев, уходящих на капитальные ремонты, к экономии денежных средств, выделяющихся на обслуживание и ремонт, на оплату ремонтным рабочим, на приобретение самих деталей и узлов.

# 1 АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ МАШИН ПРИ ПОЛУЧЕНИИ МАГНЕЗИАЛЬНЫХ ОГНЕУПОР НА СТАДИИ ДОБЫЧИ ПРИРОДНОГО СЫРЬЯ

## 1.1 Краткое описание экскаватора ЭЖГ-5А

Добыча магнезиальных огнеупоров на мировом уровне связана с предприятием ПАО «Комбинат «Магнезит». «Комбинат «Магнезит» является крупнейшим в мире предприятием по производству высокостойких огнеупоров на основе природного магнетитового сырья. Данное предприятие работает с полным технологическим циклом: от вскрытия и добычи магнетитовых руд (открытым и подземным способом), их дробления и обогащения – до получения и обжига периклазовых порошков и изготовления огнеупорной продукции.

Осенью 1901 года металлурги Златоуста провели испытания первой в России огнеупорной продукции повышенной термостойкости их нового материала – магнетита, произведенной на Саткинском заводе.

Минерально-сырьевой базой завода стали уникальные месторождения магнетита Саткинской группы. Добыча сырья на этих месторождениях ведется с 1900 года по настоящее время.

В 1916 году было добыто 71,1 тысяч тонн сырого магнетита, произведено 31,0 тысяч тонн металлургического порошка, 10,4 тысяч тонн изделий.

В 1940 году завод «Магнезит» стал самым крупным предприятием в огнеупорной отрасли. Завод был единственным предприятием, который обеспечивал металлургов страны и другие отрасли магнетитовыми огнеупорами.

С 1950 года и до настоящего времени на комбинате постоянно ведутся работы по наращиванию производственных мощностей, реконструкций действующего производства.

Одновременно с вводом новых мощностей и освоением современного оборудования на комбинате совершенствовалась технология производства огнеупоров, расширялся ассортимент выпускаемой продукции. На всех этапах восстановления и развития черной металлургии и других отраслях народного хозяйства коллектив предприятия всегда успешно решал стоявшие перед ним задачи по обеспечению потребностей народного хозяйства страны магнезиальными огнеупорами.

В настоящее время ОАО «Комбинат «Магнезит» является самым крупным производителем огнеупорной продукции на территории Российской Федерации и стран СНГ. Предприятие функционирует с полным технологическим циклом, который начинается с добычи и подготовки сырья и заканчивается отгрузкой готовой продукции потребителям.

Магнетитовые залежи связаны с доломитами верхнесаткинской подсвиты, Саткинской свиты, которые собраны в широкие складки в северо-восточном направлении, отложенными мягкой складчатостью и разрывными нарушениями место надвигов, взбросов и сбросов.

Магнетитовые залежи имеют пласты, реже линзообразную форму и залегают согласно с доломитами, имея четкую границу. Количество рудных тел на

Саткинском месторождении – 102. Протяженность рудных залежей колеблется обычно от 1,3 до 3,6 км, размеры мелких рудных залежей составляют 140-150 м. Средняя длина рудных тел по падению колеблется от 100 до 500 м. Мощности рудных тел варьируют от 2 до 50 м, обычно 8–20 м.

Азимут простирания рудных тел 30–75 градусов. Из дизъюнктивных нарушений в пределах Саткинского месторождения наиболее крупным является Волчегорский сброс протяженностью 17 км и амплитудой в 300 м. Крупные тектонические нарушения с амплитудой 80–90 м установлены на Волчегорском участке, где они разрывают залежи на две части, а также на границе Паленихинского и Мельничного участков. Крупное тектоническое нарушение сбросового типа прослеживается в юго-восточном участке Паленихинского участка. В районе Паленихинского участка оно вплотную приближается к рудным телам, отделяя месторождение главной магнезитовой полосы от Никольского и Береговского месторождения.

Факторами, осложняющими строение магнезитовых залежей, являются дайки диабазов, габбро-диабазов, диабазовых порфиритов и карстовые явления.

Магнезит представляет собой минеральную кристаллическую мелко, средне и крупнозернистую породу белого, серого или голубовато-серого цвета. Объемная масса магнезита по отдельным участкам колеблется от 2,85 г/см<sup>3</sup> до 2,99 г/см<sup>3</sup>, водопоглощение от 0,13 до 0,59 %, плотностью от 2,96 г/см<sup>3</sup> до 3,01 г/см<sup>3</sup>, пористость 0,34–2,4 %, предел прочности при сжатии от 10 кг/см<sup>2</sup> до 1904 кг/см<sup>2</sup>. При выветривании магнезит приобретает бурую окраску, происходит процесс окисления железа и выщелачивание магнезита [15].

Сопутствующими минералами являются: вторичный белый доломит, кальцит, кварц, оргонит, опал, пирит, углистые и углисто-глинистые вещества, а также встречаются сульфиды: сфалерит, галенит [15].

По данным химико-лабораторных исследований групповых проб магнезита Саткинского месторождения характеризуется следующим основным составом: среднее содержание основных компонентов в руде месторождения составляет: MgO – 44,46 %; CaO – 2,16 %; SiO<sub>2</sub> – 0,80 %. Распределение магнезита по маркам характеризуется следующими данными: ММШ – 20,1 %; ММИ – 22,2 %; ММП – 53,0 %; НК (некондиция) – 4,7 %.

Объемная масса магнезита по отдельным участкам колеблется от 2,85 т/м<sup>3</sup> до 2,99 т/м<sup>3</sup>; водопоглощением от 0,13 % до 0,59 %; плотностью 2,96 г/см<sup>3</sup> до 3,01 г/см<sup>3</sup>; пористостью 0,34 % до 2,4 % [15].

Добыча руды на Карагайской магнезитовой залежи была начата в 1900 году. Все горные работы выполнялись вручную, работали уступами высотой 3 м. Для отбойки горной массы бурились шпуров глубиной до 3,5 м. Взорванную горную массу разбирали при помощи ломов, дробили кувалдами. Вручную выбирали отборно-кусковой магнезит размером от 40 до 200 мм, грузили на телеги и гужевым транспортом доставляли к камерным и шахтным печам для обжига. Вся магнезитовая мелочь вывозилась в отвалы, так как при существовавшей тогда технологии обжечь ее было невозможно. В 1906 году было добыто 962430 пудов магнезита, в 1915 году – 4219779 пудов.

В 1916 году в карьере появились первые механизмы – приобретены компрессор «Атлас» и с ним три бурильных пневматических молотка «Джек» для бурения шпуров. В 1927 году был приобретен компрессор фирмы «Ингерсоль-ранд», производительностью 5,6 м<sup>3</sup>/мин и 25 бурильных молотков «Джек»; в 1928 году на рудник поступили еще два компрессора Краматорского и Ленинградского заводов, производительность 14,5 м<sup>3</sup>/мин каждый и 18 пневмомолотков. В связи с появлением воды на нижних горизонтах в 1927–1928 гг. установлены три водоотливных установки производительностью 9940 ведер в сутки.

В 1929 г. в карьере проложены рельсовые пути с колеей 600 мм, приобретены 36 коппелевских вагонеток емкостью 0,45 м<sup>3</sup>, два бензовоза с сцепным весом 3,4 т.

В 1930 году приобретен первый паровой экскаватор «Рустон», с емкостью ковша 0,75 м<sup>3</sup>; в 1932 году введены в эксплуатацию еще два экскаватора: паровой «Везерхутте» – 0,75 м<sup>3</sup> и электрический «Рустон», с емкостью ковша 0,95 м<sup>3</sup>.

В 1931 году в карьере проложены новые рельсовые пути колеей 750 мм, приобретены костромские вагоны емкостью 2,5 м<sup>3</sup>, введены в эксплуатацию четыре мотовоза мощностью 55 л.с. и горный паровоз «Кукушка». В 1933 году получены еще четыре мотовоза мощностью 80 л.с. и второй более мощный горный паровоз; на рудник поступили самоходные станки канатно-ударного бурения «Клемакс» и «Сулеван». В том же году приобретены и введены в эксплуатацию три экскаватора: «Демаг» с емкостью ковша 2,25 м<sup>3</sup>, в 1934 году пущен в работу экскаватор «Шкода» с емкостью ковша 2 м<sup>3</sup>, в 1935 году смонтированы три экскаватора «Рапир» с емкостью ковша 2,25 м<sup>3</sup>.

В 1943 году получен трофейный экскаватор «Менк» с емкостью ковша 1,75 м<sup>3</sup>, в 1945 году еще один «Менк» с емкостью 2,25 м<sup>3</sup>. В 1948–1949 гг. получены, смонтированы и пущены в эксплуатацию три отечественных экскаватора СЭ-3 «Уралец», с емкостью ковша 3 м<sup>3</sup>.

В 70-е годы началась модернизация карьерного оборудования: все экскаваторы СЭ-3 были заменены на более мощные ЭКГ-4,6А и ЭКГ-4,6Б. Лишь в 1980 году были получены и освоены первые экскаваторы новой серии ЭКГ-5А.

Длина Карагайского карьера 1550 м, ширина – 1000 м, глубина 320 м, площадь карьера – 140 га, площадь отвала – 277 га.

На карьере основными технологическими процессами является добыча природного сырья. Сама добыча и отбраковка (обогащение) магнетитовых руд – очень интересный процесс.

Разработка начинается с локальных разведывательных работ с последующей закладкой зарядов для измельчения породы взрывами. С помощью взрывных работ отделяются целые пласты материала, которые в дальнейшем измельчаются при помощи отбойного молотка, установленного в стреле манипулятора. Погрузка горной массы осуществляется экскаваторами ЭКГ-5А.

Измельченный материал забирают с помощью карьерных самосвалов, отгружается на внутрикарьерные перегрузочные пункты. Откуда железнодорожным транспортом доставляется на ДОФ-2.

Экскаватор ЭКГ-5А (Э – экскаватор, К – карьерный, Г – гусеничный, 5 – ряд ковшей, А – индекс, обозначающий модификацию модели) представляет собой



полноповоротную электрическую прямую лопатку на гусеничном ходу и предназначен для разработки и погрузки в транспортные средства тяжелых скальных пород, разрыхленных взрыванием. Данная горная машина применяется на открытых горных работах в рудной и угольной промышленности, а также в карьерах [3]. На рисунке 1 представлен карьерный гусеничный экскаватор ЭКГ-5А.

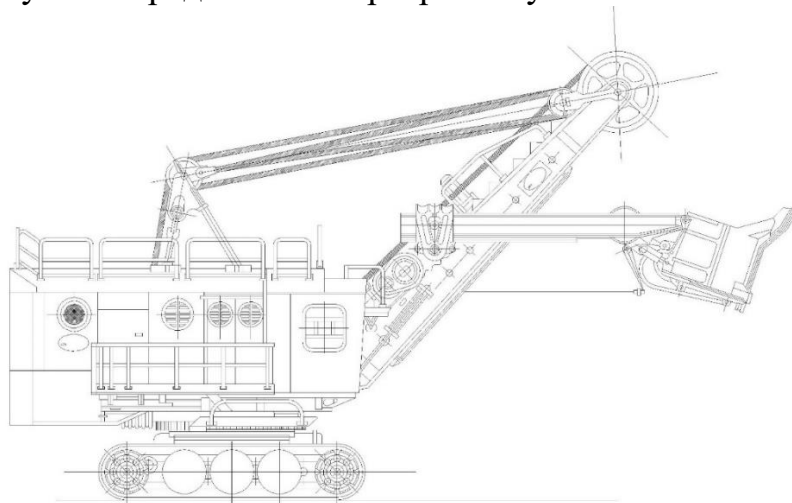


Рисунок 1 – Экскаватор ЭКГ-5А

Добыча горной породы экскаватором ЭКГ-5А рассчитан от 1,8 т/м<sup>3</sup> до 2 т/м<sup>3</sup>. Предназначен экскаватор для разработки горной породы в умеренных климатических районах, с температурными колебаниями от -40 до +40 °С [16].

Экскаватор ЭКГ-5А состоит из рабочего оборудования (в составе двуногая стойка, механизм открывания днища ковша, ковш с рукоятью и полиспафт), поворотной платформы (в состав входит поворотная рама, корпус противовеса и две вспомогательные боковые площадки, подъемная лебедка, два поворотных механизма, компрессорная установка, двуногая стойка, пневматические системы управления тормозами механизмов, подвески стрелы, станция централизованной системы смазки, подвески стрелы, высоковольтное распределительное устройство, трансформатор собственных нужд и другие), ходовая тележка (в состав входит гусеничный ход, ходовой механизм, роликовый опорный круг, зубчатый венец, нижняя рама, а также размещается поворотная платформа со всеми механизмами и рабочим оборудованием). На рисунке 2 представлены габаритные и рабочие размеры экскаватора ЭКГ-5А.

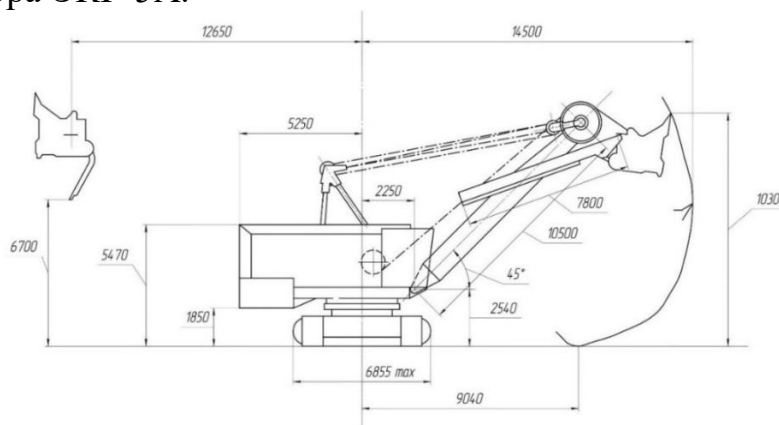


Рисунок 2 – Габаритные и рабочие размеры экскаватора ЭКГ-5А

Все механизмы на платформе закрыты кузовом. Для удобства монтажных работ, при ремонтах механизмов на платформе, кровля кузова имеет съемные панели.

Справа в передней части платформы устанавливается кабина машиниста и станция управления. В кабине сосредоточены органы управления экскаватором и контрольная аппаратура.

Поворотная платформа опирается на ходовую тележку через опорно-поворотное устройство, состоящее из зубчатого венца и роликового круга, заключенного между двумя рельсами. Кроме того, поворотная платформа соединена с ходовой тележкой центральной цапфой [16]. Между поворотной платформой и нижней рамой расположен высоковольтный кольцевой токоприемник. На поворотной платформе также установлено рабочее оборудование. Под поворотной платформой крепится стреловая лебедка.

Ходовая тележка состоит из сварной нижней рамы, к которой с двух сторон прикреплены гусеничные рамы с колесами и гусеничными цепями. На задней стенке расположен ходовой механизм, служащий для перемещения экскаватора.

Поворотная рама, корпус противовеса, корпус стрелы и нижняя рама представляют сварные комбинированные металлоконструкции, состоящие из отливок и металлических листов.

Основные механизмы экскаватора, а также механизм открывания ковша приводятся в движение двигателями постоянного тока, а вспомогательные механизмы – двигателями переменного тока [16].

Двигатели главных механизмов получают питание от соответствующих генераторов преобразовательного агрегата, а двигатели вспомогательных механизмов – от понижающего трансформатора. Тормозы подъемной лебедки, поворотного и напорного механизмов управляются при помощи сжатого воздуха, подаваемого компрессорной установкой. На ходовой тележке имеется гидравлическая система, управляющая тормозом ходового механизма и муфтами переключения гусениц [9].

Усовершенствование экскаватора модели ЭКГ-5А даст огромный толчок в экономике предприятия по закупке нового оборудования. Старые модели машин горного предприятия изучены и разобраны до самых мельчайших деталей, и каждый механик знает большое место экскаватора. Но эти машины являются самыми мощными и легкодоступными в плане добычи и изготовления изношенных деталей и узлов в целом, в сравнении с зарубежной горной техникой. Модернизация самой машины приведет к сокращению поломок и ремонтов отдельных узлов и механизмов в целом, а также увеличению производительности экскаватора и уменьшению его энергоемкости, сокращению простоев, уходящих на капитальные ремонты, к экономии денежных средств, выделяющихся на обслуживание и ремонт, на оплату ремонтным рабочим, на приобретение самих деталей и узлов. Исходя из этих целей следует рассмотреть экскаваторы модифицированных моделей ЭКГ и принять лучшие и оптимальные решения по усовершенствовании подъемной лебедки.

## 1.2 Описание применяемых машин аналогичного назначения в линии добычи природного сырья

Экскаватор ЭКГ-5А является модификацией экскаваторов моделей ЭКГ-4,6, ЭКГ-4,6А, ЭКГ-4,6Б.

Для сравнения разберем технические данные двух экскаваторов моделей ЭКГ-4,6А и ЭКГ-5А. Сравнение технических данных представлены на таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики экскаваторов ЭКГ-4,6А и ЭКГ-5А

Параметры	ЭКГ-4,6А	ЭКГ-5А
Расчетная продолжительность цикла при повороте на 90 градусов и работе в отвале, с	23	23
Вместимость ковша, м <sup>3</sup>	4,6	5,2
Длина стрелы, м	10,5	10,5
Длина рукояти, м	7,3	7,8
Привод механизмов	электрический	электрический
Напряжение подводимого тока 50 Гц, В	6000	6000
Мощность сетевого двигателя, кВт	250	250
Подъемное усилие, т	45	50
Скорость подъема ковша, м/с	0,87	0,87
Скорость напора, м/с	0,95	0,45
Наибольшее напорное усилие, т	20,5	20,5
Частота вращения поворотной платформы при установившемся движения, об/мин	3,0–3,5	3,0–3,5
Скорость передвижения экскаватора на горизонтальной площадке, м/с	0,45	0,55
Среднее удельное давление на грунт, кГ/см <sup>2</sup>	2,15	2,1
Масса машины (без дополнительного противовеса), т	193	151
Дополнительный противовес, т	31	40

Сравнивая представленные две модели экскаватора, можно прийти к выводу, что модернизация пошла только на пользу: упрочнились балки рукояти, введен автоматический ограничитель хода рукояти. Повышены износостойкость и работоспособность днища ковша за счет изготовления его литым из легированной стали и установки тормозящего устройства. Усилены седловые подшипники, их конструкция выполнена цельнолитой. Повышена надежность деталей поворотного редуктора, а также деталей установки барабана и вала шестерни редуктора подъемной лебедки. Изменена конструкция кузова и кабины машиниста. Продольный вал ходового механизма установлен на подшипниках качения. Металлоконструкции поворотной и нижней рам изготовлены из более прочной, низколегированной стали. Изменена конструкция механизмов ходовой тележки и рабочего оборудования. Все зубчатые передачи ходового механизма помещены в одном редукторе в масляной ванне. Узлы гидросистемы размещены на боковой стенке нижней рамы. Рукоять ковша выполнена цельносварной, с увеличенным

сечением балок. Усилена задняя стенка ковша. В механизме открывания днища ковша предусмотрен редуктор для увеличения усилия выдергивания засова.

Модифицированными моделями экскаватора ЭКГ-5А являются экскаваторы ЭКГ-5В, ЭКГ-5Д. На таблице 2 рассмотрим технические характеристики и параметры рабочих размеров данных экскаваторов.

Таблица 2 – Технические характеристики и параметры рабочих размеров экскаваторов ЭКГ-5А, ЭКГ-5В, ЭКГ-5Д

Параметры	ЭКГ-5А	ЭКГ-5В	ЭКГ-5Д
Основного ковша, м <sup>3</sup>	5-6,3	5	5-6,3
Вместимость сменного ковша, м <sup>3</sup>	3,2; 4,6; 6,3; 7	-	-
Расчетная продолжительность цикла, сек	23	26	23
Наибольшее усилие на подвеске ковша, кН	500	500	500
Номинальная мощность сетевого двигателя, кВт	250	250	-
Номинальная мощность трансформатора, кВА	250	400	-
Напряжение сети (3-х фазная, 50 Гц), В	3; 3,3; 6; 6,6	3; 3,3; 6; 6,6	-
Скорость передвижения, км/час	0,55	0,55	0,55
Наибольший преодолеваемый угол подъема, рад (град)	0,2 (12)	0,2 (12)	0,2 (12)
Среднее удельное давление на грунт, кПа	313	316	320
Рабочая масса с ковшом, т	395,0	402,0	405,0
Масса ковша, т	16,2	19,5	14,4
Масса противовеса, т	45-50	55-60	55-60
Наибольший радиус черпания	14,5	14,5	14,5
Радиус черпания на уровне стояния, м	9,04	9,04	9,04
Наибольшая высота черпания, м	10,3	10,2	10,3
Наибольший радиус выгрузки	12,65	12,65	12,65
Наибольшая высота выгрузки	6,7	6,7	6,7
Радиус хвостовой части	5,25	6,5	6,7
Просвет под поворотной платформой, м	1,85	1,89	1,89
Длина гусеничного хода, м	5,83	5,83	5,83

## Окончание таблицы 2

Параметры	ЭКГ-5А	ЭКГ-5В	ЭКГ-5Д
Ширина гусеничного ленты, мм	900/1100/1400	900/1100/1400	900/1100/1400
Среднее удельное давление на грунт при передвижении, кгс/см <sup>2</sup>	2,1/1,72/1,3	2,19/1,79/1,52	2,1/1,72/1,3
Среднее удельное давление на грунт при передвижении, кПа	205/162/127	215/176/149	205/162/127
Расчетная продолжительность цикла на угол 90, с	23	26	23
Наибольший преодолеваемый угол подъема, рад (град)	0,2 (12)	0,2 (12)	0,2 (12)
Скорость передвижения по горизонтальной площадке, км/ч	0,55	0,55	0,55
Напряжение питающей сети, кВ	3; 3,3; 6; 6,6	3; 3,3; 6; 6,6	-
Тип электропривода	Г-Д с МУ	Г-Д с МУ	Дизель-электрический

Сравнивая модели экскаватора ЭКГ-5 следует то, что оптимальным решением для модернизации подъемной лебедки экскаватора ЭКГ-5А является возврат к металлическим конструкциям экскаватора модели ЭКГ-4,6.

Выводы по разделу один.

«Комбинат «Магнезит» является крупнейшим предприятием на мировом уровне по добыче и производству магнезиальных огнеупоров. На сегодняшний день Карагайский карьер остался единственным карьером открытой добычи. На местах забоя встречаются не только магнезит, но и белый доломит, кальцит, кварц, оргонит, опал, пирит, углистые и углисто-глинистые вещества, а также встречаются сульфиды: сфалерит, галенит. Экскаватор ЭКГ-5А является основной машиной карьера и одним из основных объектов модернизации на стадии добычи. Произведены сравнительный анализ двух экскаваторов моделей ЭКГ-4,6А и ЭКГ-5А, а также приведены технические характеристики и параметры рабочих размеров модифицированных моделей экскаватора ЭКГ-5А. Сравнительный анализ дает опору к развитию модернизации.

## 2 ОБОСНОВАНИЕ СУЩНОСТИ МОДЕРНИЗАЦИИ ЭКСКАВАТОРА ЭКГ-5А

Цель модернизации – усовершенствование экскаватора, за счет изменения конструкции подъемной лебедки, путем возвращения конструкции станины к металлическим конструкция моделей экскаватора ЭКГ-4,6А, ЭКГ-4,6Б, а также изменения крепления каната. Результатом изменения будет сокращения поломок и ремонтов экскаватора.

В конструкции подъемной лебедки есть металлическая станина к которому крепятся подъемный барабан и промежуточный вал. В результате модернизации экскаватора модифицированных моделей ЭКГ-4,6 на станинах имеет окошечки. При воздействии усилий на данные металлоконструкции станина ломается, появляются трещины. Устранить проявленные дефекты получается только за счет полной замены станины. На рисунке 3 представлена металлическая станина подъемной лебедки.

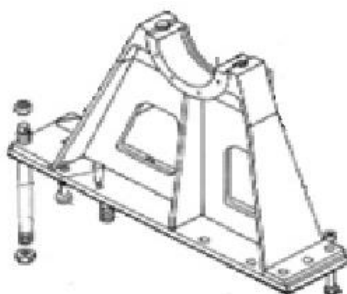


Рисунок 3 – Станина

Для достижения данной цели в подъемной лебедке экскаватора, следует производить станины в литой форме, то есть цельными.

Подъемная лебедка поднимает ковш экскаватора при помощи сдвоенного каната. Лебедка приводится в движение электродвигателем, который эластичной моторной муфтой соединен с редуктором. Редуктор через эластичную муфту промежуточного вала вращает цилиндрическую зубчатую пару, соединенную с барабаном. Барабан 2 и зубчатое колесо 1 сидят на оси 3, которая вращается на роликовых подшипниках, установленных в стойках 5 и 6 [16]. На рисунке 4 представлен привод барабана подъемной лебедки.

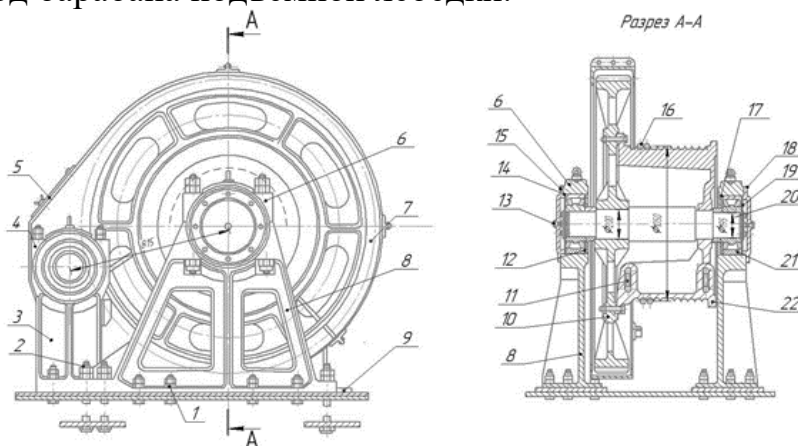


Рисунок 4 – Привод барабана подъемной лебедки экскаватора ЭКГ-5А

Подъемный канат, наматывающийся на барабан, закреплен обоими концами в пазах барабана клиньями 4, а петлей охватывает уравнительный блок ковша, огибая головные блоки стрелы. При полном разрыве каната или отдельных прядей производится замена, при котором нужно выбивать данный клин, для чего нужно приложить больших усилий [9].

Для достижения цели модернизации следует изменить конструкцию закрепления каната на барабан. Для этого, при монтаже нового каната, на его конец укладываются четыре шпильки, а сверху шпилек ставится плашка и затягивается гайками. Результатом данной модернизации станет то, что данная процедура сэкономит силы и время ремонтных рабочих, а также повлияет на быструю замену детали, что способствует скорейшему возвращению техники на линию добычи природного сырья.

Схема запаски канатов, применяемых на экскаваторе, приведена на рисунке 5, технические характеристики даны в таблице 3.

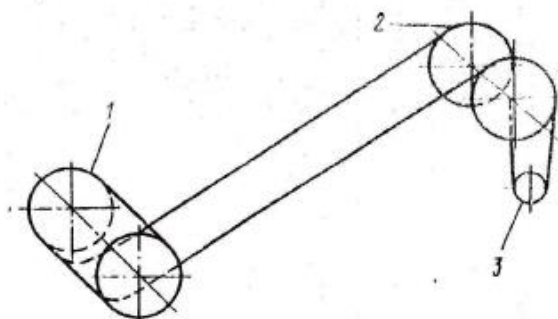


Рисунок 5 – Схема навески подъемного каната: 1 – барабан подъемной лебедки; 2 – головные блоки стрелы; 3 – уравнительный блок ковша

Таблица 3 – Характеристика канатов

Назначение	Обозначение	Диаметр, мм	Длина, м	Разрывное усилие, кгс	Диаметр барабана, мм
Подъем ковша	Канат 39,5-Г-В-Н-180 ТУ14-4-192-77	39,5	58	94623	1050
	Канат 39-Г-В-О-Н-170 ГОСТ 7669-69	39	58	95750	1050
Подъем стрелы	Канат 30-Г-В-О-Н-170 ГОСТ 7669-69	30	125	57300	360

Необходимо сматывать на катушку или бухту канаты, снятые с экскаватора, при длительной остановке машины. Канаты при этом должны промазываться антикоррозийной смазкой. Сматывать канат с катушки, приводя ее во вращение [16].

При разматывании бухты ее необходимо катить по земле или полу. Это предохранит от образования петель, изгибов и расслоения прядей каната.

Перед разрубкой каната последний обмотать несколькими витками проволоки по обе стороны от места разрубки, а концы проволоки закрепить.

После установки нового каната на экскаватор нужно некоторое время работать вхолостую, чтобы канат растянулся, выровнялось натяжение прядей и затянулись места закрепления каната. Необходимо следить за тем, чтобы трос на барабане находился в ручьях и не переклестывался между собой. Для увеличения срока службы каната избегать резких рывков при работе машины.

Когда канат для подъема стрелы проработает около половины своего срока службы, следует перевернуть его, переменяя местами концы, или же, если позволяет длина, срубить с конца 3–4 м. При этом смещаются места постоянных перегибов каната, подверженные наибольшим напряжениям, и увеличивается срок службы.

Полумуфты, установленные соответственно на конусных концах вала электродвигателя и вал-шестерни редуктора, соединяются между собой дисками из прорезиненной ткани и пальцами [16].

Муфта промежуточного вала состоит из двух полумуфт, сидящих соответственно на промежуточном валу редуктора и валу привода барабана. Между кольцевыми кулаками полумуфт вставляются резиновые армированные сухари. Полумуфта, сидящая на валу редуктора, выполнено заодно с тормозным шкивом, на котором установлен тормоз подъемной лебедки. Тормоз управляется пневматическим цилиндром [16].

Тормоз имеет ленточную конструкцию. Тормозная лента состоит из двух частей, стянутых болтом, несущих на себе пружину. Один конец ленты крепится на валике, установленном в кронштейне. Второй конец соединен со штоком пневматического цилиндра. Вокруг тормозной ленты располагается скоба, имеющая регулируемые болты и пружинные оттяжки, которые обеспечивают равномерный отход ленты растормаживании. Для этой же цели служит подставка, прикрепленная к кронштейну болтами. Внутри пневматического цилиндра помещается двойная пружина, стягивающая ленту. При подаче сжатого воздуха в цилиндр пружина в цилиндре сжимается, тормозная лента отходит от тормозного шкива [9].

Тормоз подъемной лебедки должен обеспечивать удержание грузенного ковша на весу. В расторможенном состоянии между лентой и шкивом должен быть зазор 2–2,5 мм. Регулировать величину отхода ленты болтом или изменением длины тяги, соединяющий шток цилиндра с лентой. Равномерность отхода ленты регулируется подвертыванием болтов и оттяжек, а также перестановкой подставки [16].

Пружина тормоза должна быть зажата так, чтобы обеспечивать неизменное положение стрелы при работе экскаватора. Зажатие пружины до отказа не допускается. При ремонте лебедки может быть выведена из поворотной рамы следующим образом:

- а) Стрела опускается на клетку или насыпь (высота которых должна быть не ниже высоты оси пяты стелы);
- б) Канат, поддерживающий стрелу, снимается с барабана лебедки;



- в) Лебедка подвешивается к поворотной раме двумя канатами за концы барабана;
- г) Ось барабана сдвигается в сторону корпуса масляной ванны на 120–150 мм;
- д) Отвертываются болты и снимается кронштейн оси барабана;
- е) Червячной редуктор и барабан постепенно на канатах опускаются вниз и одновременно с этим сдвигаются в сторону противовеса.

Установку лебедки в поворотную раму производить в обратном порядке.

При ремонтах подъемной лебедки, а также после подъема стрелы при рассоединенной моторной муфте проверить центровку вала электродвигателя с вал-шестерней редуктора с помощью спецстрелок, устанавливаемых на полумуфтах в отверстия под пальцы. Разность зазоров, а также в двух диаметрально противоположных замерах допускается не более 0,5 мм. Проверить зазоры через каждые 90° поворота обоих валов [9].

Перекося осей полумуфт допускается не более 2,5 мм на длине 1000 мм. Регулировать, при необходимости, прокладками под электродвигатель. Для исключения смещения вал-шестерни относительно зубчатого колеса (при установке резиновых дисков между торцами полумуфт) ввести между зубьями этой передачи две медные или латунные прокладки толщиной 0,1–0,2 мм на обеих ветвях шеврона [13].

При ремонтах и техническом обслуживании шевронного редуктора, для обеспечения нормальной работы зубчатой пары, необходимо установить равномерный боковой зазор на обеих ветвях шеврона 0,36 мм, минимум, а также установить торцевые зазоры между подшипниками и крышками равными:

- а) на быстроходном валу 1,4–1,5 мм;
- б) на тихоходном валу 0,2–0,4 мм, за счет подборки регулировочных прокладок под крышки подшипников и резиновых прокладок  $\varnothing 90$  в эластичной муфте [16].

Выводы по разделу два.

Приведена модернизация экскаватора ЭКГ-5А, путем замены станины в литой форме и изменения конструкции закрепления каната на барабан. Усовершенствование приведет к сокращению поломок и ремонтов отдельных узлов и механизмов в целом, а также увеличению производительности экскаватора и уменьшению его энергоемкости, сокращению простоев, уходящих на капитальные ремонты, к экономии денежных средств, выделяющихся на обслуживание и ремонт, на оплату ремонтным рабочим, на приобретение самих деталей и узлов.

### 3 ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ МАГНЕЗИАЛЬНЫХ ОГНЕУПОР НА СТАДИИ ДОБЫЧИ ПРИРОДНОГО СЫРЬЯ

Экскаваторы типа ЭЖГ-5А являются универсальными, они могут производить разнообразные работы: вскрышные – по выемке пустой породы на карьерах стройматериалов и открытых горных разработках; добычные – по разработке полезных ископаемых открытым способом; погрузочно-разгрузочные – по погрузке и пересыпке руд и стройматериалов на складах предприятий и карьеров; строительные – по планировке площадок, рытью котлованов и каналов, по сооружению насыпей и плотин при возведении промышленных предприятий, гидроэлектростанций и других объектов; мелиорационные или ирригационные – по строительству обводнительных систем и сооружений, связанных с выемкой больших объемов земли.

Место работы экскаватора называется забоем. К забою относится площадка, на которой располагается экскаватор, разрабатываемая часть массива грунта и площадка, на которой устанавливаются транспортные средства под погрузку. Если разработка производится в отвал, то площадка, на которую выгружается из ковша грунт, также относится к экскаваторному забою [14].

При работе экскаватора забой перемещается. Мягкие грунты разрабатывают так, чтобы каждое последующее копанье перекрывало предыдущее; твердые грунты – в шахматном порядке; глубокие выемки – уступами. Подошва каждого уступа должна иметь уклон в сторону разработки для отвода ливневых вод. На рисунке 6 представлена разработка забоя экскаватором.

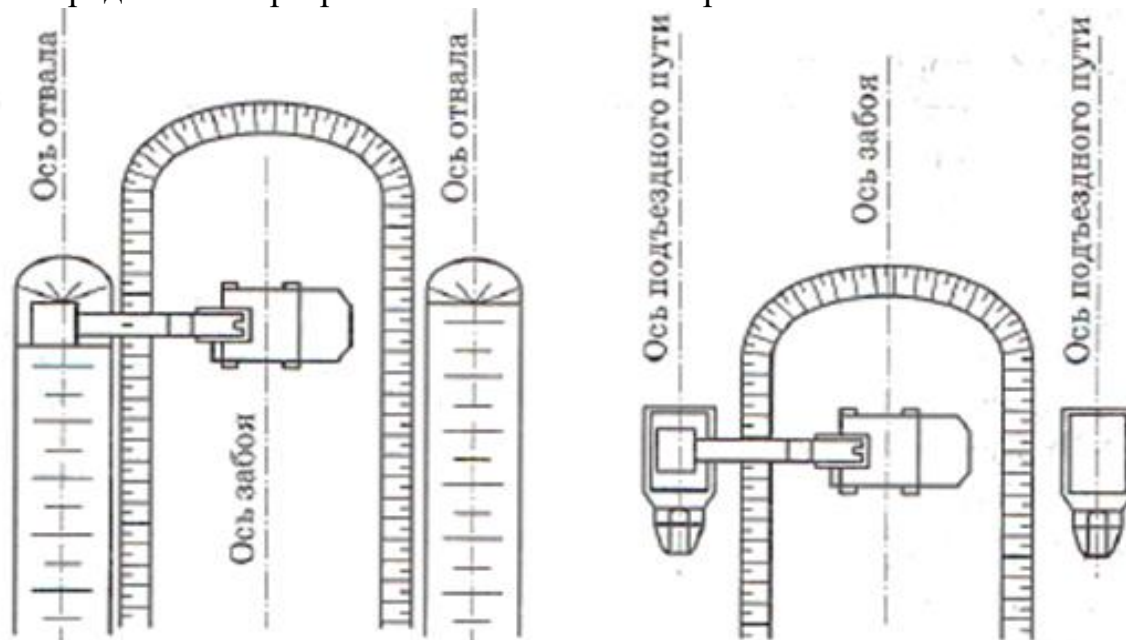


Рисунок 6 – Разработка забоя экскаватором

Размеры и формы забоя зависят от размеров экскаватора, типа рабочего оборудования и размеров; регламентируются технологической картой.

При всех экскаваторных работах забой проектируют так, чтобы можно было лучше использовать оборудование, добиваться высокой производительности труда

и снижения стоимости работ.

В начале копания ковш устанавливают на уровне стоянки экскаватора и разрабатывают забой снизу вверх. Заполненный ковш поворачивается совместно с поворотной платформой (угол поворота составляет от 70 до 180°) для разгрузки в транспортные средства или в отвал [14]. Разгруженный ковш поворачивается в исходное положение и забирает грунт рядом с первым проходом. Процесс повторяется, пока ковш не обойдет весь забой впереди и с боков. Затем разрабатывается второй слой грунта и т.д.

Для транспортирования породы из забоя применяют самосвалы.

Площадка должна быть подготовлена: выровнена, уплотнена, иметь уклон не более 5°. Транспортное средство (автомобиль) под погрузку подъезжает только по сигналу машиниста экскаватора, автомобиль быть надежно заторможен, водитель обязан покинуть его и отойти на безопасное расстояние, остальные транспортные средства не должны находиться в опасной зоне. Расстояние от бровки откоса до ближайшей опоры экскаватора, а также от стенки забоя до задней поворотной части экскаватора – не менее 1 м. Ни экскаватор, ни транспортное средство не должны находиться в призме обрушения грунта.

Погрузка грунта в транспортное средство осуществляется через боковой или задний борт. Запрещается разравнивать и уплотнять грунт в кузове ковшом. Уровень грунта в кузове по краям – ниже верхней кромки на 100...150 мм во избежание высыпания при транспортировании. В кузове должно помещаться от 3 до 7 ковшей экскаватора [14].

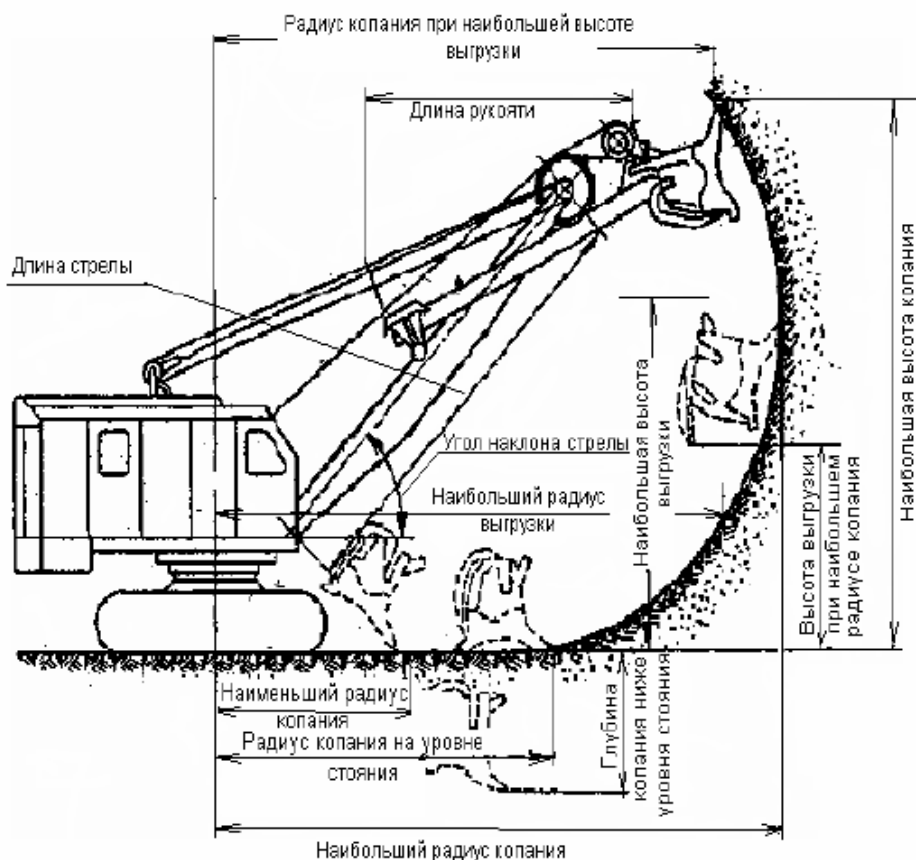


Рисунок 7– Рабочие размеры экскаватора

Высота забоя выбирается из условий безопасной работы и полного заполнения ковша. Высота забоя выбирается из условий безопасной работы и полного заполнения ковша. Максимальная высота забоя не должна превышать максимальную высоту копания экскаватора, а минимальная высота забоя берется такой, чтобы обеспечивалось полное наполнение ковша за одно зачерпывание. Для сокращения передвижек экскаватора и числа горизонтов выгодно увеличивать высоту забоя. Однако это увеличение ограничивается соображениями безопасного ведения работ. Рациональная высота забоя определяется также длиной пути, который должен проделать ковш, внося нормальную стружку, до полного наполнения. На рисунке 7 представлены рабочие размеры экскаватора.

Ширина забоя, как правило, определяется размерами рабочего оборудования; расстояние между экскаватором и транспортными средствами выбирается таким, чтобы создавались условия для работы с наименьшими углами поворота. Ширина забоя не должна превышать 1,5 радиуса копания экскаватора [14].

### 3.1 Основные правила производительной работы экскаватора

Для обеспечения производительной работы экскаватора необходимо заранее выполнять подготовительные работы: определение границ забоя, прокладку подъездных путей и дорог для транспорта, устройство освещения и качественная подготовка забоя – рыхление крепких и скальных пород взрыванием в количестве, достаточным для бесперебойной работы экскаватора в течение около двух суток. Площадка забоя должна быть спланирована и защищена. Работа экскаватора разрешается только на горизонтальной площадке [10]. Уклон площадки допускается в пределах 1–2°; при больших значениях уклона опорно-поворотное устройство экскаватора будет иметь односторонний износ.

При работе в слабых грунтах необходимо экскаватор устанавливать на деревянные щиты или железные балки.

Экскаватор в забое должен быть расположен так, чтобы черпанье производилось в пределах 2/3 длины рукояти, а выгрузка в транспорт осуществлялась без дополнительного выдвижения рукояти, с наименьшим углом поворота платформы.

Техническое состояние экскаватора должно обеспечивать его бесперебойную работу. Для этого должен быть надлежащий уход за механизмами в период пересменок и другого нерабочего времени. Для своевременного и качественного обслуживания экскаватора необходимо обеспечение всеми запчастями, а также смазочными и другими материалами.

Для исключения простоя экскаватора необходимо его обеспечивать в достаточном количестве транспортными средствами. Последние должны иметь в 4–5 раз большую емкость, чем ковш экскаватора [12].

Для сокращения времени погрузки грунта в транспортные средства в первую очередь следует производить разработку забоя ближе к транспорту, а в период отсутствия транспорта производить перекидку грунта из более удаленной части забоя и сортировку грунта по габаритам [12].

При черпании необходимо плавно заглублять ковш в грунт, используя напор

так, чтобы получить стружку, обеспечивающую наилучшее заполнение ковша при  
Для наименьшей затраты времени, заполненный ковш следует сразу же перемещать на выгрузку. Перемещения недостаточно заполненного ковша на выгрузку следует избегать; целесообразнее в этом случае заполнить ковш за два черпания [12].

При работе в глинистых грунтах для уменьшения налипания глины на ковш следует снимать более тонкую стружку, которая лучше разрыхляется, а также необходимо систематически очищать ковш.

Производительность экскаватора следует повышать за счет сокращения рабочего цикла, совмещая отдельные операции по времени. Перемещение наполненного ковша из забоя на выгрузку и возвращение его в исходное положение совмещаются с поворотами.

Производительность экскаватора зависит во многом от организованности экскаваторной бригады, отношения ее к работе и содержанию механизмов [11].

При сдаче экскаватора следующей смене забой должен быть очищен для возможности осмотра узлов экскаватора. В период сдачи-приемки производится осмотр и ежесменный уход за механизмами [12]. Сдача-приемка производится с отметкой в сменном журнале о состоянии экскаватора, а также о произведенных ремонтах.

Выводы по разделу три.

Описана технологическая линия добычи природного сырья, а именно разработка забоя экскаватором, его правильное расположение в забое, чтобы не допустить простоя экскаватора по техническим ситуациям, возникшим из-за обвала забоя или просадки горной породы.

## 4 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ

### 4.1 Расчет материально-технического баланса

Экскаваторы с прямой лопатой применяются при загрузке горной массы в вагоны думпкара или для погрузки карьерных самосвалов, также могут применяться в комплексе с конвейерным транспортом при погрузке в передвижные бункеры-приёмники.

На выбор типа машин влияют масштабы горных работ, глубина карьера, высота уступов, способ выемки пород и др. Существует тенденция: чем мощнее и глубже карьер, тем крупнее и производительнее должно быть оборудование.

При проектировании в первую очередь выбирают тип выемочно-погрузочной машины. Ёмкость ковша экскаваторов и их тип при транспортных схемах разработки месторождений зависят от производительности карьера и параметров транспортного оборудования (грузоподъемности, геометрического объёма транспортного сосуда, высоты бортов и т.д.); годовой объём работ – 2–5 млн. м<sup>3</sup>.

При выборе погрузочного оборудования на пунктах перегрузки необходимо в большей степени учитывать параметры транспортных сосудов (геометрический объём транспортного сосуда, высота бортов) [13].

Определяем теоретическую производительность экскаватора [13]:

$$Q_{теор} = \frac{3600 \cdot E}{t_{ц}} = \frac{3600 \cdot 5,2}{23} = 813,91 \text{ м}^3/\text{ч}; \quad (1)$$

где  $E$  – ёмкость ковша экскаватора, м<sup>3</sup>;

$t_{ц}$  – продолжительность цикла черпания экскаватора.

Определяем техническую производительность [13]:

$$Q_{техн} = \frac{Q_{теор} \cdot K_n \cdot K_{пр}}{K_p} = \frac{813,91 \cdot 1,25 \cdot 0,8}{1,2} = 678,26 \text{ м}^3/\text{ч}; \quad (2)$$

где  $K_n$  – коэффициент наполнения ковша,  $K_n = 1,25–1,4$ ;

$K_p$  – коэффициент разрыхления породы,  $K_p = 1,2–1,45$ ;

$K_{пр}$  – коэффициент организационных простоев, зависит от частоты перемещения экскаватора в забое и организации работы,  $K_{пр} = 0,8$ .

Эксплуатационная производительность [13]:

$$Q_{экс} = Q_{техн} \cdot T \cdot K_m = 678,26 \cdot 12 \cdot 0,5 = 4069,56 \text{ м}^3/\text{в смену}, \quad (3)$$

где  $T$  – длительность смены в часах,  $T = 12$  ч;

$K_m$  – коэффициент машинного времени, при автомобильном транспорте – 0,5.

Уточненные понятия о технической и эксплуатационной производительности машин дает возможность остановиться на удельных показателях энергоёмкости,

металлоемкости и трудовых затратах при работе машины, т.е. пользоваться такими удельными показателями, которые при сравнении между собой позволяют достаточно объективно судить о преимуществах той или иной машины.

Удельная энергоемкость экскаватора [13]:

$$N_{уд} = \frac{N}{Q_{экс}} = \frac{250}{4069,56} = 0,06 \text{ кВт}/(\text{м}^3 \text{ в смену}), \quad (4)$$

где  $N$  – мощность установленного двигателя.

Удельная металлоемкость экскаватора [13]:

$$G_{уд} = \frac{G}{Q_{экс}} = \frac{151}{4069,56} = 0,037 \text{ кг}/(\text{м}^3 \text{ в смену}), \quad (5)$$

где  $G$  – вес машины.

#### 4.2 Расчет необходимого количества машин

Необходимое количество экскаваторов [13]:

$$N = \frac{Q_{год} \cdot K_{нр} \cdot K_{рез}}{Q_{экс} \cdot T_{год} \cdot n} = \frac{5000000 \cdot 1,2 \cdot 1,2}{4069,56 \cdot 335 \cdot 2} = 3 \text{ машины}, \quad (6)$$

где  $Q_{год}$  – годовой объем работ;

$K_{нр}$  – коэффициент неравномерности работ,  $K_{нр} = 1,2$ ;

$K_{рез}$  – коэффициент резерва,  $K_{рез} = 1,2$ ;

$T_{год}$  – количество рабочих дней в году, при непрерывном режиме работы [13]:

$$T_{год} = 365 - n_{дн.р} = 365 - 30 = 335 \text{ дней}, \quad (7)$$

где  $n_{дн.р}$  – количество дней в ремонте;

$n$  – количество рабочих смен в сутки.

#### 4.3 Определение основных геометрических параметров оборудования

Рассчитаем основные параметры экскаватора:

1) Найдем ширину ковша по следующей формуле [13]:

$$b_k = k_{ш.к} \cdot \sqrt[3]{q_k} = 1,1 \cdot \sqrt[3]{5,2} = 1,9 \text{ м}, \quad (8)$$

где  $k_{ш.к}$  – коэффициент ширины ковша, принимается  $k_{ш.к} = 1,1$ ;

$q_k$  – вместимость ковша,  $\text{м}^3$ .

2) Длину ковша найдем по следующей формуле [13]:

$$l_k = k_{\partial.k.} \cdot \sqrt[3]{q_k} = 1,15 \cdot \sqrt[3]{5,2} = 1,99 \text{ м}, \quad (9)$$

где  $k_{\partial.k.}$  – коэффициент длины ковша, принимается  $k_{\partial.k.} = 1,15$ .

3) Найдем длина рукояти [13]:

$$l_p = k_{\partial.p.} \cdot \sqrt[3]{M_э} = 1,5 \cdot \sqrt[3]{151} = 7,98 \text{ м}, \quad (10)$$

где  $k_{\partial.p.}$  – коэффициент длины рукояти, принимается  $k_{\partial.p.} = 1,5$ ;

$M_э$  – масса экскаватора, т.

4) Длины стрелы найдем по следующей формуле [13]:

$$l_c = k_{\partial.c.} \cdot \sqrt[3]{M_э} = 2,44 \cdot \sqrt[3]{151} = 12,99 \text{ м}, \quad (11)$$

где  $k_{\partial.c.}$  – коэффициент длины стрелы,  $k_{\partial.c.} = 2,44$ ;

$M_э$  – масса экскаватора, т.

5) По следующей формуле найдем высоту копания грунта [13]:

$$H_k = k_{в.к.} \cdot \sqrt[3]{M_э} = 2,8 \cdot \sqrt[3]{151} = 14,91 \text{ м}, \quad (12)$$

где  $k_{в.к.}$  – коэффициент высоты копания,  $k_{в.к.} = (2,6 \div 3,0)$ ;

$M_э$  – масса экскаватора, т.

6) Толщина срезаемого слоя грунта находится по формуле [13]:

$$h = \frac{q_k \cdot k_H}{H_k \cdot b_k \cdot k_{разр}} = \frac{5,2 \cdot 1,2}{14,91 \cdot 1,9 \cdot 1,2} = 0,13 \text{ м}, \quad (13)$$

где  $q_k$  – вместимость ковша,  $\text{м}^3$ ;

$k_H$  – коэффициент наполнения грунта,  $k_H = (0,8-1,2)$ ;

$H_k$  – высота копания, м;

$k_{разр}$  – коэффициент разрыхления грунта,  $k_{разр} = (1,1-1,3)$ .

7) Рассчитаем сопротивление грунта копанию [13]:

$$P_k = k_p \cdot h \cdot b_k = 0,18 \cdot 0,13 \cdot 1,9 = 0,045 \text{ МПа}, \quad (14)$$

где  $k_p$  – удельное сопротивление грунта копанию, МПа;

$h$  – толщина срезаемого слоя грунта, м;

$b_k$  – ширина ковша, м.

8) Плечи действующих сил находится по следующей формуле [13]:

а) плечо действия усилия в подъемном канате:

$$l_n = 0,5 \cdot l_c \cdot \cos 45^\circ = 0,5 \cdot 12,99 \cdot \cos 45^\circ = 3,31 \text{ м}, \quad (15)$$



где  $l_c$  – длина стрелы, м.

б) плечо действия веса ковша с грунтом:

$$l_{к2} = 0,9 \cdot l_p + 0,5 \cdot l_k = 0,9 \cdot 7,98 + 0,5 \cdot 1,99 = 8,18 \text{ м}, \quad (16)$$

где  $l_p$  – длина рукояти, м;

$l_k$  – длина ковша, м.

в) плечо действия веса рукояти:

$$L_p = 0,4 \cdot l_p = 0,4 \cdot 7,98 = 3,19 \text{ м}, \quad (17)$$

где  $l_p$  – длина рукояти, м.

г) плечо действия силы сопротивления копанию

$$L_k = 0,9 \cdot l_p + l_k = 0,9 \cdot 7,98 + 1,99 = 9,17 \text{ м}, \quad (18)$$

где  $l_p$  – длина рукояти, м;

$l_k$  – длина ковша, м.

9) Усилие в подъемном канате находится по формуле [13]:

$$\begin{aligned} S_n &= P_k \cdot l_k + G_{к.2} \cdot l_{к.2} + G_k \cdot (l_p / l_n) = \\ &= 0,045 \cdot 1,99 + 213769,71 \cdot 8,18 + 97462,35 \cdot (7,98/3,31) = 1983605,97 \text{ Н}. \end{aligned} \quad (19)$$

Вес ковша с грунтом:

$$G_{к.2} = G_k + G_z = 97462,35 + 116307,36 = 213769,71 \text{ Н}, \quad (20)$$

где  $G_k$  – вес металлоконструкции ковша, Н;

$G_z$  – вес грунта, находящегося в ковше, Н.

Вес металлоконструкции ковша [13]:

$$G_k = M_k \cdot g = 9935 \cdot 9,81 = 97462,35 \text{ Н}, \quad (21)$$

где  $M_k$  – масса ковша, 9935 кг.

Вес грунта, находящегося в ковше [13]:

$$G_z = q_k \cdot \gamma_0 \cdot k_n \cdot g = 5,2 \cdot 1900 \cdot 1,2 \cdot 9,81 = 116307,36 \text{ Н}, \quad (22)$$

где  $q_k$  – вместимость ковша, м<sup>3</sup>;

$\gamma_0$  – объемная масса грунта, кг/м<sup>3</sup>;

$k_n$  – коэффициент наполнения грунта,  $k_n = (0,8-1,2)$ .

10) Рассчитаем усилие в канате грузоподъемного механизма [13]:

$$S_{n.к} = S_n / i_n \cdot \eta_n = 1983605,97 / 2 \cdot 0,9 = 1102003,32 \text{ Н}, \quad (23)$$

где  $S_n$  – усилие в подъемном канате, Н;

$i_n$  – кратность полиспаста,  $i_n = 2$ ;

$\eta_n$  – КПД полиспаста,  $\eta_n = 0,9$ .

11) Найдем мощность необходимая для подъема ковша с грунтом по следующей формуле [13]:

$$N_n = S_{n.к} \cdot v_n / 1000 \cdot \eta_n = (1102003,32 \cdot 0,6) / (1000 \cdot 0,85) = 777,88 \text{ Н}, \quad (24)$$

где  $S_{n.к}$  – усилие в грузоподъемном канате, Н;

$v_n$  – скорость подъема ковша, м/с,  $v_n = (0,5–0,7)$  м/с;

$\eta_m$  – КПД подъемного механизма,  $\eta_m = 0,85$ .

12) Напорное усилие в механизме принимается в зависимости от усилия в подъемном механизме [13]:

$$S_H = 0,5 \cdot S_{n.к} = 0,5 \cdot 1102003,32 = 551001,66 \text{ Н}. \quad (25)$$

13) Мощность напорного механизма находим по следующей формуле[13]:

$$N_H = S_H \cdot v_H / 1000 \cdot \eta_H = 551001,66 \cdot 0,2 / 1000 \cdot 0,85 = 129,65 \text{ Н}, \quad (26)$$

где  $S_H$  – напорное усилие, Н,

$v_H$  – скорость движения рукояти,  $v_H = (0,1–0,2)$  м/с,

$\eta_H$  – КПД механизма напора,  $\eta_H = 0,85$ .

#### 4.4 Кинематический расчет подъемной лебедки экскаватора ЭКГ-5А

Подъемная лебедка предназначена для сообщения подъемного движения к ковшу. Кинематическая схема подъемной лебедки представлена на рисунке 8.

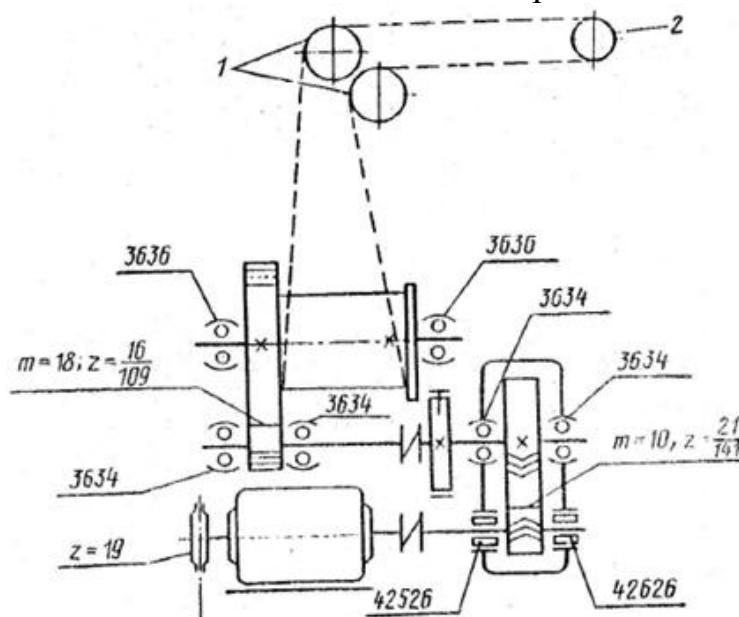


Рисунок 8 – Кинематическая схема подъемной лебедки: 1 – головные блоки; 2 – уравнительный блок ковша

Электродвигатель привод в движение барабан через зубчатую пару, связанную с валом электродвигателя с муфтой, и зубчатую пару, соединенную с предыдущей парой муфтой, одной из полумуфт которой служит тормозным шкивом тормоза. Зубчатое колесо жестко скреплено с барабаном. На барабане закреплены оба конца каната, ветви которого перекинуты через блоки на головной части стрелы, а петля охватывает уравнильный блок ковша. При наматывании каната на барабан ковш поднимается. Опускание ковша происходит под собственным весом [8].

Характеристики зубчатых передач приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Характеристики зубчатых передач

Передачи	Число зубьев	Модуль, мм	Диаметр делительной окружности, мм	Длина зуба, мм	Коэффициент коррекции
От вала двигателя к промежуточному валу (шевронная передача)	21	10	210	250	+0,5
	142	10	1420	250	-0,5
От промежуточного вала к валу барабана	16	18	288	260	+0,5
	109	18	1962	250	-0,5

Эквивалентный момент инерции приводных двигателей [8]:

$$J_{дв.эл} = 2 \cdot J_{дв} = 2 \cdot 30 = 60 \text{ кг} \cdot \text{м}^2. \quad (27)$$

Приведенный эквивалентный момент инерции вращающихся элементов механизма подъема (муфт, шестерен, барабанов) может быть найден по упрощенному выражению [8]:

$$J_{мех1} = (0,15 \div 0,2) \cdot J_{дв} = 0,175 \cdot 60 = 10,5 \text{ кг} \cdot \text{м}^2. \quad (28)$$

Приведенный момент инерции порожнего ковша [8]:

$$J_k = m_k \cdot \frac{D_b^2}{4 \cdot i_{ред}^2 \cdot i_{пол}^2} = 29,6 \cdot 10^3 \cdot \frac{1,4^2}{4 \cdot 29,75^2 \cdot 2^2} = 4,09 \text{ кг} \cdot \text{м}^2. \quad (29)$$

Приведенный момент инерции породы [8]:

$$J_n = m_n \cdot \frac{D_b^2}{4 \cdot i_{ред}^2 \cdot i_{пол}^2} = 38,8 \cdot 10^3 \cdot \frac{1,4^2}{4 \cdot 29,75^2 \cdot 2^2} = 5,37 \text{ кг} \cdot \text{м}^2. \quad (30)$$

Для предварительных расчетов можно ограничиться учетом момента инерции рукояти, выдвинутой на 2/3 длины, которая определяется по выражению [8]:

$$J_{p(2/3)} = m_p \cdot \frac{D_6^2}{16 \cdot i_{ред}^2 \cdot i_{пол}^2} = 16,54 \cdot 10^3 \cdot \frac{1,4^2}{16 \cdot 29,75^2 \cdot 2^2} = 0,57 \text{ кг} \cdot \text{м}^2. \quad (31)$$

Приведенный момент инерции каната [8] [8]:

$$J_{кан} = m_{кан} \cdot \frac{D_6^2}{4 \cdot i_{ред}^2 \cdot i_{пол}^2} = 1837 \cdot \frac{1,4^2}{4 \cdot 29,75^2 \cdot 2^2} = 0,254 \text{ кг} \cdot \text{м}^2. \quad (32)$$

Эквивалентный момент инерции первой массы [8]:

$$J_1 = J_{дв.эл} + J_{мех1} = 60 + 10,5 = 70,5 \text{ кг} \cdot \text{м}^2. \quad (33)$$

Эквивалентный момент инерции второй массы с порожним ковшом [8]:

$$J_{1мин} = J_k + J_p + J_{кан} = 4,09 + 0,57 + 0,254 = 4,92 \text{ кг} \cdot \text{м}^2. \quad (34)$$

Эквивалентный момент инерции второй массы с заполненным ковшом [8]:

$$J_{2мин} = J_k + J_n + J_p + J_{кан} = 4,09 + 5,37 + 0,57 + 0,254 = 10,284 \text{ кг} \cdot \text{м}^2. \quad (35)$$

Вывод по разделу четыре.

Произведены расчеты теоретической, технической и эксплуатационной производительностей, что составляют 813,91 м<sup>3</sup>/ч, 678,26 м<sup>3</sup>/ч и 4069,56 м<sup>3</sup>/в смену соответственно. Рассчитаны 3 машины, которые необходимы в карьере. Определены основные геометрические параметры оборудования. Мощность необходимое для подъема ковша с грунтом составляет 777,88 Н. Эквивалентный момент инерции равен 10,284 кг · м<sup>2</sup>.

## 5 МЕХАНИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ

### 5.1 Расчет нагрузки подъемного механизма прямой механической лопаты

К главным механизмам одноковшовых экскаваторов относят подъемный, напорный (тяговый), поворотный и ходовой механизмы, имеющие различные характеры нагрузок при работе экскаватора. Работа подъемного, напорного и поворотного механизмов носит циклический характер, причем для подъемного и напорного механизмов характерны резко переменное изменение статического момента сопротивления и колебания скорости перемещения рабочего органа [6].

Для определения нагрузок подъемного механизма строят в масштабе схемы расчетных положений рабочего оборудования экскаватора на рисунке 9 по данным расчета линейных размеров конструктивных элементов экскаватора.

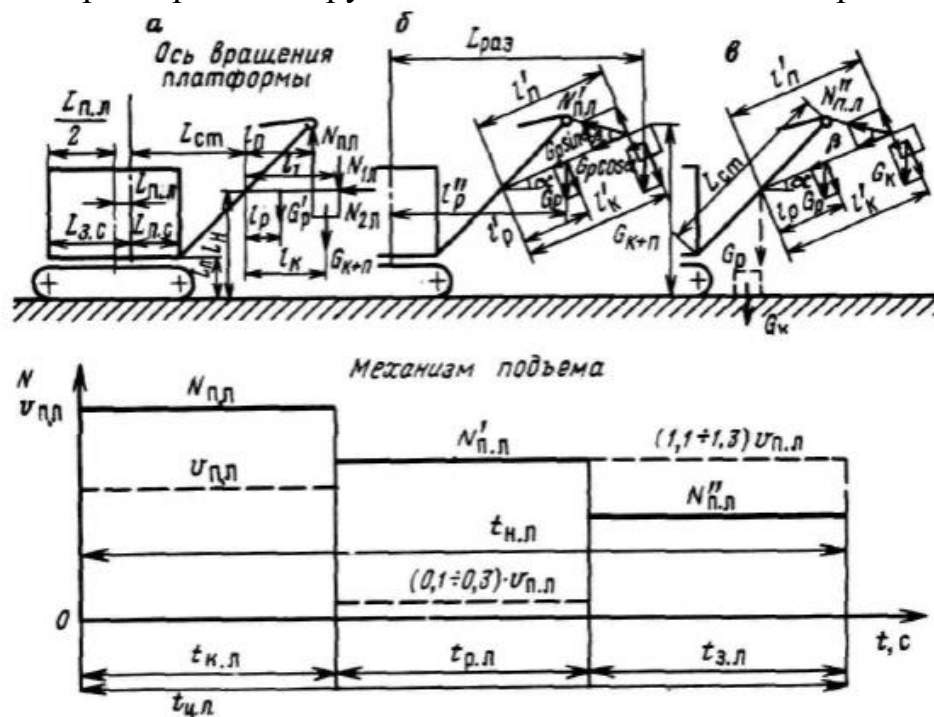


Рисунок 9 – Схема расположения ковша и рукояти механической лопаты для определения усилий и построения нагрузочных и скоростных диаграмм главных механизмов в период: а – копания; б – поворота груженого ковша на разгрузку; в – поворота порожнего ковша забой

Усилие  $N_{пл}$ , которое возникает в подъемном канате механической лопаты и обуславливает нагрузку двигателя подъемного механизма при копании, вычисляют из уравнения моментов, создаваемых сопротивлением породы копанию  $N_{1л}$ , весом ковша с породой  $G_{к+п}$  и весом рукояти  $G_p$  относительно оси напорного вала [6].

Сопротивление породы копанию находится по формуле [6]:

$$N_{1л} = \frac{E_l \cdot k_{к.л}}{L_3 \cdot k_p} \cdot 10^3 = \frac{6,3 \cdot 2,3}{6 \cdot 1,3} \cdot 10^3 = 185769,23 \text{ Н}, \quad (36)$$

где  $k_{к.л}$  – удельное сопротивление породы копанию, зависящее от характера породы, Па;

$E_l$  – вместимость ковша, м<sup>3</sup>;

$L_з$  – высота забоя, м;

$k_p$  – коэффициент разрыхления породы.

Вес ковша с породой находится по формулам [6]:

$$G_{к+n} = g \cdot (m_k + m_n) \cdot 10^3, \quad (37)$$

где  $m_k$  – масса ковша:

$$m_k = 1,15 \cdot c_{к.л} \cdot E_l = 1,15 \cdot 2 \cdot 6,3 = 14,49 \text{ т}, \quad (38)$$

где  $c_{к.л}$  – коэффициент для определения массы ковша экскаватора;

$m_n$  – масса породы [6]:

$$m_n = \frac{E_l \cdot \gamma_{гор}}{k_p} = \frac{6,3 \cdot 3,2}{1,3} = 15,5 \text{ т}, \quad (39)$$

где  $\gamma_{гор}$  – плотность горной породы, т/м<sup>3</sup>.

$$G_{к+n} = 9,81 \cdot (14,49 + 15,5) \cdot 10^3 = 294201,9 \text{ Н}.$$

Вес рукояти находится по формуле [6]:

$$G_p = g \cdot m_p \cdot 10^3, \quad (40)$$

где  $g$  – ускорение свободного падения;

$m_p$  – масса рукояти механической лопаты [6]:

$$m_p = c_p \cdot m_k = 0,4 \cdot 14,49 = 5,796 \text{ т}, \quad (41)$$

где  $c_p$  – коэффициент для определения размеров рукоятей экскаваторов.

$$G_p = 9,8 \cdot 5,796 \cdot 10^3 = 56800,8 \text{ Н}.$$

Усилия в подъемном механизме лопаты, соответствующая вертикальному положению подъемного каната ( $\beta = 90^\circ$ ) и горизонтальному положению рукояти ( $\alpha = 0^\circ$ ), принимают за расчетные при определении мощности двигателя за время копания. Поэтому для расчетов усилий в подъемном механизме за время копания целесообразна формула [6]:

$$N_{n.l} = \frac{N_{1.l} \cdot l_1 + G_{\kappa+n} \cdot l_{\kappa} + G_p \cdot l_p}{l_n} =$$

$$= \frac{185769,23 \cdot 7,5 + 294201,9 \cdot 5,25 + 56800,8 \cdot 0,9}{14,5} = 206134,48 \text{ Н}, \quad (42)$$

где  $l_1, l_{\kappa}, l_p, l_n$  – длины плеч, определяемые по схеме, м.

Усилие  $N'_{n.l}$ , возникающее в подъемном механизме лопаты при повороте платформы на разгрузку, определяют из уравнения моментов, создаваемых весом ковша с породой и весом рукояти относительно оси напорного вала [6]:

$$N'_{n.l} = \frac{G_{\kappa+n} \cdot l'_{\kappa} \cdot \cos \alpha + G_p \cdot l'_p \cdot \cos \alpha}{l'_n \cdot \sin \beta} =$$

$$= \frac{294201,9 \cdot 8,25 \cdot \cos 12^\circ + 56800,8 \cdot 1,5 \cdot \cos 12^\circ}{10,35 \cdot \sin 45^\circ} = 339143,52 \text{ Н}. \quad (43)$$

Длины плеч  $l'_1, l'_{\kappa}, l'_p, l'_n$  при верхнем положении ковша и полностью выдвинутой рукояти определяются по рисунку 9 б, в.

При возвращении платформы с порожним ковшом в забой усилие в подъемном механизме лопаты  $N''_{n.l}$  определяют [6]:

$$N''_{n.l} = \frac{G_{\kappa+n} \cdot l'_{\kappa} \cdot \cos \alpha + G_p \cdot l'_p \cdot \cos \alpha}{l'_n \cdot \sin \beta} =$$

$$= \frac{294201,9 \cdot 8,25 \cdot \cos 12^\circ + 56800,8 \cdot 1,5 \cdot \cos 12^\circ}{10,35 \cdot \sin 40^\circ} = 370938,22 \text{ Н}. \quad (44)$$

## 5.2 Расчет мощности двигателя подъемного механизма механической лопаты

Мощность двигателя подъемного механизма лопаты при копании породы находится по формуле [6]:

$$P_{n.l} = \frac{N_{n.l} \cdot v_{n.l}}{\eta_{n.l}} \cdot 10^{-3} = \frac{206134,48 \cdot 0,85}{0,85} \cdot 10^{-3} = 206,13 \text{ кВт}, \quad (45)$$

где  $N_{n.l}$  – усилие в подъемном механизме при копании, Н;

$v_{n.l}$  – скорость перемещения подъемного каната, м/с;

$\eta_{n.l}$  – КПД подъемного механизма, равный 0,8–0,85.

Мощность двигателя подъемного механизма лопаты при повороте платформы на разгрузку определяют по формуле [6]:

$$P'_{n.l} = (0,1 \div 0,3) \cdot \frac{N'_{n.l} \cdot v_{n.l}}{\eta_{n.l}} \cdot 10^{-3} = 0,2 \cdot \frac{339143,52 \cdot 0,3 \cdot 0,85}{0,85} \cdot 10^{-3} = 20,35 \text{ кВт}, \quad (46)$$

где  $N'_{н.л}$  – усилие в подъемном механизме при повороте платформы на разгрузку, Н.

Средняя скорость перемещения подъемного каната при повороте платформы на разгрузку соответствует «ползучим» частотам вращения двигателя и в расчетах принимается равной  $(0,1-0,3)v_{н.л}$ .

Мощность двигателя подъемного механизма при повороте платформы с порожним ковшем в забой находится по формуле [6]:

$$P''_{н.л} = (1,1 \div 1,3) \cdot \frac{N''_{н.л} \cdot v_{н.л}}{\eta_{н.л}} \cdot 10^{-3} = 1,2 \cdot \frac{370938,22 \cdot 1,3 \cdot 0,85}{0,85} \cdot 10^{-3} = 578,66 \text{ кВт}, \quad (47)$$

где  $N''_{н.л}$  – усилие в подъемном механизме при повороте платформы с порожним ковшем в забой, Н.

При повороте платформы и спуске порожнего ковша в забой схема управления приводом подъемного механизма обеспечивает ослабление поля возбуждения двигателя. При этом частота вращения двигателя увеличивается на 10–30 %, что соответствует расчетной скорости перемещения подъемного каната  $(1,1-1,3)v_{н.л}$ .

Для предварительных расчетов время цикла можно разбить на три равных периода:

- копания –  $t_{к.л}$ ;
- поворота платформы на разгрузку –  $t_{р.л}$ ;
- поворота платформы с порожним ковшем в забой –  $t_{з.л}$ .

$$t_{к.л} = t_{р.л} = t_{з.л} = \frac{1}{3} T_{ц} = \frac{1}{3} \cdot 23 = 7,67 \text{ с}, \quad (48)$$

где  $T_{ц}$  – время цикла работы.

Средневзвешенные мощности двигателей подъемного механизмов находится по форме [6]:

$$P_{н.л(св)} = \frac{P_{н.л} \cdot t_{к.л} + P'_{н.л} \cdot t_{р.л} + P''_{н.л} \cdot t_{з.л}}{T_{ц}} = \frac{206,13 \cdot 7,67 + 20,35 \cdot 7,67 + 578,66 \cdot 7,67}{23} = 268,49 \text{ кВт}. \quad (49)$$

### 5.3 Расчет скоростей и моментов механической части привода подъема на различных участках цикла

Мощность двигателя [6]:

$$P_{ном} = S_{мп} \cdot \cos\varphi = 285,9 \cdot 0,9 = 257,3 \text{ кВА}. \quad (50)$$



Частота вращения барабана [16]:

$$n_{\bar{o}} = \frac{60 \cdot v_{\text{макс}}}{\pi \cdot D_{\bar{o}}} = \frac{60 \cdot 0,94}{3,14 \cdot 1,05} = 17,14 \text{ мин}^{-1}, \quad (51)$$

где  $v_{\text{макс}}$  – скорость подъема;

$D_{\bar{o}}$  – диаметр барабана лебедки.

Требуемая частота вращения приводного двигателя [6]:

$$n_{\text{дв}} = n_{\bar{o}} \cdot i_{\text{ред}} = 17,14 \cdot 43 = 737,14 \text{ мин}^{-1}, \quad (52)$$

где  $i_{\text{ред}}$  – передаточное отношение редуктора.

Угловая скорость двигателя [6]:

$$\omega_{\text{ном}} = \frac{2 \cdot \pi \cdot n_{\text{дв}}}{60} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 737,14}{60} = 77,1 \text{ с}^{-1}. \quad (53)$$

Номинальный момент двигателя [6]:

$$M_{\text{ном}} = \frac{P_{\text{ном}}}{\omega_{\text{ном}}} = \frac{2573000}{77,1} = 3337 \text{ Н}\cdot\text{м}. \quad (54)$$

Общий вид нагрузочной диаграммы механизма подъема приведен на рисунке 10.

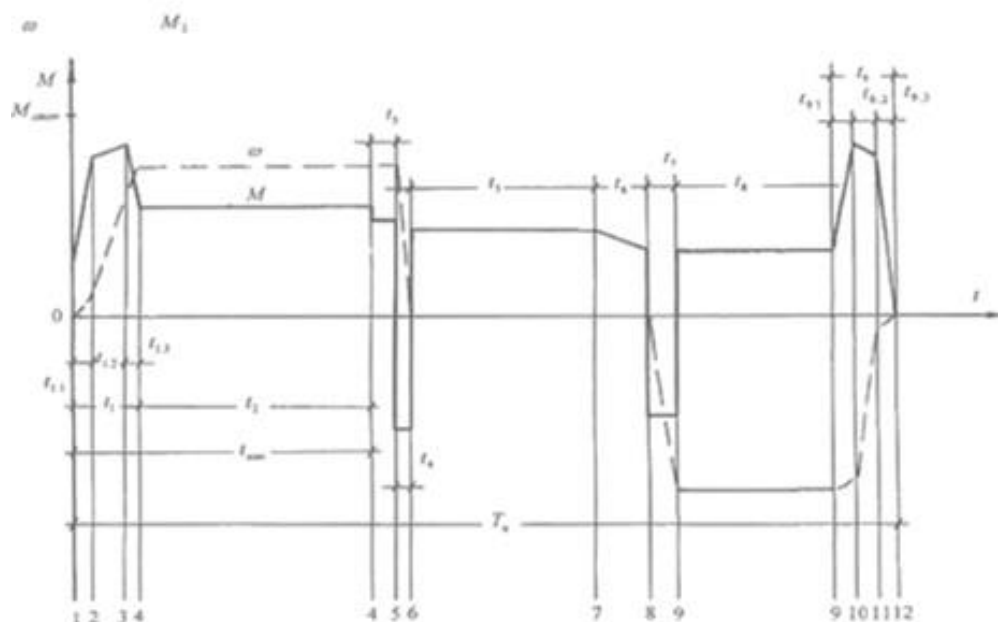


Рисунок 10 – Нагрузочная диаграмма привода механизма подъема

Найдем значения скоростей и моментов двигателя привода подъема на различных участках цикла.

В начале копания:  $\omega_1 = 0$ ;  $M = M$ .

Нарастание момента при разгоне в начале подъёма [6]:

$$\omega_2 = 0,1 \cdot \omega_{ном} = 0,1 \cdot 77,1 = 7,71 \text{ с}^{-1}; \quad (55)$$

$$M_2 = 0,9 \cdot M_{стоп} = 0,9 \cdot 6600 = 5940 \text{ Н}\cdot\text{м}, \quad (56)$$

где  $M_{стоп}$  – стопорный момент двигателя.

Разгон на подъём берётся из механической характеристики.

Момент  $M_3$  [6]:

$$M_3 = 0,8 \cdot M_{стоп} = 0,8 \cdot 6600 = 5280 \text{ Н}\cdot\text{м}, \quad (57)$$

Выход на заданную скорость черпания берётся из механической характеристики.  $\omega_4 = 74 \text{ с}^{-1}$ .

Момент  $M_4$  [6]:

$$M_4 = 0,65 \cdot M_{стоп} = 0,65 \cdot 6600 = 4290 \text{ Н}\cdot\text{м}. \quad (58)$$

Подъём ковша с рукоятью в период черпания грунта берётся из механической характеристики.

Дополнительный подъём ковша с рукоятью [6]:

$$\omega_5 = \frac{2 \cdot v_{макс} \cdot i_{ред}}{D_{\delta}} = \frac{2 \cdot 0,94 \cdot 43}{1,05} = 76,99 \text{ с}^{-1}; \quad (59)$$

$$\begin{aligned} M_5 &= \frac{(m_k + m_z + 0,5 \cdot m_p) \cdot g \cdot D_{\delta}}{2 \cdot i_{ред} \cdot n_n} = \\ &= \frac{(9865 + 9360 + 0,5 \cdot 7500) \cdot 9,81 \cdot 1,05}{2 \cdot 43 \cdot 0,9} = 3054,43 \text{ Н}\cdot\text{м}, \end{aligned} \quad (60)$$

$m_k$  – масса пустого ковша;

$m_z$  – масса грунта в ковше;

$m_p$  – масса рукояти;

$n_n$  – КПД механизма подъема.

Остановка ковша после выхода из забоя [6]:

$$M_6 = 0,5 \cdot M_{стоп} = 0,5 \cdot 6600 = 3300 \text{ Н}\cdot\text{м}. \quad (61)$$

Удержание гружёного ковша [6]:

$$M_7 = \frac{(m_k + m_z + 0,5 \cdot m_p) \cdot g \cdot D_{\delta} \cdot n_n}{2 \cdot i_{ред}}$$

$$= \frac{(9865 + 9360 + 0,5 \cdot 7500) \cdot 9,81 \cdot 1,05 \cdot 0,9}{2 \cdot 43} = 2474,08 \text{ Н}\cdot\text{м}. \quad (62)$$

Разгрузка ковша [6]:

$$M_8 = \frac{(m_k + 0,5 \cdot m_p) \cdot g \cdot D_{\bar{o}} \cdot n_n}{2 \cdot i_{ред}} = \frac{(9865 + 0,5 \cdot 7500) \cdot 9,81 \cdot 1,05 \cdot 0,9}{2 \cdot 43} = 1467,64 \text{ Н}\cdot\text{м}. \quad (63)$$

Опускание порожнего ковша с постоянной скоростью [6]:

$$\omega_9 = 1,3 \cdot \omega_5 = 1,3 \cdot 76,99 = 100,08 \text{ с}^{-1}. \quad (64)$$

Момент при опускании порожнего ковша [6]:

$$M_9 = \frac{m_k \cdot g \cdot D_{\bar{o}} \cdot n_n}{2 \cdot i_{ред}} = \frac{9865 \cdot 9,81 \cdot 1,05 \cdot 0,9}{2 \cdot 43} = 1063,4 \text{ Н}\cdot\text{м}. \quad (65)$$

Нарастание момента при торможении пустого ковша [6]:

$$\omega_{10} = 0,9 \cdot \omega_9 = 0,9 \cdot 100,08 = 90,07 \text{ с}^{-1}. \quad (66)$$

Момент  $M_{10} = M_{мон}$ .

Торможение пустого ковша после опускания [6]:

$$\omega_{11} = 0,1 \cdot \omega_5 = 0,1 \cdot 76,99 = 7,69 \text{ с}^{-1}. \quad (67)$$

Момент  $M_{11}$  [6]:

$$M_{11} = 0,9 \cdot M_{мон} = 0,9 \cdot 6600 = 5940 \text{ Н}\cdot\text{м}. \quad (68)$$

Вывод по разделу пять.

Определены усилия в подъемном механизме за время копания – 206134,48 Н, при повороте платформы на разгрузку – 339143,52 Н, при возвращении платформы с порожним ковшом в забой – 370938,22 Н. Рассчитаны мощности в подъемном механизме за время копания – 206,13 кВт, при повороте платформы на разгрузку – 20,35 кВт, при возвращении платформы с порожним ковшом в забой – 578,66 кВт. Мощность двигателей подъемного механизмов – 268,49 кВт. Определены частота вращения барабана – 17,14 мин<sup>-1</sup>, частота вращения приводного двигателя – 737,14 мин<sup>-1</sup>, угловая скорость двигателя – 77,1 с<sup>-1</sup>.

## 6 МОНТАЖ ОБОРУДОВАНИЯ

### 6.1 Монтаж

Правильный и тщательный монтаж экскаватора имеет большое значение для его последующей работы. В монтажную бригаду для сборки экскаватора входят механики, слесаря и электрики. Срок монтажа примерно 64 дня (на механическую, электрическую часть и наладку). Монтажная площадка размером 20×40 м должна быть расположена вблизи линии железной дороги для удобства разгрузки железнодорожных платформ и в то же время не вдалеке от забоя, в котором будет работать экскаватор. К началу разгрузки вагонов площадка должна быть спланирована и освещена для работы в ночное время. Вблизи монтажной площадки нужно своевременно сосредоточить грузоподъемные средства, приспособления для монтажа, построить навесы, помещение для хранения инструмента, мелких узлов и деталей экскаватора.

Для монтажа экскаватора заказчик обеспечивает следующим:

- грузоподъемными средствами;
- брусками или шпалами в количестве 40–50 штук (для клеток и настила);
- монтажными инструментами (ломы, монтировки, напильники и т. д.);
- приспособлениями (для навески канатов, гайки центральной цапфы и т. д.);
- набором канатов для стропов;
- дрелью, наждаком, электро- и газосварочной аппаратурой;
- промывочной жидкостью и посудой;
- смазочными и обтирочными материалами;
- балластом для контргруза и другими необходимыми материалами [16].

При монтаже и ремонта экскаватора эксплуатирующее предприятие должно предусматривать необходимые ограждения, площадки, лестницы и другие приспособления, обеспечивающие безопасность работы персонала.

Монтаж может производиться различными способами, применительно к местным условиям: при помощи кранов или кранов-экскаваторов, а также при помощи лебедок, домкратов и монтажных штанг (при отсутствии на руднике кранов или кранов-экскаваторов).

Для разгрузки сборочных единиц и монтажа экскаватора рекомендуется применять железнодорожный кран грузоподъемностью 40–45 т, гусеничный кран той же грузоподъемности, или два крана грузоподъемностью 20–25 т [16].

Экскаватор поставляется заказчику отдельными сборочными единицами согласно таблице 5.

Электроаппаратура доставляется к месту монтажа отдельно от механизмов. Упаковку узлов электрооборудования и других сборочных единиц и деталей не следует снимать до того, пока не потребуются их устанавливать на машину.

Все узлы электрооборудования, гидроуправления и другие узлы, не допускающие воздействия скорости, накрыть навесом.

При монтаже экскаватора рекомендуется использовать машинистов и их

помощников, которые будут работать на машине. Общее количество электриков и механиков 7–8 человек. Весь персонал необходимо заблаговременно ознакомить с конструкцией экскаватора. При выявлении грузоподъемных операций руководитель монтажа должен следить за тем, чтобы строго соблюдались правила техники безопасности для такелажных работ [16].

Таблица 5 – Сборочные единицы при монтаже оборудования

Номер товарного места	Наименование	Масса, т	Количество, шт.
1	Детали	1,35	1
2	Ковш с рукоятью	17,945	1
3	Стрела в сборе	18,4	1
4	Платформа в сборе	35,4	1
5	Рама нижняя	18,6	1
6	Ход гусеничный	9,6	2
7	Цепь гусеничная	6,32	2
8	Площадка	1,31	1
9	Кабина машиниста	1,205	1
10	Противовес	5,42	1
11	Ось натяжная	2,5	1
12	Стойка двуногая	2,88	1
13	Пятимашинный агрегат	8,39	1
14	Шкаф высоковольтный	0,48	1
15	Трансформатор	0,48	1
16	Детали	0,62	1
17	Воздухосборник	0,16	1
18	Шкаф управления	1,3	1
19	Детали	0,85	1
20	Шестерня кремальберная	0,25	1
21	Детали	1,305	1
22	Детали	1,41	1
23	Детали	0,61	1
24	Лестницы	0,12	1
25	Швеллеры	0,25	1
26	Зуб ковша	0,605	1
27	Секция	0,405	1
	Секция	0,595	
	Секция	0,59	
28	Звено гусеничное	0,34	2
29	Рейка рукояти	0,65	2
30	Детали	0,17	1
31	Детали кабины	0,1	1
32	Кондиционер	0,27	1
33	Электрооборудование	0,75	1

При монтаже вскрыть все редукторы и провести ревизию зубчатых зацеплений и подшипников. Все зубчатые передачи и подшипники качения расконсервировать, после чего смазать смазкой.

При разгрузке вагонов узлы экскаватора укладывать на подкладки, чтобы под

них было удобно завести канаты или снять их. Нижнюю раму нужно положить на клетку такой высоты, чтобы с боков можно было подвести гусеничные рамы, и под них гусеничные ленты.

Порядок монтажа, следующий:

1) К боковым сторонам нижней рамы, лежащей на клетке, подводят и закрепляют болтами и клиньями правую и левую гусеничные рамы. Собирают муфты переключения гусениц и привод механизма хода. Роликовый круг прокручивают на нижней раме [16].

2) Устанавливаются натяжная ось и натяжные колеса [16].

3) Под ведущие, опорные и натяжные колеса подводятся развернутые гусеничные ленты [16].

4) Ходовая тележка приподнимается, клетка из-под нее убирается, и ходовая тележка ставится опорными колесами на гусеничные ленты [16].

5) Гусеничные ленты замыкаются и натягиваются [16].

6) На роликовый круг, находящийся сверху ходовой тележки, ставится поворотная рама с механизмами, при этом принять меры, исключая деформацию роликового круга. Перед установкой платформы проверить размеры роликового круга с отметкой в паспорте [16].

7) Заводится и закрепляется гайкой центральной цапфы [16].

8) Трубы, поддерживающая низковольтный токоприемник, вставляется в центральную цапфу, устанавливается токоприемник, после чего труба закрепляется [16].

9) Устанавливается противовес. Под противовесом выкладывается клетка из деревянных брусьев, затем корпус противовеса заполняется балластом [16].

10) Устанавливаются боковые площадки поворотной платформы [16].

11) Устанавливается преобразовательный агрегат [16].

12) Ставится двуногая стойка и остальные узлы на платформе [16].

13) Устанавливается трансформатор собственных нужд и распределительный высоковольтный шкаф (баки трансформатора и масляного выключателя заливаются маслом до установки на платформу) [16].

14) Производится монтаж кузова и кабины. Для выполнения безопасного монтажа и исключения поломок при подъеме кабины машиниста за рымы на кровле, необходимо обеспечить равномерное распределение нагрузки между четырьмя рымами, при этом кольцо каждой пары рымов должны быть в одной плоскости и угол между стропами должен быть не более 90°. При монтаже кузова, площадок допускается подгонка и подрезка элементов и отверстий в них [16].

15) По окончании установки стенок кузова производится монтаж электрооборудования. Устанавливается панель управления и блоки сопротивлений, а также ведется укладка труб и шлангов с проводами. Устанавливается крыша кузова [16].

После прокладки кабелей и шлангов с проводами проверяется их изоляция, затем в местах выхода из газовых труб кабели необходимо изолировать смоляной лентой с прессшпаном и залить кабельной массой.

При подсоединении проводов и кабелей к генераторам, панелям управления и

другой пускорегулирующей аппаратуре должен быть обеспечен плотный и надежный контакт.

16) Перед подачей напряжения на питающий кабель экскаватора необходимо провести ревизию и расконсервацию электрических машин, панелей и шкафов управления, обратив особое внимание на смазку подшипников электрических машин, щеточный аппарат, состояние коллекторов, надежность закрепления монтажных проводов и катушек, полюсов в них; состояние изоляции электрических машин и пускорегулирующей аппаратуры, а также проверить состояние и количество масла в трансформаторе собственных нужд и масляном выключателе [16].

17) Стрела пятами соединяется с поворотной платформой, головная часть поднимается выше уровня оси пяты и под стрелой выкладывается клетка из деревянных брусьев. На стреле устанавливается электрооборудование и прокладывается электропроводка [16].

18) Заливается смазка в редукторы, масляные ванны, компрессор и гидросистему, а также смазываются узлы экскаватора [16].

19) Далее производится наладка электрооборудования в холодном состоянии согласно инструкции, прилагаемой к каждой машине, по режимам холостого хода и короткого замыкания без перепуска механизма. При этом должно быть обеспечено надежное механическое торможение механизмов главных приводов, до нагнетания сжатого воздуха в пневмосистему [16].

20) Нагнетается сжатый воздух в пневмосистему и прокручиваются механизмы [16].

21) Канат запасовывается на барабане лебедки для подъема стрелы [16].

22) Стрелу поднимают в рабочее положение под углом  $45^\circ$  к горизонту (без рассоединения моторной муфты и без запасовки канта подъемной лебедки). После этого затормаживают лебедку для подъема стрелы и натягивают боковые тяги. Цепь снимается [16].

23) В седловые подшипники заводится рукоять с ковшом и закрепляются задние упоры [16].

24) Подъемный канат запасовывается на барабане и надевается на уравнительный блок ковша [16].

25) При обслуживании и ремонтах роликового круга, центральной цапфы, обслуживающим персоналом должны быть приняты меры безопасности от поражения электрическим током высокого напряжения (при работе внутри роликового круга ток отключить) [16].

26) Производится регулирование, опробование и испытание узлов экскаватора. После монтажа экскаватора регулируют все устанавливаемые узлы, а также узлы, разрегулированные при транспортировании. При этом выполняются следующие работы:

- 1) Натяжение гусеничных лент.
- 2) Регулирование осевого зазора в центральной цапфе.
- 3) Регулирование механизма открывания и торможения днища ковша
- 4) Регулирование зазора между балками рукояти и ползунами седловых

подшипников.

- 5) Регулирование муфты предельного момента напорного механизма.
- 6) Регулирование тормозов напорного, поворотного и ходового механизмов, подъемной лебедки и лебедки для подъема стрелы.
- 7) Регулирование напорного командоаппарата ограничивающего ход рукояти.
- 8) Регулирование муфт переключения гусениц.
- 9) Регулирование гидравлического управления.
- 10) Регулирование пневматического управления.
- 11) Регулирование электрооборудования по инструкции.
- 12) Затягивание болтов стопорных планок для крепления рельсов роликового круга и стопорения [16].

Безотказность работы пневмо- и гидроуправления (насосной установки, электромагнитных золотников, цилиндров и т. д.), проверяется предварительно при работе механизмов без нагрузки.

После проверки пневмо- и гидроуправления включить и выключить каждый механизм 5–7 раз. Двигатели при этом не включаются. Затем нужно прокрутить вхолостую все механизмы в течение двух часов [16].

Особое внимание обращается на работу масляных насосов и поступление смазки на поверхности.

## 6.2 Демонтаж и монтаж подъемной лебедки

Перед демонтажем подъемной лебедки экскаватор отгоняется на специально подготовленную площадку.

Распасовка подъемного каната с подъемного барабана и разматывается перед экскаватором.

Блокируется напорный механизм предварительно выставив рукоять в специальном положении.

Производится демонтаж шплинтов передней двуногой стойки, спецтехникой (автокраном) передняя двуногая стойка отодвигается вперед к передней стенке экскаватора для удобства демонтажа подъемной лебедки.

Производится демонтаж болтовых соединений крыши кузова над подъемной лебедкой и спецтехникой (автокраном) убирается часть крыши.

Откручиваются крышки седловых подшипников на станинах подъемной лебедки. После производится демонтаж шпилек седловых подшипников подъемного барабана и демонтаж промежуточного вала подъемной лебедки.

Далее демонтируются буксы и тормоз подъемной лебедки, снимается защитный кожух, извлекаются эластичные диски. Спецтехникой (автокраном) извлекается подъемный барабан и промежуточный вал со стоек подъемной лебедки.

Разболчиваются и демонтируются станины подъемной лебедки с помощью спецтехники (автокрана).

Далее производится разбор болтового соединения закрытой зубчатой пары. Демонтируется кожух эластичной муфты, соединяющей электродвигатель с закрытой зубчатой парой.

Демонтируются шпильки с эластичной муфтой, которая связывает



электродвигатель с закрытой зубчатой парой.

Демонтируется закрытая зубчатая пара спецтехникой (краном).

После демонтируется установка вентилятора на двигателе подъемной лебедки. Далее демонтируется электродвигатель подъема при помощи спецтехники (автокрана).

Монтаж подъемной лебедки производится в обратной последовательности.

### 6.3 Текущие и капитальные ремонты экскаватора

Для поддержания экскаватора в работоспособном состоянии предусматривать систему планово-предупредительного ремонта (ППР), состоящую из текущих и капитального ремонтов.

Текущие ремонты (Т1, Т2 и Т3) производятся для обеспечения бесперебойной работы экскаватора и заключаются в ревизии, восстановлении или замене отдельных деталей или составных частей, в также пополнении или замене смазок в период между капитальными ремонтами.

Операции по поддержанию оборудования в работоспособном состоянии должны проводиться в соответствии с правилами технической эксплуатации (ПТЭ) оборудования и производственно-должностными инструкциями [16].

В таблице 6 приведены данные по периодичности, продолжительности и трудоемкости ремонтов.

Таблица 6 – Периодичность, продолжительность и трудоемкость ремонтов

Наименование	Ремонт				Итого за год по текущим ремонтам, чел-час	Итого за год текущих капитальных ремонтов, чел-час
	T1	T2	T3	К		
Периодичность, сут.	60	180	360	6 лет	1040	2560
Продолжительность, час	24	48	96	600		
Трудоемкость, чел-час	80	240	480	2000		

#### 1) Текущий ремонт Т1

Состав работ: подготовить ремонтную площадку и очистить от грязи ходовую тележку.

Ковш: очистить от грязи; восстановить электронаплавкой размеры гнезд для засова днища; произвести наплавку посадочных мест под зубьями, передней стенки ковша и засова; осмотреть ковш и заварить имеющиеся трещины.

Рукоять: очистить от грязи и проверить состояние корпуса и реек; подтянуть болты крепления упоров.

Стрела и напорный механизм: очистить от грязи все механизмы; проверить состояние металлоконструкций стрелы, амортизаторов; подтянуть стяжки стрелы; отрегулировать тормоз напорного механизма и муфту предельного момента; отрегулировать зазор между балками и ползунами седловых подшипников;

произвести ревизию седловых подшипников и головных блоков стрелы.

Ходовой механизм: очистить от грязи; отрегулировать тормоз; подтянуть болтовые соединения; произвести ревизию зубчатых передач редуктора.

Механизм гусеничного хода: очистить от грязи; подтянуть болтовые соединения; произвести ревизию подшипников скольжения опорных и натяжных колес и болтовых редукторов; отрегулировать натяжение гусеничных лент.

Подъемная лебедка: очистить механизм от грязи; подтянуть болтовые соединения; отрегулировать тормоз.

Поворотный механизм: очистить механизм от грязи; подтянуть болтовые соединения; отрегулировать тормоза; закрепить зубчатый венец и роликовый крут; отрегулировать зазор в центральной цапфе.

Гидросистема управления гусеничным механизмом: очистить от грязи; произвести ревизию узлов гидросистемы; устранить имеющиеся утечки; подтянуть болтовые соединения; заменить изношенные уплотнения.

Компрессор и пневмосистема: очистить от грязи; произвести ревизию клапанов, клапанных гнезд, пружин, воздушных коробок компрессора, очистить их от грязи и нагара; подтянуть болтовое соединения; произвести ревизию пневмосистемы; устранить имеющиеся утечки в пневмосистеме; очистить наполнители фильтров и маслоотделителя; проверить работу обратного и предохранительного клапанов; заменить смазку в компрессоре [16].

## 2) Текущий ремонт Т2

Состав работ: подготовить ремонтную площадку; отнять и поставить днище ковша; при необходимости вывести рукоять из седловых подшипников и после ремонта ввести; очистить от грязи ходовую тележку.

Ковш: очистить от грязи; отсоединить ковш от рукояти и после ремонта присоединить; восстановить электронаплавкой размеры гнезд для засова днища; наплавить посадочные места под зубьями, передней стенки ковша и засова; осмотреть ковш и заварить имеющиеся трещины.

Рукоять: очистить от грязи и проверить соединение корпуса и реек; заварить имеющиеся трещины; подтянуть болты крепления упоров рукояти с частичной заменой болтов.

Стрела и напорный механизм: очистить от грязи все механизмы и проверить состояние металлоконструкций стрелы и амортизаторов; подтянуть болтовые соединения стрелы и напорного механизма; подтянуть растяжки стрелы; отрегулировать тормоз напорного механизма и муфту предельного момента; отрегулировать зазор между балками рукояти и ползунами седловых подшипников; произвести ревизию седловых подшипников и головных блоков стрелы; наплавить ручки направляющих блоков подъемного каната; заменить смазку в редукторе (сезонно).

Ходовой механизм: очистить от грязи; отрегулировать тормоз; подтянуть болтовые соединения; произвести ревизию зубчатых зацеплений; заменить смазку в редукторе (сезонно).

Механизм гусеничного хода: очистить от грязи; подтянуть болтовые соединения; произвести ревизию подшипников скольжения опорных и натяжных

колес и бортовых редукторов; отрегулировать натяжение гусеничных лент; заменить смазку в бортовых редукторах (сезонно).

Подъемная лебедка: очистить механизм от грязи; подтянуть болтовые соединения; отрегулировать тормоз; произвести ревизию подшипников редуктора; заменить смазку в редукторе (сезонно).

Поворотный механизм: очистить от грязи; подтянуть болтовые соединения; отрегулировать тормоза; закрепить зубчатый венец и роликовый крут; отрегулировать зазор и произвести ревизию центральной цапфы; заменить смазку в редукторах (сезонно).

Гидросистема управления гусеничным механизмом: очистить от грязи; произвести ревизию узлов гидросистемы; устранить имеющиеся утечки; подтянуть болтовые соединения; заменить изношенные уплотнения; промыть бак и фильтры; заменить гидрожидкость (при необходимости).

Компрессор и пневмосистема: очистить от грязи, произвести ревизию клапанов, клапанных гнезд, пружин, воздушных коробок компрессора, очистить их от грязи и нагара; снять крышки цилиндров, очистить их от нагара и зачистить поврежденные от заедания места; очистить поршни от нагара; заменить неисправные поршневые кольца, заменить изношенные клапаны и пружины; проверить и отрегулировать регулятор давления; проверить шатунные болты подшипников; проверить центровку компрессора с электродвигателем; произвести ревизию пневмосистемы; устранить имеющиеся утечки в пневмосистеме; очистить наполнители фильтров и маслоотделителя; проверить работу обратного и предохранительного клапана; подтянуть болтовые соединения; проверить цилиндры тормозов; заменить смазку в компрессоре (сезонно) [16].

### 3) Текущий ремонт ТЗ

Состав работ: подготовить ремонтную площадку; разъединить и раскинуть гусеничные ленты и соединить после ремонта; отнять и поставить днище ковша; вывести рукоять из седловых подшипников и после ремонта ввести; сложить шпальные клетки под стрелу и противовес; опустить стрелу на шпальные клетки и поднять ее после ремонта; разобрать крышу кузова и после ремонта собрать; очистить от грязи ходовую тележку.

Ковш: очистить от грязи; отсоединить ковш от рукояти и после ремонта присоединить; восстановить электронаплавкой размеры гнезд для засова днища; наплавить посадочные места под зубьями и передней стенки ковша; осмотреть ковш и заварить имеющиеся трещины, заменить изношенные детали.

Рукоять: очистить от грязи и проверить соединение корпуса и реек; заварить имеющиеся трещины; подтянуть болты крепления упоров рукояти с частичной заменой болтов; произвести ревизию состояния втулок и пальцев соединения с ковшом, непригодные пальцы и втулки заменить.

Стрела и напорный механизм: очистить от грязи все механизмы и проверить состояние металлоконструкций стрелы, амортизаторов, ограждений, площадок; подтянуть болтовые соединения стрелы и напорного механизма; подтянуть растяжки стрелы; отрегулировать тормоз напорного механизма и муфту предельного момента; отрегулировать зазор между балками рукояти и ползунами

седловых подшипников; произвести ревизию головных блоков стрелы, всех зубчатых колес, валов и подшипников напорного механизма; наплавить ручки направляющих блоков подъемного каната; заменить смазку в редукторе.

Ходовой механизм: очистить от грязи; отрегулировать тормоз; подтянуть болтовые соединения; произвести ревизию зубчатого зацепления редуктора; заменить смазку в редукторе.

Механизм гусеничного хода: очистить от грязи; подтянуть болтовые соединения; произвести ревизию подшипников скольжения опорных и натяжных колес и бортовых редукторов; отрегулировать натяжение гусеничных лент; наплавить кулачки ведущих колес; заменить смазку в бортовых редукторах.

Подъемная лебедка: очистить механизм от грязи; подтянуть болтовые соединения; отрегулировать тормоз; проверить состояние зубчатых зацеплений и подшипников; заменить смазку в редукторе.

Поворотный механизм: очистить от грязи; подтянуть болтовые соединения; отрегулировать тормоза; закрепить зубчатый венец и роликовый круг; отрегулировать зазор и произвести ревизию центральной цапфы, зубчатых колес, валов и подшипников редуктора; заменить смазку в редукторах.

Гидросистема управления гусеничным механизмом: очистить от грязи; произвести ревизию узлов гидросистемы; устранить имеющиеся утечки; подтянуть болтовые соединения; заменить изношенные уплотнения; промыть бак и фильтры; заменить гидрожидкость.

Компрессор и пневмосистема: очистить от грязи, произвести ревизию клапанов, клапанных гнезд, пружин, воздушных коробок компрессора, очистить их от грязи и нагара; снять крышки цилиндров, очистить их от нагара и зачистить поврежденные от заедания места; очистить поршни от нагара; заменить неисправные поршневые кольца, заменить изношенные клапаны и пружины; проверить и отрегулировать регулятор давления; проверить шатунные болты подшипников; проверить центровку компрессора с электродвигателем; произвести ревизию пневмосистемы; устранить имеющиеся утечки в пневмосистеме; очистить наполнители фильтров и маслоотделителя; проверить работу обратного и предохранительного клапана; подтянуть болтовые соединения; проверить цилиндры тормозов; заменить смазку в компрессоре (сезонно) [16].

Капитальный ремонт экскаватора ЭКГ-5А включает в себя все работы входящие в текущие ремонты Т1, Т2 и Т3.

Вывод по разделу шесть.

Приведены описание технического обслуживания и капитального ремонта экскаватора ЭКГ-5А на все его основные части. Данные мероприятия следует предусматривать согласно «Руководству по техническому обслуживанию и капитальному ремонту экскаватора» для поддержания экскаватора в работоспособном состоянии, бесперебойной работе и своевременному восстановлению базовых узлов и деталей.

## 7 КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И АВТОМАТИКА ЭКСКАВАТОРА ЭКГ-5А

На современных карьерных экскаваторах основные рабочие механизмы приводятся во вращение двигателями постоянного тока, которые получают питание от индивидуальных управляемых генераторов.

Комплектные устройства управления электроприводами экскаватора ЭКГ-5А предназначены для управления возбуждением главных двигателей и генераторов экскаватора, работающих по схеме Г-Д, а также для питания оперативных цепей управления. К ним входят: станция управления ПГА 4402-42М1, ящик управления ЯУА-113, блоки сопротивления СР-300 типа БГА 4405-02Ж1 и СР-300 типа БГА 4405-02Е1.

Экскаватор ЭКГ-5А получает электроэнергию от наружного распределительного устройства РУ по гибкому высоковольтному кабелю типа КГЭ. Рекомендуемое сечение кабеля  $3 \times 16 + 1 \times 6$ .

Номинальное напряжение подводимого к экскаватору трехфазного переменного тока 6000 В, частота 50-60 Гц.

Электрическая схема экскаватора показана на рисунке 11.

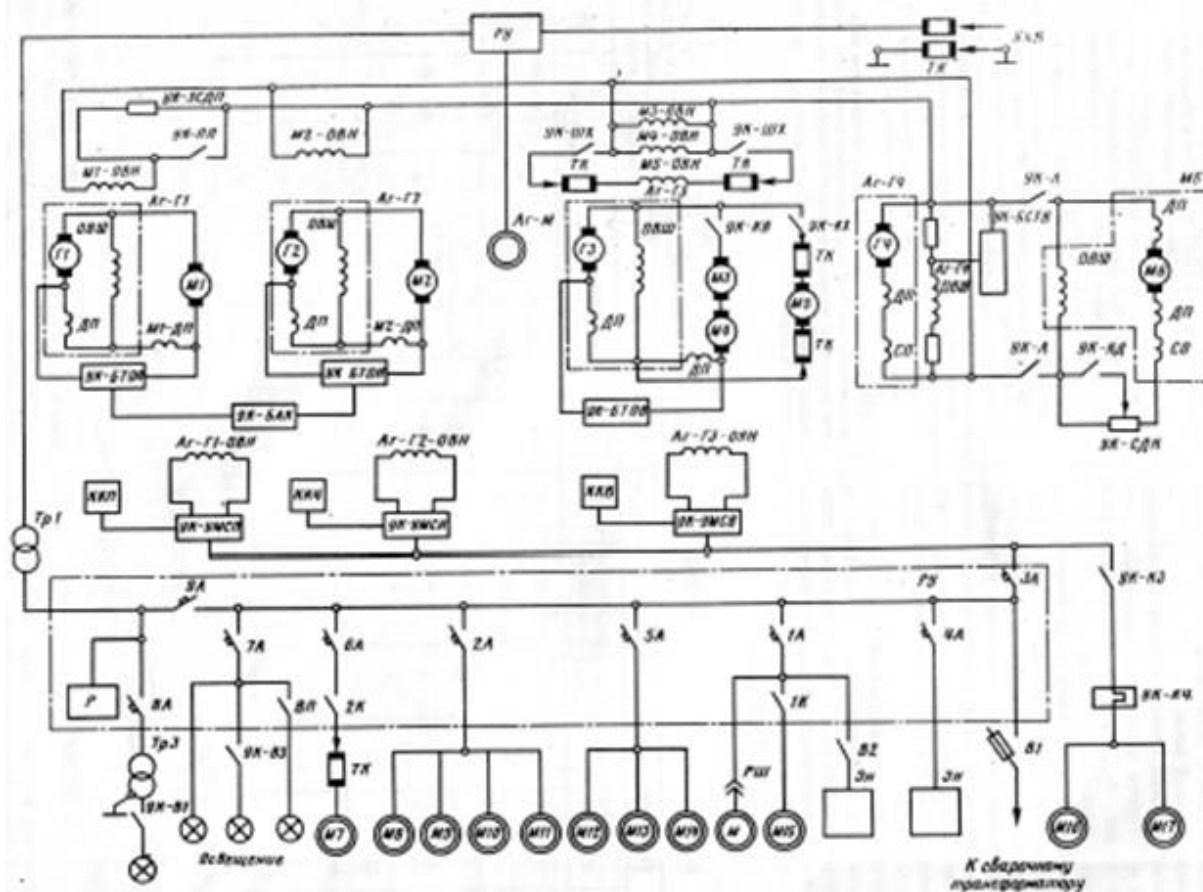


Рисунок 11 – Схема электрическая однолинейная

На генераторах постоянного тока установлены шунты типа 75ШС, 75 мВ, класса 0,5 на пределы:

- 1500 А для генераторов 2ПЭМ2000М-1У2 и 2ПЭМ2000М-2Т2;

- 500 А для генераторов 2ГПЭ114/2У2 и 2ГПЭ13–14/2Т2;
- 500 А для генераторов 2ПЭМ400М–У2 и 2ПЭМ400М–1Т2.

К шунтам подключены амперметры типа М42100, имеющие шкалы:

- 1500–0–1500 А для амперметра УК–1А;
- 500–0–500 А для амперметров УК–2А и УК–3А.

На пульте управления установлен вольтметр типа М42100 со шкалой 0–150 В.

Комплектно с экскаватором поставляются приборы: переносной мегомметр типа М4101/4 класса точности 1,0 с пределами измерений 0–200 кОм, 0,2–200 МОм; переносной комбинированный прибор Ц4315; комплект измерительных приборов ЧК–2.

Для управления высоковольтным электродвигателем Аг-М (пятимашинного преобразовательного агрегата) и силовым трансформатором собственных нужд Тр1 применено малогабаритное высоковольтное комплектное распределительное устройство РУ с общим разъединителем, масляным выключателем на ток отключения 1,25 кА, имеющими ручной привод, и предохранителями на 8 А или 16 А при напряжении питающей сети 6000 В или 3000 В соответственно.

Релейная токовая защита, а также защита от грозовых перенапряжений и учет расхода потребляемой электроэнергии обеспечивается потребителем на электростанции или на приключательном пункте [9]. Заземление корпуса экскаватора производится к контуру заземления карьера через заземляющую жилу кабеля КШВГ.

Для управления двигателями главных приводов экскаваторов применяется система генератор-двигатель с управлением от: трехобмоточных генераторов, электромашинных усилителей поперечного поля, силовых магнитных усилителей УК-УМСП, УК-УМСН, УК-УМСВ кулачковыми командоконтроллерами ККП, ККН, ККВ и управляемых кремниевых вентилей (тиристоров). В системе управления предусмотрены блоки и узлы, обеспечивающие стабильность механических характеристик главных приводов при изменении температуры электрических машин: блоки токоограничения – УК-БТОП, УК-БТОН, УК-БТОВ; блок стабилизации токов возбуждения двигателей главных приводов – УК-БСТВ; узел автоматического копания – УК-БАК [16]. Указанные системы управления дают возможность достигнуть мягких так называемых «экскаваторных» характеристик, при которых с увеличением нагрузки на любом приводе автоматически снижается скорость вращения двигателей, и обеспечивают легкость управления при минимальном расходе электроэнергии.

На экскаваторе предусмотрен контроль состояния изоляции электросети 220 В переменного тока РУ-Р, также силовых цепей и цепей управления постоянного тока.

Система управления ТГ-Д от трехобмоточных генераторов имеет следующие недостатки: 1) вследствие большей электромагнитной постоянной времени переходные процессы осуществляются недостаточно быстро; 2) вследствие постоянно действующей последовательной обмотки возбуждения генератора коэффициент заполнения механической характеристики главных приводов,

определяющий производительность экскаватора, значительно ниже, чем в системах с полупроводниковой, электромашинной и магнитной автоматикой; 3) при часто меняющихся нагрузках резко расходятся статические и динамические характеристики электроприводов; 4) отсутствует электрический тормоз при постановке командоконтроллера в нулевое положение, вследствие чего груженный ковш опускается с высокой скоростью; 5) габариты и вес трехобмоточных генераторов и аппаратуры управления больше, чем у обычных генераторов [16].

На экскаваторах ЭКГ-5А применена система управления главными приводами от силовых магнитных усилителей. Положительными ее качествами являются: простота исполнения, высокая надежность и быстрота действия при минимальном уходе; малое количество контакторов и реле и, следовательно, значительное сокращение времени, которое затрачивалось на собственное время срабатывания большого количества коммутирующей аппаратуры и ремонт; простота наладочных работ. Имеющаяся в системе электромашинная серийная стабилизация служит для улучшения качества переходных процессов и улучшения коммутации генераторов.

На основании исследовательских и эксплуатационных данных наиболее целесообразным для управления электроприводами главных механизмов средних и крупных экскаваторов в настоящее время считается применение тиристорных электроприводов постоянного тока по системе КУВ-Д [16]. Эта система управления обладает высоким быстродействием, малой мощностью управления и возможностью суммирования большего количества сигналов на выходе, не имеющих гальванических связей. В схемах управления серийных экскаваторов последнего выпуска предусмотрены специальные устройства температурной компенсации, устраняющие резкое изменение механических характеристик главных электроприводов экскаваторов от нагрева электрических машин

Полное сохранение установленных усилий и скоростей, развиваемых двигателями главных приводов на всех положениях командоконтроллера, независимо от нагрева электрических машин и окружающей температуры, при постоянстве напряжения на возбуждители обеспечивает устройство с непосредственным изменением тока главной цепи.

Выводы по разделу семь.

Приведены контрольно-измерительные приборы и система автоматики экскаватора ЭКГ-5А.

## 8 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ПРОЕКТА

### 8.1 Охрана труда и меры безопасности

Машинист обязан строго соблюдать требования охраны труда при эксплуатации экскаватора, должен знать о вредных и опасных факторах. Для этого проводят инструктажи.

Общие требования безопасности:

1. К управлению и обслуживанию одноковшовых гусеничных и пневмоколесных экскаваторов допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование для определения соответствия их физического состояния требованиям, предъявляемым к выполняемой работе, обученные по соответствующей программе и имеющие удостоверение на право управления экскаватором определенной модели [5].

2. Вновь поступающий на работу машинист экскаватора допускается к самостоятельной работе только после прохождения им вводного инструктажа по безопасности труда, экологическим требованиям и первичного инструктажа на рабочем месте, о чем должны быть сделаны записи в соответствующих журналах с обязательной подписью инструктируемого и инструктирующего.

3. Первичный инструктаж на рабочем месте проводится с каждым машинистом экскаватора индивидуально с практическим показом безопасных приемов и методов труда. Все машинисты экскаваторов после первичного инструктажа на рабочем месте и проверки знаний в течение 2–5 смен (в зависимости от стажа, опыта и характера работы) выполняют работу под наблюдением бригадира или мастера, после чего оформляется допуск их к самостоятельной работе [5]. Допуск к самостоятельной работе фиксируется датой и подписью инструктирующего в журнале регистрации инструктажа.

4. Повторный инструктаж машиниста экскаватора проводится не реже одного раза в 3 месяца. Машинист экскаватора должен проходить периодическую проверку знаний по безопасности труда один раз в 12 месяцев, о чем делается соответствующая отметка в удостоверении [5]. Результаты проверки знаний требований безопасности оформляются протоколом заседания комиссии.

5. При изменении технологического процесса, замене или модернизации оборудования, приспособлений, инструмента, при нарушении машинистом экскаватора требований безопасности, которые могут привести или привели к травме, аварии, взрыву или пожару, а также при перерывах в работе более чем на 30 календарных дней проводится внеплановый инструктаж.

6. При выполнении работ в опасных и особо опасных условиях, а также других несвойственных работ проводится целевой инструктаж и выдается наряд-допуск [5].

7. О проведении повторного и внепланового инструктажа производится соответствующая запись в журнале регистрации инструктажа на рабочем месте с обязательной подписью инструктируемого и инструктирующего [5].

8. При регистрации внепланового инструктажа указывается причина,



вызвавшая его проведение.

9. Каждый экскаватор закрепляется приказом за обслуживающим персоналом. Один из машинистов назначается старшим.

10. Машинист экскаватора контролирует работу своего помощника, водителя (машиниста) транспортных средств при погрузке [5]. Отвечает за действия прикрепленного к нему для прохождения стажировки ученика и за нарушение требований безопасности по управлению и обслуживанию экскаватора.

11. Запрещается иметь в кабине экскаватора предметы размером более 1,5 м, хранить в кабине легковоспламеняющиеся вещества. В кабине не должно быть посторонних предметов. Кабина машиниста должна содержаться в чистоте и рабочем состоянии.

12. Заправлять двигатель экскаватора топливом и смазкой следует только при естественном освещении и лишь при крайней необходимости ночью при электроосвещении от сети или аккумулятора [5].

13. Во время заправки двигателя экскаватора запрещается курить, пользоваться спичками, керосиновыми фонарями и другими источниками открытого огня [5].

14. После заправки все детали, облитые топливом или смазкой, необходимо насухо вытереть ветошью, а пролитое топливо тщательно засыпать песком, а ветошь положить в установленное место [5].

При эксплуатации экскаватора необходимо строго соблюдать правила БЖД. Перед началом работы следует осмотреть забой и площадку и убедиться в отсутствии козырьков и угрозы обрушения уступа.

1. Перед началом работы машинист должен получить задание, точные и конкретные указания по его выполнению, безопасным приемам и методам организации труда. Изучить условия и место производства работ. Ознакомить персонал, обслуживающий экскаватор, с заданием и условиями его выполнения.

2. Персонал, обслуживающий экскаватор, должен быть в спецодежде и спецобуви, иметь необходимые защитные средства. Без этого работать на экскаваторе запрещается [2].

3. В кабине экскаватора должны быть вывешены правила управления, схема пуска двигателя, инструкция по уходу за оборудованием.

4. Рабочая зона экскаватора должна быть обозначена предупреждающими знаками [1].

5. Перед пуском двигателя машинист экскаватора внимательно должен осмотреть машину и убедиться в полной ее исправности [5]. Работа на неисправном экскаваторе запрещается. О всех неисправностях экскаватора или ненормальных условиях работы его узлов, которые могут привести к аварии, машинист должен доложить руководителю работ или механику.

6. Все вращающиеся детали (зубчатые колеса, цепные передачи, маховики) ограждаются кожухами. Пуск механизмов при снятых кожухах запрещается.

7. Приступая к работе, необходимо подать предупредительный сигнал. Нахождение людей и механизмов в радиусе действия ковша запрещается [5].

8. При пуске двигателя рычаги управления устанавливаются в нейтральное положение, а насосы на редукторе отключаются [5].

На период взрывных работ экскаватор отводится на безопасное расстояние, а персонал удаляется в укрытие [1].

Не разрешается работа экскаватора с неисправными тормозами и звуковым сигналом, а также со снятыми с механизмов ограждениями. При работе экскаватора нельзя допускать: удары ковшом и рукоятью о стрелу, гусеницы и грунт, а также о транспортные средства; переподъем ковша и подъем стрелы напорным механизмом; ослабление подъемного каната при опускании ковша на грунт; поворот экскаватора при соприкосновении ковша с забоем; перенос ковшом негабаритных кусков, не помещающихся между зубьями и коромыслом; копание одной стороной ковша; резкое торможение поворотной платформы.

При разработке высокого забоя необходимо удалять образующийся козырек и предупреждать самопроизвольное падение крупных валунов [1].

Разгрузку ковша в транспортные средства следует производить с наименьшей высоты, равномерно распределяя породу по площади вагонов или кузова, не рассыпая на пути и не оставляя ее на бортах; при этом перемещение ковша над кабинами транспорта запрещается.

## 8.2 Эксплуатация и техника безопасности

Для обеспечения надежной и безопасной работы экскаватора необходимо выполнить следующие требования:

1) экскаватор должен работать на площадке, имеющей уклон не более 3°. Превышение уклона приводит к преждевременному выходу из строя опорно-поворотного механизма экскаватора;

2) выбрать правильную схему разработок, который дает наилучшее использование экскаватора;

3) свести к минимуму простои экскаватора;

4) обеспечить хорошее освещение забоя в ночное время;

5) при работе в скальных породах необходимо тщательно рыхлить грунт;

6) объем взорванной породы должен быть достаточным для бесперебойной работы экскаватора в течение не менее чем 1,5–2 суток;

7) средняя высота забоя для экскаватора должна равняться приблизительно 10 м;

8) при копании величину подъемного и напорного усилий регулировать наклоном рукояток командоконтроллеров;

9) при работе в тяжелых грунтах не следует работать на больших вылетах рукояти;

10) разгружать ковш в думпкары равномерно по площадке, не просыпая породу на землю и на железную дорогу;

11) поворот на выгрузку следует начинать только с наполненным ковшом. Выгоднее наполнить ковш грунтов в два проема, чем тратить время на поворот с недостаточно заполненным ковшом;

12) поворот на выгрузку можно начинать только после выхода ковша из забоя;

13) во время поворотов верхней части экскаватора тормоза поворотного механизма должны быть расторможены, а замедление и остановку вращения поворотной платформы производить электрическим торможением (противотоком);

14) во избежание поломки транспортных средств, разгружать ковш с наименьшей высоты, допускающей беспрепятственное открывание днища ковша;

15) при работе в высоком забое удалять образующийся сверху козырек, так как при самопроизвольном осыпании крупные куски породы могут повредить экскаватор и быть причиной несчастных случаев;

16) если возникает необходимость вынуть из забоя крупный валун, его следует окопать со всех сторон. Нужно остерегаться свободного падения из забоя крупных валунов, так как они могут ударить по ходовой части экскаватора и повредить ее;

17) экскаватор ЭЖГ-5А является скальной машиной, поэтому при использовании в слабых грунтах, экскаватор поставить на деревянные щиты, образующие настил. Щиты должны быть прочными и иметь приспособления для захвата их ковшом для переноса на новое место при передвижении экскаватора;

18) если экскаватор завяз, следует, подкопав грунт, создать впереди гусениц наклонную плоскость, уложить вдоль нее настил и по нему выводить экскаватор. Ведущее колесо при этом должно находиться сзади;

19) чтобы избежать понижения производительности экскаватора необходимо своевременно очищать ковш от налипающего грунта (подогревать ковш открытым огнем запрещается);

20) избегать слишком больших (5–10 км) передвижек экскаватора, особенно по крутым уклонам, чтобы не вызвать преждевременного износа ходового механизма;

21) при отрицательных температурах тщательно разрыхлить забой, снизить нагрузки, работать плавно, исключая стопорения и удары. Усилить контроль за состоянием механизмов, электрооборудования;

22) при передвижках экскаватора стрела должна быть направлена по оси передвижения, в сторону хода, чтобы машинист мог лучше видеть дорогу. Рабочее положение машиниста – в кресле. При этом ковш должен висеть на высоте 1,5–2 м от земли;

23) при остановках экскаватора ковш должен быть опущен на землю;

24) чистить и смазывать ковш с ведома и разрешения машиниста во время остановки экскаватора;

25) для предупреждения о начале работы необходимо подавать звуковые сигналы;

26) все проходы между механизмами для удобства и обслуживания должны быть свободны от посторонних предметов;

27) все лестницы, площадки и перила должны быть очищены от грязи, смазки, а в зимнее время от снега и льда [16].

### 8.3 Вибрация и шум

Перед горными отраслями промышленности России стоит актуальная задача повышения качества обслуживания техники, что позволит продлить срок безопасной эксплуатации оборудования, улучшить не только экономические

показатели, но и сделать работу обслуживающего персонала максимально безопасной.

Наиболее информативным параметром, несущим максимальную информацию о состоянии узла работающей машины или агрегата, являются механические колебания (вибрации) – упругие волны, распространяющиеся в сплошных средах. Информацию об изменении состояния объекта можно получать практически мгновенно.

Механизм подъема является одним из наиболее ответственных и нагруженных узлов карьерного экскаватора. Из всех существующих методов неразрушающего контроля наиболее подходящим для диагностики технического состояния подъемной лебедки является вибродиагностика.

Карьерный экскаватор ЭКГ-5А на сегодняшний день остается одной из самых распространенных машин, применяемых в открытых разработках.

Анализ данных полученных при обследовании машин типа ЭКГ-5А, позволил выявить, что основными дефектами подъемных лебедок этого класса техники являются:

- дисбаланс ротора электродвигателя;
- расцентровка электродвигателя с редуктором и редуктора с открытой передачей;
- дефекты подшипниковых узлов (перекосы, ослабления посадок, износы беговых дорожек, тел качения и сепараторов, нарушение режима смазки);
- дефекты соединительных муфт;
- износ зубчатых зацеплений открытой передачи;
- изменение геометрии и износ зубчатых зацеплений редуктора;
- различные дефекты двигателя электромагнитного происхождения;
- нарушение жесткости системы [4].

При разработке мероприятий для защиты от шума и вибрации следует руководствоваться ГОСТ 12.1.029–80 «Средства и методы защиты от шума и вибрации».

Снижение виброактивности машин достигается изменением технологического процесса, применением машин с такими кинематическими схемами, при которых динамические процессы, вызываемые ударами, ускорениями и т. п. были бы исключены или предельно снижены, например, заменой клепки сваркой; хорошей динамической и статической балансировкой механизмов, смазкой и чистотой обработки взаимодействующих поверхностей; применением кинематических зацеплений пониженной виброактивности, например, шевронных и косозубых зубчатых колес вместо прямозубых; заменой подшипников качения на подшипники скольжения; применением конструкционных материалов с повышенным внутренним трением [4].

Отстройка от резонансных частот заключается в изменении режимов работы машины и соответственно частоты возмущающей вибросилы; собственной частоты колебаний машины путем изменения жесткости системы.

Профилактические меры по защите от вибраций заключаются в уменьшении их в источнике образования и на пути распространения, а также в применении

индивидуальных средств защиты, проведении санитарных и организационных мероприятий.

Уменьшения вибрации в источнике возникновения достигают изменением технологического процесса с изготовлением деталей из капрона, резины, текстолита, своевременным проведением профилактических мероприятий и смазочных операций; центрированием и балансировкой деталей; уменьшением зазоров в сочленениях.

В качестве вибропоглощающих покрытий обычно используют мастики № 579, 580, типа БД-17 и простейшие конструкции (слои рубероида, проклеенные битумом или синтетическим клеем).

Если методы коллективной защиты не дают результата или их нерационально применять, то используют средства индивидуальной защиты [4]. В качестве средств защиты от вибрации при работе с механизированным инструментом применяют антивибрационные рукавицы и специальную обувь. Антивибрационные полусапоги имеют многослойную резиновую подошву.

Наиболее эффективна защита от шума и вибрации в источнике их образования. Поэтому при проектировании и конструировании оборудования и технологических процессов необходимо заменять ударные взаимодействия деталей безударными, возвратно-поступательное движение – вращательным, подшипники качения – подшипниками скольжения, металлические детали – деталями из пластмасс или других материалов, шумные технологические процессы – бесшумными или малошумными и т.д.

При изготовлении оборудования необходимо соблюдать минимальные допуски в сочленениях и тщательную балансировку движущихся деталей, демпфировать (поглощать) вибрации соударяющихся деталей путем покрытия их материалами, имеющими большое внутреннее трение (резиной), а также применением прокладок из пробки, битумного картона, войлока, асбеста и т.п. [4].

Защита от аэродинамического шума, возникающего при работе вентиляционных установок, кондиционеров, компрессоров, при обдувке деталей сжатым воздухом для их очистки, сушки и при других технологических операциях требует больших усилий и часто является недостаточной [4]. Основное снижение шума достигается в основном звукоизоляцией источника или применением глушителей, которые устанавливают на воздуховодах, всасывающих трактах, магистралях выброса и перепуска воздуха.

Звукоизолирующая способность преград возрастает с увеличением их массы и частоты звука. В ряде случаев многослойные конструкции, состоящие из разных материалов, обладают более высокой звукоизоляцией, чем однослойные конструкции такой же массы. Воздушная прослойка между слоями увеличивает звукоизолирующую способность преграды.

В производственных условиях часто вместе со звукоизоляцией применяют звукопоглощение. Наиболее эффективно поглощают звук пористые материалы.

Очень часто для защиты от шума используют специальные кожухи, устанавливаемые на агрегатах. Их обычно изготавливают из тонких алюминиевых, стальных или пластмассовых листов.

Для защиты работающих от непосредственного (прямого) воздействия шума используют экраны, устанавливаемые между источником шума и рабочим местом.

Для защиты рук от воздействия локальной вибрации, согласно ГОСТ 12.4.002–97, применяют рукавицы или перчатки следующих видов: со специальными виброзащитными упругодемпфирующими вкладышами, полностью изготовленные из виброзащитного материала (литьем, формованием и т.п.), а также виброзащитные прокладки или пластины, которые снабжены креплениями к руке [2].

Для защиты от вибрации, передаваемой человеку через ноги, рекомендуется носить обувь на войлочной или толстой резиновой подошве.

#### 8.4 Охрана окружающей среды

При эксплуатации экскаватора возможны следующие виды загрязнения окружающей среды: выбросы в атмосферу отработавших газов, попадание в почву и воду нефтепродуктов и других эксплуатационных жидкостей, повышенный шум при работе техники. Задача машиниста экскаватора – соблюдение требований по охране окружающей среды.

Нельзя допускать сверхнормативного выброса отработавших газов в атмосферу, задымленности рабочей зоны, запыленности отработавшим воздухом из пневмосистемы, подачи без необходимости звуковых сигналов, работы с неисправным глушителем, передвижение экскаватора по растительному покрову и посевам, въезд без разрешения на территорию лесных массивов категорически запрещается сливать отработавшие топливо-смазочные материалы на землю, в канализацию и водоемы, необходимо их собирать в емкости и утилизировать. Разрешается мыть машину только в отведенных местах. Нельзя допускать попадания в водоемы стоков при мытье экскаватора [14].

Охрана окружающей среды, экологически безопасная эксплуатация техники является важнейшей составляющей работы машиниста экскаватора.

Вывод по разделу восемь.

Приведены меры безопасности и охраны труда при эксплуатации экскаватора. Описаны воздействия вибрации и шума, а также охрана окружающей среды.

## 9 РАСЧЕТ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТА

### 9.1 Расчет капитальных затрат на модернизирующую машину

Основанием для расчета принимают стоимость машины, которая состоит из оптово-отпускной цены и расходов, связанных с доставкой машины. Данные расходы учитываются коэффициентом перехода от оптовой цены к расчетно-балансовой стоимости [7].

Стоимость базовой машины  $C_{баз}$  определяем по формуле:

$$C_{баз} = C_{опт} \cdot K_{\delta} = 64000000 \cdot 1,09 = 69760000 \text{ руб}, \quad (69)$$

где  $C_{опт}$  – оптовая стоимость машины, руб.;

$K_{\delta}$  – коэффициент перехода от оптовой цены к расчетно-балансовой стоимости,  $K_{\delta} = 1,09$ .

Балансовая стоимость машины после модернизации  $C_{б.мод.}$  определяется по формуле [7]:

$$C_{б.мод.} = C_{баз} + C_{мод}, \quad (70)$$

где  $C_{мод}$  – стоимость модернизации, руб.:

$$C_{мод} = C_{мод}^{нак} + C_{мод}^{изд} \quad (71)$$

где  $C_{мод}^{нак}$  – сумма затрат, связанных с приобретением и монтажом покупных, стандартных изделий, руб.;

$C_{мод}^{изд}$  – сумма затрат, связанных с изготовлением модернизированных узлов, руб.

Сумма затрат, связанных с приобретением и монтажом деталей, находится по формуле:

$$C_{мод}^{нак} = \sum (P \cdot C_{опт}) \cdot K_{тр} \cdot K_{м}, \quad (72)$$

где  $P$  – число комплектующих изделий, используемых для модернизации одной машины, указано на таблице 7;

$C_{опт}$  – оптовая цена соответствующей единицы комплектующих элементов, указана на таблице 7.

$K_{тр}$  – коэффициент, учитывающий расходы по транспортировке комплектующих элементов с завода изготовителя,  $K_{тр} = 1,09$ .

$K_{м}$  – коэффициент, учитывающий расходы по монтажу модернизированных узлов,  $K_{м} = 1,12$  [7].

На таблице 7 представлена ведомость на комплектующие изделия, связанных с приобретением и монтажом.

Таблица 7 – Комплектующие изделия

Наименование изделия	Количество, шт.	Цена, руб.	Вес изделия, кг
Муфта эластичная 1080.20.100–2СБ	1	70 000	161
Муфта промежуточного вал 1080.20.200–1СБ	1	215 000	480
Привод барабана 1085.20.400–1СБ	1	1 850 000	7043
Тормоз 1080.20.600–1СБ	1	150 000	268
Редуктор 1085.20.300–1СБ	1	56 000	3109

$$C_{\text{мод}}^{\text{нак}} = (1 \cdot 70000 + 1 \cdot 215000 + 1 \cdot 1850000 + 1 \cdot 150000 + 1 \cdot 56000) \cdot 1,09 \cdot 1,12 = 2857892,80 \text{ руб.}$$

Затраты, связанные с изготовлением модернизированных узлов  $C_{\text{мод}}^{\text{изд}}$  определяются по формуле [7]:

$$C_{\text{мод}}^{\text{изд}} = M + Z + Ц + O, \quad (73)$$

где  $M$  – стоимость основных материалов и полуфабрикатов, расходуемых на модернизацию машины, руб.

$Z$  – основная и дополнительная заработная плата с отчислением на социальные нужды основных рабочих, связанных с изготовлением и монтажом модернизированных узлов, руб.

$Ц$  – цеховые расходы, руб.

$O$  – общезаводские расходы, руб.

На таблицу 8 занесены данные о норме расходов деталей и материалов на модернизацию одной машины.

Таблица 8 – Расходы материалов на модернизацию экскаватора

Наименование	Количество, шт.	Масса, кг	Цена, руб.	Общая цена, руб.
Стойка лебедки 1080.20.480-1СБ (комплект)	1	645,00	352 000	352 000
Крышка подшипника 1080.20.434	1	140,00	23 800	23 800
Шпилька 1080.20.491-1	2	10,60	1 800	1 800
Вал ведущий 1085.20.401 СБ	1	492,00	310 000	310 000
Кольцо нажимное 0.11207-23	1	1,70	1 970	1 970
Крышка сквозная 1080.20.435	1	22,00	22 000	22 000
Станина подъемной лебедки 1080.20.460-1 СБ (комплект)	1	1076,00	400 000	400 000
Крышка подшипника 1080.20.432-1	1	62,00	60 000	60 000
Крышка 1080.20.433-1	1	62,00	62 000	62 000
Кожух 1080.20.500-1 СБ	1	135,00	70 000	70 000
Вал барабана 1080.20.415 СБ	1	3923,00	950 000	950 000



Окончание таблицы 8

Наименование	Количество, шт.	Масса, кг	Цена, руб.	Общая цена, руб.
Болт 1080.20.442-1	1	1,90	1 900	1 900
Шпилька 1080.20.444	8	10,70	2 400	2 400
Болт 1080.20.441-2	18	1,55	1 800	1 800
Крышка 1080.20.437	2	22,50	12 000	12 000

Стоимость основных деталей и материалов, расходуемых на модернизацию машин  $M$ , руб. определяем по формуле [7]:

$$\begin{aligned}
 M &= \sum (H_m \cdot C_m) = \\
 &= 400000 \cdot 1 + 23800 \cdot 1 + 1800 \cdot 2 + 310000 \cdot 1 + 1970 \cdot 1 + 22000 \cdot 1 + \\
 &+ 60000 \cdot 1 + 352000 \cdot 1 + 62000 \cdot 1 + 70000 \cdot 1 + 950000 \cdot 1 + 1900 \cdot 1 + 2400 \cdot 8 + \\
 &+ 1800 \cdot 18 + 12000 \cdot 2 = 2\,332\,870 \text{ руб.}, \quad (74)
 \end{aligned}$$

где  $H_m$  – норма расходов материалов на модернизацию машин, кг.

$C_m$  – цена принятой единицы материалов, руб.

Основную и дополнительную заработную плату с отчислениями на социальные нужды основных рабочих, связанную с изготовлением и монтажом модернизированных узлов  $Z$ , руб. определяем по формуле:

$$Z = \sum t_i \cdot T_n \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (75)$$

где  $t_i$  – трудоемкость на изготовление и монтаж детали, чел-кг.

$T_n$  – средняя часовая тарифная ставка, руб.,  $T_n = 65$  руб.

$K_1$  – коэффициент, учитывающий доплаты до часового фонда заработной платы,  $K_1 = 1,4$ .

$K_2$  – коэффициент, учитывающий доплаты до дневного и месячного фондов заработной платы,  $K_2 = 1,1$ .

$K_3$  – коэффициент, учитывающий отчисления на социальные нужды,  $K_3 = 1,356$  [7].

Трудоемкость находим на основании нормативов трудоемкости в чел-кг, затраченной на изготовление и монтаж единицы массы продукции [7]:

$$\begin{aligned}
 t_i &= B \cdot t_{\sigma} = \\
 &= 0,5 \cdot 645 + 0,5 \cdot 140 + 0,5 \cdot 2 \cdot 10,60 + 0,5 \cdot 492 + 0,5 \cdot 1,70 + 0,5 \cdot 22 + 0,5 \cdot 62 + \\
 &+ 0,5 \cdot 1076 + 0,5 \cdot 62 + 0,5 \cdot 135 + 0,5 \cdot 3923 + 0,5 \cdot 1,90 + 0,5 \cdot 8 \cdot 10,7 + 0,5 \cdot 18 \cdot 1,55 + \\
 &+ 0,5 \cdot 2 \cdot 22,50 = 3370 \text{ чел/кг.} \quad (76)
 \end{aligned}$$

$$Z = 3370,15 \cdot 65 \cdot 1,4 \cdot 1,1 \cdot 1,356 = 457\,449,33 \text{ руб.}$$

Цеховые расходы  $C$ , руб. принимаются в размере 200 % от прямой заработной платы основных рабочих [7]:

$$Ц = \sum t_i \cdot T_n \cdot 200 \% = 3370,15 \cdot 65 \cdot 2 = 438\,119,50 \text{ руб.} \quad (77)$$

Общезаводские расходы  $O$ , руб. принимаются в размере 85 % от прямой заработной платы основных рабочих [7]:

$$O = \sum t_i \cdot T_n \cdot 85 \% = 3370,15 \cdot 65 \cdot 0,85 = 186\,200,79 \text{ руб.} \quad (78)$$

Определяем затраты, связанные с изготовлением модернизированных узлов:

$$C_{\text{мод}}^{\text{изд}} = 2332870 + 457449,33 + 438119,50 + 186200,79 = 3\,414\,639,62 \text{ руб.}$$

Определяем стоимость модернизации машины:

$$C_{\text{мод}} = 2857892,8 + 3414639,62 = 6\,272\,532,42 \text{ руб.}$$

Определяем балансовую стоимость машины, после модернизации:

$$C_{\text{б.мод}} = 69\,760\,000 + 6\,272\,532,42 = 76\,032\,532,42 \text{ руб.}$$

## 9.2 Расчет годовой эксплуатационной производительности экскаватора

Годовая эксплуатационная производительность машины  $\Pi_{\text{год}}^p$ , м<sup>3</sup>/год рассчитывается по формуле [6]:

$$\Pi_{\text{год}}^p = \Pi_{\text{ч}}^p \cdot T_{\text{год}} \cdot K_{\text{в}} = 4069,56 \cdot 4020 \cdot 0,5 = 8\,179\,815,6 \text{ м}^3/\text{год.} \quad (79)$$

где  $T_{\text{год}}$  – годовой действительный фонд рабочего времени работы машины,  $T_{\text{год}} = 4020$  ч;

$\Pi_{\text{ч}}^p$  – часовая эксплуатационная производительность, м<sup>3</sup>/ч;

$K_{\text{в}}$  – коэффициент использования внутреннего времени,  $K_{\text{в}} = 0,5$ .

## 9.3 Расчет себестоимости машино-смены

Себестоимость машино-смены определяем следующей формуле:

$$C_{\text{маш}} = A + P + Z + C, \quad (80)$$

где  $A$  – амортизационное отчисление на полное восстановление, руб/машино-ч;

$P$  – затраты на выполнение всех видов ремонта, диагностирование и всех видов технического обслуживания, руб/машино-ч;

$Z$  – оплата труда рабочих, управляющих машиной, руб/машино-ч;

$C$  – затраты на смазочные материалы, руб/машино-ч [7].

Амортизационные отчисления на полное восстановление машины определяем по следующей формуле:

$$A = C_{б.мод} \cdot H_a / T \cdot 100 \% = 76032532,42 \cdot 10 / 4020 \cdot 100 \% = 1891,36, \quad (81)$$

где  $C_{б.мод}$  – балансовая стоимость машины после модернизации,  $C_{б.мод} = 76032532,42$  руб.;

$H_a$  – норма амортизационных отчислений,  $H_a = 14,29 \%$ ;

$T$  – среднегодовой режим эксплуатации машины,  $T = 4020$  ч.

Затраты на выполнение всех видов ремонта, диагностирование и техническое обслуживание  $P$  определяем по формуле [7]:

$$P = \frac{C_{б.мод} \cdot H_p}{T \cdot 100 \%}, \quad (82)$$

где  $H_p$  – годовая норма затрат и техническое обслуживание и находится по формуле [7]:

$$H_p = \frac{\sum (P + TO)}{C_{б.мод}}, \quad (83)$$

где  $\sum (P + TO)$  – сумма среднегодовых затрат на ремонт и техническое обслуживание машины.

Сумма среднегодовых затрат на ремонт и техническое обслуживание  $\sum (P + TO)$ , включает в себя следующие затраты [7]:

1. Затраты на приобретение запасных частей, узлов и агрегатов с учетом затраты на их доставку  $(P + TO)^I$ .

Эти затраты составляют:

а) На эксплуатацию, которые составляют 9 % от балансовой стоимости машины:

$$(P + TO)_{экс}^I = 76032532,42 \cdot 0,09 = 6\,842\,927,92 \text{ руб.}$$

б) На капитальный ремонт, который составляет 12 % от базовой стоимости машины:

$$(P + TO)_{кр}^I = 76032532,42 \cdot 0,12 = 9\,123\,903,89 \text{ руб.}$$

в) Затраты на приобретение запасных частей, узлов и агрегатов с учетом затраты на их доставку  $(P + TO)^I$  в расчете на год определяем по следующей формуле:

$$\begin{aligned} (P + TO)^I &= (P + TO)_{экс}^I + \frac{(P + TO)_{кр}^I}{T_{к.р} \cdot T} = \\ &= 6842927,92 + \frac{9123903,89}{2560 \cdot 4020} = 21170308,25 \text{ руб.} \end{aligned} \quad (84)$$

где  $T_{к,р}$  – периодичность проведения капитального ремонта, машино–ч.

2. Затраты на приобретение ремонтных материалов с учетом затрат на их доставку по фактическим данным  $(P + TO)^{II}$ . Они составляют 10 % от стоимости основных частей.

$$(P + TO)^{II} = 21170308,25 \cdot 0,1 = 2\,117\,030,825 \text{ руб.}$$

3. Затраты, связанные с оплатой труда ремонтных рабочих  $(P + TO)^{III}$ :

$$(P + TO)^{III} = \sum t_i \cdot T_u, \quad (85)$$

где  $T_u$  – средняя часовая тарифная ставка,  $T_u = 65$  руб.

$\sum t_i$  – трудоемкость выполнения ремонтов:

$$\sum t_i = t_{mo} + t_{кр}, \quad (86)$$

где  $t_{mo}$  – трудоемкость выполнения  $T_1$ ,  $T_2$  и  $T_3$ , равна 1040 чел/ч;

$t_{кр}$  – трудоемкость выполнения капитальных ремонтов, определяем по формуле:

$$t_{кр} = \frac{T}{T_{кр} \cdot t_{кр1}} = \frac{4020}{2560 \cdot 2000} = 3140,6 \text{ чел/ч}, \quad (87)$$

где  $T_{кр}$  – периодичность проведения капитального ремонта,  $T_{кр} = 2560$  машино–ч.

$t_{кр1}$  – трудоемкость проведения одного капитального ремонта,  $t_{кр1} = 2000$  чел–ч.

$$(P + TO)^{III} = (1040 + 3140,6) \cdot 65 = 271\,700 \text{ руб.}$$

4. Затраты на эксплуатацию ремонтных баз и технологического ремонта оборудования  $(P + TO)^{IV}$ . Эти затраты составляют 50 % от оплаты ремонтных рабочих.

$$(P + TO)^{IV} = 271700 \cdot 0,5 = 135\,850 \text{ руб.}$$

5. Накладные расходы на организации, осуществлению технического обслуживания и ремонта машин,  $(P + TO)^V$ . Эти расходы принимаются в размере 70% от оплаты труда ремонтных рабочих:

$$(P + TO)^V = 271700 \cdot 0,7 = 190\,190 \text{ руб.}$$

6. Прибыль организации в собственности которой находится машина  $(P + TO)^{VI}$ . Прибыль составляет 30 % от оплаты труда ремонтных рабочих.

$$(P + TO)^{VI} = 271700 \cdot 0,3 = 81\,510 \text{ руб.}$$

Определяем сумму среднегодовых затрат на ремонт и техническое обслуживание [13]:

$$\sum (P + TO) = 21170308,25 + 2117030,825 + 271700 + 135850 + 190190 + 81510 = 23\,966\,589,08 \text{ руб.}$$

Определяем годовую норму затрат на ремонт и техническое обслуживание:

$$H_p = \frac{23966589,08}{76032532,42 \cdot 100\%} = 31,52\%$$

Определяем затраты на выполнение всех видов ремонта, диагностирования и технического обслуживания:

$$P = \frac{76032532,42 \cdot 31,52}{4020 \cdot 100\%} = 5961,56 \text{ руб/машино-ч.}$$

Затраты, связанные с оплатой труда рабочих, управляющих машиной определяем по формуле:

$$Z = Z_p \cdot t = 58 \cdot 12 = 696 \text{ руб/машино-ч.} \quad (88)$$

где  $Z_p$  – оплата труда рабочего 6-го разряда,  $Z_p = 58$  руб/чел-ч.

$t$  – затраты труда рабочего,  $t = 12$  чел-ч/машино-ч [7].

Затраты на смазочные материалы  $C$ , руб/машино-ч определяются по формуле:

$$C = 0,63 \cdot C_{см} = 0,63 \cdot 30 = 1,89 \text{ руб/машино-ч.}$$

где 0,63 – коэффициент, учитывающий расход смазочных материалов.

$C_{см}$  – средневзвешенная региональная рыночная цена на смазочные материалы с учетом затрат, связанных с доставкой до обслуживаемой машины,  $C_{см} = 30$  руб.

Определяем общие затраты на эксплуатацию машины:

$$C_{\text{маш}} = 1891,36 + 5961,56 + 696 + 1,89 = 8550,81 \text{ руб/машино-ч.}$$

Все рассчитанные статьи затрат заносим в таблицу 9. Значения для базовой машины принимаем по нормативам.

Таблица 9 – Статьи затрат на эксплуатацию машины

№ п/п	Наименование статей затрат	Нормативные показатели руб/машино-ч	
		Базовая машина	Новая машина
1	Амортизационные отчисления	1735,32	1891,36
2	Затраты на ремонт и техническое обслуживание	5961,56	5961,56
3	Оплата труда машиниста	696	696
4	Затраты на смазочные материалы	1,89	1,89
ИТОГО		8394,77	8550,81

#### 9.4 Расчет основных показателей и экономической эффективности капитальных вложений

Удельные капитальные вложения на 1000 м<sup>3</sup> разработанного грунта  $K_y$  определяем по формуле [7]:

$$K_y = \frac{1000 \cdot C}{\Pi_{год}^p}, \quad (89)$$

где  $C$  – цена машины, руб.

а) Для базовой машины:

$$K_y^{\sigma} = \frac{1000 \cdot 69760000}{8179815,6} = 8528,31 \text{ руб. в год/м}^3.$$

б) Для модернизированной машины:

$$K_y^m = \frac{1000 \cdot 76032532,42}{8179815,6} = 9295,14 \text{ руб. в год/м}^3.$$

Удельные текущие затраты на 1000 м<sup>3</sup> разработанного грунта  $S_y$  определяем по формуле [7]:

$$S_y = \frac{1000 \cdot S}{\Pi_{год}^p}, \quad (90)$$

где  $S$  – годовые текущие затраты, руб.

$$S = C_{\text{маш}} \cdot T; \quad (91)$$

где  $T$  – среднегодовой режим эксплуатации машины, машино-ч/год.

а) Для базовой машины:

$$S = 8394,77 \cdot 4020 = 3\,525\,778,20 \text{ руб.}$$

$$S_y^{\sigma} = \frac{1000 \cdot 3525778,20}{8179815,6} = 431 \text{ руб. в год/м}^3.$$

б) Для модернизированной машины:

$$S = 8550,81 \cdot 4020 = 3\,591\,340,20 \text{ руб.}$$

$$S_y^m = \frac{1000 \cdot 3591340,20}{8179815,6} = 439 \text{ руб. в год/м}^3.$$

Удельные приведенные затраты на 1000 м<sup>3</sup> разработанного грунта  $Z_{np}$  определяем по формуле [7]:

$$Z_{np} = S_{ц} + E_n \cdot K_y, \quad (92)$$

где  $E_n$  – нормативный коэффициент экономической эффективности,  $E_n = 0,12$ .

а) Для базовой машины:

$$Z_{np}^b = 431 + 0,12 \cdot 8528,31 = 1454,39 \text{ руб. в год/м}^3.$$

б) Для модернизированной машины:

$$Z_{np}^m = 439 + 0,12 \cdot 9295,14 = 1554,42 \text{ руб. в год/м}^3.$$

Годовой экономический эффект на одну машину  $\mathcal{E}_2$  определяем по формуле:

$$\mathcal{E}_2 = \frac{(Z_{np}^b - Z_{np}^m) \cdot \Pi_{год}}{1000} = \frac{(1554,42 - 1454,39) \cdot 8179815,6}{1000} = 818226,95 \text{ руб.} \quad (93)$$

Все данные по расчету модернизированной машины сводим в таблицу 10.

Таблица 10 – Данные по расчету модернизированной машины

Показатели	Единица измерения	Машины	
		базовая	Новая
Балансовая стоимость машины	руб.	69760000	76032532,42
Часовая эксплуатационная производительность машины	м <sup>3</sup> /ч	128	160
Годовая эксплуатационная производительность машины	м <sup>3</sup> /год	8179815,6	8179815,6
Себестоимость 1 машинного часа	руб.	8394,77	8550,81
Годовой экономический эффект	руб.	–	818226,95
Удельные капитальные вложения	руб.	9295,14	8528,31

Выводы по разделу девять.

Определены стоимость базовой машины – 69760000 рублей и стоимость машины после модернизации – 76032532,42 рубля. Стоимость модернизации составляет 6272532,42 рубля. Годовой экономический эффект модернизации экскаватора ЭКГ-5А составляет 818226,95 рублей.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе разработана модернизация технологической линии получения огнеупоров на стадии добычи природного сырья. Объектом модернизации взята подъемная лебедка экскаватора ЭКГ-5А и усовершенствование данной части машины является очень актуальной темой на сегодняшний день.

Модернизация подъемной лебедки экскаватора ЭКГ-5А приведет к сокращению поломок и ремонтов отдельных узлов и механизмов в целом, а также увеличению производительности экскаватора и уменьшению его энергоемкости, сокращению простоев, уходящих на капитальные ремонты, к экономии денежных средств, выделяющихся на обслуживание и ремонт, на оплату ремонтным рабочим, на приобретение самих деталей и узлов.

В разделе об анализах современных машин при получении магнезиальных огнеупоров на стадии добычи природного сырья проанализированы исходные данные к работе, что способствовали изучению оборудования, это предприятие ПАО «Комбинат «Магнезит» и Карагайский карьер. Приведены данные экскаватора ЭКГ-5А и сравнительный анализ модифицированных моделей данной марки экскаватора, что является толчком для нахождения эффективных вариантов усовершенствования узлов и механизмов.

В разделе обоснования сущности модернизации приведена модернизация экскаватора ЭКГ-5А, путем замены станины в литой форме и изменения конструкции закрепления каната на барабан. Усовершенствование приведет к сокращению поломок и ремонтов отдельных узлов и механизмов в целом, а также увеличению производительности экскаватора и уменьшению его энергоемкости, сокращению простоев, уходящих на капитальные ремонты, к экономии денежных средств, выделяющихся на обслуживание и ремонт, на оплату ремонтным рабочим, на приобретение самих деталей и узлов.

В разделе описания технологической линии добычи природного сырья описан принцип разработки забоя экскаватором, его правильное расположение в забое, для недопущения простоев экскаватора, возникших из-за обвала забоя или расположения экскаватора в просадочных грунтах.

В разделе технологических расчетов произведены расчеты материально-технического баланса и количества машин. Определены основные геометрические параметры оборудования. Произведен кинематический расчет подъемной лебедки экскаватора ЭКГ-5А.

В разделе механических расчетов определены нагрузка подъемного механизма прямой механической лопаты и мощности двигателей подъемного механизма механической лопаты. Произведен расчет скоростей и моментов механической части привода подъема на различных участках цикла.

В разделе технического обслуживания и капитального ремонта приведены описания данных мероприятий по техническому обслуживанию и капитальному ремонту экскаватора ЭКГ-5А на все его основные части.

В разделе автоматизация и КИП приведены контрольно-измерительные



приборы и система автоматики экскаватора ЭКГ-5А.

В разделе безопасность и экологичность проекта описаны охрана труда и меры безопасности, воздействия вибрации и шума, охрана окружающей среды, и обязанности машиниста экскаватора по эксплуатации данной машины, обеспечивающие безопасность.

В разделе расчета экономической эффективности проекта определены капитальные затраты на базовую машину – 69760000 рублей и стоимость машины после модернизации – 76032532,42 рубля. Произведены расчеты основных показателей и экономическая эффективность капитальных вложений, годовая эксплуатационная производительность машины, себестоимость машино-смены. Стоимость модернизации составляет 6272532,42 рубля. Произведен сравнительный анализ базовой и модифицированной машин.

На основании приведенных исследований и расчетов можно прийти к следующим выводам. Выполненная модернизация подъемной лебедки оказалось эффективной в технико-экономическом отношении. В результате внедрения разработанного модифицированного экскаватора повышается производительность машины, сокращаются простои и сроки по ремонту и техническому обслуживанию, затраты на ремонтные работы, увеличивается межремонтный цикл. Сокращаются капитальные затраты. Годовой экономический эффект составил 818226,95 рублей на один экскаватор. Повысится производительность труда, что принесет еще больший экономический эффект.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 ГОСТ 12.2.130–91. Экскаваторы одноковшовые. Общие требования безопасности и эргономики к рабочему месту машиниста и методы их контроля. – М.: ИМП Издательство стандартов, 2002.
- 2 ГОСТ 12.4.002–97. Система стандартов безопасности. Средства индивидуальной защиты рук от вибрации. Технические требования и методы испытаний. – М.: Издательство стандартов, 2001.
- 3 ГОСТ Р 55165–2012. Оборудование горно-шахтное. Экскаваторы одноковшовые карьерные с вместимостью ковша свыше 4 м<sup>3</sup>. – М.: Стандартинформ, 2014.
- 4 ГОСТ Р ИСО 7919–1–99. Вибрация. Контроль состояния машин по результатам измерений вибрации на вращающихся валах. Общие требования. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2000.
- 5 ТОИ Р–218–25–94. Типовая инструкция по охране труда для машинистов одноковшовых гусеничных и пневмоколесных экскаваторов. – М.: 1994.
- 6 Безъязычный, В.Ф. Основы технологии машиностроения: учебник / В.Ф. Безъязычный. – 2-е изд. – М.: Машиностроение, 2016. – 568 с.
- 7 Васильев, Г.А. Техничко-экономические расчеты новой техники / Г.А. Васильев. – И.: Машиностроение, 1977. – 200 с.
- 8 Волков, И.В., Думин, В.В. Неисправности электроприводов экскаваторов / И.В. Волков, В.В. Думин. – М.: Изд-во Недра. – 1976. – 159 с.
- 9 Ярцев, Г.М. Экскаваторы ЭКГ-4,6 А и ЭКГ-4,6Б. Конструкция и эксплуатация / Г.М. Ярцев, П.В. Желобанов, Б.С. Камышев, В.А. Старенький. – М.: Изд-во «Машиностроение», 1970. – 344 с.
- 10 Гришко, А.П. Стационарные машины и установки: учебное пособие для вузов / А.П. Гришко, В.И. Шелоганов. – М.: Изд-во МГГУ, 2004. – 328 с.
- 11 Дроздова, Л.Г. Одноковшовые экскаваторы: конструкция, монтаж и ремонт: учебное пособие / Л.Г. Дроздова, О.А. Курбатова. – Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2007. – 235 с.
- 12 Ефимов, В.Н. Карьерные экскаваторы: справочник рабочего / В.Н. Ефимов, В.Н. Цветков, Е.М. Садовников. – М.: Недра, 1994. – 381 с.
- 13 Желобанов, П.В. Экскаваторы для открытых горных работ. Отраслевой каталог / П.В. Желобанов, С.А. Зиганшин, В.Н. Николаев, А.В. Толмачев. – М.: ЦНИИТЭИтяжмаш, 1983. – 130 с.
- 14 Сапоненко, У.И. Машинист экскаватора одноковшового: учебное пособие / У.И. Сапоненко. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 64 с.
- 15 Хорошавин, Л.Б., Перепелицын, В.А., Кононов, В.А. Магнезиальные огнеупоры. Справочник / Л.Б. Хорошавин, В.А. Перепелицын, В.А. Кононов. – М.: Интернет Инжиниринг, 2006. – 547 с.
- 16 Экскаватор ЭКГ-5А. Механическая часть. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. – М.: Внешторгиздат, 1989. – 46 с.